

Gutachtliche Stellungnahme

zur Ermittlung und Bewertung des angemessenen Sicherheitsabstan- des nach KAS 18 für die Biogasan- lage der NKW Tengen GmbH

Auftragsnummer: 23-AB-0162

Dieses Gutachten darf ohne schriftliche Genehmigung der proTerra Umweltschutz- und Managementberatung GmbH Umweltgutachter auch auszugsweise nicht vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Kopien für behörden- und/oder betriebsinterne Zwecke sowie Kopien, die zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens erforderlich sind, bedürfen keiner Genehmigung.

Die in diesem Gutachten enthaltenen gutachtlichen Aussagen sind grundsätzlich nicht auf andere Anlagen bzw. Anlagenstandorte übertragbar. Dieses Gutachten wurde nach den allgemein geltenden Kriterien für Sachverständigengutachten nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Der Sachverständige haftet jedoch ausschließlich gegenüber dem Auftraggeber und im Rahmen des vom Auftraggeber genannten Zwecks.

Auftraggeber:

NKW Tengen GmbH
Espelweg 50
78250 Tengen

Betreiber:

NKW Tengen GmbH
Espelweg 50
78250 Tengen

Ansprechpartner: Herr Bernhard Stulz
Tel.: 0151 12557617
E-Mail: bernhard.stulz@tts-integral.com

Standort:

Biogasanlage der NKW Tengen GmbH
Espelweg 50
78250 Tengen

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Mateiko
Bekannt gegebener Sachverständiger
nach § 29b BImSchG (Sicherheitstechnische Prüfungen)

Sulzbach, den 13. März 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2	Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise	4
3	Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereichs	7
4	Beschreibung des Betriebsbereichs	9
5	Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands	10
5.1	Ausbreitungsbetrachtung Schwefelwasserstoff - Biogas	11
5.2	Ausbreitungsbetrachtung Explosion - Biogas	13
5.3	Ausbreitungsbetrachtung Brand - Biogas	14
5.4	Vorschlag zur Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes	14
	14
6	Beurteilung hinsichtlich des nächstgelegenen Schutzobjekts	15
7	Zusammenfassung	17
8	Rechtsvorschriften, Literatur	19

Anlage Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die NKW Tengen GmbH beabsichtigt, die bestehende Biogasanlage im Espelweg 50 in Tengen zu erweitern.

Die wesentliche Änderung betrifft u.a. die Lagerung von Biogas. Hierzu sollen zur weiteren Flexibilisierung des BHKW-Betriebs die Gaslager auf dem Fermenter II und dem Endlager erweitert werden. Durch die Erhöhung der Gaslagerkapazität unterliegt die Biogasanlage den Anforderungen für Betriebsbereiche der unteren Klasse nach Störfall-Verordnung.

Im Rahmen des notwendigen Bebauungsplanverfahrens soll der angemessene Sicherheitsabstand der Biogasanlage durch einen nach § 29b bekanntgegebenen Sachverständigen vorgeschlagen werden.

Die proTerra Umweltschutz- und Managementberatung GmbH Umweltgutachter wurde von der NKW Tengen GmbH mit der Erstellung eines entsprechenden Gutachtens beauftragt. Die Bekanntgabe des ausführenden Sachverständigen, Manfred Mateiko, beinhaltet sowohl das Fachgebiet 13, als auch die relevanten vorliegenden Anlagenarten 8.6 und 1.2.

2 Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise

Zur Begrenzung von Unfallfolgen für Mensch und Umwelt aufgrund schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen fordert Artikel 13 der Richtlinie 2012/18/EU (Seveso III-Richtlinie) [3] sowie § 50 BImSchG [4], angemessene Abstände zwischen Betriebsbereichen und schutzbedürftigen Gebieten mit den Mitteln der Raum- und Flächenplanung langfristig sicherzustellen.

Um den für die Bauleitplanung und Genehmigungsverfahren zuständigen Behörden eine Grundlage zur Beurteilung von zukünftigen Planungen und Genehmigungen zu geben, ist die Bestimmung sogenannter „angemessener Sicherheitsabstände“ erforderlich.

In § 3 Abs. 5c) BImSchG ist der angemessene Sicherheitsabstand wie folgt definiert:

Der angemessene Sicherheitsabstand im Sinne dieses Gesetzes ist der Abstand zwischen einem Betriebsbereich oder einer Anlage, die Betriebsbereich oder Bestandteil eines Betriebsbereichs ist, und einem benachbarten Schutzobjekt, der zur gebotenen Begrenzung der Auswirkungen auf das benachbarte Schutzobjekt, welche durch schwere Unfälle im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU hervorgerufen werden können, beiträgt. Der angemessene Sicherheitsabstand ist anhand störfallspezifischer Faktoren zu ermitteln.

Und weiter heißt es in § 3 Abs. 5d) BImSchG zu der Definition von Schutzobjekten:

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

Die Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz hat hierzu Hinweise und Definitionen veröffentlicht [9], die nachfolgend hinsichtlich der Schutzobjekte wiedergegeben werden.

2) Definition der Schutzobjekte nach § 3 Abs. 5d BImSchG

2 a) Definition der ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

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 m² Bruttogrundfläche beträgt, soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt. Einzelne Wohngebäude werden in der Regel nur dann erfasst, wenn sie einem Wohngebiet vergleichbare Dimensionen aufweisen⁴.

2 b) Definition der öffentlich genutzten Gebäude und Gebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind bauliche Anlagen, die öffentlich zugänglich sind und die für die gleichzeitige Nutzung durch mehr als 100 Besucher bestimmt sind soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt. Hierzu können Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie:

- *Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, wie z. B. Schulen, Kindergarten, Altenheime, Krankenhäuser,*
- *Öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, z. B. Einkaufszentren, Verbrauchermärkte, Schnellrestaurants, Parkanlagen, Flughafenterminals, Bahnhöfe oder Busbahnhöfe gehören.*

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

2 c) Definition Freizeitgebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Freizeitgebiete sind Gebiete, die der Erholung dienen. In Art. 13 Abs. 2 der Seveso-III-Richtlinie wird der Begriff Erholungsgebiete benutzt.

Freizeitgebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind Gebiete, die dazu bestimmt sind, von einer unbestimmten Anzahl von Personen zur Gestaltung ihrer Freizeit genutzt zu werden und in denen sich regelmäßig mehr als 100 Personen gleichzeitig aufhalten. Dazu können unter anderem Flächen für Volksfeste, Jahrmärkte oder Musikkonzerte sowie

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

- *Badeplätze,*
- *Sommerrodelbahn*

(Aufzählung in Anlehnung an Ziffer 1 der Freizeitlärm-Richtlinie der LAI vom 06.03.2015) zählen.

