

DAS – IB GmbH

DeponieAnlagenbauStachowitz

LFG - & Biogas - Technology

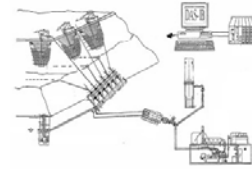
Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

- Beratung, Planung, Projektierung
- Schulung von Betreiberpersonal
- Sachverständigentätigkeit (u.a. nach § 29a BImSchG und öffentlich bestellt und vereidigter Sachverständiger bei der IHK zu Kiel)

Technischer Sitz:
Preetzer Str. 207
D 24147 Kiel

Kaufmännischer Sitz /
Rechnungsanschrift:
Flintbeker Str. 55
D 24113 Kiel

Tel. # 49 / 431 / 683814
Fax # 49 / 431 / 2004137



www.das-ib.de
email: info@das-ib.de

Sicherheitsregeln für Biogasanlagen auf Basis der BetrSichV Vorschlag von:

**DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas-Technology
und weiteren Sachverständigen**

Stand März 2008

Sitz: Kiel

Amtsgericht Kiel HRB 5879

Geschäftsführer: Wolfgang H. Stachowitz

Ziel dieser Sicherheitsregeln ist es sowohl für Betreiber, Planer als auch mit dem Bau beauftragten Fachfirmen eine Strategie zur Errichtung und zum Betrieb sicherer Biogasanlagen (Fermentationsanlagen) aufzuzeigen. Abweichungen von diesen Strategien sind möglich, wenn die Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist. Die endgültigen Fixierungen hat der Arbeitgeber im Sinne der BetrSichV zu beschreiben. Eine Gefahren- und Risikoanalyse muss vom Arbeitgeber zwingend vor der Inbetriebnahme der Anlage schriftlich erfolgen.

Diese Strategie ist unter Beachtung geltender Gesetze und Verordnungen, aber auch unter Berücksichtigung von in der Praxis erlangten Erfahrungen erarbeitet worden.

Der Anwendungsbereich dieser Strategie erstreckt sich auf alle Anlagen, in denen Biogas (Methangas) produziert und energetisch verwertet wird. Für jede Anlage ist grundsätzlich eine individuelle Anpassung der technischen Auslegung und des „Normalbetriebes“ vom „Arbeitgeber“ im Sinne der BetrSichV und TRBS notwendig, um den örtlichen und betrieblichen Rahmenbedingungen genüge zu tun.

Im Vordergrund der Sicherheitsregeln steht der Explosionsschutz und die damit verbundene Risiko- und Gefahrenanalyse, die die potentiell größte Gefahr für Mensch, Umwelt und Technik darstellt. Darüber hinaus werden Maßnahmen des Arbeitsschutzes nach Arbeitsschutzgesetz dargestellt. Die Maßnahmen aus der Gefahrstoffverordnung können in diesen Sicherheitsregeln nicht voll umfänglich dargestellt werden, da wesentliche Gesichtspunkte von dem eingesetzten Substrat abhängen. Dies gilt auch für den notwendigen Arbeitsschutz, der sich aus den eingesetzten Substraten ergibt. Die entsprechenden notwendigen Maßnahmen hat der Arbeitgeber im Sinne des Arbeitsschutzgesetz § 5 Abs. 1 und der Gefahrstoffverordnung zu fixieren und Dritten mitzuteilen.

Diese Sicherheitsregeln beanspruchen kein Recht auf Vollständigkeit. Die Strategien sind durch verschiedene Maßnahmen (technisch, organisatorisch, baulich etc.) zu realisieren. Die zu ergreifenden Maßnahmen müssen den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen und einen sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten.

