

## Gutachten

zur Ermittlung des angemessenen Abstandes mittels Ausbreitungs- und Auswirkungsbetrachtung in Anwendung der KAS-18 und KAS-32 für eine Biogasanlage

Betreiber des Betriebsbereiches: Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
Schuby 19  
24398 Dörphof

Standort: Schuby 19  
24398 Dörphof  
Gemarkung: Schuby

Bearbeiter: **EC Umweltgutachter und Sachverständige  
Kremp & Partner PartG mbB**  
Teerofen Haus 3, 19395 Karow  
Tel.: 038738-73443  
info@ec-umweltgutachter.de

Bericht-Nr.: 20231124 KAS Dörphof Schuby

Seitenanzahl: 30 Seiten + Anlagen

Datum: 26.11.2023



**Dipl.-Ing. (FH) Manfred Kremp**

Sachverständiger gem. §29b BImSchG für  
Anlagen 1.2; 1.4; 1.15; 7.27 8.6; 8.13; 9.1; 9.36  
Sachverständiger nach AwSV  
Befähigte Person gem. BetrSichV  
Anhang 2 Abschnitt 3 Nr. 3.1 und 3.3

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Rechtliche Einordnung</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Beschreibung des Betriebsbereiches</b> .....	<b>5</b>
3.1 Standortgegebenheiten .....	5
3.2 Anlagenbeschreibung Biogasanlage .....	7
3.3 Gasspeicher und Betrachtung nach 12. BImSchV .....	8
3.4 Beurteilungsgrundlagen und Modellbeschreibung .....	9
<b>4. Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes</b> .....	<b>12</b>
4.1 Ausbreitungsberechnung durch ausströmendes Biogas .....	13
4.2 Ausbreitungsberechnung für das Klemmschlauchsystem .....	15
4.2.1 Entstehung einer toxischen Atmosphäre .....	17
4.2.2 Ermittlung der Auswirkung einer Explosion der explosionsfähigen Atmosphäre .....	18
4.2.3 Ermittlung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrah-Flamme .....	19
4.3 Ausbreitungsberechnung für das Klemmschienensystem .....	21
4.3.1 Entstehung einer toxischen Atmosphäre .....	23
4.3.2 Ermittlung der Auswirkung einer Explosion der explosionsfähigen Atmosphäre .....	24
4.3.3 Ermittlung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrah-Flamme .....	25
<b>5. Auswirkungen auf benachbarte Schutzobjekte im Sinne des Naturschutzes</b> .....	<b>27</b>
<b>6. Zusammenfassung</b> .....	<b>29</b>
<b>7. Anlagen</b> .....	<b>30</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>30</b>

## 1. Aufgabenstellung

Die Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG planen die Errichtung bzw. die Erweiterung einer Biogasanlage am o.g. Standort. Im Zuge der Anlagenplanung der Biogasanlage soll eine Abstandsbetrachtung nach KAS 18 / 32 durchgeführt werden. Die nachstehenden Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf die Anlage zum Zeitpunkt der gegenwärtigen Planung.

Die Anlage fällt aufgrund der Biogasmenge in den Gasspeichern der Anlage, insbesondere im Falle der geleerten Gärrestspeichern (Gärrestlager), in den Anwendungsbereich der 12. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (12. BImSchV / Störfallverordnung) (2). Die Anlage ist mit der kalkulierten Gasspeichermenge als Betriebsbereich der „oberen Klasse“ gemäß §2 Abs 1 der 12.BImSchV einzustufen.

In Anwendung des §50 BImSchG sind bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die Flächen für bestimmte Nutzungen (Betriebsbereiche und schutzwürdige Nutzung, wie Wohngebäude, öffentliche Gebäude) so anzuordnen, dass die Auswirkungen schwerer Unfälle so weit wie möglich vermieden werden. In Umsetzung dieser Forderung ist der potentielle Umkreis einer Anlage, in dem relevante und gefährliche Auswirkungen möglich sind, zu bestimmen. Hierzu empfehlen die Leitfäden KAS-18 (3) und KAS-32 (4) Achtungsabstände zwischen Betriebsbereichen einer Störfallanlage und schutzwürdige Nutzung je nach Anlagentyp 200 bis 250 m.

Die Abstände zu den nächstgelegenen Wohngebäuden / schutzbedürftige Objekte sind im Abschnitt 3.1 beschrieben.

## 2. Rechtliche Einordnung

Mit Umsetzung der Richtlinie 2012/18/EU (5) erfolgte die Anpassung des BImSchG und seiner Verordnungen. Insbesondere dann, wenn eine Anlage, die einen Betriebsbereich gemäß der 12. BImSchV hat, sind bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die Vorgaben des §50 BImSchG zu berücksichtigen. Ziel ist es, dass für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zugeordnet und abgegrenzt werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen und Auswirkungen von schweren Unfällen im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU in Betriebsbereichen (siehe 12. BImSchV) auf Wohngebiete und sonstige schutzbedürftige Gebiete so weit wie möglich vermieden werden.

Im §3 Abs. 5a-5d BImSchG werden die hierfür relevanten Begriffe definiert. Der §3 Abs. 5c definiert den angemessene Sicherheitsabstand unkonkret und lediglich in der Form, dass es *„der Abstand zwischen einem Betriebsbereich ... und einem benachbarten Schutzobjekt, der zur gebotenen Begrenzung der Auswirkungen auf das benachbarte Schutzobjekt, welche durch schwere Unfälle im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU hervorgerufen werden können...“* ist. Gemäß §3 Abs. 5d BImSchG sind *„benachbarte Schutzobjekte im Sinne dieses Gesetzes ... ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete, öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete, Freizeitgebiete, wichtige Verkehrswege<sup>1</sup> und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete.“*

Für die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes gibt es bisher keine verwaltungsrechtliche Festlegung. Als Empfehlungen wurde durch die Kommission für Anlagensicherheit für Abstandsermittlung zwischen Betriebsbereichen nach Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung in Umsetzung § 50 BImSchG der Leitfaden KAS-18 herausgegeben. Für spezielle Fragestellungen und Anlagentypen wurde mit dem Leitfaden KAS-32 explizit die Bewertung von Biogasanlagen im Kapitel 1 behandelt.

---

<sup>1</sup> 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. B18 der „Fragen und Antworten zur Richtlinie 96/82/EG (Seveso-II-Richtlinie)“.

In Anwendung des Leitfaden KAS-18, Kap. 3.2 wird ein zweistufiges Vorgehen bei der Bestimmung der Abstände für Planungen im Umfeld von Betriebsbereichen vorgeschlagen. Unterschieden wird in:

- **Achtungsabstände:** Abstandsempfehlungen für Neuplanungen oder Erweiterungen von Betriebsbereichen ohne Detailkenntnisse auf der Grundlage der geplanten gefährlichen Stoffe und deren Mengen
- **Angemessener Abstand:** Bei Unterschreitung eines Achtungsabstandes soll, ausgehend von der Lage und Beschaffenheit eines Betriebsbereiches systematisch beurteilt werden, welcher Abstand bei einer konkreten Planung angemessen ist. Grundlage sind detaillierte Kenntnisse des Betriebsbereiches, Vorkehrungen und Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen sowie deren Begrenzung.

Für Biogasanlagen werden im Leitfaden KAS-32, Kap. 1.3.2 und 1.3.3 folgende Achtungsabstände ohne Detailkenntnisse, jedoch in Abhängigkeit der Befestigungsart des Gasspeichers vorgeschlagen:

- 250 m bei Befestigung mittels Klemmschlauchsystem,
- 200 m bei anderen dauerhaft festen Verbindungen des Gasspeichers.

Sind innerhalb dieser Abstände Schutzobjekte vorhanden oder bestehen konkrete Planungen an einem Betriebsbereich, die zu einer Unterschreitung des Achtungsabstandes führen, soll eine Einzelfallbetrachtung zur Ermittlung des angemessenen Abstandes zu benachbarte Schutzobjekten erfolgen. Für Biogasanlagen werden im Leitfaden KAS-32, Kap. 1.4 Empfehlungen als Parameter der Ausbreitungsrechnung gemacht.

Für die vorliegende Einzelfallbetrachtung erfolgt die Ermittlung des in §3 Abs. 5c BImSchG definierten *angemessenen Sicherheitsabstandes* in Anwendung der Leitfäden KAS-18 und KAS-32. Entsprechend wird nachfolgend nur noch der Begriff des *angemessenen Abstandes*, als gleichbedeutend mit dem *angemessenen Sicherheitsabstand* verwendet. Die Einzelfallbetrachtung umfasst die systematische Beurteilung des Betriebsbereiches, die Untersuchung der Gefährdung durch ein Szenario sowie die numerische Abstandsermittlung unter dem vorgegebenen Schadensszenario. Dazu wird die Ausbreitung des freigesetzten Gases unter Zuhilfenahme anerkannter Berechnungsmethoden quantifiziert. Es werden folgende Punkte ermittelt:

- Austritt des Biogases aus der Gasspeicherleckage,
- Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre und Auswirkungen einer Gasexplosion,
- Ausbreitung toxischer Atmosphäre (durch Schwefelwasserstoff im Biogas),
- Gefährdung durch Wärmestrahlung von austretendem Biogas als Freistrahlf Flamme.

### 3. Beschreibung des Betriebsbereiches

Das vorliegende Dokument wurde auf Basis der nachstehenden Dokumente und Unterlagen des Betreibers erstellt. Hierfür wurde die Dokumentation elektronisch und in gedruckter Form durch den Betreiber übermittelt.

- Lageplan der geplanten Biogasanlage / Erweiterung Fa. Plan Clausen vom 15.10.2023
- Skizze eines Standortes für den externen Gasspeicher
- Zeichnung des Gasspeichers Fa. Sattler vom 10.10.2023
- Berechnung der Gasspeichermengen gem. UBA
- Analyse des Biogases durch eine permanente Messung

#### 3.1 Standortgegebenheiten

In der nachfolgenden Abbildung ist die geplante Biogasanlage dargestellt. In der Anlage ist ein Lageplan enthalten.



Abbildung 1: Auszug aus dem Lageplan

Aufgrund der räumlichen Beschaffenheit soll die Biogasanlage als verfahrenstechnisch zusammenhängende Anlage auf 2 Grundstücken errichtet werden. Beide Anlagen besitzen ein zusammenhängendes Gassystem und sind folglich gemeinsam zu betrachten.

Aufgrund der Leitfäden KAS-18 (3) und KAS-32 (4) betragen die Achtungsabstände zwischen Betriebsbereichen einer Störfallanlage und schutzwürdige Nutzung je nach Anlagentyp 200 bis 250 m. Schutzobjekte die außerhalb dieses Bereiches liegen, werden nicht weiter betrachtet.

Die folgenden Abstände beziehen sich auf den am dichtes liegenden Gasspeicher.

Tabelle 1: Umgebende Nutzungen der Anlage

• Nord	Agrarflächen	angrenzend
	Wohnhaus, Schuby 16A	in ca. 110 m Entfernung (Gärrestlager II)
	Wohnhaus, Schuby 16A	in ca. 190 m Entfernung (externer Gasspeicher)
	Wohnhaus, Schuby 18	in ca. 145 m Entfernung (Gärrestlager II)
• Ost	Agrarbetrieb	angrenzend
	Wohnhaus, Schuby 28	in ca. 139 m Entfernung
• Süd	Betriebsgebäude Jan Josst	in ca. 60,6 m Entfernung
• West	Agrarflächen	angrenzend

\* Die Abstände zwischen der Nutzung und der Biogasanlage sind auf den jeweils dichtesten Gasspeicher gegenüber dem betrachteten Objekt bezogen.

In Anwendung des §3 Abs. 5d BImSchG sind konkrete benachbarter Schutzobjekte damit folgende:

- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| - Wohnnutzung:                        | ca. 110 m in nördlicher Richtung |
| - öffentlich genutzte Gebäude/Gebiete | nicht vorhanden                  |
| - Freizeitgebiete:                    | nicht vorhanden                  |
| - wichtige Verkehrswege:              | nicht vorhanden                  |
| - Naturschutz:                        | nicht vorhanden                  |

### **3.2 Anlagenbeschreibung Biogasanlage**

Die Biogasgewinnung erfolgt durch Vergärung nachwachsender Rohstoffe (Silage), tierischer Exkremente und Reststoffe. Das entstehende Biogas wird aufgefangen, zwischengespeichert und anschließend in den BHKW-Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme am Standort genutzt.

Die Biogasanlage besteht zukünftig aus den folgenden Hauptkomponenten:

- 2 St. Fermenter mit integriertem Gasspeicher
- 1 St. Gärrestlager mit integriertem Gasspeicher (Bestand)
- 1 St. Gärrestlager mit integriertem Gasspeicher (Neu)
- 1 St. Externer Gasspeicher (40.000 m<sup>3</sup>)
- BHKW-Anlagen
- Notgasfackel

Bei der geplanten Erweiterung ist die Errichtung eines zusätzlichen Gärrestlagers mit integriertem Gasspeicher und die eines externen Gasspeichers geplant.

Die Gärbehälter sind teilweise in das Erdreich eingelassen. Die Zuführung der Einsatzstoffe erfolgt über ein Eintragsystem. In den Fermentern/Gärbehältern erfolgen die Vergärung und die Produktion des Biogases.