2 d) Definition wichtige Verkehrswege nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Der Vorschlag der Kommission (FAQ zu Dir. 2012/18/EC-Seveso-III vom 1.3.2016, No. 5, Ref. 034), an dem die Mitgliedstaaten inklusive Deutschland mitgearbeitet haben, kann herangezogen werden. Der Kommissionsvorschlag lautet:

„Die praktische Bewertung eines Verkehrsweges als „wichtiger Verkehrsweg“ ist immer von den individuellen Gegebenheiten abhängig, da die Verteilung der Verkehrsdichte stark schwanken kann. Verkehrsdichten unterhalb der folgenden Werte sollten nicht als „wichtige Verkehrswege“ betrachtet werden.

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

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

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

Flughäfen sollten jeweils gesondert bewertet werden.“

Terminals von Flughäfen oder Kreuzfahrtschiffen, Schiffshäfen und Bahnhöfe gelten nicht als wichtige Verkehrswege, sondern ggf. als öffentlich genutzte Gebäude.

Bei der in vielen Fällen erforderlichen Einzelfallbetrachtung ist das Schutzgut Mensch und nicht die allgemeine oder wirtschaftliche Bedeutung des Verkehrswegs maßgeblich.

2 e) Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete im Sinne des § 3 Abs. 5d BImSchG

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

- 1. Natura 2000-Gebiete gemäß §§ 31, 32 BNatSchG,*
- 2. Naturschutzgebiete gemäß § 23 BNatSchG,*
- 3. Nationalparke, nationale Naturmonumente gemäß § 24 BNatSchG,*
- 4. Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten gemäß § 25 BNatSchG,*

5. gesetzlich geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG, sofern sie Gebietscharakter besitzen.

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

6. Naturschutzdenkmäler gemäß § 28 BNatSchG,

7. Landschaftsschutzgebiete gemäß § 26 BNatSchG,

8. Naturparke gemäß § 27 BNatSchG,

9. Geschützte Landschaftsbestandteile gemäß § 29 BNatSchG,

10. Gebiete, die gemäß Landesbiotopkataster als naturschutzwürdig eingestuft sind, sofern sie nicht zu 5. zählen,

11. Schutzgebiete, die aufgrund regionaler oder internationaler Abkommen und Programme ausgewiesen wurden.

Die Kommission für Anlagensicherheit – KAS hat einen Leitfaden (KAS-18) [5] erstellt, der die notwendigen Randbedingungen zur Ermittlung solcher angemessener Abstände festlegt. Die vorliegende Stellungnahme ist in Anlehnung an diesen Leitfaden KAS-18 und an den Leitfaden des LAI vom Juni 2018 [6] aufgebaut.

Für die Bearbeitung wurden vom Betreiber insbesondere folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Vorhabensbeschreibung Erweiterung NKW Tengen Stand 18.01.2023
- Flächennutzungsplan, Ausschnitt
- Katasterauszug, Stand 18.01.2023
- Lagepläne
- Übersicht Genehmigungen nach BImSchG
- Genehmigungsbescheide nach BImSchG

3 Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereichs

Das Betriebsgelände der bestehenden Biogasanlage befindet sich nordwestlich von Tengen und gemäß Flächennutzungsplan in einer Fläche für Versorgungsanlagen.

Es soll nun für die geplanten Erweiterungen ein vorhabenbezogener Bebauungsplan aufgestellt werden.



Abbildung 1: FNP-Auszug (Quelle: Stadt Tengen)

Direkt gegenüber des Betriebsgeländes befindet sich ein Sondergebiet mit Sportanlagen und Campingplatz. In direkter Nachbarschaft befinden sich ansonsten nur Wiesen und Ackerflächen.



Abbildung 2: Luftbild (Quelle: LUBW Kartendienst)

Die nächste zusammenhängende Wohnbebauung befindet sich südöstlich der Anlage in ca. 450 m Entfernung (vom Fermenter 2 aus).

Die Anlage ist aus der Stadt Tengen über den Espelweg zu erreichen.

Der Standort liegt am nordöstlichen Hang des Talendes. Zum Sondergebiet besteht leichtes Gefälle.

4 Beschreibung des Betriebsbereichs

Die NKW Tengen GmbH betreibt seit 2008 die Biogasanlage. Das Inputmaterial besteht aus Silage und wird in 4 Fahrsilos bevorratet.

Die Anlagenteile zur Vergärung wie Fermenter und Endlager befinden sich mit Ausnahme des Fermenters I oberirdisch. Fermenter I liegt unterirdisch mit einer Betonabdeckung. Fermenter II und das Endlager sind in den Hang gebaut und damit ebenfalls teilweise unterirdisch.

Das entstehende Biogas wird in insgesamt 3 BHKW-Motoren verstromt. Die entstehende Wärme wird für die Beheizung der Behälter genutzt.

Die hier relevanten Änderungen der Biogasanlage betreffen die Gaslagerkapazität. Die Gaslager auf Fermenter II und dem Endlager sollen altersbedingt ausgetauscht und dann gleichzeitig vergrößert werden.

Die für die Auswirkungsbetrachtungen relevanten Anlagenteile sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

	Max. Gasvolumen derzeit	Max. Gasvolumen geplant
Fermenter I	281 m ³	281 m ³
Fermenter II	1.405 m ³	3.115 m ³
Endlager	5.813 m ³	10.438 m ³

Die höhere Gaslagerkapazität auf den beiden Behältern wird durch den Einsatz von Halbkugelgasspeichern anstelle von Kegelspeichern erreicht.