Die entsprechenden Fixierungen richten sich nach der BetrSichV an den „Arbeitgeber“ und nicht an Dritte wie z.B.: Behörden, Sachverständige, Anlagenbauer.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines & Verantwortungen.....	5
1.1	Begriffe.....	5
1.2	Eigenschaften von Biogas	8
1.3	Gefahren	10
1.3.1	Explosion.....	10
1.3.2	Verpuffung.....	11
1.3.3	Brand.....	12
1.3.4	Blitzschutz.....	12
1.3.5	Erstickung	12
1.3.6	Vergiftung.....	13
1.3.7	Wartung	
1.3.8	EVU - Netzausfall / Notstrom / Datensicherung	
1.3.9	Zündquellen nach EN 1127-1	
1.4	Geltende Gesetze und Vorschriften	14
1.4.1	Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV.....	15
1.4.2	11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – 11. GPSGV.....	15
1.4.3	WHG	16
1.4.4	Materialien.....	16
1.4.5	Elektrotechnik / Sicherheitstechnische Verschaltungen	17
1.4.6	Hilfreiche & nützliche Normen und Richtlinien	18
2	Strategien für sichere Anlagen	19
2.1	Einsatzstofflager / Anmischbehälter.....	20
2.1.1	Normalbetrieb.....	21
2.1.2	Wartung.....	21
2.1.3	Störung.....	21
2.2	Vorbehandlung.....	22
2.2.1	Normalbetrieb.....	22
2.2.2	Wartung.....	22
2.2.3	Störung.....	23
2.3	Fermenter und Nachgärer.....	23
2.3.1	Normalbetrieb.....	24

2.3.2	Wartung.....	25
2.3.3	Störung.....	25
2.4	Gasspeicher.....	26
2.4.1	Normalbetrieb.....	27
2.4.2	Wartung.....	27
2.4.3	Störung.....	28
2.5	Gärrestelager.....	28
2.5.1	Normalbetrieb.....	28
2.5.2	Wartung.....	28
2.5.3	Störung.....	29
2.6	Gastransportleitungssystem.....	29
2.6.1	Normalbetrieb.....	29
2.6.2	Wartung.....	30
2.6.3	Störung.....	30
2.7	Gasverdichterstation / Rohgasüberwachung - Rohgasanalysen.....	30
2.7.1	Normalbetrieb.....	31
2.7.2	Wartung.....	32
2.7.3	Störung.....	33
2.8	Gasaufbereitung.....	33
2.8.1	Kondensatabtrennung/Gastrocknung.....	34
2.8.2	Entschwefelung.....	36
2.8.3	Methanaufkonzentration.....	37
2.9	Blockheizkraftwerk (Gasmotore und Zündstrahlmotore).....	41
2.9.1	Normalbetrieb.....	41
2.9.2	Wartung.....	42
2.9.3	Störung.....	43
2.10	Biogasbrenner und Notfackel.....	44
2.10.1	Normalbetrieb.....	45
2.10.2	Wartung.....	45
2.10.3	Störung.....	46
3	Konformitätsbescheinigungen / Konformitätserklärungen	47

1 Allgemeines & Verantwortungen

Seit der Einführung der Betriebssicherheitsverordnung im September 2002 hat der Arbeitgeber (idR Anlagenbetreiber) mehr Eigenverantwortung, aber auch mehr Freiheit in der Gestaltung der Anlagensicherheit und nicht mehr pauschal eine Behörde oder ein sog. Sachverständiger. In der Folge mussten sich die u.a. Genehmigungsbehörden und Sachverständige umstellen, Maßnahmen zur Anlagensicherheit konnten nun nicht mehr pauschal vorgeschrieben werden. Maßgeblich ist seitdem die Gefährdungsbeurteilung der Anlage durch den Betreiber und das daraus resultierende Explosionsschutzdokument, welches den individuellen Normalbetrieb definiert und Vorkehrungen für Wartungen sowie zu erwartende Störungen, Wartungsintervalle und Funktionsprüfungen beschreibt. Der Betreiber kann je nach Betriebszustand und Betriebsart unterschiedliche Abwehr- und Sicherheitsmaßnahmen festlegen. Er muss nicht jegliche verfügbare Sicherheitstechnik installieren, sondern die notwendige Sicherheitstechnik vorhalten und umsetzen.

