

Explosionsschutzdokument gemäß Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) einschließlich der Gefährdungsbeurteilung für Ex-Zonen



Anlagen-Typ.:	ETW BMA 1000
Hersteller:	ETW Energietechnik GmbH Ferdinand-Zeppelin-Str. 19 D-47445 Moers
Anlagennummer:	22289
Anlagestandort:	Lasterfeld 20, 48599 Gronau-Epe
Betreiber:	Biomethan Gronau-Epe GmbH & Co. KG
Aussteller des Dokuments:	ETW Energietechnik GmbH
Datum:	24. November 2025
Weitere Dokumente:	Ex-Zonenplan PDF

Geltungsbereich

Dieses Explosionsschutzdokument gilt für die im weiteren Verlauf dieses Dokumentes näher beschriebene Biogasaufbereitungsanlage (BGAA), ab Übergangsflansch Rohbiogas (Schnittstelle G1, Eintrittsseite vor Rohbiogasgebläse BGAA) bis Übergangsflansch Produktgas (Schnittstelle G2)

bestehend aus den Betriebseinheiten gem. der technischen Dokumentation BGAA inklusive aller auf der Fundamentplatte BGAA vorhandenen Betriebsmittel, Rohrleitungssystemen, EMSR- und sicherheitstechnischen Einrichtungen.

Das Explosionsschutzdokument gilt nicht für die auf dem Betriebsgelände installierte Biogaseinspeisanlage (BGEA).

Das Explosionsschutzdokument ist entsprechend den jeweiligen Gegebenheiten zu ergänzen.

Für die hier als Ex-Zonen eingestuft Bereiche der Biogasanlage gelten die Mindestanforderungen nach Anhang 1 GefStoffV.

Mitgeltende Dokumente

Dieses Explosionsschutzdokument ist Bestandteil einer technischen Gesamtdokumentation. Im weiteren Verlauf wird auf andere Dokumente und Unterlagen Bezug genommen. Diese sind ebenfalls Bestandteil der technischen Dokumentation der Gesamtanlage.

Anlagenbeschreibung

Örtliche Gegebenheiten und Zugangsbeschränkung

Die BGAA befindet sich auf einem Betriebsgelände, welches nur von geschultem Betriebspersonal betreten werden darf.

Für das Gelände gilt Rauchverbot, eine entsprechende Schutzkennzeichnung ist vorhanden.



Räumliche Aufteilung

Die Gesamtanlage besteht im Wesentlichen aus den folgenden Anlagenteilen:

- Rohbiogaskonditionierung
- Methananreicherung
- Regenerative Verbrennungsanlage (RTO)
- CO₂-Verflüssigungsanlage

Verfahrensbeschreibung

In der BGAA wird dem Biogas, das zunächst eine Zusammensetzung von etwa 56% CH₄ und 37% CO₂ aufweist, mittels Druckwechseladsorption das CO₂ entzogen und bei hinreichender Qualität an eine Gas- Einspeiseanlage zur Einspeisung in das Erdgasnetz übergeben.

Die Druckwechsel-Adsorption (PSA - Pressure Swing Adsorption), ist ein physikalisches Verfahren zur Trennung von Gasgemischen mittels Molekularsieb, das unter Druckverhältnissen zwischen 0 und ca. 3 bar(g) abläuft. Die Trennwirkung stellt sich ein, da CO₂ im Molekularsieb weitaus stärker adsorbiert wird als das CH₄. Dadurch findet eine Anreicherung von CH₄ in der Gasphase statt.

Bei dieser BGAA wird das Rohbiogas aus der benachbarten Biogasanlage über eine Rohgasleitung zugeführt, entschwefelt und getrocknet und unter erhöhtem Druck (ca. 3 bar) in einen von 6 Festbettreaktoren eingeleitet, die mit dem Adsorbens (als Molekularsieb) befüllt sind. Der Produktgasstrom, der weitestgehend nur noch aus CH₄ besteht, wird zum Ende des Verfahrensschrittes mit ca. 3 barg zur Verfügung gestellt und in einem Produktgasspeicher zwischengespeichert. Von dort wird das Produktgas an den Kunden übergeben.

Ein einzelner PSA Zyklus arbeitet diskontinuierlich. Nach einer Zeitdauer x ist das vom Rohgas durchströmte Adsorberbett weitestgehend gesättigt. Bevor CO₂ in den Produktstrom austritt, wird jedoch über ein Schaltventilventil der Prozess so umgeschaltet, dass der Produktausgang geschlossen und ein Auslass für das CO₂- haltige Abgas geöffnet wird. Dies ist begleitet von einer Druckabsenkung, erzeugt durch eine Absauganlage, die einen Unterdruck erzeugt. Bei dem niedrigen Druck wird nun das adsorbierte CO₂ aus dem Adsorbens freigeben und danach am Auslass als Schlechtgas abgesaugt und zwischengespeichert und nachverbrannt. Anschließend wird ein neuer Adsorberzyklus gestartet.

Im Normalbetrieb der BGAA läuft der verfahrenstechnische Prozess unter automatischer und zeitversetzter Ansteuerung der 6 Festbettreaktoren vollautomatisch und damit quasi-kontinuierlich ab.

