

# Auswirkungsanalyse

## zur Ermittlung von angemessenen Abständen mittels Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen

**Projekt:** Biogasanlage BLK Bioenergie

**Standort:** Gemarkung: Burgsteinfurt  
Flur: 5; 29  
Flurstück: 140; 425  
Straße: Hollich 132  
PLZ Ort: 48565 Steinfurt

**Antragsteller:** BLK Bioenergie GmbH & Co. KG  
Hollich 132  
48565 Steinfurt

**Genehmigungsbehörde:** Bezirksregierung Münster

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

**Auftragsnummer:** 8111967179

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

**Telefon:** (0381) 7703 473  
(0160) 888 0404  
(0381) 7703 472  
(0160) 888 0406

**Fax:** (0381) 7703 462  
(0381) 7703 462

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

Das vorliegende Dokument umfasst 42 Textseiten. Eine Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (Betreiber) und der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG.

Rostock, 02.04.2015



Sitz der Gesellschaft  
**TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG**  
Große Bahnstraße 31  
22525 Hamburg  
Tel.: 040 8557-0  
Fax: 040 8557-2295  
info@tuev-nord.de  
www.tuev-nord.de

Vorsitzender des Aufsichtsrates  
Dr. Dirk Stenkamp  
  
Amtsgericht Hamburg  
HRA 102137  
USt.-IdNr.: DE 243031938  
Steuer-Nr.: 27/628/00031

Komplementär  
TÜV NORD Systems Verwaltungsgesellschaft mbH, Hamburg  
Amtsgericht Hamburg  
HRB 88330  
  
Geschäftsführer  
Rudolf Wieland (Sprecher)  
Dr. Ralf Jung  
Bernward Hartje  
Ulf Theike

Commerzbank AG, Hamburg  
BLZ: 200 400 00  
Konto-Nr.: 4056222 00  
  
BIC (SWIFT-Code): COBADEFFXXX  
IBAN-Code: DE 73 2004 0000 0405 6222 00

## 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 Örtliche 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 .....	16
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Berechnungsgrundlagen.....</b>	<b>19</b>
4.1	Vorgehen und Programmvorstellung .....	19
4.2	Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle.....	19
4.3	Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter .....	20
<b>5</b>	<b>Berechnungen.....</b>	<b>25</b>
5.1	Szenario 1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen.....	25
5.1.1	Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1 .....	27
5.1.2	Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1 .....	29
5.2	Szenario 2: Zündung der Biogaswolke im Dennoch-Störfall.....	33
5.2.1	Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2 .....	35
5.2.2	Ergebnisse der Wärmestrahlungsauswirkungen durch Zündung der Biogaswolke im Szenario 2 .....	38
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>41</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die BLK Bioenergie GmbH & Co. KG plant die Erweiterung einer Biogasanlage zur Erzeugung und thermischen Verwertung von Biogas. Die betreffende Biogasanlage wird im vorliegenden Dokument als Biogasanlage BLK Bioenergie benannt.

Die Biogasanlage BLK Bioenergie ist genehmigungsbedürftig gemäß 4. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (4. BImSchV). Im Zuge des Genehmigungsverfahrens zur Änderung der Biogasanlage BLK Bioenergie, wurde durch die zuständige Genehmigungsbehörde, der Bezirksregierung Münster die Ermittlung von angemessenen Abständen in Konvention zum Leitfaden KAS 18 mittels rechnerischer Verfahren gefordert.

Durch die vorliegende Abstandsermittlung soll der Anforderung Rechnung getragen werden, dass der Betreiber der Anlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und hier zur Beachtung der Abstandsregelungen zu schutzbedürftigen Objekten gemäß § 50 BImSchG, Angaben zu den Auswirkungen machen soll, 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 BLK Bioenergie negativ beeinflusst werden kann.

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

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 be-

stimmungsgemäßen Betriebs zu rechnen ist.<sup>1</sup> Die im Leitfaden KAS 18, Abs. 3.1 empfohlenen Entfernungsangaben<sup>2</sup> können somit eingehalten bzw. wenn das untersuchte Gefährdungspotential der Biogasanlage BLK Bioenergie 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 Bestandteil der Auswirkungsanalyse.

## 1.2 Anlagenidentifikation

Die Biogasanlage BLK Bioenergie befindet sich am Standort

Gemarkung:	Burgsteinfurt
Flur:	5; 29
Flurstück:	140; 425
Straße:	Hollich 132
PLZ Ort:	48565 Steinfurt

Die Biogasanlage BLK Bioenergie 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 BLK Bioenergie nach der geplanten Anlagenerweiterung 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>1</sup> Sog. angemessener Abstand

<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
- /8/ Leitfaden KAS 32 – Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18
- /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 BLK Bioenergie; M 1:500; Stand: 21.11.2014; Zeichnungs-Nr.: 13-125\_2.LP03/3-00
- /U2/ Topografische Karte 1:25.000; Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW
- /U3/ Darstellung der Behälter; Ersteller: EnviTec Anlagenbau; M 1:150; Zeichnungsnummer: 13-125\_2.BE00/2-00; Stand: 01.02.2015
- /U4/ Gasmengeberechnung

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*

## 3.2 Betrachtung der Örtliche 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.

Der Standort der Biogasanlage BLK Bioenergie befindet sich in einem insgesamt ländlich geprägten Umfeld und ist im näheren Umkreis von alleinstehenden Wohnbebauungen und Hofstellen mit integrierten Wohneinheiten umgeben. Von diesen Objekten sind folgende im Umkreis mit den geringsten Entfernungen zu benennen:

<u>Objekt</u>	<u>Entfernung</u>	<u>Richtung</u>
- Hofstelle mit Wohneinheit	ca. 90 m	Norden
- Hofstelle mit Wohneinheit	ca. 280 m	Westen
- Allein stehende Wohnbebauung	ca. 350 m	Süd-Osten
- Hofstelle mit Wohneinheit	ca. 340 m	Süd-Westen
- Hofstelle mit Wohneinheit	ca. 390 m	Osten

Direkt südlich angrenzend ist ein landwirtschaftlicher Betrieb ansässig. Dieses Betriebsgelände steht jedoch in einem räumlich-funktionalen Zusammenhang zur Biogasanlage.