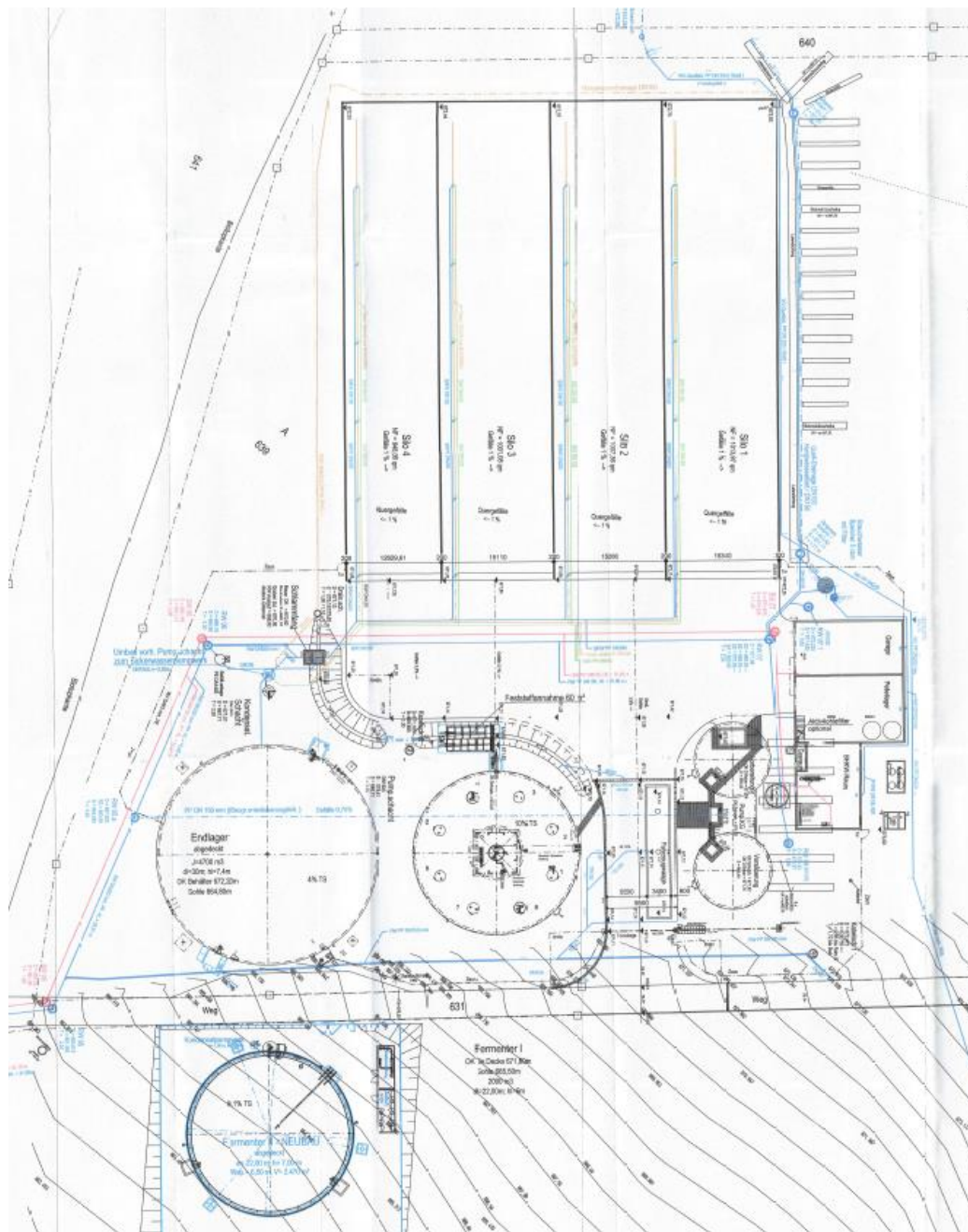


Abbildung 2: Lageplan des Betriebsbereichs (Quelle: Betreiber)

5 Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands

Die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes erfolgt insbesondere in Anwendung der Leitfäden KAS-18 und KAS-32. Bei den anzusetzenden Szenarien handelt es sich um sogenannte Dennoch-Störfälle im Sinne des Leitfadens KAS-18, die aufgrund der vorgesehenen technischen und organisatorischen Maßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen sind. In diesem Fall werden diese im Sinne einer konservativen Betrachtung für die Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne des § 3 Abs. 5c i. V. m. § 50 BImSchG herangezogen.

Für Biogasanlagen werden in den Leitfäden KAS-32, Kap. 1, bzw. KAS-18 Kap. 3.2 Empfehlungen für die Vorgehensweise bei der Szenarienauswahl gegeben:

- Das zugrunde zu legende Ereignis stellt einen Dennoch-Störfall dar, d.h. ein Ereignis, das sich aufgrund vernünftigerweise auszuschließender Gefahrenquellen ergibt.
- Der Verlust des gesamten Inventars, der Verlust der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und der 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 zugrunde liegenden Ereignisse nicht gestört sind.

Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend folgende Szenarien untersucht und bewertet:

- Biogas- bzw. Schwefelwasserstofffreisetzung
- Explosion einer Biogaswolke durch Aufreißen der Gasspeicherfolie mit anschließender Zündung
- Wärmestrahlung bei Abbrand einer ausgetretenen Biogaswolke

Für alle Ausbreitungsrechnungen sowie die Berechnung der Wärmestrahlung und des Explosionsüberdrucks wird das Programm ProNuSs verwendet.

Für die Betrachtungen wird nach Rücksprache mit dem Betreiber folgende Zusammensetzung des Biogases angesetzt:

	Volumen-%
Wasserstoff H ₂	1
Methan CH ₄	52
CO	0
N ₂	1
CO ₂	45
Sauerstoff	1

5.1 Ausbreitungsbetrachtung Schwefelwasserstoff - Biogas

Neben der Explosionsfähigkeit des Biogases, ist der im Biogas enthaltene Schwefelwasserstoff als kritischer Stoff zu betrachten. Schwefelwasserstoff ist als akut toxisch der Kategorie 2 eingestuft (Ziffer 1.1.2 des Anhangs I der StörfallV).

Entsprechend Leitfaden KAS-18 ist für die Bewertung von möglichen Schadensauswirkungen der ERPG-2-Wert zu berücksichtigen. Der ERPG-2-Wert ist definiert als die maximal luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Da sich der ERPG-2-Wert auf eine Expositionsdauer von einer Stunde bezieht und auch Expositionen von weniger als einer Stunde zu irreversiblen Schädigungen führen können, wird zusätzlich zum ERPG-2-Wert der AEGL-2-Wert (Bewertungszeitraum 10 min) bei der Bewertung berücksichtigt. Der AEGL-2 ist die luftgetragene Schadstoffkonzentration, ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei der die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann.

Für Schwefelwasserstoff sind die nachfolgenden Konzentrationswerte festgelegt:

	H₂S-Konzentration	zulässige Einwirkzeit
AEGL-2-Wert	41 ppm	10 min
EPRG-Wert	30 ppm	60 min

Schwefelwasserstoff wird in der Biogasanlage im Rohbiogas durch Luftzugabe bzw. durch Zugabe von Eisenverbindungen im Fermenter entfernt. Die max. Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas im Bereich der Gaslager liegt nach Angaben des Betreibers bei 250 ppm.