Die Gärrestlager dienen der Nachvergärung und Lagerung der Gärreste bis zur landwirtschaftlichen Verwertung.

Die Verwertung des Biogases erfolgt direkt in der Anlage durch Aufbereitung des Gases und der anschließenden Verwertung in den BHKW-Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme.

### 3.3 Gasspeicher und Betrachtung nach 12. BImSchV

Die Gärbehälter werden mit einer gasdichten Abdeckung in Form eines Tragluftdaches geschlossen und in das Gassystem der Biogasanlage eingebunden.

Die Gasspeicher der neuen Behälter sowie der bestehenden Biogasspeicher sind mit Klemmschläuchen an der Behälterwand befestigt. Durch die gasseitige Verbindung der einzelnen Behälter wird aus den jeweiligen Freiborden und den Gasspeichern ein korrespondierendes Gassystem gebildet, einschließlich der Komponenten der Gasreinigung und Gasverwertung.

Der externe Gasspeicher wird mittels Klemmschienen an der Bodenplatte befestigt.

Bei einem maximalen Füllstand der Behälter mit Substrat ergibt sich das kleinste Gasspeichervolumen innerhalb der Biogasanlage. Die maximale Gasmenge in den Niederdruckgasspeichern in der Anlage ergibt sich, wenn die Gärreste entnommen und die Gärrestspeicher geleert sind.

Das Gassystem der geplanten Anlagen hat ein Gasspeichervolumen gemäß vorliegender Berechnung zur Anwendung der StörfallV von 62.783 m<sup>3</sup> bzw. 81.618 kg. Die Biogasanlagen sind mit einem korrespondierenden Gassystem ausgeführt und verfahrenstechnisch miteinander verbunden.

Der externe Gasspeicher mit einem Fassungsvermögen von 40.000 m<sup>3</sup> wird separat betrachtet, da dieser zwar im Sinne des Störfallrechtes im korrespondierenden Gassystem enthalten ist, jedoch über Gebläse befüllt und entleert wird. Durch zusätzliche Überwachungseinrichtungen in Verbindung mit Sicherheitsarmaturen kann der Gasspeicher vom übrigen System abgetrennt werden.

Die ausführliche und nachvollziehbare Kalkulation des Biogasvolumens, ermittelt auf der Grundlage der Berechnungstabelle „Anwendbarkeit der Störfallverordnung“ des BMU - Version 1.3, ist als Anlage enthalten.

In der KAS 32 wird für die Gaszusammensetzung bei Anlagen mit nachwachsenden Rohstoffen eine konservative Gaszusammensetzung vorgeschlagen, insbesondere wenn für die betrachtete Anlage keine speziellen Kenntnisse zur Gaszusammensetzung vorliegen. Für die geplanten Anlage liegen Daten der Einsatzstoffe und deren Gaspotentiale vor. Auf Basis dieser Planungsdaten wurde seitens des Betreibers eine Gaszusammensetzung ermittelt. Für die Ausbreitungsberechnung wurde die geplante Gaszusammensetzung angenommen.

Tabelle 2: Biogaszusammensetzung auf Basis von Planungsdaten / für Ausbreitungsrechnung

Gaszusammensetzung (Volumenanteil)	Biogas aus NawaRo gem. Analyse Betreiber		
		Betreiber	Berechnungsgrundlage
Methan	CH4	50,00 %	50,00 %
Kohlendioxid	CO2	48,80 %	48,79 %
Sauerstoff	O2	0,20 %	0,20 %
Stickstoff	N	1,00 %	1,00 %
Schwefelwasserstoff	H2S	0,0010 %	0,01 %
	entspricht	10 ppm	100 ppm

Die Werte basieren auf der derzeitig geplanten Beschickung der Anlage. Änderungen der Gaszusammensetzung aufgrund geänderter Eingangsstoffe können nicht betrachtet werden.

### 3.4 Beurteilungsgrundlagen und Modellbeschreibung

Im Leitfaden KAS 32 werden als Leckagen des Gasspeichers unterschiedliche Ansätze vorgeschlagen. Folgendes Schadenszenario wird gewählt:

- Gemäß KAS 18 soll ein s.g. Dennoch-Störfall zugrunde gelegt werden. Dabei wird ein Störfall unterstellt, deren Auslöser (Gefahrenquellen) für den Normalbetrieb durch Verhinderungsmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen sind. Beim Dennoch-Störfall wird unterstellt, dass es trotzdem zu dem Schaden kommt oder zwei gleichzeitige Störungen zu dem Störfall führen.
- Als Dennoch-Störfall wird eine Biogasfreisetzung durch einen Gasfolienriss angesetzt, dabei werden die regelmäßige Kontrolle der Gasspeicherdächer und das Ansprechen einer Druckentlastungseinrichtung als Verhinderungsmaßnahmen nicht berücksichtigt, so dass der Störfall eintreten kann.
- Für Behälter mit folgender Befestigung der Gasspeicher gilt:
  - ☒ Verschraubte Befestigung der Gasspeicherdächer soll eine Leckgröße von  $0,6 \text{ m}^2$  angesetzt werden. Das entspricht einer Leckagegröße der Länge von  $3,0 \text{ m}$  und einer Breite von  $0,2 \text{ m}$ .
  - ☒ Klemmschlauch Befestigung der Gasspeicherdächer soll eine Leckgröße von  $1,0 \text{ m}^2$  angesetzt werden. Das entspricht einer Leckagegröße der Länge  $4,0 \text{ m}$  und einer Breite von  $0,25 \text{ m}$ .
- Für das größtmögliche Schadensausmaß, wird bei dem Stofffreisetzungsszenario die Freisetzung der gesamten, miteinander verbundenen Gasräume der Anlage unter stationären Bedingungen durch den Riss unterstellt. In der Austrittsberechnung wird von einer konstanten Ausflussrate ausgegangen, da durch das Eigengewicht der Gasspeicherfolie bei abnehmendem Füllstand der Druck nahezu konstant bleiben wird.
- Der angegebene Gasdruck basiert auf Angaben des Betreibers i.V.m. den Einstellwerten der Überdrucksicherung an den Behältern. Die Gastemperatur beträgt durchschnittlich  $20^\circ\text{C}$ .
- Die minimale Freisetzungshöhe  $H_F$  ergibt sich aus der spezifischen Anlagenkonfiguration. Dabei ist der Gasspeicher mit der geringsten Höhe über Bodenniveau entscheidend. Höhere Freisetzen bewirken eine bessere Durchmischung mit der Umgebungsluft und somit geringere Schadgasgehalte in der relevanten Bodennähe.

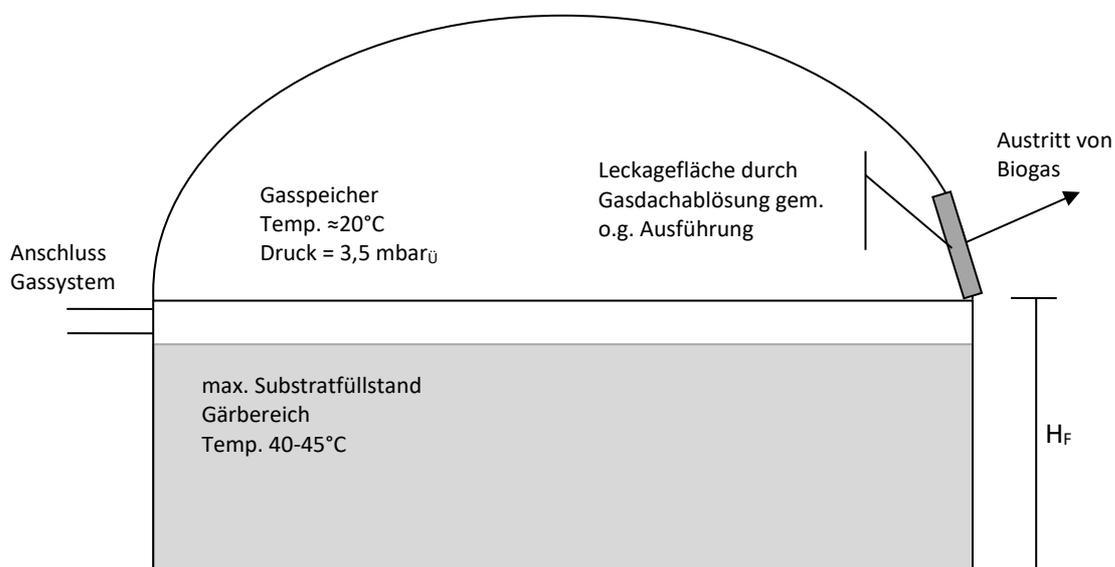


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Gasspeicher mit vorgegebener Leckage

### Explosionsgefährdung

Das im Biogas enthaltene Methan ist zur Bildung von explosionsfähigen Gemischen mit der Umgebungsluft fähig. Die Explosionsgrenzen für Methan unter atmosphärischen Bedingungen sind gem. GESTIS-Stoffdatenbank CAS-Nr. 74-82-8 wie folgt definiert:

- Untere Explosionsgrenze (UEG) 4,4 Vol.-%
- Obere Explosionsgrenze (OEG) 17 Vol.-%

Aufgrund der Zusammensetzung von Biogas mit den Hauptbestandteilen Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) verändern sich die o.g. Explosionsgrenzen. Die Bestimmung der tatsächlichen Explosionsgrenzen nach DIN EN 1839 (6) kann über das Explosionsdiagramm des Systems Methan/Kohlendioxid/Luft oder über die Berechnung der Zusammensetzung erfolgen. Bei der Berechnung gilt:

- $UEG_{\text{Biogas}} = (1 + \text{Anteil CO}_2/\text{Anteil CH}_4) \times UEG_{\text{CH}_4, \text{CO}_2}$
- $OEG_{\text{Biogas}} = (1 + \text{Anteil CO}_2/\text{Anteil CH}_4) \times OEG_{\text{CH}_4, \text{CO}_2}$

Die Werte für  $UEG_{\text{CH}_4, \text{CO}_2}$  und  $OEG_{\text{CH}_4, \text{CO}_2}$  ergeben sich aus dem folgenden Diagramm als Methananteil am Schnittpunkt mit dem Explosionsbereich.

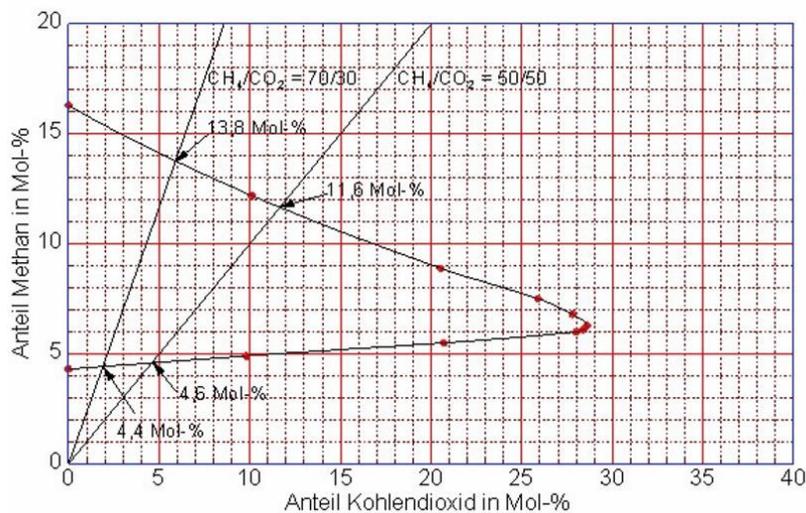


Abbildung 3: Kohlendioxid-Methan-Diagramm des Explosionsbereiches in kartesischen Koordinaten aus dem Dreistoffdiagramm für den Explosionsbereich Methan-Kohlendioxid-Luft-Gemischen (7)

In Umrechnung der Bestandteile des Biogases gem. Tabelle 3 (Gaszusammensetzung) ergeben sich für das Gasgemisch folgende Werte:

untere Explosionsgrenze	UEG Biogas	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 4,5$	8,9 %
obere Explosionsgrenze	OEG Biogas	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 11,8$	23,3 %

### Toxische Gefährdung

Für die toxische Gefährdung wird der enthaltene Schwefelwasserstoff betrachtet. Schwefelwasserstoff wird in der 12. BImSchV als akut toxisch eingestuft. Gemäß der KAS 18 soll zur Quantifizierung der Gefährlichkeitsschwelle der der EPRG-2-Wert<sup>2</sup> sowie der AEGL-2-Wert<sup>3</sup> herangezogen werden.

Tabelle 3: Werte der toxischen Gefährdung durch Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S)

	H <sub>2</sub> S Konzentration	Zul. Einwirkzeit
AGW	5 ppm	Dauerhaft
EPRG-2 Wert	30 ppm	≤ 60 min
AEGL-2 Wert	41 ppm	≤ 10 min
Toxische bis tödliche Wirkung	> 500 ppm	Kurzzeitig

Zur Berechnung des angemessenen Abstandes wird das Programm ProNuSs 9 (8) zur Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnung genutzt, welches auf einem numerischen Verfahren auf der Grundlage der VDI 3783 entwickelt wurde.

