

## Auswirkungsanalyse

zur Ermittlung von angemessenen Abständen  
mittels Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen

**Projekt:** Biogasanlage Bohmte Nord

**Standort:** PLZ Ort: 49163 Bohmte  
Straße, H-Nr.: In den Dieken  
Gemarkung: Bohmte  
Flur: 29  
Flurstück: 1/2, 1/3, 1/4  
WGS 84: 52.391856, 8.320969

**Auftraggeber/Betreiber:** Fünfzehnte Agrarenergie GmbH & Co. KG  
Wellingstraße 66  
49326 Melle

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

**Auftragsnummer:** 8121915675-100  
**Berichtsnummer:** 8121915675-100-01

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

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

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

Das vorliegende Dokument umfasst 54 Textseiten. Eine Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (Betreiber) und der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG.

Rostock, 22.03.2024

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

TÜV NORD GROUP

Vorsitzender des Aufsichtsrates  
Dr. Dirk Stenkamp

Amtsgericht Hamburg  
HRA 102137  
UST-IdNr.: DE 243031938  
Steuer-Nr.: 27/628/00031

Komplementär  
TÜV NORD Systems Verwaltungsgesell-  
schaft mbH, Hamburg

Amtsgericht Hamburg  
HRB 88330

Geschäftsführer  
Dr. Ralf Jung (Vorsitzender)  
Silvio Konrad  
Ulf Theike  
Ringo Schmelzer

Commerzbank AG, Hamburg  
BIC (SWIFT-Code): COBADEFFXXX  
IBAN-Code: DE 73 2004 0000 0405 6222 00

Deutsche Bank, Hannover  
BIC (SWIFT-Code): DEUTDE2HXXX  
IBAN-Code: DE 90 2507 0070 0026 3640 00

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>3</b>
1.1 Veranlassung .....	3
1.2 Aufgabenstellung .....	3
1.3 Anlagenidentifikation .....	4
<b>2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft.....</b>	<b>8</b>
3.1 Schutzbedürftige Gebiete – Definition.....	8
3.2 Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereiches .....	12
3.3 Stoffliche Gefahren .....	15
3.4 Anlagenbeschreibung im Hinblick auf mögliche Gefahrenpotentiale .....	18
3.5 Bildung von Störfall-Szenarien anhand der Anlagenausführung .....	20
<b>4 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen.....</b>	<b>24</b>
4.1 Vorgehen und Programmvorstellung .....	24
4.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle zur Ausbreitungsberechnung .....	24
4.3 Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter .....	26
<b>5 Berechnungen.....</b>	<b>32</b>
5.1 Szenario1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen.....	32
5.1.1 Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1.....	35
5.1.2 Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1 .....	36
5.2 Szenario 2: Zündung der Biogaswolke im Dennoch-Störfall.....	39
5.2.1 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2 .....	42
5.2.2 Ergebnisse der Wärmestrahlungsauswirkungen durch Zündung der Biogaswolke im Szenario 2 .....	45
<b>6 Schlussfolgerungen.....</b>	<b>52</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Die Fünfzehnte Agrarenergie GmbH & Co. KG plant die Errichtung und den Betrieb einer Biogasanlage zur Erzeugung und energetischen Verwertung von Biogas. Die betreffende Biogasanlage wird im vorliegenden Dokument als Biogasanlage Bohmte Nord benannt.

Die Biogasanlage Bohmte Nord fällt aufgrund des Auftretens gefährlicher Stoffe unter den Geltungsbereich der 12. Bundes-Immissionsschutzverordnung (12. BImSchV, Störfallverordnung) und ist als ein Betriebsbereich der oberen Klasse gemäß §2 Abs. 2 der Störfallverordnung anzusehen.

Da die Biogasanlage Bohmte Nord den Pflichten der Störfallverordnung unterliegt, ist im Zuge des Genehmigungsverfahrens nach §16 Bundesmissionsschutzgesetz (BImSchG) die Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes gemäß §50 in Verbindung mit §3 Abs. 5c BImSchG mittels rechnerischer Verfahren gefordert.

Durch die vorliegende Abstandsermittlung ist es möglich Angaben zu den Auswirkungen zu machen, welche sich aus größeren Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes bzw. Störfällen ergeben können. Es kann somit die Fragestellung beantwortet werden, ob ein schutzbedürftiges Objekt aufgrund der Auswirkungen von Störfällen und Dennoch-Störfällen in der Biogasanlage Bohmte Nord negativ beeinflusst werden.

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.

## 1.2 Aufgabenstellung

Die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG, Geschäftsstelle Rostock, nachfolgend TÜV NORD genannt, wurde durch die Fünfzehnte Agrarenergie GmbH & Co. KG mit der rechnerischen Abstandsermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes gemäß §50 in Verbindung mit §3 Abs. 5c BImSchG, mittels rechnerischer Verfahren, durch einen nach §29b Bundes-Immissionsschutzgesetz bekanntgegebenen Sachverständigen beauftragt. Als Grundlage der Ermittlung sollen die Leitfäden KAS 18 /7/ und KAS 32 /8/ herangezogen werden.

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> Dabei werden die in der Biogasanlage Bohmte Nord vorkommenden störfallspezifischer Faktoren zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes gemäß §3 Abs. 5c BImSchG und zur Berechnung angewendet.

Die im Leitfaden KAS 18, Abs. 3.1 empfohlenen Entfernungsangaben<sup>2</sup> können somit eingehalten bzw. wenn das untersuchte Gefährdungspotential der Biogasanlage Bohmte Nord 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.

### 1.3 Anlagenidentifikation

Die Biogasanlage Bohmte Nord befindet sich am Standort

PLZ Ort:	49163 Bohmte
Straße, H-Nr.:	In den Dieken
Gemarkung:	Bohmte
Flur:	29
Flurstück:	1/2, 1/3, 1/4

In der Biogasanlage Bohmte Nord wird der Stoff Biogas erzeugt und in großen Mengen gelagert. Dieser Stoff bestimmt im Wesentlichen das Störfallpotential der Anlage.

Biogas ist als entzündbares Gas mit dem Merkmal H220 einzustufen und ist daher gemäß Stoffliste im Anhang I der 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12. BImSchV/Störfallverordnung) der Stoffgruppe 1.2.2 zuzuordnen. Für diese Stoffgruppe sind in der Stoffliste im Anhang I der 12. BImSchV die Mengenschwellen von 10.000 kg in der Spalte 4 und 50.000 kg in der Spalte 5 definiert.

Im Sinne des Störfallrechtes wird die maximal mögliche Biogasmenge in der Biogasanlage Bohmte Nord betrachtet. Diese liegt oberhalb der Mengenschwelle von 50.000 kg

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

<sup>2</sup> Sog. Achtungsabstände

(Spalte 5) im Anhang I der Störfallverordnung. Somit ist die Biogasanlage Bohmte Nord als ein Betriebsbereich der oberen Klasse gemäß §2 Abs. 2 der Störfallverordnung anzusehen und unterliegt damit den Pflichten der §§ 3-8 der Störfallverordnung.

Das ebenfalls in der Anlage vorhandene Biomethan hat keinen Einfluss auf diese Einstufung, da bereits mit der maximalen Menge an Biogas die obere Mengenschwelle überschritten ist.

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

## 2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen

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

- /1/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) mit Verordnungen (BImSchV)
- /2/ 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12.BImSchV) – Störfall-Verordnung
- /3/ VDI 3783 Blatt 1 – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen – Sicherheitsanalyse
- /4/ VDI 3945 Blatt 3 - Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell
- /5/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft ; 2002
- /6/ TNO – Yellow Book
- /7/ Leitfaden KAS 18 (ersetzt SFK/TAA – GS – 1) - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG; 11/2010
- /8/ Leitfaden KAS 32 – Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18; 2. Fassung 11/2015
- /9/ Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung; März 2004; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

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

- /U1/ Lageplan - Biogasanlage Bohmte Nord; M 1:500; Zeichn.-Nr.: ohne; Projekt.-Nr.: B202304/V01; Ersteller: Biocontract GmbH; Stand: 14.12.2023
- /U2/ Verfahrens- und Betriebsbeschreibung als Abschnitt 3.1.1 aus dem Antrag auf Genehmigung - Biogasanlage Bohmte Nord; Ersteller: Biocontract GmbH; Stand: 02.2024; 15 Seiten
- /U3/ Verfahrensbeschreibung – Gasaufbereitungsanlage als Abschnitt 3.1.1 aus dem Antrag auf Genehmigung - Biogasanlage Bohmte Nord; Ersteller: MovinGreen GmbH & Co. KG; Stand: 23.11.2023; 19 Seiten
- /U4/ Hinweise zur Anwendung der Störfallverordnung - Biogasanlage Bohmte Nord – als Abschnitt 6.1 aus dem Antrag auf Genehmigung - Biogasanlage Bohmte Nord; Ersteller: Biocontract GmbH; Stand: 02.2024; 3 Seiten

Weitere Informationen wurden per E-Mail-Verkehr am 12.03.2024 sowie telefonisch (Herr Stötling am 19.03.2024) übermittelt.

Weiterhin wurden folgende Informationsquellen herangezogen:

- /11/ GESTIS Stoffdatenbank (Stand 04.12.2013)  
(<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>)
- /12/ Sicherheitsdatenblatt Biogas und  
Information BIOGAS der BG Chemie vom 07.01.2019
- /13/ ProNuSs 9 (Version 9) – Programmbeschreibung

### 3 Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft

#### 3.1 Schutzbedürftige Gebiete – Definition

Die Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft erfordert 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 textliche Fassung des §50 BImSchG erläutert nicht eindeutig was als schutzbedürftiges Gebiet zu bewerten ist. Daher wird im Folgenden die ergänzende Definition des Leitfadens KAS18 /7/, welcher zur Umsetzung § 50 BImSchG heranzuziehen ist, angewendet:

Quelle: KAS 18, Abs. 2.1.2:

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

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



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

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

Eine weitere Definition findet sich in § 3 Abs. 5d BImSchG:

*„(5d) Benachbarte Schutzobjekte im Sinne dieses Gesetzes sind ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete, öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete, Freizeitgebiete, wichtige Verkehrswege und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete.“*

Deren Definitionsgrenzen wurden im LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022 detaillierter wiedergegeben:

#### Ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete

Gemäß LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022

*„Ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind Gebiete, in denen die Größe der dem Wohnen dienenden Nutzungseinheiten insgesamt mehr als 5 000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche beträgt, soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt.*

*Einzelne Wohngebäude werden in der Regel nur dann erfasst, wenn sie einem Wohngebiet vergleichbare Dimensionen aufweisen.“*

### Öffentlich genutzten Gebäude und Gebiete

Gemäß LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022

*„Öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind bauliche Anlagen, die öffentlich zugänglich sind und die für die gleichzeitige Nutzung durch mehr als 100 Besucher bestimmt sind soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt.“*

- *Hierzu können 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, Kindergarten, Altenheime, Krankenhäuser,*
- *Öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, z. B. Einkaufszentren, Verbrauchermärkte, Schnellrestaurants, Parkanlagen, Flughafenterminals, Bahnhöfe oder Busbahnhöfe gehören.*

*Hierzu gehören auch Verwaltungsgebäude, wenn diese nicht nur gelegentlich Besucher (z. B. Geschäftspartner) empfangen. Soweit Besucher der Obhut der zu besuchenden Person in der Weise zuzuordnen sind, dass sie von dieser Person im Alarmierungsfall hinsichtlich ihres richtigen Verhaltens angehalten werden können, handelt es sich nicht um ein öffentliches Gebäude.*