Das CO₂-reiche Schwachgas gelangt in einen flexiblen Gasspeicherballon. Dieser soll mögliche Mengen- und Druckschwankungen im Rohgasstrom ausgleichen. Ein Wasser gekühlter, ölfrei verdichtender Kolbenverdichter komprimiert das Gas auf den erforderlichen Prozessdruck. Anschließend wird das Gas in einem Kältetrocknersystem vorgetrocknet, um das nachgeschaltete System zu entlasten und den CO₂ Verlust als Regeneriergas zu reduzieren.

Die Vortrocknung erfolgt mittels Abkühlung in zwei Wärmetauschern und Abscheidung von flüssigem Wasser durch einen Zyklon. Nach der Abscheidung wird das Gas wieder angewärmt um

die relative Feuchte zu reduzieren. Die benötigte Kälte wird durch eine Kälteanlage bereitgestellt. Nachfolgend ist eine Trocknung und eine Vorreinigung installiert.

Das zur Regenerierung des Trocknungs- und Reinigungsmittels benötigte Gas wird, wenn möglich dem Prozess und bei Bedarf dem Lagertank entnommen. Die Reinigungseinheit dient zum einen zur Absicherung des benötigten Drucktaupunktes und zum anderen sollen mögliche unerwünschte Begleitstoffe im Rohgas eliminiert werden. Ein nachgeschalteter Filter stellt sicher, dass keine Partikel in den nachfolgenden Prozess gelangen können.

Anschließend wird das warme CO₂ dem Verdampfer des Strippers zugeführt. Dort wird das CO₂-Gas vorgekühlt und führt auf der Gegenseite des Wärmetauschers zur Erzeugung von Strippgas. Nach Vermischung mit dem Abgas des Strippers wird das Gas dem CO₂-Verflüssiger zugeführt. In diesem Wärmetauscher wird das CO₂ (inklusive der darin löslichen Bestandteile), unter Ausnutzung der Verdampfungsenthalpie des im Gegenstrom geführten Kältemittels, kondensiert. Die bei diesen Bedingungen nicht kondensierten Gase werden am oberen Teil des CO₂-Verflüssigers abgezogen. Der verflüssigte Gasstrom wird der Stripperkolonne mittels Transferpumpe zugeführt. Hier werden die gelösten Gasbestandteile durch das im Gegenstrom aufsteigende Gas (annähernd Produktqualität) ausgetrieben.

Die nötige Energie zur Gaserzeugung wird mittels Abkühlung des Rohgasstromes sowie bei Bedarf (hohe Verunreinigung im Rohgas, An- und Abfahrprozesse usw.) durch einen elektrischen Heizer bereitgestellt.

Das Gas steigt nun in der Kolonne nach oben. Füllkörper (strukturierte Packungen) innerhalb der Kolonne schaffen große Kontaktflächen und führen so zu einem regen Kontakt zwischen der Gas- und Flüssigphase. Aufgrund von Unterschieden in den Siedetemperaturen trennen sich die Stoffe (Rektifikation). Das leicht zu verflüssigende CO₂ reichert sich im Sumpf an und die anderen Gase sind gasförmig am Kopf der Kolonne wiederzufinden.

Die für die CO₂ Verflüssigung benötigte Kälte wird mithilfe einer Kälteanlage im geschlossenen Kreislauf nach dem Kompressionskältemaschinenprinzip bereitgestellt. D.h. die Kältemittel-Verdichter komprimieren das gasförmige Kältemittel. Dieses wird im sogenannten Kältemittelkondensator durch Wärmeabgabe an Umgebungsluft verflüssigt. Das verflüssigte Kältemittel verdampft unter reduziertem Druck im CO₂-Verflüssiger und steht anschließend wieder gasförmig zur Verfügung.

Die bei der Verflüssigung nicht kondensierten Gase werden am oberen Ende des CO₂-Verflüssigers abgezogen. Naturgemäß ist hierbei ein CO₂ Verlust zu verzeichnen. Durch die Prozessführung und die Verwendung als Regeneriergas kann der CO₂ – bzw. Methanschlupf reduziert werden.

Das Produktgas, flüssiges CO₂ in entsprechender Reinheit, wird mittels Pumpe in den vakuumisolierten Lagertank für verflüssigte Gase transportiert und dort gelagert. Bei Erreichen der entsprechenden Füllkapazität kann eine Entleerung z. B. in einen Tankwagen erfolgen. Die Anlage ist luftgekühlt ausgeführt.

Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich Explosionsgefahr

Brennbare Medien

In der BGAA wird Rohbiogas zu Biomethan (Erdgas) aufbereitet. Biogas ist ein Gemisch aus Methan, Kohlendioxid und einer geringen Menge Restgas.

Methan-Gas ist leichter als Luft und bildet mit Luft explosionsfähige Atmosphäre.

Bei Vorhandensein von Zündquellen, wie heiße Oberflächen, offene Flammen, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Geräte, elektrostatische Aufladungen und Blitzschlag, ist mit erhöhter Explosionsgefahr zu rechnen.

Im Bereich der Anlage ist unter Normalbetrieb konstruktiv vorgesehen, bzw. nicht ausschließbar, dass Biogas und Biomethan aus Ausbläsern (betriebsbedingte Soll-Austrittsstellen) und Microleckagen austreten und in Verbindung mit Luftsauerstoff eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.