Ebenfalls sind in direkter westlicher Nachbarschaft weitere landwirtschaftlich genutzte Bebauungen nach ca. 50 m anzufinden, welche zur selbigen Hofstelle zugehörig sind und ebenfalls in einem räumlich-funktionalen Zusammenhang zur Biogasanlage stehen.

Als nächstgrößter Ansammlung von Wohngebäuden ist die Ortschaft Borghorst zu benennen, deren erste Wohnbebauungen nach ca. 820 m südlicher Richtung erreicht werden. Der Ortskern der Ortschaft Borghorst befindet sich ca. 2.700 m in gleicher Richtung.

Eine weitere Ortschaft ist mit Steinfurt anzufinden, deren erste Wohnbebauungen nach ca. 3.600 m westlicher Richtung erreicht werden. Der Ortskern der Ortschaft Steinfurt befindet sich ca. 4.700 m in gleicher Richtung.



**Abbildung 1: Satellitenbild vom Anlagenstandort /Quelle: Microsoft Bing Karten/**

Weiterhin nennenswert ist eine Freileitungstrasse, welche in ca. 210 m östlicher Richtung verläuft.

Das weitere Umfeld des Anlagenstandortes ist eben, unbebaut und überwiegend von landwirtschaftlich genutzten Agrarflächen umgeben.

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

- Hofstelle mit Wohneinheit in ca. 90 m Richtung Norden (N)

identifiziert.

#### Abstandsbetrachtungen zu Verkehrsflächen

In ca. 90 m südlicher Richtung verläuft die Landstraße L559 „Ostendorfer Straße“, von welcher auch die Zufahrt zur Biogasanlage erfolgt. Weiterhin befinden sich in näherer Umgebung nur Ortsstraßen und im weiteren Umfeld vereinzelte Feld- und Landwirtschaftswege.

Verkehrswege mit größerer Fluktuation sind nicht anzufinden.

#### Bemerkung

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

### 3.3 Stoffliche Gefahren

Aufgrund der Anlagencharakteristik der Biogasanlage BLK Bioenergie 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 BLK Bioenergie 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.

<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

Entsprechend einem in dieser Anlage vorliegendem Methangehalt<sup>5</sup> 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 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:

$$UEG_{CH_4, CO_2} = 4,7 \%$$
$$OEG_{CH_4, CO_2} = 11,1 \%$$

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

$$UEG \text{ (untere Explosionsgrenze) } 8,2 \text{ Vol. } \%$$
$$OEG \text{ (obere Explosionsgrenze) } 20,9 \text{ Vol. } \%$$

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

<sup>5</sup> Diese Information wurde durch den Anlagenplaner bekannt gegeben.

## Toxische Gefährdung

Zu den primären toxischen Komponenten im Biogas zählen Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) und in einem geringen Umfang Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). 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  $\text{H}_2\text{S}$ , 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  $\text{H}_2\text{S}$  als sehr giftig eingestuft ist, sind im Hinblick auf störfallrelevante Gefahren durch  $\text{H}_2\text{S}$  daher besonders die toxischen Risiken zu berücksichtigen. Aufgrund des geringen Anteils an  $\text{H}_2\text{S}$  im Verhältnis zu  $\text{CH}_4$  im Biogas, ist die Explosionsfähigkeit von  $\text{H}_2\text{S}$  nach Auffassung der Sachverständigen durch die Betrachtung der Explosion von  $\text{CH}_4$  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 BLK Bioenergie wird in einem mesophilen Vergärungsverfahren aus pflanzlichen und tierischen Inputstoffen Biogas gewonnen, welches anschließend in Blockheizkraftwerken (BHKW) energetisch verwertet wird, um Strom und Wärme zu erzeugen. Die elektrische Energie der 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.