### Freizeitgebiete

Gemäß LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022

*„Freizeitgebiete sind Gebiete, die der Erholung dienen. In Art. 13 Abs. 2 der Seveso-III-Richtlinie wird der Begriff Erholungsgebiete benutzt. Freizeitgebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind Gebiete, die dazu bestimmt sind, von einer unbestimmten Anzahl von Personen zur Gestaltung ihrer Freizeit genutzt zu werden und in denen sich regelmäßig mehr als 100 Personen gleichzeitig aufhalten. Dazu können unter anderem Flächen für Volksfeste, Jahrmärkte oder Musikkonzerte sowie*

- *Gelände für Freilichtveranstaltungen,*
- *Sportplätze,*
- *Autokinos,*
- *Freizeitparks,*
- *Vergnügungsparks,*
- *Abenteuer-Spielplätze (Robinson-Spielplätze, Aktiv-Spielplätze),*
- *Kinderspielplätze*
- *Sonderflächen für Freizeitaktivitäten, z.B. Grillplätze,*

- *Campingplätze*
- *Kleingartengebiete*
- *Badeplätze,*
- *Sommerrodelbahn*
- *(Aufzählung in Anlehnung an Ziffer 1 der Freizeitlärm-Richtlinie der LAI vom 06.03.2015) zählen.“*

### Wichtige Verkehrswege

Gemäß LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022

*„Der Vorschlag der Kommission (FAQ zu Dir. 2012/18/EC-Seveso-III vom 1.3.2016, No. 5, Ref. 034), an dem die Mitgliedstaaten inklusive Deutschland mitgearbeitet haben, kann herangezogen werden. Der Kommissionsvorschlag lautet: „Die praktische Bewertung eines Verkehrsweges als „wichtiger Verkehrsweg“ ist immer von den individuellen Gegebenheiten abhängig, da die Verteilung der Verkehrsdichte stark schwanken kann. Verkehrsdichten unterhalb der folgenden Werte sollten nicht als „wichtige Verkehrswege“ betrachtet werden.*

- *Straßen mit weniger als 10.000 PKW in 24 Stunden,*
- *Schienenwege mit weniger als 50 Personenzügen in 24 Stunden*

*Verkehrswege mit Verkehrsdichten oberhalb der folgenden Werte sollten jedenfalls als „wichtige Verkehrswege“ betrachtet werden:*

- *Autobahnen (zulässige Höchstgeschwindigkeit > 100 km/h) mit mehr als 200.000 PKW in 24 Stunden oder mehr als 7.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde,*
- *Andere Straßen (zulässige Höchstgeschwindigkeit < 100 km/h) mit mehr als 100.000 PKW in 24 Stunden oder mehr als 4.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde,*
- *Schienenwege mit mehr als 250 Personenzügen in 24 Stunden oder mehr als 60 Personenzügen in der verkehrsreichsten Stunde (beide Fahrrichtungen).*

*Flughäfen sollten jeweils gesondert bewertet werden.“ Terminals von Flughäfen oder Kreuzfahrtschiffen, Schiffshäfen und Bahnhöfe gelten nicht als wichtige Verkehrswege, sondern ggf. als öffentlich genutzte Gebäude. Bei der in vielen Fällen erforderlichen Einzelfallbetrachtung ist das Schutzgut Mensch und nicht die allgemeine oder wirtschaftliche Bedeutung des Verkehrswegs maßgeblich.“*

### Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete

Gemäß LAI Beschluss „Hinweise und Definitionen zum angemessenen Sicherheitsabstand nach § 3 Abs. 5c BImSchG“ vom 13.09.2022

*Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete im Sinne von § 3 Abs. 5d BImSchG sind folgende Gebiete, sofern sie zu Betriebsbereichen benachbart sind, sich demnach außerhalb des Betriebsbereichs befinden:*

- 1. Natura 2000-Gebiete gemäß §§ 31, 32 BNatSchG,*
- 2. Naturschutzgebiete gemäß § 23 BNatSchG,*
- 3. Nationalparke, nationale Naturmonumente gemäß § 24 BNatSchG,*
- 4. Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten gemäß § 25 BNatSchG,*
- 5. gesetzlich geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG, sofern sie Gebietscharakter besitzen.*

*Nicht zu den unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvollen bzw. besonders empfindlichen Gebieten im Sinne des § 3 Abs. 5d BImSchG gehören folgende Schutzgebiete des BNatSchG:*

- 6. Naturschutzdenkmäler gemäß § 28 BNatSchG,*
- 7. Landschaftsschutzgebiete gemäß § 26 BNatSchG,*
- 8. Naturparke gemäß § 27 BNatSchG,*
- 9. Geschützte Landschaftsbestandteile gemäß § 29 BNatSchG,*
- 10. Gebiete, die gemäß Landesbiotopkataster als naturschutzwürdig eingestuft sind, sofern sie nicht zu 5. zählen,*
- 11. Schutzgebiete, die aufgrund regionaler oder internationaler Abkommen und Programme ausgewiesen wurden*

## **3.2 Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereiches**

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

Anmerkung:

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

Abstandsbetrachtungen zu außerbetrieblichen Gebäuden/Objekten

Der Standort des Betriebsbereiches der Biogasanlage Bohmte Nord befindet sich auf einem insgesamt ländlich geprägten Umfeld, nördlich der Ortschaft Bohmte, deren erste Wohnbebauungen im Randbereich nach ca. 1.700 m erreicht werden.

Im mittleren Umfeld des Standortes sind vereinzelte Hofstellen mit integrierten Wohnbebauungen anzufinden. Von diesen weisen die Hofstellen in ca. 300 m südwestlicher Richtung und ca. 480 m westlicher Richtung die geringsten Entfernungen zum Standort auf. In ca. 200 m westlicher Richtung befinden sich landwirtschaftlich genutzte Stallungen, welche als nicht schutzbedürftig im Sinne §50 BImSchG einzustufen sind.



**Abbildung 1: Standort der Biogasanlage Bohmte Nord**  
[Quelle: Google Maps 2024, ohne Maßstab]

Bis auf die genannten Objekte ist das Anlagengelände in allen Richtungen von agrarwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben. Als nächst gelegenes Schutzobjekt mit dem Schutzziel Mensch und mit der geringsten Entfernung zu einem sicherheitsrelevanten Anlagenteil, ist die

- Wohnbebauung in ca. 300 m Richtung Südwesten (O)

identifiziert.

Diese Wohnbebauung ist der Ortschaft Bohmte zugehörig und befindet sich in deren Randbereich. Dahinterliegend sind in gleicher Richtung weitere zu Wohnzwecken genutzte Gebäude anzufinden.

#### Abstandsbetrachtungen zu Verkehrsflächen

Die Zufahrt zum Standort der Biogasanlage erfolgt aus westlicher Richtung über eine Zuwegung, welche direkt am Standort in Nord-Süd-Achse verläuft. Dieser Verkehrsweg ist aufgrund der geringen Fluktuation nicht als schutzbedürftig einzustufen.

In westlicher Richtung verläuft die Bundesstraße B51 in ca. 560 m ebenfalls in Nord-Süd-Achse. Die Bundesstraße B51 stellt gleichzeitig den Verkehrsweg mit der größten Fluktuation in der Umgebung dar. Ob dieser Verkehrsweg schutzbedürftig im Sinne §50 BImSchG ist, wird eingestuft sofern sich anhand der Auswirkungsberechnungen im Abschnitt 5 herausstellt, dass dieser Verkehrswege innerhalb kritischer Abstände befindet. In direkter westlicher Nachbarschaft verläuft die Bahnstrecke 2200 welche u.a. von der RE9 befahren wird. Die Schutzbedürftigkeit eines Verkehrsweges ist abhängig von der Frequentierung mit Fahrzeugen oder Zügen. Entsprechend den „Questions & Answers“<sup>3</sup> zur Richtlinie 2012/18/EU (Seveso-III) sind Verkehrswege nicht als schutzbedürftig einzustufen, wenn diese mit weniger als 10.000 PKW oder weniger als 50 Passagierzügen je 24 Stunden frequentiert sind. Weiter ist ein selbige Erkenntnisquelle aufgeführt, dass „wichtige Verkehrswege“ dann vorliegen, wenn in 24 Stunden mehr als 250 Züge oder mehr als 60 Züge in der verkehrsreichsten Stunde den Schienenweg passieren. Es muss eruiert werden mit welchem Verkehrsaufkommen auf der Bahnstrecke 2200 zu rechnen ist.

<sup>3</sup> [https://circabc.europa.eu/sd/a/adfcacae-fcbf-48e5-993a-7aac7eb8b92/Questions%20%26%20Answers%20Seveso-III-Directive%202018%20v1%20Ares\(2018\)1656198.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/adfcacae-fcbf-48e5-993a-7aac7eb8b92/Questions%20%26%20Answers%20Seveso-III-Directive%202018%20v1%20Ares(2018)1656198.pdf)

Entsprechend den Angaben der DB InfraGo AG wird die Bahnstrecke 2200 innerhalb von 24 Stunden mit 99 Verkehrszügen in beiden Fahrtrichtungen im Durchschnitt im Jahr 2023 befahren.

Damit unterschreitet die Frequentierung der Bahnstrecke 2200 das Kriterium von 250 Personenzügen je 24 Stunden und ist definitionsgemäß nicht als schutzbedürftiges Gebiet im Sinne des § 50 BImSchG anzusehen.

Verkehrswege mit größerem Verkehrsaufkommen sind nicht anzufinden.

Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete

Besonders empfindliche Gebiete unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes sind im mittleren Umfeld < 500 m nicht anzufinden.

### 3.3 Stoffliche Gefahren

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

Das ebenfalls vorkommende Biomethan mit ähnlichen brennbaren Eigenschaften wird dagegen nicht in größeren Mengen gelagert und kommt nur in vergleichsweise geringen Mengen auf der Biogasanlage Bohmte Nord vor.

#### Stoffliche Risiken Biogas

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

Insgesamt bestehen für Biogas somit explosionstechnische und toxische Gefahren.

Die Zusammensetzung von Biogas kann je nach Verfahrensprozess variieren. Angaben zur Zusammensetzung sind im Sicherheitsdatenblatt /12/ enthalten. Biogas besteht

demnach im Durchschnitt zu ca. 40 - 75 % aus Methan und ca. 20 - 50 % aus Kohlendioxid /I2/.<sup>4</sup>

### Explosionsgefährdung

Störfallrelevant wirkt bei Biogas vor allem die Fähigkeit zur Bildung explosionsfähiger Gemische mit der Umgebungsluft. Hauptverantwortlich dafür ist der Bestandteil Methan (CH<sub>4</sub>) dessen Explosionsgrenzen wie folgt definiert sind<sup>5</sup>.

#### Stoffeigenschaften Methan als Bestandteil von Biogas

Explosionsgrenzen CH <sub>4</sub> :	UEG (untere Explosionsgrenze) 4,4 Vol. %
	OEG (obere Explosionsgrenze) 17 Vol. %

Methan ist folgenden Einstufungen zuzuordnen:

- H220: Extrem entzündbares Gas - nach CLP Richtlinie 1272/2008

Entsprechend einem zu erwartenden Methangehalt von maximal 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<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ bzw. „OEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ 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<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ bzw. „OEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ für das vorliegende CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> Verhältnis aus dem Explosionsdreieck für Methan abgelesen werden.</sub></sub></sub></sub>

Dabei können die Werte für „UEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ bzw. „OEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>“ als Methananteile am Schnittpunkt mit der Explosionsbereichskurve abgelesen werden.</sub></sub>

<sup>4</sup> Diese Werte sind als Standardwerte einzustufen. Die auf der untersuchten Biogasanlage angenommenen Werte können davon abweichen und sind in den Randbedingungen zur Berechnung explizit dargestellt.