Stoffdaten

Stoff	Flammpunkt	Zündtemp.	Explosions- gruppe	Temp.- klasse	UEG [Vol%]	OEG [Vol%]
Rohbiogas		700 °C		T1	6,0	22
Methan	-	595 °C	II A	T1	4,4	17
Wasserstoff	-	560 °C	II C	T1	4,0	77,0
Schwefel- wasserstoff	-	270 °C	II B	T3	4,3	45,5
Ammoniak		630 °C	II A	T1	15,4	33,6
Stickstoff	Inertgas					
Sauerstoff	Oxidator					
Kohlendioxi- d	Kein entzündlich es Gas					


Tabelle 5.1 Sicherheitstechnische Stoffdaten

Hinweis:

Rohbiogas ist ein Stoffgemisch, das weitestgehend aus Methan und Kohlendioxid besteht.

	Biogas	Methan (nach GisChem)
Heizwert KWh / m ³	6	10
Dichte kg / m ³	1,2	0,67
Dichteverhältnis zu Luft	0,9	0,56
Maximale Flammfortpflanzungs-Geschwindigkeit in Luft (m ³ / m ³)	0,25	0,47
Theoretischer Luftbedarf (m ³ / m ³)	5,7	9,5
Max. Explosionsdruck		7,06 bar
Löslichkeit in Wasser (20°C / 1bar)		26 mg/l
Aussehen	farblos	farblos
Geruch	Nach Aktivkohlefilterung geruchlos	geruchlos

Einstufung von Methan nach GHS**GEFAHR**

	Hochentzündlich. (R12) Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren. (S9) Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen. (S16) Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen. (S33)

Grundsätzliche technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

Räume sind so zu lüften (siehe Mindeststandards), dass kein Sauerstoffmangel oder gefährliche Gaskonzentrationen entstehen können.

Anlagen sind technisch dicht auszuführen (Ausnahme: betriebsbedingte Gasaustrittsstellen).

Anlagen einschließlich Rohrleitungen und Schlauchleitungen und Gelenkrohre sind auf Dichtheit zu prüfen (s. Checkliste-Dichtheitsprüfung).

Grundsätzlicher Brand- und Explosionsschutz

Die Dichtheit der Anlage ist sicherzustellen. Kann dies nicht dauerhaft gewährleistet werden, sind weitere Maßnahmen erforderlich, z.B. technische Lüftung, Gasmess- und -warngeräte.

Die im Wartungs- und Prüfplan aufgelisteten Maßnahmen zur Kontrolle der Dichtheit sind einzuhalten.

Störungs- und Alarmsignale müssen automatisch weitergeleitet und Notfunktionen ausgelöst werden. Ggf. Anlagenkomponenten inertisieren.

Die explosionsgefährdeten Bereiche sind in Zonen einzuteilen und im Explosionsschutzdokument auszuweisen.

Austreten des Gases vermeiden, sonst besteht Brand- und Explosionsgefahr.
Arbeitsbereich abgrenzen! Verbotsszeichen P02 "Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten" und an Ex-Bereichen Warnzeichen W21 "Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre" anbringen!
Von Zündquellen fernhalten, nicht rauchen, offene Flammen vermeiden.
Schlagfunken und Reibfunken vermeiden. Nur explosionsgeschützte Geräte entsprechend der Zoneneinteilung verwenden. Erdungseinrichtungen, z.B. Zangen, an leitfähigen und ableitfähigen Geräten und Hilfsmitteln, z.B. an Druckgasflaschen, anbringen.
Behälter inertisieren (z. B. mit Stickstoff), wenn sich nicht alle Zündquellen vermeiden lassen.
Erden aller Teile, die sich gefährlich aufladen können.
Prüffristen für Erdungseinrichtungen nach den betrieblichen Erfordernissen, z.B. unter Berücksichtigung der Korrosion, festlegen.
Feuerarbeiten nur mit schriftlicher Erlaubnis ausführen.
Geeignete Löschmittel für Gasbrand: ABC-Pulverlöscher, Kohlendioxid und Wasser im Sprühstrahl für Umgebung.
Zu weiteren Details wird auf die Sicherheitsdatenblätter von Biogas und Methan verwiesen

Dreistoffdiagramm

Dem Dreistoffdiagramm können 3 Designparameter zur Vermeidung von explosionsfähiger Atmosphäre sofort entnommen werden:

- 1.) Wird in einem CH₄-CO₂-Luftgemisch ein **Methananteil von 4,4 Vol.-% unterschritten**, dann befindet sich das methanhaltige Gemisch immer **außerhalb des Explosionsbereiches**.
- 2.) Wird in einem CH₄-CO₂-Luftgemisch ein **Methananteil von 17 Vol.-% überschritten**, dann befindet sich das methanhaltige Gemisch immer **außerhalb des Explosionsbereiches**.
- 3.) Wird in einem CH₄-CO₂-Luftgemisch ein **Luftanteil von 58 Vol.-% unterschritten** (d.h. bei ca. 21% Sauerstoff in Luft sind dann immer weniger als **11,6 Vol.-% Sauerstoff** im Gesamtgemisch) dann befindet sich das methanhaltige Gemisch immer **außerhalb des Explosionsbereiches**.