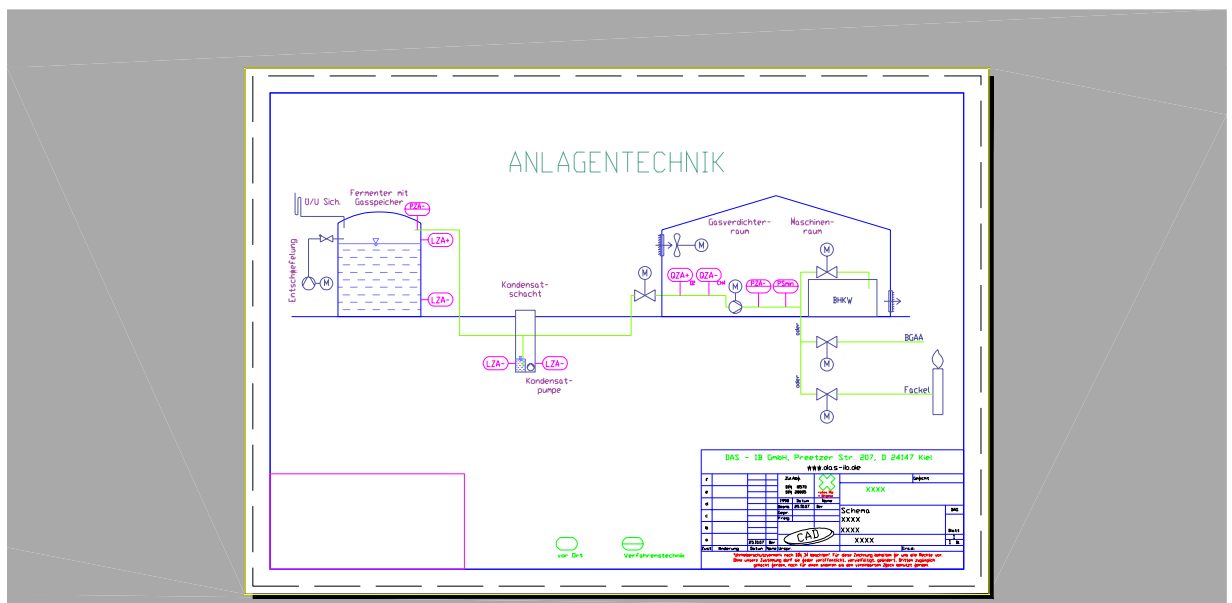
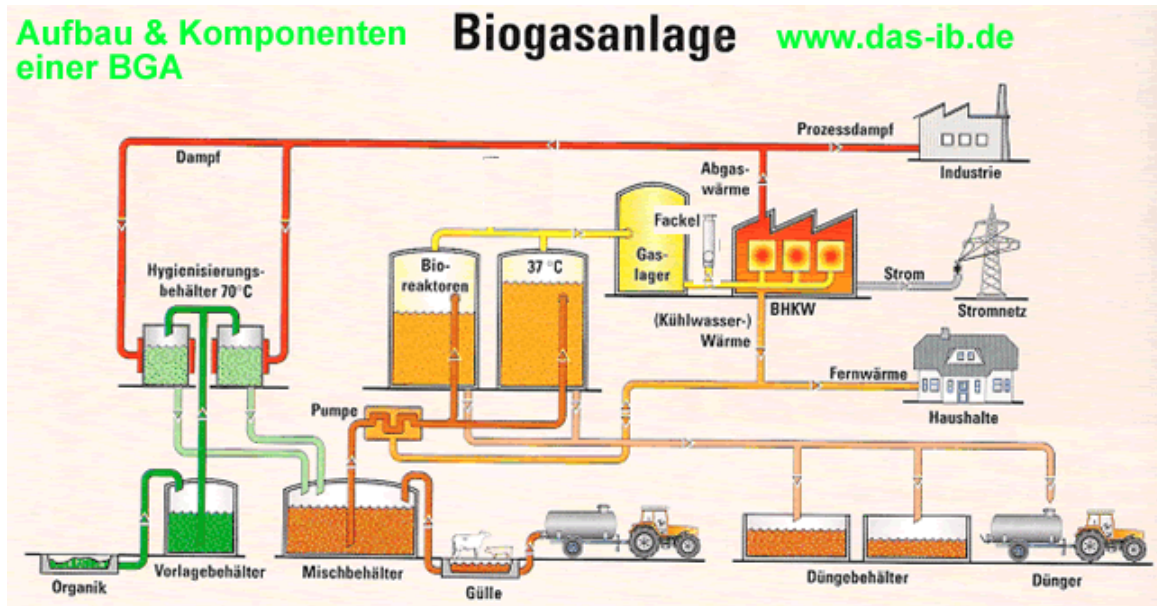
Welche Sicherheitstechnik zum Einsatz kommen soll, hängt von der Anlagenart und – Bauweise, dem Anlagenzustand, der Betriebsweise (z.B. Substraten in Quantität und Qualität), dem Standort (Bauweise, Nachbarschaft) usw. ab. Eine BGA,