<sup>5</sup> Explosionsgrenzen von Methan gemäß GESTIS-Stoffdatenbank; Stand: 04.12.2013



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

$$\begin{aligned} \text{UEG}_{\text{CH}_4, \text{CO}_2} &= 4,6 \% \\ \text{OEG}_{\text{CH}_4, \text{CO}_2} &= 12,2 \% \end{aligned}$$

Damit ergeben sich aus der Berechnung nach Abbildung 2 folgende Explosionsgrenzen für Biogas (55 Vol% CH<sub>4</sub>):

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

### Toxische Gefährdung

Zu den primären toxischen Komponenten im Biogas zählen Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) und in einem geringen Umfang Ammoniak (NH<sub>3</sub>). 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<sub>2</sub>S, sind folgende H-Sätze nach CLP Verordnung 1272/2008 zugeordnet:

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

Da H<sub>2</sub>S als sehr giftig eingestuft ist, sind im Hinblick auf störfallrelevante Gefahren durch H<sub>2</sub>S daher besonders die toxischen Risiken zu berücksichtigen. Aufgrund des geringen Anteils an H<sub>2</sub>S im Verhältnis zu CH<sub>4</sub> im Biogas, ist die Explosionsfähigkeit von H<sub>2</sub>S nach Auffassung der Sachverständigen durch die Betrachtung der Explosion von CH<sub>4</sub> mit abgedeckt und wird daher hier nicht separat untersucht.

n 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.

### 3.4 Anlagenbeschreibung im Hinblick auf mögliche Gefahrenpotentiale

In der Biogasanlage Bohmte Nord wird in gasdichten Gärbehältern, in einem mesophilen Vergärungsverfahren aus Wirtschaftsdünger brennbares Biogas gewonnen, welches anschließend in einer Biogasaufbereitungsanlage (BGAA) auf Erdgasqualität (Biometan) aufbereitet wird, um dieses über die Biogaseinspeiseanlage (BGEA) in das Gasnetz des Gasnetzbetreibers einzuspeisen. Die BGEA ist nicht Bestandteil des hier betrachteten Betriebsbereiches.

Bei dem Biogasaufbereitungsverfahren in der BGAA wird neben Biomethan auch Kohlendioxid aus dem Rohbiogas abgeschieden. Dieses wird in einer Kohlendioxidverflüssigungsanlage verflüssigt und kann anschließend über eine Abfüllanlage über Tankkraftwagen abtransportiert werden.

Zur betriebseigenen Wärmeversorgung sind zwei Blockheizkraftwerke (BHKW) vorgesehen. In den BHKW-Anlagen wird das Biogas thermisch verwertet, wobei elektrischer Strom und Wärme produziert wird. Die Abwärme wird zur Beheizung der Anlage und zur Aufrechterhaltung des Fermentationsprozesses genutzt.

Die zurückbleibenden Gärreste werden landwirtschaftlich benutzt.



Abbildung 3: Ausschnitt aus Lageplan; Quelle: /U1/

Betrachtung möglichen Störfallpotentials

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

In Folgenden Anlagenteilen wird Biogas in einer störfallrelevanten Menge vorgehalten:

- Fermenter A
- Fermenter B

- Fermenter 1 – D = 24 m
- Nachgärer A
- Nachgärer 1 – D = 25 m
- Gärrestslager A – D = 25 m
- Gärrestslager 1 – D = 37 m
- Gärrestslager 2 – D = 37 m
- Gärrestslager 3 – D = 37 m
- Externer Gasspeicher

Bei dem Fermenter 1 besteht der zylinderförmige Mantel aus emaillierten bzw. beschichteten Stahlblechteilen. Die Fermenter A und B sowie die Nachgärer und die Gärrestslager sind mit einem zylinderförmigen Mantel aus Stahlbeton ausgeführt.

Über dem Flüssigkeitsspiegel befindet sich in allen Behältern der Gasraum, welcher im Normalbetrieb bei den Fermenter A und B mit einem festen Dach aus Stahlbeton und bei dem Fermenter 1 mit einem festen Dach aus Stahlblechteilen zur Umwelt abgedichtet ist. Bei den Gärrestslagern sowie dem Nachgärer 1 ist der Gasraum zur Umwelt mit einem Foliendach abgedeckt. Die gasdichte Befestigung der Dachhaut am Behältermantel erfolgt hier mit einer verschraubten Klemmschiene.

Der Externe Gasspeicher ist als kreisrunder Foliengasspeicher direkt auf einer Bodenplatte befestigt.

Welcher der Gasbehälter das größere Störfallpotential besitzt, wird in folgenden Abschnitten ermittelt.

Die Anlagenteile der Biogasaufbereitungsanlage dagegen nur ein sehr geringes Gasvolumen auf. Daher ist das Störfallpotential durch die Gärbehälter bereits abgedeckt.

Kohlendioxid wird nicht als gefährlicher Stoff in der Störfallverordnung gelistet. Daher erfolgt hier keine weitere Betrachtung.

### **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 Bohmte Nord sog. Dennoch-Störfälle auftreten. Diese

---

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

Szenarien wurden in Konvention mit den im Leitfaden KAS 32 /8/ und den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ beschriebenen Randbedingungen erarbeitet.

#### Definition von Dennoch-Störfällen:

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

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

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

#### **Untersuchung von Störfallauswirkungen**

Ausgehend der notwendigen Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung ist hier primär das stoffliche Störfallpotential des zuvor freigesetzten Stoffes zu betrachten. Das stoffliche Störfallpotential auf der Biogasanlage Bohmte Nord geht primär vom Stoff Biogas aus, welcher auch als einzig relevanter störfallrelevanter Stoff in einer größeren Menge zu benennen ist. Das ebenfalls vorkommende Biomethan mit ähnlichen brennbaren Eigenschaften wird dagegen nicht in größeren Mengen gelagert und kommt nur in vergleichsweise geringen Mengen auf der Biogasanlage Bohmte Nord vor. Aus diesem Grund ist an den zu betrachtenden Szenarien gasförmiges Biogas beteiligt, welches aufgrund seiner Eigenschaften und der vorhandenen Menge als störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände der Biogasanlage Bohmte Nord einzustufen ist.

Bei der Szenarienbildung wird konservativ ungünstig unterstellt, dass größere Mengen an Biogas als gefährlicher Stoff, unkontrolliert in die Umgebung austreten. Es wird daher die Freisetzung von Biogas mit toxischen und explosionsfähigen Bestandteilen untersucht. Dieses ist zusammenhängend in großer Masse in den Gärbehältern vorhanden und wird durch ein festes Dach bei den Fermentern 1, A und B sowie durch eine Folien-

Dachhaube bei dem Nachgärer 1 und A sowie den Gärrestlagern von der Umgebung getrennt.

Da das Versagen einer Folienabdeckung gegenüber einem festen Dach um ein Vielfaches wahrscheinlicher ist, wird im Folgenden die weitere Betrachtung der Behälter mit Foliendach vorgenommen.

Zudem erfordert die umfängliche Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung, auch die Annahme der Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) auf dem Anlagengelände. Diese GZM ist innerhalb der Behälter mit Folienabdeckung, nach Analyse der aktuell vorliegenden Anlagenkonzeption in den drei Gärrestlagern 1 bis 3 anzufinden.

Mit der größten Gasmenge und der Folienhaubenabdeckung besitzen die Gärrestlager 1 - 3 damit das größte Störfallpotential.

Die Gärrestlager 1 - 3 weisen alle ein identisches Gasvolumen auf. Da auch die Konstruktion und Aufstellung nahezu identisch sind, kann bei allen diesen Behältern von einem gleichwertigen Störfallpotential ausgegangen werden.

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.

Zur Auswirkungsberechnung muss ein hypothetischer Öffnungsquerschnitt an der Folienhaube angenommen werden. Im anzuwendenden Leitfaden KAS 32 /8/ sind zwei verschiedene Öffnungsquerschnitte an Foliendachhauben zu Prognostizierung von Störfal-  
lauswirkungen vorgegeben. Dabei wird unterschieden in einer Befestigung mit einer Klemmschiene und der Befestigung durch einen Klemmschlauch.

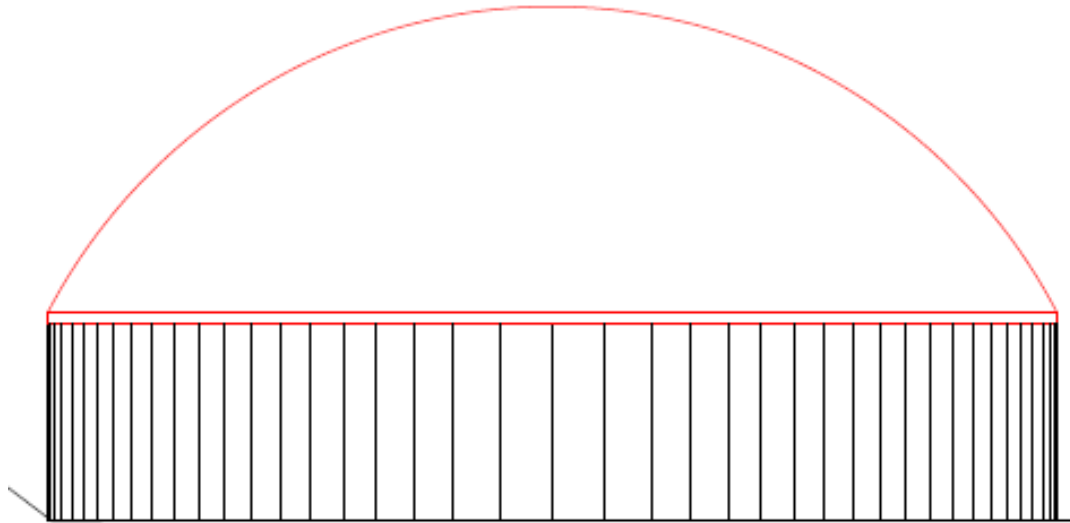
Im vorliegenden Fall der Biogasanlage Bohmte Nord wird eine Klemmschienenbefestigung angewendet.

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 (0,6 m<sup>2</sup>) in der Dachhaut eines der Gärrestlager 1 bis 3 kontinuierlich freigesetzt.

Diese Dimension ist gemäß Leitfaden KAS 31 /8/ für Gärbehälter anzusetzen. Mit der größten Gasmenge besitzen die Gärrestlager 1 bis 3 damit jeweils das größte Störfallpotential.

Abbildung 4 stellt den Aufbau des Gärrestlager 1 bis 3 schematisch dar.



**Abbildung 4: Schnittzeichnung Gärrestlager 1 bis 3 – projektunabhängig**

Im Folgenden werden die sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet, bei denen die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind. Dementsprechend werden bei den Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen die Gärrestlager 1 bis 3 berücksichtigt

Zudem wird konservativ davon ausgegangen, dass das jeweils betrachtete beschädigte Gärrestlager 1, 2 oder 3 zum Schadenszeitpunkt vollständig vom Substrat geleert ist und damit das größtmögliche Gasvolumen beinhaltet.