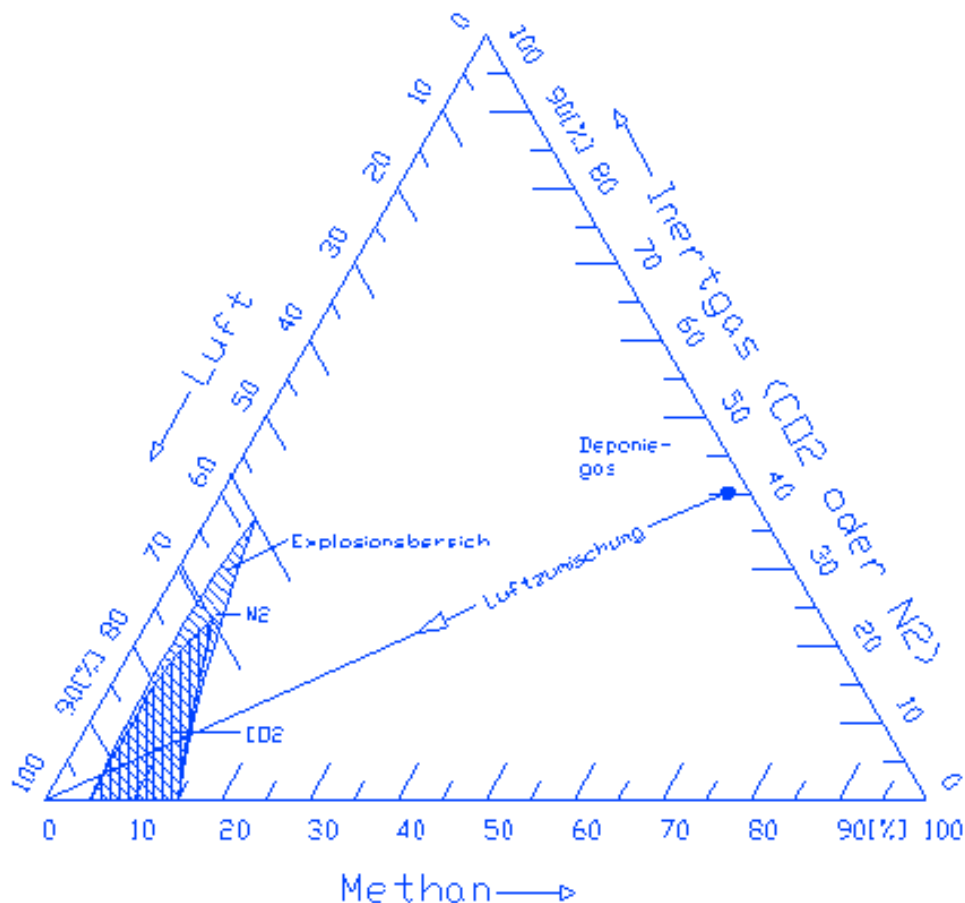


Abbildung A: "Dreistoff"-Diagramm mit dem Explosionsbereich von Methan/Luft/Kohlendioxid-Gemischen und von Methan / Luft / Inertgas-Gemischen

Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

Die nachfolgende Zoneneinteilung gilt nach GefStoffV für Bereiche, in denen Vorkehrungen getroffen werden müssen. Aus dieser Einteilung ergibt sich der Mindestumfang der Schutzmaßnahmen in den Ex-Zonen gemäß Anhang 1 GefStoffV.

Ein explosionsgefährdeter Bereich ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosiver Atmosphäre in Zonen unterteilt. Diese Einteilung dient als Grundlage für die Festlegung von Maßnahmen, insbesondere zur Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

Zoneneinteilung:

Zone 0

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden, das heißt, dass explosionsgefährdete Bereiche der Zone 0 zuzuordnen sind, wenn mehr als 50 % während der Betriebsdauer einer Anlage explosionsfähige Atmosphäre vorherrscht.

Zone 1

ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Der Begriff „gelegentlich“ wird dabei so definiert, dass das eine explosionsfähige Atmosphäre über eine Zeitdauer von mehr als 30 Minuten pro Jahr aber weniger als 50% der Jahresbetriebsdauer im betreffenden Betriebsbereich der Anlage vorliegt.

Zone 2

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Der Begriff „kurzzeitig“ wird dabei so definiert, dass eine explosionsfähige Atmosphäre grundsätzlich auftreten kann, jedoch im betreffenden Betriebsbereich der Anlage keinesfalls eine Zeitdauer von 30 Minuten der Jahresbetriebsdauer überschritten wird.