Die Berechnung der Ausbreitung von Schwefelwasserstoff und die in diesem Zusammenhang zu ermittelnde Konzentrationsverteilung erfolgt gemäß VDI-Richtlinie 3783 (dichteneutrales Gas).

Bei dem Szenario wird ein Riss im Foliensystem eines der Gasspeicher angenommen. Die Gasspeicher auf Fermenter II und dem Endlager sind auf den teilweise unterirdisch installierten Betonbehältern befestigt. Es wird davon ausgegangen, dass der Riss an der Befestigung der Folie entsteht. Beim Endlager ist das in 6 m Höhe über Grund bzw. beim Fermenter II in 5 m Höhe über Grund.

Es werden die Randbedingungen entsprechend KAS-32 angesetzt.

Betriebsüberdruck im Gassystem:	5 mbar
Temperatur:	20 °C
Freisetzungsort:	gasförmig
Quellgeometrie:	waagerechte Flächenquelle mit 1 x 1 m ²
Leckfläche am Folienspeicher:	1 m ²
Ausflussziffer am Leck:	1
Massenstrom H ₂ S bei 250 ppm:	0,006 kg/s
Freisetzungsdauer:	10 min
Windgeschwindigkeit:	3 m/s
Temperaturschichtung:	indifferent, keine Inversion
Freisetzungshöhe:	6 m (Betonrand Endlager)
Rauigkeit der Umgebung z0:	0,8 (mäßig rau, unebenes Gelände, Ortschaften)

Bewertung:

Die Berechnung mit den angegebenen Randbedingungen führt zu dem Ergebnis, dass die Störfallbeurteilungswerte für die Freisetzung von Schwefelwasserstoff im gewählten Szenario nicht erreicht werden.

Eine Berechnung mit einem Gehalt von 2 Vol-% (20.000 ppm) H₂S, welcher bei einem Szenario mit zusätzlichem Ausfall der Entschwefelung im Biogas auftreten könnte, ergibt einen Abstand von ca. 170 m, ab der der ERPG-Wert unterschritten wird. Der AEGL-2-Wert wird bei einem Abstand von ca. 150 m unterschritten.

5.2 Ausbreitungsbetrachtung Explosion - Biogas

Für den Explosionsschutz relevant ist das bei der Vergärung entstehende Methangas. Auf Grund der physikalischen Eigenschaften des entstehenden Methangases können explosionsfähige Gas-Luft-Gemische entstehen. Methan als Hauptbestandteil des erzeugten Biogases ist als entzündbares Gas, Kat. 1 eingestuft. In einer worst-case-Betrachtung ist demzufolge auch das erzeugte Biogas als entzündbares Gas, Kat. 1 einzustufen.

Entsprechend Leitfaden KAS 18 ist für die Bewertung von möglichen Schadensauswirkungen der Explosionsüberdruck von 100 mbar heranzuziehen.

Der größte Behälter, das Endlager, hat ein max. Gasvolumen von 10.438 m³. Dieser Wert wird hier entsprechend verwendet und ergibt eine Biogasmasse von 10.438 m³ * 1,3 = 13.569 kg. Für das Szenario wird das Freisetzen dieses Volumens bspw. durch Aufreißen der Folie und das anschließende Zünden des Biogases angesetzt. Der Methananteil wird hier nach Betreiberangaben mit max. 52 Vol.-% gerechnet, so dass sich eine Freisetzung von 10.438 * 0,52 * 0,6702 = 3.638 kg Methan (Dichte von 0,6702 kg/m³ bei 20 °C) ergibt.

Hinweis zur gewählten Kategorie innerhalb des Modells:

Aufgrund der Freisetzungs- und -zündbedingungen (Höhe, dichteneutrales Gas, Ausbreitung nach oben) ist von einem niedrigen max. Explosionsüberdruck auszugehen und von keiner Verblockung (relevante Einbauten im Endlager). Die Verdämmung wird als hoch eingestuft (Betonmauer des Endlagers und teilweise unterirdisch). Unter Zuhilfenahme einer Matrix von Kinsella¹ ergibt sich eine Kategorie von 1-2. Es erfolgt jedoch eine konservative Betrachtung, indem die Kategorie auf 3 festgelegt und in der Berechnung berücksichtigt wird.

Bewertung:

Die Berechnung mit den angegebenen Randbedingungen führt zu dem Ergebnis, dass der Explosionsüberdruck von 100 mbar ab einer Entfernung von ca. 100 m, gerechnet ab dem Freisetzungsort, der Behältermitte, unterschritten wird.

Dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass mit Reflexion an Gebäuden gerechnet wird. Ansonsten wird der Wert von 100 mbar in der Umgebung nicht erreicht! Eine Berechnung mit dem derzeitigen max. Gasvolumen im Endlager von 5.813 m³ (Methanmasse 2.026 kg) ergibt einen Abstand von ca. 80 m mit Reflexion.

¹ K.G. Kinsella. A rapid assessment methodology for the prediction of vapour cloud explosion overpressure. Proceedings of the International Conference and Exhibition on Safety, Health and Loss Prevention in the Oil, Chemical and Process Industries, Singapore.

Aufgrund der vorhandenen örtlichen Situation kann davon ausgegangen werden, dass keine Reflexion stattfindet.

5.3 Ausbreitungsbetrachtung Brand - Biogas

Angenommen wird ein Abbrand der Gaswolke mit o.g. Randbedingungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Endlager $10.438 \cdot 0,52 = 5.458 \text{ m}^3$ Methan abbrennen. Die Gaswolke wurde als liegender Zylinder betrachtet. Die Freisetzungshöhe wird als Mitte des Zylinders mit 7,5 m über Behälter (halber Weg zwischen Scheitelpunkt der Halbkugel und Behälterrand) zzgl. 6 m = 13,5 m angesetzt.

Nach KAS-18 ist für die Bewertung der möglichen Auswirkungen die Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$ anzunehmen. Dieser Wert wird ab einer Entfernung von ca. 115 m vom Behälterrand gerechnet, unterschritten.

Eine Berechnung mit dem derzeitigen max. Gasvolumen im Endlager von 5.813 m^3 ergibt einen Abstand von ca. 100 m, ab dem der Grenzwert für die Wärmestrahlung unterschritten wird.