Aufgrund der identischen Dimensionen können die Ergebnisse auch auf die jeweils anderen Gärrestlager 1 bis 3 übertragen werden.

## 4 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen

### 4.1 Vorgehen und Programmvorstellung

Primärer Bestandteil der Abstandsbetrachtung ist die Ausbreitungsberechnung der freigesetzten Gaswolke, in welcher Konzentrationen von toxischen und brennbaren Bestandteilen vorhanden sind.

In Folge dessen können einerseits die toxischen Risiken und andererseits die Gefährdungen durch die räumliche Ausdehnung einer explosionsfähigen gefährlichen Atmosphäre als Funktion des Abstandes zur Freisetzungsquelle dargestellt werden. Zusätzlich werden die Druckwellenauswirkungen und Wärmestrahlungsbelastungen einer möglichen Zündung der freigesetzten Gaswolke betrachtet und dargelegt.

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

Diesem Programm ist zur Berechnung der Gasausbreitung die Richtlinie VDI 3783 implementiert. Die Berechnungen der Auswirkungen des Explosionsdruckes einer Biogas-Gaswolkenexplosion erfolgt nach dem international anerkannten TNO-Multi-Energy-Modell. Die Berechnungen der explosionsfähigen Masse wird nach dem Lagrange'schen Partikelmodell berechnet.

### 4.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle zur Ausbreitungsberechnung

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 Freistrahls auswirkt sobald der Austrittsimpuls abgebaut worden ist.<sup>7</sup> Entsprechende Berücksichtigung der Turbulenzeinflüsse ist aktuell in der Bearbeitung, jedoch liegen noch keine anwendbaren Vorgaben vor. Damit findet die Freistrahlberechnung in der vorliegenden Untersuchung keine Anwendung.

Die maximale explosionsfähige Masse wird nach dem Lagrange'schen Partikelmodell berechnet, welches in der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 beschrieben ist. Das Lagrange-Ausbreitungsmodell beruht auf einer stochastischen Beschreibung des turbulenten Transports in einem mit mittlerer Windgeschwindigkeit bewegten Koordinatensystem<sup>8</sup>.

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.

---

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

<sup>8</sup> Quelle: VDI 3945 Blatt 3

## 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 (C) sowie der Ausflussziffer ( $K_{dg}$ ) nach der folgenden Beziehung berechnet

$$\dot{m} = \frac{p_0 \cdot A \cdot C \cdot K_{dg}}{3600} \sqrt{\frac{M}{T \cdot Z}} \quad (\text{Gl. 1})$$

Aufgrund des hier angenommenen Überdruckes<sup>9</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 ( $K_{dg}$ ) von 1

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

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass sich der geringe Überdruck nicht sofort abbaut sondern in einem Zeitfenster konstant bleibt.

### Meteorologische Stabilitätsklassen

Die meteorologischen Stabilitätsklassen haben Einfluss auf die Ausbreitung von Stoffkonzentrationen im Freiraum.

Zur Berechnung ist es möglich aus 3 Stabilitätsklassen zu wählen, um eine Gasausbreitung zu prognostizieren. Die Stabilitätsklassen werden im Wesentlichen von der Temperaturschichtung bestimmt.

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

**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

Die häufigste Windgeschwindigkeit als meteorologische Standortbedingungen der hier betrachtenden Anlage kann, unter Angabe der Positionsangaben des World Geodetic System 1984 (WGS 84) für den hier zu untersuchenden Standort, durch das verwendete Berechnungsprogramm ProNuSs v9 ermittelt werden. Dazu greift das Programm auf Erfahrungen bekannter Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur häufigste Windgeschwindigkeit im Bezugszeitraum 1981-2000 zurück.

WGS Daten des Standortes<sup>10</sup>:

- Länge 52.391792 (Nord)
- Breite 8.320784 (Ost)

Häufigste Windgeschwindigkeit für den hier zu betrachtenden Standort:

(Quelle: ProNuSs v9)

- 2,8 m/s

durchgeführt.

<sup>10</sup> Quelle: Google Maps 2024

Mit geringerer Windgeschwindigkeit steigt die Gefahr der Aufkonzentration von Gasmen- gen 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 Wahr- scheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens als exzeptioneller Störfall zu bewerten.

#### Weitere meteorologische Randbedingungen:

Zur quantitativen Abschätzung der Auswirkungen des Dennoch-Störfalls werden mete- orologische Randbedingungen gewählt, welche mittlere Ausbreitungssituationen be- schreiben.

- 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 redu- ziert werden, da diese Bebauungen als Schutzbarriere dienen können, welche Auswir- kungen 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 Ein- fluss 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 Blick auf die Nachbarschaft sind, ist das Anlagengelände insbesondere in östlicher bis südlicher Richtung von ebenen, un bebauten Nutzflächen umgeben, welche keine Strömungshindernisse erwarten lassen. Dies mit der Bodenrauigkeitsklasse von 2-3 berücksichtigt werden. In nördlicher Richtung können die Gebäude und Stallungen des landwirtschaftlichen Betriebes als Hindernisse fungieren

Da mit geringerer Bodenrauigkeit die Ausbreitungsgebiete steigen, wird für zur konser- vativen Betrachtung unter Berücksichtigung dieser Einflüsse eine Bodenrauigkeits- klasse nach VDI 3783-1 von:

- 2

gewählt. Dies entspricht der mittleren Bodenrauigkeit von:

- $z_0 = 0,2 \text{ m}$

Dies deckt ebenfalls die Ausbreitung in nördlicher Richtung ab, da in diesen Richtungen ebenfalls geringere Ausbreitungsgebiete zu erwarten sind.

#### Quellhöhe

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

- 10 m üOK

festgestellt werden. Dies berücksichtigt die Behälteroberkante von 10 m ohne eine wesentliche Erdeindeckung. (Quelle: Aussagen vom Errichter Bioconstruct)

#### Quellparameter

(Gärrestlager 1 bis 3)

- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| - Max. Biogasvolumen: <sup>11</sup> | ca. 17.757 m <sup>3</sup>   |
| - Max. Biogasmenge:                 | ca. 23.084 kg <sup>12</sup> |
| ○ davon Biogasmasse in Dachhaube    | ca. 9.107 kg                |
| ○ davon Biogasmasse in Zylinder     | ca. 13.978 kg               |
| - Behälterradius:                   | 18,5 m                      |

<sup>11</sup> Übermittelt vom Planer.

<sup>12</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 ist für Biogasanlagen, welche ohne Kofermente betrieben werden, als Schwefelwasserstoffgehalt im freigesetzten Biogas ein Wert von 5.000 ppm (0,5 Vol %) zur Berechnung anzusetzen, sofern keine Detailkenntnisse zur Biogaszusammensetzung vorliegen.

Es ist zudem zu erwähnen, dass in der Biogasanlage Bohmte Nord 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 ein konservativ hoher Schwefelwasserstoff-Anteil im Rohbiogas von

- max. 5.000 ppm  $H_2S$

herangezogen.

Dies stellt einen weit überhöhten Wert dar, deckt jedoch auch das Szenario eines möglichen, temporären Versagens der Entschwefelungsmaßnahmen ab und erfolgt in Konformität zum Leitfaden KAS 32 /8/.

#### Weitere stoffliche Parameter

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

## 5 Berechnungen

### 5.1 Szenario1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen

Im Folgenden werden die Explosions- und die toxischen Gefährdungen durch eine kontinuierliche Biogasfreisetzung aus einem größeren Leck an der Dachhaut eines der gasdichten Gärrestläger 1 bis 3 untersucht. Diese Behälter besitzen jeweils das größte Gasvolumen innerhalb der Biogasanlage und stellen damit das größte Gefahrenpotential auf dem Biogasanlagengelände dar. Zudem sind diese Behälter mit einer Foliendachhaube ausgerüstet.

Dabei wird angenommen, dass zunächst die Wetterschutzplane eines der drei Gärrestläger 1 bis 3 versagt und anschließend die darunterliegende Gasspeicherhaube ohne Benennung der Ursache aufreißt und somit ein Leck verursacht. Auch ist nicht auszuschließen, dass die Dachhautbefestigung versagt und die Folien nicht mehr an der Behälterkrone halten kann, wodurch ein größerer Öffnungsquerschnitt freigegeben wird. Es sei darauf hingewiesen, dass das Versagen beider Schutzfolien oder der Befestigung 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 an einem der gasdichten Gärrestläger 1 bis 3

Es wird angenommen, dass die Folienbefestigung der Wetterschutzplane sowie der darunterliegenden Gasspeicherhaube an einem der Gärrestlager 1 bis 3 ohne Benennung der Ursache versagt 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 für Gärbehälter und wurde zur vorliegenden Untersuchung herangezogen.

Es wird von dem Freisetzungsszenario eines Gärbehälters ausgegangen. Das gleichzeitige Versagen von mehr als einem Gärbehälter wird nicht unterstellt. Die Betrachtung erfolgt ursacheunabhängig, dennoch kann zum Beispiel Materialversagen oder das Versagen der Folienbefestigung 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 (Gärrestläger 1 bis 3)

- Es wird ein Riss angenommen mit den Abmaßen<sup>13</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: 10 m üOK  
(Ausgehend von 10 m Zylinderhöhe ohne nennenswerte Erdeindeckung)<sup>14</sup>

#### berechneter Ausflussmassestrom

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

- 20,711 kg/s

als kontinuierlichen Massestrom aus dem beschriebenen Leck.

Setzt man sich mit dem Aufbau der hier zu betrachtenden Gärrestläger und den vorliegenden Stoffeigenschaften auseinander, so wird deutlich, dass der nach der Gleichung 1 (vgl. Abschnitt 4.3) berechnete Ausflussmassestrom nicht für den gesamten Zeitraum konstant bleiben wird, sondern mit dem einhergehenden Druckabbau abfallen würde. Es ist davon auszugehen, dass das Biogas aufgrund der Druckentspannung auf den Umgebungsdruck zunächst sehr schnell austritt<sup>15</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 88 m<sup>3</sup> bzw. 114 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. 4 - 5

<sup>13</sup> Entsprechend KAS 32

<sup>14</sup> Quelle: Angaben des Planers; Bioconstruct

<sup>15</sup> In Annahme einer isothermen Zustandsänderung würde die Druckentspannung auf Umgebungsdruck innerhalb einer kürzeren Zeitdauer erfolgen.

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 berechnete Ausflussmassenstrom solange konstant bleibt, bis sich die Dachspeicherhaube vollständig entleert hat.

Wenn man anschließend unterstellt, dass die zurückbleibende Gasmenge des zylindrischen Behältermantels von ca. 13.978 kg, innerhalb eines Zeitfensters von 600 Sekunden<sup>16</sup> an die Umgebung freigesetzt wird, würde dies einen Ausflussmassenstrom von 23,3 kg/s für die Freisetzung des Zylinders ergeben und damit oberhalb des Freisetzungstromes von 20,71 kg/s liegen. Aus physikalischen Gesichtspunkten ist es jedoch nicht herzuleiten, dass der Ausflussmassenstrom bei Freisetzung der Dachhaube, welcher noch durch die Druckdifferenz und die Gewichtskraft der zusammenfallenden Folienhaube unterstützt wird, geringer wäre als der Ausflussmassenstrom aus dem Zylindermantel, wobei die Öffnung am oberen Rand des Zylinders zu lokalisieren ist. Die Freisetzung des Zylindermantels ist zwar denkbar, jedoch würde dies in einem größeren Zeitfenster als 600 Sekunden erfolgen, da der drucklose Ausflussmassenstrom um mehrere Faktoren geringer ist als der durch den Innendruck unterstützte Freisetzungsmassenstrom aus der Dachhaube. Aus konservativen Gesichtspunkten wird daher weiter angenommen, dass der Ausflussmassenstrom aus dem Zylindermantel und der Foliendachhaube mit 20,71 kg/s gleich groß sind. Somit beträgt die Dauer der gesamten Freisetzung ca. 1.115 Sekunden.