Grundsätzliche Festlegung von Ex-Zonen gemäß DGUV-Regel (2014)

TRBS 2152 T2

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 T2 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ kamen zur Anwendung, und zwar wurden folgende Schutzmaßnahmen realisiert:

Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	
2.3.2	Konzentrationsbegrenzung
2.3.3	Inertisierung vor Anfahrvorgängen
2.4.2	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Anlagen und Anlagenteile
2.4.3	Dichtheit von Anlagenteilen
2.4.3.2	Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile
	Neben den rein konstruktiven Maßnahmen wurden auch die empfohlenen technische Maßnahmen, kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen ergriffen, um auf Dauer technisch dichte Anlagenteile zu erreichen, wie z.B. durch a) Begehung der Anlage und Kontrolle auf Geruch und Geräusche infolge Undichtheiten, b) Begehung der Anlage mit mobilen Leckanzeigegeräten oder tragbaren Gaswarneinrichtungen, c) kontinuierliche oder periodische Überwachung der Atmosphäre durch selbsttätig arbeitende, fest installierte Messgeräte mit Warnfunktion,
2.4.3.3	Technisch dichte Anlagenteile
2.4.3.4	Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe
2.4.3.5	Prüfen der Anlagenteile auf Dichtheit
2.4.4	Lüftungsmaßnahmen
2.4.4.2	Natürliche Lüftung
2.4.4.3	Technische Lüftung (Raumlüftung)
2.5	Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagenteilen
2.5.2	Gaswarneinrichtungen mit Alarmierung
2.5.3	Gaswarneinrichtungen mit automatischen Schaltfunktionen
2.5.4	Gaswarneinrichtungen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen
	Erreicht die Konzentration eine festzulegende Schaltschwelle, die üblicherweise oberhalb der Schaltschwelle nach Nummer 2.5.2 oder Nummer 2.5.3 liegt, werden durch die Gaswarneinrichtung über die in Nummer 2.5.3 beschriebenen Maßnahmen hinaus automatische Abschaltvorgänge ausgelöst, die ein gefahrloses Abfahren der gefährdeten Anlagen oder Anlagenteile bewirken.

Ex-Zonen Plan

siehe Anlage

Die Ex-Zonen der Ausbläser werden nach DVGW G442 berechnet.

Der PSA-Ventilraum ist als Ex-Zone2 definiert.

Die restlichen Räume sind keine Ex-Räume.

Die Erklärungen werden in der nachfolgenden Tabelle erläutert.

Schutzmaßnahmen auf der BGAA

Der Explosionsschutz auf der BGAA umfasst konstruktive, technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen.

Grundlage der nachfolgenden Ausführungen ist das Kapitel 4 der Beispielsammlung der DGUV-Regel 113-1, im April 2014 neu veröffentlicht wurde und nunmehr auch ein Kapitel 4.2.4 „Aufbereitung Rohbiogas“ aufweist.

Anlagenteil	Potenzielles Risiko	Ex-Zone	Maßnahmen / Bemerkungen (Schutzmaßnahmen gemäß DGUV-Regel 113-1)
Gasleitungen im Freien	Elektrostatik	keine	Durchgängiger Potenzialausgleich
Rohgasleitungen im Freien vor PSA	Eindringen von Luft in die Leitung	Keine Zone	1.) Überdruckbetrieb; 2.) Sauerstoffüberwachung im Rohgas mit „Fail-Safe Close“ (FC/NC) – Klappe an der Kundenschnittstelle 3.) Unterdrucküberwachung durch Druckwächter
Abblase- und Entspannungsleitungen im Freien Rohgas (am Rohgasspeicher)		Ausblasebereich Zone 2	Gem. DVGW (G 442), siehe Ex-Zonenplan
Anlage für die Aufbereitung von Rohbiogas;			
Gasverdichter im Raum		Keine Zone	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen: bei maximal 10 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung (100% Lüfterleistung) bei maximal 20 % der UEG abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv), Absperrung außerhalb des Aufstellungsraumes, Notentspannung des gesamten

			<p>gasführenden Systems im Raum nach außen. Der Lüfter ist in Ex-Zone2 ausgeführt. Ausreichende Dimensionierung des Luftwechsels. Gasverdichter ist nach Hersteller technisch dicht. Ein Anfahren/Fahren gegen eine geschlossene Klappe wird durch ein Abfragen der Klappenposition verhindert. Der Verdichterraum bzw. die ganze Anlage wird bei Gasalarm (20% UEG) spannungsfrei geschaltet um Zündquellen zu vermeiden. Kompensatoren sind für PN10 ausgelegt. Anzahl der Flanschverbindung sind vernachlässigbar. 2.5.4 2.4.3.3 2.4.4.3</p>
Gasleitungen innen	Eindringen von Luft in die Leitung	Keine Zone	1.) Überdruckbetrieb; Sowie nach 4.2.4.1 b2)
Gasleitungen in Räumen bis 5 bar technisch dicht (PSA-Ventilraum)	Leckagen	Zone 2	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 T3: 2.4.3.2; 2.4.4.2
Gasleitungen in Räumen über 5 bar technisch dicht (PSA-Ventilraum)	Leckagen	Zone 2	<p>Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen: bei maximal 10 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung (100% Lüfterleistung) bei maximal 20 % der UEG abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv), Notentspannung des gesamten gasführenden Systems im Raum nach Außen. Der Lüfter ist in Ex-Zone2 ausgeführt. Ausreichende Dimensionierung des Luftwechsels. Der PSA-Ventilraum bzw. die ganze Anlage wird bei Gasalarm (20% UEG) spannungsfrei geschaltet um Zündquellen zu vermeiden -Ventile sind Ex ausgeführt (Ex-Zone2)</p>