---

<sup>2</sup> Der EPRG-2-Wert (Emergency Response Planning Guideline) ist ein Konzentrationsleitwert für die Notfallplanung, bei deren Konzentrationsunterschreitung davon ausgegangen wird, dass beinahe sämtliche Personen mit einer Einwirkzeit < 1 Stunde, keine bzw. nur leichte, vorübergehend nachteilige gesundheitliche Auswirkungen erleiden.

<sup>3</sup> Der AEGL-2-Wert gibt für eine Einwirkzeit > 10 min die luftgetragene Schadstoffkonzentration an, bei der die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann.

#### **4. Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes**

Die folgende Betrachtung zur Ausbreitungssituation des Biogases wird gem. KAS 18/32 auf die Gasspeicher abgestellt.

Ein Rohrleitungsabriss z.B. am BHKW ist gem. den vorgegebenen Szenarien der KAS 18/32 nicht vorgesehen, da dies als unwahrscheinlich einzustufen ist. Die Rohrleitung ist gem. TRGS 722 technisch dicht bzw. auf Dauer technisch dicht ausgeführt und überwiegend unterirdisch verlegt. Die Rohrleitungen sind an den Stellen, in denen ein Anfahren möglich ist, durch einen Anfahrerschutz geschützt. Die Gefahr / Wahrscheinlichkeit eines Rohrleitungsabrisses der Gasleitung ist aufgrund der Bauart als sehr gering einzustufen.

Die Leckagegröße eines Rohrleitungsabrisses (DN 200) beträgt ca. 0,031 m<sup>3</sup> und ist damit deutlich kleiner als die Fläche eines Schadens am Gasspeicher (0,6 m<sup>2</sup> bzw. 1,0 m<sup>2</sup> gem. KAS 32). Die bei einem Leck in der Gasleitung ausströmende Gasmenge ist so gering, dass es nur lokal, direkt am Gasleck selbst zur Bildung eines explosionsfähigen Gemisches kommen könnte. Die Ausdehnung der Gaswolke (untere Explosionsgrenze) beträgt < 5 m (nicht nachweisbar) um die Austrittsöffnung und wird durch die Umgebungsluft auf ein unbedenkliches Maß verdünnt. Zusätzlich wird bei einem vollständigen Rohrleitungsabriss das BHKW nicht mehr mit Gas versorgt und es kommt zur Abschaltung der BHKW-Anlage mit Alarmierung des Betreibers durch Rufweiterleitung auf dessen Mobiltelefon. Der Betreiber oder sein Vertreter wird unmittelbar informiert und kann die notwendigen Schritte einleiten.

Die Rohrleitung und der Gasverdichter sind technisch dicht bzw. auf Dauer technisch dicht ausgeführt. Der Aufstellungsraum der BHKW-Anlage ist mit einer Gaswarneinrichtung ausgerüstet welche bei 20% der UEG (Untere Explosionsgrenze) einen Voralarm (Warnung) und einen Hauptalarm bei 40% der UEG und folglich eine Abschaltung der BHKW-Anlage und des Gasverdichters sowie ein Einschalten der technischen Lüftung bewirkt. Die Gaszufuhr wird unterbrochen.

Die technische Lüftung sorgt für eine ausreichende Verdünnung, sodass es nicht zur Bildung eines zündfähigen Gemisches innerhalb des Maschinenraumes kommt. Die austretende Gasmenge innerhalb des Maschinenraums z.B. durch Leckagen ist deutlich kleiner als ein beschriebener vollständiger Rohrleitungsabriss im Freien. Durch die technische Lüftung wird die Gasmenge im Maschinenraum so weit verdünnt, dass keine Gefahren in unmittelbarer Nähe zum Maschinenraum entstehen können.

#### 4.1 Ausbreitungsberechnung durch ausströmendes Biogas

Für die Bestimmung des angemessenen Abstandes ist die Ausströmung von Biogas und die Möglichkeit der Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre sowie einer toxischen Gefährdung zu betrachten. Die Ausbreitungsrechnung wurde mit ProNuSs9 nach VDI 3783 Blatt 1 durchgeführt. Die Ausbreitungssituation wird dabei im Nahbereich des Gasspeichers bis zu einer Entfernung von 300 m ermittelt.

Als Eingabewerte der Rechnung werden folgende Freisetzungsbedingungen in Anwendung der KAS 32 in der Ausbreitungsrechnung verwendet.

Die Gasfreisetzung von Biogas aus den Gasspeichern durch den beschriebenen Störfall wird für mit folgenden Eingabeparametern in ProNuSs9 berechnet:

##### 1. Stoffeigenschaften

- Temperatur: 20°C
- Druck: 0,0035 bar,ü
- Gaszusammensetzung: siehe Kap. 3.3
- Gasdichte: aus ProNuSs Datenbank, abweichend der Betrachtung nach UBA mit 1,3 kg/m<sup>3</sup>

##### 2. Freisetzungsparameter

- Leckfläche: 0,6 m<sup>2</sup> aufgrund der Befestigung mittels verschraubter Schienen
- Ausflussziffer: 1 zutreffend für den externen Gasspeicher
  
- Leckfläche: 1,0 m<sup>2</sup> aufgrund der Befestigung mittels Klemmschlauch
- Ausflussziffer: 1 zutreffend für die Gärbehälter mit integrierten Gasspeichern

Im Folgenden wird der Austritt differenziert betrachtet. Die Betrachtung erfolgt bezogen auf die Befestigung mittels Klemmschlauch an den Gasspeichern der Gärbehälter und bezogen auf den Gasaustritt am externen Gasspeicher. Dieser ist mit einer verschraubten Schiene befestigt.

Tabelle 4: Massenströme in Abhängigkeit der Gasspeicherbefestigung

Art der Dachbefestigung	Klemmschlauch als Gasspeicherbefestigung	verschraubter Gasspeicher	
Leckage (Länge x Breite)	4 m x 0,25 m	3 m x 0,2 m	
Leckfläche	1,00	0,60	m <sup>2</sup>
entsp. Durchmesser	1.128,38	874,04	mm
Ausflussziffer	1,00	1,00	
<b>Ergebnis Austrittsrate</b>	<b>29,517</b>	<b>17,71</b>	<b>kg/s</b>
Austrittsvolumen	22.783,00	40.000,00	m <sup>3</sup>
Austrittsmasse	28.469,64	49.984,00	kg
Austrittsdauer	965	2.822	s
	16,1	47,0	min

Aus den Eingangsdaten der Massenstromermittlung wird deutlich, dass diese unabhängig der Biogasmenge in den Gasspeichern ist, sondern sich ausschließlich aus der Gasdichte (abhängig von der Gaszusammensetzung), der Rissgröße und dem Gasspeicherinnendruck ergibt.

Als Ergebnis der Freisetzung ergab sich für die Befestigung mittel Klemmschlauch ein maximaler Massenstrom Biogas von 29,517 kg/s der durch den beschriebenen Riss unter stationären Annahmen entweichen kann.

Das zur Verfügung stehende Biogas des korrespondierenden Gassystems der Gärbehälter mit einer Menge von 22.783 m<sup>3</sup>, welches bei einer Leckage ausströmen kann, ergibt bei Ansatz einer konstanten Ausflussrate eine Austrittsdauer von 965 sec (16,1 min) bis das Gasspeichersystem vollständig geleert ist.

Für die Betrachtung des externen Gasspeichers ergibt sich ein Massenstrom von 17,71 kg/s. Das vorhandene Volumen von 40.000 m<sup>3</sup> tritt in einer Zeit von 2.822 sec (47,0 min) aus.

Die detaillierten Berechnungen sowie die Massenstromermittlung sind in Anlage 1 zu finden.

Die bestehende Biogasanlage sowie das geplante Gärrestlager inkl. gasdichter Abdeckung stellen aufgrund der räumlichen Nähe ein korrespondierendes Gassystem dar, welches in einem Dennoch-Szenario austreten kann.

Der externe Gasspeicher wird separat betrachtet, da dieser zwar im Sinne des Störfallrechtes im korrespondierendes Gassystem enthalten ist, jedoch über Gebläse befüllt und entleert wird. Durch zusätzliche Überwachungseinrichtungen in Verbindung mit Sicherheitsarmaturen kann der Gasspeicher vom übrigen System abgetrennt werden.

## 4.2 Ausbreitungsberechnung für das Klemmschlauchsystem

### Freisetzungsbedingungen

- Massenstrom Biogas:	29,517 kg/s
- Zeitdauer:	965 sec (16,1 min)
- Freisetzungshöhe:	5,0 m (geringster Abstand des Gasspeichers zum Boden)
- Quellgeometrie:	4 m Linienquelle mit einer Austrittsbreite
- Höhe des Aufschlagpunktes:	2 m
- mittlere Windgeschwindigkeit:	3 m/s
- Bebauungshöhe / Inversionshöhe:	20 m
- Bodenrauigkeit:	0,5 m

Die Ausbreitungssituation des Biogasaustrittes im Nahbereich des Gasspeichers ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Dabei werden mit der mittleren und der ungünstigen Ausbreitungssituation unterschiedliche Temperaturschichtungen in der Atmosphäre, Windgeschwindigkeiten u.a. berücksichtigt.

In der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 wird bei einer mittleren Ausbreitungssituation eine indifferente Temperaturschichtung ohne Inversion betrachtet. Bei einer ungünstigen Ausbreitungssituation wird die ungünstigste Wetterlage, durch Variation der Temperaturschichtungen und unter Berücksichtigung einer Inversionsschicht angesetzt.

Entsprechend der Vorgabe in Kap. 1.4.2 der KAS 32 soll bei der Ausbreitungsbewertung die mittlere Wetterlage – damit die mittlere Ausbreitungssituation der VDI 3783 Blatt 1 angesetzt werden.

Im Diagramm sind die untere Explosionsgrenze und die obere Explosionsgrenze für das konkrete Biogasgemisch gekennzeichnet.

### Konzentration

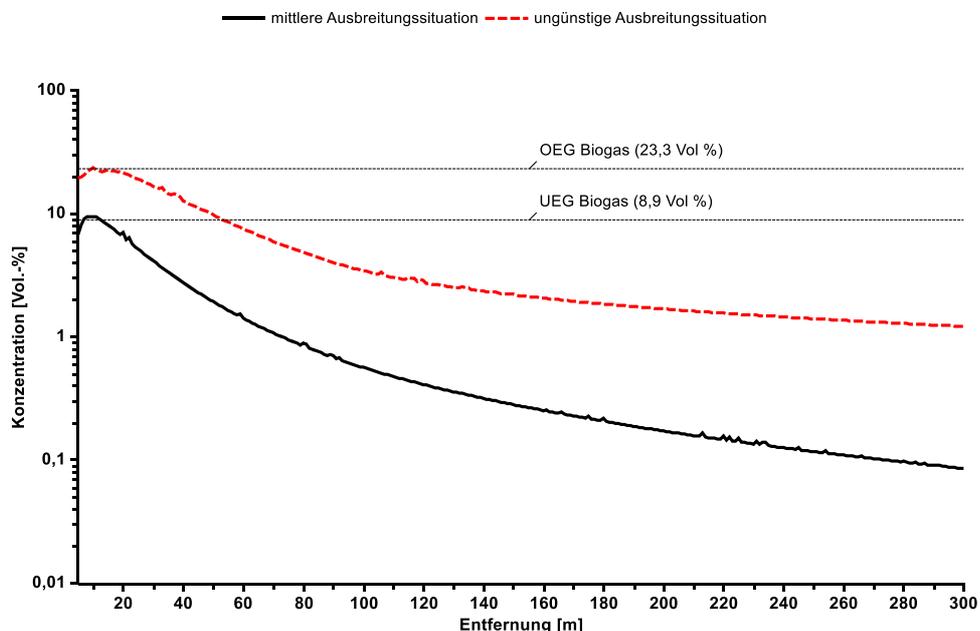


Abbildung 4: Ausbreitungssituation Biogasaustritt /  
 Berechnung mittels Modul VDI 3783 Blatt 1 / Konzentrationsverlauf in %

### **Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre**

Eine explosionsfähige Atmosphäre durch freigesetztes Biogas ergibt sich primär durch den Bestandteil Methan. Methan bildet mit der Umgebungsluft eine explosionsfähige Atmosphäre, die durch eine Untere- und eine Obere-Explosionsgrenze begrenzt wird. Diese Grenzwerte werden als Gefährungskriterien verwendet und dargestellt.

Die Bewertung der Explosionsgrenzen in der Umgebungsluft erfolgt für die definierte Höhe des Aufschlagpunktes in Höhe von 2 m. Diese konservative Annahme ergibt sich aus der Umgebungssituation, da in dieser Höhe mit unbestimmten Zündquellen durch Personen zu rechnen ist.

Aus der Ausbreitungsrechnung ergibt sich für die Freisetzung von Biogas durch einen Riss der beschriebenen Größe in der Gasspeicherfolie, unter den getroffenen Annahmen der Ausströmung, der sich ergebenden Ausbreitung entsprechend der Methankonzentration im Biogas für den Nahbereich der Anlage, bei einer ungünstigen Ausbreitungssituation gemäß VDI 3783 Blatt 1 eine Gefahr der Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre bei einem potenziellen Gasaustritt bis zu einer Entfernung von 53,31 m um die Gasspeicher.