- deren Fermenter ständig überfüttert wird und deren Überdrucksicherung daher ständig abbläst, hat um die Überdrucksicherung herum eine andere Zoneneinteilung und bedarf anderer sicherheitstechnischer Vorkehrungen, als eine BGA, deren Überdrucksicherung nur im Falle einer Störung anspricht. Die Größe der Zone (Radius oder Durchmesser), die vom Arbeitgeber festzulegen ist, hängt von der Gasmenge und Gasqualität ab.
- die auf einer Anhöhe steht, wird mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von einem Blitz getroffen, als eine Anlage im Tal.
- in der Hühnerkot oder Abfälle vergärt werden, kann in großen Mengen Ammoniak und weitere Schadgase freisetzen, welche dann zusätzlich kontrolliert und überwacht werden sollten.

Der Arbeitgeber iSd BetrSichV (idR der Anlagenbetreiber) ist derjenige, der letztendlich für die Sicherheit seiner Anlage zuständig ist. Diese Verantwortung kann intern delegiert werden, nach außen jedoch nicht. Im Falle einer größeren Störung mit Personen-, Umwelt- oder Anlagenschaden wird der Arbeitgeber (Anlagenbetreiber) nachweisen müssen, dass er seiner Sorgfaltspflicht nachgekommen ist. Bei diesem Nachweis helfen die gefertigten Risiko- & Gefahrenanalysen, Betriebstagebücher, Betriebsanweisungen etc. sofern Kontrollen und Wartungen festgehalten wurden, und die elektronisch gespeicherten Daten der Leittechnik / Datenaufzeichnungsgeräte.

1.1 Begriffe

Biogasanlage, BGA: Anlage zur Erzeugung, Lagerung und Verwertung von Biogas unter Einschluss aller dem Betrieb dienenden Einrichtungen und Bauten. Die Erzeugung von Biogas erfolgt aus der Vergärung organischer Stoffe.



Substrat: Zur Vergärung bestimmte organische Stoffe.

Einsatzstofflager: Ort an dem die Substrate für die Vergärung vorgehalten werden. Fahr-silo, Schüttgutsilo, Lagertank, usw.

Gärbehälter, Faulbehälter, Reaktor, Fermenter: Behälter, in dem der mikrobiologische Abbau des Substrates stattfindet.

Gasspeicher: Gasspeicher Behälter oder Foliensack, in dem das Biogas zwischengespeichert wird.

Güllelager, Endlager: Behälter und Erdbecken, in dem Gülle, Jauche sowie das vergorene Substrat gelagert wird.