PSA-Behälter im freien		Keine Zone	Adsorber sind technisch dicht sowie mechanisch, chemisch und thermisch beständig. PSA-Behälter sind mit SBVs ausgestattet für den Feuerfall. Aufgrund des PSA-Prozess können nur zwei Behälter gleichzeitig unter Druck stehen.
Abblase- und Entspannungsleitungen im Freien aufbereitetes Gas		Ausblasebereich Zone 2	Gem. DVGW (G 442), siehe Ex-Zonenplan
Gasanalyse im E-Raum		Keine Zone **	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen Leitungen an der Gasanalyse sind mit Schneidringverbindungen ausgeführt -> technisch dicht. Die Schneidringverbindungen sind für über 300barg ausgelegt. Der Betriebsdruck liegt bei ca. 30mbarg. Abgas der Gasanalyse werden ins freie über Ermeto-Leitungen geführt.
Kondensataus-schleusung		Keine Zone	Mit doppeltem Magnetventil, stromlos schließend.
Aktivkohlefilter		Keine Zone	Betriebsanweisung beachten. Inertisierung
Gasaustritt in Kühlwasserkreis		Keine Zone	Druckschalter Not-Aus in Wasserkreis. Schaltpunkt >Normaldruck Wasserkreis; < Auslösedruck SBV

Erläuterungen

Im Schaltraum kommen keine brennbaren Gase zum Einsatz. Der denkbare Eintritt von brennbaren Gasen durch Zwangslüftung aus der Umgebung des Schaltraumes, z.B. dass während Anfahrzuständen oder bei Ansprechen von Entspann- bzw. Sicherheitsarmaturen über die Abgasleitung an die Umgebungsatmosphäre brennbare Gase abgegeben werden, ist insofern als extrem unwahrscheinlich zu betrachten, da:

- der Austritt der Gase nur kurzfristig und im Normalbetrieb prozessbedingt überhaupt nicht auftritt.
- die Menge der austretenden Gase gering ist.

Eine Gefährdung für den Schaltraum besteht daher nicht.

*: DGUV-Regel 113-1 weist für Gasverdichter und Druckwechseladsorptionsanlagen >5bar(ü) eine Zone 2 für den ganzen Raum aus. Über weiterführende Schutzmaßnahmen ist die einzustufende Ex-Zone herabsetzbar.

Aufgrund der weiterführenden Schutzmaßnahmen kann der Aufstellraum Gasverdichter als ex-freie Zone eingestuft werden (oder: Raum mit besonderer Gefährdung).

Die ETW-Standardschutzmaßnahmen, die eine ex-freie Zone im Aufstellraum der Gasverdichter gewährleisten sind auf technischer Seite jedoch trotzdem vorhanden (Doppelte Sicherheit):

- Gaswarnanlage (UEG-Abschaltswelle von 40% Abschaltung, 20% Voralarm auf 20% Abschaltung, 10 % Voralarm herabgestuft.)

- Lüftung mit Funktionsüberwachung Normalbetrieb >2x / Stunde
- Lüftung mit Funktionsüberwachung Alarm mit max. Luftwechsel >10x / Stunde

Die ETW-Standardschutzmaßnahmen, die eine ex-freie Zone im Aufstellraum der Gasverdichter gewährleisten, sind auf organisatorischer Seite die regelmäßigen Prüfungen gem. Wartungsplan auf Leckagemengen:

Wellendichtung Verdichter

Mess- und Kalibriergasleitungen Gasanalyse

Wasserabscheider vor PSA

Druckminderer Gasanalyseentnahmeleitungen

Ventilsitz Samson-Regelventile

Wellendichtung an Klappen

Bei Stillstand Lüftung:

Flanschverbindungen mit Rohrleitungen

- Kontrolle auf Mikroleckagen mit Gasspürgerät an Wellendichtung Verdichter halbjährlich.

- Kontrolle auf Mikroleckagen mit Gasspürgerät an Flanschverbindungen Verdichter halbjährlich.

Die Prüf Fristen gem. Wartungs- und Prüfplan sind einzuhalten.

Die weiteren Wartungsarbeiten an den Maschinen sichern den stabilen Betrieb und die Lebensdauer der Maschinen, dienen jedoch nicht dem Erhalt der Betriebsfähigkeit in einer Ex-Zone.

****:** Explosionsgefahr durch betriebsmäßig ausgeleitetes Abgas

Das Gerät fördert weniger als 2 l Gas/Minute. Falls das Abgas ins Freie geleitet wird, entsteht keine gefährliche Atmosphäre.

Bei einer stets vorhandenen minimalen Windgeschwindigkeit von 0,5 m/s (EN 60079-10) wird das Gas ausreichend verdünnt, um eine explosive Atmosphäre zu verhindern.

Das wird an einem Beispiel illustriert. Unter 10 l ist eine Atmosphäre nicht gefahrbringend.

Ein Volumen von 10 l mit 4 Vol.-% Methan kann bei 100 Vol.-% Methan nach 12 Sekunden erreicht werden. In diesen 12 Sekunden wird die Luft jedoch bereits 6 Meter fortbewegt (0,5m/s) Ein Quader mit 10 l Inhalt (0,22 m Seitenlänge wird also auf 6 m gedehnt, wodurch die Konzentration von 4 Vol.-% Methan auf 0,14 Vol.-% absinkt. Das liegt mehr als 27-fach unter einer gefährlichen Atmosphäre.