#### 4.2.1 Entstehung einer toxischen Atmosphäre

Eine toxische Gefährdung durch freigesetztes Biogas kann primär durch den Bestandteil Schwefelwasserstoff entstehen.

Für die Ermittlung der toxischen Atmosphäre wird aus der Ausbreitungssituation des Biogases über den Gehalt an Schwefelwasserstoff die Ausbreitungssituation sowie die Abstände entsprechend der Gefährdungskriterien gemäß Tabelle 2 bestimmt.

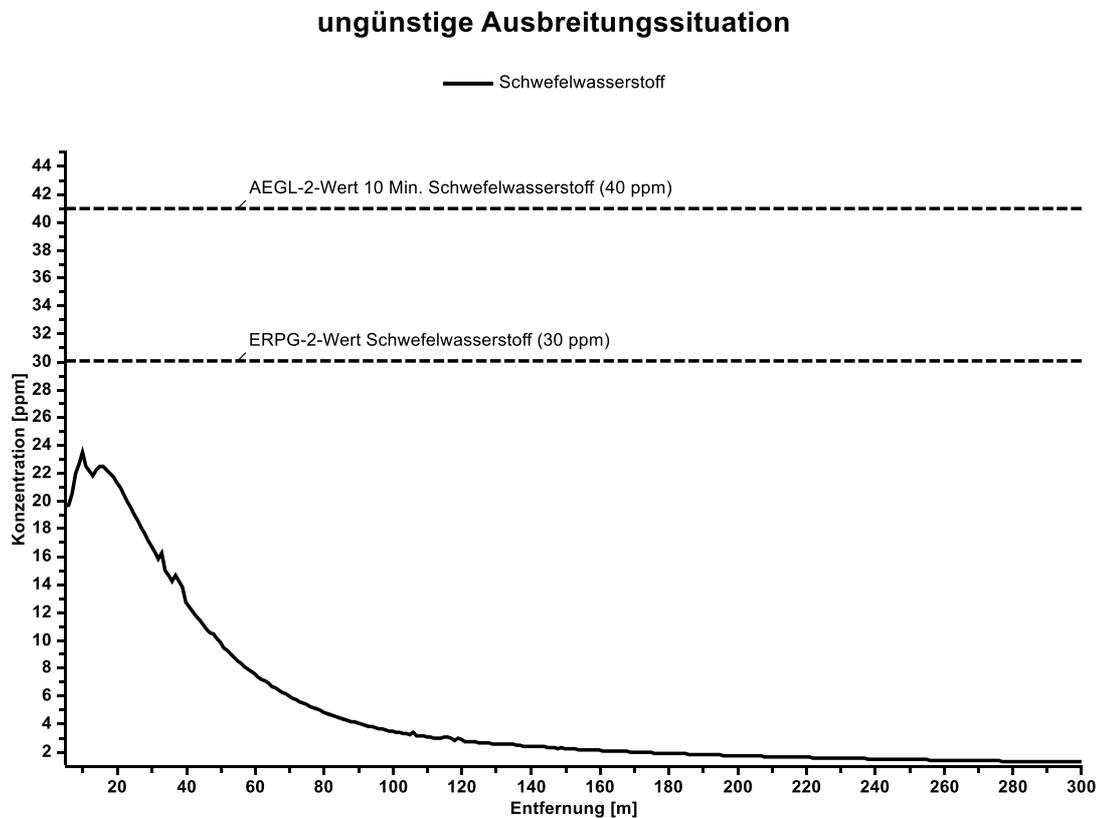


Abbildung 5: Ausbreitungssituation Schwefelwasserstoff gem. Gaszusammensetzung (Tabelle 1)  
Berechnung mittels Modul VDI 3783 Blatt 1 / ungünstige Ausbreitungssituation

Als Kriterium zur Bewertung toxischer Gefahren wird in der KAS 18 der empfohlene ERPG-Wert herangezogen. Dieser berücksichtigt eine Expositionsdauer von einer Stunde. Zusätzlich wurde der AEGL-2 Grenzwert für 10 Minuten als Beschreibung, der für Menschen gefährlichen Gaskonzentration, bei deren Überschreitung mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist, dargestellt.

Die Darstellung zeigt, dass Konzentrationen oberhalb des ERPG-2-Wertes bei mittlerer und ungünstiger Ausbreitungssituation unterhalb des Grenzwertes von 30 ppm liegen.

Generell ist bei Leckagen im Nahbereich mit erhöhter Vorsicht, unter Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, zu agieren.

#### 4.2.2 Ermittlung der Auswirkung einer Explosion der explosionsfähigen Atmosphäre

Da es im Nahbereich des Behälters eine Explosionsgefahr aufgrund der Überschreitung der unteren Explosionsgrenze gibt, erfolgt im Anschluss eine Ermittlung möglicher Auswirkungen einer Explosion der Gaswolke. Aus der Ausbreitungsberechnung ergeben sich als Berechnungsgrundlage folgende Werte zur Gaswolke:

- Maximal explosionsfähige Masse: 80,06 kg
- Maximale Länge der explosionsfähigen Gaswolke: 16,0 m
- Kategorie: 4 (gem. KAS 18)

### Explosionsüberdruck

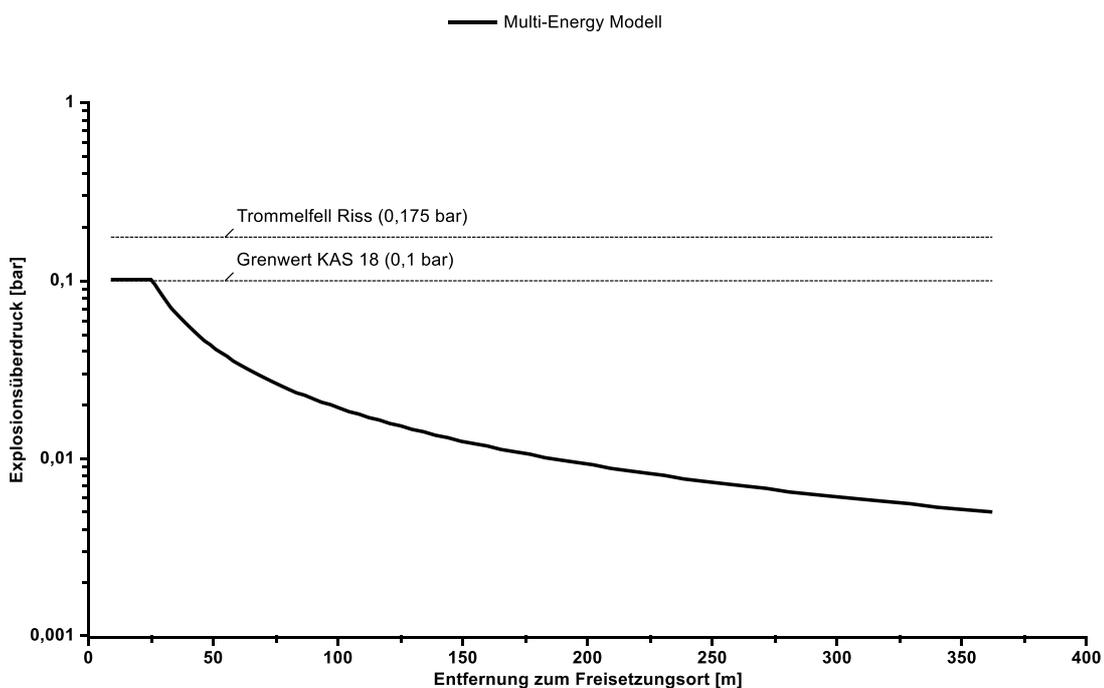


Abbildung 6: Explosionsdruck bei einer Entzündung des austretenden Methangasanteils nach Erreichen der maximalen Ausdehnung der UEG / Schäden bei ungestörter Ausbreitung der Druckwelle.

Die Modelauswahl „Multi-Energy Modell“ erfolgt programmspezifisch, unter Festlegung der Kategorie in Abhängigkeit der Anlagengegebenheit. Insbesondere durch die geringe Verblockung liegt der Explosionsdruck bei einer Zündung der Gaswolke bei ihrer maximalen Ausdehnung unterhalb der Grenze für dauerhafte Schädigungen von Personen (untere Grenze Trommelfellriss: 0,175 bar).

Der Vorgabewert der KAS 18, mit dem Ansatz eines Grenzwertes für den Explosionsdruck von 0,1 bar, wird bis zu einer Entfernung von 25,4 m erreicht. Nach dieser Entfernung nimmt der Explosionsdruck auf ein unbedenkliches Maß ab.

Da die benachbarten Objekte sich in deutlich größerer Entfernung befinden, liegt eine Gefährdung dieser Objekte nicht vor.

#### 4.2.3 Ermittlung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrahlf Flamme

Gemäß der KAS-18, Anhang 4 Nr. 2 wird für die Wärmestrahlung mit einem Grenzwert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> die Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für den Menschen erreicht. Ab einer Bestrahlungswärme von 5,0 kW/m<sup>2</sup> ist das Platzen von Fensterscheiben zu erwarten, ab 7,0 kW/m<sup>2</sup> besteht die Gefahr der Selbstentzündung bei Kunstfasern.

Im Leitfaden KAS 18 sind im Anhang 4, Kap. 4 Werte für eine mögliche Selbstentzündung von Materialien in Abhängigkeit der Einwirkdauer angegeben. Aus der Tabelle 7, Anh. 4, KAS 18 sind folgende Werte zur Bestrahlungsstärke und einer möglichen Selbstentzündung zu entnehmen:

Tabelle 5: Selbstentzündungsbedingungen ohne Schutzmaßnahmen (nach Tabelle 7/8, Anh. 4, KAS-18)

Wirkung/Entzündung	Bestrahlungsstärke (kW/m <sup>2</sup> )	Einwirkungsdauer (s)
Empfindliche Gebäude: Krankenhäuser, Altenheime, Schulen, Wohnhäuser	2,0	-
Öffentliche Straßen	4,5	-
Platzen von Fensterscheiben	5,0	6
Kunstfaser	7,0	Sofort
Grenze für wahrscheinliche Feuerübertragung	8,0	-
Anstrichfarbe an Anlagenteilen	12,2	-
Ungestrichene Holzfaserplatte	25,0	900

Die Gefährdung der Umgebung im Falle eines Brandes in der Anlage hat die höchste Intensität, wenn das austretende Biogasgemisch als Freistrahlf Flamme entweicht, sich entzündet und als s.g. Freistrahlf Flamme abbrennt. Mit ProNuSs9 kann die Brandintensität und insbesondere die dabei entstehende Strahlungswärme der Freistrahlf Flamme berechnet werden. Als Eingabewerte werden die unten angegebenen Freisetzungsbewertungen in der Ausbreitungsrechnung verwendet.

#### Freisetzungsbewertungen

- Massenstrom Biogas: 29,517 kg/s
- Leckagedurchmesser: 1.128 mm (bei 1,0 m<sup>2</sup> Fläche – geschraubte Schiene)
- Austrittswinkel: 45 °
- Höhe der Austrittsstelle über Erdboden: 5,0 m
- Höhe der bestrahlten Stelle über Erdboden: 2,0 m
- mittlere Windgeschwindigkeit: 3 m/s
- Umgebungstemperatur: 20 °C

Im Ergebnis der Berechnung ergeben sich die Bestrahlungsstärken gemäß der nachfolgenden Abbildung.

