

## Gutachten zur Ermittlung des angemessenen Abstandes nach KAS-18 i. V. m. KAS-32

<b>Vorhaben:</b>	Erhöhung der Gaslagerkapazität durch die Erhöhung des Gasspeichervolumens auf dem Fermenter sowie die Umnutzung des vorhandenen Behälters für Oberflächenwassers zum gasdichten Gärrestspeicher
<b>Schwerpunkt:</b>	Ermittlung der störfallrelevanten Kenngrößen, des Achtungsabstandes sowie bei Unterschreitung des Achtungsabstandes zu Schutzobjekten die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes basierend auf der Ausbreitung von toxischen Stoffen (hier: H <sub>2</sub> S) sowie einer Explosion (Druckwelle) und resultierender Wärmestrahlung
<b>Standort:</b>	Biogasanlage (BGA) Kantow Kantow, Dorfstraße 2c 16845 Wusterhausen/ Dosse Flur 1, Flurstücke 264 der Gemarkung Kantow

### Betreiber des Betriebsbereiches



energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH

Hafenweg 15  
48155 Münster

Stand: 2024-06-24

### Bearbeiter



Ingenieure  
Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH

Brückenstraße 11  
09111 Chemnitz

**Gutachten-Nr.:** SHN-2023-DJ-03-08

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 2 -

Auftrag: Erarbeitung eines Gutachtens zur

- Ermittlung der störfallrelevanten Masse an Biogas,
- Feststellung des Achtungsabstandes und bei Unterschreitung dieses Abstandes
- Berechnung des angemessenen Sicherheitsabstandes zu schutzwürdigen Objekten basierend auf der Ausbreitung von toxischen Stoffen (hier: H<sub>2</sub>S) sowie einer Explosion (Druckwelle) und resultierender Wärmestrahlung

Auftragserteilung: 14.11.2022

Auftragsbearbeitung: Januar bis März 2023, Juni 2024

Auftraggeber/  
Betreiber: energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH  
Hafenweg 15  
48155 Münster

Ansprechpartner des  
Auftragsgebers: Herr Dipl.-Ing., M. Sc. Robert Grüning  
(Leitung Genehmigungsmanagement)

Auftragnehmer: Ingenieure  
Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH  
Brückenstraße 13  
09111 Chemnitz  
Tel./ Fax: +49 (371) 27195-30 / -20  
Email: jonies@ib-shn.de

*Dipl.-Ing. (FH) Denny Jonies, M. Sc. ist Bekannt gegebener Sachverständiger nach § 29b BImSchG*

Umfang: 67 Seiten DIN A4 sowie Anhänge

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

<b>0</b>	<b>Verzeichnisse</b>
----------	----------------------

0.1 Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>3</b>
0.1	Inhaltsverzeichnis .....	3
0.2	Abbildungsverzeichnis .....	3
0.3	Tabellenverzeichnis.....	4
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
1.1	Veranlassung.....	5
1.2	Aufgabenstellung/ Hinweise .....	6
1.3	Grundlagen .....	7
1.4	Mitarbeiter/ Mitwirkung.....	8
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG DER UMGEBUNG DES BETRIEBSBEREICHES.....</b>	<b>9</b>
2.1	Umgebung der Anlage .....	9
2.2	Bauplanungsrechtliche Ausweisung des Standortes .....	10
2.3	Schutzwürdige Objekte im Sinne des § 50 Satz 1 BImSchG .....	10
2.4	Schutzgebiete/ Biotope .....	12
2.5	Wetterlage .....	13
<b>3</b>	<b>BETRIEBSBEREICH .....</b>	<b>15</b>
3.1	Allgemeine Beschreibung .....	15
3.2	Darstellung des Genehmigungsbestands.....	18
3.3	Gefährliche Stoffe nach Anhang I der 12. BImSchV.....	18
3.3.1	Stoffeigenschaften Biogas.....	19
3.3.2	Beurteilungswerte .....	24
<b>4</b>	<b>ERMITTLUNG DES ACHTUNGSABSTANDES.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>ERMITTLUNG DES ANGEMESSENEN SICHERHEITSABSTANDES .....</b>	<b>27</b>
5.1	Vorgaben der Abstandsermittlung nach KAS-18 i. V. mit KAS-32.....	27
5.2	Auswahl der Szenarien.....	28
5.3	Randbedingungen .....	29
5.4	Ausbreitungsberechnung zur Gasfreisetzung.....	32
5.4.1	Toxische Gefährdung .....	34
5.4.2	Explosionsgefährdung.....	37
5.5	Ermittlung des angemessenen Abstandes Szenario 2 .....	38
5.5.1	Explosionsdruck .....	39
5.5.2	Wärmestrahlung .....	41
<b>6</b>	<b>AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>47</b>

0.2 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:	LAGE DES BETRIEBSBEREICHES BGA KANTOW.....	5
ABBILDUNG 2:	AUSSCHNITT FNP GEMEINDE WUSTERHAUSEN/ DOSSE (PLANTEIL OT KANTOW) .....	10
ABBILDUNG 3:	ABSTAND BETRIEBSBEREICH ZUR WOHNNUTZUNG .....	12
ABBILDUNG 4:	WINDROSE DER WETTERSTATION KYRITZ.....	13
ABBILDUNG 5:	PROZESSFLIEßBILD DER BGA KANTOW .....	15

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 4 -

ABBILDUNG 6:	BIOGASANLAGE KANTOW .....	17
ABBILDUNG 7:	STOFFDATEN VON BIOGAS .....	19
ABBILDUNG 8:	H <sub>2</sub> S-KONZENTRATION BEI DER FREISETZUNG VON 18,6 KG/S BIOGAS .....	25
ABBILDUNG 9:	ERMITTLUNG ACHTUNGSABSTAND EXPLOSIONSFÄHIGE ATMOSPHERE .....	26
ABBILDUNG 10:	ERMITTLUNG GASFÖRMIGE FREISETZUNG AUS LECKFLÄCHE 1,0 M <sup>2</sup> .....	33
ABBILDUNG 11:	ERMITTLUNG GASFÖRMIGE FREISETZUNG AUS LECKFLÄCHE 0,6 M <sup>2</sup> .....	33
ABBILDUNG 12:	GÄRRESTSPEICHER 1 - BERECHNUNG FREISETZUNG BIOGAS .....	35
ABBILDUNG 13:	GÄRRESTSPEICHER 2 - BERECHNUNG FREISETZUNG BIOGAS .....	35
ABBILDUNG 14:	GÄRRESTSPEICHER 1 - H <sub>2</sub> S-KONZENTRATION .....	36
ABBILDUNG 15:	GÄRRESTSPEICHER 2 - H <sub>2</sub> S-KONZENTRATION .....	36
ABBILDUNG 16:	GÄRRESTSPEICHER 1 - CH <sub>4</sub> -KONZENTRATION .....	37
ABBILDUNG 17:	GÄRRESTSPEICHER 2 - CH <sub>4</sub> -KONZENTRATION .....	38
ABBILDUNG 18:	GÄRRESTSPEICHER 1 - EXPLOSIONSÜBERDRUCK IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG .....	40
ABBILDUNG 19:	GÄRRESTSPEICHER 2 - EXPLOSIONSÜBERDRUCK IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG .....	40
ABBILDUNG 20:	GÄRRESTSPEICHER 1 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE EINER FREISTRAHLFLAMME .....	42
ABBILDUNG 21:	GÄRRESTSPEICHER 2 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE EINER FREISTRAHLFLAMME .....	43
ABBILDUNG 22:	GÄRRESTSPEICHER 1 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE DES ABBRANDES EINER GASWOLKE ....	43
ABBILDUNG 23:	GÄRRESTSPEICHER 2 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE DES ABBRANDES EINER GASWOLKE ....	44

### 0.3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1:	ANGABEN ZUM ANLAGENSTANDORT .....	9
TABELLE 2:	GASSPEICHERVOLUMINA BGA KANTOW .....	19
TABELLE 3:	STICKSTOFF- UND SCHWEFELGEHALT DER INPUTSTOFFE .....	22
TABELLE 4:	AEGL- WERTE UND ERPG-2-WERTE .....	24
TABELLE 5:	BEURTEILUNGSWERT FÜR EXPLOSIONSDRUCK .....	41
TABELLE 6:	PERSONENSCHÄDEN .....	41
TABELLE 7:	SCHÄDEN AN GLASSCHEIBEN .....	41
TABELLE 8:	BEURTEILUNGSWERT FÜR WÄRMESTRAHLUNG .....	41
TABELLE 9:	WÄRMESTRAHLUNG - ABSTAND BEI FREISTRAHLFLAMME UND GASWOLKENABBRAND .....	44

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 5 -

## 1 Einleitung

### 1.1 Veranlassung

Die energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH betreibt am Standort Kantow eine immissionsrechtlich genehmigte Biogasanlage (BGA). Die Biogasanlage liegt nördlich des Ortes Kantow. Im Rahmen der geplanten Änderung der BGA Kantow soll u. a. die Erhöhung des Gasspeichervolumens auf dem Fermenter (um ca. 2.700 m<sup>3</sup>) und die Umnutzung des Oberflächenwasserbehälters zum zweiten gasdichten Gärrestspeicher erfolgen. Infolge der Erhöhung des Gasspeichervolumens erhöht sich die max. vorhandene Menge an Biogas innerhalb der BGA Kantow. Durch das Vorhaben wird erstmalig die Mengenschwelle zur unteren Klasse überschritten, sodass die BGA Kantow zukünftig einen Betriebsbereich darstellt.

Durch die geplante Erweiterung der Gasspeicherung unterliegt der neue Betriebsbereich mit einer max. Menge an Biogas von 21.438 kg zukünftig den Grundpflichten der Störfallverordnung und überschreitet die Mengenschwelle der unteren Klasse in Höhe von 10.000 kg (für Kategorie 1.2.2, P2 Entzündbare Gase). Im Rahmen der geplanten Anlagenerweiterung wird deshalb ein Gutachten zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes erstellt, welches durch einen Sachverständigen nach § 29b BImSchG bearbeitet wird.

Auf Grund der Einstufung als Betriebsbereich der 12. BImSchV ergeben sich folgende Aspekte:

- für die Anlage ist ein Achtungsabstand im Sinne der KAS-18 festzulegen,
- innerhalb dieses Achtungsabstandes ist kein schutzwürdiges Objekt im Sinne des § 50 BImSchG gelegen (Wohnnutzung zwar vorhanden, jedoch kleiner 5.000 m<sup>2</sup> Bruttofläche und damit kein Schutzobjekt),
- unter Nutzung der Detailkenntnisse zum geplanten Vorhaben und der vorhandenen Anlagentechnik wird der angemessene Sicherheitsabstand ermittelt,
- auf Basis des ermittelten angemessenen Sicherheitsabstandes wird dann geprüft, ob das schutzwürdige Objekt innerhalb dieses Abstandes gelegen ist bzw. ob andere Auswirkungen auf die Nachbarbebauung gegeben sind.

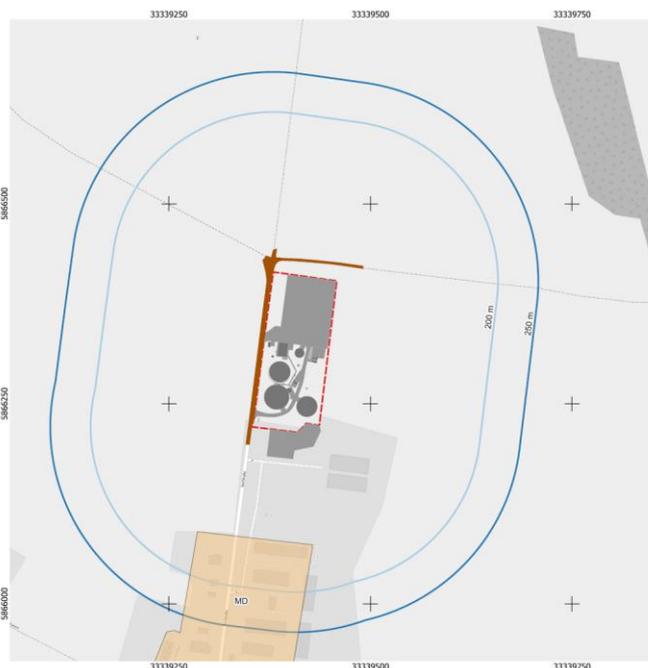


ABBILDUNG 1: LAGE DES BETRIEBSBEREICHES BGA KANTOW

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 6 -

Die Richtlinie 96/82/EG des Rates zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen („Seveso-II-Richtlinie“) fordert mit ihrem Artikel 12, dass zwischen Betrieben, die unter den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen, und schutzbedürftigen Gebieten „angemessene Abstände“ langfristig gewahrt bleiben mit dem Ziel, schwere Unfälle zu verhüten und ihre Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu begrenzen. Dieses Schutzziel findet sich auch im Artikel 13 der „Seveso-III-Richtlinie“ und wird im deutschen Recht im Wesentlichen durch § 50 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) umgesetzt.

Als Arbeitshilfe für die Umsetzung dieser Forderung hat die Kommission für Anlagensicherheit (KAS) den Leitfaden KAS-18 verabschiedet. Dieser Leitfaden schlägt Abstände für Planungen vor und unterscheidet dabei zwischen Abstandsempfehlungen

- ohne Detailkenntnisse über das den jeweiligen Stoff betreffende Szenario und
- mit Detailkenntnissen über den Betriebsbereich und sein Umfeld.

Grundsätzlich wird mit dem Leitfaden empfohlen, für die Ermittlung von Abständen eines Betriebsbereiches zu schützenswerten Objekten eine konkrete Einzelfallbetrachtung vorzunehmen, wenn die dazu erforderlichen Daten vorhanden sind. Davon ausgehend können dann Annahmen für hypothetische Störfälle getroffen sowie deren Auswirkungen berechnet und beschrieben werden. Diese Herangehensweise wird in KAS-18 als „Planung mit Detailkenntnissen“, die damit ermittelten Abstände werden als „angemessene Abstände“ bezeichnet (Hinweis: mittlerweile übliche Bezeichnung „angemessener Sicherheitsabstand“).

Für den Fall, dass keine belastbaren Detailkenntnisse vorliegen, beschreibt der Leitfaden KAS-18 als Alternative die Festlegung von „Achtungsabständen“. Diese werden dort stoffbezogen mit Anhang 1 konkretisiert.

## 1.2 Aufgabenstellung/ Hinweise

Die energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH betreibt am Standort Kantow eine Biogasanlage. Diese Biogasanlage unterliegt derzeit nicht der Störfallverordnung.

Aufgrund der geplanten Erhöhung des Gasspeichervolumens des Fermenters sowie der Umnutzung des Oberflächenwasserbehälters zum zweiten gasdichten Gärrestspeicher erhöht sich die max. vorhandene Menge an Biogas auf 21.438 kg, sodass die BGA erstmalig einen Betriebsbereich der unteren Klasse darstellt und somit den Grundpflichten der Störfall-Verordnung unterliegt (Überschreitung Mengenschwelle der unteren Klasse in Höhe von 10.000 kg für Kategorie 1.2.2, P2 Entzündbare Gase).

Auf Grund der geplanten wesentlichen Änderung der Biogasanlage (hier im Rahmen des Antrages nach § 16 BImSchG bzw. auch dem aktuellen B-Plan-Verfahren) wird eine gutachterliche Stellungnahme erarbeitet, in der der angemessene Sicherheitsabstand im Sinne des § 50 BImSchG nach den Vorgaben des Leitfadens KAS-18 ermittelt wird. Zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes für Biogas wird die Arbeitshilfe KAS-32 genutzt, welche konkrete Hinweise zur Ermittlung des Achtungsabstandes sowie angemessenen Sicherheitsabstandes für Biogasanlagen enthält (Hinweis: im Rahmen der KAS-18 sowie KAS-32 wird noch die Bezeichnung „angemessenem Abstand“ verwendet).

Basierend auf dem Ergebnis des angemessenen Sicherheitsabstandes wird betrachtet, ob sich benachbarte schutzbedürftige Gebiete i. S. d. § 50 BImSchG innerhalb dieses Abstandes befinden und ggf. die Auswirkungen auf diese Gebiete bewertet. Dabei wird insbesondere das südlich gelegene Dorfgebiet der Ortslage Kantow berücksichtigt.

Das Ziel dieses Gutachtens ist die Auswirkungen des Betriebsbereiches durch schwere Unfälle auf schutzbedürftige Gebiete i. S. d. § 50 Satz 1 BImSchG zu betrachten und den ausreichenden Abstand zu prüfen. Bei Einhaltung oder Überschreitung des angemessenen Sicherheitsabstandes kann davon ausgegangen werden, dass hinreichend Vorsorge getroffen wurde, um die Auswirkungen von schweren Unfällen so weit wie möglich zu begrenzen, und dem planerischen Schutzziel nach § 50 BImSchG entsprochen wird.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 7 -

An dieser Stelle wird explizit darauf hingewiesen, dass die Behälter zwar untereinander absperrenbar sind, aber unter Umständen die Absperreinrichtungen im Störfall nicht erreichbar sind. Aus dem Grund wurde nach dem vollständigen Entleeren des größten Gasspeichers ein Nachströmen von Biogas aus dem benachbarten Behälter betrachtet. Siehe hierzu recht detaillierte Ausführungen im Abschnitt 5.3.

Ein Dominoeffekt beschreibt die gegenseitigen Auswirkungen zwischen mehreren Betriebsbereichen, die vorliegend nicht gegeben sind. Es handelt sich um einen Betriebsbereich, in dessen Nachbarschaft keine anderen Betriebsbereiche bekannt sind. Zudem liegt die Beurteilung des Dominoeffektes im Zuständigkeitsbereich der Behörde, die dies gegenüber den Betreibern festzustellen hat.

Das Nachströmen von Biogas aus einem benachbarten Behälter stellt keine Erhöhung des Gefahrenpotentials dar, da dieses Nachströmen geringere Volumenströme als die ermittelte Freisetzungsmenge aufweist. Sollte durch den mehrfachen nachteiligen Umstand von Riss der Folie mit Freisetzung von Biogas dann auch noch eine ursachenunabhängige Zündung erfolgen (Gegenstand des vorliegenden Gutachtens), und hierdurch ein benachbarter Gasspeicher nachfolgend beschädigt werden, sind dies zwei unmittelbar **nacheinander** ablaufende Szenarien, die auf Grund der Berücksichtigung des größten Behältervolumens nicht zu größeren angemessenen Sicherheitsabständen führen, da konservativ der ermittelte Abstand um alle Behälter mit Gasspeicher festgelegt wird. Die bereits berücksichtigte freigesetzte Menge ist schon wesentlich mehr Masse, als praktisch auftreten kann. Hierfür wird nochmals explizit auf die ausführlichen Beschreibungen im Abschnitt 5.3 verwiesen, die dies recht deutlich machen sollten.

Ein Wert der Wärmestrahlung von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  bezieht sich auf eine Einwirkzeit durch einen Dauerbrand über einen längeren Zeitraum. Innerhalb des nachfolgenden Gutachtens wird ausführlich beschrieben, dass der Abbrand der extern gezündeten Gaswolke bereits nach wenigen Sekunden erfolgt ist. Dem Ansatz von lediglich  $1,6 \text{ kW/m}^2$  als Schmerzgrenze für einen Dauerbrand kann deshalb analog einer Vielzahl von Gutachten nach KAS-18/32 durch den Sachverständigen nicht gefolgt werden. Vorliegend wird deshalb auf den Sachverständigenkonsens von 2 bzw. 4 Sekunden Einwirkdauer des Abbrandes abgestellt, da niemals ein Dauerbrand der komplett freigesetzten großen Biogasmenge erfolgen kann (die freigesetzte Menge an Biogas brennt sofort in 1 bis 2 Sekunden ab).

Zusätzlich wird angemerkt, dass weder innerhalb der KAS-18 noch der KAS-32 vorgeschrieben ist, dass für Biogas und dem dortigen Abbrand der Gaswolke eine Bestrahlungsstärke von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  anzusetzen ist, sondern vielmehr wird hier empfohlen, dass dieser Wert verwendet werden kann, wobei immer auf einen Dauerbrand abgestellt wird. Innerhalb der Tabelle 9 im Anhang 4 des KAS-18 werden die hier verwendeten Werte für die hier zutreffenden Bestrahlungsstärken explizit dargestellt (2 bzw. 4 Sekunden mit  $11,7$  bzw.  $19,9 \text{ kW/m}^2$ ).

Sollte ein Dauerbrand für Biogas betrachten werden müssen, kann dieser nur unmittelbar am Behälter mit deutlich geringeren Massen an Abbrand erfolgen, als der hier nachfolgend betrachtete Abbrand der kompletten freigesetzten Gaswolke. Dies wiederum würde zu geringeren Abständen führen.

### 1.3 Grundlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurden folgende Gesetze, Leitfäden sowie Unterlagen verwendet:

- [1] BImSchG: Bundes-Immissionsschutzgesetz, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) und deren Verordnungen, insbesondere 12. BImSchV - Störfall-Verordnung, Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
- [2] VDI 3783 Blatt 1 - Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzung - Sicherheitsanalyse

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 8 -

- [3] VDI 3783 Blatt 2 - Umweltmeteorologie; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase; Sicherheitsanalyse
- [4] Kommission für Anlagensicherheit, KAS-18 - Leitfaden Empfehlung für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG, 2. überarbeitete Fassung, November 2010
- [5] Kommission für Anlagensicherheit, KAS-32- Arbeitshilfe, Szenarienspezifische Fragestellung zum Leitfaden KAS-18, 2. überarbeitete Fassung, November 2015
- [6] Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes, Herausgeber: LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz, Stand Juni 2018
- [7] Bedienungsanleitung zum Programm zur Numerischen Störfallsimulation ProNuSs 9 (**hier Version 9.47 verwendet**), Dr.-Ing. Bernd Schalau, 24.05.2024
- [8] GESTIS-Stoffdatenbank - Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsmedizin, online
- [9] Ermittlung der störfallrelevanten Masse Biogas, Fa. Ingenieure SHN GmbH, Stand 16.11.2023
- [10] Richtwertsammlung Düngerecht, abgestimmt mit den Ländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen - gültig für Brandenburg -, Ausgabe 2020
- [11] Hinweise und Definitionen zum „angemessenen Sicherheitsabstand“ nach § 3 Absatz 5c BImSchG, UMK-Umlaufbeschlüsse 51/2022, LAI Beschluss TOP 10.1 146. LAI, Fassung vom 13.09.2022
- [12] Habib, A. K., Kluge, M.: Ausflussziffer und Brandverhalten von Rissen in der Folienabdeckung von Biogasanlagen in Technische Sicherheit Bd. 9 (2019), Nr. 07/08

#### 1.4 Mitarbeiter/ Mitwirkung

Durch die energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH, welches der Betreiber der BGA ist, wurden alle relevanten Planungsunterlagen sowie Bestandsunterlagen übergeben. Seitens des Gutachters bzw. der Firma Ingenieure SHN GmbH wurde das vorliegende Gutachten durch Herrn Dipl.-Ing (FH) Denny Jonies, M. Sc. (Bekannt gegebener Sachverständiger nach § 29 b BImSchG für Explosionsschutz und Brandschutz - Biogasanlagen) bearbeitet. Zuarbeiten erfolgten in der Ursprungsfassung durch Frau Dipl.-Ing. Verena Borrmann. Ortsbesichtigungen erfolgten aktuell nicht.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 9 -

## 2 Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereiches

### 2.1 Umgebung der Anlage

Der Standort der BGA Kantow befindet sich nördlich des Ortsteils Kantow, welcher zur Gemeinde Wusterhausen/ Dosse (Landkreis Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg) gehört. Die verwaltungsmäßige Einordnung des Standortes ist in Tabelle 1 dargestellt.

TABELLE 1: ANGABEN ZUM ANLAGENSTANDORT

Einordnung	Verwaltungsbereich
Bundesland	Brandenburg
Landkreis	Ostprignitz-Ruppin
Gemeinde	Wusterhaus/ Dosse
Adresse	Dorfstraße Kantow
Gemarkung/ Flur	Kantow/ 001
Flurstücke	264 und 266
Höhenlage	ca. 48-50 m ü. DHHN
ETRS89/UTM33	
Ostwert (Mitte GRL 1)	Nordwert
330 339 285	58 66 260

Der Standort liegt in einem sehr ländlich ausgeprägten Umfeld. Die Umgebung des Standortes wird durch landwirtschaftlich genutzte Flächen gekennzeichnet. Im Süden grenzt das Dorfgebiet Kantow mit landwirtschaftlichen Betrieben und Wohnnutzungen an. Die nächstgelegenen Wohnbebauungen des Ortsteils Kantow befinden sich in einem Abstand von ca. 135 m zum Betriebsgelände.

Entsprechend der „Hinweise und Definitionen zum „angemessenen Sicherheitsabstand“ nach § 3 Absatz 5c BImSchG (Stand 13.09.2022)“ wird das Schutzobjekt „ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG“ wie folgt definiert:

- *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.*

Vorliegend bedeutet dies, dass die einzelnen Wohnnutzungen innerhalb des Achtungsabstandes nur dann als Schutzobjekt zu betrachten sind, wenn diese Wohnnutzungen über mind. 5.000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche ausgedehnt sind. Ausgehend von üblichen Wohneinheiten mit 90 m<sup>2</sup> bis max. 150 m<sup>2</sup> müssten somit mehr als 30 Wohnnutzungen innerhalb des Achtungsabstandes liegen, dass diese als Schutzobjekt im nach § 3 Abs. 5d BImSchG zu bewerten sind. Nach gutachterlicher Abschätzung weißt die gesamte Ortslage Kantow ungefähr diese 5.000 m<sup>2</sup> auf, wobei lediglich zwei Wohnnutzungen (ca. 300 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche) davon auch innerhalb des Achtungsabstandes gelegen sind.

Somit wären die Wohnnutzungen der Ortslage nicht als Schutzobjekt nach § 3 Absatz 5c BImSchG zu betrachten. Ungeachtet dessen erfolgt die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 10 -

## 2.2 Bauplanungsrechtliche Ausweisung des Standortes

Für den Standort der Biogasanlage „BGA Kantow“ liegt der Bebauungsplan „Bioenergiepark Kantow“ (Stand: 01/2009) der Gemeinde Wusterhausen/ Dosse vor. Im vorliegenden Bebauungsplan ist der Standort als sonstiges Sondergebiet „Bioenergie“ gemäß § 11 Abs. 2 BauNVO ausgewiesen. Derzeit erfolgt die 1. Änderung des Bebauungsplanes „Bioenergiepark Kantow“. Mit der Planänderung wird der Standort u. a. als Sondergebiet Biogas festgesetzt.

In der Abbildung 2 ist das Sondergebiet Biogas innerhalb eines Ausschnittes des Flächennutzungsplanes der Gemeinde Wusterhausen/ Dosse dargestellt.