Berechnung nach IEC EN 60079-10-1:

Hypothetisches Volumen $V_Z < 0,1 \text{ m}^3$: Zone ist gleich groß wie hypothetisches Volumen

Volumen vorläufig auf $0,1 \text{ m}^3$ gesetzt

Freisetzung: ständig

Sicherheitsfaktor k: 1 (IEC EN 60079-10-1 B.5.2.1 Anmerkung 2: Freisetzungsrates ist bekannt)

$dV/dt_{\min} = 3.3E-5 \text{ m}^3/\text{s} / 1 / 0,044^{293/293} = 7,6E-4 \text{ s}^{-1}$

f = 5 (worst case: behinderter Luftstrom)

$dV_0/dt = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (da 0,5m Kantenlänge und 0,5 m/s natürliche Lüftung)

$C = dV_0/dt/V_0 = 1 \text{ s}^{-1}$

$V_Z = f \cdot dV/dt_{\min} / C = 5 \cdot 7,6E-4 \text{ m}^3/\text{s} / 1 = 0,0034 \text{ m}^3$

- V_z ist wesentlich kleiner als $0,1 \text{ m}^3$, d.h. das Volumen der Ex-Zone ist so groß wie V_Z (B.5.3.2)
- Starke Lüftung, da V_z sehr klein ist
- Im freien, d.h. Verfügbarkeit ist gut

Laut Tabelle B.1: Zone 0 NE (nicht gefährlich)

Schutzmaßnahmen zur Verhinderung / Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann innerhalb der Anlage nur im Störfall oder bei mutwilliger Umgehung der Schutzmaßnahmen austreten.

Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Apparaturen

Ein Sauerstoffeintrag aus dem vorgelagerten System (BGA / Fermenter) wird durch Schließen der Eingangsklappe bei Sauerstoffdetektion in der Sauerstoffüberwachung und über die Unterdrucküberwachung des Endlagers ausgeschlossen. Ein Überschreiten der Sauerstoffkonzentration oder ein Unterschreiten des Endlagerdrucks führt zu einer sofortigen Abschaltung der BGAA.

Der Biogasaufbereitungsprozess wird nach der Biogasverdichtung im Überdruck (ca. 3 bar) gefahren. Somit kann sich auch bei kleinen Leckagen kein zusätzlicher Sauerstoff innerhalb des Biogasaufbereitungsprozesses ansammeln.

Die Container werden mit Gaswarnanlagen überwacht. Die Detektion einer explosionsfähigen Atmosphäre (10 % UEG / 20 % UEG) ist damit auch immer eine Leckageüberwachung. Der Gesamtprozess wird bei einer Detektion von 20 % UEG sicherheitsgerichtet abgefahren.

Zusätzlich wird auf der Biogasseite und Biomethanseite innerhalb der Biogasaufbereitungsanlage die Sauerstoffkonzentration, die Methankonzentration, die Kohlendioxidkonzentration und die Schwefelwasserstoffkonzentration mittels Infrarot- bzw. elektrochemischen Sensoren überwacht. Bei zu hohen Sauerstoffkonzentrationen im Biogas wird die Biogasaufbereitungsanlage abgefahren.

Vor der Inbetriebnahme, vor der Aufnahme von Reparaturarbeiten an gasführenden Rohrleitungen und Maschinen, sowie vor der längeren Außerbetriebnahme, wird die Anlage mit Stickstoff inertisiert, wobei die entsprechenden Abschnitte der Betriebsanleitung zu beachten sind.

Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen

Der denkbare Eintritt von brennbaren Gasen durch Belüftung aus der Umgebung in die Ex-Zonenfreien Räume, z.B. wenn während Anfahrzuständen oder bei Ansprechen von Sicherheitsarmaturen über die Abblaseleitungen an die Umgebungsatmosphäre brennbare Gase abgegeben werden ist, insofern als extrem unwahrscheinlich zu betrachten, da:

- die Abblaseleitungen ausreichend hoch ausgelegt sind, die brennbaren Gase also weit entfernt von den Ansaugöffnungen in die Umgebung geleitet werden.
- der Austritt der Gase nur kurzfristig und im Normalbetrieb überhaupt nicht auftritt.
- die Menge der austretenden Gase gering ist.

Temperaturmessfühler werden ausschließlich über Einschraubhülsen in die Rohrleitung eingeführt. Druckaufnehmer werden über metallisch dichtende Verschraubungen abgedichtet. Probenahme- und Entleerungsarmaturen werden mittels Stopfen und Handhebel verschlossen.

Alle Anlagenteile sind in der benötigten Druckstufe nach 97/23/EG ausgeführt (vornehmlich PN 10) Überdrücke werden durch Sicherheitsarmaturen bzw. über MSR-Schutzeinrichtungen abgeführt; aus den Sicherheitsarmaturen entweichendes Gas wird über Abblaseleitungen nach außen geleitet.