## Bestrahlungsstärke Lee / Luv [kW/m<sup>2</sup>]

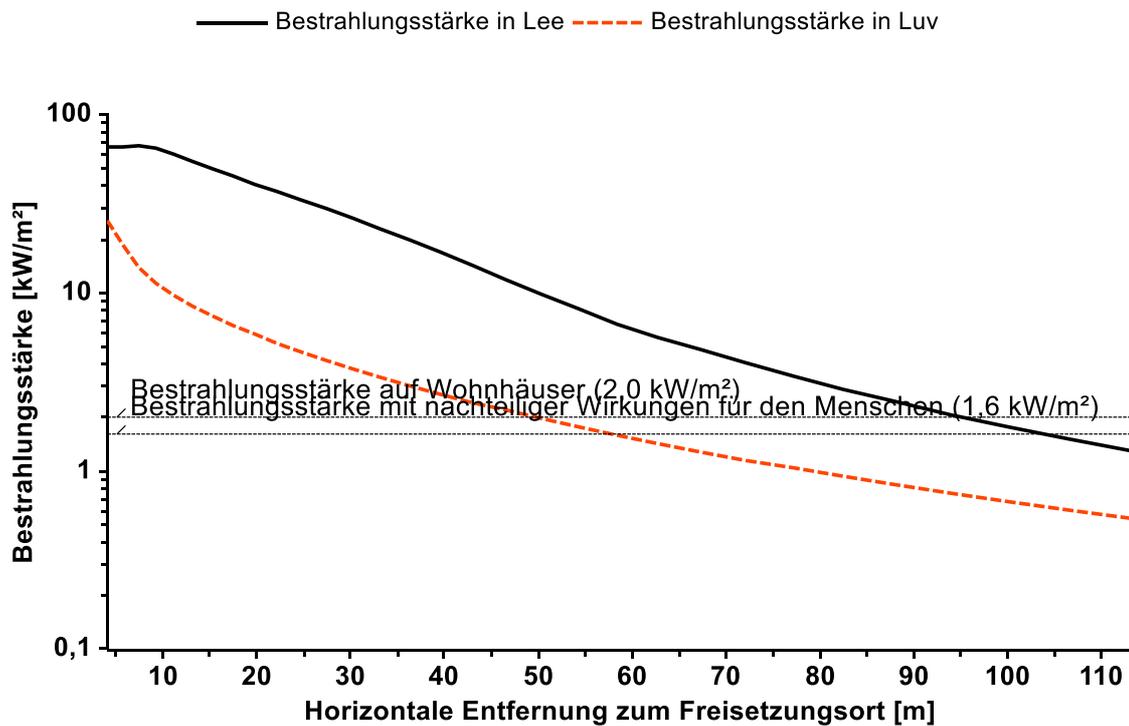


Abbildung 7: Darstellung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrah-Flamme in Luv / Lee

Aus der Berechnung Graphik ergeben sich folgende Abstände um die Gasspeicher:

Tabelle 6: Bestrahlungsstärke in kW/m<sup>2</sup> bezogen auf die o.g. Grenzwerte / Abstände

Bestrahlungsstärke / Abstand	1,6 kW/m <sup>2</sup>	2,0 kW/m <sup>2</sup>
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Lee (in Windrichtung):	104,0 M	95,2 m (in 2 m Höhe)
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Luv (gegen Windrichtung):	58,0 M	49,6 m (in 2 m Höhe)

Für ungeschützte Personen wird bei einer Beaufschlagungshöhe von 2 m und einer Bestrahlungsstärke von 2,3 kW/m<sup>2</sup> in Tabelle 9, Anh. 4, KAS 18 eine Zeitdauer t<sub>Str</sub> bis zum Erreichen der Schmerzgrenze von 40 Sekunden angegeben. Innerhalb dieser Zeit soll sich eine Person in Sicherheit bringen.

Bis zu einer Bestrahlungsstärke von 5 kW/m<sup>2</sup> ist ein kurzfristiger Feuerwehreinsatz möglich. In besonderen Schutzanzügen sind auch noch Belastungen mit 8 kW/m<sup>2</sup> zulässig.

Das zu betrachtende Schutzobjekt, Wohnhaus in ca. 110 m Entfernung, liegt außerhalb des angemessenen Abstandes. Das Betriebsgebäude mit einem Abstand von 60,9 m Entfernung zu den Gasspeichern liegt innerhalb des angemessenen Abstandes zum bestehenden Gasspeicher. Dieses Objekt sollte bei einem Schadensfall geschützt werden.

### 4.3 Ausbreitungsberechnung für das Klemmschienensystem

#### Freisetzungsbedingungen

- Massenstrom Biogas:	17,71 kg/s
- Zeitdauer:	2.822 sec (47,0 min)
- Freisetzungshöhe:	0,0 m (geringster Abstand des Gasspeichers zum Boden)
- Quellgeometrie:	3 m Linienquelle mit einer Austrittsbreite
- Höhe des Aufschlagpunktes:	2 m
- mittlere Windgeschwindigkeit:	3 m/s
- Bebauungshöhe / Inversionshöhe:	20 m
- Bodenrauigkeit:	0,5 m

Die Ausbreitungssituation des Biogasaustrittes im Nahbereich des Gasspeichers ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Dabei werden mit der mittleren und der ungünstigen Ausbreitungssituation unterschiedliche Temperaturschichtungen in der Atmosphäre, Windgeschwindigkeiten u.a. berücksichtigt.

In der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 wird bei einer mittleren Ausbreitungssituation eine indifferente Temperaturschichtung ohne Inversion betrachtet. Bei einer ungünstigen Ausbreitungssituation wird die ungünstigste Wetterlage, durch Variation der Temperaturschichtungen und unter Berücksichtigung einer Inversionsschicht angesetzt.

Entsprechend der Vorgabe in Kap. 1.4.2 der KAS 32 soll bei der Ausbreitungsbewertung die mittlere Wetterlage – damit die mittlere Ausbreitungssituation der VDI 3783 Blatt 1 angesetzt werden.

Im Diagramm sind die untere Explosionsgrenze und die obere Explosionsgrenze für das konkrete Biogasgemisch gekennzeichnet.

### Konzentration

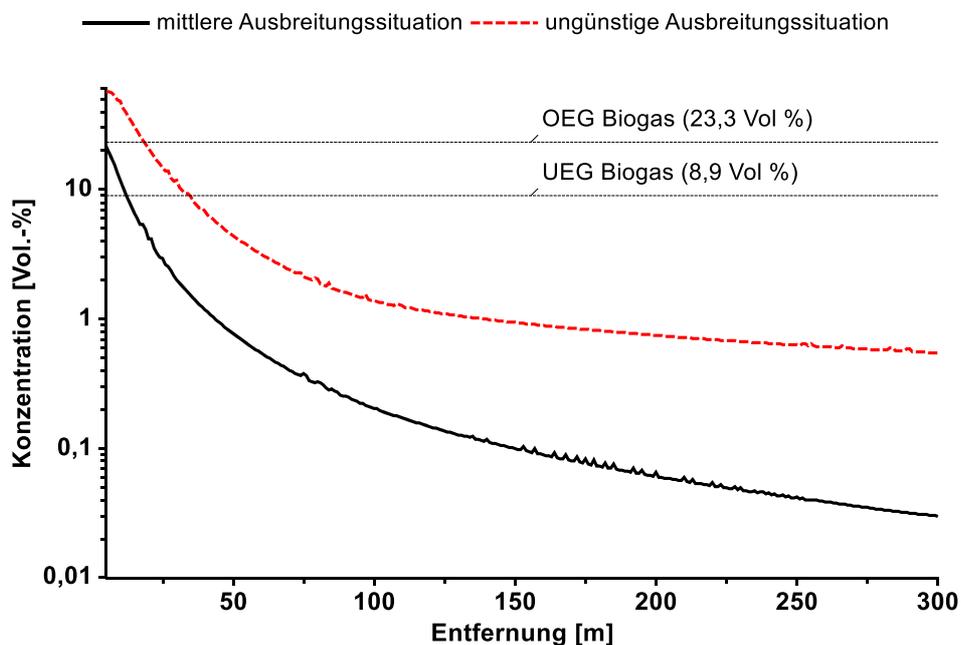


Abbildung 7: Ausbreitungssituation Biogasaustritt /  
Berechnung mittels Modul VDI 3783 Blatt 1 / Konzentrationsverlauf in %

### **Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre**

Eine explosionsfähige Atmosphäre durch freigesetztes Biogas ergibt sich primär durch den Bestandteil Methan. Methan bildet mit der Umgebungsluft eine explosionsfähige Atmosphäre, die durch eine Untere- und eine Obere-Explosionsgrenze begrenzt wird. Diese Grenzwerte werden als Gefährungskriterien verwendet und dargestellt.

Die Bewertung der Explosionsgrenzen in der Umgebungsluft erfolgt für die definierte Höhe des Aufschlagpunktes in Höhe von 2 m. Diese konservative Annahme ergibt sich aus der Umgebungssituation, da in dieser Höhe mit unbestimmten Zündquellen durch Personen zu rechnen ist.

Aus der Ausbreitungsrechnung ergibt sich für die Freisetzung von Biogas durch einen Riss der beschriebenen Größe in der Gasspeicherfolie, unter den getroffenen Annahmen der Ausströmung, der sich ergebenden Ausbreitung entsprechend der Methankonzentration im Biogas für den Nahbereich der Anlage, bei einer ungünstigen Ausbreitungssituation gemäß VDI 3783 Blatt 1 eine Gefahr der Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre bei einem potenziellen Gasaustritt bis zu einer Entfernung von 34,82 m um die Gasspeicher.

#### 4.3.1 Entstehung einer toxischen Atmosphäre

Eine toxische Gefährdung durch freigesetztes Biogas kann primär durch den Bestandteil Schwefelwasserstoff entstehen.

Für die Ermittlung der toxischen Atmosphäre wird aus der Ausbreitungssituation des Biogases über den Gehalt an Schwefelwasserstoff die Ausbreitungssituation sowie die Abstände entsprechend der Gefährdungskriterien gemäß Tabelle 2 bestimmt.

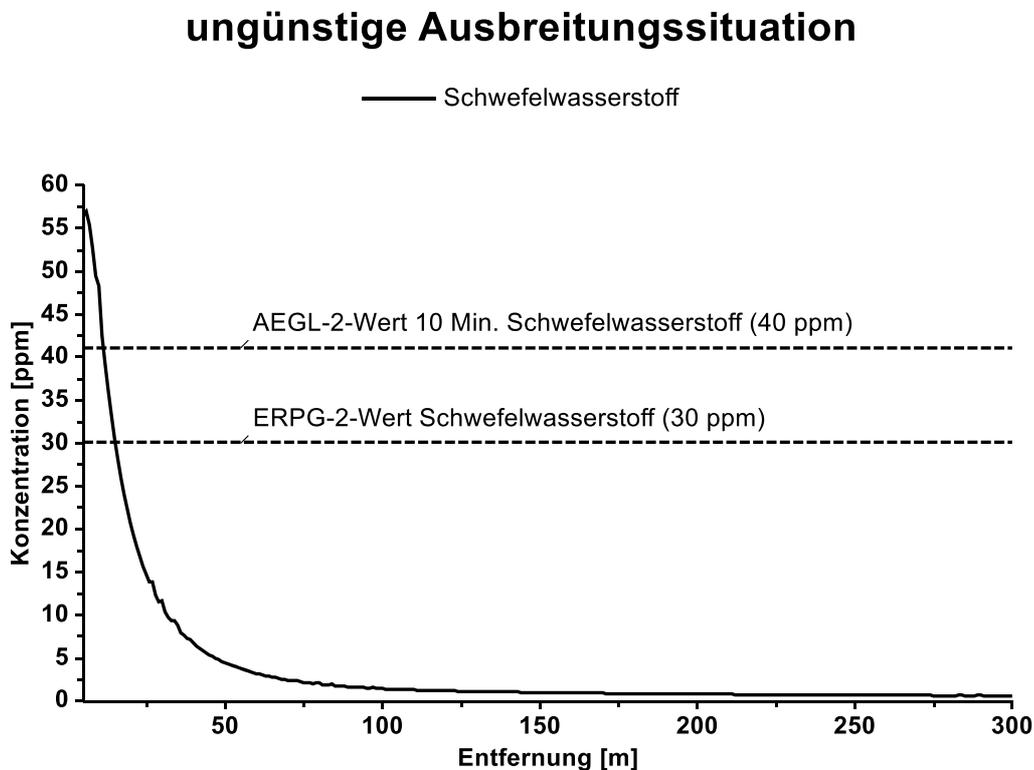


Abbildung 8: Ausbreitungssituation Schwefelwasserstoff gem. Gaszusammensetzung (Tabelle 1)  
Berechnung mittels Modul VDI 3783 Blatt 1 / ungünstige Ausbreitungssituation

Als Kriterium zur Bewertung toxischer Gefahren wird in der KAS 18 der empfohlene ERPG-Wert herangezogen. Dieser berücksichtigt eine Expositionsdauer von einer Stunde. Zusätzlich wurde der AEGL-2 Grenzwert für 10 Minuten als Beschreibung, der für Menschen gefährlichen Gaskonzentration, bei deren Überschreitung mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist, dargestellt.

Die Darstellung zeigt, dass Konzentrationen oberhalb des ERPG-2-Wertes bei ungünstiger Ausbreitungssituation bis zu einem Abstand von 15,21 m um die Freisetzungquelle erreicht werden. Bei einer mittleren Ausbreitungssituation ist kein Wert zu ermitteln.

Generell ist bei Leckagen im Nahbereich mit erhöhter Vorsicht, unter Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, zu agieren.