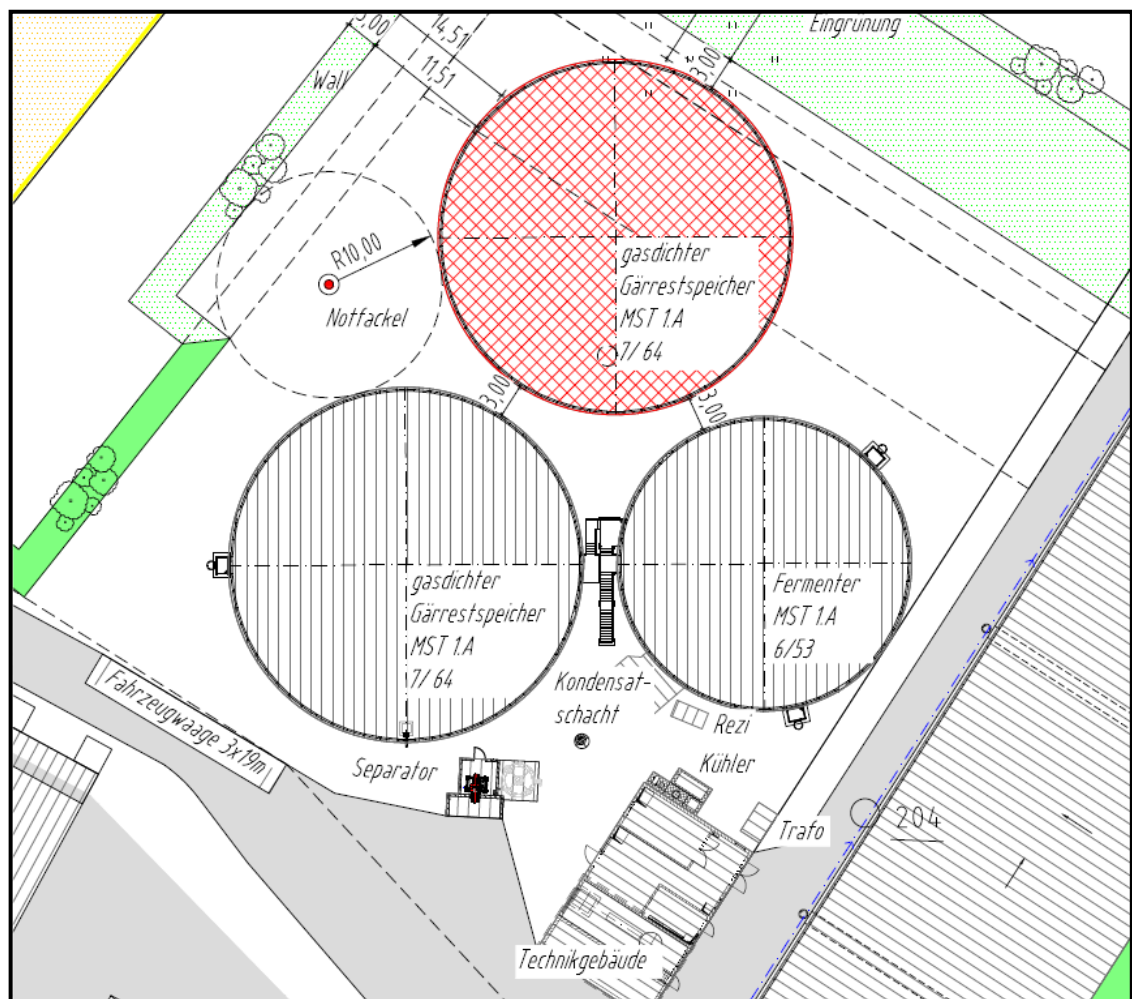


Abbildung 3: Anlagenübersicht - Quelle: /U1/

Die in der Abbildung 3 mit der Farbe rot gekennzeichneten Objekte stellen die neu geplanten Anlagenteile der Biogasanlage BLK Bioenergie dar. Es wird zur vorliegenden Untersuchung die gesamte Anlage betrachtet.

#### Betrachtung möglichen Störfallpotentials

In der Biogasanlage BLK Bioenergie 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 = 25,5 m,
- Gärrestspeicher 1 – D = 30,8 m,
- Gärrestspeicher 2 – D = 30,8 m,

Diese Behältertypen bestehen aus einem zylinderförmigen Mantel aus Stahlbeton in verschiedenen Durchmessern. Der Gasraum ist zur Umwelt im Normalbetrieb mit einem Foliendach abgedeckt.

### **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 BLK Bioenergie 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/*

---

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



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. Größere Auswirkungen sind nicht zu unterstellen. 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.

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 die Randbefestigung die Folie nicht mehr am Rand der Behälterkrone halten kann und somit ein Öffnungsquerschnitt freigelegt wird.

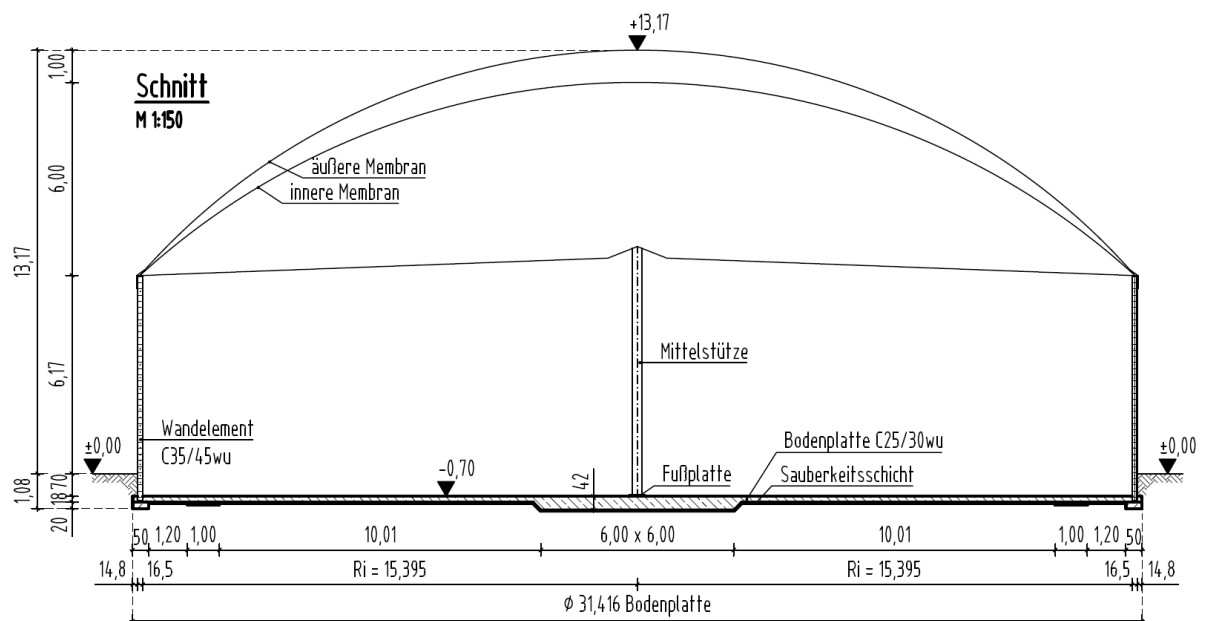
In Übereinstimmung mit dem Leitfaden KAS 32 /8/ wird folgendes Szenario untersucht:

- Biogas wird durch ein definiertes Leck von 3 m x 0,2 m Größe 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 BLK Bioenergie 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 BLK Bioenergie 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 in dem Gärrestspeicher 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: Schnittzeichnung Gärrestspeicher 2 – Quelle: /U 3/**

Im Folgenden werden die sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet, bei denen die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind. Dementsprechend wird bei den Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen der Gärrestspeicher 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 der 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 den Programmen STOER und ProNuSs in der Version 8.

Den Programmen 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 /9/ 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 Entfer-

nungen < 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.