5.4 Vorschlag zur Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes

Aus den betrachteten Szenarien wird ein angemessener Sicherheitsabstand von ca. 115 m, gemessen vom Rand der beiden Behälter mit Gasfüllung (Fermenter II und Endlager), vorgeschlagen. Die Berechnung mit 2 Vol.-% H_2S im Biogas hätte zu einem höheren Vorschlag geführt, allerdings ist dieses Szenario aus Sachverständigensicht eher ein Exzeptionelles für die Notfallplanung, als ein Dennoch-Szenario.

Hieraus wird eine Umhüllende um den Betriebsbereich gebildet, mit den beiden Gaslagern Fermenter II und Endlager als Zentrum.



Abbildung 3: Schematische Darstellung der Umhüllenden (Bildquelle: LUBW Kartendienst)

6 Beurteilung hinsichtlich des nächstgelegenen Schutzobjekts

Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass sich innerhalb des vorgeschlagenen angemessenen Sicherheitsabstands lediglich das Sondergebiet mit Freizeitnutzungen befindet. Insbesondere wird der Bereich des Espelstadions und der Tennisplätze tangiert.

Bereiche, in denen sich eine Vielzahl von Menschen oft und gleichzeitig aufhalten, wie bspw. am Campingplatz oder am Espelsee liegen nicht im vorgeschlagenen Bereich.

Bei dem Sondergebiet und auch bei der spezifischen Nutzung des Stadions und der Tennisanlagen handelt es sich um Schutzobjekte im Sinne des § 3 Abs. 5d BImSchG (vgl. hierzu Kap. 2), da davon auszugehen ist, dass sich mehr als 100 Personen gleichzeitig in diesem Bereich aufhalten.

Um diesen Sachverhalt zu bewerten, wird auf die Ausführungen in KAS 33 und der Arbeitshilfe der Städtebaukommission [10] zurückgegriffen.

In KAS 33 wird auf S. 8 ausgeführt:

Führt der Antragsgegenstand nicht zu einer (wesentlichen) Vergrößerung des bisher vorhandenen Abstandes, kann dies ein Indiz für die Bau/Bauplanungsbehörde sein, unter Beachtung des gegenseitigen Rücksichtnahmegebots sich für das Vorhaben aus bauplanungsrechtlicher Sicht auszusprechen.

Diese Formulierung betrifft explizit Änderungsgenehmigungsverfahren nach dem BImSchG. Zwar ist die Anlage im derzeitigen Zustand nicht im Anwendungsbereich der Störfallverordnung, dennoch kann aufgrund der gehandhabten Stoffe und Lageranlagen auch für den Ist-Zustand ein angemessener Sicherheitsabstand berechnet werden, der ein Maß dafür sein kann, ob sich die Gefährdung des nächstgelegenen Schutzobjekts signifikant erhöht. Hierzu werden die o.a. Berechnungsergebnisse verwendet, aus denen ein angemessener Sicherheitsabstand von ca. 100 m für den Ist-Zustand hervorgeht. In nachfolgender Abbildung 4 ist die Umhüllende dargestellt.



Abbildung 4: Schematische Darstellung der Umhüllenden **derzeit** (Bildquelle: LUBW Kartendienst)

Es zeigt sich, dass sich bereits im derzeitigen Zustand das Stadion und auch die Tennisplätze im Gefährdungsbereich der Anlage, also im angemessenen Sicherheitsabstand für den Ist-Zustand, befinden. Eine signifikante Erhöhung der Gefährdung, bspw. durch

den Aufenthalt von mehr Menschen im vergrößerten Sicherheitsabstand als bisher, kann demnach nicht abgeleitet werden.

In der Arbeitshilfe der Städtebaukommission wird in Kap. 4.1 das Verschlechterungsverbot nach Art. 13 Abs. 2 der Seveso III-Richtlinie zitiert. Demnach sind Ansiedlungen im angemessenen Sicherheitsabstand grundsätzlich möglich und auch der Störfallbetrieb kann entsprechende Änderungen vornehmen. Allerdings sind die sog. sozioökonomischen Belange, insbesondere soziale, ökologische und wirtschaftliche Belange zu berücksichtigen. Hier sind insbesondere das Gebot der Rücksichtnahme und die Erhöhung der Gefährdung zu bewerten.

Es wird weiterhin ausgeführt, dass ein Vorhaben genehmigungsfähig ist, wenn es nur in geringem Umfang zu einer Risikoerhöhung kommt. In Betracht kommen z.B. Fälle, bei denen die Zahl der potentiell von einem Störfall Betroffenen sich nicht derart erhöht, dass der Störfallbetrieb weiterreichende auswirkungsbegrenzende Maßnahmen ergreifen müsste. Dieser Sachverhalt trifft hier augenscheinlich zu.

7 Zusammenfassung

Die NKW Tengen GmbH beabsichtigt, die bestehende Biogasanlage im Espelweg 50 in Tengen zu erweitern.

Die wesentliche Änderung betrifft die Lagerung von Biogas. Hierzu sollen zur weiteren Flexibilisierung des BHKW-Betriebs die Gaslager auf dem Fermenter II und dem Endlager erweitert werden. Durch die Erhöhung der Gaslagerkapazität unterliegt die Biogasanlage den Anforderungen für Betriebsbereiche der unteren Klasse nach Störfall-Verordnung.

Im Rahmen des notwendigen Bebauungsplanverfahrens sollte der angemessene Sicherheitsabstand der Biogasanlage durch einen nach § 29b bekanntgegebenen Sachverständigen vorgeschlagen werden.

Nach der Prüfung und Berechnung der Szenarien wird der angemessene Sicherheitsabstand mit ca. **115 m** als Umhüllende um die gasführenden Behälter Fermenter II und Endlager vorgeschlagen.

Weiterhin wurde eine Bewertung hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf das nächstgelegene Schutzobjekt, das Stadion und die Tennisanlagen vorgenommen. Hinsichtlich der möglichen Gefahrenerhöhung durch die Erweiterung der Gaslagerkapazität wurde der Ist-Zustand der Anlage bewertet und ein angemessener Sicherheitsabstand von 100 m für den Ist-Zustand berechnet. Die Bewertung ergab, dass sich durch die Erweiterung der Gaslagerkapazität keine Gefahrenerhöhung für das benachbarte Sondergebiet zur Freizeitnutzung einstellt, insbesondere dadurch nicht, da sich die Anzahl der möglicherweise von einem Störfall betroffenen Personen durch die Maßnahme nicht derart erhöht, dass vom Betreiber weiterreichende auswirkungsbegrenzende Maßnahmen getroffen werden müssten.