Mit diesen Parametern erfolgt die Durchführung der Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1. Der zur Berechnung ermittelte Quelltherm berücksichtigt neben den dargestellten Freisetzungsmassenströmen ebenfalls die Anfangsverdünnung durch die Quelldimension einer Linienquelle.

---

<sup>16</sup> Eine standardisierte Annahme von 600 Sekunden in Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32

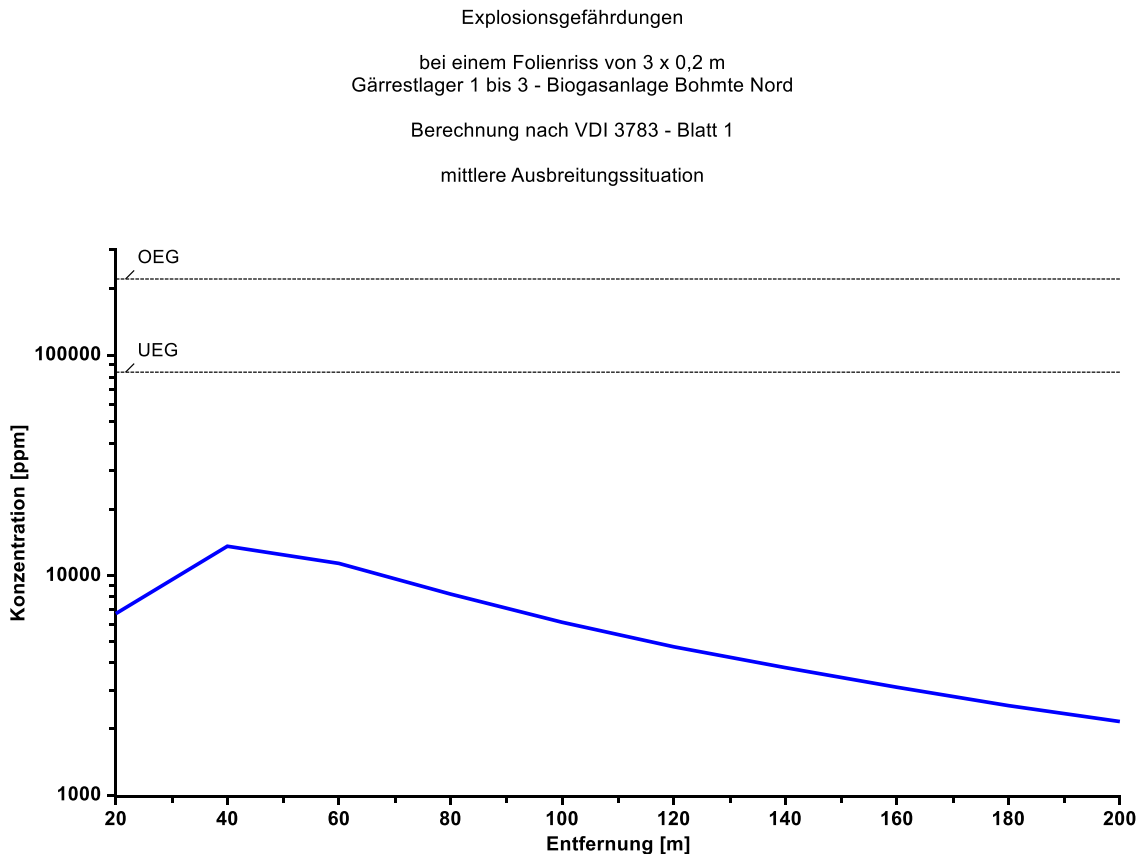
## 5.1.1 Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1

### 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 eines der Gärrestlager 1 bis 3 zeigt. Da alle drei Gärrestlager 1 bis 3 ein identisches Gasvolumen aufweisen, können die berechneten Entfernungen ebenfalls auf den jeweilig anderen Gärrestlager 1 bis 3 übertragen werden.

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



**Abbildung 5: Zündfähigkeit in Entfernung von der Quelle (Gärrestlager 1 bis 3)**

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

Die Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 hat ergeben, dass bei einer Freisetzung der maximalen Gasmenge aus dem Gärrestlager 1 bis 3 aus einem Leck mit den beschriebenen Dimensionen, die UEG in Bodennähe bei Entfernungen < 20 m nicht erreicht wird. Es wird darauf hingewiesen, dass das Rechenmodell der VDI 3783 nicht für Nahbereiche geeignet ist und überschätzte Ergebnisse liefert. Daher wird die explosionsfähige Masse nach dem Lagrange'schem Partikelmodell, welches im Programmpaket AUSTALHaz umgesetzt wird, errechnet. Somit wurde eine maximale explosionsfähige Masse von 146 kg ermittelt, welche bei ca. 120 Sekunden nach Freisetzung erreicht wird. Die zündfähige Atmosphäre in Freisetzungshöhe wird aus Plausibilitätsgründen auf 20 m festgelegt.

Eine Zündung wäre nicht vollkommen auszuschließen. Die Folgen durch entstehende Explosionsüberdrücke bei einer Zündung werden in den folgenden Abschnitten ermittelt.

## **5.1.2 Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1**

### **Ergebnisse für toxische Gefährdungen durch Biogasfreisetzung nach VDI 3783-1**

Die toxischen Eigenschaften von Biogas werden primär durch den Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>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.

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

Die Ergebnisse der Berechnungen für die toxischen Gefährdungen durch H<sub>2</sub>S als Bestandteil des größten freigesetzten Volumens von Biogas sind für die mittlere Ausbreitungssituation in der Abbildung 6 dargestellt.

Toxische Gefährdung durch Schwefelwasserstoffanteil - 5.000 ppm

bei einem Folienniss von 3 x 0,2 m  
Gärrestlager 1 bis 3 - Biogasanlage Bohmte Nord

Berechnung nach VDI 3783 - Blatt 1

mittlere Ausbreitungssituation

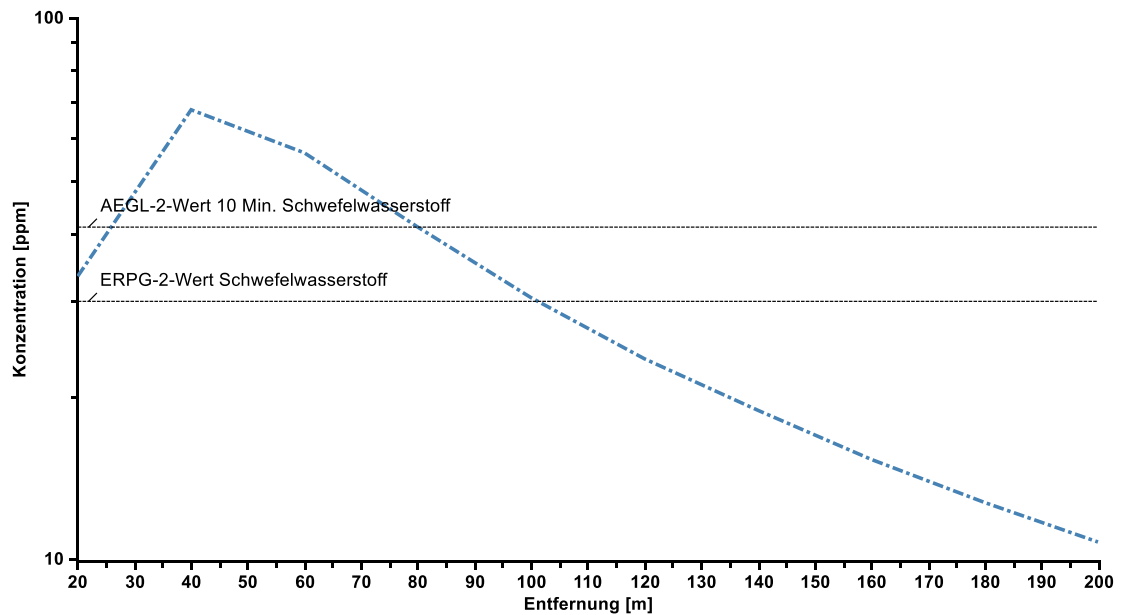


Abbildung 6: H2S-Konzentrationen in Entfernung von der Quelle (Gärrestlager 1 bis 3)

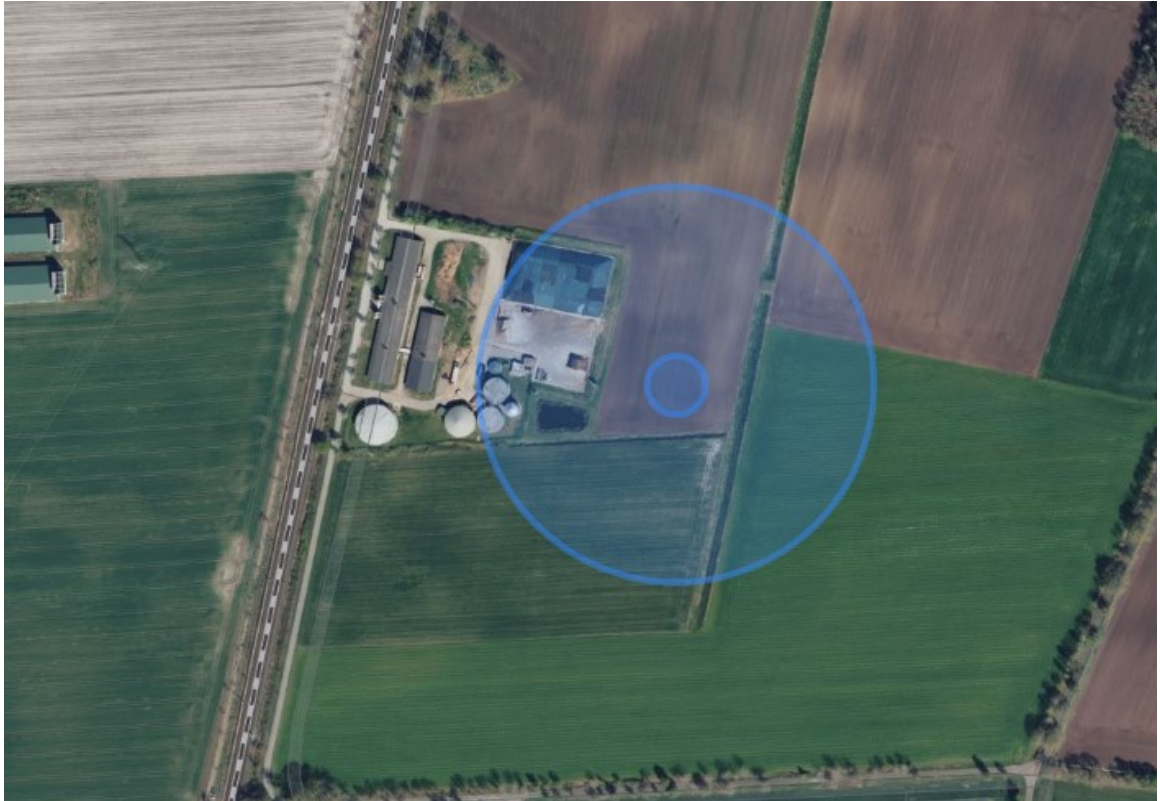
**Auswertung: Ausbreitung toxischer Atmosphäre**

Als Ergebnis der Ausbreitungsberechnung wird festgestellt, dass unter den gegebenen Randbedingungen eine toxische Konzentration oberhalb des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten bis zu ca. 101 m in Windrichtung zu dem Gärrestlager 1 bis 3 zu erwarten ist. Der AEGL-2-Wert für 10 Minuten wird bei bis zu 109 m erreicht.