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>7</sup>

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

Aufgrund des hier angenommen Überdruckes<sup>8</sup> 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

<sup>7</sup> Entspricht AD-Merkblatt A2; ProNuSs 8 Handbuch

<sup>8</sup> Angenommener Wert bei Versagen der Überdrucksicherung

angenommen. Dies geht auch mit dem Leitfaden KAS 32 /8/ konform.

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der errechnete Ausflussmassenstrom 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.

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

- Mittlere Windgeschwindigkeit: 3 m/s

Eine Freisetzung der gesamten Gasmenge bei gleichzeitigem Vorhandensein von nahezu Windstille (1 m/s) und Inversionswetterlage würde zu höheren Ergebnissen führen.

ren, 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 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.

#### 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.

Da es sich in diesem Fall um ein überwiegend ebenes, landwirtschaftlich geprägtes Umfeld handelt, wird die mittlere Bodenrauigkeit von:

- $z_0 = 0,5$  m

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

- 3

### Quellparameter

(Gärrestspeicher 2 – das größte Gasvorkommen auf der betreffenden Anlage)

- Max. Biogasvolumen Gärrestspeicher 2:<sup>9</sup> ca. 7.258 m<sup>3</sup>
- Max. Biogasmenge: ca. 9.436 kg<sup>10</sup>
  - o davon Biogasmasse in Dachhaube ca. 3.053 kg
  - o davon Biogasmasse in Zylinder ca. 6.383 kg
- Quellspeicherung: 6,1 m (Behälteroberkante,  
ca. 0,7 m erdbedeckt)
- Behälterradius: 15,4 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 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.

---

<sup>9</sup> Berechnet nach den Dimensionen aus /U2/ und dem Berechnungsverfahren des BMU (Biogas\_StörfallV\_1\_2.xlsx)

<sup>10</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.

#### Stoffliche Randbedingungen – Schwefelwasserstoffanteil im Biogas:

Toxische Gefährdungen werden primär durch den im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) als Bestandteil des freigesetzten Biogasvolumens abgeschätzt.

In der Biogasanlage BLK Bioenergie wird im Regelbetrieb die H<sub>2</sub>S-Bildung durch die biologische Entschwefelung während des Fermentationsprozesses reduziert.

Dennoch soll in der vorliegenden Untersuchung unterstellt werden, dass die technischen Maßnahmen zur biologischen Entschwefelung versagen. Damit soll die Berechnung mit einem konservativ hohen H<sub>2</sub>S-Anteil im Rohbiogas von

- max. 5.000 ppm H<sub>2</sub>S

durchgeführt werden.

#### Weitere stoffliche Parameter

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



## 5 Berechnungen

### 5.1 Szenario 1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen

Im Folgenden werden die Explosions- und die toxischen Gefährdungen durch eine kontinuierliche Biogasfreisetzung aus einem größeren Leck an der Dachhaut des Gärrestspeichers 2 untersucht. 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 Folienbefestigung versagt und die Folien nicht mehr an der Behälterkronen 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 3 m x 0,2 m verursacht.

Die Dimensionierung des Lecks entspricht den derzeit geltenden Anforderungen des Leitfadens der Kommission für Anlagensicherheit KAS-32 und wurde zur vorliegenden Untersuchung herangezogen.

Die Betrachtung erfolgt Ursache-unabhängig, dennoch kann zum Beispiel Materialversagen 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>11</sup>:

Länge 3 m und Breite 0,2 m

Es handelt sich entsprechend der Richtlinie VDI 3783-1 somit um eine Flächenquelle. Da eine Quellkante mit 0,2 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<sup>12</sup>: 6,1 m

### berechneter Ausflussmassestrom

Der nach der Gleichung 1 (vgl. Abschnitt 4.2) berechnete Ausflussmassestrom beträgt bei einer Ausflussziffer von 1:

- 20,71 kg/s

als kontinuierlichen Massestrom 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 4.2) berechnete Ausflussmassestrom nicht für den gesamten Zeitraum konstant bleiben wird, sondern bis zum erfolgten Druckabbau abfällt.

Es ist davon auszugehen, dass das Biogas aufgrund der Druckentspannung auf den Umgebungsdruck zunächst sehr schnell austritt<sup>13</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 36 m<sup>3</sup> bzw. 47 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. 3 Sekunden nach Beginn der Freisetzung erreicht.

Konservativ wird nun jedoch angenommen, dass der Austrittsstrom durch die Gewichtskraft der zusammenfallenden Dachhaube unterstützt wird und dadurch der be-

---

<sup>11</sup> Entsprechend KAS 32

<sup>12</sup> Entspricht Behälteroberkante üOK abzüglich 0,7 m Erdbedeckung

<sup>13</sup> In Annahme einer isothermen Zustandsänderung würde die Druckentspannung auf Umgebungsdruck innerhalb einer kürzeren Zeitdauer erfolgen

rechnet 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 eines Zeitfensters von 600 Sekunden an die Umgebung freigesetzt.

Somit wird das Gasvolumen der Dachspeicherhaube in zwei Abschnitten freigesetzt. Beginnend mit dem nach der Gleichung 1 berechneten Ausflussmassenstrom. Bei einer Gasmenge von 3.035 kg in der Dachspeicherhaube des zu betrachtenden Gärrestspeichers 2 beträgt die Dauer der Freisetzung somit ca. 147 Sekunden. Da nach der Freisetzung des Gasspeichers noch ca. 6.383 kg Gas im Zylindermantel verbleiben, werden diese innerhalb der Zeitdauer von 600 Sekunden mit einem Freisetzungsmassenstrom von ca. 10,5 kg/s freigesetzt.