Sulzbach, den 13. März 2023

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Mateiko

Bekannt gegebener Sachverständiger
nach § 29b BImSchG (sicherheitstechnische Prüfungen)

8 Rechtsvorschriften, Literatur

- [1] 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1799) geändert worden ist
- [2] Störfall-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. März 2017 (BGBl. I S. 483), die zuletzt durch Artikel 107 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [3] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates (ABl. Nr. L 197 vom 24.07.12 S. 1)
- [4] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1792) geändert worden ist
- [5] Leitfaden „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung § 50 BImSchG“ erarbeitet von der Arbeitsgruppe „Fortschreibung des Leitfadens SFK/TAA-GS-1“, 2. Überarbeitete Fassung, KAS-18 vom November 2010 inkl. 2 Korrekturen
- [6] Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands, LAI Juni 2018
- [7] KAS 32 – Arbeitshilfe Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS – 18, 1. Fassung von 2014 bzw. 2. überarbeitete Fassung, November 2015
- [8] KAS 33 - Arbeitshilfe Berücksichtigung des Art. 12 Seveso-II-Richtlinie im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren (§§ 4 und 16 BImSchG)
- [9] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 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
- [10] Arbeitshilfe der Fachkommission Städtebau- Berücksichtigung des neuen nationalen Störfallrechts zur Umsetzung des Art. 13 Seveso-III-Richtlinie im baurechtlichen Genehmigungsverfahren in der Umgebung von Störfallbetrieben vom 18.04.2018

Anlage Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung

Schwefelwasserstoff:

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Datum: 12 Mrz 2023 ; 08:53:10

Programm Version: 9.42.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Schwefelwasserstoff
Bearbeitungsdatum:	04.10.2019
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	34,08
Isentropenexponent [-]:	1,3
Realgasfaktor [-]:	0,981
Temperatur [K]:	213,01
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	1,016
Überdruck [bar]:	0,003
Gasdichte [kg/m ³]:	1,9930
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	949,04
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,0731
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,057
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	549,52
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	4,3
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	45,5
KG-Wert [bar m/s]:	45,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	23,7
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	9,254e-06
Temperaturklasse:	T3
Explosionsgruppe:	II B

Eingabeparameter

Standortparameter:

Rauhigkeitsklasse [-]:	4,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	0,80
mittlere Bebauungshöhe [m]:	2,0000E+01

Quellparameter der Flächenquelle:

Quellabmessungen:

XQ [m]:	0,0000E+00
YQ [m]:	1,0000E+00
ZQ [m]:	1,0000E+00
Quellhöhe [m]:	6,0000E+00
Emissionsdauer [s]:	6,0000E+02
Quellstärke g/m ² /s	0,120

Freigesetzte Masse [g]: 72,00

Berechnung aller Immissionsdaten

Aufpunktkoordinaten:

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

Auftrag-Nr.: 23-AB-0162

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand BGA NKW Tengen

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

vorgegebene Ausbreitungssituation

Ausbreitungsklasse [-]: 2,0
Schichtung: indifferent
keine Inversion
Windgeschwindigkeit in Anemometerhöhe [m/s]: 3,0000E+00
Transportgeschwindigkeit [m/s]: 2,3438E+00

***** Zusammenfassung *****

Spezielle Ausbreitungssituation:

x	y	z	c	c	Dosis	W
[m]	[m]	[m]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg s/m ³]	[-]
1,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	4,0112E-01	2,7837E-01	2,3803E+02	0,0000E+00
2,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	2,9363E-01	2,0377E-01	1,7400E+02	0,0000E+00
3,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,9144E-01	1,3285E-01	1,1310E+02	0,0000E+00
4,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	1,2848E-01	8,9160E-02	7,5845E+01	0,0000E+00
5,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	9,5334E-02	6,6159E-02	5,3323E+01	0,0000E+00
6,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	6,7076E-02	4,6549E-02	3,9093E+01	0,0000E+00
7,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	5,0655E-02	3,5153E-02	2,9734E+01	0,0000E+00
8,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	4,0036E-02	2,7784E-02	2,3333E+01	0,0000E+00
9,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	3,2183E-02	2,2334E-02	1,8781E+01	0,0000E+00
1,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,6673E-02	1,8511E-02	1,5568E+01	0,0000E+00
1,1000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,4578E-02	1,7057E-02	1,3151E+01	0,0000E+00
1,2000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,9420E-02	1,3477E-02	1,1643E+01	0,0000E+00
1,3000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,6951E-02	1,1764E-02	1,0169E+01	0,0000E+00
1,4000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,4969E-02	1,0388E-02	8,9791E+00	0,0000E+00
1,5000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,3329E-02	9,2500E-03	7,9959E+00	0,0000E+00
1,6000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,2300E-02	8,5360E-03	7,1707E+00	0,0000E+00
1,7000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,0780E-02	7,4811E-03	6,4650E+00	0,0000E+00
1,8000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	9,7745E-03	6,7833E-03	5,8623E+00	0,0000E+00
1,9000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	8,9077E-03	6,1817E-03	5,3422E+00	0,0000E+00
2,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	8,1548E-03	5,6592E-03	4,8904E+00	0,0000E+00
2,1000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	7,4968E-03	5,2026E-03	4,4947E+00	0,0000E+00
2,2000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	6,9183E-03	4,8012E-03	4,1479E+00	0,0000E+00
2,3000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	6,4069E-03	4,4462E-03	3,8407E+00	0,0000E+00
2,4000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	5,9523E-03	4,1308E-03	3,5679E+00	0,0000E+00
2,5000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	5,5464E-03	3,8490E-03	3,3241E+00	0,0000E+00

Auftrag-Nr.: 23-AB-0162

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand BGA NKW Tengen

Explosion:

Berechnung einer Gasexplosion im Freien

Datum: 12 Mrz 2023 ; 09:12:41

Programm Version: 9.42.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: Methan
 Bearbeitungsdatum: 18.11.2020
 Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 16,04
 Isentropenexponent [-]: 1,319
 Realgasfaktor [-]: 0,997
 Temperatur [K]: 273,15
 (Dampf)-Druck [bar-abs]: 1,018
 Überdruck [bar]: 0,005
 Gasdichte [kg/m³]: 0,7212
 Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 2,1425
 Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 4,4
 Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 16,5
 KG-Wert [bar m/s]: 75,0
 Unterer Heizwert [MJ/kg]: 50,31
 Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 1,82e-05
 Temperaturklasse: T1
 Explosionsgruppe: II A