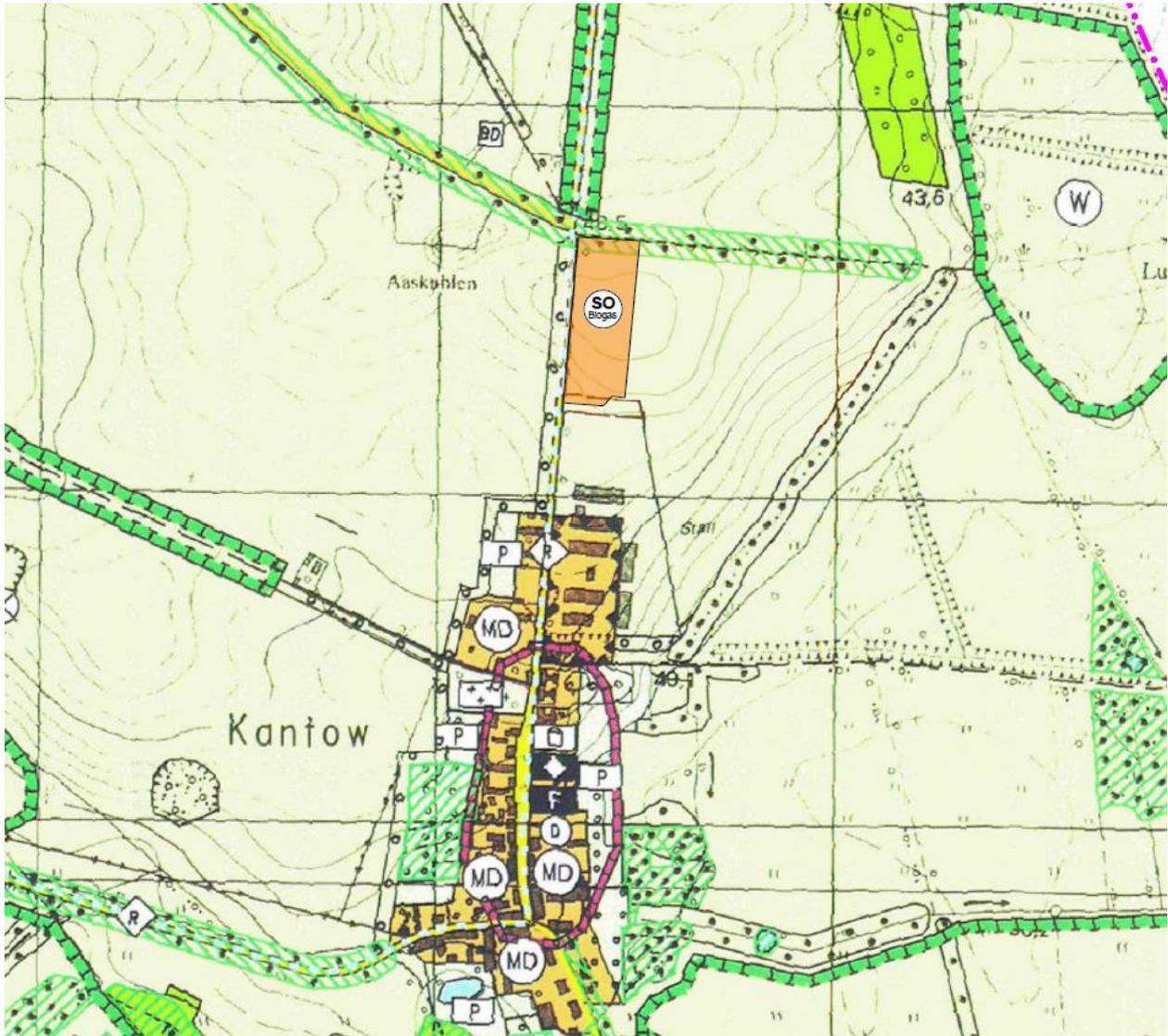


ABBILDUNG 2: AUSSCHNITT FNP GEMEINDE WUSTERHAUSEN/ DOSSE (PLANTEIL OT KANTOW)

## 2.3 Schutzwürdige Objekte im Sinne des § 50 Satz 1 BImSchG

Als schutzwürdige Gebiete im Sinne des § 50 Satz 1 BImSchG werden nach Leitfaden KAS-18 folgende Bereiche eingestuft:

- Baugebiete im Sinne der BauNVO, mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, wie Reine Wohngebiete (WR), Allgemeine Wohngebiete (WA), Besondere Wohngebiete (WB), Dorfgebiete (MD), Mischgebiete (MI) und Kerngebiete (MK), Sondergebiete (SO),

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 11 -

sofern der Wohnanteil oder die öffentliche Nutzung überwiegt, wie zum Beispiel Campingplätze, Gebiete für großflächigen Einzelhandel, Messen, Schulen/Hochschulen und Kliniken.

- Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie
  - Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, wie zum Beispiel Schulen, Kindergärten, Altenheime, Krankenhäuser,
  - öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, zum Beispiel Einkaufszentren, Hotels, Parkanlagen. Hierzu gehören auch Verwaltungsgebäude, wenn diese nicht nur gelegentlich Besucher (zum Beispiel 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.
- Wichtige Verkehrswege zum Beispiel Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen, ICE-Trassen. Was wichtige Verkehrswege sind, hängt letztendlich von deren Frequentierung ab.
- Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete sind:
  - Natura 2000-Gebiete gemäß §§ 31, 32 BNatSchG,
  - Naturschutzgebiet gemäß § 23 BNatSchG,
  - Nationalparke und nationale Naturmonumente gemäß § 24 BNatSchG und
  - Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten gemäß § 25 BNatSchG sowie
  - gesetzlich geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG, sofern ihre Fläche mehr als 1.000 m<sup>2</sup> beträgt.

**Die Abstandsempfehlungen des Leitfadens KAS-18 „beziehen sich nur auf den Menschen bzw. dessen Leben und körperliche Unversehrtheit als zu schützende Rechtsgüter“.**

Auf Grund dessen wird der angemessene Abstand in diesem Gutachten auf schutzbedürftige Gebiete i. S. d. § 50 Satz 1 BImSchG mit dem Schutzziel „Mensch“ als Voraussetzung ermittelt.

Hinsichtlich der Ermittlung von benachbarten schutzbedürftigen Gebieten i. S. d. § 50 BImSchG wurde auf die Informationen der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)<sup>1</sup> zurückgegriffen, hier Brandenburg Viewer.

Das nächstgelegene schutzbedürftige Objekt, das vorliegend trotz Auslegungshinweise des LAI betrachtet wird, ist innerhalb des Umkreises von 250 m (Abstandsklasse 1) um den Betriebsbereich „BGA Kantow“:

- Wohnnutzung nördliche Ortslage Kantow (hier nur zwei Wohnnutzungen der Dorfstraße 1 und 3, zusammen << 5.000 m<sup>2</sup>, Dorfgebiet § 5 BauNVO).

Der Abstand von 250 m stellt dabei den Achtungsabstand von Biogasanlagen dar, die eine Befestigung der Gasspeicher mittels Klemmschlauch aufweisen (bei Klemmschiene nur 200 m, hier vorhandener Gärrestspeicher 1 mit Klemmschlauch nächstes sicherheitsrelevantes Anlagenteil in Richtung Wohnnutzung):

- Fermenter: neu Klemmschiene
- Gärrestspeicher 1 (Bestandsbehälter, wird nicht geändert): Klemmschlauch
- Gärrestspeicher 2: neu Klemmschiene

<sup>1</sup> <https://bb-viewer.geobasis-bb.de/#>

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 12 -

Das genannte Schutzobjekt ist südlich in einer Entfernung von ca. 135 m vom Betriebsbereich gelegen (kürzeste Entfernung zwischen südlicher Werks-/ Flurstücksgrenze des Betriebsbereiches und der Flurstücksgrenze der nördlichen Wohnnutzung, sodass der minimale Abstand angenommen wurde). Der Betriebsbereich (rot gekennzeichnet) und der Abstand Wohnnutzung sind in der Abbildung 3 dargestellt. Die kürzeste Entfernung zwischen einem sicherheitsrelevanten Anlagenteil (GRL 1) und der tatsächliche Wohnnutzung (Wohnhaus) beträgt mind. 190 m.



ABBILDUNG 3: ABSTAND BETRIEBSBEREICH ZUR WOHNUNGTUNG

Benachbarte Betriebsbereiche, die der unteren oder oberen Klasse der 12. BImSchV unterliegen, sind im vorliegenden Bereich nicht bekannt.

## 2.4 Schutzgebiete/ Biotope

Es befinden sich keine relevanten Schutzgebiete im direkten Umfeld, so dass aus den berechneten angemessenen Sicherheitsabständen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Schutzgüter abgeleitet werden können. In nordöstlicher Richtung in einer kürzesten Entfernung zur Anlage von ca. 540 m befindet sich das geschützte Biotop „Gebüsche nasser Standorte“.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 13 -

Maßgebliche Freisetzen von Schadstoffen im Störfall, die relevant für Schutzgebiete bzw. geschützten Biotope sein könnten, erfolgen nicht. Es ist kein Szenario bekannt, welches Einfluss auf diese Schutzgüter haben könnte. Die Schutzgebiete und die geschützten Biotope können durch die betrachteten Störfallszenarien nicht nachhaltig nachteilig beeinflusst werden.

Wasserrechtlich wäre max. die Freisetzung von Gärsubstrat/ Gärrest zu nennen, dem jedoch durch die Umwallung der Anlage begegnet wird.

## 2.5 Wetterlage

Im Bereich der hier betrachteten Anlage kann als vorherrschende Wetterlage ein West-/ Südwestwind mittlerer Windgeschwindigkeiten angenommen werden. In bestimmten Zeiten des Jahres ist jedoch ein Ost-Wind und südliche Komponenten nicht auszuschließen. Eine Wetterstation ist nicht unmittelbar am Standort vorhanden, jedoch ca. 15 km westlich befindet sich die Wetterstation Kyritz (DWD: 2794). Nachfolgend ist die Windrichtungsverteilung am Standort Kyritz dargestellt.

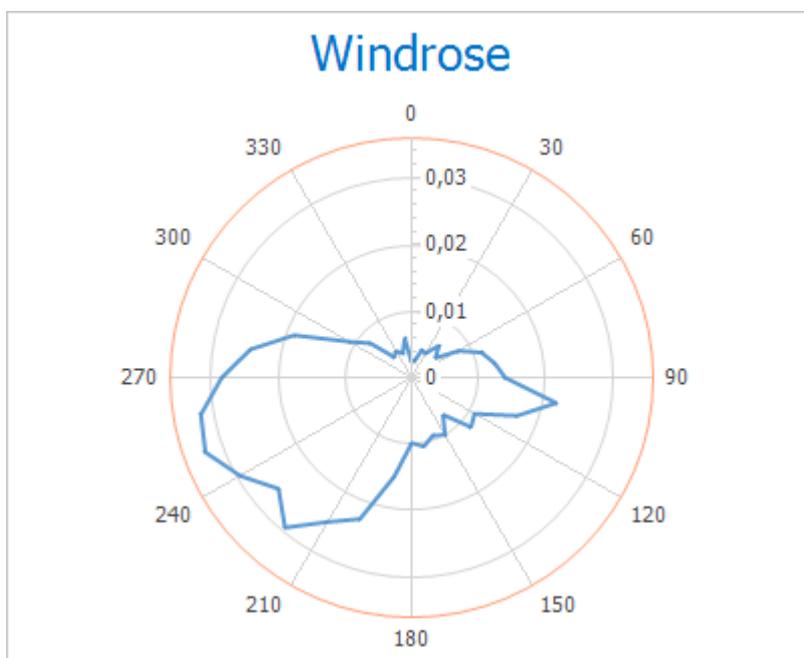


ABBILDUNG 4: WINDROSE DER WETTERSTATION KYRITZ

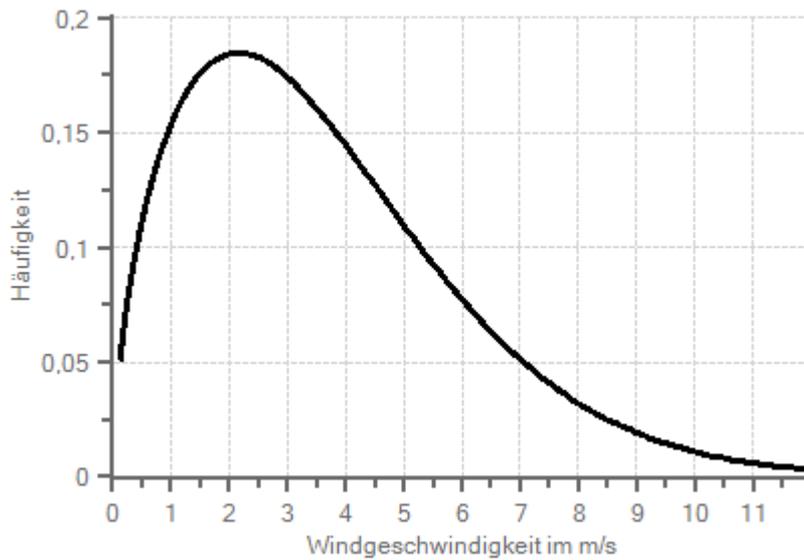
Zur Ermittlung der mittleren Windgeschwindigkeit der häufigsten Windgeschwindigkeitsklassen wurde das innerhalb des Programms ProNuSs 9 implementierte Tool basierend auf den Wetterdaten des DWD von 1981 bis 2000 zurückgegriffen.

Unter Angabe des konkreten Standortes mit den WGS84- Koordinaten (Länge: 52.92190°(N), Breite: 12.61143°(E)) wurde eine mittlere Windgeschwindigkeit im Bereich der häufigsten Windgeschwindigkeitsklasse von 3,8 m/s ermittelt. Die häufigste Windgeschwindigkeit ist hierbei 2,2 m/s.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 14 -

mittlere Windgeschwindigkeit DWD 1981-2000	Windgeschwindigkeit berechnen
World Geodetic System 1984 <input checked="" type="checkbox"/> WGS84 Breitengrad: <input type="text" value="52.92190"/> ° (Nord) Längengrad: <input type="text" value="12.61143"/> ° (Ost)	mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]: 3,8 häufigste Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]: 2,2 Rechtswert: 5339499 Hochwert: 5868151



Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 15 -

### 3 Betriebsbereich

#### 3.1 Allgemeine Beschreibung

In der Biogasanlage Kantow findet das biologische Vergärungsverfahren mit dem Ziel der Biogas-erzeugung statt. Dabei werden nachwachsende Rohstoffe (z. B. Maissilage, Getreide) und Puten- und Rinderfestmist unter anaeroben Bedingungen und im thermophilen Temperaturbereich vergoren und Biogas erzeugt. Anschließend wird das Biogas innerhalb der BHKW-Module zu elektrischer und thermischer Energie umgewandelt. Die elektrische Energie wird am Standort zur Deckung des Eigenstrombedarfs und zur flexiblen Stromvermarktung eingesetzt. Die thermische Energie wird zur Beheizung des Fermenters verwendet.

Zukünftig soll die Menge des Inputs ca. 11.220 t/a betragen, wobei diese Inputmenge bereits seit der positiv beschiedenen Anzeige nach § 15 BImSchG so betrieben wird. Die Art der Inputstoffe setzt sich aus ca. 1/3 Wirtschaftsdünger und 2/3 nachwachsenden Rohstoffen zusammen.

Der Betriebsbereich „BGA Kantow“ besteht aus diesen Anlagenbereichen:

- Biogasanlage (Einstufung in Nr. 8.6.3.2 (V) des Anhangs 1 der 4. BImSchV)
- Biogasverwertung (Einstufung in Nr. 1.2.2.2 (V) des Anhangs 1 der 4. BImSchV)
- Gärrestspeicherung (Einstufung in Nr. 9.36 (V) des Anhangs 1 der 4. BImSchV)

Die Biogasanlage besteht aus folgenden Betriebseinheiten:

- Betriebseinheit 1 - Annahme, Pufferung und Substratzufuhr,
- Betriebseinheit 2 - Fermentation,
- Betriebseinheit 3 - Kondensatstrecke,
- Betriebseinheit 4 - Gärrestspeicherung,
- Betriebseinheit 5 - Biogasverwertung,
- Betriebseinheit 6 - Horizontalsilo und
- Betriebseinheit 7 - sonstige Anlagen

Der Prozess ist in der Abbildung 5 dargestellt.

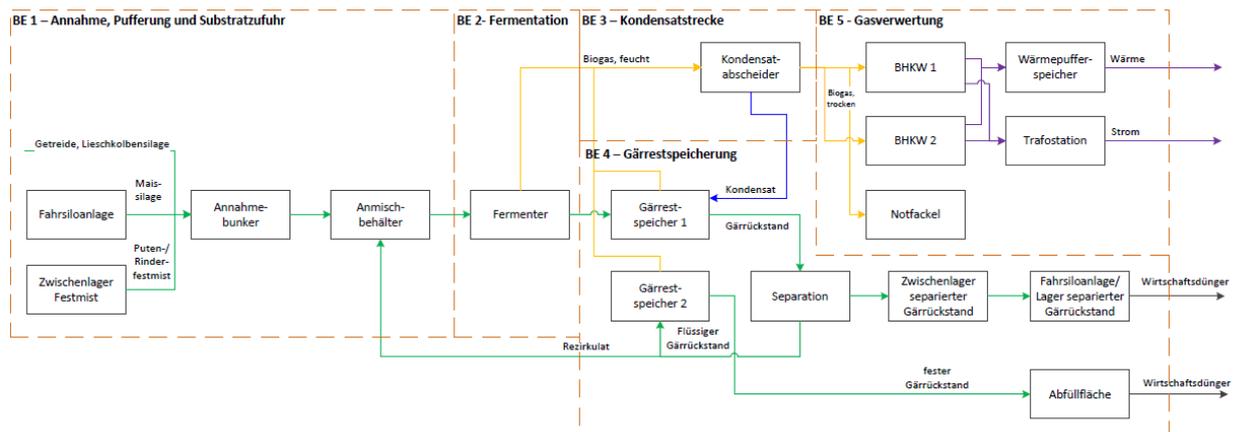


ABBILDUNG 5: PROZESSFLIEßBILD DER BGA KANTOW

Die Biogasbildung innerhalb der Biogasanlage Kantow basiert auf dem Trockenfermentationsprozess, d. h. es werden ausschließlich feste Inputstoffe wie Silagen und Festmiste als Gärsubstrat eingesetzt.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 16 -

### BE 1 - Annahme, Pufferung und Substratzufuhr

Innerhalb dieser Betriebseinheit werden die zu vergärenden Stoffe angenommen. Die Annahme der Maissilage, Getreide sowie Lieschkolbensilage erfolgt über den am Technikgebäude befindlichen Feststoffannahmehunker. Die Annahme des Puten- und Rinderfestmistes erfolgt über den am Fermenter angeordneten Feststoffeintrag. Die Einsatzstoffe werden mittels landwirtschaftlicher Transportfahrzeuge kontinuierlich zur Biogasanlage geliefert.

Aus dem Rezirkulationsschacht wird Rezirkulat in den Anmischbehälter gepumpt und mit den Gärsubstrat vermischt, wodurch die Pumpfähigkeit des Gärsubstrates erreicht wird.

Im Anmischbehälter wird das gesamte Gärsubstrat homogenisiert und anschließend mittels Pumpe füllstandsgesteuert dem Fermenter zugeführt.

### BE 2 - Fermentation

Im Fermenter findet der biologische Abbauprozess der Gärsubstrate mit dem Ziel der Biogasgewinnung statt. Der Fermenter hat ein Fassungsvermögen von 2.560 m<sup>3</sup><sub>Netto</sub>. Der Fermenter ist mit einem kugelförmigen Doppelmembrangasspeicher überdacht. Der Gasspeicher weist ein Gasspeichervolumen von 3.339 m<sup>3</sup> auf.

Zusätzlich zum Gärsubstrat können Eisenpräparate für die interne chemische Entschwefelung in die Feststoffdosierer aufgegeben werden. Durch die Zugabe von Eisen-Ionen (im Eisenhydroxid enthalten) in das Gärsubstrat werden Sulfid-Ionen, die mit Schwefelwasserstoff im Gleichgewicht stehen, sofort im Fermenter sowie den nachfolgenden Behältern gebunden und als Eisensulfide im Gärrückstand ausgefällt.

Hinsichtlich einer konkreten Ermittlung der zukünftigen Schwefelwasserstoffkonzentration innerhalb des Biogases wird auf Abschnitt 3.3.1.2 verwiesen.

Das Gärrest wird vom Fermenter zum Gärrestspeicher 1 gepumpt.

### BE 3 - Kondensatstrecke

Innerhalb der Gasstrecke wird die Feuchte aus dem Biogas mittels Kondensatabscheidung abgeschieden. Die Kondensatabscheidung erfolgt über die in mind. 1% Gefälle unterirdisch verlegten Rohrleitungen, wodurch die Temperatur des Biogases im Erdreich abgesenkt wird und die im Biogas enthaltene Feuchte auskondensiert. Das Kondensat wird innerhalb des Kondensatschachtes abgeschieden und von dort füllstandsgesteuert zum Gärrestspeicher 1 gepumpt.

Die Kondensatabscheidung findet zwischen der Gasabnahme aus den Gasspeichern und dem Verdichtungsprozess vor der Verwertung statt.

### BE 4 - Gärrestspeicherung

Das Ziel dieses Prozessabschnittes ist die Lagerung von ausgegorenem Wirtschaftsdünger innerhalb der beiden Gärrestspeicher.

Der ausgegorene Gärrest wird in den gasdichten Gärrestspeichern 1 und 2 gelagert. Das Fassungsvermögen des Gärrestspeichers 1 beträgt 3.892 m<sup>3</sup><sub>netto</sub> (abzgl. Freibord und Restfüllstand) und der Nutzinhalt im Gärrestspeicher 2 ist 2.741 m<sup>3</sup> (abzgl. Freibord).

Analog zum Fermenter befinden sich auf den Gärrestspeicher 1 und 2 je ein Doppelmembrangasspeicher zur Zwischenspeicherung des Biogases. Die Gasspeicher bestehen aus einer doppelten Folienabdeckung (Doppelmembran), d. h. aus einer wetterbeständigen Folie außen und einer biogasbeständigen Folie innen. Die Wetterschutzhaube besteht aus Polyester- Gewebe mit PVC-Beschichtung. Die Membran ist schwer entflammbar und UV-beständig. Die innere Gashaube besteht ebenfalls aus einem Polyester-Gewebe, das mit PVC beschichtet ist. Diese Membran ist ebenfalls schwer entflammbar und UV beständig.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 17 -

Der Gasspeicher auf dem Gärrestspeicher 1 weist ein Gasspeichervolumen von 1.904 m<sup>3</sup> auf und ist kegelförmig. Der Gasspeicher auf dem Gärrestspeicher 2 verfügt über ein Gasspeichervolumen von 3.448 m<sup>3</sup> und ist kugelabschnittsförmig.

Auf Grund des festen Inputs ist für die Prozessführung (hoher TS- Gehalt der Einsatzstoffe) eine entsprechende Kreislaufführung mit Rezirkulat (Dünnphase des Gärrestes) erforderlich. Auch um eine Pumpfähigkeit der Feststoffe zu schaffen, erfolgt eine Gärrückstandstrennung in Form einer Phasentrennung Fest-Flüssig. Die Flüssigphase wird komplett innerhalb geschlossener Rohrleitungen geführt und zum Wiedereinsatz in den Anmischbehälter oder direkt in den Gärrestspeicher 1 oder 2 geleitet. Der abgetrennte Feststoff fällt auf die vorgesehene Fläche/ Abwurfbox unterhalb der Separation und kann dort kurzzeitig zwischengelagert werden. Zusätzlich erfolgt die Lagerung abgedeckt innerhalb der vorgesehenen Freifläche im Fahrsilo.

#### BE 5 - Gasverwertung

Das erzeugte und im Gasspeicher zwischengelagerte Biogas wird in den beiden BHKWs verbrannt und zu nutzbarer elektrischer sowie zu thermischer Energie umgewandelt. Die thermische Energie wird zur Beheizung des Fermenters sowie für den Sozialcontainer und von der Holz Trocknung genutzt. Für den Bedarfsfall stehen Notkühler zur Verfügung, die für Dauerbetrieb und Sommerbetrieb ausgelegt sind. Die elektrische Energie kann vollständig an das öffentliche Netz abgegeben werden.

#### BE 6 - Horizontalsilo

Diese Betriebseinheit dient zur Aufnahme von Silage.

In Abbildung 6 ist die Biogasanlage mit den für die Ermittlung des angemessenen Abstandes relevanten Bestandteilen (hier: Fermenter sowie gasdichte Gärrestspeicher 1 und 2, jeweils mit Gasspeicher) abgebildet.



ABBILDUNG 6: BIOGASANLAGE KANTOW

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 18 -

Eine Abgrenzung des hier betreffenden und zu betrachtenden Betriebsbereiches lässt sich anhand der Flurstücksgrenzen eindeutig herleiten (Flurstücke 264 und 266 der Gemarkung Kantow). Die Abbildung 6 lässt erkennen, dass die baulichen Anlagen mit relevantem Störfallpotential im Sinne der größten Mengen an Biogas die zwei südlich angeordneten Gärrestspeicher sind. Der Fermenter (mit Gasspeicher) hat eine geringe Relevanz, da ein geringeres max. Biogasvolumen.

### 3.2 Darstellung des Genehmigungsbestands

Die Errichtung und der Betrieb der Biogasanlage Kantow inkl. Verbrennungsmotorenanlage wurde 2005 immissionsschutzrechtlich positiv genehmigt (LUA, AZ: 106848000006001041.00/05). Nach Genehmigungserteilung wurde die Anlage mehrfach unwesentlich geändert.

2018 wurde die Biogasanlage u. a. durch die Errichtung einer zusätzlichen Blockheizkraftwerkanlage, der Inputstoffe, eines gasdichten Doppelmembrandaches für den Gärrestspeicher 1 wesentlich geändert (LfU, AZ: 106848000006001051/19).

Der Betreiber energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH plant derzeit am Standort folgende wesentliche Änderungen der vorhandenen Biogaserzeugung:

- Erhöhung des Gasspeichervolumens auf dem Fermenter (von 639 m<sup>3</sup> auf 3.339 m<sup>3</sup>)
- Umnutzung des Oberflächenwasserbehälters zum gasdichten Gärrestspeicher 2  
 → Durch die Erhöhung des Gasspeichervolumens auf dem Fermenter und der Umnutzung des Oberflächenwasserbehälters ergibt sich die erstmalige Einordnung in den Betriebsbereich der untere Klasse.
- Aufstellung Harnstofftank für SCR-Kat beim BHKW 2 und Lageverschiebung BHKW 2
- geänderte Ausführung Wärmepufferspeicher, stehender Behälter (130 m<sup>3</sup> statt 95 m<sup>3</sup>) mit 2 Containern (Ausdehnungsgefäße)
- Verzicht auf den unterirdischen Löschwasserbehälter (100 m<sup>3</sup>)
- auf Grund der erfolgten Umstellung auf Trockenfermentation erfolgt die Umnutzung des Annahmebehälters zum Löschwasserbehälter
- Entfall Fermenterseparation, das Gebäude soll als Pumpengebäude genutzt werden
- Entfall des genehmigten 2. Feststoffdosierers

Im derzeitigen genehmigten Zustand unterliegt die Anlage zur Erzeugung von Biogas, bestehend aus einem Fermenter und einem gasdichten Gärrestspeicher nicht der Störfall-Verordnung.

Durch die geplante Erhöhung des Gasspeichers auf dem Fermenter sowie die Umnutzung des vorhandenen Oberflächenwasserbehälters zum zweiten gasdichten Gärrestspeicher wird die Mengenschwelle nach Spalte 4 der Nr. 1.2.2 der Stoffliste des Anhangs 1 der Störfallverordnung erstmals überschritten, sodass die Biogasanlage zukünftig mit einer Biogasmenge von 21.438 kg einen Betriebsbereich der unteren Klasse darstellt.

### 3.3 Gefährliche Stoffe nach Anhang I der 12. BImSchV

In der folgenden Übersicht sind die Mengen aufgeführt, die im Sinne eines Störfall Szenarios relevant sein können und einen sicherheitsrelevanten Anlagenbereich (SRA) darstellen bzw. in diesem vorhanden sind. Kleinere Mengen der Stoffe (hier: Rohrleitungen, Aktivkohlefilter), die offensichtlich nicht zu einer größeren Störfallrelevanz beitragen können, wurden *informativ* mit aufgeführt, so dass die Summe der Volumina und der Masse mit der angefügten Berechnung identisch ist.

Es wird ausschließlich das im Sinne der Störfallverordnung durch den Bestandteil Methan als entzündbares Gas eingestufte Biogas betrachtet (Nr. 1.2.2 des Anhangs 1 der 12. BImSchV). Für die Berechnung der störfallrelevanten Masse wird auf die bereits vorliegende Berechnung der störfallrelevanten Masse (UBA Version 1.3) zurückgegriffen.

Neben der nach Störfallrecht zu nutzenden Dichte von max. 1,3 kg/m<sup>3</sup> wird parallel die Gasdichte des betreffenden Biogases beim genutzten max. Methangehalt von 60% bei 20°C angegeben.