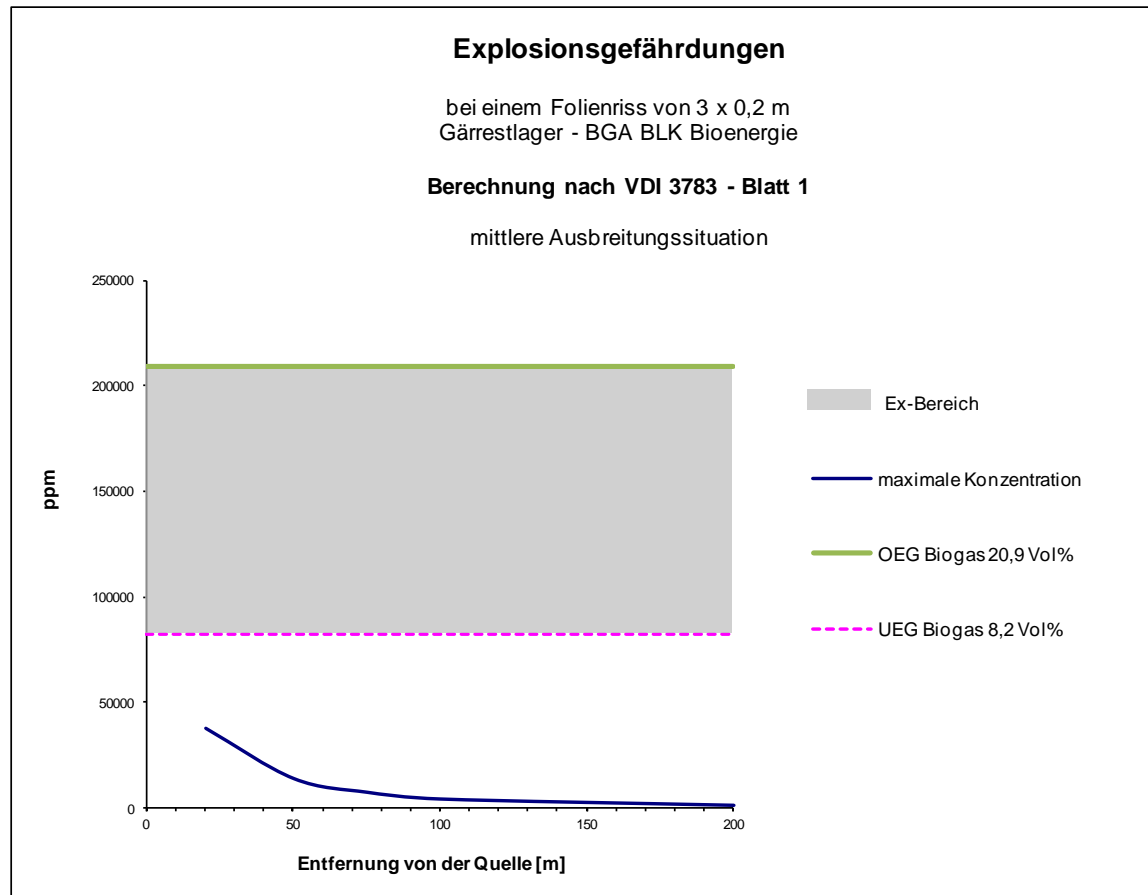
Beide Freisetzungsabschnitte bilden zusammenhängend ein Freisetzungsszenario, mit welchem die Durchführung der Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 erfolgt. Der zur Berechnung ermittelte Quelltherm berücksichtigt neben den dargestellten Freisetzungsmassenströmen ebenfalls die Anfangsverdünnung durch 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 5 dargestellt.

Es ist zu erwähnen, dass diese Abbildung die Ergebnisse ausgehend des Gärrestspeichers 2 zeigt, da dieser das größte Biogasvolumen aufweist. Die Entfernung der Ausbreitung gilt in Windrichtung und unter Unterstellung einer ungehinderten Ausbreitung ohne Hindernisse in Richtung einer möglichst freien Fläche, um eine ungehinderte Verbreitung zu simulieren und damit den größten Schutzradius zu bestimmen.



**Abbildung 5: Zündfähigkeit in Entfernung von der Quelle (Gäeestspeicher 2)**

### **Auswertung: Ausbreitung zündfähiger Atmosphäre**

Es wird erkennbar, dass die UEG (8,2 Vol%) in Bodennähe nicht überschritten wird. Damit ist unter den angegebenen Randbedingungen eines Biogasaustritts aus einem Riss mit den beschriebenen Dimensionen, von keinen Zündgefahren in Bodennähe auszugehen.