Maschinenraum: Raum, in dem Gasreinigungs-, Gasförder- oder Gasverwertungseinrichtungen einschließlich deren Steuerungs- und Regelungstechnik enthalten sind.

BHKW: Blockheizkraftwerk, dient der Erzeugung von Strom und Wärme.

Explosionsgefährdete Bereiche: Räumliche Bereiche, in denen auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre



auftreten kann. Kennzeichen W 21

Gasaufbereitung: Einrichtungen zur Reinigung und Entwässerung von Biogas.

Gasdom Gasblase: Aufsatz auf Gärbehälter, in dem das Biogas gesammelt und abgezogen wird.

Gaslager: Raum oder Bereich, in dem der Gasspeicher untergebracht ist.

Betriebszustände

- **Normalbetrieb:** ist der Zustand der BGA, in dem keine Wartungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt werden und keine Störung vorhanden ist. „Alle Betriebszustände laufen so ab wie sie geplant sind“.
- **Wartung:** ist der Zustand in dem sich Anlagenteile oder die Gesamtanlage in einem Wartungs- oder Reparaturzustand befinden.
- **Störung:** ist der Zustand in dem Anlagenteile oder die Gesamtanlage Störungen oder Havarien aufweisen.

Explosion: Als Explosion bezeichnet man die Oxidations- bzw. Zerfallsreaktion eines Stoffes in Verbindung mit einem plötzlichem Temperatur- und Druckanstieg in räumlicher „Nähe“ der Reaktion.

Explosionsschutz: Gesamtheit aller Maßnahmen die zur Vermeidung von Explosionen sowie zur Vermeidung bzw. Verringerungen von Schäden, die durch Explosionen entstehen können, durchgeführt werden.

- **primärer:** Maßnahmen zur Verhinderung einer explosionsfähigen Atmosphäre.
- **sekundärer:** Maßnahmen zur Verhinderung von vorhandenen oder entstehenden Zündquellen.
- **tertiärer:** Maßnahmen zur Vermeidung von durch Explosionen entstandene Schäden.

Zonen: Räumlich abgegrenzter oder benannter Bereich in dem die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre betrachtet und definiert wurde.

Zoneneinteilung: Sind individuell, anlagenbezogen (in Abhängigkeit der Gasqualitäten und Quantitäten), verantwortungsbewusst und nachvollziehbar vom Arbeitgeber als befähigte Person im Sinne der BetrSichV festzulegen.

- **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.

- **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.
- **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.
- Zündquellen:** Zündquellen sind Ereignisse, Gegenstände oder Zustände, die eine explosionsfähige Atmosphäre zur Zündung (Explosion) bringen kann.
Heiße Oberflächen, Flammen und heiße Gase, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Anlagen und Funken, elektrische Ausgleichströme, Blitzschlag (direkt und indirekt), Statische Elektrizität, Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall, adiabatische Kompression und Stoßwellen, exotherme Reaktionen.
- UEG:** Untere Explosionsgrenze. 100 % UEG entspricht 4,4 / 5 Vol % Methan in einem Luft – CO₂ –N₂ - Gemisch
- AOSA:** Akustische und Optische Signal Anlage dient zur Signalisierung von Störungen oder potentiell gefährlichen oder kritischen Anlagenzuständen.