TABELLE 2: GASSPEICHERVOLUMINA BGA KANTOW

Behälter	Biogasvolumen	Masse Biogas 1,3 kg/m <sup>3</sup>	Masse Biogas 1,14 kg/m <sup>3</sup>
[-]	[m <sup>3</sup> ]	[kg]	[kg]
Rohrleitungen als Pauschalwert mit 2% der Gesamtanlage	323	419,9	368,2
Aktivkohlefilter, Nebenanlagen	10	13,0	11,4
Fermenter (Freibord 0,8 m)	407,92	530,3	465,0
Fermenter (Gasspeicher Kugelabschnitt, Klemmschiene)	3.339,07	4.340,8	3.806,5
Gärrest 1 (Restfüllstand 0,25 m)	4.189,96	5.446,9	4.776,6
Gärrest 1 (Gasspeicher Kreisegel, Klemmschlauch)	1.903,62	2.474,7	2.170,1
Gärrest 2 (Restfüllstand 0,25 m)	2.868,93	3.729,6	3.270,6
Gärrest 2 (Gasspeicher Kugelabschnitt, Klemmschiene)	3.448,06	4.482,5	3.930,8
<b>Summe</b>	<b>16.491</b>	<b>21.438</b>	<b>18.799</b>

### 3.3.1 Stoffeigenschaften Biogas

Bei der Biogasanlage der energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH setzt sich das Biogas aus einem Methangehalt von ca. 60 Vol.% und Kohlendioxid von 40 Vol.-% zusammen<sup>2</sup>. Die Stoffdaten des Biogases sind in Abbildung 7 dargestellt und wurden mit dem Programm ProNuSs ermittelt. Die Stoffdaten gelten für eine Temperatur von 20°C sowie für einen Überdruck von 5,0 mbar.<sup>3</sup>

Stoffdaten	
Ausgewähltes Gasgemisch: Biogas_60_39.95_500	CAS-Nr.: 999-999-999
Temperatur : 293.15 K / 20 °C	Überdruck: 0,005 bar / Absolutdruck: 1,018 bar
Flüssigkeitsdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	0,00
Gasdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	1,1412
Normdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	1,2152
Molare Masse (Flüssigphase) [g/mol]	0,0
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]	27,22
Wärmekapazität (Flüssigphase) [kJ/kgK]	0
Wärmekapazität (Gasphase) [kJ/kgK]	1,3279
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]	0
Realgasfaktor:	0,996
Isentropenexponent	1,299
spez. Gaskonstante [J/kg K]	305,44
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]	4,4
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]	16,5
Unterer Heizwert [MJ/kg]	30,198
krit. Temperatur [K]	236,05
krit. Druck abs [bar]	57,116
Siedetemperatur [°C]	-127,86
Schmelztemperatur [°C]	-140,87
kin. Viskosität (Flüssigphase) 10 <sup>-7</sup> [m <sup>2</sup> /s]	0
kin. Viskosität (Gasphase) 10 <sup>-7</sup> [m <sup>2</sup> /s]	115,78
dyn. Viskosität (Flüssigphase) 10 <sup>-6</sup> [Pa s]	0
dyn. Viskosität (Gasphase) 10 <sup>-6</sup> [Pa s]	13,21
Wärmeleitfähigkeit (Flüssigphase) 10 <sup>-3</sup> [W/m K]	0,0
Wärmeleitfähigkeit (Gasphase) 10 <sup>-3</sup> [W/m K]	25,57
Oberflächenspannung 10 <sup>-3</sup> [N/m]	0,0
max. Explosionsdruck [bar-abs]	0,0
KG-Wert [bar m/s]	0,0

ABBILDUNG 7: STOFFDATEN VON BIOGAS (CH<sub>4</sub>-GEHALT: 60%, CO<sub>2</sub>-GEHALT: 39,95%, H<sub>2</sub>S 500 PPM)

<sup>2</sup> Der Methangehalt liegt im Mittel bei 52 Vol.-%, wobei der untere Methangehalt bei 48 Vol.-% und der obere Methangehalt bei 57 Vol.-% liegt.

<sup>3</sup> Der Überdruck von 5,0 mbar stellt einen konservativen Ansatz dar. Die Überdrucksicherungen an den Gasspeichern lösen bei 3,5 mbar aus.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 20 -

### 3.3.1.1 Biogas - Explosionsgefährdung

Störfallrelevant wirkt im Fall Biogas vor allem die Fähigkeit zur Bildung von explosionsfähigen Gemischen mit der Umgebungsluft. Hauptverantwortlich dafür ist der Bestandteil Methan (CH<sub>4</sub>). Nachfolgend sind die relevanten Explosionsgrenzen von Methan dargestellt<sup>4</sup>:

UEG<sub>Methan</sub> (untere Explosionsgrenze) 4,4 Vol. %

OEG<sub>Methan</sub> (obere Explosionsgrenze) 17,0 Vol. %

Die untere und obere Explosionsgrenzen von Biogas mit der Zusammensetzung von 60 % CH<sub>4</sub> werden mit Hilfe der Berechnungsmethode der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM, Abteilung 2 „Chemische Sicherheitstechnik“) wie folgt ermittelt:

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

$$OEG_{Biogas} = \left(1 + \frac{x_{CO_2}}{x_{CH_4}}\right) \cdot OEG_{CH_4,CO_2} \quad (2)$$

Die beiden Werte für UEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub></sub> bzw. OEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub></sub> wurden für das vorliegende Methan- Kohlendioxid- Verhältnis aus dem Explosionsdreieck für Methan abgelesen.

Die relevanten Explosionsgrenzen von Biogas mit der Zusammensetzung von Methan mit 60 Vol. % sind:

UEG<sub>Biogas</sub> (untere Explosionsgrenze) = 7,7 Vol.-% (mit UEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub></sub> 4,6 Vol. %)

OEG<sub>Biogas</sub> (obere Explosionsgrenze) = 20,8 Vol.-% (mit OEG<sub>CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub></sub> 12,5 Vol. %)

Im Rahmen einer Freisetzung von Biogas kann sich dieses in größerem Maße ausbreiten und durch eine Zündquelle zu einer Explosion gebracht werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Ausbreitung im freien Raum zu keinem relevanten Druckaufbau führen kann (das Biogas wird mit max. 3,5 mbar Überdruck gelagert). Die Überdrucksicherungen an den vorhandenen und zukünftigen Gasspeichern sind auf einen Überdruck von 3,5 mbar eingestellt, jedoch wird konservativ mit einem Überdruck von 5 mbar nachfolgend gerechnet.

### 3.3.1.2 Biogas - Toxizität

Der innerhalb von Biogas in geringen Mengen vorkommende Schwefelwasserstoff hat für sich gesehen sehr giftige (akut toxische) Eigenschaften. Durch die hohe Dichte von Schwefelwasserstoff ( $\rho = 1,536 \text{ kg/m}^3$  unter Normalbedingungen) sammelt sich das Gas am Boden (in reiner Form), in Verbindung mit Methan und Kohlendioxid im Biogas neigt es eher nach oben zu steigen.

Schwefelwasserstoff betäubt die Geruchsrezeptoren, weshalb eine Erhöhung der Konzentration nicht mehr über den Geruch wahrgenommen wird. Der Schwellenwert für die Betäubung der Geruchsrezeptoren kann mit ca. 200 ppm angegeben werden. Hingegen hat dieser Geruch aber auch positive Eigenschaften, da dadurch dieses austretende Biogas wahrgenommen werden kann.

Wie bereits im Abschnitt 3.1 dargestellt, ist im vorliegenden Fall davon auszugehen, dass innerhalb des zwischengelagerten Biogases (vor allem in den Gasspeichern) max. 500 ppm ( $\approx 0,05 \%$ ) vorliegen. Dies begründet sich durch die interne chemische Entschwefelung mittels Eisenpräparate sowie die biologische Entschwefelung mittels Sauerstoffeinblasung, so dass keine hohen oder sehr hohen Konzentrationen an Schwefelwasserstoff überhaupt entstehen können.

<sup>4</sup> Quelle: <https://gestis.dguv.de/data?name=010000>

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 21 -

Hinsichtlich einer konkreten Ermittlung der zukünftigen Schwefelwasserstoffkonzentration innerhalb des Biogases wird auf die nachfolgenden Ausführungen verwiesen.

Entsprechend aktueller Einstufung<sup>5</sup> ist das Biogas in die Gefahrenkategorie H331 (Acute Tox. 3) einzuordnen. Davon abweichend gibt es eine Einstufung durch das MLUK Brandenburg aus einer Mitteilung von 2021 (Betrachtung aus 2013, erneute Abstimmung im Februar 2024), dass keine toxische Einstufung vorliegt, da diese erst ab  $\geq 2,2\%$  H<sub>2</sub>S im Biogas greifen würde. Dieser Aspekt ist vorliegend aber nicht relevant, da so oder so eine Betrachtung der möglichen Auswirkungen durch Schwefelwasserstoff erfolgen wird, unterstützt aber das erhaltende Ergebnis des vorliegenden Gutachtens.

Für das zukünftig unverändert anfallende Biogas liegen auf Grund der unveränderten Inputstoffe keine für die Anlage spezifischen Messwerte bereits vor.

Innerhalb der Gasspeicher wurden in den letzten Jahren erfahrungsgemäß Schwefelwasserstoffkonzentrationen von ca. 150 ppm gemessen. Der Wert stellt dabei den maximalen Wert aus dem Gasspeicher des Fermenters sowie aus dem Gasspeicher des Gärrestspeichers 1 der Jahresauswertung von 2022 dar. Im vorliegenden Fall ist daher davon auszugehen, dass im zwischengelagerten Biogas (vor allem in den Gasspeichern max. 150 ppm  $\approx$  0,015%) keine hohen Konzentrationen an Schwefelwasserstoff vorliegen. Entsprechend aktueller Einstufung ist das Biogas damit nicht in die Gefahrenkategorie H332 (Acute Tox. 4) oder höher einzuordnen.

Auf Grundlage der regelmäßig gemessenen Gaszusammensetzung sowie den Erfahrungswerten des Betreibers ist festzustellen, dass der Schwefelgehalt bei ca. 150 ppm vor dem externen Entschwefelungsprozess liegt. Diese Angabe bezieht sich auf die aktuelle Inputstoffzusammensetzung (ca. 50 % Wirtschaftsdünger und 50 % nachwachsende Rohstoffe) sowie auf die interne Entschwefelung durch Luftzugabe sowie bei Bedarf durch Zugabe von Eisenpräparaten.

Im Rahmen des geplanten Vorhabens sollen die Zusammensetzung der Inputstoffe sowie die Entschwefelungsprozesse nicht geändert werden, so dass dieser Wert genutzt werden kann.

Ungeachtet dessen erfolgt eine Herleitung des möglichen Schwefelwasserstoffgehaltes im erzeugten Biogas auf Basis der Inputstoffe, um den viel zu hohen Wert von 0,5% lt. KAS-32 für NaWaRo- Anlagen (inkl. Einsatz von Wirtschaftsdünger) auch theoretisch negieren zu können. Diese Herleitung erfolgt auf Basis der Richtwertsammlung Düngerecht, abgestimmt mit den Ländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen - gültig für Brandenburg -, Ausgabe 2020 [11].

Innerhalb dieser Richtwertsammlung Düngerecht sind die Nährstoffgehalte verschiedener nachwachsender Rohstoffe sowie Wirtschaftsdünger enthalten. Hier jedoch nicht explizit für den Nährstoff Schwefel, sondern Stickstoff und andere Nährstoffe.

Allgemein bekannt ist jedoch, dass in Wirtschaftsdüngern das Stickstoff-Schwefel-Verhältnis 10:1 beträgt. Siehe hierzu auch entsprechende Veröffentlichung der Landwirtschaftskammer Schleswig- Holstein:

[https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Duengung/Naehrstoffgehalte\\_organischer\\_Duenger.pdf](https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Duengung/Naehrstoffgehalte_organischer_Duenger.pdf)  
online abgerufen am 28.12.2023

Der **Schwefelgehalt** in Wirtschaftsdüngern beträgt ca. 10 % vom angegebenen N-Gehalt, bei Geflügelwirtschaftsdünger fällt der S-Gehalt etwas niedriger aus. Die ...

Hierbei liegt in Wirtschaftsdüngern der Schwefel zum Großteil (>80%) in organisch gebundener Form vor und ist auch durch Abbauprozesse nur schwer erschließbar (nur über Mineralisierungsvorgänge), weshalb in der Landwirtschaft die Schwefelversorgung der Böden vorwiegend mittels Mineralstoffdünger erfolgt.

<sup>5</sup> Datenblatt Biogas GisChem, BG Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM, Download am 28.12.2023, Stand 20.10.2023

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 22 -

Für die nachwachsenden Rohstoffe ist bei der Ernte das angestrebte Stickstoff-Schwefel-Verhältnis 12:1. Konservativ wird hier ebenfalls mit einem Verhältnis von 10:1 gerechnet, woraus sich folgende Werte für den Stickstoffgehalt (aus Richtwertbroschüre Brandenburg [11]) und dem resultierenden Schwefelgehalt (1/10 vom Stickstoffgehalt) ergeben.

Für Silagen, insbesondere Maissilage, ergeben sich niedrigere Werte, weshalb für alle Silagen durchgängig der höhere Wert für Ganzpflanzensilage mit 5,6 kg N/t FM verwendet wurde. Grundsätzlich kann jedoch festgehalten werden, dass für Festmist aus der Rinder- und Schweinehaltung die ähnlichen Werte zutreffen, wie für Silage, so dass die Mengen an Silage und Festmist beliebig substituiert werden könnten, ohne dass sich Änderungen an zu erwartenden Schwefelgehalt des Biogases ergeben. Gleiches lässt sich für Geflügelmist (kein HTK, hier Putenmist) und Getreide feststellen, die nur gering voneinander abweichen.

TABELLE 3: STICKSTOFF- UND SCHWEFELGEHALT DER INPUTSTOFFE

Inputstoff	Stickstoff-Gehalt	Schwefel-Gehalt
[-]	[kg/t FM]	[kg/t FM]
Rindergülle	3,8	0,38
Schweinegülle	7,5	0,75
Rindermist	6,1	0,61
Geflügelmist	16,9	1,69
HTK	28,6	2,86
Silage (hier Wert für GPS)	5,6	0,56
Getreide	16,5	1,65

Basierend auf den nach Anzeige § 15 BImSchG „geduldeten“ und somit bereits praktizierten Inputmengen wurde massengewichtet die Gesamtmasse an Schwefel innerhalb des Gärsubstrat ermittelt.

Für die Inputmengen ergibt sich eine Schwefelfracht von 24,75 kg/d.

Im Rahmen des Biogasprozesses wird der Bestandteil Eiweiß/ Protein, der den Schwefel beinhaltet, zu ca. 20-50% abgebaut, so dass nur aus diesem Teil auch Schwefelwasserstoff freigesetzt werden kann. Der restliche Schwefel bleibt innerhalb der festen Substanz (Trockensubstanz) des Gärrestes gebunden. Konservativ wird hier nicht der Mittelwert, sondern der max. Wert von 50% als Umsatz des Schwefels durch den Biogasprozess verwendet. Hieraus resultiert eine Schwefelfracht, die als Schwefelwasserstoff umgesetzt werden könnte, von 12,375 kg/d.

Da der Gasertrag ebenfalls eine Rolle spielt, wird aus der möglichen Schwefelfracht und dem möglichen Biogasertrag der Schwefelwasserstoffgehalt berechnet. Dabei wird der Anteil an Schwefel mit 1,063 multipliziert, um die Masse an Schwefelwasserstoff statt Schwefel zu ermitteln (Faktor für Umrechnung molare Masse Schwefelwasserstoff und Schwefel). Zudem wurde mittels Dichte von 1,536 kg/m<sup>3</sup> vom Gewichtsanteil auf den Volumenanteil umgerechnet, um den Anteil in ppm zu ermitteln.

- Schwefelfracht in kg/d: 12,375
- Umrechnungsfaktor H<sub>2</sub>S: 1,063
- Biogasertrag Nm<sup>3</sup>/a: konservativ ca. 2,1 Mio. Nm<sup>3</sup>/a bzw. 5.671 Nm<sup>3</sup>/d  
praktisch größer und damit geringerer H<sub>2</sub>S- Gehalt im Biogas
- Biogasertrag kg/d: 6.805 (Umrechnung über 1,2 kg/m<sup>3</sup>)
- max. H<sub>2</sub>S- Gehalt: 0,1660% (Masse)

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 23 -

Der praktische Schwefelwasserstoffgehalt **wird deutlich unter diesen Annahmen liegen**, da die Umsetzung des Schwefels mit 50% viel größer als der realistische Durchschnitt von 30-35% unterstellt wurde. Zudem ist das praktisch vorliegende Biogas 100% wasserdampfgesättigt, was einerseits zur Erhöhung des Biogasvolumens führt und andererseits zur Bindung/ Lösung von Schwefelwasserstoff in die wässrige Phase (Umwandlung schwefelige Säure, Abtropfen in Gärrest).

Der maximale Wert ohne Gegenmaßnahmen könnte demnach bei 0,166% (Masse%) liegen. Vorliegend ist das Ziel des Anlagenbetriebs jedoch, diese Konzentration von Schwefelwasserstoff gar nicht erst entstehen zu lassen, da sowohl für den Betrieb der BHKWs als auch den Betrieb der Biogasaufbereitungsanlage das Biogas zu 100% entschwefelt sein muss. Jegliche Entschwefelung erst am Ende des Biogasproduktionsprozesses bedeutet größeren Aufwand und damit höhere Kosten, weshalb die Betriebsweise in jedem Fall darauf abstellt, die Entstehung des Schwefelwasserstoffes bereits im Biogasprozess zu unterbinden bzw. noch prozessintern größtmöglich zu entschwefeln.

Dies erfolgt durch die Zugabe von Eisenpräparat direkt in das Gärsubstrat der Fermenter (im Rahmen der Beschickung), so dass alle freiwerdenden Schwefelionen sofort mit dem Eisen als Eisensulfid gebunden werden und im Gärsubstrat verbleiben, ohne in Schwefelwasserstoff umgesetzt zu werden, sowie durch direkte Sauerstoffzugabe ins Gassystem. Die Entschwefelungsraten betragen hierbei 95% und mehr, wobei nachfolgend eine Wirksamkeit von nur 90% unterstellt wird.

- max. H<sub>2</sub>S- Gehalt, theoretisch: 0,166% (Masse%)
- interne chemische Entschwefelung: mind. 90%
- max. H<sub>2</sub>S- Gehalt, praktisch: 0,0166% (Masse) bzw. 166 ppm

Auch wenn an allen vorherigen Stellen bereits konservative Annahmen getroffen wurden, wird der ermittelte max. Schwefelwasserstoffgehalt nochmals nahezu verdoppelt, was zu folgendem Ansatz führt:

- **max. H<sub>2</sub>S- Gehalt, genutzt: 166 ppm → 500 ppm**

An der Stelle sei erwähnt, dass hiermit mehrere Störungen bzw. Havarien innerhalb der Biogaserzeugung als gleichzeitig auftretend betrachtet werden (schlechte, nicht gewollte, Entschwefelung und damit höhere Schwefelwasserstoffkonzentrationen und Austritt des erzeugten Biogases durch Riss der Folie).

Erfahrungsgemäß werden Reduzierungen bis auf **unter 50 ppm** erreicht und hier sicher bis unter 150 ppm erwartet. Da es sich um ein biologisches System handelt, bei dem auch Schwankungen eintreten können, wird **konservativ** für die weitere Berechnung des angemessenen Sicherheitsabstandes eine Schwefelwasserstoffkonzentration von 500 ppm angenommen.

Der Wert gilt für die aktuelle Zusammensetzung zwischen Wirtschaftsdünger sowie nachwachsenden Rohstoffen wie auch für jegliche Varianten, wo die Silagen durch Rinder-/Schweinefemist und das Getreide durch Geflügelmist (Pute) substituiert werden, da diese Inputstoffe jeweils ähnliche Schwefelgehalte aufweisen.

Untersuchungen des LfULG Sachsen untermauern den oben ermittelten Schwefelwasserstoffgehalt durch erfolgte Gasanalyse für ähnliche Anlagen und Inputzusammensetzungen.

In Anlehnung an das folgende Fallbeispiel „BGA 5“, welches aus der Schriftenreihe des LfULG, Heft 13/2017 zur „Ermittlung des H<sub>2</sub>S-Gehaltes in Biogasanlagen“ entnommen wurde, würde der konservative Ansatz des max. H<sub>2</sub>S-Gehaltes im Biogas von 200 ppm als realistischer angesehen.

Die Basis bildet die untersuchte BGA 5, die über ein ebenfalls einstufiges Verfahren mit gasdichter Gärrestlagerung sowie keine permanente Entschwefelung mittels Eisenpräparat verfügt und dabei 50% Wirtschaftsdünger einsetzt.

- Fermenter mit max. H<sub>2</sub>S- Wert von 141 ppm (Mittelwert bei 41 ppm),

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 24 -

- gasdichte Gärrestspeicher, die das Biogas aus dem vorgeschalteten Fermenter erhalten, mit max. H<sub>2</sub>S- Wert von 74 ppm (Mittelwert bei 12 ppm).

Da bereits die Leckage des Gasspeichers einen Dennoch- Störfall darstellt, ist die gleichzeitige Annahme dieses Dennoch- Störfalls und der Ausfall aller Entschwefelungsmaßnahmen unrealistisch.

### 3.3.2 Beurteilungswerte

Zur Beurteilung einer Gefahrensituation werden Beurteilungswerte herangezogen. Die wichtigsten Beurteilungswerte stellen dabei die AEGL-Werte und die ERPG-Werte dar. Nach dem Umwelt-Bundesamt sind die AEGL-Werte Störfall-Konzentrationsleitwerte zur Ausfüllung der Störfall-Verordnung bzw. nach Europäischem Recht der Seveso-II-Richtlinien (Richtlinie 96/82/EG)<sup>6</sup>. Basierend auf dem Leitfaden KAS-18 ist für die Bewertung von toxischen Gefährdungen der ERPG-2-Wert heranzuziehen. Zur Vollständigkeit wird sowohl auf die AEGL-Werte und auf die ERPG-2-Werte eingegangen.

Die AEGL-Werte sind toxikologisch begründete Spitzenkonzentrationswerte von Schadstoffen, die wichtige Beurteilungswerte zur Bewertung einer Gefahrensituation sind. Die Angabe der AEGL-Werte sind für verschiedene relevante Expositionszeiträume angegeben und für folgende drei verschiedene Effekt-Schweregrade<sup>7</sup>:

- AEGL-1: Schwelle zum spürbaren Unwohlsein
- AEGL-2: Schwelle zu schwerwiegenden, lang andauernden oder fluchtbehindernden Wirkungen
- AEGL-3: Schwelle zur tödlichen Wirkung

Neben den AEGL-Werten gibt es die ERPG-Werte (Emergency Response Planning Guidelines), bei denen es sich auch um drei Gefahrenniveaus mit ähnlichen Kriterien handelt. Im Unterschied zu den AEGL-Werten wird bei den ERPG-Werten nur eine Expositionszeit von einer Stunde berechnet.

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.

Die AEGL-Werte sowie ERPG-2-Werte sind für die Stoffe Schwefelwasserstoff in der Tabelle 4 aufgeführt.

TABELLE 4: AEGL- WERTE UND ERPG-2-WERTE (ANGABEN IN PPM)

Expositionszeitraum	10 min	30 min	1 h	4 h	8 h
Schweregrad					
<b>Schwefelwasserstoff [ppm]</b>					
AEGL-1	0,75	0,60	0,51	0,36	0,33
AEGL-2	<b>41</b>	32	27	20	17
AEGL-3	76	59	50	37	31
ERPG-2-Wert	<b>≥ 60 min: 30 ppm</b>				

<sup>6</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/aegl-stoerfallbeurteilungswerte-bedeutung-recht?parent=14618>

<sup>7</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/aegl-stoerfallbeurteilungswerte-definition-methodik>

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 25 -

#### 4 Ermittlung des Achtungsabstandes

Im vorliegenden Fall wird mit Biogas umgegangen. Ohne Berücksichtigung der hier aber bekannten Zusammensetzung des Biogases (insbesondere des deutlich geringeren Schwefelwasserstoffgehaltes) sowie der vorhandenen max. Mengen an Biogas, die im Schadensfalls austreten könnten, ergibt sich unter Berücksichtigung der konservativen Ansätze ein Achtungsabstand von 250 m (vgl. KAS-32 Abschnitt 1.3).

Die Basis der Ermittlung eines Achtungsabstandes ist die Festlegung einer Muster- Biogaszusammensetzung und die Ermittlung eines Abstandes, der unter allen konservativen Ansätzen und ohne Detailkenntnisse zu Anlagentechnik einen entsprechenden Schutz gewährt.

Das verwendete Szenario soll einen größeren Massenstrom freisetzen, als dies bei einem vernünftigerweise nicht auszuschließenden Szenario wie z.B. einer Flanschleckage oder dem Ansprechen einer Druckentlastungseinrichtung der Fall ist. Das Szenario soll nicht die gesamte zusammenhängende Masse innerhalb kurzer Zeit freisetzen, da solche Szenarien für externe Notfallplanungen (erweiterte Pflichten) genutzt werden. Aus diesem Grund werden Freisetzungen aus Rissen von mehreren Metern Länge bei sehr großen Behältern (Gasspeicher mit nur 3,5 mbar Überdruck) als plausibel angesehen. Hieraus basierend erfolgte die Ermittlung eines Achtungsabstandes unter den folgenden „unrealistischen“ Rahmenbedingungen entsprechend der Vorgaben des Leitfadens KAS-32 (ohne Berücksichtigung der Detailkenntnisse zur vorhandenen Anlage):

- Methan- Gehalt 75%, Kohlendioxid 23%, Schwefelwasserstoff- Gehalt im Biogas 2% (20.000 ppm)
- Betriebsüberdruck 5 mbar, Betriebstemperatur 20°C
- Ausflussziffer für einen Folienriss 1,0
- Risslänge 3,0 m und mittlere Breite 0,2 m = 0,6 m<sup>2</sup> Leckfläche  
→ bei 1,0 m<sup>2</sup> für Klemmschlauch Abstand von 250 m
- resultierende Freisetzung 18,6 kg/s Biogas
- Freisetzungsdauer 10 min
- Biogas als dichteneutrales Gas betrachtet
- Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 3 m/s
- indifferente Temperaturschichtung und keine Inversion
- Bodenrauigkeit 0,5 m (wenig rau)
- waagerechte Linienquelle entsprechende Risslänge
- Freisetzungshöhe 6 m, Aufschlagpunkt 2 m über Gelände

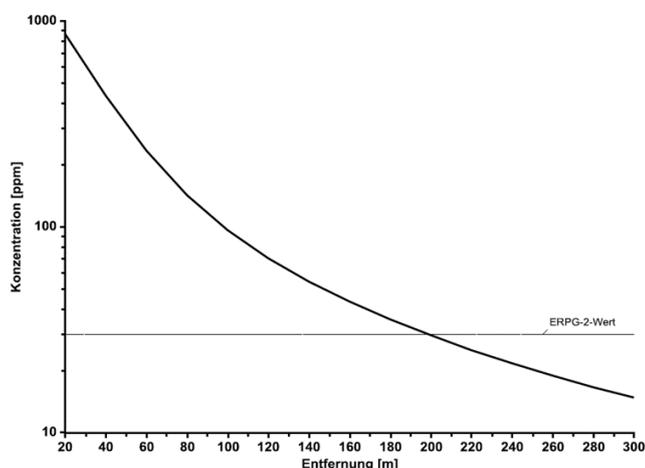


ABBILDUNG 8: H<sub>2</sub>S-KONZENTRATION BEI DER FREISETZUNG VON 18,6 KG/S BIOGAS [5]

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 26 -

Basierend auf den vorgenannten Konventionswerten wurde seitens der KAS ein Achtungsabstand ermittelt, der aus dem akut toxischen Inhaltsstoff Schwefelwasserstoff (Annahme von „unrealistischen“ 20.000 ppm im Biogas) resultiert und 200 m/250 m beträgt.

Die Ausbreitung eines Freistrahls mit einem Massenstrom von 18,6 kg/s über einen Zeitraum von 10 min führt bei einem Biogas mit 75% Methan zu einem Bereich mit dem Vorliegen eines explosionsfähigen Gas- Luft- Gemisches von bis zu 60 m.