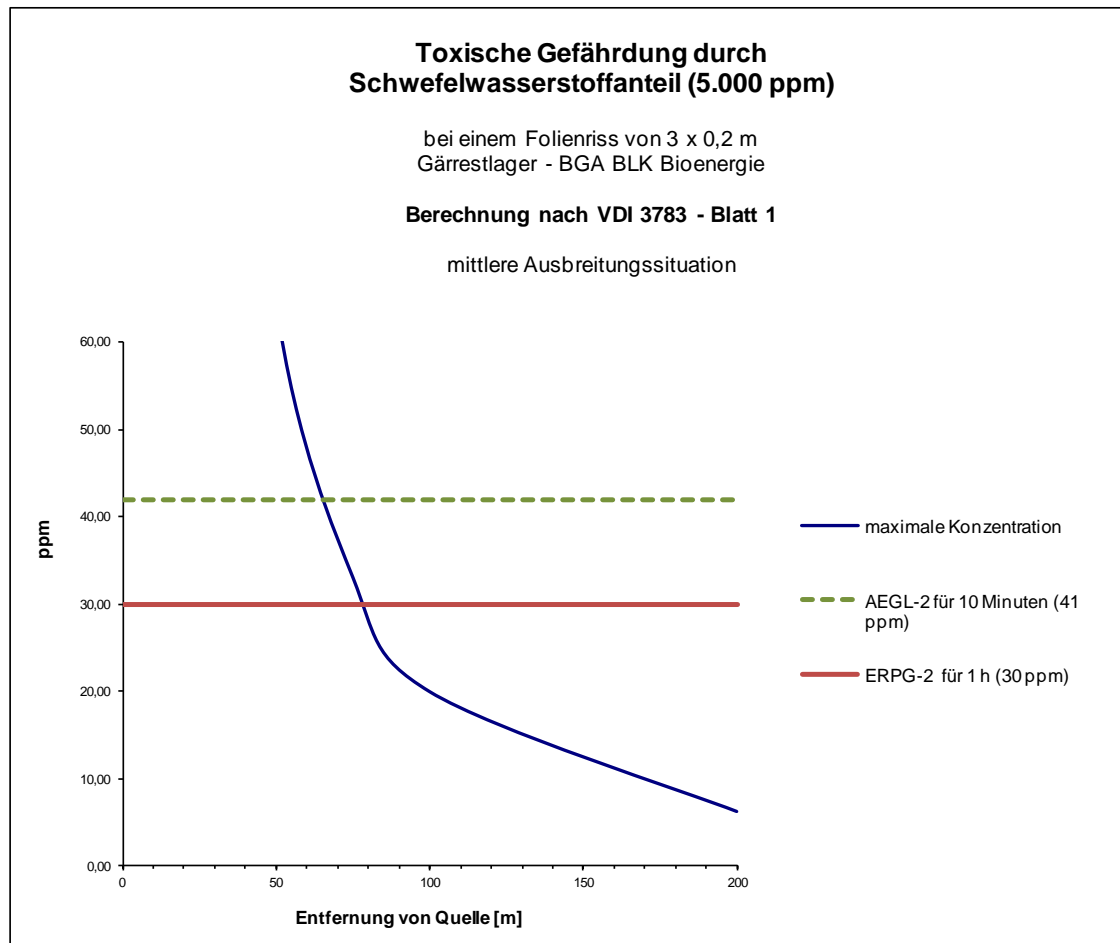
Die Stoffkonzentrationen sind aufgrund der Austrittshöhe hinreichend verdünnt bevor der Bodenbereich erreicht ist.

## 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 ( $\text{H}_2\text{S}$ )-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. Ebenfalls wird in Konvention zum Leitfaden KAS 18 /7/ der ERPG-2-Wert als Beurteilungswert dargestellt. Dieser gilt für die Expositionsdauer von 60 Minuten.

Die Ergebnisse der Berechnungen für die toxischen Gefährdungen durch  $\text{H}_2\text{S}$  als Bestandteil des größten freigesetzten Volumens von Biogas sind für die mittlere Ausbreitungssituation in der Abbildung 6 dargestellt.



**Abbildung 6: H<sub>2</sub>S-Konzentrationen in Entfernung von der Quelle (Gärrestspeicher)**

### **Auswertung: Ausbreitung toxischer Atmosphäre**

Eine toxische Konzentration oberhalb des AEGL-2-Wertes ist bis zu ca. 65 m in Windrichtung zu dem freigesetzten Gärrestspeicher 2 zu erwarten. Der ERPG-2-Wert wird bei ca. 80 m in Windrichtung überschritten. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der ERPG-2-Wert Auswirkungen beschreibt wenn die exponierte Person der Konzentration für 1 Stunde oder länger ausgesetzt ist. Es ist unter realistischen Bedingungen jedoch davon auszugehen, dass sich die Konzentration nicht für 1 Stunde im Freiraum aufhalten kann, sondern unter Windeinfluss verdünnt wird bis eine Stunde vergeht.

Für die Freisetzung von toxischen Bestandteilen im Biogas aus dem Gärrestspeicher 2 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.



**Abbildung 7: Ausbreitung der explosionsfähigen Atmosphäre ausgehend vom Gärrestspeicher 2 – schemenhaft Windrichtungsunabhängig**  
/Quelle: Microsoft Bing Karten/

Es wird darauf hingewiesen, dass zwischenliegende Objekte wie z.B.: Bewuchs oder Bebauungen die berechneten Entfernungen erfahrungsgemäß vermindern.

Die Ausbreitung toxischer Schwefelwasserstoff-Bestandteile aus dem Biogas oberhalb des AEGL-2-Wertes für 10 Minuten, kann unter den beschriebenen Randbedingungen und entsprechender Windrichtung über die Betriebsgrenzen hinausgehen.

Dabei kann im aktuellen Planungsstand und der Freisetzung des Gärrestspeichers 2 sowie bei gleichzeitiger Windrichtung aus Norden- bzw. Nordwesten, die toxischen Bestandteile oberhalb des AEGL-2-Wertes die südlich angrenzenden landwirtschaftlichen Bebauungen erreichen.

Hingegen erreichen die Schwefelwasserstoffkonzentrationen auch bei einer südlichen Windrichtung keine gesundheitsgefährdenden Werte im Bereich der Wohnbebauungen in ca. 90 m Richtung Norden, welche im Abschnitt 2.3 als schutzbedürftig eingestuft wurden. 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. Diese Dauer wird im vorliegenden Fall nicht erreicht. 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 nicht überschritten wird. Jedoch ist davon auszugehen, dass in höheren Bereichen die UEG überschritten werden kann.

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

Unter sehr konservativen Randbedingungen wird angenommen, dass sich eine Biogaswolke größeren Ausmaßes im Außenbereich aufkonzentriert hat.

Ausgehend von einer wirksamen Zündung der freigesetzten Biogaswolke innerhalb der Explosionsgrenzen<sup>14</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>15</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 werden daher 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>16</sup>. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit

<sup>14</sup> Wenn sich eine Wolke aus brennbaren Gas mit Luft zu einem brennbaren Gemisch mischt.

<sup>15</sup> Engl.: Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE)

<sup>16</sup> Die Anwendung des TNT Modelles zur Untersuchung einer Zündung einer Gaswolke im Freiraum ist aus Sicht der Sachverständigen nicht geeignet.