#### 4.3.2 Ermittlung der Auswirkung einer Explosion der explosionsfähigen Atmosphäre

Da es im Nahbereich des Behälters eine Explosionsgefahr aufgrund der Überschreitung der unteren Explosionsgrenze gibt, erfolgt im Anschluss eine Ermittlung möglicher Auswirkungen einer Explosion der Gaswolke. Aus der Ausbreitungsberechnung ergeben sich als Berechnungsgrundlage folgende Werte zur Gaswolke:

- Maximal explosionsfähige Masse: 55,81 kg
- Maximale Länge der explosionsfähigen Gaswolke: 13,0 m
- Kategorie: 4 (gem. KAS 18)

### Explosionsüberdruck

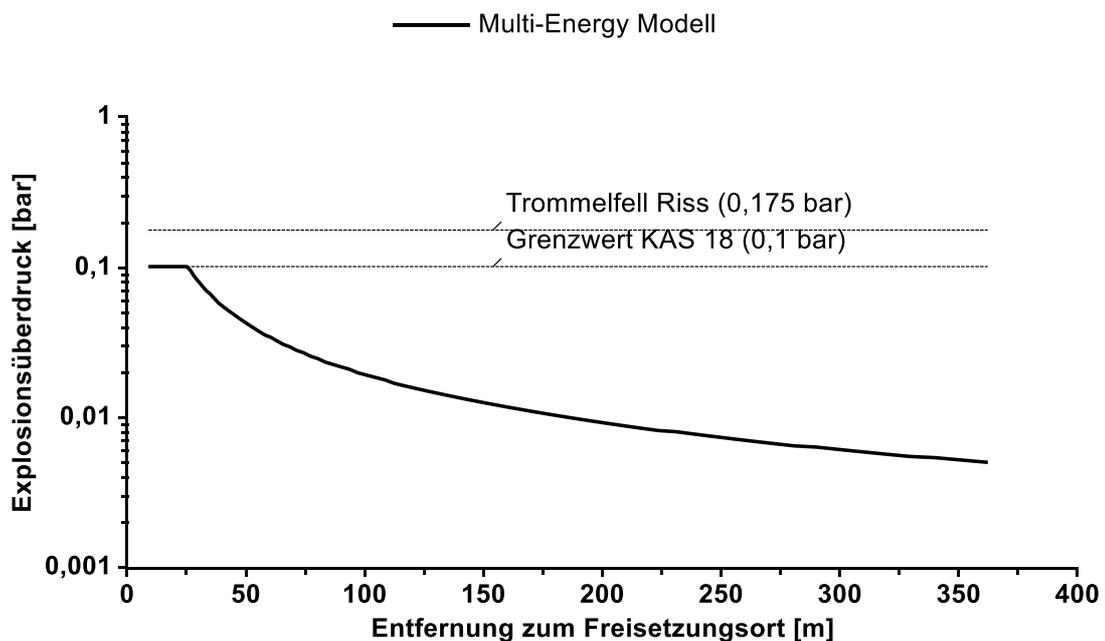


Abbildung 9: Explosionsdruck bei einer Entzündung des austretenden Methangasanteils nach Erreichen der maximalen Ausdehnung der UEG / Schäden bei ungestörter Ausbreitung der Druckwelle.

Die Modelauswahl „Multi-Energy Modell“ erfolgt programmspezifisch, unter Festlegung der Kategorie in Abhängigkeit der Anlagegegebenheit. Insbesondere durch die geringe Verblockung liegt der Explosionsdruck bei einer Zündung der Gaswolke bei ihrer maximalen Ausdehnung unterhalb der Grenze für dauerhafte Schädigungen von Personen (untere Grenze Trommelfellriss: 0,175 bar).

Der Vorgabewert der KAS 18, mit dem Ansatz eines Grenzwertes für den Explosionsdruck von 0,1 bar, wird bis zu einer Entfernung von 25,4 m erreicht. Nach dieser Entfernung nimmt der Explosionsdruck auf ein unbedenkliches Maß ab.

Da die benachbarten Objekte sich in deutlich größerer Entfernung befinden, liegt eine Gefährdung dieser Objekte nicht vor.

### 4.3.3 Ermittlung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrahlf Flamme

Gemäß der KAS-18, Anhang 4 Nr. 2 wird für die Wärmestrahlung mit einem Grenzwert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> die Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für den Menschen erreicht. Ab einer Bestrahlungswärme von 5,0 kW/m<sup>2</sup> ist das Platzen von Fensterscheiben zu erwarten, ab 7,0 kW/m<sup>2</sup> besteht die Gefahr der Selbstentzündung bei Kunstfasern.

Im Leitfaden KAS 18 sind im Anhang 4, Kap. 4 Werte für eine mögliche Selbstentzündung von Materialien in Abhängigkeit der Einwirkdauer angegeben. Aus der Tabelle 7, Anh. 4, KAS 18 sind folgende Werte zur Bestrahlungsstärke und einer möglichen Selbstentzündung zu entnehmen:

Tabelle 7: Selbstentzündungsbedingungen ohne Schutzmaßnahmen (nach Tabelle 7/8, Anh. 4, KAS-18)

Wirkung/Entzündung	Bestrahlungsstärke (kW/m <sup>2</sup> )	Einwirkungsdauer (s)
Empfindliche Gebäude: Krankenhäuser, Altenheime, Schulen, Wohnhäuser	2,0	-
Öffentliche Straßen	4,5	-
Platzen von Fensterscheiben	5,0	6
Kunstfaser	7,0	Sofort
Grenze für wahrscheinliche Feuerübertragung	8,0	-
Anstrichfarbe an Anlagenteilen	12,2	-
Ungestrichene Holzfaserplatte	25,0	900

Die Gefährdung der Umgebung im Falle eines Brandes in der Anlage hat die höchste Intensität, wenn das austretende Biogasgemisch als Freistrahlf Flamme entweicht, sich entzündet und als s.g. Freistrahlf Flamme abbrennt. Mit ProNuSs9 kann die Brandintensität und insbesondere die dabei entstehende Strahlungswärme der Freistrahlf Flamme berechnet werden. Als Eingabewerte werden die unten angegebenen Freisetzungsb edingungen in der Ausbreitungsrechnung verwendet.

#### Freisetzungsb edingungen

- Massenstrom Biogas: 17,71 kg/s
- Leckagedurchmesser: 874,04 mm (bei 0,6 m<sup>2</sup> Fläche – geschraubte Schiene)
- Austrittswinkel: 45 °
- Höhe der Austrittsstelle über Erdboden: 0,0 m
- Höhe der bestrahlten Stelle über Erdboden: 2,0 m
- mittlere Windgeschwindigkeit: 3 m/s
- Umgebungstemperatur: 20 °C

Im Ergebnis der Berechnung ergeben sich die Bestrahlungsstärken gemäß der nachfolgenden Abbildung.

## Bestrahlungsstärke Lee / Luv [kW/m<sup>2</sup>]

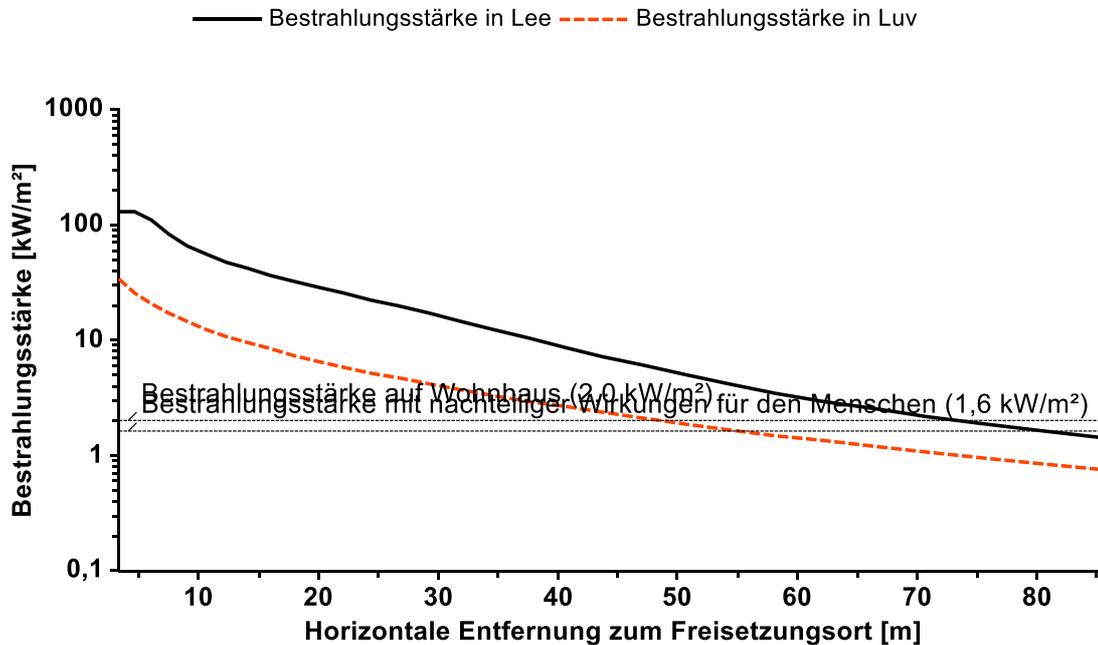


Abbildung 7: Darstellung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrahlf Flamme in Luv / Lee

Aus der Berechnung Graphik ergeben sich folgende Abstände um die Gasspeicher:

Tabelle 8: Bestrahlungsstärke in kW/m<sup>2</sup> bezogen auf die o.g. Grenzwerte / Abstände

Bestrahlungsstärke / Abstand	1,6 kW/m <sup>2</sup>	2,0 kW/m <sup>2</sup>
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Lee (in Windrichtung):	80,7 m	73,4 m (in 2 m Höhe)
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Luv (gegen Windrichtung):	55,6 m	48,43 m (in 2 m Höhe)

Für ungeschützte Personen wird bei einer Beaufschlagungshöhe von 2 m und einer Bestrahlungsstärke von 2,3 kW/m<sup>2</sup> in Tabelle 9, Anh. 4, KAS 18 eine Zeitdauer t<sub>Str</sub> bis zum Erreichen der Schmerzgrenze von 40 Sekunden angegeben. Innerhalb dieser Zeit soll sich eine Person in Sicherheit bringen.

Bis zu einer Bestrahlungsstärke von 5 kW/m<sup>2</sup> ist ein kurzfristiger Feuerwehreinsatz möglich. In besonderen Schutzanzügen sind auch noch Belastungen mit 8 kW/m<sup>2</sup> zulässig.

Das zu betrachtende Schutzobjekt, Wohnhaus in ca. 110 m Entfernung, liegt außerhalb des angemessenen Abstandes. Ebenfalls liegt das Betriebsgebäude außerhalb des angemessenen Abstandes zu geplanten Gasspeicher.

## 5. Auswirkungen auf benachbarte Schutzobjekte im Sinne des Naturschutzes

Im §3 Abs. 5d BImSchG sind neben den Schutzobjekten mit einem Aufenthalt von Menschen auch „unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvollen oder besonders empfindlichen Gebiete“ als benachbarte und zu betrachtende Schutzobjekte definiert.

Grundsätzlich ist für die Beurteilung der Auswirkungen auf Schutzobjekte im Sinne des Naturschutzes voranzustellen, dass die Ermittlung des angemessenen Abstandes gemäß Leitfaden KAS 18 die Ausbreitung und die Auswirkung eines Störfalles (gem. 12. BImSchV) in der Anlage bewertet, der als einmaliges Ereignis eintreten könnte und damit keine dauerhafte Wirkung der Anlage darstellt. Hinsichtlich der einmaligen Wirkung ist daher insbesondere für die Naturräume zu bewerten, ob und wie eine dauerhafte Schädigung des Naturraumes eintreten kann.

Bei der betrachteten Anlage handelt es sich um eine Biogasanlage. Der zu bewertende störfallrelevante Stoff (12. BImSchV) ist Biogas. Gemäß einschlägigen Datenbanken (GisChem-Datenbank) ist Biogas als entzündbarer Stoff einzustufen, nicht aber als umweltgefährlicher bzw. umwelttoxischer Stoff. Eine grundsätzliche Umweltgefährlichkeit des Biogases als Gasgemisch ist damit nicht gegeben.

In der Einzelbetrachtung von Methan und Schwefelwasserstoff sind ebenfalls umwelttoxische Gefahren nicht genannt. Damit ist selbst nach einem einmaligen Schadensereignis eine dauerhafte Schädigung der angrenzenden Naturräume nicht zu erwarten. Für die fachliche Bewertung einer Gefährdung bzw. Beeinträchtigung definiert der Leitfaden KAS 18 Grenz- und Beurteilungswerte für das Schutzgut "Mensch".

Für naturschutzfachliche Räume gibt es für ein derartiges Einzelereignis keine konkreten Vorgabewerte. In den einschlägigen, rechtlichen Vorgaben für naturschutzrelevante Bereiche werden lediglich Grenzwerte definiert, die bei einer dauerhaften Beeinträchtigung eine Wirkung auf die jeweiligen Naturräume verhindern sollen. Für ein einmaliges Störfallereignis sind diese Werte nicht geeignet.

Im Folgenden erfolgt daher eine Einzelbetrachtung der Ausbreitungen und Auswirkungen der Störungsszenarien aus der Einzelfallbetrachtung.

### Explosionsgefährdung

Der Umkreis der Anlage, indem bei einem Austritt von Biogas eine explosionsgefährliche auftreten kann, ist für den Menschen als auch gleichfalls für Flora und Fauna ein gefährdeter Bereich. Wenn aufgrund der Eigenart der Anlage in einem Störfall eine explosionsgefährliche Atmosphäre im Umkreis möglich ist, so kann es zur Entzündung und Explosion dieser Atmosphäre, unabhängig möglicher Zündquellenbetrachtung, kommen.

In der KAS 18 wird der Grenzwert für den Explosionsdruck mit 0,1 bar bewertet. Dies erfolgt unabhängig von den Schutzgütern. Bei dem Schutzgut "Mensch" gilt als gefährlicher Wert ein Explosionsdruck von 0,175 bar für eine Schädigung des Trommelfells. Entsprechend kann der Wert von 0,1 bar auch für naturschutzfachliche Bereiche als Grenzwert angesetzt werden.

### **Toxische Auswirkungen**

Als Grenzwert für den Menschen wird der EPRG-2-Wert angesetzt. Bis zu dieser Konzentration ist davon auszugehen, dass "beinahe sämtliche Personen mit Einwirkzeit <1h keine bzw. nur leichte vorübergehend nachteilige gesundheitliche Auswirkungen erleiden".