1.2 Eigenschaften von Biogas

Biogas ist ein **wassergesättigtes** Mischgas, welches sich im Wesentlichen aus den Hauptbestandteilen: **Methan (CH₄ / Anteil im Biogas 40-80 Vol.-%), Kohlendioxid (CO₂ / Anteil im Biogas 20-80 Vol.-%), Schwefelwasserstoff (H₂S / Anteil im Biogas 10- 10.000 ppm) und Wasserdampf (H₂O)** zusammensetzt. Eine Vielzahl von Spurengasen sind je nach Entstehung ebenfalls im Biogas enthalten, die jedoch hier wegen ihrer in der Regel geringen Relevanz nicht weiter betrachtet werden. Zu Bedenken ist jedoch – insbesondere bei Anlagen zur Abfallvergärung -, dass es in Abhängigkeit der eingesetzten Substrate und Betrieb (Verweilzeit, Temperaturen etc.) zu wesentlich höheren Konzentrationen der Spurengase kommen kann, so kann bspw. beim Einsatz von Wirtschaftsdünger eine große Menge Ammoniak frei gesetzt werden. Im Weiteren werden jedoch hier nur noch die Gase Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff betrachtet.

Gefährdungspotentiale Biogas Personenschutz

Anlagen zum Explosionsschutzdokument:

Erstellt von: DAS – IB GmbH, www.das-ib.de, info@das-ib.de

Auszug aus unseren Schulungs- - Lehrgangsunterlagen ISBN 3-88312-296-3

Personen Schutz:

Sauerstoff (O₂): < 17 Vol % Sauerstoffmangel, darunter erst Verminderung der Leistungsfähigkeit bis Bewusstlosigkeit und Tod bei ca. 6 – 8 Vol % deshalb > 20 Vol %,

Kohlenstoffdioxid (CO₂): MAK 5000ppm = 9.100 mg/m³ = 0,5 Vol % geruchlos; ab 1 Vol % erste Beeinträchtigungen und Schädigungen

Methan (CH₄): 100 % UEG, Ex = 4,4 Vol %; Grenzwert: 20 % UEG = 0,9 Vol %

Schwefelwasserstoff (H₂S): MAK 10ppm = 14 mg/m³ = 1 / 1000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol %

weitere: <http://www.hvbg.de/d/bia/gestis/stoffdb/index.html>

MAK -> Neu: TRGS 900

Stachowitz, Juni 2007

Methan (CH₄) ist ein geruchloses, ungiftiges, farbloses energiereiches Gas, das leichter als Luft ist. In Konzentrationen zwischen 4,4 (5) und 16,5 (15) Vol.-% in Luft bildet es ein explosionsfähiges Gemisch (atmosphärische Bedingungen).

Sicherheitstechnischen Kennzahlen von Biogas und Methangas:

Biogas

Zündtemperatur:	537 °C (Methan 595 °C / 650 °C)
Explosionsbereich:	ca. (4,4) 5-15 (16,5) Vol.-% nach IEC 60079-20 bzw. EN 50054
Dichteverhältnis:	ca. 1-1,25 (CO ₂ ca. 2 // CH ₄ ca. 0,7) kg / m ³

Methangas

Zündgruppe:	T 1 (> 450°C, Zündtemp. der brennbaren Substanz)
Explosionsgruppe:	IIA
Mindestzündenergie:	0,28 mWs (0,28mJ)
max. Explosionsdruck:	7,06 bar

Einordnung nach IEC-Report 60 079-20 (1996), Quelle Tab. 56 D-116; Gase – Dämpfe.. Fa. Dräger

sowie: Redeker / Schön 6. Nachtrag zu Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe, 1990



F+

Hochentzündlich

Kohlendioxid (CO₂) ist ein geruchloses, farbloses, unbrennbares Gas. Es ist etwa 1,5-mal schwerer als trockene Luft. Durch seine größere Dichte als Luft sammelt sich CO₂ bevorzugt in Bodennähe, Schächten, Gruben, Gräben etc.

Schwefelwasserstoff (H₂S) ist ein farbloses, in einem engen Konzentrationsbereich (0,003-30 ppm) nach faulen Eiern riechendes, toxisch (bis hin zum Tod) wirkendes Gas. Es ist in einem Bereich zwischen 4,3 Vol.-% (100% UEG¹) und 45,5 Vol.-% (100% OEG²) explosionsfähig. Es ist schwerer als Luft (1,53 g/m³). Weitere Informationen zu Toxizität des Biogases sowie der Gefahren durch Schwefelwasserstoff (H₂S) finden sich in den folgenden Punkten.