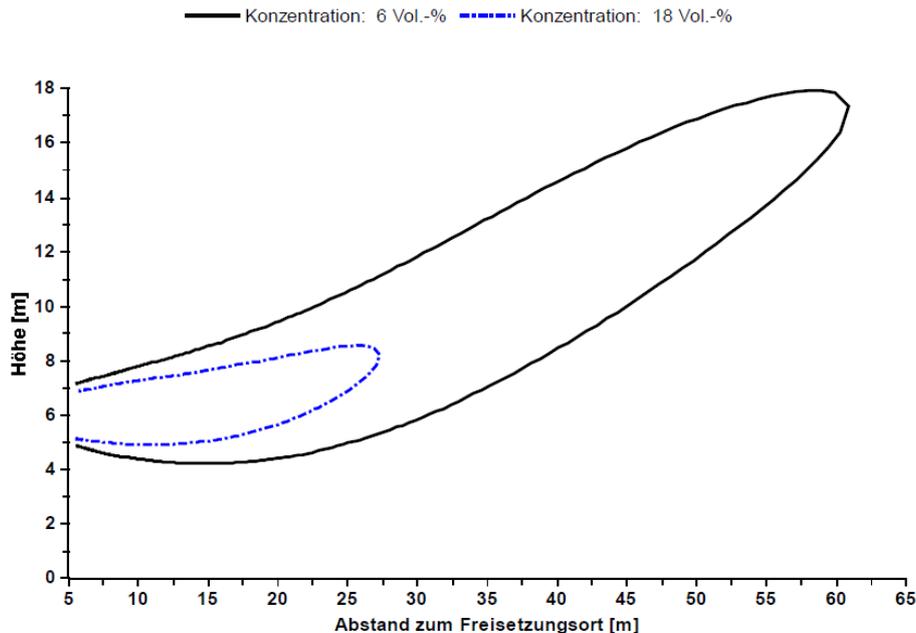


ABBILDUNG 9: ERMITTLUNG ACHTUNGSABSTAND EXPLOSIONSFÄHIGE ATMOSPÄRE

Bei einer Freisetzungshöhe von 6 m und einer Freisetzung in Richtung eines freien unbebauten Geländes, kann die Expansion der Gaswolke in alle Richtungen erfolgen und es ist nur ein sehr geringer Explosionsüberdruck zu erwarten. Wird die Biogaswolke gezündet, so brennt diese in wenigen Sekunden ab. Durch die kurze Bestrahlungsdauer sind nur Personen gefährdet, die sich im Nahbereich der Gaswolke aufhalten. Es ergibt sich nach KAS-18 ein Gefährdungsbereich von ca. 90 m, der somit geringer ist als die oben ermittelten 200 m/250 m für die toxische Gefährdung durch Schwefelwasserstoff.

**Auf Grund der gegebenen Einhaltung des Achtungsabstandes von 250 m zum nächsten Schutzobjekt, müsste keine weitere Betrachtung erfolgen (Wohnnutzung Kantow kleiner als 5.000 m<sup>2</sup> Bruttofläche). Da diese Definition des Schutzstatus eines Wohngebiets erst nach Vorlage der ersten Fassung des vorliegenden Gutachtens bekannt wurde, erfolgt nochmals eine Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes auf Basis von Detailkenntnissen zur bestehenden Anlage und den geplanten Änderungen.**

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 27 -

## 5 Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes

### 5.1 Vorgaben der Abstandsermittlung nach KAS-18 i. V. mit KAS-32

Der § 50 Satz 1 BImSchG begründet bei raumbedeutsamen Planungen (hier u. a. Anlagenerweiterung durch die Errichtung und den Betrieb zweier gasdichter Gärrückstandsbehälter) keinen generellen Vorrang für schutzbedürftige Gebiete vor anderen öffentlich-rechtlichen oder privaten Belangen im Sinne des BauGB (vgl. KAS-18). Das kann im Einzelfall bedeuten, dass andere Planungsziele überwiegen können. In jedem Fall muss aber auf die Belange des Immissions-schutzes Rücksicht genommen werden und mögliche irreversible Schädigungen von Personen in Folge der Auswirkungen schwerer Unfälle in Betriebsbereichen mit hohem Gewichtungsmäß abgewogen werden.

In einem ersten Schritt wurde deshalb geprüft, ob sich schutzwürdige Objekte im empfohlenen Achtungsabstand befinden. Dies ist vorliegend nicht der Fall (Einhaltung Achtungsabstand). Dennoch wird im zweiten Schritt der angemessene Sicherheitsabstand nachfolgend ermittelt.

#### Szenarien im Leitfaden KAS-18

- Vernünftigerweise nicht auszuschließende Gefahrenquellen können zu Störfällen führen, die grundsätzlich zu verhindern sind, indem entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. → Diese sind durch den Stand der Sicherheitstechnik vom Betreiber einer Störfallanlage umzusetzen.
- Vernünftigerweise auszuschließende Gefahrenquellen können zu Dennoch- Störfällen führen, deren Eintreten zwar nicht zu verhindern ist, gegen deren Auswirkungen zusätzliche störfallauswirkungsbegrenzende Vorkehrungen zu treffen sind. Das Versagen von störfallverhindernden Maßnahmen stellt beispielsweise eine vernünftigerweise auszuschließende Gefahrenquelle dar, die zu einem Dennoch- Störfall führen kann. → Die auswirkungsbegrenzende Maßnahme in Form der Einhaltung eines gewissen Abstandes ist Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.
- Vernünftigerweise auszuschließende Gefahrenquellen können jedoch auch so unwahrscheinlich sein, dass sie jenseits der Erfahrung und Berechenbarkeit liegen. Gegen diese exzeptionellen Störfälle sind keine anlagenbezogenen Vorkehrungen zu treffen.

Ziel des Art. 13 der Seveso-III-Richtlinie ist, Menschen und besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete vor den Auswirkungen eines Störfalls mit großen Auswirkungen, dessen Eintreten aber durch die vorhandene Sicherheitstechnik unwahrscheinlich ist, mittels eines Sicherheitsabstandes zu schützen. Dem entsprechend werden die im Leitfaden KAS-18 beschriebenen Störfallablaufszenarien als Dennoch-Störfälle entsprechend der genannten Definition eingestuft.

Bei den Festlegungen von Abstandsempfehlungen für die Bauleitplanung ohne Detailkenntnisse standen bisher immer Prozessanlagen im Fokus. Diese Ansätze lassen sich auf eine Biogasanlage (Biogaserzeugung) mit deren Anlagenkonzeption, Werkstoffen und Betriebsbedingungen jedoch nicht ohne Weiteres übertragen (vgl. Abschnitt 1.1 des Leitfadens KAS-32).

Auf Grund der vorhandenen Detailkenntnisse zur Betriebsweise und der vorhandenen wie auch geplanten Anlagentechnik und der Inputstoffe der Biogasanlage Kantow inkl. der geplanten Anlagenerweiterung (Errichtung und der Betrieb von zwei gasdichten Gärrückstandsbehältern) kann bei der weiterführenden Begutachtung der erforderlichen Abstände der angemessene Sicherheitsabstand (Detailkenntnisse) ermittelt werden.

Aussagen zur vorhandenen Anlagentechnik, zu den bereits eingesetzten bzw. geplanten Substraten sowie zur Betriebs- / Verfahrensweise wurden bereits gemacht. Es wird auf diese vorangegangenen Abschnitte verwiesen.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 28 -

## 5.2 Auswahl der Szenarien

Auf Grund der gehandhabten Stoffe sind zur Ermittlung des angemessenen Abstandes folgende beiden Szenarien zu betrachten:

- Brand bzw. Explosion von brennbarem Gas (Wärmestrahlung und Explosionsdruck als Folge)
- Freisetzung des toxischen Biogases und Ausbreitung (Gesundheitsgefährdung als Folge)

Die wesentlichen biogasführenden Anlagenteile sind der Fermenter sowie die Gärrestspeicher 1/2 und die hier jeweils aufgesetzten Gasspeicher sowie die verbindenden Rohrleitungen einschließlich der Biogasreinigung (hier: Gastrocknung, Verdichtung, externe Entschwefelung mittels Aktivkohlefilter).

Da nicht alle am Standort vorhandenen und gasdicht abgedeckten Behälter die gleichen Maße aufweisen, sondern unterschiedliche Volumina, die bei einem Störfall auftreten könnten, besitzten, könnte für die Ermittlung des angemessenen Abstandes in verschiedene Szenarien unterschieden werden.

Für die Szenarien könnten auf Basis der Größe folgende Behälter ausgewählt werden:

- Fermenter mit Gasspeicher, Klemmschiene → Leckagefläche 0,6 m<sup>2</sup>
- Gärrestspeicher 1 mit Gasspeicher, Klemmschlauch → Leckagefläche 1,0 m<sup>2</sup>
- Gärrestspeicher 2 mit Gasspeicher Klemmschiene → Leckagefläche 0,6 m<sup>2</sup>.

Da die Abstände nur unwesentlich voneinander abweichen werden, könnte konservativ nur der größte Behälter betrachtet und der hierfür ermittelte angemessene Sicherheitsabstand auf alle 3 Behälter übertragen/ angewandt werden. Da jedoch der größte Behälter im Sinne des Gasspeichers des Gärrestspeichers 2 mittels Klemmschienenbefestigung (wie auch neuer Gasspeicher des Fermenters) befestigt wird und hier nur eine Leckagefläche von 0,6 m<sup>2</sup> zu unterstellen ist, muss zusätzlich auch das geringere Volumen des Gasspeichers des Gärrestspeichers 1 betrachtet werden, da dies unverändert mittels Klemmschlauch befestigt ist und eine Leckagefläche von 1,0 m<sup>2</sup> zu unterstellen ist.

Als relevante Szenarien sind die Freisetzung von Biogas aus dem bestehenden Fermenter mit neuem Gasspeicher sowie aus dem Gärrestspeicher 1 (kleineres Volumen der möglichen Freisetzung, aber nur Klemmschlauchbefestigung) sowie dem geplanten Gärrestspeicher 2 (größeres Volumen der möglichen Freisetzung als Gasspeicher des Fermenters) zu betrachten. Dabei wird auf Grund der störfallrelevanten Eigenschaft von Biogas die Auswirkungen einer Zündung einer Biogaswolke betrachtet. In Folge dessen werden die Gefährdungen eines Bereiches mit explosionsgefährlicher Wolke aus Biogas und Luft als Funktion des Abstandes zur Freisetzungsquelle dargestellt. Zusätzlich werden die Druckwellenauswirkungen einer möglichen Explosion der freigesetzten Gaswolke und die Wärmestrahlung beim Abbrand der Gaswolke betrachtet und dargestellt. Zudem werden die Auswirkungen der toxischen Gefährdung durch die Leckage mit Austritt von Biogas ermittelt und bewertet.

Zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes im Sinne des § 50 BImSchG für den Betriebsbereich der BGA Kantow werden die Auswirkungen folgender Szenarien berechnet:

- Szenario 1:
  - Gasfreisetzung durch Leckage am Gasspeicher des Gärrestspeicher 1 (Bestand mit Klemmschlauch) und 2 (neu geplanter Behälter mit Klemmschiene) und Betrachtung der hieraus resultierenden Gefährdung durch toxische Stoffe bzw. einer Explosionsgefährdung,
- Szenario 2:
  - jeweils Zündung einer Biogaswolke im Dennoch-Störfall und resultierende Auswirkungen Druck und Wärmestrahlung.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 29 -

### 5.3 Randbedingungen

Für die Vorgehensweise zur Ermittlung des angemessenen Abstandes werden im Leitfaden KAS-18 sowie KAS-32 folgende Empfehlung und Randbedingungen ausgesprochen, die in diesem Gutachten berücksichtigt werden:

- Der Verlust des gesamten Inventars, der Verlust der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und Abriss sehr großer Rohrleitungen sind im Rahmen der Bauleitplanung nicht zu berücksichtigen, da sie bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik zu unwahrscheinlich sind.
- Auswirkungsbegrenzende Maßnahmen sind zu berücksichtigen, soweit sie durch die zugrundeliegenden Ereignisse nicht gestört sind.
- Die Szenarien sind je nach störfallrelevanter Eigenschaft der Stoffe für Stofffreisetzungen, Brand und Explosion getrennt zu betrachten. Für die Auswirkungsbetrachtungen gelten dabei folgende Randbedingungen:
  - der Massenstrom ist entsprechend den Betriebsbedingungen und unter Voraussetzung eines Folienrisses (Ausflussziffer: 1,0) zu berechnen,
  - es ist eine mittlere Wetterlage nach VDI-Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion zu betrachten (häufigste Windgeschwindigkeit für den Standort),
  - als Beurteilungswerte sind die gleichen Werte heranzuziehen, die für die Herleitung der Achtungsabstände verwendet wurden.
- Die Berechnung basiert auf einer Freisetzungsdauer von 10 min.

Für die Berechnungen der Szenarien werden folgende Bedingungen, welche für den Betriebsbereich BGA Kantow spezifisch sind, angenommen:

#### **Freisetzungsbedingungen**

Umgebungstemperatur	20°C
Betriebsüberdruck	5 mbar, (konservative Annahme, vgl. Szenarien, hier eigentlich nur 3,5 mbar)
Ausflussziffer	1
Freisetzungsdauer	10 min $\hat{=}$ 600 s
Freisetzungsart	gasförmig
Stoff	Biogas mit folgender Zusammensetzung CH <sub>4</sub> -Gehalt: 60,00 Vol.-% CO <sub>2</sub> -Gehalt: 39,95 Vol.-% H <sub>2</sub> S-Gehalt: 500 ppm ( $\hat{=}$ 0,05 Vol.-%)

#### **Gasausbreitung**

Gasausbreitung nach VDI 3783 Blatt 1	Biogas wird als dichteneutrales Gas betrachtet
mittlere Windgeschwindigkeit Standort	3,8 m/s
häufigste Windgeschwindigkeit Standort	2,2 m/s
Temperaturschichtung	indifferent, keine Inversion
Bebauungshöhe/ Inversionshöhe	20 m
Quellgeometrie	waagerechte Linienquelle entsprechend Risslänge

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 30 -

Freisetzungshöhe	abhängig der Szenarien (Behälterhöhe über Grund)
Höhe des Aufschlagpunktes	2 m
Bodenrauigkeit	0,5 m (wenig rau: Mittelwert Ackerland, Grünland und südliche Bebauung in der Umgebung)

### Grundlage zur Berechnung des gasförmigen Massenstroms

Zur Untersuchung der bei einem Dachhaut-Riss freiwerdenden Gasmenge muss zunächst der Ausflussmassenstrom berechnet werden. Dieser wurde unter Berücksichtigung der Ausflussfunktion sowie der Ausflussziffer nach der folgenden Beziehung berechnet:

$$\dot{m} = A \cdot \Psi \cdot K_{dq} \cdot \sqrt{2 \frac{p_0^2}{R \cdot T \cdot z}} \quad \text{Gleichung (1)}$$

mit

$A$  - Austrittsfläche in mm<sup>2</sup>

$\Psi$  - Ausflussfunktion (dimensionslos)

$K_{dq}$  - Ausflussziffer Gasphase (dimensionslos)

$p_0$  - Druck in Pa

$R$  - universelle Gaskonstante in kJ/ (kg · K)

$T$  - Temperatur in K

$Z$  - Realgasfaktor (dimensionslos)

Auf Grund des hier angenommen Überdruckes im Gasraum der Behälter (mit Gasspeicher) von max. 5 mbar (eigentlich nur 3,5 mbar) wird von einem unterkritischen Druckverhältnis ausgegangen. Weiterhin ist die Ausflussziffer zur Berechnung des Ausflussmassenstromes relevant. Die Ausflussziffer beschreibt die Geometrie des Lecks. Diese liegt i. d. R. zwischen 0,38 (scharfkantig, d. h. hohe Reibungsverluste und verringerter Massenstrom) und z. B. 0,92 (runde Düse, d. h. wenig Reibungsverluste und erhöhter Massenstrom).

Da für den Riss einer flexiblen Folie keine Werte bekannt sind, wird konservativ eine Ausflussziffer von 1 (Maximalwert, konform zur KAS-32) angenommen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der **errechnete Ausflussmassenstrom im gesamten Zeitraum konstant bleibt**. Was bedeutet, dass konservativ angenommen wird, dass sich der geringe Überdruck nicht sofort abbaut, sondern in einem Zeitfenster konstant bleibt (bis der jeweilige Behälter/ Gasspeicher vollständig leer ist, was ebenfalls nicht passieren wird, daher eine konservative Annahme ist).

#### Hinweis:

Bei einem Überdruck im Inneren der Gasspeicher von 5 mbar würde es im Falle einer Leckage zu einem Druckausgleich (Druckabfall des Gasspeichers) kommen bis das Innere den Druck der Umgebung angenommen hat. Bei einem Gesamtgasvolumen im ungünstigsten Zustand von hier bis zu max. 6.317 m<sup>3</sup> (aufgesetzter voller Gasspeicher und auf minimalen Füllstand entleerte Gärrestspeicher 1 und 2) würde dieser Druckausgleich ein Entweichen von max. 31 m<sup>3</sup> bedeuten und innerhalb weniger Sekunden (1-2 s) erfolgt sein. Anschließend würde auf Grund des fehlenden Überdruckes im Gasbereich des Behälters lediglich ein diffuser Massenstrom an Biogas austreten, **der keinesfalls der hier unterstellten großen Massenströmen entspricht**, sondern deutlich darunterliegt.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 31 -

In Rücksprache mit Herrn Dr. Schalau (anerkannter Mitarbeiter der BAM für die entsprechenden KAS-Leitfäden) vom 18.12.2017 wird durch diesen bestätigt: „Der Betriebsüberdruck verringert sich bis auf den Druck, der durch das Gewicht der beiden Folien entsteht“. Dies ist gleichzusetzen mit dem praktischen Fall, dass innerhalb der ersten 1-2 Sekunden max. 31 m<sup>3</sup> (Gärrestspeicher 1 und 2) Biogas austreten und dann der Gewichtsdruck der Gasspeichermembran von 0,1 mbar der „Antrieb“ für das weitere Entleeren der Gasspeicherfolien ist.

Konservativ wird jedoch aktuell davon ausgegangen, dass durch die Stützluft und das Eigengewicht der Gasspeichermembran dennoch der komplette Inhalt des aufgesetzten Gasspeichers innerhalb einer sehr kurzen Zeit freigesetzt wird, was jedoch praktisch nicht möglich ist, was wie folgt begründet werden kann.

1. *Riss der Folien, wobei nur ein Riss der äußeren Folie noch keine unmittelbaren Konsequenzen für die Freisetzung von Biogas hätte → wenn nur die innere Folie reißt, wären die Freisetzungsraten ebenfalls gering und nur am Auslass der Stützluft zutreffend → konservativ wird unterstellt, dass beide Folien gleichzeitig an der gleichen Stelle reißen!*  
*Wenn dies so eintreten würde, dann verpufft auch der Stützluftdruck in die Atmosphäre und sorgt nicht dafür, dass der Gasspeicher innerhalb kurzer Zeit leer gedrückt wird. → Damit bleibt ausschließlich das Eigengewicht der Gasspeicherfolie, die den Gasspeicher leer drückt, was aber deutlich länger dauern wird und nicht zu den unterstellten Freisetzungsraten führen wird.*
2. *Die Doppelmembrangasspeicher müssen bezüglich Ihres Stützluftdruckes deutlich unterhalb des Bereiches des Ansprechens der Überdrucksicherung betrieben werden. Vorliegend sollen die Überdrucksicherungen auf 3,5 mbar eingestellt werden (üblicher Wert und am Standort bereits praktiziert). Dies bedeutet, dass die Stützluft mit einem Druck von ca. 1,5 bis max. 2,5 mbar arbeitet, da sich sonst der Gasspeicher im Inneren nie heben würde, sondern durch die Stützluft bereits ein Druck aufgebaut werden würde, dass die Überdrucksicherung anspringt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass nach einem Riss/ Leckage nie ein Überdruck von 3,5 mbar vorherrscht, sondern dieser unter 2,5 mbar liegen wird. Seitens eines Herstellers von Doppelmembrangasspeichern wurde mitgeteilt, dass ein Gasspeicher von ca. 2.000 m<sup>3</sup> nach Herausrutschen des Klemmschlauchs über eine Länge von 5 m ca. 6-12 h benötigt, um seinen kompletten Inhalt zu verlieren (deutlich länger als die hier unterstellten nur ca. 70-200 Sekunden). **Die hier berücksichtigte Freisetzung in den ersten Sekunden liegt also beim ca. 100fachen der tatsächlich zu erwartenden Freisetzung.***

Nach kurzzeitigem Austritt dieser größeren Gasmenge wird einerseits durch das weiterhin produzierte Biogas (jedoch in nicht relevanten Mengen in den gasdichten Gärrückstandsbehältern, sondern in den vorgeschalteten Fermentern) und andererseits durch den Gasdruck der benachbarten Gasspeicher weiteres Biogas nachströmen.

Eine äußerst konservative Berechnung, die auf der Annahme der max. durch die Gasverbindungsleitung strömenden Biogasmengen unter Antrieb eines permanenten Vordruckes von 5 mbar führt zu max. 1.847 m<sup>3</sup>/h, was einer nachfolgenden Freisetzung von 0,51 m<sup>3</sup>/s bzw. 0,62 kg/s Biogas entsprechen würde. Konservativ wird hier jedoch davon ausgegangen, dass permanent 1 kg/s Biogas nachströmt. Entsprechend KAS-Leitfaden wird die Freisetzung über max. 10 min betrachtet, da längere Austrittszeiten zu keiner höheren Konzentration mehr führen.

#### Hinweis:

*Derartig große Mengen an nachströmendem Biogas aus den Verbindungsleitungen, wie hier konservativ berücksichtigt, können praktisch nicht bestätigt werden. Hier sind deutlich geringere Mengen beim Ausgleich der Gasspeicher beobachtet worden. Zudem fällt der Gasdruck im benachbarten Gasspeicher ebenfalls sehr schnell ab, so dass der Vordruck von 5 mbar nicht gleichbleibend vorherrscht. Zudem könnte auch die sich ablegende Gasspeicherfolie des havarierten Gasspeichers zu einem Verschluss der nach oben gerichteten Gasverbindungsleitung führen, so dass nur deutlich geringere Mengen an Biogas nachströmen können.*

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 32 -

Vielmehr kann praktisch davon ausgegangen werden, dass Mengen in Größenordnungen der einfachen bis doppelten Biogasproduktion der Anlage austreten, nicht aber innerhalb der geringen Zeiten die hier konservativ berücksichtigte Biogasmenge. Aus diesem Grund sind die nachfolgenden Berechnungen als äußerst überschätzend anzusehen. Die praxisrelevanteren Berechnungen sind ebenfalls dargestellt.

#### 5.4 Ausbreitungsberechnung zur Gasfreisetzung

Als Szenario 1 wird die Gasfreisetzung durch Leckage der Gasspeichermembran betrachtet und die hieraus resultierende Gefährdung durch toxische Stoffe oder eine Explosionsgefährdung ermittelt und bewertet. Es wird angenommen, dass

- zunächst die Wetterschutzplane versagt und
- anschließend die darunterliegende Gasspeicherhaube ohne Benennung der Ursache aufreißt und
- somit ein Leck von der Dimension 5 m x 0,2 m (Gärrestspeicher 1), welches einer Leckfläche von 1,0 m<sup>2</sup> entspricht (hier: Klemmschlauch) bzw. ein Leck von der Dimension 3 m x 0,2 m (Gärrestspeicher 2), welches einer Leckfläche von 0,6 m<sup>2</sup> entspricht (hier: Klemmschiene)
- es handelt sich entsprechend der Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 um eine Flächenquelle, da die Quellhöhe mit 0,2 m jedoch kleiner als 1,0 m (als minimale Vorgabe) ist, geht die Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 an dieser Stelle von einer waagerechten Linienquelle mit  $X_q=0$  und  $Z_q=0$  aus. Die Dimensionierung des Lecks entspricht den derzeit geltenden Anforderungen des Leitfadens der Kommission für Anlagensicherheit KAS-32 und wurde zur vorliegenden Untersuchung herangezogen.

Die Betrachtung ist Ursachen-unabhängig, dennoch kann zum Beispiel Materialversagen verantwortlich gemacht werden. Weiterhin wird unterstellt, dass ein solches Leck nicht innerhalb kurzer Zeit durch das Betriebspersonal zu schließen ist, bevor sich das Biogas vollständig entleert hat. Es sei darauf hingewiesen, dass das Versagen beider Schutzfolien bzw. das Lösen der Schraubverbindungen beider Folien als ein sehr seltenes, aber Ersteres als ein schon eingetretenes Szenario angenommen werden muss.

Nachfolgend sind, die für das Szenario spezifischen Quellparameter für die Ermittlung des angemessenen Abstandes dargestellt:

##### **Quellparameter - Gärrestspeicher 1**

- max. Biogasvolumen ca. 1.903,62 m<sup>3</sup> (aufgesetzter Gasspeicher vollständig gefüllt, hier Befestigung mittels vorhandenem Klemmschlauch, Leckagefläche 1,0 m<sup>2</sup>)
- max. Biogasmasse: 2.172,41 kg<sup>8v</sup>
- Methan- Gehalt: 60%
- Überdrucksicherung spricht bei 5 mbar Überdruck an (konservativ)
- Freisetzungshöhe 5,5 m über Grund

##### **Quellparameter - Gärrestspeicher 2**

- max. Biogasvolumen ca. 3.448,06 m<sup>3</sup> (aufgesetzter Gasspeicher vollständig gefüllt, hier Befestigung mittels neuer Klemmschiene, Leckagefläche 0,6 m<sup>2</sup>)
- max. Biogasmenge: 3.934,93 kg
- Methan- Gehalt: 60%
- Überdrucksicherung spricht bei 5 mbar Überdruck an (konservativ)
- Freisetzungshöhe 5,5 m über Grund

<sup>8</sup> Die Berechnung der Biogasmenge erfolgt mit der Gasdichte von ProNuSs bei 60% CH<sub>4</sub> mit 1,14 kg/m<sup>3</sup>.

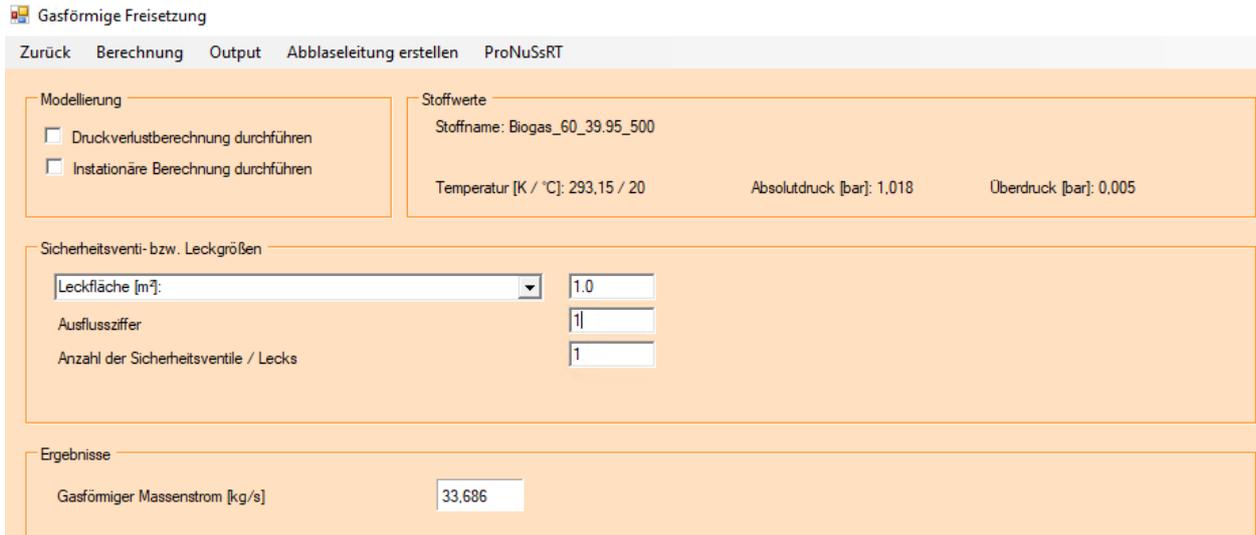
Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 33 -

## Berechnung des Ausflussmassenstroms

Der Ausflussmassenstrom wurde unter Berücksichtigung der Ausflussfunktion (vgl. Gleichung 1) und den Randbedingungen der Berechnungen (vgl. Abschnitt 5.3) berechnet.