Bezogen auf Tiere, die mit Schwefelwasserstoff in Berührung gekommen sind, verweist die GESTIS-Stoffdatenbank auf eine Studie, wonach 10 ppm Schwefelwasserstoff durch Ratten ohne Effekte toleriert wurden. Damit reagieren Nagetiere weniger empfindlich auf Schwefelwasserstoff als der Mensch.

Nach Literaturangaben ist ein Wert von 600 ppm für Vögel tödlich. In Anbetracht der Tatsache, dass es hier keine weiterführenden Literaturangaben gibt, scheint der EPRG-2-Wert (30 ppm) als Grenzwert für naturschutzfachliche Belange gleichfalls angemessen.

### **Bestrahlungsstärke durch eine Freistrah-Flamme**

Diese Wirkung bewertet die Wärmebelastung im Umfeld der Anlage infolge eines Gasaustrittes und sofortiger Zündung und Verbrennen der Biogasfahne in Form einer sogenannten Freistrahflamme. Der Grenzwert der KAS 18 wird mit einer Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m<sup>2</sup> angesetzt. Eine belastigende Wirkung wird bei einem Wert von 1,3 kW/m<sup>2</sup> gesehen, was dem Wert einer maximalen Sonneneinstrahlung entspricht.

In Übertragung des Wertes auf die Fauna ist zu berücksichtigen, dass bei einem derartigen Vorfall, insbesondere bei Wirbeltieren, ein Fluchreflex einsetzt. Da insbesondere für die Fauna auch hier kein Wert für eine nachhaltige Schädigung vorliegt, ist es an dieser Stelle plausibel, auch den Wert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> anzusetzen, der für den Menschen als Grenze für nachteilige Bewirkungen gilt.

Für die Flora ist festzuhalten, dass eine Bestrahlungsstärke von >8 kW/m<sup>2</sup> als Grenze für eine wahrscheinliche Feuerübertragung gilt. Wird ein Wert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> angesetzt, wird es zur Abtrocknung der Flora im relevanten Bereich kommen. Eine nachhaltige Schädigung durch dieses Einmalereignis ist jedoch auch hier nicht erkennbar.

### **Fazit zu Auswirkungen auf benachbarte Schutzobjekte im Sinne des Naturschutzes**

In Summe der genannten Ausführungen ist es daher plausibel, die konservativen, für das Schutzgut „Mensch“ angesetzten Grenzwerte auch für naturschutzrelevante Bereiche anzuwenden. Dies gilt insbesondere deshalb, weil ein derartiges Einmalereignis durch Biogasaustritt und gegebenenfalls Entzündung nur kurzfristig auf einen Naturraum wirkt, ohne dass hier nachhaltig über das Schadensereignis hinausgehende Schadstoffe zurückbleiben.

## 6. Zusammenfassung

Für die beschriebene Biogasanlage soll eine Abstandsbetrachtung gem. KAS 18 / 32 durchgeführt werden.

Als Ergebnis der geforderten Einzelfallbetrachtung zur Ermittlung des angemessenen Abstandes, konnte gezeigt werden, dass in Anwendung der Leitfäden KAS 18 / 32 sich innerhalb der Grenzkonzentrationen und Gefahrenmerkmale hinsichtlich

- der Explosionsgefährdung durch Biogas,
- der toxischen Gefährdung durch Schwefelwasserstoff,
- einer möglichen Gaswolkenexplosion oder
- einer Freistrahlfamme

Schutzobjekte gemäß §3 Abs. 5d BImSchG befinden.

Die Ermittlung des angemessenen Abstandes erfolgt aus der Ausbreitungsrechnung gemäß KAS 32 und 3783 Blatt 1 bei mittlerer bzw. ungünstiger Ausbreitungssituation. In Anwendung der im Leitfaden KAS 18 vorgegebenen Bewertungsgrößen sind die Abstände, ausgehend von der Biogasanlage ermittelt, bis zu der ein Gefährlichkeitsmerkmal noch zu erwarten ist. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 9: Ableitung des angemessenen Abstandes aus den Bewertungsgrößen mittels Klemmschlauch

Parameter	Wert	Abstand
Lagerkapazität Biogas / max. austretende Masse	kg	28.470
Dauer bis zum Austreten des Gasvolumens	sec	965
Zone toxischer Stoffe (Schwefelwasserstoff, ERPG-2-Wert)	30 ppm	0,0 m
Ausbreitung explosionsfähiger Stoffe (Biogas, UEG)	8,9%	53,3 m
Explosionsdruck	0,1 bar	25,4 m
Wärmestrahlung einer Freistrahlfamme (Lee)	1,6 kW/m <sup>2</sup>	104,0 m
Wärmestrahlung einer Freistrahlfamme (Lee)	2,0 kW/m <sup>2</sup>	95,2 m
<b>Angemessenen Abstandes (größter Abstand)</b>		<b>104,0 m</b>

Tabelle 10: Ableitung des angemessenen Abstandes aus den Bewertungsgrößen mittels verschraubter Klemmschiene des externen Gasspeichers

Parameter	Wert	Abstand
Lagerkapazität Biogas / max. austretende Masse	kg	52.000
Dauer bis zum Austreten des Gasvolumens	sec	2.822
Zone toxischer Stoffe (Schwefelwasserstoff, ERPG-2-Wert)	30 ppm	0,0 m
Ausbreitung explosionsfähiger Stoffe (Biogas, UEG)	8,9%	34,8 m
Explosionsdruck	0,1 bar	25,4 m
Wärmestrahlung einer Freistrahlfamme (Lee)	1,6 kW/m <sup>2</sup>	80,7 m
Wärmestrahlung einer Freistrahlfamme (Lee)	2,0 kW/m <sup>2</sup>	73,4 m
<b>Angemessenen Abstandes (größter Abstand)</b>		<b>80,7 m</b>

Für die Betrachtung von Schwefelwasserstoffgehalt im Rohgas im Schadensfall (Dennoch-Störfall) bei mittlerer Ausbreitungssituation kann kein ein Abstand von den Gasspeichern ermittelt werden.

Für die Wärmestrahlung einer Freistrahlfamme im Schadensfall (Dennoch-Störfall) ergibt sich für den Menschen ein Abstand von 104 m von dem am dichtesten liegenden Gasspeicher.

Das zu betrachtende Schutzobjekt, Wohnhaus in ca. 110 m Entfernung, liegt außerhalb des angemessenen Abstandes. Das Betriebsgebäude mit einem Abstand von 60,9 m Entfernung zu den Gasspeichern liegt innerhalb des angemessenen Abstandes zum bestehenden Gasspeicher. Dieses Objekt sollte bei einem Schadensfall geschützt werden.

Für den geplanten externen Gasspeicher wurde ein erforderlicher Achtungsabstand von 80,7 m ermittelt. Dieser Abstand sollte bei der Planung zur Positionierung des Gasspeichers berücksichtigt werden.

Für ungeschützte Personen wird bei einer Beaufschlagungshöhe von 2 m und einer Bestrahlungsstärke von 2,3 kW/m<sup>2</sup> in Tabelle 9, Anh. 4, KAS 18 eine Zeitdauer  $t_{str}$  bis zum Erreichen der Schmerzgrenze von 40 Sekunden angegeben. Innerhalb dieser Zeit soll sich eine Person in Sicherheit bringen.

Der ermittelte angemessene Abstand gemäß §50 BImSchG sollte als Grenzwert angesetzt werden. Aufgrund einer neuen Errichtung der Anlage und damit auch die Einbeziehung von Sicherheitseinrichtungen wie bspw. die Verriegelung einzelner Gasspeicher durch automatisch schließende Gasschieber bei der Feststellung von Leckagen kann die Auswirkung eines Gasaustritts reduziert werden.

Diese Maßnahmen sollten bei der Planung berücksichtigt werden.

## 7. Anlagen

- Anlage 1: detaillierten Eingabewerten zur Ausbreitungsrechnung
- Anlage 2: Lageplan der Anlage
- Anlage 3: Berechnungstabelle der Gasspeichermenge

## 8. Literaturverzeichnis

1. Bundes-Immissionsschutzgesetz, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. 17. Mai 2013, in aktueller Fassung.
2. 12. BImSchV: Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfallverordnung). , in akt. Fassung.
3. Kommission für Anlagensicherheit beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit . *Leitfaden 18 – Empfehlung für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfallverordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung §50 BImSchG.* letzte Änd. November 2013.
4. Kommission für Anlagensicherheit beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. *Leitfaden 32 – Arbeitshilfe, Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18.* , November 2015.
5. Seveso III-Richtlinie. *Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen.* s.l., 4. Juli 2012.
6. DIN EN 1839. *Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen und Dämpfen und Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) für brennbare Gase und Dämpfe.* , April 2017.
7. Schröder, V., Molnarne, M. Die Explosionsgrenzen von Biogas in Luft. *TÜ Bd. 49 (2008) Nr. 1/2.* Jan./Feb 2008.
8. Dr.-Ing B. Schalau. ProNuSs9® - Softwaresystem zur numerischen Störfallsimulation auf der Grundlage der VDI 3783 Blatt 1 und Blatt 2. , 2018. Version 9.20.1.

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
**Betreiber:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
 Schuby 19  
 24398 Dörphof  
**Vorhaben:** Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

---

**Anlage** Gasspeichervolumen (störfallrelevante Gasmenge)  
**Volumen zum Zeitpunkt t=0** **62.739 m<sup>3</sup>** Ermittlung gem. Störfallkonzept  
**40.000 m<sup>3</sup>** Einzelvolumen des größten Gasspeichers  
 (Konservativer Ansatz, da die Austrittsmenge i.W. durch den Innendruck und die Austrittsfläche bestimmt wird. Die Gasmenge hat nur minimalen Einfluss.)

**Gaszusammensetzung** **Biogas aus NawaRo gem. Analyse Betreiber**  
 (Volumenanteil)

		Betreiber	Berechnungsgrundlage
Methan	CH4	50,00 %	50,00 %
Kohlendioxid	CO2	48,80 %	48,79 %
Sauerstoff	O2	0,20 %	0,20 %
Stickstoff	N	1,00 %	1,00 %
Schwefelwasserstoff	H2S	0,0010 %	0,01 %
	entspricht	10 ppm	100 ppm

#### Berechnung Störfallszenario:

---

**Beschreibung:** **Riss in Gasspeicher des Gassystems**  
 Gasaustritt aus gesamten Gasraum der Anlage  
 Austritt durch korrespondierendes Gassystem

#### Parameter des Austritts:

Stoffdaten: Druck: 0,0035 bar (ü) entspricht 3,5 mbar ÜD  
 Temperatur: 20 °C  
 Gasdichte: 1,2496 kg/m<sup>3</sup>  
 (ProNuSs bei T und p, entsp. Gaszusammensetzung)

**Berechnung mit ProNuSs** Berechnung "gasförmige Freisetzung" aus einem Leck

**Art der Dachbefestigung** **verschraubter Gasspeicher** gem. Leitfaden KAS 32  
 Leckage (Länge x Breite) 3 m x 0,2 m  
 Leckfläche 0,6 m<sup>2</sup>  
 entsp. Durchmesser 874,04 mm  
 Ausflussziffer 1,0

**Ergebnis Austrittsrate** **17,71 kg/s**

Die Austrittsrate wird als Konstante angenommen und wirkt, bis das Volumen der Gasspeicherhauben geleert ist.  
 (Begründung: Durch Stützluftgebläse und Eigenmasse der Gasspeicherfolie erfolgt keine relevante Druckabnahme im Gasspeicherraum).