T+

Sehr giftig



F+

Hochentzündlich



N

Umweltgefährlich

1.3 Gefahren

In diesem Kapitel sollen auf die Gefahren, die sich durch den Betrieb einer Biogasanlage für den Bediener und die Biogasanlage selbst ergeben eingegangen werden. Insbesondere werden hier Gefahren, die durch den Umgang mit Biogas entstehen können, betrachtet.

1.3.1 Explosion

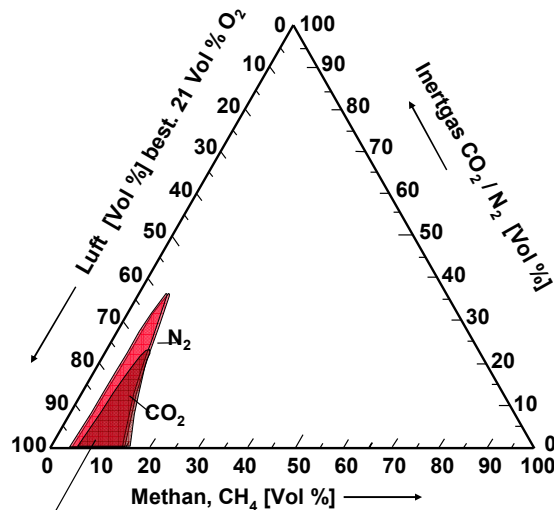
Methan besitzt die Eigenschaft in bestimmten Mischungen mit Sauerstoff (O₂) bzw. Luft (Mischgas aus: N₂, O₂, CO₂, uvm.) ein explosionsfähiges Gasgemisch zu bilden.

¹ UEG: untere Explosionsgrenze

² OEG: obere Explosionsgrenze

Dreistoffdiagramm, atmosphärisch (0,8 – 1,1 bar_a / - 20 – + 60 °C)
für den Explosionsbereich Methan / Luft / CO₂-N₂ – Gemischen
Anlage zum Explosionsschutzdokument

<p>DAS - IB GmbH Deponie Anlagenbau Stachowitz LFG- & Biogas-Technology</p> <p>Biogas-, Klärgas- u. Deponiegastechnologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beratung, Planung, Projektierung • Schulung von Betriebspersonal • Sachverständigenleistung (u.a. § 29a BImSchG) und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger 	<p>Technischer Sitz: Preetzer Str. 207 D-24147 Kiel</p> <p>Kaufmännischer Sitz/ Rechnungsschäffle: Flintbeker Str. 55 D-24113 Kiel</p> <p>Tel. # 49 / 431 / 68 38 14 Fax # 49 / 431 / 200 41 37 www.das-ib.de email nach Absprache</p>	
--	--	---



Explosionsbereich: Überschreitung von 11,6 Vol % Sauerstoff
und
zw. 4,4* (5)** Vol % Methan (100 % UEG) und 15
(16,5) Vol % Methan (100 % OEG)

* IEC 60079-20 und PTB ** EN 50054 &
<http://www.hvbg.de/d/bia/gestis/stoffdb/index.html>

Die Gefahren die sich für den Bediener und die BGA aus einer Explosion ergeben sind vielfältig:

- **Druckwelle:** Durch die Explosion eines Methangasgemisches kann ein maximaler Überdruck von ca. 6 bar in wenigen Millisekunden entstehen, dieser Druckanstieg kann zu Verletzungen an jedem lebenden Organismus führen, ebenso können Anlagenteile abgerissen beschädigt oder vollständig zerstört werden, was ebenfalls zu Verletzungen von örtlich anwesendem Personen führen kann.
- **Thermische Folgen:** Durch die plötzliche Temperaturerhöhung und oder einer durch die Explosion hervorgerufenen Flammenfront können Personen Verbrennungen erleiden sowie Anlagenteile Feuer fangen und Folgeschäden ausgelöst werden.