In der Abbildung 11 sind die Eingabedaten für die Berechnung der gasförmigen Freisetzung als Grundlage der Ausbreitungsrechnung nach VDI 3781 Blatt 1 dargestellt.



**Gasförmige Freisetzung**

Zurück Berechnung Output Abblaseleitung erstellen ProNuSsRT

**Modellierung**

Druckverlustberechnung durchführen  
 Instationäre Berechnung durchführen

**Stoffwerte**

Stoffname: Biogas\_60\_39.95\_500  
Temperatur [K / °C]: 293,15 / 20      Absolutdruck [bar]: 1,018      Überdruck [bar]: 0,005

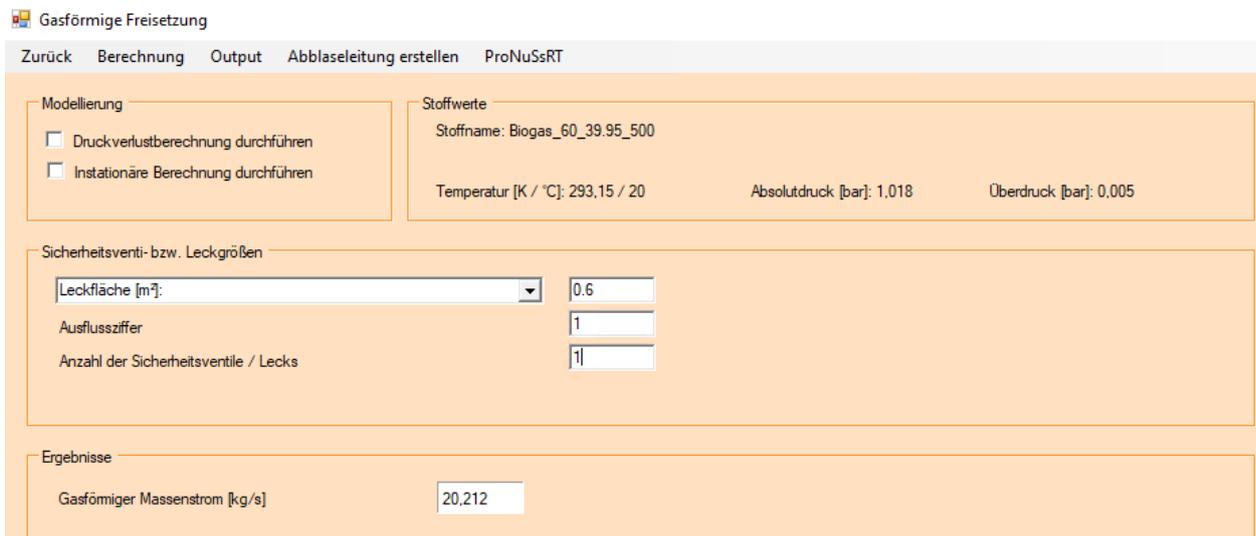
**Sicherheitsventil- bzw. Leckgrößen**

Leckfläche [m²]: 1,0  
Ausflussziffer: 1  
Anzahl der Sicherheitsventile / Lecks: 1

**Ergebnisse**

Gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 33,686

ABBILDUNG 10: ERMITTLUNG GASFÖRMIGE FREISETZUNG AUS LECKFLÄCHE 1,0 M<sup>2</sup>



**Gasförmige Freisetzung**

Zurück Berechnung Output Abblaseleitung erstellen ProNuSsRT

**Modellierung**

Druckverlustberechnung durchführen  
 Instationäre Berechnung durchführen

**Stoffwerte**

Stoffname: Biogas\_60\_39.95\_500  
Temperatur [K / °C]: 293,15 / 20      Absolutdruck [bar]: 1,018      Überdruck [bar]: 0,005

**Sicherheitsventil- bzw. Leckgrößen**

Leckfläche [m²]: 0,6  
Ausflussziffer: 1  
Anzahl der Sicherheitsventile / Lecks: 1

**Ergebnisse**

Gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 20,212

ABBILDUNG 11: ERMITTLUNG GASFÖRMIGE FREISETZUNG AUS LECKFLÄCHE 0,6 M<sup>2</sup>

Es wird der maximale ermittelte Massenstrom von:

- 33,686 kg/s über Zeitraum 70 Sekunden (rechnerisch 64,5 s, konservativ aufgerundet) beim Gärrestspeicher 1 und
- 20,212 kg/s über Zeitraum 200 Sekunden (rechnerisch 194,7 s, konservativ aufgerundet) beim Gärrestspeicher 2

freigesetzt.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 34 -

Setzt man sich mit dem Aufbau der hier zu betrachtenden Gasspeicher und den vorliegenden Stoffeigenschaften auseinander, so wird deutlich, dass der nach der Gleichung 1 berechnete Ausflussmassenstrom nicht für den gesamten Zeitraum konstant bleiben wird/ kann, sondern mit dem einhergehenden Druckabbau sehr, sehr deutlich abfällt.

Es ist davon auszugehen, dass das Biogas auf Grund der Druckentspannung auf den Umgebungsdruck zunächst kurzzeitig austritt und nach erfolgtem Druckabbau im weiteren Verlauf mit einem deutlich geringerem Volumenstrom freigesetzt wird und sich in Windrichtung verteilt.

Dieser Zeitpunkt des erfolgten Druckabbaus in den Gärrestspeichern ist unter Annahme einer isothermen Zustandsänderung eines idealen Gases erreicht, wenn ca. 31 m<sup>3</sup> (Gärrestspeicher 1) bzw. 30 m<sup>3</sup> (Gärrestspeicher 2) spontan freigesetzt wurden (sehr, sehr wenig Volumen bzw. Masse, wobei hier noch mit einem max. Druck von 5 mbar statt gegebener max. 3,5 mbar gerechnet wurde). Dieser Zeitpunkt wäre mit dem nach Gleichung 1 berechneten Massenstrom bereits nach kurzer Zeit nach Beginn der Freisetzung erreicht (1-2 Sekunden). Konservativ wird nun jedoch angenommen, dass der Austrittsstrom durch die Gewichtskraft der zusammenfallenden Dachhaube und das Stützluftgebläse unterstützt wird und dadurch der berechnete Ausflussmassenstrom solange konstant bleibt, bis sich die Dachspeicherhaube vollständig entleert und auf der Zwischendecke/ Mittelstütze ablegt.

Dabei kann ausgeschlossen werden, dass auch das darunter befindliche Biogas innerhalb des Stahlbetonbehälters (max. Freibord bis Höhe minimaler Restfüllstand) freigesetzt wird, was physikalisch gar nicht gehen kann. Bei Freisetzung dieses Biogases würde ein Vakuum im Behälter entstehen und es gibt keinerlei Antrieb, dass auch das Biogas aus dem Stahlbetonbehälter über das Gasspeicherdach freigesetzt wird.

#### 5.4.1 Toxische Gefährdung

Da im vorliegenden Fall der Biogasanlage Kantow der energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH lediglich die Gärrestspeicher mit konservativ ermittelten 500 ppm H<sub>2</sub>S- Gehalt im Biogas für die Beurteilung der Situation relevant sind (analog Fermenter mit Gasspeicher, kein Nachgärer vorhanden), erfolgte hierfür die Berechnung für Schwefelwasserstoff.

Dabei wird das komplette Gasvolumen der jeweiligen Gasspeicher des Gärrestspeichers 1 und 2 innerhalb sehr kurzer Zeit freigesetzt (unrealistisch, aber konservativ; das jeweils zurückbleibende Gasvolumen des zylindrischen Behältermantels (größerer Teil des vorhandenen Biogasvolumens) wird dann auf Grund des dichteneutralen Charakters von Biogas nicht oder nur sehr langsam an die Umgebung freigesetzt). Darüber hinaus wird als weitere Freisetzungsrates nach vollständigem Entleeren der Gasspeicher eine Masse von 1 kg/s unterstellt, was einem Nachströmen aus den benachbarten Gasspeichern bei ebenfalls unterstelltem gleichbleibendem Vor- druck/ Druckdifferenz von 5 mbar über die Verbindungsleitung entspricht. Dabei wird ebenfalls unterstellt, dass der Massenstrom konstant bleibt, obwohl dieses Volumen durch den Druckabfall deutlich abnimmt.

Als Kriterium für die Bewertung toxischer Gefahren wird im Leitfaden KAS-18 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. Auf Grund der hier unterstellten sehr schnellen Freisetzung des Biogases (nur wenige Sekunden) könnte auch auf den AEGL-2-Wert abgestellt werden, welcher irreversible Schädigungen in einem Expositionszeitraum von 10 Minuten beschreibt. Konservativ wird auf den niedrigeren ERPG-2-Wert abgestellt.

In den weiteren Abbildungen sind die Ergebnisse der Schwefelwasserstoffkonzentration in einer Höhe von 2 m über dem Boden dargestellt. Es erfolgt dabei eine Unterscheidung in Gärrestspeicher 1 und 2, da die ermittelten Freisetzungsrates (33,686 kg/s bzw. 20,212 kg/s) sehr stark abweichen, im Gegenzug aber die Freisetzung der größeren Rate über einen nur deutlich geringeren Zeitraum erfolgt.



Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 36 -

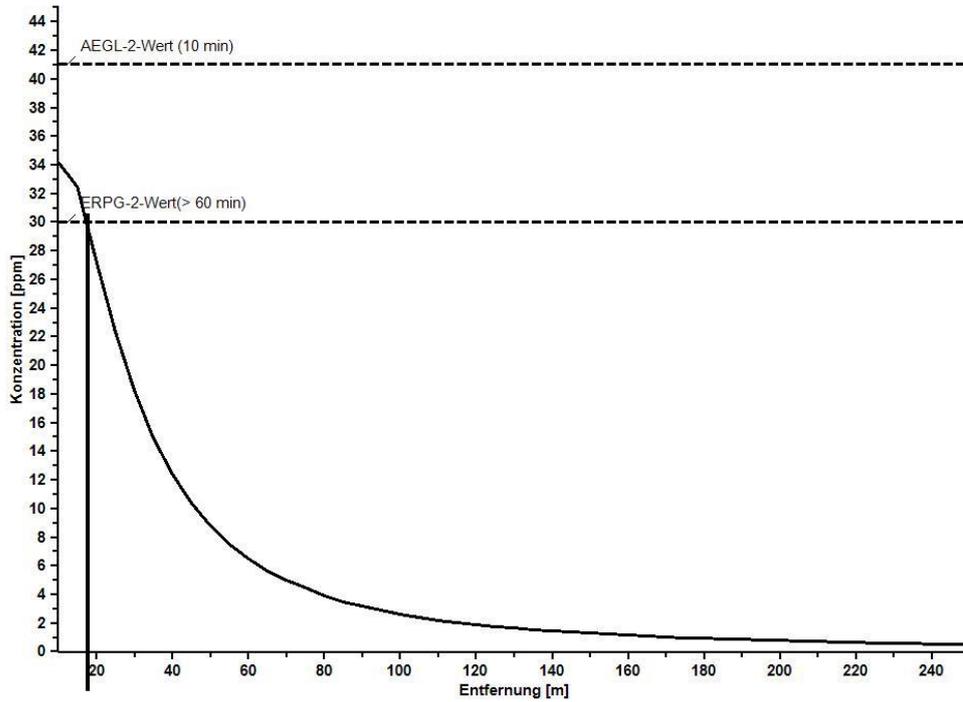


ABBILDUNG 14: GÄRRESTSPEICHER 1 - H<sub>2</sub>S-KONZENTRATION

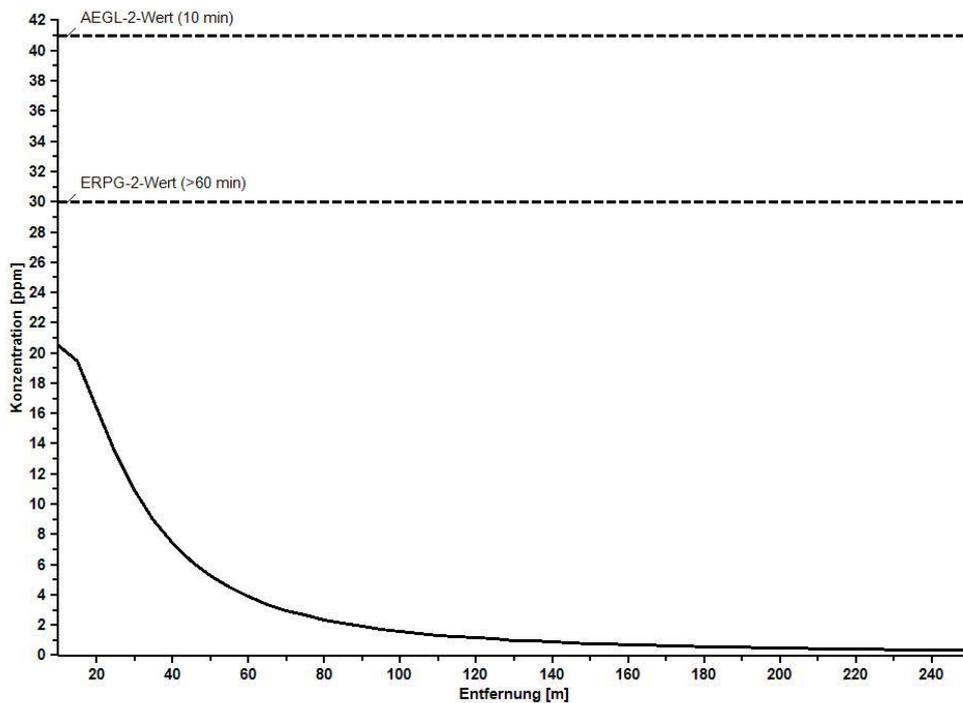


ABBILDUNG 15: GÄRRESTSPEICHER 2 - H<sub>2</sub>S-KONZENTRATION

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 37 -

Wie in den graphischen Darstellungen der Schwefelwasserstoffkonzentration über dem Boden (2 m Höhe) ersichtlich ist, wird der ERPG-2-Wert bei der mittleren Ausbreitungssituation an allen Aufpunkten ab 20 m Entfernung vom jeweiligen Behälter bereits unterschritten. Es erfolgte keine Bewertung für einen Abstand von weniger als 20 m, da hier das Modell zu ungenau ist. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass durch die Verdünnung bei mittlerer Windgeschwindigkeit bereits in einem Abstand von 5-10 m vom Behälter der Wert von 41 ppm Schwefelwasserstoff eingehalten bzw. unterschritten wird.

**Da der ERPG-2-Wert für H<sub>2</sub>S von 30 ppm ab einem Abstand von 20 m von allen Behältern unterschritten ist, wird für die toxische Gefährdung ein angemessener Sicherheitsabstand von 20 m festgesetzt (würde nur den Behälter mit Klemmschlauch betreffen, konservativ für alle Behälter mit Gasspeicher festgesetzt).**

#### 5.4.2 Explosionsgefährdung

Die Freisetzung des enthaltenen Methans als Bestandteil des Biogases in einer Höhe von 5,5 m (Gärrestspeicher 1 und 2) über dem Erdboden (2 m Höhe) zeigt, dass bodennah die untere Explosionsgrenze nicht erreicht wird und somit kein explosionsfähiges Biogas-Luft-Gemisch in einem Abstand von mehr als 20 m vorliegen wird (siehe Abbildung 16 und Abbildung 17).

Die Berechnung (nach VDI 3783 Blatt 1) hat ergeben, dass bei einer Freisetzung der maximalen Gasmenge der Gasspeicher der Behälter aus einem Leck mit den beschriebenen Dimensionen, die UEG bei Entfernungen > 20 m unterschritten ist. Es wird von Berechnungen in dichter Entfernung vom Freisetzungsort abgesehen, da die zu erwartenden Rechenergebnisse in solch geringen Entfernungen nicht mehr repräsentativ sind. Es wird darauf hingewiesen, dass das Rechenmodell der VDI 3783 nicht für Nahbereiche geeignet ist und überschätzte Ergebnisse liefert.

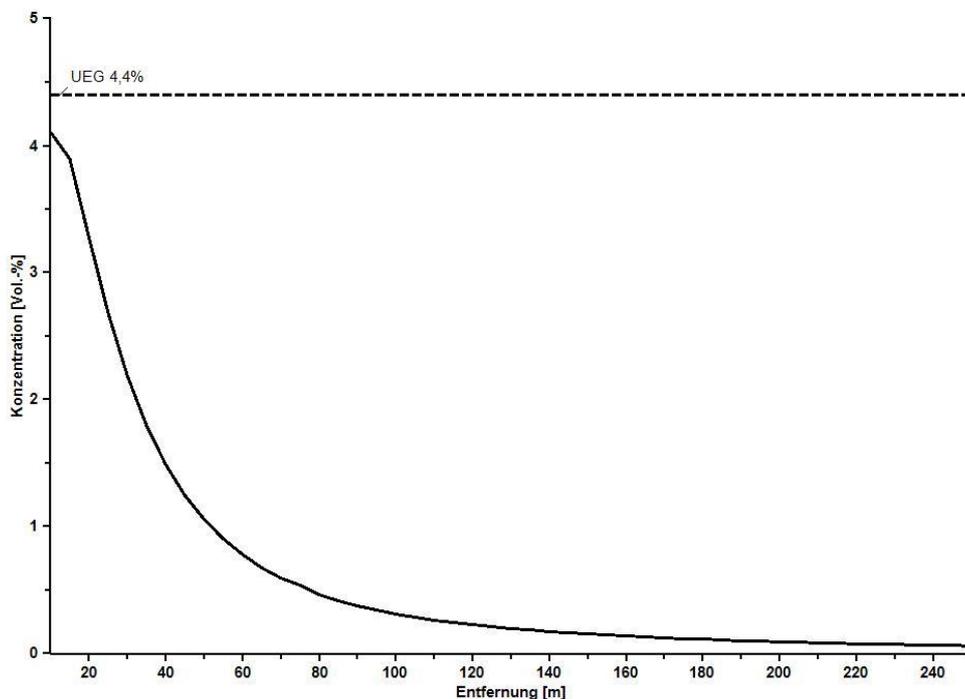


ABBILDUNG 16: GÄRRESTSPEICHER 1 - CH<sub>4</sub>-KONZENTRATION

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 38 -

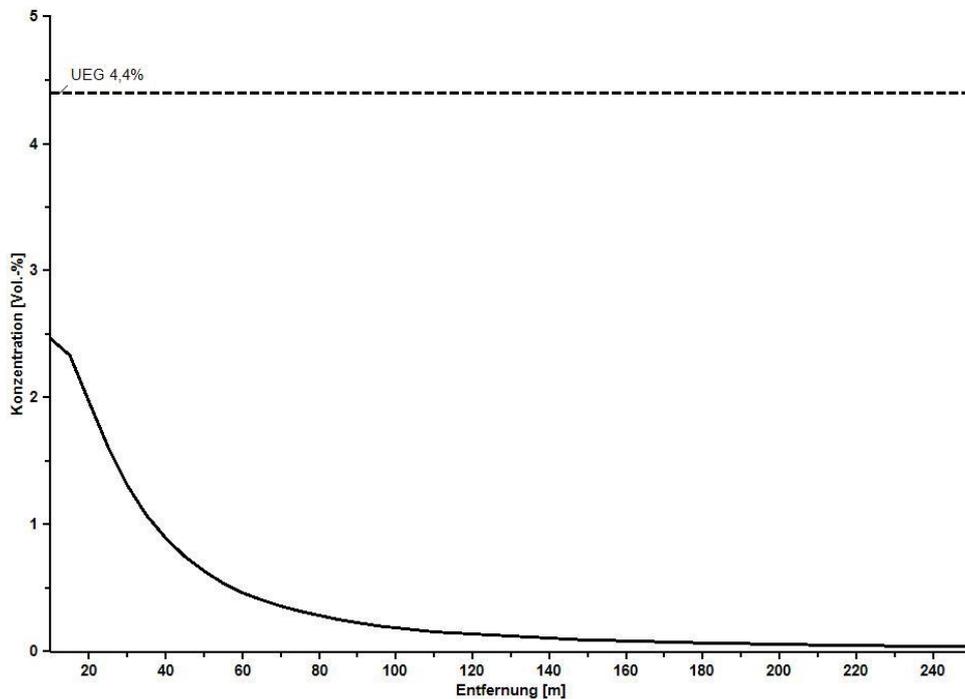


ABBILDUNG 17: GÄRRESTSPEICHER 2 - CH<sub>4</sub>-KONZENTRATION

### 5.5 Ermittlung des angemessenen Abstandes Szenario 2

Im Szenario 2 wird die Zündung einer Biogaswolke im Dennoch-Störfall untersucht.

Die vorangegangenen Berechnungen haben aufgezeigt, dass die untere Explosionsgrenze (UEG) im Bodenbereich (Höhe: 2 m) bei ungünstiger Ausbreitungssituation nicht überschritten wird. Zudem haben die Berechnungen auch ergeben, dass in einer Höhe von 5 bis 18 m über Gelände die Gaskonzentration bis ca. 20 m vom Behälter entfernt zündfähig sein kann. Die Ermittlung der explosionsfähigen Masse erfolgt hierbei mit dem Programm AustalHaz (Eingabedaten und Ergebnis siehe angefügte Protokolldateien).

Konservativ kann angenommen werden, dass sich das Biogas im unmittelbaren Nahbereich der Behälterwand aufkonzentriert. Da Biogas primär als hochentzündlich einzustufen ist, werden im Folgenden die Auswirkungen der Entzündung einer zuvor freigesetzten Gaswolke untersucht.

Ausgehend von einer wirksamen Zündung der freigesetzten Biogaswolke innerhalb der Explosionsgrenzen 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 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.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 39 -

### 5.5.1 Explosionsdruck

Zur Untersuchung des Ablaufes einer Gaswolkenexplosion wird das Multi-Energy-Modell nach TNO verwendet. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit dem Programm ProNuSs 9.47 durchgeführt, in welchem das genannte Modell implementiert ist.

Da es zu keiner relevanten Verblockung durch sehr hohe Gebäude kommt, entstehen bei der Explosion der Gaswolke im Nahbereich der Behälter oder der Gasspeicher selbst keine nennenswerten Explosionsdrücke. Die 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.

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

Wie bereits beschrieben wird die Biogasmenge nicht spontan in Größenordnungen freigesetzt, sondern innerhalb eines längeren Zeitfensters. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verdünnung an den Wolkenrändern bereits weit fortgeschritten ist und sich einige Gasmengen im Randbereich der Biogaswolke bereits deutlich unterhalb der UEG verdünnt haben. Daher wird ein großer Teil der Gasmenge nicht mehr an der Entzündung teilnehmen. Dies wird im Berechnungsprogramm ProNuSs 9.47 zur Ermittlung der explosionsfähigen Masse berücksichtigt. Es wurde durch das Programm eine explosionsfähige Masse von 721,5 kg (Gärrestspeicher 1) bzw. 498,2 kg (Gärrestspeicher 2) ermittelt. Als Wolkendurchmesser wird ein Wert von 20 m verwendet.

Anhand der folgenden Abbildung wird deutlich, dass der Explosionsdruck als gering einzuschätzen ist.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 40 -

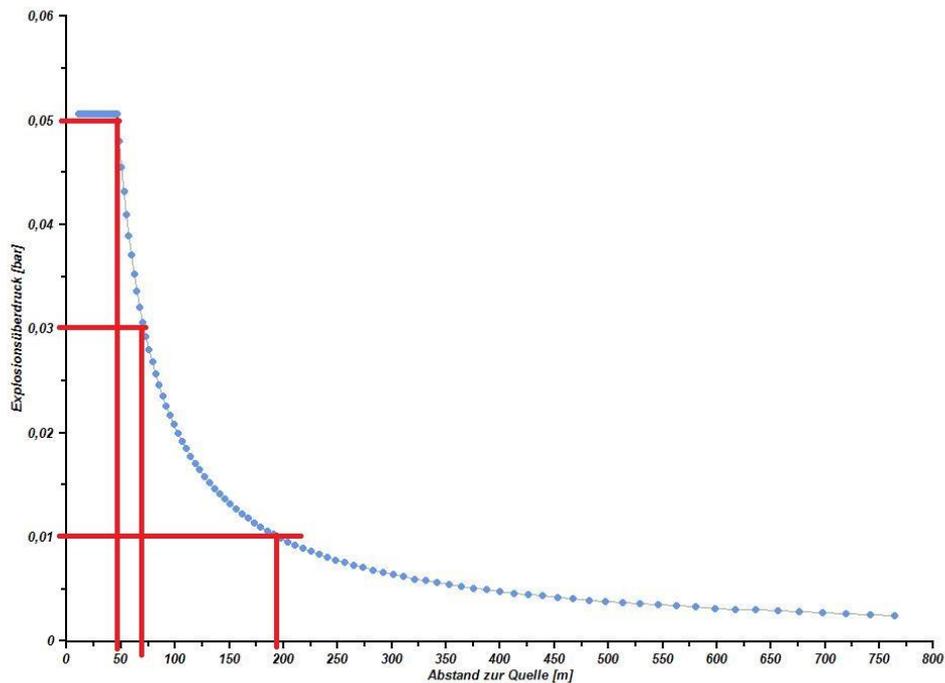


ABBILDUNG 18: GÄRRESTSPEICHER 1 - EXPLOSIONSÜBERDRUCK IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG, MULTI-ENERGY-MODELL, KATEGORIE 3

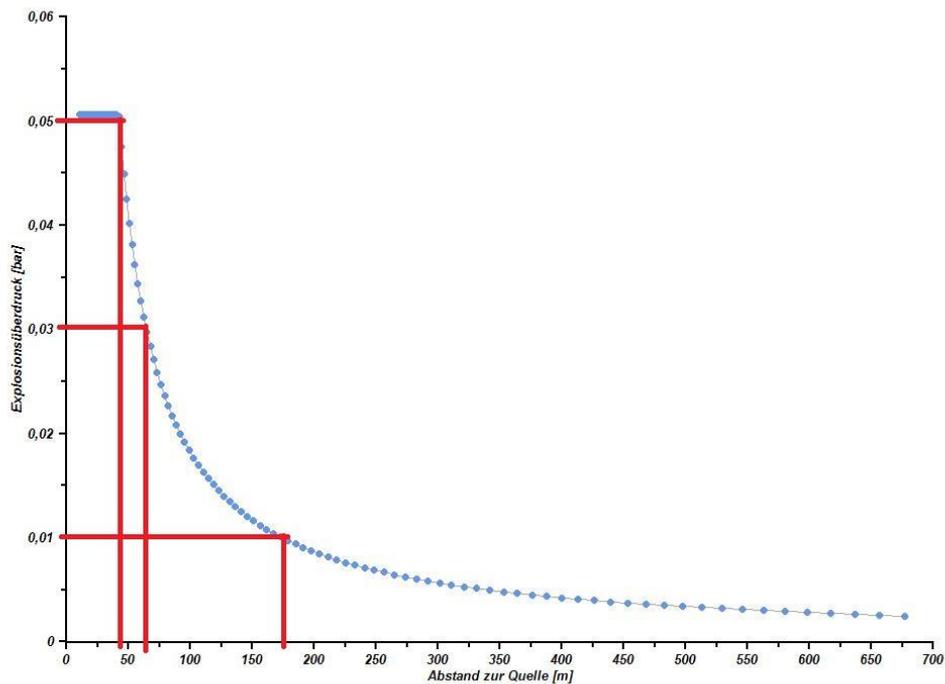


ABBILDUNG 19: GÄRRESTSPEICHER 2 - EXPLOSIONSÜBERDRUCK IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG, MULTI-ENERGY-MODELL, KATEGORIE 3

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 41 -

### Bewertung möglicher Auswirkungen

Der Beurteilungswert für eine Explosion (Spitzendruck) kann der Tabelle 5 entnommen werden.

TABELLE 5: BEURTEILUNGSWERT FÜR EXPLOSIONSDRUCK

Effekt	Beurteilungswert	Bemerkung
Explosionsdruck	0,1 bar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mittlerer Grenzwert für Flächennutzungsplanung gemäß KAS-18</li> </ul>

Zudem werden zur Beurteilung möglicher Auswirkungen durch Explosionsdruck folgende Schadensbilder, die dem Programm-Handbuch entnommen worden und auf Forschungsberichten des Umweltbundesamtes (UBA) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), herangezogen.