Eingabedaten:

Gewählte Modelle:
 Multy-Energy-Modell

Explosionsfähige Masse [kg]: 3638,00
 Untere Zünddistanz der Gaswolke [m]: 30,00
 Explosionsklasse: 3
 Verbrennungsenergie [MJ]: 183027,80

Abstand	Überdruck	Impuls	Überdruck mit Reflexion	
[m]	[bar]	[Pa s]	t_p [bar]	[s]

1,6000E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
1,7030E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
1,8091E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
1,9184E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,0309E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,1468E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,2662E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,3892E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,5159E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,6464E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,7808E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
2,9192E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
3,0618E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
3,2086E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
3,3599E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01

Auftrag-Nr.: 23-AB-0162

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand BGA NKW Tengen

3,5157E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
3,6762E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
3,8414E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,0117E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,1870E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,3676E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,5537E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,7453E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
4,9426E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
5,1459E+01	5,0650E-02	2,1409E+03	1,0348E-01	8,4538E-01
5,3553E+01	5,0650E-02	2,1102E+03	1,0348E-01	8,3326E-01
5,5710E+01	5,0650E-02	2,0774E+03	1,0348E-01	8,2028E-01
5,7931E+01	5,0650E-02	2,0435E+03	1,0348E-01	8,0692E-01
6,0219E+01	5,0650E-02	2,0086E+03	1,0348E-01	7,9315E-01
6,2575E+01	5,0650E-02	1,9727E+03	1,0348E-01	7,7897E-01
6,5003E+01	5,0650E-02	1,9374E+03	1,0348E-01	7,6502E-01
6,7503E+01	5,0650E-02	1,9026E+03	1,0348E-01	7,5127E-01
7,0078E+01	5,0650E-02	1,8667E+03	1,0348E-01	7,3710E-01
7,2730E+01	5,0650E-02	1,8298E+03	1,0348E-01	7,2251E-01
7,5462E+01	5,0650E-02	1,7917E+03	1,0348E-01	7,0748E-01
7,8276E+01	5,0650E-02	1,7860E+03	1,0348E-01	7,0522E-01
8,1174E+01	5,0650E-02	1,7864E+03	1,0348E-01	7,0540E-01
8,4159E+01	5,0650E-02	1,7869E+03	1,0348E-01	7,0558E-01
8,7234E+01	5,0650E-02	1,7874E+03	1,0348E-01	7,0577E-01
9,0401E+01	4,9908E-02	1,7590E+03	1,0194E-01	7,0492E-01
9,3663E+01	4,7838E-02	1,6830E+03	9,7624E-02	7,0364E-01
9,7023E+01	4,5878E-02	1,6111E+03	9,3549E-02	7,0233E-01
1,0048E+02	4,4021E-02	1,5431E+03	8,9693E-02	7,0108E-01
1,0405E+02	4,2259E-02	1,4817E+03	8,6039E-02	7,0125E-01
1,0772E+02	4,0586E-02	1,4234E+03	8,2575E-02	7,0143E-01
1,1150E+02	3,8995E-02	1,3680E+03	7,9287E-02	7,0161E-01
1,1540E+02	3,7482E-02	1,3177E+03	7,6162E-02	7,0312E-01
1,1941E+02	3,6042E-02	1,2707E+03	7,3192E-02	7,0510E-01
1,2354E+02	3,4670E-02	1,2258E+03	7,0365E-02	7,0714E-01
1,2780E+02	3,3362E-02	1,1855E+03	6,7673E-02	7,1068E-01
1,3218E+02	3,2114E-02	1,1478E+03	6,5107E-02	7,1483E-01
1,3670E+02	3,0922E-02	1,1118E+03	6,2660E-02	7,1910E-01
1,4135E+02	2,9784E-02	1,0697E+03	6,0325E-02	7,1830E-01
1,4614E+02	2,8696E-02	1,0293E+03	5,8095E-02	7,1736E-01
1,5107E+02	2,7655E-02	9,9061E+02	5,5963E-02	7,1640E-01
1,5615E+02	2,6660E-02	9,5361E+02	5,3926E-02	7,1540E-01
1,6139E+02	2,5706E-02	9,1819E+02	5,1977E-02	7,1437E-01
1,6678E+02	2,4793E-02	8,8426E+02	5,0111E-02	7,1331E-01
1,7233E+02	2,3918E-02	8,5175E+02	4,8325E-02	7,1222E-01
1,7805E+02	2,3079E-02	8,2057E+02	4,6613E-02	7,1110E-01
1,8395E+02	2,2274E-02	7,9067E+02	4,4972E-02	7,0995E-01
1,9001E+02	2,1502E-02	7,6197E+02	4,3399E-02	7,0876E-01
1,9626E+02	2,0760E-02	7,3443E+02	4,1889E-02	7,0753E-01
2,0270E+02	2,0048E-02	7,0797E+02	4,0440E-02	7,0627E-01
2,0933E+02	1,9364E-02	6,8255E+02	3,9049E-02	7,0496E-01
2,1616E+02	1,8707E-02	6,5813E+02	3,7713E-02	7,0362E-01
2,2320E+02	1,8075E-02	6,3464E+02	3,6429E-02	7,0224E-01
2,3044E+02	1,7467E-02	6,1205E+02	3,5194E-02	7,0082E-01
2,3791E+02	1,6882E-02	5,9033E+02	3,4008E-02	6,9936E-01
2,4559E+02	1,6319E-02	5,6941E+02	3,2866E-02	6,9785E-01
2,5351E+02	1,5777E-02	5,4929E+02	3,1768E-02	6,9630E-01
2,6167E+02	1,5256E-02	5,3061E+02	3,0711E-02	6,9562E-01
2,7007E+02	1,4753E-02	5,1378E+02	2,9693E-02	6,9649E-01