Austrittsvolumen	40.000 m <sup>3</sup>	Gasvolumen gem. Störfallbetrachtung
Austrittsmasse	49.984 kg	(gem. Gasdichte ProNuSs)
Austrittsdauer	2.822 s	47,0 min

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
**Betreiber:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
 Schuby 19  
 24398 Dörphof  
**Vorhaben:** Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

<b>Ausbreitungsberechnung</b>		<b>VDI 3783 Blatt 1</b>	
Massenstrom		17,710 kg/s	
Zeitdauer		2.822 s	
Quellgeometrie		Linienquelle	
Quellenbreite		3,0 m	(Risslänge)
Freisetzungshöhe		4,4 m	(Rissmitte, niedrigster Gasspeicher)
<b>Standortparameter:</b>			
Windgeschwindigkeit		3 m/s	
Bebauungshöhe / Inversionshöhe		20 m	
Bodenrauigkeit		0,5 m	
<b>Aufschlagpunkt</b>			
max. Entfernung		300 m	
Schrittweite		1 m	
Entfernung des 1. Aufschlagpunktes		5 m	Dichteste Entfernung ProNus
Höhe des Aufschlagpunktes ü. Erdgleiche		2 m	
<b>Wetterlage</b>			
Temperaturschichtung:		indifferent	ohne Inversion
<b>Berechnung der Explosionsgrenzen</b>			
Untere Explosionsgrenze	UEG Biogas	8,9 %	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 4,5$
obere Explosionsgrenze	OEG Biogas	23,3 %	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 11,8$
Entfernung	UEG Biogas	34,82 m	Entfernung bis Unterschreiten der UEG
<b>Austritt Schwefelwasserstoff</b>			
Unterschreiten des ERPG-2 Wertes (30 ppm)		0 m	mittelere Ausbreitungssituation
Unterschreiten des ERPG-2 Wertes (30 ppm)		15,21 m	ungünstige Ausbreitungssituation

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
**Betreiber:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
 Schuby 19  
 24398 Dörphof  
**Vorhaben:** Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

**Gaswolkenexplosion****Ermittlung der Auswirkungen einer Explosion der Gaswolke (>UEG)**

Modellansatz:	Ausbreitung der Gaswolke und Zündung nach Erreichen der maximalen Ausdehnung der unteren Explosionsgrenze	
Multi-Energy-Modell	Kat. 4	
Zündenergie gering:	aus Stoffdaten Methan: Explosionsgruppe II A; Temperaturklasse T1;	
Verblockung gering:	Hindernisse im Bereich der Gaswolke, jedoch Anteil < 30% des betrachteten Bereiches	
Verdämmung hoch	Explosion wird durch den Boden und 2 seitige Wände (Behälter) begrenzt	
Maximal explosionsfähige Masse	55,81 kg	
Ausdehnung der explosionsfähigen Gaswolke	13,00 m	
Grenzwert Explosionsdruck KAS 18 (0,1 bar)	25,40 m	

**Freistrahlf Flamme****Ermittlung der Auswirkungen einer Freistrahlf Flamme**

Quellengeometrie	Loch Vorgabe aus ProNus	
Leckfläche	0,6 m <sup>2</sup>	
entsp. Durchmesser	874,04 mm	
Austrittswinkel	45 °	
Windgeschwindigkeitsprofil	VDI 3783 Blatt 8	
Windgeschwindigkeit	3 m/s	
Anemometerhöhe:	25 m	
Bodenrauigkeit	0,5 m	
Ausbreitungsklasse	indifferent bis leicht stabil (III/1; Pasquill: D)	
Bestrahlungsstärke / Abstand	1,6 kW/m <sup>2</sup>	2,0 kW/m <sup>2</sup>
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Lee (in Windrichtung):	80,7 m	73,4 m (in 2 m Höhe)
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Luv (gegen Windrichtung):	55,6 m	48,43 m (in 2 m Höhe)

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
**Betreiber:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
Schuby 19  
24398 Dörphof  
**Vorhaben:** Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

---

### Zusammenfassung der Berechnung

Parameter	Wert	Abstand
Lagerkapazität Biogas / max. austretende Masse	kg	52.000
Dauer bis zum Austreten des Gasvolumens	sec	2.822
Zone toxischer Stoffe (Schwefelwasserstoff, ERPG-2-Wert)	30 ppm	0,0 m
Ausbreitung explosionsfähiger Stoffe (Biogas, UEG)	8,9%	34,8 m
Explosionsdruck	0,1 bar	25,4 m
Wärmestrahlung einer Freistrah-Flamme (Lee)	1,6 kW/m <sup>2</sup>	80,7 m
Wärmestrahlung einer Freistrah-Flamme (Lee)	2,0 kW/m <sup>2</sup>	73,4 m
<b>Angemessenen Abstandes (größter Abstand)</b>		<b>80,7 m</b>

<b>Betriebsbereich:</b>	<b>Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG</b>
Betreiber:	Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG Schuby 19 24398 Dörphof
Vorhaben:	Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

---

<b>Anlage</b>	Gasspeichervolumen (störfallrelevante Gasmenge)	
<b>Volumen zum Zeitpunkt t=0</b>	<b>62.739 m<sup>3</sup></b>	Ermittlung gem. Störfallkonzept
	<b>22.783 m<sup>3</sup></b>	Gesamtvolumen der Gasspeicher
	(Konservativer Ansatz, da die Austrittsmenge i.W. durch den Innendruck und die Austrittsfläche bestimmt wird. Die Gasmenge hat nur minimalen Einfluss.)	

<b>Gaszusammensetzung</b> (Volumenanteil)	<b>Biogas aus NaWaRo gem. Analyse Betreiber</b>		
		<b>Betreiber</b>	<b>Berechnungsgrundlage</b>
Methan	CH4	50,00 %	50,00 %
Kohlendioxid	CO2	48,80 %	48,79 %
Sauerstoff	O2	0,20 %	0,20 %
Stickstoff	N	1,00 %	1,00 %
Schwefelwasserstoff	H2S	0,0010 %	0,01 %
	entspricht	10 ppm	100 ppm

#### Berechnung Störfallszenario:

---

<b>Beschreibung:</b>	<b>Riss in Gasspeicher des Gassystems</b> Gasaustritt aus gesamten Gasraum der Anlage Austritt durch korrespondierendes Gassystem
----------------------	---

#### Parameter des Austritts:

Stoffdaten:	Druck:	0,0035 bar (ü)	entspricht	3,5 mbar ÜD
	Temperatur:	20 °C		
	Gasdichte:	1,2496 kg/m <sup>3</sup>		
	(ProNuSs bei T und p, entspr. Gaszusammensetzung)			

<b>Berechnung mit ProNuSs</b>	Berechnung "gasförmige Freisetzung" aus einem Leck
-------------------------------	--

<b>Art der Dachbefestigung</b>	<b>Klemmschlauch als Gasspeicherbefestigung</b>	gem. Leitfaden KAS 32
Leckage (Länge x Breite)	4 m x 0,25 m	
Leckfläche	1,0 m <sup>2</sup>	
entsp. Durchmesser	1.128,38 mm	
Ausflussziffer	1,0	

#### Ergebnis Austrittsrate **29,517 kg/s**

Die Austrittsrate wird als Konstante angenommen und wirkt, bis das Volumen der Gasspeicherhauben geleert ist. (Begründung: Durch Stützluftgebläse und Eigenmasse der Gasspeicherfolie erfolgt keine relevante Druckabnahme im Gasspeicherraum).

Austrittsvolumen	22.783 m <sup>3</sup>	Gasvolumen gem. Störfallbetrachtung
Austrittsmasse	28.470 kg	(gem. Gasdichte ProNuSs)
Austrittsdauer	965 s	16,1 min

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
 Betreiber: Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
 Schuby 19  
 24398 Dörphof  
 Vorhaben: Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

**Ausbreitungsberechnung****VDI 3783 Blatt 1**

Massenstrom		29,517 kg/s	
Zeitdauer		965 s	
Quellgeometrie		Linienquelle	
Quellenbreite		4,0 m	(Risslänge)
Freisetzungshöhe		5,0 m	(Rissmitte, niedrigster Gasspeicher)
<b>Standortparameter:</b>			
Windgeschwindigkeit		3 m/s	
Bebauungshöhe / Inversionshöhe		20 m	
Bodenrauigkeit		0,5 m	
<b>Aufschlagpunkt</b>			
max. Entfernung		300 m	
Schrittweite		1 m	
Entfernung des 1. Aufschlagpunktes		5 m	Dichteste Entfernung ProNus
Höhe des Aufschlagpunktes ü. Erdgleiche		2 m	
<b>Wetterlage</b>			
Temperaturschichtung:		indifferent	ohne Inversion
<b>Berechnung der Explosionsgrenzen</b>			
Untere Explosionsgrenze	UEG Biogas	8,9 %	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 4,5$
obere Explosionsgrenze	OEG Biogas	23,3 %	$(1 + \text{CO}_2/\text{CH}_4) * 11,8$
Entfernung	UEG Biogas	53,31 m	Entfernung bis Unterschreiten der UEG
<b>Austritt Schwefelwasserstoff</b>			
Unterschreiten des ERPG-2 Wertes (30 ppm)		0 m	mittlere Ausbreitungssituation
Unterschreiten des ERPG-2 Wertes (30 ppm)		0 m	ungünstige Ausbreitungssituation

<b>Betriebsbereich:</b>	<b>Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG</b>
Betreiber:	Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG Schuby 19 24398 Dörphof
Vorhaben:	Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

---

**Gaswolkenexplosion** **Ermittlung der Auswirkungen einer Explosion der Gaswolke (>UEG)**

Modellansatz:	Ausbreitung der Gaswolke und Zündung nach Erreichen der maximalen Ausdehnung der unteren Explosionsgrenze	
Multi-Energy-Modell	Kat. 4	
Zündenergie gering:	aus Stoffdaten Methan: Explosionsgruppe II A; Temperaturklasse T1;	
Verblockung gering:	Hindernisse im Bereich der Gaswolke, jedoch Anteil < 30% des betrachteten Bereiches	
Verdämmung hoch	Explosion wird durch den Boden und 2 seitige Wände (Behälter) begrenzt	
Maximal explosionsfähige Masse	80,06 kg	
Ausdehnung der explosionsfähigen Gaswolke	16,00 m	
Grenzwert Explosionsdruck KAS 18 (0,1 bar)	25,40 m	

**Freistrahlf Flamme** **Ermittlung der Auswirkungen einer Freistrahlf Flamme**

Quellengeometrie	Loch	Vorgabe aus ProNus
Leckfläche	1,0 m <sup>2</sup>	
entsp. Durchmesser	1.128 mm	
Austrittswinkel	45 °	
Windgeschwindigkeitsprofil	VDI 3783 Blatt 8	
Windgeschwindigkeit	3 m/s	
Anemometerhöhe:	25 m	
Bodenrauigkeit	0,5 m	
Ausbreitungsklasse	indifferent bis leicht stabil (III/1; Pasquill: D)	
Bestrahlungsstärke / Abstand	1,6 kW/m <sup>2</sup>	2,0 kW/m <sup>2</sup>
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Lee (in Windrichtung):	104,0 m	95,2 m (in 2 m Höhe)
Bestrahlungsstärke - Wirkrichtung in Luv (gegen Windrichtung):	58,0 m	49,6 m (in 2 m Höhe)

**Betriebsbereich:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
**Betreiber:** Agrarenergie Schuby GmbH Co. KG  
Schuby 19  
24398 Dörphof  
**Vorhaben:** Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-32

---

#### Zusammenfassung der Berechnung

Parameter	Wert	Abstand
Lagerkapazität Biogas / max. austretende Masse	kg	28.470
Dauer bis zum Austreten des Gasvolumens	sec	965
Zone toxischer Stoffe (Schwefelwasserstoff, ERPG-2-Wert)	30 ppm	0,0 m
Ausbreitung explosionsfähiger Stoffe (Biogas, UEG)	8,9%	53,3 m
Explosionsdruck	0,1 bar	25,4 m
Wärmestrahlung einer Freistrah-Flamme (Lee)	1,6 kW/m <sup>2</sup>	104,0 m
Wärmestrahlung einer Freistrah-Flamme (Lee)	2,0 kW/m <sup>2</sup>	95,2 m
<b>Angemessenen Abstandes (größter Abstand)</b>		<b>104,0 m</b>



# Prüfung der Anwendbarkeit der StörfallIV auf Biogasanlagen

Bitte die Hinweise zur Anwendung unter "Erläuterungen" beachten!

Version 1.3

Die Prüfung der Anwendbarkeit der StörfallIV muss in zwei Schritten erfolgen:

**1. Die Volumina an Biogas werden errechnet und mit der Dichte des Biogases multipliziert.**

Hierzu finden Sie Hilfen auf den nachfolgenden Blättern. Zumindest in den Blättern "Fermenter" und "Gärrestlager" müssen Anzahl und Abmessungen eingetragen werden. Das Volumen eines separaten Gaslagers ist auf diesem Blatt einzutragen. Für Rohrleitungen wird 2% des sonstigen Volumens angenommen, falls im Blatt "Rohrleitungen" keine Eintragung erfolgt. Sofern eine Hydrolysestufe vorhanden ist, ist das Volumen an vorhandenem Hydrolysegas auf diesem Blatt einzutragen. Das Ergebnis des Schrittes 1. wird unten angezeigt (siehe Text in den Zeilen 44 bis 46).

**2. Die Massen der sonstigen "vorhandenen" Stoffe müssen ggf. geprüft werden.**

Dies ist in dieser Arbeitshilfe nicht integriert und muss manuell oder mit Hilfe anderer, geeigneter Programme erfolgen.

Eine Eingabe wird von Ihnen erwartet bei den Feldern:


Eine Eingabe ist möglich (mit Nachweis) bei den Feldern:

Anlage/ Betriebsbereich:	Agrarenergie Schuby	NR.:	1
Straße:	Schuby 18	HW:	6051450
PLZ:	24398	RW:	3256310
Ort:	Dörphof		

## 1. Prüfung der Anwendbarkeit aufgrund des Vorhandenseins hochentzündlicher Gase

	Volumen m <sup>3</sup>	relevante Masse kg
Fermenter	42.739	55.561
Gasspeicher	0	0
Gärrestlager	20.034	26.044
Rohrleitungen	10	13
sonstiges		0
Biogas	62.783	81.618
Maximal mögliche/zulässige Dichte Biogas	1,3 kg/m <sup>3</sup>	
	Volumen m <sup>3</sup>	relevante Masse kg
Hydrolyse	0	0
Maximal mögliche/zulässige Dichte an Hydrolysegas	1,0 kg/m <sup>3</sup>	
"Vorhandenes" Biogas		81.618 kg

Anwendbarkeit der StörfallIV wg. des Vorhandenseins hochentzündlicher Gase:

erweiterte Pflichten