Für die Freisetzung von toxischen Bestandteilen im Biogas aus dem Gärrestlager 1 stellt Abbildung 7 die Dimensionierung eines möglichen exponierten Bereichs, in welchem toxische Atmosphäre oberhalb des AEGL-2-Wertes vorliegen kann, graphisch dar. Dies dient zur Untersuchung der möglichen Gefährdungen in den äußeren Nachbarbereichen, da das Gärrestlager 1 die geringsten Entfernungen zu nächst gelegenen Objekten aufweist. Die Entfernung kann auch auf die übrigen Gärrestlager 2 bis 3 übertragen werden, wobei nicht von einer gleichzeitigen Freisetzung von mehr als einem Gärbehälter auszugehen ist.

Weiter ist zu beachten, dass die Abbildung 7 windrichtungsunabhängig dargestellt ist. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass nicht alle im Radius befindlichen Gebiete gleichzeitig dem AEGL-2-Wert für Schwefelwasserstoff ausgesetzt sind, sondern nur einzelne Bereiche, welche sich zum Zeitpunkt der Freisetzung innerhalb der Windeinzugsrichtung befinden. Dabei ist eine Ausbreitungszone in elliptischer Form zu erwarten.

Zudem werden ausbreitungsbehindernde Bebauungen nicht berücksichtigt. Es wird darauf hingewiesen, dass zwischenliegende Objekte wie z.B.: Bewuchs oder Bebauungen die berechneten Entfernungen vermindern können.



**Abbildung 7: Ausbreitung der toxischen Atmosphäre oberhalb AEGL-2 Wert ausgehend des Gärrestlagers 1 – schemenhaft Windrichtungsunabhängig /Quelle: calcmaps 2024/**

In Auswertung der Berechnungsergebnisse und mit Blick auf die örtliche Lage ist festzustellen, dass unabhängig der gleichzeitig eintretenden Windrichtung, keine schutzbedürftigen Objekte mit dem Schutzziel Mensch durch toxische Grenzwerte ausgehend der Gärrestlager 1 bis 3, welche das größte Störfallpotential besitzen, tangiert werden.

Jedoch ist mit Blick auf die örtliche Lage festzustellen, dass bei einer Freisetzung aus dem Nachgärer A zwar weitaus geringere Entfernungen einer toxischen Atmosphäre zu erwarten sind, diese jedoch aufgrund der unmittelbaren Lage die westlich verlaufende Bahnstrecke 2200 erreichen können. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass zum einen die Bahnstrecke 2200 im Abschnitt 3.2 des vorliegenden Dokumentes als nicht schutzbedürftig eingestuft wurde und zum weiteren, dass eine toxische Atmosphäre oberhalb des AEGL, oder ERPG-Wertes nur wirksam wird, wenn sich eine exponierte Person für eine Dauer von > 10 Minuten innerhalb dieser Atmosphäre aufhalten wird. Für einen vorbeifahrenden Zug bestehen in dieser Hinsicht keine Gefährdungen.

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

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

Die vorangegangenen Betrachtungen haben aufgezeigt, dass die untere Explosionsgrenze (UEG) im Bodenbereich bei Entfernungen < 20 m nicht mehr erreicht wird. Die explosionsfähige Masse wurde auf 146 kg berechnet. Konservativ kann angenommen werden, dass sich Gaskonzentrationen im Außenbereich hinter der Behälterwand aufkonzentrieren. Die Überschreitung der UEG in Freisetzungshöhe wird bei 20 m hinter der Behälterwand festgelegt.

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>17</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>18</sup> auszugehen ist, wird in Verbindung mit dem Begriff Explosion eine Deflagration als schneller, unverdämmter Wolkenabbrand betrachtet.

<sup>17</sup> Wenn sich eine Wolke aus brennbarem Gas mit Luft zu einem brennbaren Gemisch mischt.

<sup>18</sup> Engl.: Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE)

Im Folgenden soll der hierdurch erzeugte Explosionsüberdruck und die Wärmestrahlungsauswirkung als primäre Auswirkungen ermittelt und untersucht werden. Dazu werden daher zunächst die Spitzenüberdrücke, welche bei Zündung der freigesetzten Biogaswolke möglich sind, berechnet und quantitativ dargestellt.

Zur Untersuchung des Ablaufes einer Gaswolkenexplosion wird das Multi-Energy-Modell nach TNO verwendet<sup>19</sup>. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit dem Programm ProNuSs 9 durchgeführt, in welchem das genannte Modell implementiert ist.

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

Gaswolken, welche wie in diesem Fall ursachenunabhängig explodieren, entwickeln im Freien nur sehr geringe Explosionsdrücke. Haupteinflussparameter ist der Grad der Turbulenz, der mit zunehmender Größe die Flammengeschwindigkeit und damit den Explosionsdruck ansteigen lässt. Diese Einflüsse der Turbulenz werden beim TNO-Modell durch die Wahl entsprechender Kategorien berücksichtigt, welche ansteigend von 1 bis 10 unterschiedliche Turbulenzgerade darstellen. Die Kategorie 1 hat einen geringen maximalen Explosionsüberdruck, während die Kategorie 10 eine starke Detonation beschreibt.

Die wesentliche Fragestellung zur Berechnung ist die Wahl einer zum Szenario korrespondierenden Kategorie. Zur Wahl der passenden Kategorie wird im ProNuSs-Handbuch /I3/ als Hilfestellung die Matrix von Kinsella angegeben. Darin können die vor Ort angefundene Merkmale der Geländeausprägung in dem Merkmalen Zündenergie, Verblockung und Verdämmung berücksichtigt werden.

#### Zündungsenergie

*Hoch: Die Zündung der Gaswolke erfolgt durch eine sehr starke Zündquelle, wie z. B. eine Freistrahlzündung aus einem Gebäude heraus oder durch ein Behälterbersten infolge einer Primärexpllosion.*

*Gering: Die Zündquelle ist ein Funke, eine Flamme, eine heiße Oberfläche usw.*

#### Verblockung

<sup>19</sup> Die Anwendung des TNT Modelles zur Untersuchung einer Zündung einer Gaswolke im Freiraum ist aus Sicht der Sachverständigen nicht geeignet. Das Modell nach Wiekema geht von einer Deflagration einer Schwergaswolke am Boden aus. Da es sich hier um eine Freisetzung einer dichteneutralen Gaswolke in Höhe handelt, welche auftretende Hindernisse berücksichtigen muss, ist aus Sicht der Sachverständigen das Multi-Energy-Modell zur Berechnung des Spitzenüberdruckes geeignet.



*Hoch: In der Gaswolke befinden sich dicht gepackte Hindernisse (Rohrleitungen, Behälter). Das gesamte Volumen der Hindernisse beträgt mehr als 30 % des Volumens im betrachteten Bereich. Die Abstände zwischen den Hindernissen betragen weniger als 3 m.*

*Gering: In der Gaswolke befinden sich Hindernisse (Rohrleitungen, Behälter). Das gesamte Volumen der Hindernisse ist geringer als 30 % des Volumens im betrachteten Bereich. Die Abstände zwischen den Hindernissen sind größer als 3 m.*

*Keine: In der Gaswolke befinden sich keine oder nur wenigen Hindernisse.*

#### Verdämmung

*Hoch: Die Gaswolke wird durch den Boden und auf zwei oder drei Seiten durch Wände begrenzt.*

*Gering: Die Gaswolke wird durch den Boden begrenzt und kann bei der Explosion nach allen Seiten expandieren.*

Die passende Kategorie wird somit anhand der örtlich gegebenen Parameter ausgewählt. Aufgrund der Gasfreisetzung aus dem Gärrestlager 1 bis 3 in einer Höhe von ca. 10 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes, ist bei der Modellrechnung generell nicht mit einer nennenswerten Verdämmung zu rechnen. Mit Blick auf die Nachbarschaft, sind im mittleren Umfeld keine Bebauungen anzufinden, welche eine nennenswerte Verdämmung erwarten lassen. Jedoch können die Gärbehälter untereinander eine geringe Sekundärverdämmung hervorrufen. Diese Faktoren werden bei der Wahl der korrespondierenden Kategorie in der Matrix von Kinsella berücksichtigt. Mit der Matrix von Kinsella als Hilfestellung, wird unter den drei Parametern geringer Zündenergie, geringe Verblockung und hohe 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 großer Teil der Gasmenge nicht mehr an der Entzündung teilnehmen. Dies wird im Berechnungsprogramm ProNuSs v9 zur Ermittlung der explosionsfähigen Masse berücksichtigt. Es wurde eine maximale explosionsfähige Masse von 146 kg nach 120 Sekunden ermittelt. Die explosionsfähige Masse wird in der vorliegenden Berechnung mit dem Faktor 2 multipliziert, um einen hinreichenden Sicherheitsbeiwert zu erreichen.

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

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

#### Quellparameter

(Gärrestlager 1 bis 3)

- explosionsfähige Masse (mit Faktor 2): ca. 292 kg<sup>20</sup>
- Wolkendurchmesser (in Austrittshöhe) ca. 20 m

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

- Kategorie: 3

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

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

Die folgenden Abstandsangaben beziehen sich auf den Abstand vom Rand eines der freigesetzten Gärrestlager 1 bis 3 und berücksichtigen die Drift der Gaswolke. Das Berechnungsverfahren konstatiert eine Zündung im Mittelpunkt der Wolke. Die berechneten Entfernungsangaben sind auf die Freisetzungsquelle zurückgerechnet und stellen somit den Abstand zur Freisetzungsquelle dar.

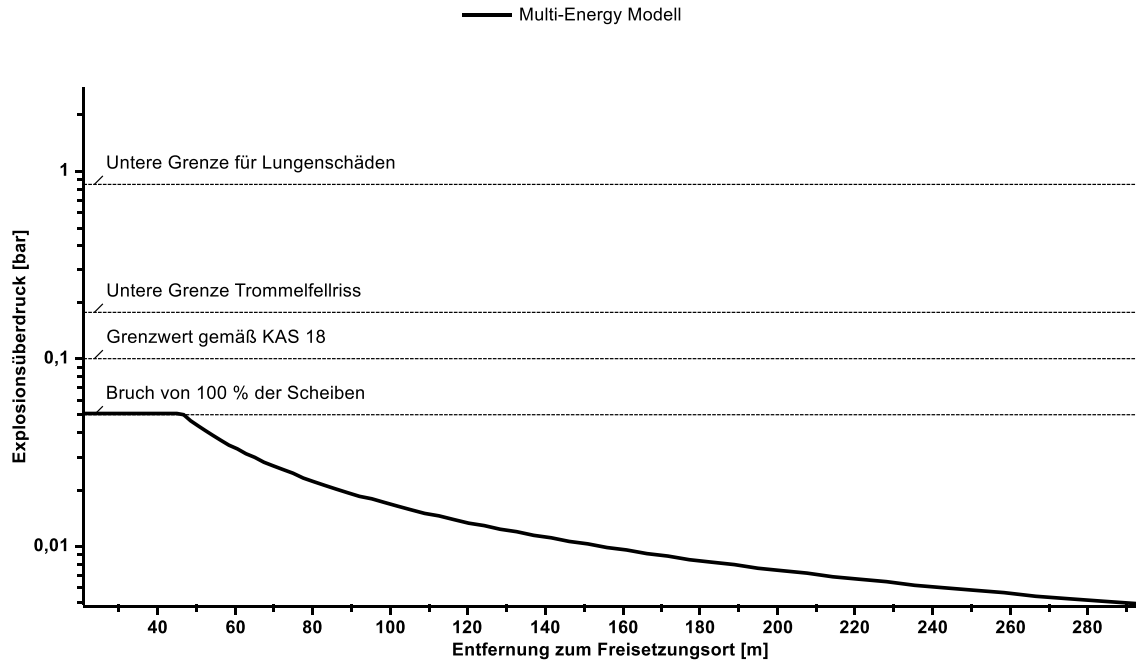
Zusammenfassend ist der Explosionsdruckverlauf als Funktion über der Entfernung vom Behälterrand in der Abbildung 8 dargestellt.