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 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. Aufgrund der Gasfreisetzung aus dem Gärrestspeicher 2 in einer Höhe von ca. 6 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes ist bei der Modellrechnung nicht mit einer nennenswerten Verdämmung durch angrenzende Bebauung zu rechnen. Im ProNuSs-Handbuch /U7/ wird als Hilfestellung die Matrix von Kinsella angegeben. Mit dieser Matrix wird unter den drei Parametern geringer Zündenergie, geringe Verblockung und geringe Verdämmung die Kategorie 2 - 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 UEG verdünnt haben. Daher wird ein Teil der Gasmenge nicht mehr an der Entzündung teil nehmen. Es wird unterstellt, dass noch ca. 50% der Gesamtmenge an der Zündung beteiligt sind.

### **Randbedingungen und Eingabeparameter für die Explosionsdruckberechnung**

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

#### **Quellparameter**

(Gärrestspeicher 2 – das größte Gasvorkommen auf der betreffenden Anlage)

- 50% der max. Biogasmenge: ca. 4.718 kg
- Wolkendurchmesser (unter Zünddistanz)<sup>17</sup> ca. 10 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 Gärrestspeichers 2 und berücksichtigen die Drift der Gaswolke.

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

---

<sup>17</sup> Angenommene Atmosphäre.

## Explosionsüberdruck - Gärrestspeicher 2 - BLK Bioenergie

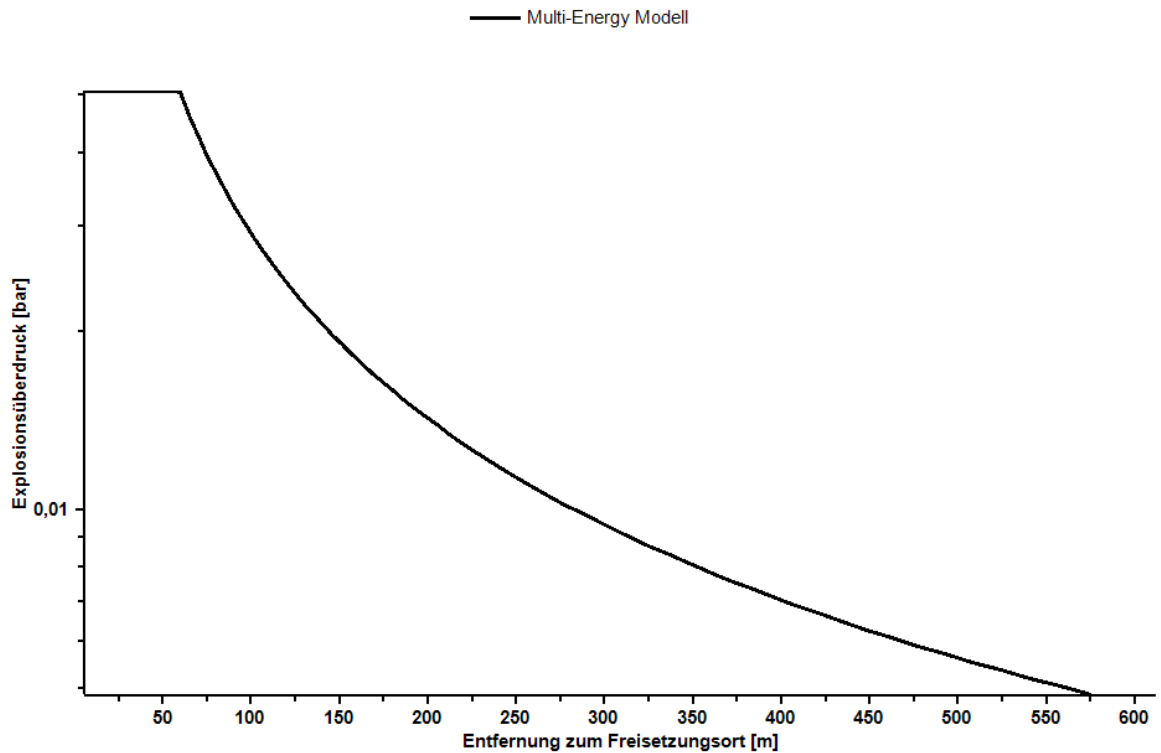


Abbildung 8: Explosionsüberdrücke – ausgehend Gärrestspeicher 2

### 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	282 m
Bruch von 75 % der Scheiben	0,03 bar	97 m
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	60 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. 60 m und für 75 % Scheibenbruch bei ca. 97 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.

Bei dieser Betrachtung erreichen die auftretenden Überdrücke selbst in näherer Entfernung keine Werte, welche Gesundheit von Passagieren eines PKW oder im Freien befindlichen Personen direkt negativ beeinflussen. Ein Glasbrucheintreten ist im Bereich der südlichen landwirtschaftlichen Bebauungen und den nördlichen Wohnobjekten bei leichten Glasscheiben nicht auszuschließen.

Dabei 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). Zudem gelten die errechneten Werte nur für den ungehinderten Wirkungsweg zwischen Donator und Akzeptor. Durch natürliche sowie künstliche Hindernisse wie z.B. Wälle, Wände o.ä. können diese Werte abgeschwächt werden.