2,7872E+02	1,4269E-02	4,9756E+02	2,8713E-02	6,9739E-01
2,8763E+02	1,3803E-02	4,8193E+02	2,7769E-02	6,9831E-01
2,9681E+02	1,3353E-02	4,6687E+02	2,6859E-02	6,9926E-01
3,0626E+02	1,2920E-02	4,5235E+02	2,5983E-02	7,0024E-01
3,1600E+02	1,2502E-02	4,3835E+02	2,5138E-02	7,0125E-01
3,2603E+02	1,2099E-02	4,2484E+02	2,4323E-02	7,0229E-01
3,3636E+02	1,1710E-02	4,1181E+02	2,3537E-02	7,0336E-01
3,4700E+02	1,1334E-02	3,9924E+02	2,2779E-02	7,0447E-01
3,5796E+02	1,0972E-02	3,8710E+02	2,2048E-02	7,0560E-01
3,6925E+02	1,0623E-02	3,7539E+02	2,1342E-02	7,0677E-01
3,8088E+02	1,0285E-02	3,6405E+02	2,0661E-02	7,0793E-01
3,9286E+02	9,9590E-03	3,5251E+02	2,0003E-02	7,0793E-01
4,0519E+02	9,6442E-03	3,4137E+02	1,9368E-02	7,0793E-01
4,1790E+02	9,3401E-03	3,3060E+02	1,8755E-02	7,0793E-01
4,3099E+02	9,0462E-03	3,2020E+02	1,8162E-02	7,0793E-01
4,4446E+02	8,7623E-03	3,1015E+02	1,7590E-02	7,0793E-01
4,5835E+02	8,4879E-03	3,0044E+02	1,7037E-02	7,0793E-01
4,7265E+02	8,2227E-03	2,9105E+02	1,6503E-02	7,0793E-01
4,8738E+02	7,9663E-03	2,8198E+02	1,5987E-02	7,0793E-01
5,0255E+02	7,7184E-03	2,7320E+02	1,5488E-02	7,0793E-01
5,1818E+02	7,4787E-03	2,6472E+02	1,5005E-02	7,0793E-01
5,3427E+02	7,2469E-03	2,5651E+02	1,4539E-02	7,0793E-01
5,5085E+02	7,0227E-03	2,4858E+02	1,4088E-02	7,0793E-01
5,6793E+02	6,8058E-03	2,4090E+02	1,3651E-02	7,0793E-01
5,8551E+02	6,5960E-03	2,3347E+02	1,3229E-02	7,0793E-01
6,0363E+02	6,3930E-03	2,2629E+02	1,2821E-02	7,0793E-01
6,2229E+02	6,1966E-03	2,1934E+02	1,2426E-02	7,0793E-01
6,4151E+02	6,0065E-03	2,1261E+02	1,2044E-02	7,0793E-01
6,6130E+02	5,8225E-03	2,0610E+02	1,1674E-02	7,0793E-01
6,8169E+02	5,6444E-03	1,9979E+02	1,1316E-02	7,0793E-01
7,0269E+02	5,4721E-03	1,9369E+02	1,0970E-02	7,0793E-01
7,2432E+02	5,3052E-03	1,8778E+02	1,0635E-02	7,0793E-01
7,4660E+02	5,1436E-03	1,8207E+02	1,0310E-02	7,0793E-01
7,6955E+02	4,9872E-03	1,7653E+02	9,9957E-03	7,0793E-01

Gaswolkenbrand

Wärmestrahlung einer Gaswolkenexplosion über Erdgleiche

Datum: 12 Mrz 2023 ; 09:23:41

Programm Version: 9.42.0

Eingabedaten:

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

Gaswolkenlänge [m]: 30,00
Gaswolkendurchmesser [m]: 15,00
Höhe der Mittellinie der Gaswolke [m]: 13,50

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

Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
Mittlere Temperatur des Strahlers [K]: 1184,27

Ergebnisse:

Bestrahlungsstärke in LUV

Abstand zum Freisetzungsort [m]	Bestrahlungsstärke [kW/m ²]
7,0000E+00	5,4739E+01
9,1000E+00	4,5647E+01
1,1305E+01	3,8268E+01
1,3620E+01	3,2169E+01
1,6051E+01	2,7081E+01
1,8604E+01	2,2819E+01
2,1284E+01	1,9244E+01
2,4098E+01	1,6244E+01
2,7053E+01	1,3725E+01
3,0156E+01	1,1612E+01
3,3414E+01	9,8388E+00
3,6834E+01	8,3498E+00
4,0426E+01	7,0986E+00
4,4197E+01	6,0461E+00
4,8157E+01	5,1594E+00
5,2315E+01	4,4112E+00
5,6681E+01	3,7787E+00
6,1265E+01	3,2429E+00
6,6078E+01	2,7882E+00
7,1132E+01	2,4013E+00
7,6439E+01	2,0716E+00
8,2010E+01	1,7899E+00
8,7861E+01	1,5488E+00
9,4004E+01	1,3419E+00

Bestrahlungsstärke Quer zur Windrichtung

Abstand zur Fahnenachse [m]	Bestrahlungsstärke [kW/m ²]
1,1500E+01	7,4491E+01
1,3600E+01	7,3393E+01
1,5805E+01	6,8075E+01
1,8120E+01	5,6811E+01
2,0551E+01	4,7169E+01
2,3104E+01	3,8994E+01
2,5784E+01	3,2140E+01
2,8598E+01	2,6472E+01
3,1553E+01	2,1811E+01
3,4656E+01	1,8003E+01
3,7914E+01	1,4902E+01
4,1334E+01	1,2377E+01
4,4926E+01	1,0316E+01
4,8697E+01	8,6305E+00
5,2657E+01	7,2478E+00
5,6815E+01	6,1093E+00
6,1181E+01	5,1663E+00
6,5765E+01	4,3846E+00
7,0578E+01	3,7317E+00
7,5632E+01	3,1856E+00
8,0939E+01	2,7265E+00
8,6510E+01	2,3387E+00
9,2361E+01	2,0113E+00
9,8504E+01	1,7330E+00
1,0495E+02	1,4957E+00
1,1173E+02	1,2932E+00

Bestrahlungsstärke in Lee

Abstand zum Freisetzungsort [m]	Bestrahlungsstärke [kW/m ²]
3,2834E+01	6,6795E+01
3,6426E+01	4,8768E+01
4,0197E+01	3,6080E+01
4,4157E+01	2,7156E+01
4,8315E+01	2,0646E+01
5,2681E+01	1,5831E+01
5,7265E+01	1,2243E+01
6,2078E+01	9,5511E+00
6,7132E+01	7,5168E+00
7,2439E+01	5,9670E+00
7,8010E+01	4,7760E+00
8,3861E+01	3,8525E+00
9,0004E+01	3,1301E+00
9,6454E+01	2,5601E+00
1,0323E+02	2,1067E+00
1,1034E+02	1,7431E+00
1,1781E+02	1,4495E+00
1,2565E+02	1,2108E+00