---

<sup>20</sup> Ergebnis der Berechnung aus Szenario 1

## Explosionsüberdruck

bei einem Folienriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestlager 1 bis 3 - Biogasanlage Bohmte Nord



**Abbildung 8: Explosionsüberdrücke – ausgehend Gärrestlager 1 bis 3**

### Bewertung möglicher Auswirkungen durch Explosionsdruck

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

**Tabelle 2: Glasschäden**

Glasschäden		
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	ca. 46 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 maximale Entfernung für Glasschäden bei ca. 46 m. Der Toleranzbelastungswert für Spitzenüberdrücke ist gemäß dem Leitfaden KAS 18 /7/ mit 0,1 bar definiert und wird in diesem Fall nicht erreicht.

Es 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.

Außerbetriebliche schutzbedürftige Objekte sind nicht signifikant oberhalb des Toleranzbelastungswertes von 0,1 bar gefährdet. Damit sind im aktuellen Planungsstand nur innerbetriebliche Bereiche tangiert. Diese Aussage kann auch auf das Gärrestlager A übertragen werden, welcher unmittelbar an der Bahnstrecke 2200 positioniert ist. Da die Überdrücke keine Werte erreichen, welche die Gesundheit von Passagieren eines Personenzuges außerhalb der Gaswolke negativ beeinflussen.

Weiter wird darauf hingewiesen, dass dieses Szenario sehr konservativ ungünstige Randbedingungen unterstellt, welche zudem gleichzeitig eintreten müssen (Windrichtung, geringe Windgeschwindigkeit). Von Trümmerflug ist nicht auszugehen, da es sich um eine unverdämmte Deflagration handelt und im unmittelbaren Umfeld keine losen Gegenstände anzufinden sind, welche nennenswerte Trümmer erwarten lassen.

Die berechneten Werte gelten 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 9 durchgeführt.

Unter Berücksichtigung der real vorkommenden Gegebenheiten sind zwei Berechnungsmodelle anzuwenden:

- Modell *Gaswolkenbrand*
- Modell *Wärmestrahlung - Ebene Flamme über Erdgleiche*

Für beide Modelle wird als Randbedingung 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>21</sup> und ProNuSs Handbuch /13/).

### Stoffparameter

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

### Umgebungsparameter

- Rel. Luftfeuchtigkeit: 75%<sup>22</sup>
- Umgebungstemperatur: 20°C

<sup>21</sup> G. A. Chamberlain. Development in design methods for prediction thermal radiation from flares. Chem. Eng. Res. Des. Vol. 65 (1987)

<sup>22</sup> Konservativer Mittelwert ausgehend der Informationen des DWD mit Niedrigwerten bei 70-71% und Höchstwerten bei 88%. Jahresmittel liegt bei 79-81% / [https://www.dwd.de/EN/ourservices/pbfb\\_verlag\\_berichte/pdf\\_einzelbaende/164\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.dwd.de/EN/ourservices/pbfb_verlag_berichte/pdf_einzelbaende/164_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3) /

### **Berechnung im Modell Gaswolkenbrand**

Im Modell Gaswolkenbrand wird berechnet, wenn die freigesetzte Gaswolke entzündet wird und mit der gegebenen Flammengeschwindigkeit abbrennt. Dabei wird die ellipsenförmige Gaswolke (vgl. Szenario 1) zur Berechnung als liegender Zylinder angenähert. Folgende Abmaße der Wolke resultieren aus Szenario 2:

#### **Modellparameter**

(Gärrestlager 1 bis 3)

- |  |           |
|--|-----------|
| - Gaswolkenlänge:                        | ca. 20 m  |
| - Gaswolkendurchmesser:                  | ca. 3,8 m |
| - Höhe der Wolkenmittellinie über Boden: | ca. 10 m  |

Die Gaswolkenlänge entspricht hierbei der im Szenario 1 berechneten Länge der zündfähigen Atmosphäre in Freisetzungshöhe. Der Gaswolkendurchmesser berechnet sich ebenfalls aus den Erkenntnissen des Szenarios 1, in welchem die zündfähige Masse mit 146 kg ermittelt wurde. Analog zur Explosionsdruckberechnung wird dieser Wert mit dem Sicherheitsfaktor 2 belegt, um einen hinreichenden Sicherheitsbeiwert zu erreichen. Bei einer angenommenen Gasdichte von  $1,3 \text{ kg/m}^3$  ergibt dies ein zusammenhängendes zündfähiges Gasvolumen von  $225 \text{ m}^3$ . Aus der geometrischen Berechnung wird daraus der Wolkendurchmesser errechnet.

Nach der Entzündung der Gaswolke ist die Branddauer abhängig von den Flammengeschwindigkeiten des abbrennenden Gases. Aus verschiedenen Literaturquellen<sup>23</sup> sind Flammengeschwindigkeiten für LNG (verflüssigtes Methan) zu entnehmen. Diese Stoffwerte können in Näherung für Biogas (hier ca. 55 % Methan) herangezogen werden. Entsprechend diesen Literaturquellen sind Flammengeschwindigkeiten zwischen 6 m/s und 24 m/s ohne nennenswerte Hindernisse bekannt. Konservativ wird an dieser Stelle von dem geringsten Wert von 6 m/s ausgegangen. Damit wäre die freigesetzte Biogaswolke nach maximal ca. 2 - 3 Sekunden vollständig abgebrannt.

### **Berechnung im Modell Wärmestrahlung - Ebene Flamme über Erdgleiche**

In diesem Modell wird angenommen, dass sich das nachströmende Gas aus dem Riss der Dachhaut nach der Entzündung einen stationären Zustand einnimmt und eine für die Dauer der Freisetzung eine Flamme mit annähernd konstanten Abmaßen ausbildet. Dabei wird im Modell die Wärmestrahlung ausgehend der Flammenfläche als strahlender

<sup>23</sup> P.A. Rodean, u.a.: Vapour Burn Analysis for the Coyote Series LNG Spill Experiments. Lawrence Livermore National Laboratory. UCRL-53530. (1984)

Körper berechnet. Zur Dimensionierung der Flamme werden die Abmaße der Wolke aus Szenario 1 herangezogen. Dabei wird von einer nach oben gerichteten Flamme ausgegangen, was einer realitätsnahen Annahme entspricht.

#### Modellparameter

(Gärrestlager 1 bis 3)

- Höhe der strahlenden Fläche: 30 m
- Breite der strahlenden Fläche: 3 m
- Höhe der Unterkante der strahlenden Fläche: 10 m

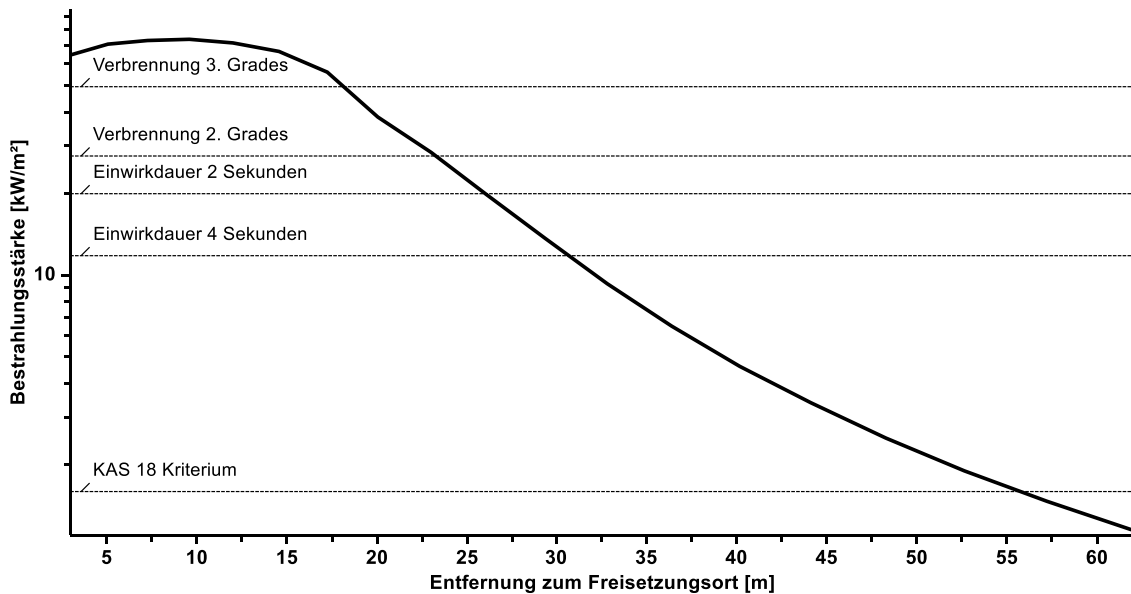
Die Höhe der strahlenden Fläche entspricht der Gaswolkenlänge als Ergebnis aus dem Szenario, welche in diesem Fall nach oben gerichtet ist, addiert mit der Höhe der Behälterwandung. Die Breite der strahlenden Fläche entspricht der hier angenommenen Rissdimension, welche auch im Szenario zur Anwendung kam und KAS 32 konform ist (hier 3 m). Die Höhe der Unterkante der strahlenden Fläche entspricht der Höhe der Behälterwandung.