TABELLE 6: PERSONENSCHÄDEN

Personenschaden	Druck	Gärrestspeicher 1 und 2
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

TABELLE 7: SCHÄDEN AN GLASSCHEIBEN

Schäden an Glasscheiben	Druck	Entfernung Gärrestspeicher 1	Entfernung Gärrestspeicher 2
Bruch von 10% der Scheiben	0,01 bar	190	175
Bruch von 75% der Scheiben	0,03 bar	70	65
Bruch von 100% der Scheiben	0,05 bar	50	45

**Da die Grenze der Empfehlung des KAS-18-Leitfadens nicht erreicht wird, ist für den Explosionsdruck kein angemessener Sicherheitsabstand festzusetzen, der eingehalten werden muss.**

#### 5.5.2 Wärmestrahlung

Der Leitfaden KAS-18 der Kommission für Anlagensicherheit empfiehlt eine Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m<sup>2</sup> als Grenze für nachteilige Wirkungen. Dieser Wert gilt für Brände **mit beliebig langen Einwirkzeiten** (unbestimmt lange Branddauer und daher auf längere Einwirkzeiten anzusetzen).

TABELLE 8: BEURTEILUNGSWERT FÜR WÄRMESTRAHLUNG

Effekt	Beurteilungswert	Bemerkung
Wärmestrahlung	1,6 kW/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für Menschen gemäß KAS-18</li> <li>• <b>Wert gilt für Brände mit beliebig langen Einwirkzeiten</b> (unbestimmt lange Branddauer)</li> </ul>

Bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen bei einer Gaswolkenexplosion ist die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Bei Biogas (Methan) beträgt die Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit zwischen 20 m/s bis 40 m/s im Freiraum ohne

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 42 -

nennenswerte Hindernisse. Damit wäre die freigesetzte Biogaswolke nach maximal ca. 1-2 Sekunden vollständig abgebrannt. Für diese Einwirkzeiten setzt der Leitfaden KAS-18 die Grenzwerte 11,7 kW/m<sup>2</sup> bei 4 Sekunden und 19,9 kW/m<sup>2</sup> bei 2 Sekunden Strahlungsdauer bis zum Erreichen der Schmerzgrenze ungeschützter Personen fest.

Für das hier vorliegende Biogas wurde mittels Moduls „Freistrahlf Flamme“ eine Strahlungsintensität von 128,3 kW/m<sup>2</sup> bzw. 118,7 kW/m<sup>2</sup> berechnet. Als Flammenlänge (90°) wurde 56,1 m bzw. 45,2 m und als mittlerer Flammendurchmesser 14,6 m bzw. 11,7 m berechnet (jeweils Gärrestspeicher 1 bzw. 2). Basierend auf diesen Parametern wurde die Wärmestrahlung bis zu einer Entfernung von 200 m und einer Höhe von 1 m über Grund ermittelt. Das Ergebnis ist in nachfolgender Abbildung 20 und Abbildung 21 visualisiert.

Da die Freistrahlf Flamme für das Szenario bei Biogasanlagen eher ungeeignet ist, wurde auch der Abbrand der freigesetzten Biogaswolke berechnet. Die Abmaße der Wolke resultieren aus Szenario 2 (721,5 kg bzw. 498,2 kg explosionsfähige Masse, die neben dem Behälter mit einer Ausdehnung von 20 m Gaswolkenlänge sowie 6,4 m bzw. 5,3 m Gaswolken Durchmesser und ca. 5,5 m Höhe der Mittellinie der Gaswolke über dem Erdboden abbrennen. Dieser Abbrand dauert nur ca. 1-2 Sekunden. Das Ergebnis 1 m über Erdboden ist in Abbildung 22 und Abbildung 23 ersichtlich. Als Strahlungsintensität des hier vorliegenden Biogases wurde der Wert aus dem Modul „Freistrahlf Flamme“ mit 128,3 kW/m<sup>2</sup> bzw. 118,7 kW/m<sup>2</sup> verwendet.

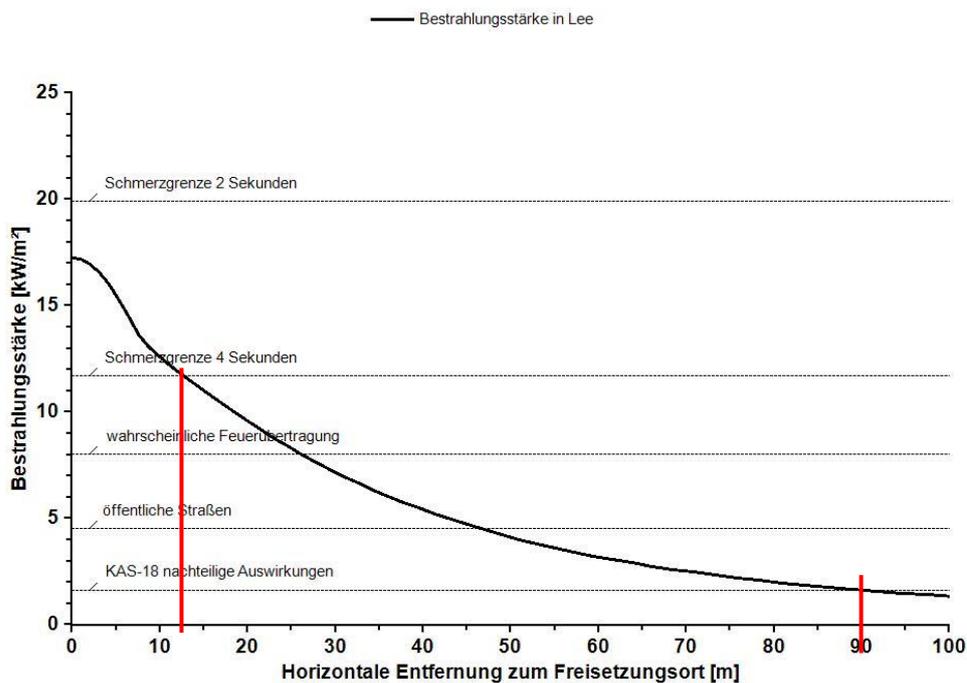


ABBILDUNG 20: GÄRRESTSPEICHER 1 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE EINER FREISTRALHFLAMME

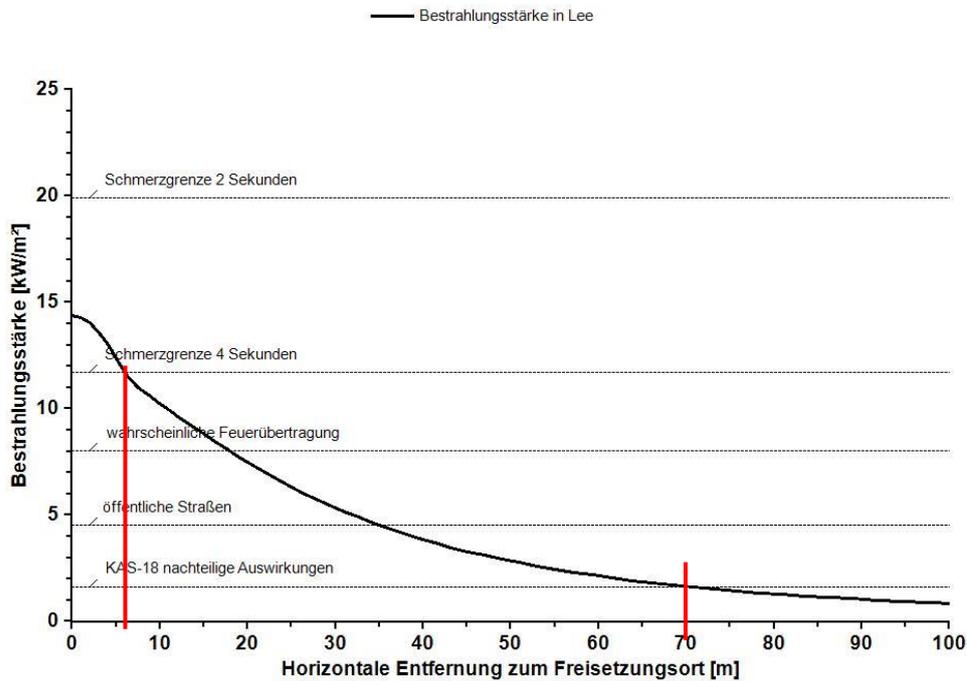


ABBILDUNG 21: GÄRRESTSPEICHER 2 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE EINER FREISTRABLFLAMME

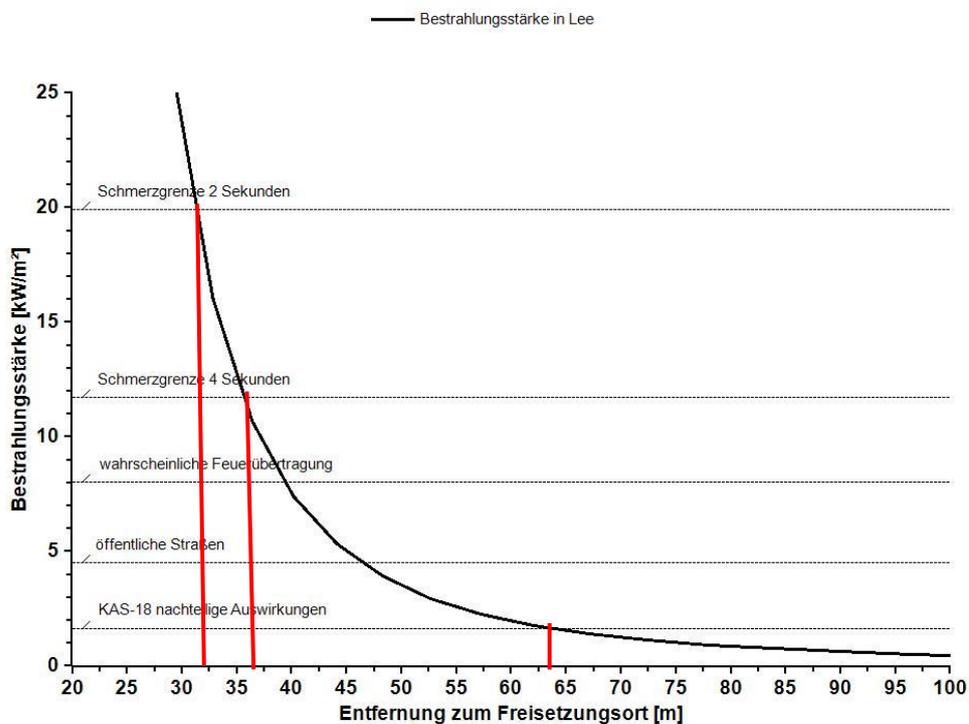


ABBILDUNG 22: GÄRRESTSPEICHER 1 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE DES ABBRANDES EINER GASWOLKE

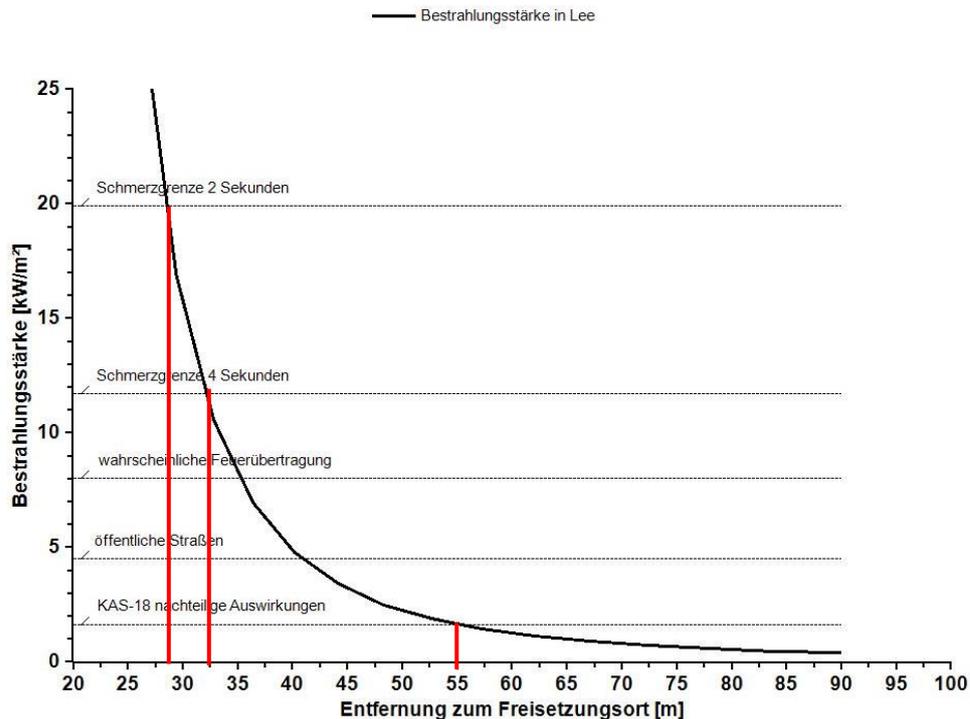


ABBILDUNG 23: GÄRRESTSPEICHER 2 - WÄRMESTRAHLUNG INFOLGE DES ABBRANDES EINER GASWOLKE

### 5.5.2.1 Auswertung Freistrahflamme

Über das Modul „Freistrahflamme“ wurde die Strahlungsintensität in jeweiliger Entfernung zu den Gasspeichern ermittelt. Im Ergebnis einer Flamme, die dauerhaft brennt, wurde ermittelt, dass der nach KAS-18 anzuwendende Wert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> in einer Entfernung von 90 m bzw. 70 m gegeben ist. **Die unbegrenzt brennende Freistrahflamme ist bei Biogasanlagen jedoch nicht relevant**, da der Überdruck im Behälter sehr, sehr gering ist und nach wenigen Sekunden (2-4 Sekunden, Freisetzung von nur 30-31 m<sup>3</sup> erforderlich) bereits ausgeglichen ist.

### 5.5.2.2 Auswertung Gaswolkenabbrand

Der Bereich einer intensiven Wärmestrahlung, die bei ungeschützten Personen und einer Einwirkdauer von max. 2 Sekunden zu Schmerzen führen kann, wird mit einer Entfernung von weniger als 35 m erwartet. Für eine Einwirkdauer von bis zu 4 Sekunden wäre ein Abstand von 40 m zu empfehlen. Eine Betrachtung für einen Wert von nur 1,6 kW/m<sup>2</sup> ist aus Sicht des Sachverständigen für den Abbrand einer Gaswolke nicht relevant, da dieser Abbrand nach ca. 2 Sekunden vorbei ist und damit keine beliebige Branddauer unterstellt werden kann.

### 5.5.2.3 Zusammenfassung Wärmestrahlung

TABELLE 9: WÄRMESTRAHLUNG - ABSTAND BEI FREISTRAHLFLAMME UND GASWOLKENABBRAND

Auswirkung	Strahlungsintensität	Freistrahflamme *	Gaswolkenabbrand *
Grenzwert gemäß KAS-18 für nachteilige Auswirkungen	1,6 kWh/m <sup>2</sup>	90 / 70 m	65 / 55 m
Grenze für wahrscheinliche Feuerübertragung	8,0 kWh/m <sup>2</sup>	25 / 20 m	40 / 40 m
Schmerzgrenze 4 Sekunden	11,7 kWh/m <sup>2</sup>	15 / 10 m	40 / 35 m
Schmerzgrenze 2 Sekunden	19,9 kWh/m <sup>2</sup>	nicht erreicht	35 / 30 m

\* .. aufgerundet auf volle 5 m

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 45 -

Aus Sicht des Sachverständigen wird für das realistische Szenario der größere Wert für eine kurzzeitige Wärmestrahlung von bis zu 4 Sekunden mit 40 m für alle Behälter festgelegt, wobei nochmals der Hinweis erfolgt, dass eine Freistrahlf Flamme für eine Biogasanlage ein unrealistisches Szenario ist.

Der ermittelte Wert von 90 m bzw. 70 m für den Abstand bei dem für den Fall der Freistrahlf Flamme nur noch eine Strahlungsintensität von 1,6 kW/m<sup>2</sup> gegeben ist, wird durch den Sachverständigen ebenfalls als unrealistisch eingeschätzt, aber dennoch informativ dargestellt.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 46 -

## 6 Auswertung der Ergebnisse

Basierend auf der orientierenden Ermittlung des Achtungsabstandes ergibt sich unter Nutzung der Vorgaben des Leitfadens KAS-18 ein für die hier betrachtete Biogasanlage einzuhaltender Achtungsabstand von 250 m (da der Gärrestspeicher 1 unverändert mit einem Klemmschlauch betrieben wird). Die abstandsbestimmende Größe ist hierbei jedoch die Unterstellung eines unrealistischen Biogases, da eine Konzentration an Schwefelwasserstoff von **2% (20.000 ppm)** unterstellt wird.

Im Rahmen der weiterführenden detaillierten Betrachtung wurde deshalb der angemessene Sicherheitsabstand im Sinne des Leitfadens KAS-18 in Verbindung mit dem Leitfaden KAS-32 ermittelt. Hier zeigt sich, dass auf Basis der vorhandenen und geplanten Anlagenausführung inklusive der vorhandenen Inputstoffe ein nur sehr geringes Gefährdungspotential von der vorhandenen Biogaserzeugung inkl. geplanter Erweiterung der Gasspeicher und Gärrestspeicher ausgeht bzw. ausgehen kann.

Die Entschwefelung im direkten Biogaserzeugungsprozess (< 150 ppm) führt dazu, dass für den akut toxischen Schwefelwasserstoff unter konservativer Annahme einer Konzentration von max. 500 ppm und der mittleren Wettersituation ein kleiner angemessener Sicherheitsabstand festzulegen ist.

Selbst unter konservativer Annahme von 500 ppm und unter Maßgabe einer sehr hohen Freisetzungsrates durch ein unterstelltes Leck mit 1,0 m<sup>2</sup> bei gleichzeitig langanhaltendem Druck von 5 mbar zur Freisetzung des Biogases ergibt sich für die mittlere Wettersituation ein einzuhaltender angemessener Sicherheitsabstand in Bezug auf die toxische Gefährdung durch Schwefelwasserstoff von 20 m. Die Konzentration an toxischem H<sub>2</sub>S liegt hier in unmittelbarer Nähe zu den betrachteten Gärückstandslagerbehältern nach 20 m sicher unterhalb des ERPG-2-Werts von 30 ppm. Bereits bei geringerem Abstand wird der AEGL-2-Wert von 41 ppm unterschritten bzw. nie erreicht.

Da die Berechnungsgrundlagen auf Grund Ihres Modellcharakters für den unmittelbaren Nahbereich von 10 m bis 20 m von der Austrittsstelle nicht geeignet sind, wird konservativ dieser Bereich als angemessener Sicherheitsabstand für die toxische Gefährdung für alle 3 relevanten Behälter festgelegt:

- **20 m um die Gasspeicher des Fermenters und die beiden Gärrestspeicher**

Die Gefährdung aus der Freisetzung einer explosionsfähigen Gaswolke ist ebenfalls als gering einzuschätzen. Die Zündung der maximalen Gaswolke führt nicht zum Erreichen von Explosionsdrücken, die eine Gesundheitsgefährdung nach sich ziehen würden. Die untere Grenze für einen Riss des Trommelfells mit 0,175 bar Überdruck wird nicht erreicht. Auch der nach KAS-18 genannte Grenzwert von 0,1 bar wird nicht erreicht. Dies begründet sich damit, dass das Biogas in den großen Gasspeichern nahezu drucklos gespeichert wird und die Freisetzung in Richtung der schutzwürdigen Objekte unverdämmt/ unverblickt erfolgen würde. Die Zündung der Gaswolke kann somit nicht zu einem relevanten Druckaufbau führen, sondern „verpufft“ in der freien Atmosphäre. Für die Auswirkungen des Explosionsdrucks einer Gaswolke ist folgender angemessener Sicherheitsabstand festzulegen:

- **es ist keine Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes erforderlich**

Im Rahmen der Ermittlung der Auswirkungen durch die Wärmestrahlung ist festzustellen, dass bei einer zu erwartenden Einwirkzeit von 2 Sekunden bis zu einer Entfernung von 35 m und bei einer Einwirkzeit von 4 Sekunden bis zu einer Entfernung von 40 m eine nachteilige Auswirkung erfolgen kann. Da die Flamme nur 1-2 Sekunden wirkt, ist der Wert des KAS-18-Leitfadens für eine längere Einwirkdauer nicht anzuwenden. Es ergibt sich folgender konservativer angemessener Sicherheitsabstand:

- **40 m um die Gasspeicher des Fermenters und die beiden Gärrestspeicher**

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 47 -

Die ermittelten angemessenen Sicherheitsabstände sind in der beigefügten Zeichnung „Lageplan - angemessene Abstände“ (Anhang 2) dargestellt:

- **40 m in alle Richtungen für alle in Frage kommenden Schutzobjekte**

Rein **informativ** ist ebenfalls der ausgewiesene angemessene Sicherheitsabstand von 90 m dargestellt, der sich auf Basis der unrealistischen Annahme eines Dauerbrandes der Freistrahlf Flamme ergeben würde.

## 7 Zusammenfassung

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurden die Auswirkungen der geplanten Erweiterung der bereits bestehenden Anlage der energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH am Standort Kantow auf die nächstliegenden Schutzobjekte i.S.d. § 50 BImSchG geprüft. Hierfür standen die Planungsunterlagen, Herstellerunterlagen sowie weitere Unterlagen des Betreibers sowie der Ingenieure SHN GmbH zur Verfügung. Im Ergebnis der Ermittlung des Achtungsabstandes nach Leitfaden KAS-18 in Verbindung mit KAS-32 wurde ein einzuhaltender Achtungsabstand von 250 m bestimmt. Dieser Abstand würde im vorliegenden Fall auf Grund des Fehlens von Schutzobjekten (die Wohnnutzung der Ortslage Kantow liegt deutlich unter 5.000 m<sup>2</sup> Bruttofläche) sicher eingehalten werden.

Dennoch wurde eine weitere detaillierte Betrachtung des angemessenen Sicherheitsabstandes durchgeführt, bei der berücksichtigt werden kann, dass keinesfalls Biogas mit Schwefelwasserstoffkonzentrationen von bis zu 20.000 ppm vorliegt. Hierzu wurde mittels Betreibererfahrungen der letzten Jahre sowie wissenschaftlicher Grundlagen ein Schwefelwasserstoffgehalt innerhalb des erzeugten Biogases von 166 ppm (massebezogen) und 130 ppm (volumenbezogen) ermittelt. Konservativ wurde dieser Wert auf 500 ppm aufgerundet.

Des Weiteren wurde konservativ davon ausgegangen, dass der identische Abstand für alle Gasspeicher gilt, der für den vorhandenen Gasspeicher des Gärrestspeichers 1 konservativ für ein Leck von 1,0 m<sup>2</sup> sowie einem Überdruck von 5 mbar ermittelt (hier nur 3,5 mbar gegeben) und somit eine Freisetzungsraten von 33,686 kg/s unterstellt wurde. Auch die Freisetzungshöhe ist bei den Behältern in etwa identisch, so dass die ermittelten Werte auf alle Behälter mit Gasspeicher angewandt werden kann. Hieraus resultiert ebenfalls, dass sich durch die beantragten neuen Gasspeicher bzw. Gärrestspeicher 2 mit Gasspeicher keine größeren angemessenen Sicherheitsabstände ergeben, als bisher für die Bestandsanlage zu unterstellen gewesen wäre.

Diesbezüglich ergibt sich lediglich eine Erweiterung der Lage der Sicherheitsabstände in Richtung Westen, wo der neue Gärrestspeicher 2 geplant ist.

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 48 -

Die Ermittlung des angemessenen Abstandes unter Berücksichtigung des Leitfadens KAS-32 hat zum Ergebnis, dass

- für die toxische Wirkung des Biogases durch den enthaltenen Schwefelwasserstoff (nur sehr geringe Konzentration) konservativ ein angemessener Sicherheitsabstand um die Gasspeicher der 3 Behälter von 20 m (graphisch nicht dargestellt, da kleiner als der für die Wärmestrahlung),
- für relevante Auswirkungen durch die Wärmestrahlung ein angemessener Sicherheitsabstand um die Gasspeicher der 3 Behälter von 40 m und
- für die Auswirkungen durch Druck bei einer Gaswolkenexplosion kein angemessener Sicherheitsabstand festzulegen ist.

Ausgehend davon, dass durch Dennoch- Störfall- Szenarien zwar Biogas freigesetzt, aber hierdurch keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten sind, ist aus Sicht des Gutachters kein Konflikt im Sinne des Störfallrechts und des BImSchG gegeben.