## 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>18</sup> und ProNuSs Handbuch /U7/).

---

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

### 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

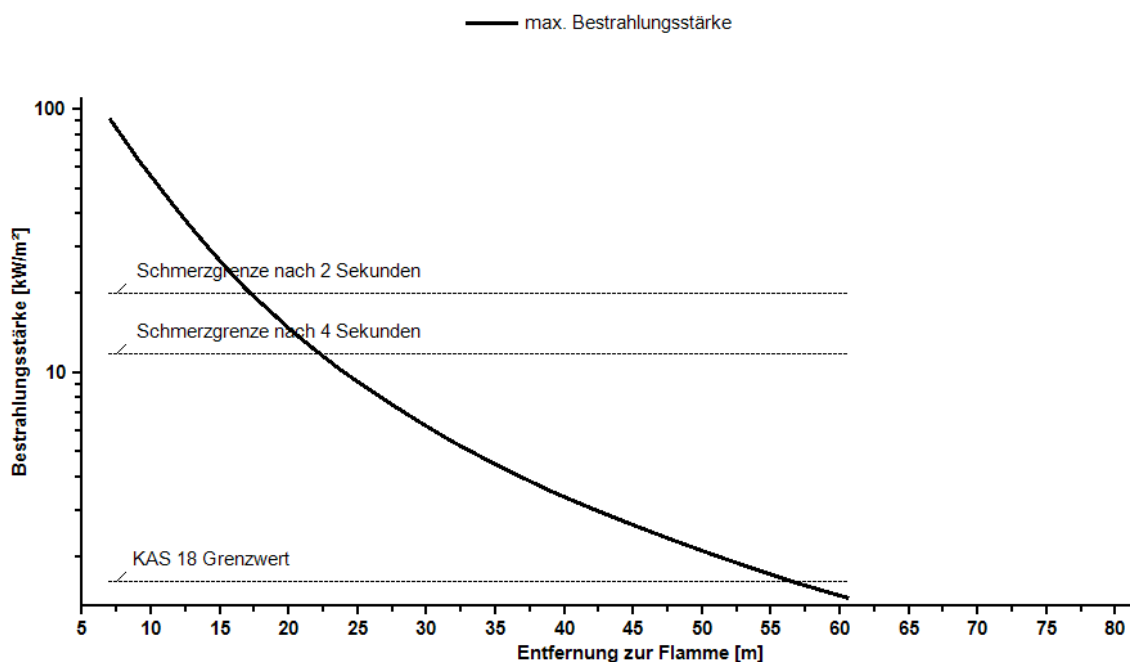
- Gaswolkenlänge: 10 m
- Gaswolkendurchmesser: 10 m
- Höhe der Wolkenmittellinie über Boden: m

### Ergebnisse

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

#### **Bestrahlungsstärke - Gärrestspeicher - BGA BLK Bioenergie**

Brand einer ebenen Flamme über Erdgleiche  
Gaswolkenlänge [m]: 10,0  
Gaswolkendurchmesser [m]: 10,0  
Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]: 6,0



**Abbildung 9: Wärmestrahlung als Abstand vom Wolkenrand**

Der Leitfaden KAS 18 /7/ der Kommission für Anlagensicherheit empfiehlt eine Bestrahlungsstärke von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  als Grenze für nachteilige Wirkungen. Dieser Wert gilt für Brände mit beliebig langen Einwirkzeiten und ist bei ca.  $< 57 \text{ m}$  erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände und eine unbestimmt lange Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten<sup>19</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  $20 \text{ m/s}$  bis  $40 \text{ m/s}$  im Freiraum, ohne nennenswerte Hindernisse. Damit wäre die freigesetzte Biogaswolke nach maximal ca. 0,5 Sekunden vollständig abgebrannt.

Da entsprechend den vorhergegangenen Betrachtungen davon ausgegangen werden kann, dass aus dem beschriebenen Leck weiterhin Gas nachströmt, kann unterstellt werden, dass sich die Flamme auch für länger als 0,5 Sekunden 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  $11,7 \text{ kW/m}^2$  bei 4 Sekunden und  $19,9 \text{ kW/m}^2$  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 - $11,7 \text{ kW/m}^2$	ca. $< 22,3 \text{ m}$ vom Wolkenrand
Einwirkdauer 2 Sekunden - $19,9 \text{ kW/m}^2$	ca. $< 17,3 \text{ m}$ 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 wirkamen Zündung innerhalb der Wolke, dessen Rand durch die Unterschreitung der UEG gekennzeichnet ist, aufhält.

Es liegen keine außerbetrieblichen Objekte innerhalb kritischer Grenzwerte.

<sup>19</sup> z.B.: Brand eines Tanklagers etc.



## 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

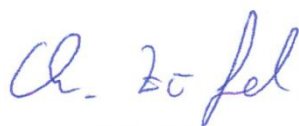
- Szenario 1: Dachhautleckage (Riss 3 m x 0,2 m)
  - Zündwillige Atmosphäre - Überschreiten der UEG im Bodenbereich nicht erreicht
  - Toxische Atmosphäre - AEGL-2-Wert für 10 Minuten ca. 65 m
- Szenario 2: Zündung im Freiraum bei Freisetzung
  - Gefährdung durch Explosionsdruck
    - Grenzwert nach KAS 18 nicht erreicht
    - Glasbruch 10 % bei Zündung im Freiraum: < 282 m
    - Glasbruch 75 % bei Zündung im Freiraum: < 97 m
    - Glasbruch 100 % bei Zündung im Freiraum: < 60 m
    - Grenzwert gemäß KAS 18 nicht erreicht
  - Gefährdung durch Wärmestrahlung:
    - Sofortige Gesundheitsgefährdung ca. 10 m vom Behälterrand
    - Schmerzen bei 4 Sekunden Branddauer: < 22,3 m vom Wolkenrand
    - Schmerzen bei 2 Sekunden Branddauer: < 17,3 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 Gärrestspeichers 2 berechnet, da dieser den größten Stoffinhalt aufweist und damit auch die größten Abstände ausgehend des Gärrestspeichers 2 zu erwarten sind. Ebenfalls besteht vom Gärrestspeicher 2 aus der kürzeste Abstand zum nächstgelegenen schutzbedürftigen Objekt, einem Wohnhaus in nördlicher Richtung. Die kritischen Grenzwerte werden in diesem Bereich nicht mehr erreicht.

Mit Betrachtung der örtlichen Lage sind die Abstände ausgehend des Gärrestspeicher 1 zu den südlich angrenzenden Bebauungen zwar geringer, jedoch handelt es sich hierbei um landwirtschaftlich genutzte Bebauungen, welche in einem funktionalen Verhältnis zu Biogasanlage stehen. Zudem beinhalten der Fermenter und der Gärrestspeicher 1 ein geringeres Gasvolumen, damit sind die zu erwartenden Abstände zum Erreichen kritischer Grenzwerte ebenfalls geringer.

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.



**Dipl.-Ing. (FH) Zöfel**

nach § 29a BImSchG

bekanntgegebener Sachverständiger

der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG