

# Auswirkungsanalyse

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

**Projekt:** Biogasanlage Neu Sterley

**Standort:** PLZ / Ort: 23883 Neu Sterley  
Straße: Auf dem Berge 1

**Auftraggeber/Betreiber:** Biogas Neu Sterley GmbH & Co. KG  
Auf dem Berge 1  
23883 Neu Sterley

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

**Auftragsnummer:** 8123605956-100  
**Berichtsnummer:** 8123605956-100-01

**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, 10.04.2025

**Headquarters**  
TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Grosse Bahnstrasse 31  
22525 Hamburg, Germany

Phone: +49 40 8557-0  
Fax: +49 40 8557-2295  
info@tuev-nord.de  
tuev-nord.com/en

**Chairman of the Supervisory  
Board**  
Jürgen Himmelsbach

**Registration Office**  
Amtsgericht Hamburg  
HRA 102137  
VAT No.: DE 243031938  
Tax No.: 27/628/00031

**General Partner**  
TÜV NORD Systems  
Verwaltungsgesellschaft mbH, Hamburg

**Registration Office**  
Amtsgericht Hamburg  
HRB 88330

**Managing Directors**  
Dr. Ralf Jung (CEO)  
Jan Radtke

**Commerzbank AG, Hamburg**  
BIC (SWIFT-Code): COBADEFFXXX  
IBAN-Code: DE73 2004 0000 0405 6222 00

**Deutsche Bank, Hannover**  
BIC (SWIFT-Code): DEUTDE2HXXX  
IBAN-Code: DE90 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.....	14
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.....	34
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 .....	43
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 Biogas Neu Sterley GmbH & Co. KG betreibt eine Biogasanlage zur Erzeugung und Verwertung von Biogas, welche aufgrund des Vorhandenseins von gefährlichen Stoffen in größeren Mengen den Pflichten der 12. Bundes-Immissionsschutzverordnung (12. BImSchV, Störfallverordnung) unterliegt. Die betreffende Biogasanlage wird im vorliegenden Dokument als Biogasanlage Neu Sterley benannt.

Da die Biogasanlage Neu Sterley den Pflichten der Störfallverordnung unterliegt, ist im Zuge des Genehmigungsverfahrens nach §16 Bundesmissionsschutzgesetz (BImSchG) zur geplanten Änderung der Anlage, 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 Störungsfällen und Dennoch-Störfällen in der Biogasanlage Neu Sterley 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 Biogas Neu Sterley 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 Neu Sterley 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 Neu Sterley 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 Neu Sterley befindet sich am Standort

PLZ / Ort: 23883 Neu Sterley  
Straße: Auf dem Berge 1

In der Biogasanlage Neu Sterley 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 Neu Sterley betrachtet. Diese liegt oberhalb der Mengenschwelle von 10.000 kg (Spalte 4), aber unterhalb der Mengenschwelle von 50.000 kg (Spalte 5) im Anhang I der Störfallverordnung. Somit ist die Biogasanlage Neu Sterley als ein Betriebsbereich der unteren Klasse gemäß §2 Abs. 1 der Störfallverordnung anzusehen und unterliegt damit den Pflichten der §§ 3-8 der Störfallverordnung.

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

<sup>2</sup> Sog. Achtungsabstände

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

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 Neu Sterley; M 1:500; Zeichn.-Nr.: GP23-007\_2.LP00/1-I; Projekt-Nr.: GP23-007; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: 10.06.2024
- /U2/ Behälterzeichnung - Fermenter I – Biogasanlage Neu Sterley I; M 1:100; Zeichn.-Nr.: 15-032\_2.BE00/1-00; Projekt-Nr.: 15-032; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: 22.04.2025
- /U3/ Behälterzeichnung - Gärrestspeicher I+II + Fermenter II – Biogasanlage Neu Sterley I; M 1:200; Zeichn.-Nr.: GP23-007\_2.BE00/0-a; Projekt-Nr.: GP23-007; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: 17.02.2025

- /U4/ Behälterzeichnung – Gärrestspeicher I+Fermenter I – Biogasanlage Neu Sterley II; M 1:200; Zeichn.-Nr.: GP23-007\_2.BE00B/1-00; Projekt-Nr.: GP23-007; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: 16.09.2024
- /U5/ Behälterzeichnung - Gärrestspeicher II – Biogasanlage Neu Sterley II; M 1:200; Zeichn.-Nr.: 11-144\_2.BE00/1-00; Projekt-Nr.: 11-144; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: 17.02.2025
- /U6/ Kurzbeschreibung – Biogasanlage Neu Sterley; Ersteller: von Lehmden Planungsbüro GmbH; Stand: ohne; 8 Seiten
- /U7/ Berechnung die Gasvolumina nach dem Berechnungsverfahren des UBA: Version 1.2; Stand: 17.02.2025
- /U8/ Stellungnahme des Planers zu Schwefelwasserstoffwerten, ausgehend vergleichbarer Anlagen/Inputstoffen; Ersteller: EnviTec, F. Reinecke; Stand: 28.11.2023

Weitere Informationen wurden per E-Mail-Verkehr am 19.02.2025 übermittelt.

Weiterhin wurden folgende Informationsquellen herangezogen:

- /I1/ GESTIS Stoffdatenbank (Stand 04.12.2013)  
(<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>)
- /I2/ Sicherheitsdatenblatt Biogas und Information BIOGAS der BG Chemie vom 07.01.2019
- /I3/ ProNuSs 9 (Version 9) – Programmbeschreibung

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

#### 3.1 Schutzbedürftige Gebiete – Definition

Die Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft erfordert 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 der Biogasanlage Neu Sterley befindet sich südöstlich der Ortschaft Neu Sterley, deren erste schutzbedürftige Wohnbebauungen im Randbereich nach ca. 980 m gleicher Richtung erreicht werden. Der Ortskern wird nach ca. 1.800 m nördlicher Richtung erreicht. Weiterhin ist in nordwestlicher Richtung ein alleinstehendes Wohngebäude nach ca. 430 m anzufinden, welches ebenfalls als schutzbedürftig einzustufen ist. Die ersten, als schutzbedürftig im Sinne des §50 BImSchG einzustufenden Wohnbebauungen sind in südlicher Richtung nach ca. 110 m mit Einfamilienhäusern in loser Zusammensetzung anzufinden. Weitere vereinzelte Ein- und Mehrfamilienhäuser, sowie Gewerbeobjekte sind in südöstlicher Richtung in mittleren Abständen angesiedelt. Die Ortschaft Hollenbeck wird nach ca. 1.200 m in südlicher Richtung erreicht.

Das Wohnhaus des Betreibers wird nach ca. 70 m südöstlicher Richtung erreicht. Dieses Objekt ist jedoch nicht als außerbetrieblich und schutzbedürftig einzustufen.



Abbildung 1: Satellitenbild vom Anlagenstandort /Quelle: Google Maps 2025/

Bis auf die genannten Objekte ist das Anlagengelände zu allen Richtungen im näheren und mittleren Umfeld überwiegend von ebenen, landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Nutzflächen umgeben.

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

- Einfamilienhaus in ca. 110 m Richtung Südosten (SO)

identifiziert. Dieses Gebäude ist der Ortschaft Walsleben zugehörig. Dahinterliegend sind weitere Wohnbebauungen angesiedelt.

#### Abstandsbetrachtungen zu Verkehrsflächen

Der Standort wird aus östlicher Richtung über die Landstraße L204 „Auf dem Berge“ befahren, welche in ca. 40 m in Nord-Süd-Achse am Standort vorbei verlaufen. Dieser Verkehrsweg ist aufgrund der geringen Frequentierung als nicht schutzbedürftig einzustufen. Weiterhin sind im mittleren und weiteren Umfeld nur Ortsstraßen und vereinzelte Feld- und Landwirtschaftswege anzufinden. Bundesautobahnen mit größerer Fluktuation sind nicht vorhanden.

Die in ca. 20 m westlich verlaufende Gleistrasse ist stillgelegt und wird nicht mehr durch Personenzüge befahren

#### 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 Neu Sterley 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 Neu Sterley 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 /12/.<sup>3</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>4</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

<sup>3</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>4</sup> Explosionsgrenzen von Methan gemäß GESTIS-Stoffdatenbank; Stand: 04.12.2013

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

Dabei können die Werte für „ $UEG_{CH_4, CO_2}$ “ bzw. „ $OEG_{CH_4, CO_2}$ “ als Methananteile am Schnittpunkt mit der Explosionsbereichskurve abgelesen werden.

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

$$UEG_{CH_4, CO_2} = 4,6 \%$$

$$OEG_{CH_4, CO_2} = 12,2 \%$$

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

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

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

### **Toxische Gefährdung**

Zu den primären toxischen Komponenten im Biogas zählen Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) und in einem geringen Umfang Ammoniak ( $NH_3$ ). Da Ammoniak im Vergleich zum Schwefelwasserstoff einen erheblich kleineren Anteil im Biogas ausmacht und ebenfalls geringere toxische Kennwerte aufweist wird in der weiteren Betrachtung toxischer

Gefahren nur noch Schwefelwasserstoff betrachtet und Ammoniak wird nicht weiter berücksichtigt.

Dem kritischen Bestandteil im Biogas Schwefelwasserstoff H<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.

In der einschlägigen Literatur finden sich u.a. folgende Werte zur Quantifizierung der Toxizität von H<sub>2</sub>S in der Atemluft (bei störungsbedingten Freisetzungen):

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

Definitionen

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

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

### 3.4 Anlagenbeschreibung im Hinblick auf mögliche Gefahrenpotentiale

In der Biogasanlage Neu Sterley wird in gasdichten Gärbehältern, in einem mesophilen Vergärungsverfahren aus pflanzlichen Inputstoffen und Wirtschaftsdünger brennbares Biogas gewonnen, welches anschließend in einer Biogasaufbereitungsanlage (BGAA) auf Erdgasqualität (Biomethan) aufbereitet wird, um dieses über die Biogaseinspeiseanlage (BGEA) in das Gasnetz des Gasnetzbetreibers einzuspeisen. Die BGEA ist nicht Bestandteil des hier betrachteten Betriebsbereiches. Ein weitere Teil des erzeugten Biogases wird in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) energetisch verwertet, um Strom und Wärme zu erzeugen. Die elektrische Energie des BHKW wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die erzeugte thermische Energie wird zur Erwärmung des Gärsubstrats in den Gärbehältern genutzt. Die zurückbleibenden Gärreste werden landwirtschaftlich benutzt.

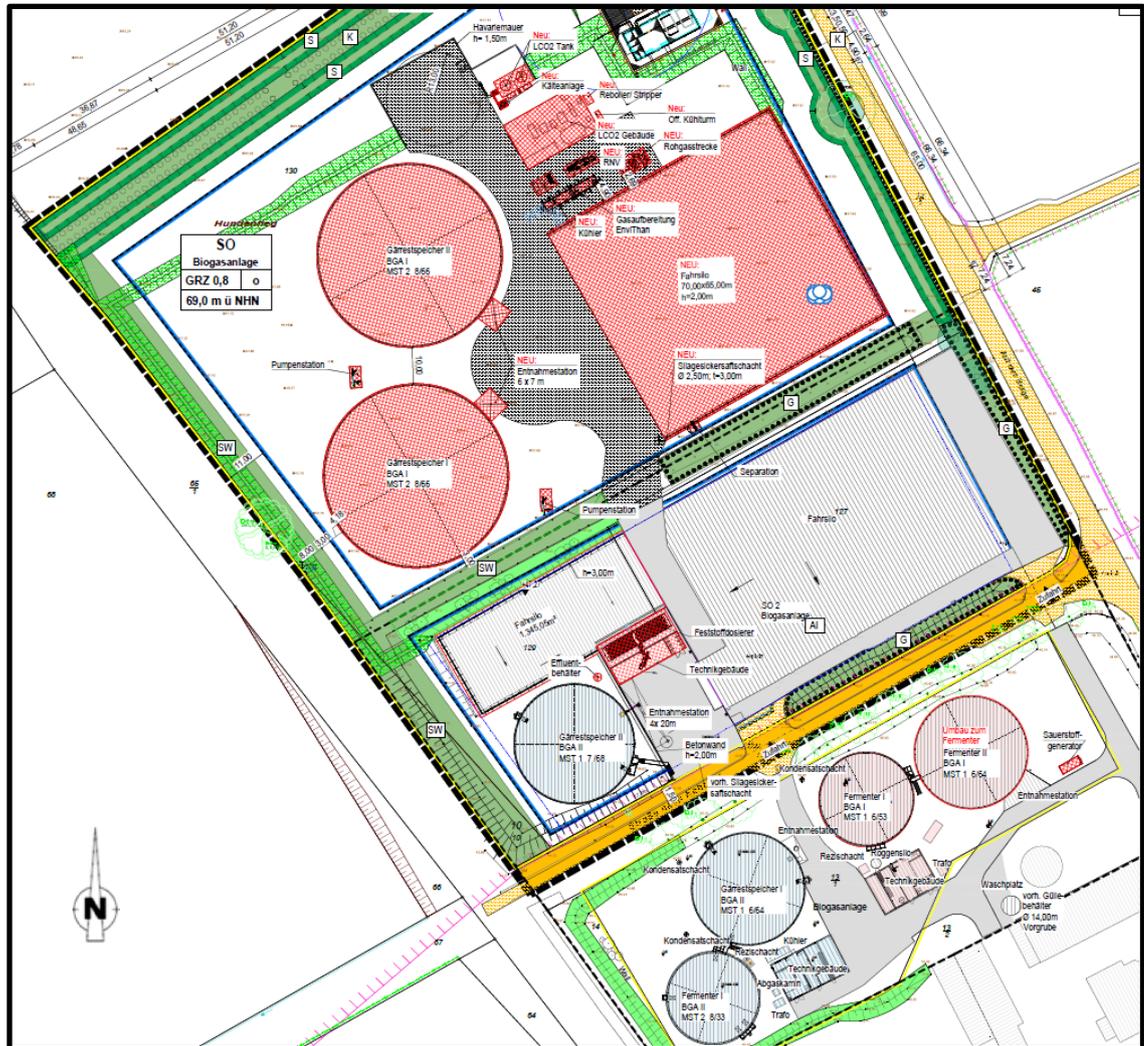


Abbildung 3: Ausschnitt aus Lageplan; Quelle: /U1/

Betrachtung möglichen Störfallpotentials

Da wie im Abschnitt 3.3 ermittelt, das größte Störfallpotential vom Stoff Biogas ausgeht, müssen die Anlagenteile betrachtet werden, welche große Mengen haben Biogas beinhalten. In der Biogasanlage Neu Sterley 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 I – BGA I – D = 25,5 m,
- Fermenter II – BGA I – D = 30,8 m,
- Gärrestspeicher I – BGA I – D = 50 m,
- Gärrestspeicher II – BGA I – D = 50 m,
- Fermenter I – BGA II – D = 25 m,
- Gärrestspeicher I – BGA II – D = 30,8 m,
- Gärrestspeicher II – BGA II – D = 33 m.

Diese Behältertypen bestehen aus einem zylinderförmigen Mantel aus Stahlbeton in verschiedenen Durchmessern. Über dem Flüssigkeitsspiegel in den Behältern befindet sich der Gasraum, welcher im Normalbetrieb mit einer Folienhaube gasdicht zur Umwelt abgedeckt ist. Die Folienhaube besteht jeweils aus zwei übereinanderliegenden Folien, welche einen Zwischenraum bilden. Dieser Zwischenraum wird mit einem außenliegenden Tragluftgebläse unter einen konstanten geringen Überdruck gehalten. Das Gas sammelt sich unterhalb der unteren Folie. Die obere Folie hat die Aufgabe des Witterungsschutzes. Beide Gasspeicherfolien sind an allen Behältern jeweils mit einem Klemmschienenensystem an der Behälterkrone gasdicht befestigt.

Im Regelbetrieb sind die Fermenter im zylindrischen Mantel vollständig bis zum Freibord mit Substrat gefüllt. Dagegen können die Gärrestspeicher saisonal auch vollständig von Substrat geleert vorliegen. Welcher der aufgeführten Gärbehälter 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>5</sup> in der Biogasanlage Neu Sterley sog. Dennoch-Störfälle auftreten. Diese Szenarien wurden in Konvention mit den im Leitfaden KAS 32 /8/ und den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ beschriebenen Randbedingungen erarbeitet.

Definition von Dennoch-Störfällen:

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

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

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

### **Untersuchung von Störfallauswirkungen**

Ausgehend der notwendigen Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung ist hier primär das stoffliche Störfallpotential des zuvor freigesetzten Stoffes zu betrachten. Das stoffliche Störfallpotential auf der Biogasanlage Neu Sterley 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 Neu Sterley 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 Neu Sterley einzustufen ist.

Bei der Szenarienbildung wird konservativ ungünstig unterstellt, dass größere Mengen an Biogas als gefährlicher Stoff, unkontrolliert in die Umgebung austreten. Dieses ist zusammenhängend in großer Masse in den Gärbehältern vorhanden und wird durch ein Foliendach von der Umgebung getrennt.

---

<sup>5</sup> Gegenmaßnahmen nach § 3 Abs. 1 und § 3 Abs. 3 StörfallV

Die umfangliche Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung, erfordert die Annahme der Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) auf dem Anlagengelände. Diese GZM ist nach Analyse der aktuell vorliegenden Anlagenkonzeption jeweils im gasdichten Gärrestspeicher I-BGA I und Gärrestspeicher II-BGA I anzufinden.

Die Gärrestspeicher I-BGA I und Gärrestspeicher II-BGA I weisen jeweils ein identisches Gasvolumen auf. Da auch die Konstruktion und Aufstellung der Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I nahezu identisch sind, kann bei 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 Störfallauswirkungen vorgegeben. Dabei wird unterschieden in einer Befestigung mit einer Klemmschiene und der Befestigung durch einen Klemmschlauch.

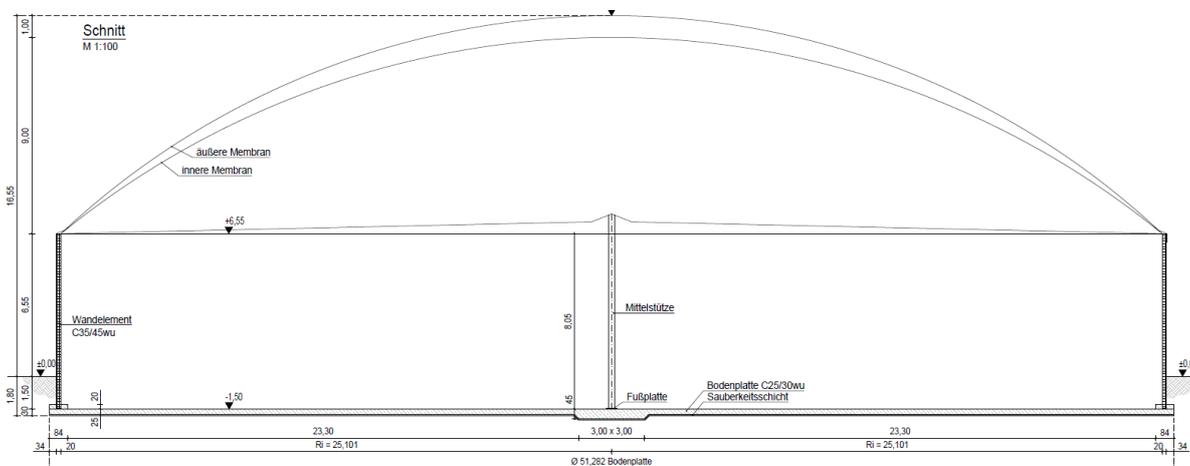
Im vorliegenden Fall der Biogasanlage Neu Sterley wird eine Klemmschienenbefestigung angewendet.

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 des Gärrestspeichers I-BGA I oder des Gärrestspeichers II-BGA I kontinuierlich freigesetzt.

Diese Dimension ist gemäß Leitfaden KAS 31 /8/ für Gärbehälter anzusetzen. Mit der größten Gasmenge besitzen die Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I damit jeweils das größte Störfallpotential.

Abbildung 4 stellt den Aufbau des Gärrestspeichers I-BGA I und II-BGA I schematisch dar.



**Abbildung 4: Schnittzeichnung Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I – Quelle: /U3/**

Im Folgenden werden die sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet, bei denen die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind. Dementsprechend werden bei den Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen die Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I jeweils als Biogasbehälter mit dem höchsten Störfallauswirkungspotential berücksichtigt.

Zudem wird konservativ davon ausgegangen, dass der jeweils beschädigte Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I zum Schadenszeitpunkt vollständig vom Substrat geleert ist und damit das größtmögliche Gasvolumen beinhaltet.

Aufgrund der identischen Dimensionen können die Ergebnisse auch auf das jeweils andere Gärrestspeicher 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 < 200

m nicht mehr durch experimentelle Ausbreitungsversuche verifiziert sind. Die Ergebnisse für Nahbereiche  $< 200$  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>6</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>7</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>6</sup> TÜ Bd.51 (2010) Nr. 10 - Oktober

<sup>7</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>8</sup> im Gasraum der Gärbehälter von 5 mbar wird von einem unterkritischen Druckverhältnis ausgegangen. Weiterhin ist die Ausflussziffer zur Berechnung des Ausflussmassestromes relevant. Die Ausflussziffer beschreibt die Geometrie des Lecks. Die liegt i.d.R. zwischen 0,38 (scharfkantig d.h.: hohe Reibungsverluste und verringerter Massestrom) und z.B.: 0,92 (runde Düse d.h.: wenig Reibungsverluste und erhöhter Massestrom). Da für den Riss einer flexiblen Folie keine Werte bekannt sind wird konservativ eine

- Ausflussziffer ( $K_{dg}$ ) 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>8</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>9</sup>:

- Länge 53.608126 (Nord)
- Breite 10.816554 (Ost)

Häufigste Windgeschwindigkeit für den hier zu betrachtenden Standort:  
(Quelle: ProNuSs v9)

- 2,4 m/s

durchgeführt.

<sup>9</sup> Quelle: Google Maps 2025

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 in umliegenden Bereichen überwiegend unbebaute ebene Flächen anzufinden. Lediglich eine Baumreihe in westlicher Richtung ist zu er- wähnen. Diese kann aber als Hindernis vernachlässigt werden. Eine Ausbreitung in diese Bereiche wäre mit der Rauigkeitsklasse 2 zu berechnen. Da mit geringerer Bo- denrauigkeit die Ausbreitungsgebiete steigen, wird für zur konservativen Betrachtung unter Berücksichtigung dieser Einflüsse eine Bodenrauigkeitsklasse 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 westlicher 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:

- 6,5 m üOK

festgestellt werden. Dies berücksichtigt die Behälteroberkante von 8 m und eine Erdeindeckung von ca. 0,8 m. (Quelle: /U2/)

### Quellparameter

(Gärrestspeicher I-BGA I und Gärrestspeicher II-BGA I)

- Max. Biogasvolumen:<sup>10</sup> ca. 24.726 m<sup>3</sup>
- Max. Biogasmenge: ca. 32.144 kg<sup>11</sup>
  - o davon Biogasmasse in Dachhaube ca. 12.075 kg
  - o davon Biogasmasse in Zylinder ca. 20.069 kg
- Behälterradius: 25,1 m

<sup>10</sup> Berechnet nach dem Berechnungsverfahren des UBA

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

### Beurteilungswerte toxischer Gefahren

Als Kriterium für die Bewertung toxischer Gefahren wird im Leitfaden KAS 18 /7/ die Verwendung des ERPG-2-Wertes zur Flächennutzungsplanung empfohlen, u.a. da die Expositionsdauer von einer Stunde für die Zielrichtung der Flächennutzungsplanung als ausreichend zu bewerten ist. Da eine Exposition jedoch auch bereits bei kürzerer Dauer unter einer Stunde zu Schädigungen führen kann, wird in dieser Auswirkungsanalyse zusätzlich der AEGL-Wert für 10 Minuten zur Beschreibung der für Menschen gefährlichen Gaskonzentrationen, bei deren Überschreitung mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist, als Grenzwerte 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 schwere 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 überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben werden als Schwefelwasserstoffgehalt im freigesetzten Biogas ein Wert von 5.000 ppm (0,5 Vol %) zur Berechnung anzusetzen, sofern keine Detailkenntnisse zur Biogaszusammensetzung vorliegen.

In der Biogasanlage Neu Sterley wird im Regelbetrieb die  $H_2S$ -Bildung durch die biologische Entschwefelung während des Fermentationsprozesses reduziert.

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens lagen noch keine Detailkenntnisse hinsichtlich der Gaszusammensetzung vor. Da die Gaszusammensetzung als biologischer Gärprozess direkt abhängig von der zu vergärenden Inputstoffzusammensetzung ist, hat der Anlagenplaner Anlagen mit vergleichbarer Inputstoffzusammensetzung herangezogen, um einen Analogieschluss zu erlangen. Dies wurde in einer Stellungnahme bestätigt /U8/. In der vorgelegten Stellungnahme /U8/ wird auf die Biogasanlagen Priborn, Golzow und Friedland verwiesen, welche mit vergleichbarer Inputstoffzu-

sammensetzung Messwerte von < 100 ppm im Durchschnitt erwarten lassen. Das Erreichen eines solch geringen Wertes ist dadurch begründet, dass in diesen Biogasanlagen im Regelbetrieb die H<sub>2</sub>S-Bildung durch die biologische Entschwefelung innerhalb der Fermenter während des Fermentationsprozesses reduziert wird. Eine solche Entschwefelung ist auch in der Biogasanlage Rietschen geplant.

Um eventuelle Fehler in der Entschwefelung sowie schwankende Inputzusammensetzungen oder Witterungseinflüsse zu berücksichtigen, wird der Wert aus /U8/ mit einem Sicherheitsbeiwert beaufschlagt. Damit wird zur vorliegenden Untersuchung ein konservativ hoher Schwefelwasserstoff-Anteil im Rohbiogas von

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

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 des gasdichten Gärrestspeichers I-BGA I und II-BGA I untersucht. Diese Behälter stellen jeweils das größte Gefahrenpotential auf dem Biogasanlagengelände dar.

Dabei wird angenommen, dass zunächst die Wetterschutzplane an dem Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I 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 beiden gasdichten Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I

Es wird angenommen, dass die Folienbefestigung der Wetterschutzplane sowie der darunterliegenden Gasspeicherhaube an einem der beiden Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I 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 Behälter mit einem Folien-dach und wurde zur vorliegenden Untersuchung herangezogen.

Es wird von dem Freisetzungsszenario des Gärrestspeichers I-BGA I oder II-BGA I ausgegangen. Das gleichzeitige Versagen von mehr als einem Gärbehälter wird nicht unterstellt. Die Betrachtung erfolgt Ursache-unabhängig, dennoch kann zum Beispiel Materialversagen oder das Versagen der Dachhautbefestigung 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 (Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)

- Es wird ein Riss angenommen mit den Abmaßen<sup>12</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: 6,5 m üOK  
(Ausgehend von 8 m Zylinderhöhe mit einer Erdeindeckung<sup>13</sup> von ca. 1,5 m)

#### berechneter Ausflussmassestrom

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

- 20,742 kg/s

als kontinuierlichen Massestrom aus dem beschriebenen Leck.

Setzt man sich mit dem Aufbau des hier zu betrachtenden Gärrestspeichers I-BGA I und II-BGA I 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>14</sup> und nach erfolgter Druckentspannung im weiteren Verlauf mit einem geringeren Volumenstrom freigesetzt wird und sich in Windrichtung verteilt.

Dieser Zeitpunkt des erfolgten Druckabbaus ist unter Annahme einer isothermen Zustandsänderung eines idealen Gases erreicht, wenn 122 m<sup>3</sup> bzw. 159 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. 8 - 9

<sup>12</sup> Entsprechend KAS 32

<sup>13</sup> Quelle: /U3/

<sup>14</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. 20.069 kg, innerhalb eines Zeitfensters von 600 Sekunden<sup>15</sup> an die Umgebung freigesetzt wird, würde dies einen Ausflussmassenstrom von 33,45 kg/s für die Freisetzung des Zylinders ergeben und damit oberhalb des errechneten Freisetzungstromes von 20,74 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, dennoch würde dies in einem größeren Zeitfenster als 600 Sekunden erfolgen, da der drucklose Ausflussmassenstrom um mehrere Faktoren geringer ist als der Ausflussmassenstrom aus der Dachhaube. Aus konservativen Gesichtspunkten wird daher weiter angenommen, dass der Ausflussmassenstrom aus dem Zylindermantel und der Foliendachhaube mit 20,74 kg/s gleich groß sind. Somit beträgt die Dauer der gesamten Freisetzung ca. 1.550 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.

## 5.1.1 Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1

### **Ergebnisse für Explosionsgefährdungen durch Biogasfreisetzung nach VDI 3783-1**

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

Es ist zu erwähnen, dass diese Abbildung die Ergebnisse ausgehend des Gärrestspeichers I-BGA I oder II-BGA I zeigt. Da beide Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I ein

---

<sup>15</sup> Eine standardisierte Annahme von 600 Sekunden in Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32

identisches Gasvolumen aufweisen, können die berechneten Entfernungen ebenfalls auf das jeweils andere Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I 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.

### Explosionsgefährdungen

bei einem Folienriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I - Biogasanlage Neu Sterley

Berechnung nach VDI 3783 - Blatt 1

mittlere Ausbreitungssituation

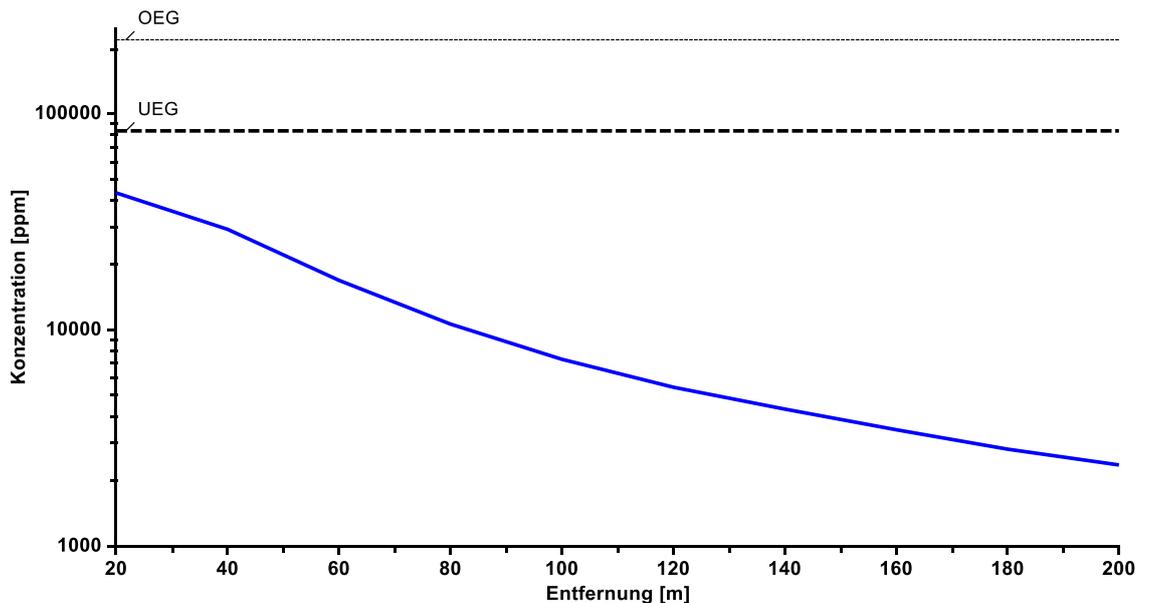


Abbildung 5: Zündfähigkeit in Entfernung von der Quelle  
(Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)

#### Auswertung: Ausbreitung zündfähiger Atmosphäre

Die Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 hat ergeben, dass bei einer Freisetzung der maximalen Gasmenge aus dem Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I 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 193 kg ermittelt, welche bei ca. 140 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

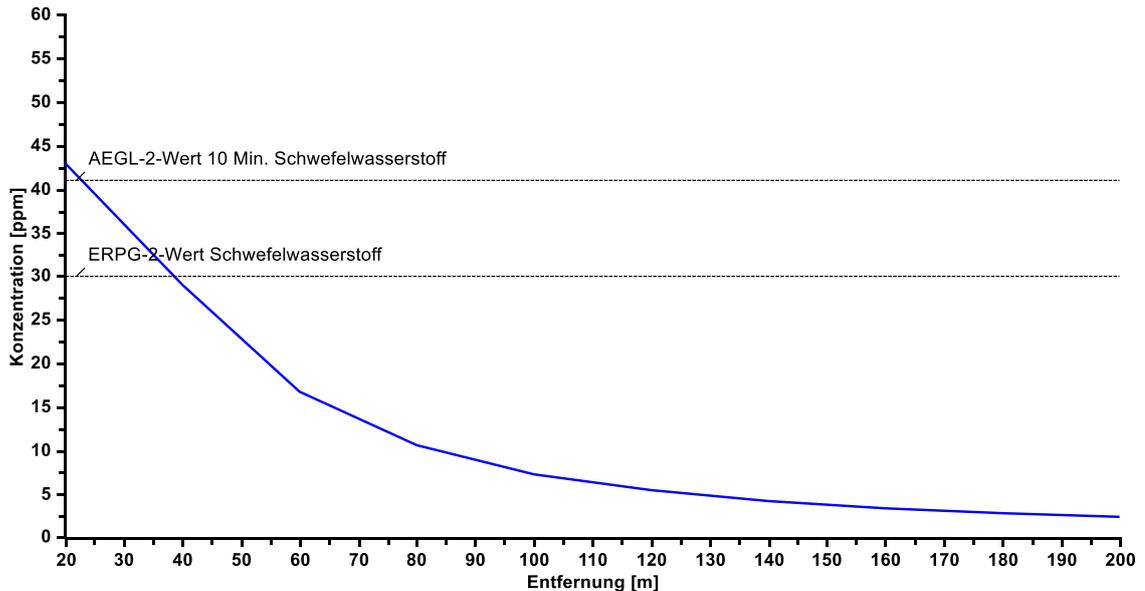
Die toxischen Eigenschaften von Biogas werden primär durch den Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S)-Anteil im freigesetzten Gasvolumen bestimmt. Daher sollen durch die folgende Ausbreitungsberechnung die Gefährdungsbereiche bestimmt werden, innerhalb derer irreversible gesundheitsschädliche Schädigungen 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 - 1.000 ppm**

bei einem Foliennriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I - Biogasanlage Neu Sterley  
Berechnung nach VDI 3783 - Blatt 1  
mittlere Ausbreitungssituation



**Abbildung 6: H2S-Konzentrationen in Entfernung von der Quelle (Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)**

**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. 39 m in Windrichtung zu dem Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I zu erwarten ist. Der AEGL-2-Wert für 10 Minuten wird bei bis zu 23 m erreicht.

Für die Freisetzung von toxischen Bestandteilen im Biogas aus dem Gärrestspeicher I-BGA I und II-BGA I stellt Abbildung 7 die Dimensionierung eines möglichen exponierten Bereichs, in welchem toxische Atmosphäre oberhalb des AEGL-2-Wertes vorliegen kann, graphisch dar.

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 Gärrestspeichers I-BGA I und II-BGA I – schemenhaft Windrichtungsunabhängig**  
/Quelle: calcmaps 2025/

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 tangiert werden. Diese Aussage kann auch auf die übrigen Gärbehälter übertragen werden.

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 bis 26 m erreicht wird. Die explosionsfähige Masse wurde auf 193 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>16</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>17</sup> auszugehen ist, wird in Verbindung mit dem Begriff Explosion eine Deflagration als schneller, unverdämmter Wolkenabbrand betrachtet.

Im Folgenden soll der hierdurch erzeugte Explosionsüberdruck und die Wärmestrahlungsauswirkung als primäre Auswirkungen ermittelt und untersucht werden. Dazu werden daher 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>18</sup>. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit dem Programm ProNuSs 9 durchgeführt, in welchem das genannte Modell implementiert ist.

<sup>16</sup> Wenn sich eine Wolke aus brennbarem Gas mit Luft zu einem brennbaren Gemisch mischt.

<sup>17</sup> Engl.: Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE)

<sup>18</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

### **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 Primärexplosion.*

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

#### Verblockung

*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.*

---

Gaswolke in Höhe handelt, welche auftretende Hindernisse berücksichtigen muss, ist aus Sicht der Sachverständigen das Multi-Energy-Modell zur Berechnung des Spitzenüberdruckes geeignet.

*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 Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I in einer Höhe von ca. 6,5 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes, ist bei der Modellrechnung generell nicht mit einer nennenswerten Verdämmung zu rechnen. Auch sind die Abstände zu innerbetrieblichen Gebäuden und den Gärbehältern untereinander hinreichend groß, um nennenswerte Verdämmungseigenschaften auszuschließen. 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 gering 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 193 kg nach 140 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**

(Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)

- explosionsfähige Masse (mit Faktor 2): ca. 386 kg <sup>19</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.

---

<sup>19</sup> Ergebnis der Berechnung aus Szenario 1

## 5.2.1 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2

Die folgenden Abstandsangaben beziehen sich auf den Abstand vom Rand eines der freigesetzten Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I 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.

### Explosionsüberdruck in Aufpunkthöhe

bei einem Folienriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestlager 1.1 (311) oder 2.1 (312) Biogasanlage Neu Sterley

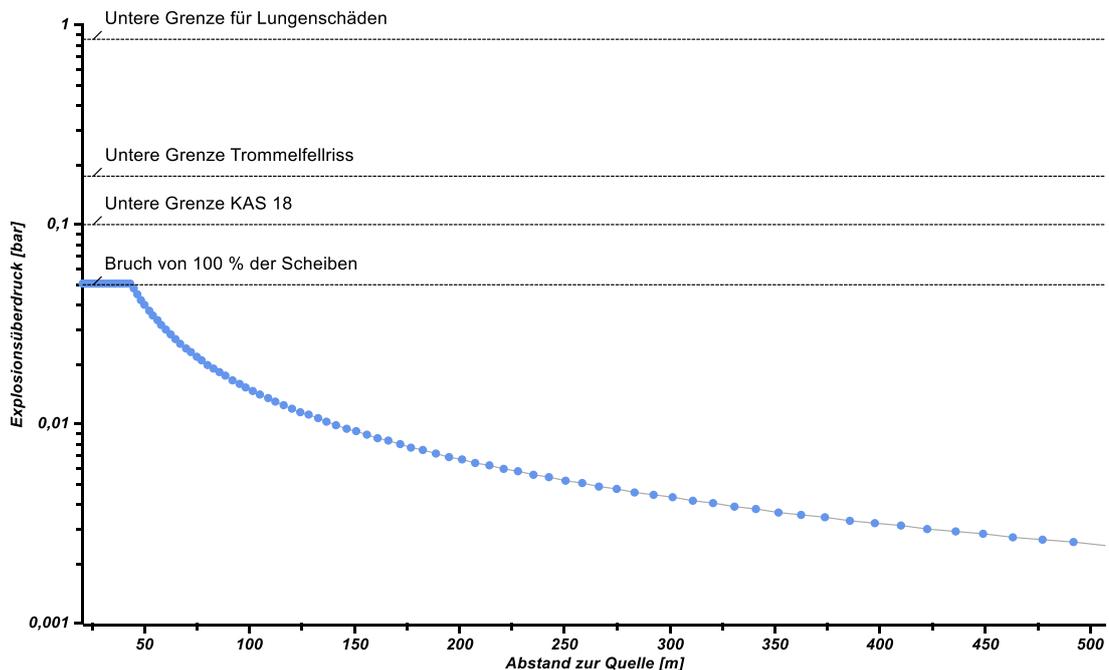


Abbildung 8: Explosionsüberdrücke – ausgehend Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I

### 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**

<b>Glasschäden</b>		
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	ca. 45 m

**Tabelle 3: Personenschäden**

<b>Personenschäden</b>		
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. 45 m. Der Toleranzbelastungswert für Spitzenüberdrücke ist gemäß dem Leitfaden KAS 18 /7/ mit 0,1 bar definiert und wird in diesem Fall bei nicht erreicht 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 die Fermenter übertragen werden.

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>20</sup> und ProNuSs Handbuch /13/).

### Stoffparameter

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

### Umgebungsparameter

- Rel. Luftfeuchtigkeit: 75%<sup>21</sup>
- Umgebungstemperatur: 20°C

<sup>20</sup> G. A. Chamberlain. Development in design methods for prediction thermal radiation from flares. Chem. Eng. Res. Des. Vol. 65 (1987)

<sup>21</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**

(Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)

- Gaswolkenlänge: ca. 20 m
- Gaswolkendurchmesser: ca. 4,3 m
- Höhe der Wolkenmittellinie über Boden: ca. 6,5 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 193 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  $297 \text{ m}^3$ . 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>22</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>22</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

(Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I)

- Höhe der strahlenden Fläche: 26,52 m
- Breite der strahlenden Fläche: 3 m
- Höhe der Unterkante der strahlenden Fläche: 6,5 m

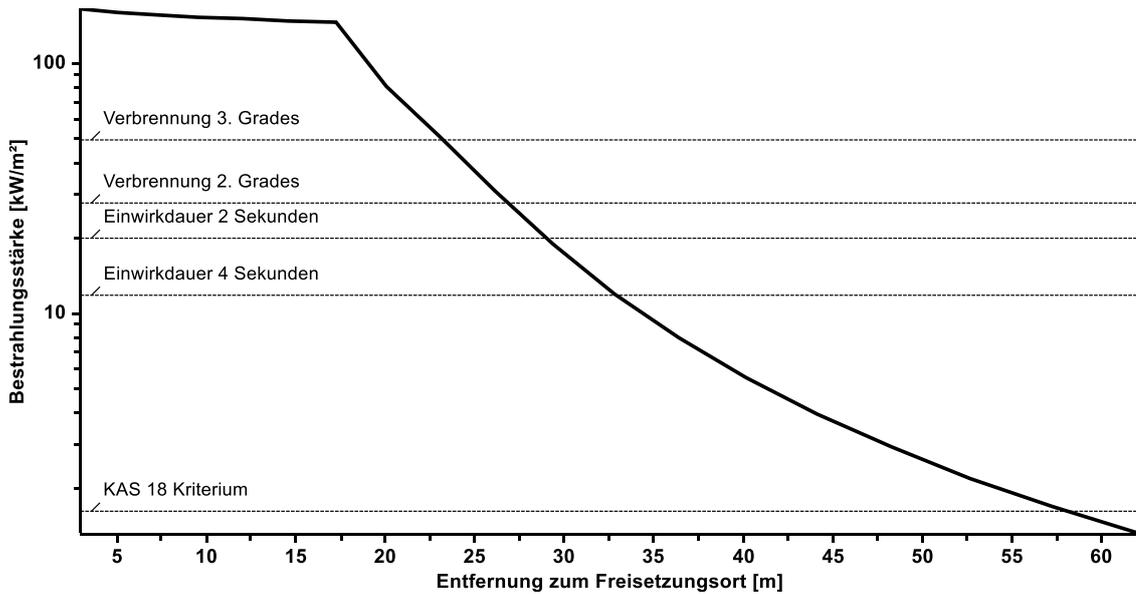
Die Höhe der strahlenden Fläche entspricht der Gaswolkenlänge als Ergebnis aus dem Szenario, welche in diesem Fall nach oben gerichtet ist, addiert mit der Höhe der Behälterwandung. Die Breite der strahlenden Fläche entspricht der hier angenommenen Rissdimension, welche auch im Szenario zur Anwendung 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]:4,3  
Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]:6,5  
bei einem Foliennriss von 3 x 0,2 m  
Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I - Biogasanlage Neu Sterley



**Abbildung 9: Wärmestrahlung ausgehend der Quelle – Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I - 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 Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I. Die berechneten Entfernungsangaben sind auf die Freisetzungsquelle zurückgerechnet und stellen somit den Abstand zur Freisetzungsquelle dar.