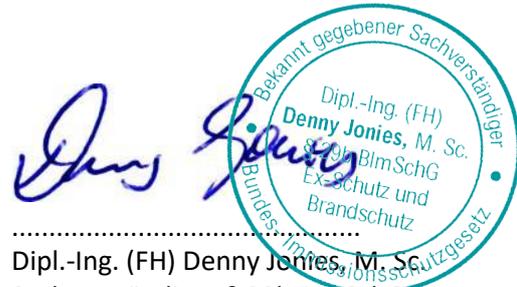
**Durch das vorliegende Gutachten konnte nachgewiesen werden, dass zwischen der vorhandenen Biogasanlage einschließlich der geplanten Erweiterung und möglichen schutzwürdigen Objekten (hier nicht vorhanden) keine Konfliktpotentiale bestehen.**

**Der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand von 40 m, der aus Betrachtung der Wärmestrahlung eines Wolkenabbrandes stammt, wird zu möglichen Schutzobjekten sicher eingehalten.**

**Auswirkungen auf Schutzgebiete bzw. Biotope im Sinne des Naturschutzes ergeben sich nicht.**

Chemnitz, 2024-06-24

ingenieure   
bau-anlagen-umwelttechnik



.....  
Dipl.-Ing. (FH) Denny Jonies, M. Sc.  
Sachverständiger § 29b BImSchG  
Ingenieure  
Bau- Anlagen- Umwelttechnik SHN GmbH

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 49 -

<b>Anhänge zum Gutachten KAS-18/ 32</b>
---

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Anhang 1                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein- und Ausgabedaten ProNuSs</li> </ul>   |
| Anhang 2                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisierung der angemessenen Sicherheitsabstände</li> </ul>   |
| siehe Antragsunterlagen<br>BlmSchG | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenblatt Biogas der GisChem<br/>(<b>Achtung:</b> die hierin dargestellte Einstufung der Toxizität von Biogas ist aus unserer Sicht und in Abstimmung mit dem MLUK Brandenburg fehlerhaft, Acute Tox. 4 trifft erst ab <math>\geq 2,2</math>Vol.-% Schwefelwasserstoff zu)</li> </ul> |
| siehe Antragsunterlagen<br>BlmSchG | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung zur StörfallV für den Soll-Zustand</li> </ul>   |

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 50 -

## Anhang 1 - Ein- und Ausgabedaten ProNuSs

### Berechnung des freigesetzten Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Programm Version: 9.47.5

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Biogas_60_39.95_500
Bearbeitungsdatum:	28.12.2023
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	27,22
Isentropenexponent [-]:	1,299
Realgasfaktor [-]:	0,996
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	1,018
Überdruck [bar]:	0,005
Gasdichte [kg/m <sup>3</sup> ]:	1,1412
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,3279
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	4,4
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	16,5
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	30,2
Diffusionskoeffizient in Luft [m <sup>2</sup> /s]:	1,856e-05
Temperaturklasse:	Keine Angabe
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Gasgemisch:

Stoffname	Stoffanteil Mol.-%	Massenanteil Masse-%	Volumenanteil Vol.-%
Methan	60,000	35,353	60,000
Kohlendioxid	39,950	64,585	39,950
Schwefelwasserstoff	0,050	0,063	0,050

Eingabedaten:

Durchmesser [mm]:	<b>GRL 2</b> 874,04	<b>GRL 1</b> 1.128,38
Leckfläche [m <sup>2</sup> ]:	0,60	1,00
Ausflußziffer [-]:	1,00	1,00
Anzahl der Lecks:	1	1

**Ergebnisse:**

**Massenstrom [kg/s]:**                      **20,2117**                      **33,6862**

### VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Programm Version: 9.47.5

Rauhigkeitsklasse [-]: 3,00

Rauhigkeitshöhe [m]: 0,50

mittlere Bebauungshöhe [m]: 2,0000E+01

Quellparameter der Linienquelle:

Quellabmessungen:

XQ [m]:	<b>GRL 2</b> 0,0000E+00	<b>GRL 1 abweichend</b> 5,0000E+00
YQ [m]:	3,0000E+00	
ZQ [m]:	0,0000E+00	
Quellhöhe [m]:	5,5000E+00	
Emissionsdauer [s]:	6,0000E+02	

Zeit n. Emissionsbeginn [s]

	Quellstärke g/s		
2,0000E+02	4,0423E+03	7,0000E+01	6,7372E+03
6,0000E+02	2,0000E+02	6,0000E+02	2,0000E+02
Freigesetzte Masse [g]:	4.442.340,00 → entspr. 4.442,3 kg	2.888.034,00 → entspr. 2.888,0 kg	

Berechnung aller Immissionsdaten, Aufpunktkoordinaten:

XA [m]=	1,0000E+01
YA [m]=	0,0000E+00
ZA [m]=	2,0000E+00

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 51 -

Berechnungen für Aufpunkte mit Quellentfernungen unter 100 m oder Aufpunkte neben der Fahnenachse (YA<>0) entsprechen nicht der Richtlinie 3783 Blatt 1.

mittlere Ausbreitungssituation: Schichtung: indifferent, keine Inversion

Windgeschwindigkeit in Anemometerhöhe [m/s]: 3,8000E+00

Transportgeschwindigkeit [m/s]: 2,9688E+00

\*\*\*\*\* Zusammenfassung \*\*\*\*\*

x	y	z	c	c	Dosis	W
[m]	[m]	[m]	[mg/m³]	[ppm]	[mg s/m³]	[-]
1,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	7,8735E+04	6,8410E+04	6,7687E+06	0,0000E+00
1,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	7,4646E+04	6,4858E+04	6,3282E+06	0,0000E+00
2,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	6,2800E+04	5,4565E+04	5,3533E+06	0,0000E+00
2,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	5,1508E+04	4,4754E+04	4,3951E+06	0,0000E+00
3,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	4,1941E+04	3,6442E+04	3,5884E+06	0,0000E+00
3,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	3,4416E+04	2,9903E+04	2,9451E+06	0,0000E+00
4,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	2,8509E+04	2,4771E+04	2,4345E+06	0,0000E+00
4,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	2,3868E+04	2,0738E+04	2,0386E+06	0,0000E+00
5,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	2,0198E+04	1,7550E+04	1,7252E+06	0,0000E+00
5,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,7263E+04	1,4999E+04	1,4747E+06	0,0000E+00
6,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,4896E+04	1,2942E+04	1,2725E+06	0,0000E+00
6,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,2965E+04	1,1265E+04	1,1075E+06	0,0000E+00
7,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,1377E+04	9,8848E+03	9,7192E+05	0,0000E+00
7,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,0329E+04	8,9750E+03	8,5922E+05	0,0000E+00
8,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	8,9536E+03	7,7795E+03	7,6492E+05	0,0000E+00
8,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	8,0234E+03	6,9713E+03	6,8547E+05	0,0000E+00
9,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	7,2347E+03	6,2861E+03	6,1813E+05	0,0000E+00
9,5000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	6,5623E+03	5,7018E+03	5,6090E+05	0,0000E+00
1,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	5,9843E+03	5,1996E+03	5,1172E+05	0,0000E+00
1,0500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	5,4858E+03	4,7664E+03	4,6899E+05	0,0000E+00
1,1000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	5,0540E+03	4,3913E+03	4,3214E+05	0,0000E+00
1,1500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	4,6799E+03	4,0662E+03	3,9980E+05	0,0000E+00
1,2000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	4,3403E+03	3,7711E+03	3,7141E+05	0,0000E+00
1,2500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	4,0440E+03	3,5137E+03	3,4649E+05	0,0000E+00
1,3000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	3,7782E+03	3,2828E+03	3,2366E+05	0,0000E+00
1,3500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	3,5395E+03	3,0754E+03	3,0543E+05	0,0000E+00
1,4000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	3,3232E+03	2,8874E+03	2,8709E+05	0,0000E+00
1,4500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	3,1264E+03	2,7165E+03	2,7041E+05	0,0000E+00
1,5000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,9464E+03	2,5601E+03	2,5517E+05	0,0000E+00
1,5500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,7812E+03	2,4165E+03	2,4118E+05	0,0000E+00
1,6000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,6287E+03	2,2840E+03	2,2838E+05	0,0000E+00
1,6500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,4887E+03	2,1624E+03	2,1649E+05	0,0000E+00
1,7000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,3586E+03	2,0493E+03	2,0557E+05	0,0000E+00
1,7500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,2382E+03	1,9447E+03	1,9544E+05	0,0000E+00
1,8000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,1263E+03	1,8474E+03	1,8614E+05	0,0000E+00
1,8500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,0220E+03	1,7569E+03	1,7734E+05	0,0000E+00
1,9000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,9251E+03	1,6727E+03	1,6932E+05	0,0000E+00
1,9500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,8351E+03	1,5945E+03	1,6181E+05	0,0000E+00
2,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,7503E+03	1,5208E+03	1,5466E+05	0,0000E+00
2,0500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,6718E+03	1,4526E+03	1,4816E+05	0,0000E+00
2,1000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,5977E+03	1,3882E+03	1,4203E+05	0,0000E+00
2,1500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,5287E+03	1,3282E+03	1,3634E+05	0,0000E+00
2,2000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,4632E+03	1,2713E+03	1,3094E+05	0,0000E+00
2,2500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,4020E+03	1,2182E+03	1,2578E+05	0,0000E+00
2,3000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,3445E+03	1,1682E+03	1,2106E+05	0,0000E+00
2,3500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,2896E+03	1,1205E+03	1,1661E+05	0,0000E+00
2,4000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,2384E+03	1,0760E+03	1,1225E+05	0,0000E+00
2,4500E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,1895E+03	1,0335E+03	1,0826E+05	0,0000E+00
2,5000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,1439E+03	9,9393E+02	1,0452E+05	0,0000E+00

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 52 -

### AustalHaz

Datum: 21 Jun 2024 ; 05:12:37

Programm Version: 9.47.5

Stoffdaten:

Quelle Nr.: 1

Ausgewählter Stoff: Biogas\_60\_39.95\_500

Bearbeitungsdatum: 28.12.2023

Kein Windfeld-Verzeichnis gefunden: Windfeldberechnung wird durchgeführt.

Job-ID: 215158120240621171238

Qualität [-]: 14  
 Zeitschrittweite [s]: 10  
 X-Position [m]: 0,00  
 Y-Position [m]: 0,00  
 Freisetzungshöhe [m]: 5,50  
 Quelltiefe [m]: 0,00 **GRL 2 abweichend**  
 Quellbreite [m]: 5,00 3,00  
 Quellschichttiefe [m]: 0,00

### Rechengitter

Länge des Vorlaufs [m]: 30,00

Punktzahl in X-Richtung [-]: 118

Punktzahl in Y-Richtung [-]: 98

Schrittweite in X/Y-Richtung [m]: 2

Rechengitter in der Höhe [m]:

0 2.00 4.00 6.00 10.00 16.00 25.00 40.00 65.00 100.00 150.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00 1000.00 1500.00

### Umgebungsbedingungen

Bodenrauigkeit [m]: 0,50

Ausbreitungsklasse: indifferent bis leicht stabil (Pasquill: D)

Windgeschwindigkeit [m/s]: 2,20

Anemometerhöhe [m]: 10,00

Windrichtung [°]: 270

Windsektor [-]: 27

Eingabedaten gerastert auf die Zeitschrittweite

### Massenströme

Herkunft der Eingabedaten:

Quelle 1: Tabelle

Zeit [s]	Quelle 1 [kg/s] <b><u>GRL 1</u></b>	<b><u>GRL 2</u></b>
1,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
2,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
3,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
4,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
5,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
6,000e+01	3,3686E+01	2,0212E+01
7,000e+01	3,3685E+01	2,0212E+01
8,000e+01	1,0008E+00	2,0212E+01
9,000e+01	1,0000E+00	2,0212E+01
.....		
2,000e+02	1,0000E+00	2,0212E+01
2,100e+02	1,0000E+00	1,0005E+01
.....		
6,000e+02	1,0000E+00	1,000E+01
9,000e+02	0,0000E+00	0,000E+00

- Benutzerdefinierte Zeitreihe

- Aus formalen Gründen muss die Zeitreihe bei 0 Uhr beginnen,

- d.h. erster Endzeitpunkt = 0:00 plus Mittelungsintervall

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 53 -

- Spalte te: Ende des Mittelungsintervalls
- Spalte ra: Windrichtung in Meßhöhe (Grad gegen Nord)
- Spalte ua: Windgeschwindigkeit in Meßhöhe (m/s)
- Spalte lm: Maß für die Stabilität der atmosphärischen Schichtung (Monin-Obukhov-Länge in m)
- Spalte 01.za: Emissionsrate (g/s) für Quelle 01 (erste Quelle) und Stoff za

form "te%20t" "ra%5.0f" "ua%5.1f" "lm%7.1f" "01.za%12.3e"

mode "text"

sequ "i"

dims 1

lowb 1

ghb 61

\*

	<u>GRL 1</u>				<u>GRL 2 abweichend</u>
2010-10-01.00:00:10	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:00:20	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:00:30	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:00:40	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:00:50	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:01:00	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:01:10	270	2.2	01893.0	3.369E+04	2.021E+04
2010-10-01.00:01:20	270	2.2	01893.0	1.001E+03	2.021E+04
.....					
2010-10-01.00:03:10	270	2.2	01893.0	1.000E+03	2.021E+04
2010-10-01.00:03:20	270	2.2	01893.0	1.000E+03	2.021E+04
.....					
2010-10-01.00:10:00	270	2.2	01893.0	1.000E+03	1.000E+03
2010-10-01.00:15:00	270	2.2	01893.0	0.000E+00	0.000E+00

\*\*\*\*\* Konzentrationsberechnung \*\*\*\*\*

2024-06-21 17:12:42 -----

TalServer:D:\ProNuSs\AustalHaz\Berechnung  
 Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.1.2-WI-x64  
 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2021  
 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2021  
 ProNuSs Engineering GmbH 2012-2024  
 AustalHaz 64 bit version

Arbeitsverzeichnis: D:/ProNuSs/AustalHaz/Berechnung

Erstellungsdatum des Programms: 2022-03-05 16:43:25

Das Programm läuft auf dem Rechner "LASAT-W10".

>>> Abweichung vom Standard (geänderte Einstellungsdatei austal.settings)!

===== Beginn der Eingabe =====

```

> ti "Ausbreitungsberechnung "
> qs 14
> os "NOSTANDARD;NOSHEAR;PRFMOD;NOTALUFT;VDI37831;LIB2;NOSTDW;Average=1;MntMax=300;Kmax=20"
> ib 60
> in 10
> z0 0.50
> d0 5.00          3.00
> hq 5.50
> xq 0.00
> yq -2.50
> wq 0
> aq 0
> bq 5

```

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 54 -

```

> cq 0
> fq 0
> dd 2.00
> x0 -30.00
> y0 -98.00
> nx 118
> ny 98
> nz 20
> hh 0 2.00 4.00 6.00 10.00 16.00 25.00 40.00 65.00 100.00 150.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00
1000.00 1500.00
> za ?
> ha 10.0
> xa -28.00
> ya -96.00

```

===== Ende der Eingabe =====

\*\*\* Berechnung der explosionsfähigen Masse GRL 1 \*\*\*\*\*

Windrichtung [°]:

Zeit [s]	Explosionsfähige Masse [kg]	
1,0000E+01	4,2356E+01	
2,0000E+01	1,4286E+02	
3,0000E+01	2,8200E+02	
4,0000E+01	3,8892E+02	
5,0000E+01	4,8022E+02	
6,0000E+01	5,7327E+02	
7,0000E+01	6,4381E+02	
<b>8,0000E+01</b>	<b>7,2147E+02</b>	<b>größte Zusammenhängende Masse</b>
9,0000E+01	7,0879E+02	
1,0000E+02	5,1811E+02	
1,1000E+02	3,2690E+02	
1,2000E+02	1,7577E+02	
1,3000E+02	7,6796E+01	
1,4000E+02	1,1609E+01	
1,5000E+02	1,7920E+00	
1,6000E+02	1,7880E+00	
1,7000E+02	1,7860E+00	
1,8000E+02	1,7867E+00	
1,9000E+02	1,7891E+00	
2,0000E+02	1,7853E+00	
2,1000E+02	1,7859E+00	
2,2000E+02	1,7902E+00	
2,3000E+02	1,7891E+00	
2,4000E+02	1,7892E+00	
2,5000E+02	1,7871E+00	
2,6000E+02	1,7902E+00	
2,7000E+02	1,7887E+00	
2,8000E+02	1,7882E+00	
2,9000E+02	1,7872E+00	
3,0000E+02	1,7885E+00	
3,1000E+02	1,7896E+00	
3,2000E+02	1,7901E+00	
3,3000E+02	1,7855E+00	
3,4000E+02	1,7858E+00	
3,5000E+02	1,7871E+00	
3,6000E+02	1,7880E+00	
3,7000E+02	1,7877E+00	
3,8000E+02	1,7871E+00	
3,9000E+02	1,7883E+00	
4,0000E+02	1,7868E+00	

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 55 -

4,1000E+02	1,7883E+00
4,2000E+02	1,7847E+00
4,3000E+02	1,7922E+00
4,4000E+02	1,7912E+00
4,5000E+02	1,7844E+00
4,6000E+02	1,7862E+00
4,7000E+02	1,7914E+00
4,8000E+02	1,7890E+00
4,9000E+02	1,7881E+00
5,0000E+02	1,7878E+00
5,1000E+02	1,7867E+00
5,2000E+02	1,7888E+00
5,3000E+02	1,7850E+00
5,4000E+02	1,7865E+00
5,5000E+02	1,7877E+00
5,6000E+02	1,7857E+00
5,7000E+02	1,7868E+00
5,8000E+02	1,7904E+00
5,9000E+02	1,7866E+00
6,0000E+02	1,7874E+00
6,1000E+02	0,0000E+00
.....	.....
9,0000E+02	0,0000E+00

\*\*\* Berechnung der explosionsfähigen Masse GRL 2 \*\*\*\*\*  
Windrichtung [°]:

Zeit [s]	Explosionsfähige Masse [kg]	
1,0000E+01	3,6106E+01	
2,0000E+01	9,7658E+01	
3,0000E+01	1,7725E+02	
4,0000E+01	2,3801E+02	
5,0000E+01	2,9521E+02	
6,0000E+01	3,3951E+02	
7,0000E+01	3,7619E+02	
8,0000E+01	4,0315E+02	
9,0000E+01	4,2540E+02	
1,0000E+02	4,3638E+02	
1,1000E+02	4,5598E+02	
1,2000E+02	4,6735E+02	
1,3000E+02	4,7180E+02	
1,4000E+02	4,7858E+02	
1,5000E+02	4,8188E+02	
1,6000E+02	4,8674E+02	
1,7000E+02	4,8786E+02	
1,8000E+02	4,8799E+02	
1,9000E+02	4,9030E+02	
2,0000E+02	4,8888E+02	
<b>2,1000E+02</b>	<b>4,9816E+02</b>	<b>größte Zusammenhängende Masse</b>
2,2000E+02	3,5164E+02	
2,3000E+02	2,0114E+02	
2,4000E+02	9,1179E+01	
2,5000E+02	1,7338E+01	
2,6000E+02	2,2077E+00	
2,7000E+02	2,2076E+00	
2,8000E+02	2,2066E+00	
2,9000E+02	2,2027E+00	
3,0000E+02	2,2050E+00	
3,1000E+02	2,2058E+00	

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 56 -

3,2000E+02	2,2063E+00
3,3000E+02	2,2044E+00
3,4000E+02	2,2014E+00
3,5000E+02	2,2037E+00
3,6000E+02	2,2043E+00
3,7000E+02	2,2008E+00
3,8000E+02	2,2013E+00
3,9000E+02	2,2046E+00
4,0000E+02	2,2042E+00
4,1000E+02	2,2038E+00
4,2000E+02	2,2026E+00
4,3000E+02	2,2074E+00
4,4000E+02	2,2053E+00
4,5000E+02	2,2014E+00
4,6000E+02	2,2014E+00
4,7000E+02	2,2073E+00
4,8000E+02	2,2029E+00
4,9000E+02	2,2031E+00
5,0000E+02	2,2037E+00
5,1000E+02	2,2020E+00
5,2000E+02	2,2046E+00
5,3000E+02	2,2013E+00
5,4000E+02	2,2041E+00
5,5000E+02	2,2032E+00
5,6000E+02	2,2011E+00
5,7000E+02	2,2032E+00
5,8000E+02	2,2044E+00
5,9000E+02	2,2026E+00
6,0000E+02	2,2049E+00
6,1000E+02	0,0000E+00
.....	
9,0000E+02	0,0000E+00

**Berechnung der Explosionsauswirkungen mit dem Multi-Energy-Modell → GRL 1**

Programm-Version: 9.47.5

Ausgewählter Stoff: Biogas\_60\_39.95\_500  
 Explosionsfähige Masse [kg]: 721,470  
 Untere Zünddistanz [m]: 20,0  
 Explosionsklasse [-]: 3

Abstand zur Quelle [m]	Überdruck [bar]	refekt. Überdruck [bar]	Impuls+ [Pa s]	Impuls-Reflex [Pa s]	tp [s]
1,100e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,203e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,309e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,418e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,531e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,647e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,766e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
1,889e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,016e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,146e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,281e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,419e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,562e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,709e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,053e+03	2,152e+03	4,159e-01
2,860e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,044e+03	2,132e+03	4,121e-01
3,016e+01	5,065e-02	1,035e-01	1,020e+03	2,084e+03	4,027e-01
3,176e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,954e+02	2,034e+03	3,931e-01
3,341e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,703e+02	1,982e+03	3,831e-01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 57 -

3,512e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,458e+02	1,932e+03	3,735e-01
3,687e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,214e+02	1,882e+03	3,638e-01
3,868e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,962e+02	1,831e+03	3,539e-01
4,054e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,785e+02	1,795e+03	3,469e-01
4,245e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,788e+02	1,795e+03	3,470e-01
4,443e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,791e+02	1,796e+03	3,471e-01
4,646e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,788e+02	1,795e+03	3,470e-01
4,855e+01	4,802e-02	9,799e-02	8,311e+02	1,696e+03	3,462e-01
5,071e+01	4,547e-02	9,270e-02	7,852e+02	1,601e+03	3,453e-01
5,293e+01	4,312e-02	8,782e-02	7,436e+02	1,515e+03	3,449e-01
5,522e+01	4,094e-02	8,330e-02	7,062e+02	1,437e+03	3,450e-01
5,758e+01	3,891e-02	7,911e-02	6,715e+02	1,365e+03	3,451e-01
6,000e+01	3,702e-02	7,521e-02	6,408e+02	1,302e+03	3,462e-01
6,250e+01	3,526e-02	7,158e-02	6,125e+02	1,243e+03	3,474e-01
6,508e+01	3,361e-02	6,818e-02	5,868e+02	1,190e+03	3,492e-01
6,773e+01	3,207e-02	6,501e-02	5,639e+02	1,143e+03	3,517e-01
7,046e+01	3,062e-02	6,203e-02	5,414e+02	1,097e+03	3,537e-01
7,328e+01	2,925e-02	5,924e-02	5,165e+02	1,046e+03	3,531e-01
7,617e+01	2,797e-02	5,662e-02	4,931e+02	9,980e+02	3,526e-01
7,916e+01	2,677e-02	5,414e-02	4,710e+02	9,529e+02	3,520e-01
8,223e+01	2,563e-02	5,181e-02	4,502e+02	9,103e+02	3,514e-01
8,540e+01	2,455e-02	4,962e-02	4,306e+02	8,701e+02	3,507e-01
8,866e+01	2,353e-02	4,754e-02	4,119e+02	8,322e+02	3,501e-01
9,202e+01	2,257e-02	4,557e-02	3,943e+02	7,963e+02	3,494e-01
9,548e+01	2,165e-02	4,371e-02	3,776e+02	7,622e+02	3,488e-01
9,905e+01	2,079e-02	4,195e-02	3,618e+02	7,300e+02	3,481e-01
1,027e+02	1,996e-02	4,027e-02	3,467e+02	6,994e+02	3,473e-01
1,065e+02	1,918e-02	3,868e-02	3,324e+02	6,703e+02	3,466e-01
1,104e+02	1,844e-02	3,717e-02	3,188e+02	6,427e+02	3,458e-01
1,144e+02	1,773e-02	3,573e-02	3,059e+02	6,164e+02	3,451e-01
1,185e+02	1,705e-02	3,436e-02	2,936e+02	5,914e+02	3,442e-01
1,228e+02	1,641e-02	3,305e-02	2,818e+02	5,675e+02	3,434e-01
1,272e+02	1,580e-02	3,181e-02	2,706e+02	5,448e+02	3,425e-01
1,317e+02	1,521e-02	3,062e-02	2,603e+02	5,239e+02	3,422e-01
1,363e+02	1,465e-02	2,949e-02	2,511e+02	5,053e+02	3,427e-01
1,411e+02	1,412e-02	2,840e-02	2,422e+02	4,874e+02	3,432e-01
1,461e+02	1,360e-02	2,737e-02	2,338e+02	4,703e+02	3,437e-01
1,512e+02	1,311e-02	2,638e-02	2,257e+02	4,540e+02	3,442e-01
1,564e+02	1,265e-02	2,543e-02	2,180e+02	4,384e+02	3,448e-01
1,618e+02	1,220e-02	2,452e-02	2,106e+02	4,234e+02	3,453e-01
1,673e+02	1,177e-02	2,365e-02	2,035e+02	4,090e+02	3,459e-01
1,731e+02	1,135e-02	2,282e-02	1,967e+02	3,953e+02	3,465e-01
1,789e+02	1,096e-02	2,202e-02	1,902e+02	3,821e+02	3,471e-01
1,850e+02	1,058e-02	2,125e-02	1,839e+02	3,695e+02	3,478e-01
1,913e+02	1,021e-02	2,051e-02	1,778e+02	3,572e+02	3,482e-01
1,977e+02	9,862e-03	1,981e-02	1,717e+02	3,449e+02	3,482e-01
2,043e+02	9,526e-03	1,913e-02	1,659e+02	3,331e+02	3,482e-01
2,112e+02	9,202e-03	1,848e-02	1,602e+02	3,217e+02	3,482e-01
2,182e+02	8,891e-03	1,785e-02	1,548e+02	3,108e+02	3,482e-01
2,254e+02	8,592e-03	1,725e-02	1,496e+02	3,003e+02	3,482e-01
2,329e+02	8,305e-03	1,667e-02	1,446e+02	2,902e+02	3,482e-01
2,406e+02	8,028e-03	1,611e-02	1,398e+02	2,805e+02	3,482e-01
2,485e+02	7,761e-03	1,557e-02	1,351e+02	2,712e+02	3,482e-01
2,567e+02	7,505e-03	1,506e-02	1,307e+02	2,622e+02	3,482e-01
2,651e+02	7,257e-03	1,456e-02	1,264e+02	2,535e+02	3,482e-01
2,737e+02	7,019e-03	1,408e-02	1,222e+02	2,452e+02	3,482e-01
2,826e+02	6,790e-03	1,362e-02	1,182e+02	2,371e+02	3,482e-01
2,918e+02	6,569e-03	1,317e-02	1,144e+02	2,294e+02	3,482e-01
3,013e+02	6,356e-03	1,275e-02	1,107e+02	2,219e+02	3,482e-01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 58 -

3,110e+02	6,150e-03	1,233e-02	1,071e+02	2,147e+02	3,482e-01
3,210e+02	5,952e-03	1,193e-02	1,036e+02	2,078e+02	3,482e-01
3,314e+02	5,760e-03	1,155e-02	1,003e+02	2,011e+02	3,482e-01
3,420e+02	5,576e-03	1,118e-02	9,708e+01	1,946e+02	3,482e-01
3,530e+02	5,397e-03	1,082e-02	9,398e+01	1,884e+02	3,482e-01
3,643e+02	5,225e-03	1,047e-02	9,099e+01	1,824e+02	3,482e-01
3,759e+02	5,059e-03	1,014e-02	8,809e+01	1,766e+02	3,482e-01
3,879e+02	4,899e-03	9,819e-03	8,530e+01	1,710e+02	3,482e-01
4,002e+02	4,744e-03	9,508e-03	8,261e+01	1,655e+02	3,482e-01
4,129e+02	4,595e-03	9,207e-03	8,000e+01	1,603e+02	3,482e-01
4,260e+02	4,450e-03	8,917e-03	7,748e+01	1,553e+02	3,482e-01
4,395e+02	4,310e-03	8,637e-03	7,505e+01	1,504e+02	3,482e-01
4,533e+02	4,175e-03	8,366e-03	7,270e+01	1,457e+02	3,482e-01
4,676e+02	4,045e-03	8,104e-03	7,043e+01	1,411e+02	3,482e-01
4,824e+02	3,919e-03	7,851e-03	6,823e+01	1,367e+02	3,482e-01
4,976e+02	3,797e-03	7,606e-03	6,611e+01	1,324e+02	3,482e-01
5,132e+02	3,679e-03	7,369e-03	6,406e+01	1,283e+02	3,482e-01
5,293e+02	3,565e-03	7,141e-03	6,207e+01	1,243e+02	3,482e-01
5,459e+02	3,455e-03	6,919e-03	6,015e+01	1,205e+02	3,482e-01
5,629e+02	3,348e-03	6,705e-03	5,829e+01	1,168e+02	3,482e-01
5,805e+02	3,245e-03	6,498e-03	5,650e+01	1,132e+02	3,482e-01
5,986e+02	3,145e-03	6,298e-03	5,476e+01	1,097e+02	3,482e-01
6,173e+02	3,048e-03	6,104e-03	5,308e+01	1,063e+02	3,482e-01
6,365e+02	2,955e-03	5,917e-03	5,145e+01	1,030e+02	3,482e-01
6,563e+02	2,864e-03	5,735e-03	4,987e+01	9,987e+01	3,482e-01
6,767e+02	2,777e-03	5,560e-03	4,835e+01	9,681e+01	3,482e-01
6,977e+02	2,692e-03	5,390e-03	4,687e+01	9,385e+01	3,482e-01
7,193e+02	2,610e-03	5,225e-03	4,544e+01	9,098e+01	3,482e-01
7,416e+02	2,530e-03	5,066e-03	4,406e+01	8,821e+01	3,482e-01
7,645e+02	2,453e-03	4,912e-03	4,272e+01	8,552e+01	3,482e-01

**Berechnung der Explosionsauswirkungen mit dem Multi-Energy-Modell → GRL 2**

Programm-Version: 9.47.5

Ausgewählter Stoff: Biogas\_60\_39.95\_500

Explosionsfähige Masse [kg]: 498,160

Untere Zünddistanz [m]: 20,0

Explosionsklasse [-]: 3

Abstand zur Quelle [m]	Überdruck [bar]	refekt. Überdruck [bar]	Impuls+ [Pa s]	Impuls-Reflex [Pa s]	tp [s]
1,100e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,203e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,309e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,418e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,531e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,647e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,766e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
1,889e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,016e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,146e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,281e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,419e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,562e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,308e+02	1,902e+03	3,676e-01
2,709e+01	5,065e-02	1,035e-01	9,126e+02	1,864e+03	3,603e-01
2,860e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,895e+02	1,817e+03	3,512e-01
3,016e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,658e+02	1,769e+03	3,419e-01
3,176e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,421e+02	1,720e+03	3,325e-01
3,341e+01	5,065e-02	1,035e-01	8,190e+02	1,673e+03	3,234e-01
3,512e+01	5,065e-02	1,035e-01	7,953e+02	1,625e+03	3,140e-01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 59 -