Die Dichtigkeit der Anlage wird nach der Montage, vor Inbetriebnahme und in regelmäßigen Intervallen sowie nach Reparaturen nach DVGW G498, G462-2 durchgeführt. Mechanisch belastete Dichtungssysteme (z.B. Gleitringdichtung Kompressoren) werden in vorgeschriebenen Intervallen nach Betriebsanleitung ausgetauscht.

Die Biogasanlage wird in regelmäßigen Intervallen nach Betriebsanleitung begangen. Die Armaturen werden entsprechend dem Wartungsplan gewartet. Die sicherheitstechnisch relevanten Bauteile werden in besonderem Maße geprüft.

Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen

Die Verdichtereinhausung ist mit Gasmessanalysatoren für Methan zur Überwachung von 10 % UEG und 20 % UEG ausgerüstet.

Beim Erreichen von 10 % UEG für Methan löst an der Prozessleitwarte einen Alarm aus. Beim Erreichen von 20 % UEG für Methan schaltet die Stromversorgung die Antriebe ab, beendet den Betrieb der Anlage und löst an der Prozessleitwarte einen Alarm aus.

Die Gaswarnanlage wird durch geschultes Fachpersonal in Betrieb genommen und regelmäßig überwacht.

Zusammenfassung der Schutzmaßnahmen zur Verhinderung / Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

- Technische Dichtheit der gasführenden Komponenten
- Unterdrucküberwachung innerhalb des Rohrleitungssystems
- Überwachung der Gaszusammensetzungen über die Gasanalysesysteme
- Raumlufüberwachung zur Feststellung von Gasaustritt
- Technische Lüftung
- Leckageprüfung gem. Wartungs- und Prüfplan
- Organisatorische Maßnahmen, z.B. regelm. Prüfung Wellendichtring

Schutzmaßnahmen zur Verhinderung der Zündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Heiße Oberflächen

Die maximale Oberflächentemperatur von sämtlichen Bauteilen ist < 450 °C (Temperaturklasse T1).

Flammen und heiße Gase

Im Normalbetrieb nicht zutreffend. Bei Wartungs-, Reparatur und sonstigen Arbeiten mit nicht funkenarmen Werkzeugen ist darauf zu achten, dass die ausführenden Personen entsprechende Erlaubnisscheine vorweisen können, und hinreichend geschult worden sind. Insbesondere ist die Betriebsanleitung zu beachten.

Mechanisch erzeugte Funken

Beim Ansprechen der Gaswarnanlage sind mechanische Arbeiten einzustellen. Das Betreten der Anlage ist nur mit Personenschutzgerät bzw. Gaswarngerät gestattet. Im Regelbetrieb können Zündquellen durch mechanisch erzeugte Funken ausgeschlossen werden. Im Störfall können sich mögliche Zündquellen z.B. durch eine defekte Antriebswelle

bilden. Alle Bauteile und Maschinen erfüllen die Anforderungen an den mechanischen Ex-Schutz für Zone 1 (Biogasverdichter und Biomethanverdichter) bzw. 2 nach ATEX 95.

Mechanisch belastete Dichtungssysteme (z.B. Wellendichtring) werden in vorgeschriebenen Intervallen nach Betriebsanleitung ausgetauscht. Die Biogasaufbereitungsanlage wird in regelmäßigen Intervallen nach Betriebsanleitung begangen. Die Armaturen werden entsprechend Betriebshandbuch gewartet.

Eventuelle Reparaturarbeiten, bei denen Funken erzeugt werden können, werden nur nach Freigabeverfahren oder bei Betriebsstillstand durchgeführt. In explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 2 können Stahlwerkzeuge verwendet werden, sofern beim Gebrauch keine Funkengarben entstehen.“

Funkenerzeugende Arbeiten an gasführenden Rohrleitungen ohne vorherige Inertisierung der Anlage sind verboten.

Elektrische Anlagen:

In den Bereichen der Aufbereitungsanlage, in denen eine Ex-Zone 2 ausgewiesen ist, werden keine unzulässigen elektrischen Geräte eingesetzt.

Wenn elektrische Geräte und Anlagen nachgerüstet werden, sollen diese mindestens der Richtlinie 94/9/EG mit mindestens folgender Spezifikation entsprechen:

Gerätegruppe	II
Kategorie	2G oder 3G
Explosionsgruppe	IIB
Schutzarten	EEx ia/ib, m, p, e oder d (de)
Temperaturklasse	mind. T1

Statische Elektrizität

Alle elektrisch leitfähigen Teile sind nach BGR 132 geerdet. Es werden in Zone 2 soweit möglich nur leitfähige Materialien eingesetzt.

Sonstiges

Zur Absicherung gegen eventuell auftretende Ausgleichströme erfolgt ein Potentialausgleich über Zahnscheiben an den Schraubflanschen und eine Erdung der Anlage.

Angewandte Regelwerke

- Gefahrstoffverordnung GefStoffV
- Richtlinie 94/9/EG (ATEX100a)
- EN 1127-1 Explosionsschutz Teil 1
- EN 60079-10 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche - Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche
- EN60079-14 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche - Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- EN13463-1 Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
- Explosionsschutz-Regeln(DGUV-Regel 113-1)
- DVGW G265-1, G265-2