### Bestrahlungsstärke

Brand einer ebenen Flamme über Erdgleiche

Gaswolkenlänge [m]:20,0

Gaswolkendurchmesser [m]:4,3

Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]:6,5

bei einem Foliennriss von 3 x 0,2 m

Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I - Biogasanlage Neu Sterley

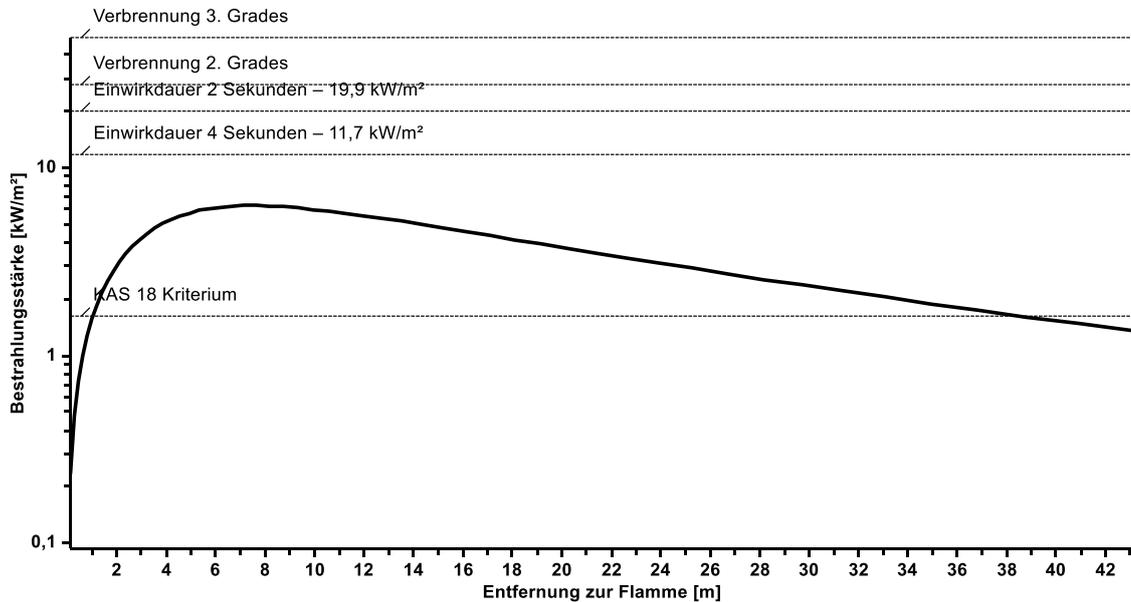


Abbildung 10: Wärmestrahlung ausgehend der Quelle – Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I- Modell Ebene Flamme über Erdgleiche

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 Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I bei ca. < 58 m erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände mit einer unbestimmt langen Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten<sup>23</sup> anzusetzen. Jedoch ist bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Wie bereits erwähnt ist beidem Model einer abbrennenden Gaswolke (*Gaswolkenbrand*) nur

<sup>23</sup> z.B.: Brand eines Tanklagers etc.

mit einer kurzen 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 Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I bei bis zu 39 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 – Gärrestspeicher I-BGA I oder II-BGA I**

Modell	Gaswolkenbrand	Ebene Flamme
KAS 18 Kriterium		
1,6 kW/m <sup>2</sup>	Nicht erreicht (zu geringe Einwirkdauer)	ca. < 58 m
Erreichen der Schmerzgrenze		
Einwirkdauer 4 Sekunden – 11,7 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 33 m	Nicht erreicht
Einwirkdauer 2 Sekunden - 19,9 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 29 m	Nicht erreicht
Verbrennung 2. Grades - 27,4 bis 32,9 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 27 m	Nicht erreicht
Verbrennung 3. Grades - 49 bis 64,5 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 23 m	Nicht erreicht

Das Modell einer Freistrahlf Flamme mit längerer Abbrenndauer kann in diesem Fall nicht angewendet werden, da dessen Berechnung nach dem Freistrahmodell ohne Berücksichtigung der Außenturbulenz der Anströmung erfolgt und somit die Einmischung von

Luft in den Strahl vernachlässigt wird (Vgl. Abschnitt 4.2). Dies wurde durch die empirischen Untersuchungen der BAM<sup>24</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 Freistrahlf Flamme 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>24</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. 23 m
  - Toxische Atmosphäre - ERPG-2-Wert für 60 Minuten ca. 39 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. 45 m
  - Gefährdung durch Wärmestrahlung:
    - Grenzwert gemäß KAS 18 (Modell: Ebene Flamme) ca. 39 m
    - Schmerzen bei 4 Sekunden Branddauer: ca. 33 m
    - Schmerzen bei 2 Sekunden Branddauer: ca. 29 m
    - Verbrennung 2. Grades ca. 27 m
    - Verbrennung 3. Grades ca. 23 m

Die dargestellten Abstandsangaben sind ausgehend Freisetzung des Gärrestspeichers I-BGA I oder II-BGA I berechnet. Diese Behälter weisen jeweils das größte Störfallpotential auf der Biogasanlage Neu Sterley 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. 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 Gärrestspeichers I-BGA I oder II-BGA I auf die Fermenter, kann die gleiche Aussage getroffen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass hinsichtlich der Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne § 3 Abs. 5c) BImSchG im Genehmigungsverfahren die Abstandskriterien gemäß Leitfaden KAS 18 anzusetzen sind. Diese sind für den Explosionsdruck bei 0,1 bar, 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 39 m bis zum Unterschreiten des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten als Akzeptanzkriterium für die toxischen Auswirkungen. Dieser Grenzwert wird nur ausgehend des Gärrestspeichers I-BGA I oder II-BGA I, als Anlagenteile mit dem jeweils höchsten Gefährdungspotential, erreicht. Hinsichtlich der Empfehlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes im Sinne § 3 Abs. 5c) BImSchG ausgehend der Betriebsgrenze, wird folgendes festgestellt:

- Der Sachverständige empfiehlt die Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes bei 60 m ausgehend der 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 &amp; Co. KG