3,687e+01	5,065e-02	1,035e-01	7,764e+02	1,586e+03	3,066e-01
3,868e+01	5,065e-02	1,035e-01	7,767e+02	1,587e+03	3,067e-01
4,054e+01	5,065e-02	1,035e-01	7,770e+02	1,587e+03	3,068e-01
4,245e+01	5,042e-02	1,030e-01	7,729e+02	1,579e+03	3,066e-01
4,443e+01	4,753e-02	9,697e-02	7,268e+02	1,483e+03	3,058e-01
4,646e+01	4,488e-02	9,147e-02	6,845e+02	1,395e+03	3,051e-01
4,855e+01	4,244e-02	8,641e-02	6,470e+02	1,317e+03	3,049e-01
5,071e+01	4,019e-02	8,176e-02	6,129e+02	1,247e+03	3,050e-01
5,293e+01	3,811e-02	7,746e-02	5,819e+02	1,183e+03	3,054e-01
5,522e+01	3,618e-02	7,348e-02	5,545e+02	1,126e+03	3,065e-01
5,758e+01	3,439e-02	6,979e-02	5,290e+02	1,074e+03	3,076e-01
6,000e+01	3,272e-02	6,636e-02	5,070e+02	1,028e+03	3,099e-01
6,250e+01	3,116e-02	6,315e-02	4,866e+02	9,861e+02	3,123e-01
6,508e+01	2,971e-02	6,017e-02	4,638e+02	9,394e+02	3,123e-01
6,773e+01	2,834e-02	5,737e-02	4,418e+02	8,943e+02	3,118e-01
7,046e+01	2,706e-02	5,475e-02	4,211e+02	8,519e+02	3,112e-01
7,328e+01	2,586e-02	5,229e-02	4,017e+02	8,122e+02	3,107e-01
7,617e+01	2,472e-02	4,997e-02	3,834e+02	7,748e+02	3,101e-01
7,916e+01	2,366e-02	4,779e-02	3,661e+02	7,396e+02	3,095e-01
8,223e+01	2,265e-02	4,574e-02	3,499e+02	7,065e+02	3,089e-01
8,540e+01	2,170e-02	4,380e-02	3,345e+02	6,752e+02	3,083e-01
8,866e+01	2,080e-02	4,197e-02	3,199e+02	6,456e+02	3,077e-01
9,202e+01	1,995e-02	4,023e-02	3,062e+02	6,176e+02	3,070e-01
9,548e+01	1,914e-02	3,859e-02	2,931e+02	5,911e+02	3,063e-01
9,905e+01	1,837e-02	3,704e-02	2,808e+02	5,659e+02	3,056e-01
1,027e+02	1,765e-02	3,556e-02	2,690e+02	5,421e+02	3,049e-01
1,065e+02	1,695e-02	3,416e-02	2,578e+02	5,194e+02	3,042e-01
1,104e+02	1,630e-02	3,282e-02	2,472e+02	4,979e+02	3,034e-01
1,144e+02	1,567e-02	3,155e-02	2,371e+02	4,774e+02	3,026e-01
1,185e+02	1,507e-02	3,034e-02	2,281e+02	4,590e+02	3,026e-01
1,228e+02	1,451e-02	2,919e-02	2,198e+02	4,423e+02	3,030e-01
1,272e+02	1,396e-02	2,809e-02	2,119e+02	4,263e+02	3,035e-01
1,317e+02	1,344e-02	2,704e-02	2,043e+02	4,110e+02	3,039e-01
1,363e+02	1,295e-02	2,604e-02	1,971e+02	3,964e+02	3,044e-01
1,411e+02	1,248e-02	2,509e-02	1,902e+02	3,825e+02	3,049e-01
1,461e+02	1,202e-02	2,417e-02	1,836e+02	3,691e+02	3,054e-01
1,512e+02	1,159e-02	2,330e-02	1,773e+02	3,564e+02	3,060e-01
1,564e+02	1,118e-02	2,246e-02	1,713e+02	3,442e+02	3,065e-01
1,618e+02	1,078e-02	2,166e-02	1,655e+02	3,325e+02	3,071e-01
1,673e+02	1,040e-02	2,089e-02	1,600e+02	3,213e+02	3,076e-01
1,731e+02	1,003e-02	2,016e-02	1,544e+02	3,102e+02	3,078e-01
1,789e+02	9,684e-03	1,945e-02	1,490e+02	2,993e+02	3,078e-01
1,850e+02	9,349e-03	1,877e-02	1,439e+02	2,889e+02	3,078e-01
1,913e+02	9,026e-03	1,812e-02	1,389e+02	2,789e+02	3,078e-01
1,977e+02	8,717e-03	1,750e-02	1,341e+02	2,693e+02	3,078e-01
2,043e+02	8,419e-03	1,690e-02	1,296e+02	2,601e+02	3,078e-01
2,112e+02	8,133e-03	1,632e-02	1,252e+02	2,512e+02	3,078e-01
2,182e+02	7,859e-03	1,577e-02	1,209e+02	2,427e+02	3,078e-01
2,254e+02	7,594e-03	1,524e-02	1,169e+02	2,345e+02	3,078e-01
2,329e+02	7,340e-03	1,473e-02	1,130e+02	2,266e+02	3,078e-01
2,406e+02	7,095e-03	1,423e-02	1,092e+02	2,191e+02	3,078e-01
2,485e+02	6,860e-03	1,376e-02	1,056e+02	2,118e+02	3,078e-01
2,567e+02	6,633e-03	1,330e-02	1,021e+02	2,047e+02	3,078e-01
2,651e+02	6,415e-03	1,286e-02	9,872e+01	1,980e+02	3,078e-01
2,737e+02	6,204e-03	1,244e-02	9,548e+01	1,915e+02	3,078e-01
2,826e+02	6,001e-03	1,203e-02	9,236e+01	1,852e+02	3,078e-01
2,918e+02	5,806e-03	1,164e-02	8,935e+01	1,791e+02	3,078e-01
3,013e+02	5,617e-03	1,126e-02	8,645e+01	1,733e+02	3,078e-01
3,110e+02	5,436e-03	1,090e-02	8,365e+01	1,677e+02	3,078e-01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 60 -

3,210e+02	5,260e-03	1,054e-02	8,096e+01	1,623e+02	3,078e-01
3,314e+02	5,091e-03	1,020e-02	7,835e+01	1,570e+02	3,078e-01
3,420e+02	4,928e-03	9,877e-03	7,584e+01	1,520e+02	3,078e-01
3,530e+02	4,771e-03	9,561e-03	7,342e+01	1,471e+02	3,078e-01
3,643e+02	4,619e-03	9,255e-03	7,108e+01	1,424e+02	3,078e-01
3,759e+02	4,472e-03	8,961e-03	6,882e+01	1,379e+02	3,078e-01
3,879e+02	4,330e-03	8,676e-03	6,664e+01	1,335e+02	3,078e-01
4,002e+02	4,193e-03	8,401e-03	6,453e+01	1,293e+02	3,078e-01
4,129e+02	4,061e-03	8,136e-03	6,250e+01	1,252e+02	3,078e-01
4,260e+02	3,933e-03	7,880e-03	6,053e+01	1,213e+02	3,078e-01
4,395e+02	3,810e-03	7,632e-03	5,863e+01	1,175e+02	3,078e-01
4,533e+02	3,690e-03	7,393e-03	5,680e+01	1,138e+02	3,078e-01
4,676e+02	3,575e-03	7,161e-03	5,502e+01	1,102e+02	3,078e-01
4,824e+02	3,464e-03	6,938e-03	5,330e+01	1,068e+02	3,078e-01
4,976e+02	3,356e-03	6,721e-03	5,165e+01	1,034e+02	3,078e-01
5,132e+02	3,252e-03	6,512e-03	5,004e+01	1,002e+02	3,078e-01
5,293e+02	3,151e-03	6,310e-03	4,849e+01	9,711e+01	3,078e-01
5,459e+02	3,053e-03	6,115e-03	4,699e+01	9,410e+01	3,078e-01
5,629e+02	2,959e-03	5,926e-03	4,554e+01	9,119e+01	3,078e-01
5,805e+02	2,868e-03	5,743e-03	4,414e+01	8,838e+01	3,078e-01
5,986e+02	2,780e-03	5,566e-03	4,278e+01	8,566e+01	3,078e-01
6,173e+02	2,694e-03	5,395e-03	4,146e+01	8,302e+01	3,078e-01
6,365e+02	2,612e-03	5,229e-03	4,019e+01	8,047e+01	3,078e-01
6,563e+02	2,532e-03	5,069e-03	3,896e+01	7,800e+01	3,078e-01
6,767e+02	2,454e-03	4,913e-03	3,777e+01	7,562e+01	3,078e-01

#### Berechnung einer Freistrahflamme → GRL 1

Datum: 21 Jun 2024 ; 07:18:18

Programm-Version: 9.47.5

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Biogas_60_39.95_500
Massenstrom [kg/s]:	33,69
Durchmesser [mm]:	1128,000
Austrittswinkel [°]:	90,00
Freisetzungshöhe [m]:	5,5
Aufpunkthöhe [m]:	1,0
Emissionsverhältnis des Empfängers: [-]:	0,90
Rußanteil [%]:	0,00

Umgebungsbedingungen:

Windstille

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00

relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00

Modellierung: Chamberlain/Johnson für Alkane

Strahlungsanteil nach Mogi 2009

Ergebnisse:

adiabate Flammentemperatur [K]:	1.643,75
Brennstoffanteil bei stöchiometrischer Verbrennung [Ma.-%]:	14,1
Machzahl am Austritt [-]:	0,1
Effektiver Austrittsdurchmesser $D_s$ [m]:	1,0943
Strahlgeschwindigkeit $U_j$ [m/s]:	29,76
Strahltemperatur $T_j$ [K]:	292,82

Die Anwendungsgrenze des Modells von Chamberlaine ist erreicht

Die berechneten Flammendurchmesser sind nicht plausibel ( $D_2 < D_1$ )

Es wird mit dem minimalen Flammendurchmesser weiter gerechnet

Flammendurchmesser [m]: 14,6

+49 371 27195-0

info@ib-shn.de

2024-06-24

+49 371 27195-20

www.ib-shn.de

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 61 -

impulsdominierte Flammenlänge [m]: 11,2  
 Flammenlänge, gemessen vom Austritt [m]: 56,1  
 Winkel zwischen Flamme und Horizontaler [°]: 90  
 max. Strahlungsintensität der Flamme [kW/m<sup>2</sup>]: 128,3

Abstand [m]	QLee [kW/m <sup>2</sup> ]	QQuer [kW/m <sup>2</sup> ]	QLuv [kW/m <sup>2</sup> ]
0,000e+00	1,725e+01	1,725e+01	1,725e+01
1,020e+00	1,717e+01	1,717e+01	1,717e+01
2,060e+00	1,694e+01	1,694e+01	1,694e+01
3,122e+00	1,654e+01	1,654e+01	1,654e+01
4,204e+00	1,600e+01	1,600e+01	1,600e+01
5,308e+00	1,531e+01	1,531e+01	1,531e+01
6,434e+00	1,450e+01	1,450e+01	1,450e+01
7,583e+00	1,364e+01	1,364e+01	1,364e+01
8,755e+00	1,307e+01	1,307e+01	1,307e+01
9,950e+00	1,262e+01	1,262e+01	1,262e+01
1,117e+01	1,220e+01	1,220e+01	1,220e+01
1,241e+01	1,179e+01	1,179e+01	1,179e+01
1,368e+01	1,141e+01	1,141e+01	1,141e+01
1,497e+01	1,100e+01	1,100e+01	1,100e+01
1,629e+01	1,062e+01	1,062e+01	1,062e+01
1,764e+01	1,023e+01	1,023e+01	1,023e+01
1,901e+01	9,839e+00	9,839e+00	9,839e+00
2,041e+01	9,454e+00	9,454e+00	9,454e+00
2,184e+01	9,081e+00	9,081e+00	9,081e+00
2,330e+01	8,710e+00	8,710e+00	8,710e+00
2,478e+01	8,342e+00	8,342e+00	8,342e+00
2,630e+01	7,981e+00	7,981e+00	7,981e+00
2,784e+01	7,626e+00	7,626e+00	7,626e+00
2,942e+01	7,282e+00	7,282e+00	7,282e+00
3,103e+01	6,955e+00	6,955e+00	6,955e+00
3,267e+01	6,637e+00	6,637e+00	6,637e+00
3,434e+01	6,328e+00	6,328e+00	6,328e+00
3,605e+01	6,029e+00	6,029e+00	6,029e+00
3,779e+01	5,740e+00	5,740e+00	5,740e+00
3,957e+01	5,462e+00	5,462e+00	5,462e+00
4,138e+01	5,193e+00	5,193e+00	5,193e+00
4,323e+01	4,935e+00	4,935e+00	4,935e+00
4,511e+01	4,687e+00	4,687e+00	4,687e+00
4,703e+01	4,449e+00	4,449e+00	4,449e+00
4,899e+01	4,222e+00	4,222e+00	4,222e+00
5,099e+01	4,004e+00	4,004e+00	4,004e+00
5,303e+01	3,795e+00	3,795e+00	3,795e+00
5,511e+01	3,597e+00	3,597e+00	3,597e+00
5,724e+01	3,407e+00	3,407e+00	3,407e+00
5,940e+01	3,227e+00	3,227e+00	3,227e+00
6,161e+01	3,057e+00	3,057e+00	3,057e+00
6,386e+01	2,894e+00	2,894e+00	2,894e+00
6,616e+01	2,740e+00	2,740e+00	2,740e+00
6,850e+01	2,593e+00	2,593e+00	2,593e+00
7,089e+01	2,453e+00	2,453e+00	2,453e+00
7,333e+01	2,320e+00	2,320e+00	2,320e+00
7,582e+01	2,194e+00	2,194e+00	2,194e+00
7,835e+01	2,075e+00	2,075e+00	2,075e+00
8,094e+01	1,962e+00	1,962e+00	1,962e+00
8,358e+01	1,854e+00	1,854e+00	1,854e+00
8,627e+01	1,753e+00	1,753e+00	1,753e+00
8,902e+01	1,656e+00	1,656e+00	1,656e+00
9,182e+01	1,565e+00	1,565e+00	1,565e+00

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 62 -

9,467e+01	1,479e+00	1,479e+00	1,479e+00
9,759e+01	1,397e+00	1,397e+00	1,397e+00
1,006e+02	1,320e+00	1,320e+00	1,320e+00
1,036e+02	1,247e+00	1,247e+00	1,247e+00
1,067e+02	1,178e+00	1,178e+00	1,178e+00
1,098e+02	1,113e+00	1,113e+00	1,113e+00
1,131e+02	1,052e+00	1,052e+00	1,052e+00
1,163e+02	9,934e-01	9,934e-01	9,934e-01
1,197e+02	9,384e-01	9,384e-01	9,384e-01
1,231e+02	8,865e-01	8,865e-01	8,865e-01
1,266e+02	8,375e-01	8,375e-01	8,375e-01
1,301e+02	7,912e-01	7,912e-01	7,912e-01
1,337e+02	7,474e-01	7,474e-01	7,474e-01
1,374e+02	7,061e-01	7,061e-01	7,061e-01
1,412e+02	6,672e-01	6,672e-01	6,672e-01
1,451e+02	6,303e-01	6,303e-01	6,303e-01
1,490e+02	5,955e-01	5,955e-01	5,955e-01
1,530e+02	5,627e-01	5,627e-01	5,627e-01
1,571e+02	5,317e-01	5,317e-01	5,317e-01
1,612e+02	5,024e-01	5,024e-01	5,024e-01
1,655e+02	4,747e-01	4,747e-01	4,747e-01
1,698e+02	4,486e-01	4,486e-01	4,486e-01
1,742e+02	4,239e-01	4,239e-01	4,239e-01
1,787e+02	4,006e-01	4,006e-01	4,006e-01
1,833e+02	3,786e-01	3,786e-01	3,786e-01
1,880e+02	3,578e-01	3,578e-01	3,578e-01
1,928e+02	3,381e-01	3,381e-01	3,381e-01
1,976e+02	3,195e-01	3,195e-01	3,195e-01
2,000e+02	3,111e-01	3,111e-01	3,111e-01

#### Berechnung einer Freistrahlf Flamme → GRL 2

Datum: 21 Jun 2024 ; 07:22:21

Programm-Version: 9.47.5

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Biogas_60_39.95_500
Massenstrom [kg/s]:	20,21
Durchmesser [mm]:	874,000
Austrittswinkel [°]:	90,00
Freisetzungshöhe [m]:	5,5
Aufpunkthöhe [m]:	1,0
Emissionsverhältnis des Empfängers: [-]:	0,90
Rußanteil [%]:	0,00

Umgebungsbedingungen:

Windstille

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00

relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00

Modellierung: Chamberlain/Johnson für Alkane

Strahlungsanteil nach Mogi 2009

Ergebnisse:

adiabate Flammentemperatur [K]:	1.643,75
Brennstoffanteil bei stöchiometrischer Verbrennung [Ma.-%]:	14,1
Machzahl am Austritt [-]:	0,1
Effektiver Austrittsdurchmesser $D_s$ [m]:	0,8479
Strahlgeschwindigkeit $U_j$ [m/s]:	29,74
Strahltemperatur $T_j$ [K]:	292,82

Die Anwendungsgrenze des Modells von Chamberlaine ist erreicht

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 63 -

Die berechneten Flammendurchmesser sind nicht plausibel ( $D2 < D1$ )  
Es wird mit dem minimalen Flammendurchmesser weiter gerechnet

Flammendurchmesser [m]: 11,7  
impulsdominierte Flammenlänge [m]: 9,0  
Flammenlänge, gemessen vom Austritt [m]: 45,2  
Winkel zwischen Flamme und Horizontaler [°]: 90  
max. Strahlungsintensität der Flamme [ $\text{kW/m}^2$ ]: 118,7

Abstand [m]	QLee [ $\text{kW/m}^2$ ]	QQuer [ $\text{kW/m}^2$ ]	QLuv [ $\text{kW/m}^2$ ]
0,000e+00	1,438e+01	1,438e+01	1,438e+01
1,020e+00	1,429e+01	1,429e+01	1,429e+01
2,060e+00	1,402e+01	1,402e+01	1,402e+01
3,122e+00	1,356e+01	1,356e+01	1,356e+01
4,204e+00	1,295e+01	1,295e+01	1,295e+01
5,308e+00	1,219e+01	1,219e+01	1,219e+01
6,434e+00	1,145e+01	1,145e+01	1,145e+01
7,583e+00	1,099e+01	1,099e+01	1,099e+01
8,755e+00	1,061e+01	1,061e+01	1,061e+01
9,950e+00	1,025e+01	1,025e+01	1,025e+01
1,117e+01	9,900e+00	9,900e+00	9,900e+00
1,241e+01	9,534e+00	9,534e+00	9,534e+00
1,368e+01	9,180e+00	9,180e+00	9,180e+00
1,497e+01	8,812e+00	8,812e+00	8,812e+00
1,629e+01	8,443e+00	8,443e+00	8,443e+00
1,764e+01	8,087e+00	8,087e+00	8,087e+00
1,901e+01	7,729e+00	7,729e+00	7,729e+00
2,041e+01	7,374e+00	7,374e+00	7,374e+00
2,184e+01	7,024e+00	7,024e+00	7,024e+00
2,330e+01	6,681e+00	6,681e+00	6,681e+00
2,478e+01	6,355e+00	6,355e+00	6,355e+00
2,630e+01	6,040e+00	6,040e+00	6,040e+00
2,784e+01	5,734e+00	5,734e+00	5,734e+00
2,942e+01	5,438e+00	5,438e+00	5,438e+00
3,103e+01	5,153e+00	5,153e+00	5,153e+00
3,267e+01	4,879e+00	4,879e+00	4,879e+00
3,434e+01	4,616e+00	4,616e+00	4,616e+00
3,605e+01	4,364e+00	4,364e+00	4,364e+00
3,779e+01	4,124e+00	4,124e+00	4,124e+00
3,957e+01	3,895e+00	3,895e+00	3,895e+00
4,138e+01	3,677e+00	3,677e+00	3,677e+00
4,323e+01	3,469e+00	3,469e+00	3,469e+00
4,511e+01	3,272e+00	3,272e+00	3,272e+00
4,703e+01	3,085e+00	3,085e+00	3,085e+00
4,899e+01	2,910e+00	2,910e+00	2,910e+00
5,099e+01	2,743e+00	2,743e+00	2,743e+00
5,303e+01	2,585e+00	2,585e+00	2,585e+00
5,511e+01	2,436e+00	2,436e+00	2,436e+00
5,724e+01	2,295e+00	2,295e+00	2,295e+00
5,940e+01	2,162e+00	2,162e+00	2,162e+00
6,161e+01	2,036e+00	2,036e+00	2,036e+00
6,386e+01	1,917e+00	1,917e+00	1,917e+00
6,616e+01	1,805e+00	1,805e+00	1,805e+00
6,850e+01	1,699e+00	1,699e+00	1,699e+00
7,089e+01	1,600e+00	1,600e+00	1,600e+00
7,333e+01	1,506e+00	1,506e+00	1,506e+00
7,582e+01	1,418e+00	1,418e+00	1,418e+00
7,835e+01	1,335e+00	1,335e+00	1,335e+00
8,094e+01	1,256e+00	1,256e+00	1,256e+00

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 64 -

8,358e+01	1,183e+00	1,183e+00	1,183e+00
8,627e+01	1,114e+00	1,114e+00	1,114e+00
8,902e+01	1,049e+00	1,049e+00	1,049e+00
9,182e+01	9,873e-01	9,873e-01	9,873e-01
9,467e+01	9,297e-01	9,297e-01	9,297e-01
9,759e+01	8,755e-01	8,755e-01	8,755e-01
1,006e+02	8,246e-01	8,246e-01	8,246e-01
1,036e+02	7,767e-01	7,767e-01	7,767e-01
1,067e+02	7,316e-01	7,316e-01	7,316e-01
1,098e+02	6,893e-01	6,893e-01	6,893e-01
1,131e+02	6,494e-01	6,494e-01	6,494e-01
1,163e+02	6,119e-01	6,119e-01	6,119e-01
1,197e+02	5,767e-01	5,767e-01	5,767e-01
1,231e+02	5,435e-01	5,435e-01	5,435e-01
1,266e+02	5,123e-01	5,123e-01	5,123e-01
1,301e+02	4,830e-01	4,830e-01	4,830e-01
1,337e+02	4,553e-01	4,553e-01	4,553e-01
1,374e+02	4,293e-01	4,293e-01	4,293e-01
1,412e+02	4,049e-01	4,049e-01	4,049e-01
1,451e+02	3,818e-01	3,818e-01	3,818e-01
1,490e+02	3,601e-01	3,601e-01	3,601e-01
1,530e+02	3,397e-01	3,397e-01	3,397e-01
1,571e+02	3,205e-01	3,205e-01	3,205e-01
1,612e+02	3,023e-01	3,023e-01	3,023e-01
1,655e+02	2,852e-01	2,852e-01	2,852e-01
1,698e+02	2,692e-01	2,692e-01	2,692e-01
1,742e+02	2,540e-01	2,540e-01	2,540e-01
1,787e+02	2,397e-01	2,397e-01	2,397e-01
1,833e+02	2,262e-01	2,262e-01	2,262e-01
1,880e+02	2,135e-01	2,135e-01	2,135e-01
1,928e+02	2,015e-01	2,015e-01	2,015e-01
1,976e+02	1,902e-01	1,902e-01	1,902e-01
2,000e+02	1,850e-01	1,850e-01	1,850e-01

#### Wärmestrahlung einer Gaswolkenexplosion über Erdgleiche → GRL 1

Datum: 21 Jun 2024 ; 07:36:02

Programm Version: 9.47.5

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00  
Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,90  
Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 0,90  
Höhe des Empfängers [m]: 1,00

Gaswolkenlänge [m]: 20,00  
Gaswolkendurchmesser [m]: 6,40  
Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]: 5,50

Wärmeabsorption durch die Luft wird berücksichtigt.  
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00

Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m<sup>2</sup>]: 0,50  
Strahlungsintensität [kW/m<sup>2</sup>]: 128,30  
Mittlere Temperatur des Strahlers [K]: 1260,14

#### Ergebnisse:

Bestrahlungsstärke in LUV  
Abstand zum Freisetzungsort [m]  
Bestrahlungsstärke [kW/m<sup>2</sup>]

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 65 -

7,0000E+00	4,1669E+01
9,1000E+00	2,9628E+01
1,1305E+01	2,1563E+01
1,3620E+01	1,6012E+01
1,6051E+01	1,2105E+01
1,8604E+01	9,3003E+00
2,1284E+01	7,2490E+00
2,4098E+01	5,7231E+00
2,7053E+01	4,5702E+00
3,0156E+01	3,6867E+00
3,3414E+01	3,0010E+00
3,6834E+01	2,4624E+00
4,0426E+01	2,0350E+00
4,4197E+01	1,6926E+00
4,8157E+01	1,4158E+00
5,2315E+01	1,1904E+00
5,6681E+01	1,0055E+00
6,1265E+01	8,5285E-01
6,6078E+01	7,2609E-01
7,1132E+01	6,2027E-01
7,6439E+01	5,3150E-01
8,2010E+01	4,5670E-01
8,7861E+01	3,9340E-01

Bestrahlungsstärke Quer zur Windrichtung

Abstand zur Fahnenachse [m] Bestrahlungsstärke [kW/m<sup>2</sup>]

7,2000E+00	9,9400E+01
9,3000E+00	7,5106E+01
1,1505E+01	5,4976E+01
1,3820E+01	4,0644E+01
1,6251E+01	3,0370E+01
1,8804E+01	2,2974E+01
2,1484E+01	1,7606E+01
2,4298E+01	1,3669E+01
2,7253E+01	1,0745E+01
3,0356E+01	8,5418E+00
3,3614E+01	6,8617E+00
3,7034E+01	5,5646E+00
4,0626E+01	4,5499E+00
4,4397E+01	3,7480E+00
4,8357E+01	3,1088E+00
5,2515E+01	2,5936E+00
5,6881E+01	2,1753E+00
6,1465E+01	1,8337E+00
6,6278E+01	1,5524E+00
7,1332E+01	1,3193E+00
7,6639E+01	1,1252E+00
8,2210E+01	9,6258E-01
8,8061E+01	8,2589E-01
9,4204E+01	7,1056E-01
1,0065E+02	6,1275E-01
1,0743E+02	5,2951E-01
1,1454E+02	4,5844E-01
1,2201E+02	3,9759E-01

Bestrahlungsstärke in Lee

Abstand zum Freisetzungsort [m]

	Bestrahlungsstärke [kW/m <sup>2</sup> ]
2,0098E+01	9,1090E+01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 66 -

2,3053E+01	7,9215E+01
2,6156E+01	4,2693E+01
2,9414E+01	2,5378E+01
3,2834E+01	1,6057E+01
3,6426E+01	1,0678E+01
4,0197E+01	7,3987E+00
4,4157E+01	5,3035E+00
4,8315E+01	3,9093E+00
5,2681E+01	2,9491E+00
5,7265E+01	2,2681E+00
6,2078E+01	1,7729E+00
6,7132E+01	1,4051E+00
7,2439E+01	1,1267E+00
7,8010E+01	9,1269E-01
8,3861E+01	7,4584E-01
9,0004E+01	6,1417E-01
9,6454E+01	5,0916E-01
1,0323E+02	4,2459E-01

Projekt:	Ermittlung angemessener Sicherheitsabstand KAS-18/ 32	
Betreiber:	energielenker Ruppiner Bioenergie GmbH	
Bearbeiter:	Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH	

- Seite 67 -

## Anhang 2 - Visualisierung der angemessenen Sicherheitsabstände

Innerhalb der angefügten Zeichnung ist der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand auf einer maßstabsgetreuen Zeichnung dargestellt. Sollte dieser Abstand auf andere Systeme übertragen werden, können die folgende Geoinformationen genutzt werden:

- Fermenter:
  - Mittelpunkt OW 33 339 387,6; NW 58 66 290,0
  - Außendurchmesser 26,14 m
  - Radius Behälter + angemessener Sicherheitsabstand um Mittelpunkt: 53,07 m
- Gärrestspeicher 1:
  - Mittelpunkt OW 33 339 383,6; NW 58 66 258,4
  - Außendurchmesser 31,12 m
  - Radius Behälter + angemessener Sicherheitsabstand um Mittelpunkt: 55,56 m
- Gärrestspeicher 2:
  - Mittelpunkt OW 33 339 421,2; NW 58 66 246,5
  - Außendurchmesser 25,84 m
  - Radius Behälter + angemessener Sicherheitsabstand um Mittelpunkt: 52,92 m