**Ergebnisse**

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

**Bestrahlungsstärke in Lee**

Brand einer ebenen Flamme über Erdgleiche  
Gaswolkenlänge [m]:20,0  
Gaswolkendurchmesser [m]:3,8  
Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]:10,0  
bei einem Folienriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestlager 1 bis 3 - Biogasanlage Bohmte Nord



**Abbildung 9: Wärmestrahlung ausgehend der Quelle – Gärrestlager 1 bis 3 - Modell Gaswolkenbrand**

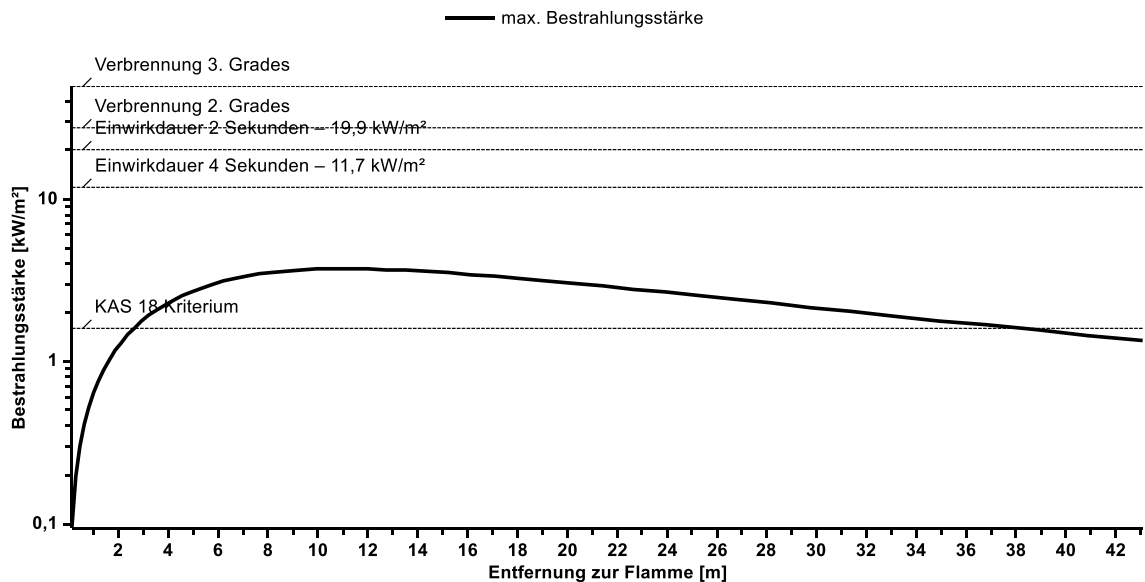


Abbildung 10 zeigt die maximale Bestrahlungsstärke ohne Hindernisse in 1 m Höhe über dem Boden im Modell Wärmestrahlung - Ebene Flamme über Erdgleiche für den Gärrestlager 1 bis 3. Die berechneten Entfernungsangaben sind auf die Freisetzungsquelle zurückgerechnet und stellen somit den Abstand zur Freisetzungsquelle dar.

### Bestrahlungsstärke

Brand einer ebenen Flamme über Erdgleiche  
Höhe der strahlenden Fläche [m]:30,0  
Breite der strahlenden Fläche [m]:3,0

bei einem Folienriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestlager 1 bis 3 - Biogasanlage Bohmte Nord



**Abbildung 10: Wärmestrahlung ausgehend der Quelle – Gärrestlager 1 bis 3- Modell Ebene Flamme über Erdgleiche**

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 wäre bei dem *Gaswolkenbrand*-Modell bei dem Gärrestlager 1 bis 3 bei ca. < 56 m erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände mit einer unbestimmt langen Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten<sup>24</sup> anzusetzen.

Jedoch ist bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Wie bereits erwähnt ist bei dem Modell einer abbrennenden Gaswolke (*Gaswolkenbrand*) nur mit einer kurzen

<sup>24</sup> z.B.: Brand eines Tanklagers etc.

Branddauer zu rechnen. Damit ist das Gaswolkenbrandmodell nicht geeignet um das Kriterium nach KAS 18 zu ermitteln. Dagegen kann bei dem Modell einer *ebenen Flamme* davon ausgegangen werden, dass sich die Flamme aufgrund des nachströmenden Gases aus dem beschriebenen Leck für den Zeitraum der Freisetzung aufrecht erhält. In diesem Modell wurde der KAS 18 Wert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> für den Gärrestlager 1 bis 3 bei bis zu 38 m überschritten.

Aus reellen Brandversuchen, welche im Merkblatt M-001 des Fachverbandes Biogas dokumentiert wurden ist bekannt, dass eine Flamme bei Abbrand des freiwerdenden Gases für eine längere Zeitdauer erhalten bleiben könnte. Jedoch wird die Ausdehnung der Flamme direkt nach der Zündung verringert bis ein stationärer Zustand eintritt, welcher durch das nachströmende Gas konstant gehalten wird. Dieser stationäre Zustand ist in seiner Ausdehnung um ein vielfaches geringer als vor der Zündung. Dabei handelt es sich um eine relativ kleine, nach oben gerichtete Flamme, deren Wärmestrahlung aufgrund der geringen Ausdehnung nicht zu größeren Auswirkungen führt. Damit ist die hier durchgeführte Betrachtung als sehr konservativ zu bewerten.

Folgende Tabelle stellt die errechneten Werte dar. Dabei wird auch das Erreichen der Schmerzgrenze ungeschützter Personen in Abhängigkeit der Strahlungsdauer und die Möglichkeit von Verbrennungen 2. und 3. Grades untersucht. Diese Werte wurden dem Leitfaden KAS 18 entnommen.

**Tabelle 4: Wärmestrahlungswerte – Gärrestlager 1 bis 3**

Modell	Gaswolkenbrand	Ebene Flamme
KAS 18 Kriterium		
1,6 kW/m <sup>2</sup>	Nicht erreicht (zu geringe Einwirkdauer)	ca. < 38 m
Erreichen der Schmerzgrenze		
Einwirkdauer 4 Sekunden – 11,7 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 31 m	Nicht erreicht
Einwirkdauer 2 Sekunden - 19,9 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 26 m	Nicht erreicht
Verbrennung 2. Grades - 27,4 bis 32,9 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 23 m	Nicht erreicht
Verbrennung 3. Grades - 49 bis 64,5 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 18 m	Nicht erreicht

Das Modell einer Freistrahlf Flamme mit längerer Abbrenndauer kann in diesem Fall nicht angewendet werden, da dieses einen Freistrah voraussetzt, dessen Berechnung wiederum nach dem Freistrahmodell zu konservative Ergebnisse, da die Außenturbulenz

der Anströmung und die damit eine zu geringe Einmischung von Luft in den Strahl nicht berücksichtigt wird. (Vgl. Abschnitt 4.2). Dies wurde durch die empirischen Untersuchungen der BAM<sup>25</sup>, welche im Artikel „Ausflussziffer und Brandverhalten von Rissen in der Folienabdeckung von Biogasanlagen“ in der „Technische Sicherheit“ Bd. 9 (2019), veröffentlicht wurden, bestätigt. Demnach bildet sich in maßstabsgetreuen, experimentellen Versuchen keine horizontale Freistrahflamme aus, sondern ein auftriebsdomierte, senkrechte Flamme.

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

Mit dieser Betrachtung erreichen die kritischen Wärmestrahlungsgrenzwerte keine schutzbedürftigen Bebauungen gemäß §50 BImSchG.

---

<sup>25</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

## 6 Schlussfolgerungen

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

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

### Störfallauswirkung

- Szenario 1: Dachhautleckage (Riss 3 m x 0,2 m)
  - Zündwillige Atmosphäre - Überschreiten der UEG
    - in Bodennähe nicht erreicht
    - in Austrittshöhe ca. 20 m
  - Toxische Atmosphäre - AEGL-2-Wert für 10 Minuten ca. 109 m
  - Toxische Atmosphäre - ERPG-2-Wert für 60 Minuten ca. 101 m
- Szenario 2: Zündung im Freiraum bei Freisetzung
  - Gefährdung durch Explosionsdruck (Kategorie 3)
    - Grenzwert nach KAS 18 (Personenschäden) nicht erreicht
    - Untere Grenze Trommelfellriss nicht erreicht
    - Glasbruch bei Zündung im Freiraum: ca. 46 m
  - Gefährdung durch Wärmestrahlung:
    - Grenzwert gemäß KAS 18 (Modell: Ebene Flamme) ca. 37 m
    - Schmerzen bei 4 Sekunden Branddauer: ca. 31 m
    - Schmerzen bei 2 Sekunden Branddauer: ca. 26 m
    - Verbrennung 2. Grades ca. 23 m
    - Verbrennung 3. Grades ca. 18 m

Die dargestellten Abstandsangaben sind ausgehend Freisetzung des Gärrestlagers 1 bis 3 berechnet. Diese Behälter weisen jeweils das größte Störfallpotential auf der Biogasanlage Bohmte Nord auf. Damit sind hier auch die größten Abstände zu erwarten. Es kann empfohlen werden diese Radien auf alle gasdichten Behälter mit Foliendachabdeckung anzuwenden, um eine abschließende Betrachtung zu erreichen, wobei anzumerken ist, dass diese Entfernungen nicht für vorbeifahrende Personen- oder Güterzüge auf der Bahnstrecke 2200 gelten, da diese nicht von den Auswirkungen betroffen sind.

Mit Betrachtung der örtlichen Lage sind die Abstände zu nächstgelegenen Wohnbebauungen ausgehend der Fermenter A und B sowie des Nachgärers A und des Gärrestlagers A zwar geringer, jedoch ist nicht mit dem Erreichen identischer Entfernungen bei einem Dennoch-Störfall zu rechnen, da dieser Gärbehälter ein geringeres Gasvolumen beinhaltet und teilweise mit einem festen Dach ausgeführt ist.

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 ERPG-2-Wertes für 60 Minuten angesiedelt sind. Auch bei Übertragung der Ergebnisse des untersuchten Gärrestlagers 1 bis 3 auf die übrigen Behälter (Fermenter, Nachgärer), kann die gleiche Aussage getroffen werden. Die Möglichkeit eines Glasbruches unterhalb von 0,1 bar ist nicht als genehmigungsrelevant einzustufen.

Es wird darauf hingewiesen, dass hinsichtlich der Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne § 3 Abs. 5c) BImSchG im Genehmigungsverfahren die Abstandskriterien gemäß Leitfaden KAS 18 anzusetzen sind. Diese sind für den Explosionsdruck bei 0,1 bar, für die Wärmestrahlung bei 1,6 kW/m<sup>2</sup> oder für toxische Auswirkungen bei dem ERPG-2-Wert für 60 Minuten festgelegt. In diesem Fall beträgt die größte Abstandsberechnung 101 m bis zum Unterschreiten des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten als Akzeptanzkriterium für die toxischen Auswirkungen.

- Der Sachverständige empfiehlt die Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes bei 120 m bedingt durch die Überschreitung des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten als Akzeptanzkriterium für die toxischen Auswirkungen.

Dieser Sicherheitsabstand gilt nur für heranrückende Neuansiedlungen und kann von jedem gasdichten Gärbehälter mit Foliendach, oder von der Anlagengrenze aus bemessen werden. Die vom Sachverständigen vorgelegte Empfehlung gilt nicht abschließend in der Entscheidung, sondern ist im Sinne des Leitfadens KAS 18, Abs. 3.2 als eine Orientierungshilfe für die Behörden mit Entscheidungsbefugnis zu verstehen:

*„Das Gutachten sollte schlüssige, nachvollziehbare und bewertbare Aussagen enthalten, um die Behörden in die Lage zu versetzen, im Rahmen der vorzunehmenden Abwägung einen angemessenen Abstand I S. d § 50 Satz 1 BImSchG festsetzen zu können.“*

Zudem gilt dieser ermittelte Sicherheitsabstand nur in der aktuellen Anlagenspezifikation. Sollten sich die technische Anlagenspezifikation hinsichtlich der möglichen Errichtung neuer gasdichter Gärbehälter mit größerem Gasvolumen, der Vergrößerung der Dachspeicherhaube mit höherem Gasvolumen, der Änderung der Folienbefestigung zu einem Klemmschlauchsystem oder der Änderung der Inputstoffe zu reiner Kofermentation, signifikant ändern, ist der oben genannte Sicherheitsabstand rechnerisch neu zu bewerten.

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  
bekanntgebener Sachverständiger  
der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