1.3.2 Verpuffung

Bei einer Verpuffung laufen dieselben Reaktionen wie bei einer Explosion ab, jedoch mit dem Unterschied, dass es aufgrund von kleineren Gasmengen oder fehlender räumlicher Begrenzung zu einem minderstarken Druckanstieg kommt. Die Folgen können somit die selben sein wie bei einer Explosion, in den meisten Fällen ist das Maß an Zerstörung und Kraft einer Verpuffung bei weitem geringer, als bei einer Explosion, was auf den sehr viel geringeren Druckanstieg zurückzuführen ist.

1.3.3 Brand

Ein Brand kann Personen- sowie Sachschaden durch die thermische Wirkung des Feuers zur Folge haben, ebenso können Folgeschäden durch einen Brand ausgelöst werden (Explosion, Verpuffung, Einsturz). Personen können durch eine mögliche Rauchgasentwicklung verletzt werden, findet der Brand in einem „dichten“ Raum statt so besteht Erstickungsgefahr für anwesende Personen.

Die bundesländerspezifischen Brandschutzaufgaben der Landesbauordnungen bzw. die Auflagen des Versicherers z.B. VdSen sind zu beachten.

Auf die detaillierten Aspekte des Brandschutzes wird in diesem Dokument nicht weiter eingegangen. Es empfiehlt sich, mit der örtlichen Feuerwehr einen Brandschutzplan bzw. eine Brandschutzordnung zu erarbeiten sowie mit dem Versicherer zu treffende Maßnahmen in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten abzustimmen.

1.3.4 Blitzschutz

Die Folgen eines direkten wie indirekten Blitzschlages können erhebliche Schäden an örtlich anwesenden Personen, der Anlagentechnik wie auch an der Anlagensteuerung zur Folge haben, was zu den verschiedensten Störungen auf der BGA führen kann. Ebenso stellt ein Blitzschlag eine Zündquelle dar, die eine Explosion, Verpuffung oder einen Folgebrand auslösen könnte.

Die Notwendigkeit des Schutzes und die Auswahl entsprechender Schutzmassnahmen sollten durch die Anwendung eines Risikomanagements bestimmt werden. Das Risikomanagement wird z.B. in der DIN V VDE 0185-305-2 (Ausgabe Oktober 2006) beschrieben. Örtliche Gegebenheiten (z.B. Höhe oder Lage) sowie die Ausführung der Anlage (Bauart, Ex-Zonen im Normalbetrieb, Nutzung, umgebende Bebauung) haben dabei maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis und eventl. Schutzeinrichtungen.

Ein Blitzschutzsystem besteht aus dem Äußeren und dem Inneren Blitzschutz. Der Äußere Blitzschutz soll Direkteinschläge auffangen und sicher ableiten. Für den Fall, dass eine Ex-Zone im Normalbetrieb vorliegt, können sich hier ggf. Maßnahmen ergeben. Der innere Blitzschutz soll eine gefährliche Funkenbildung innerhalb der baulichen Anlage verhindern. Dies wird durch den Potentialausgleich der Gesamtanlage erreicht, der die durch den Blitzstrom verursachten Potentialunterschiede reduziert. Zur Sicherstellung kontinuierlicher Verfügbarkeit, auch im Falle direkter Blitzeinwirkung, sind weiterführende Maßnahmen zum Überspannungsschutz elektronischer Systeme ggf. notwendig.

Es empfiehlt sich die Ausführung des notwendigen Blitzschutz mit dem Versicherer in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten der Anlage zu besprechen.

IdR reicht ein Potentialausgleich für alle metallischen Ausführungen z.B. auch Abgaskamine, Behälterbleche, etc. für einen „Äußeren Blitzschutz“ aus.

Über eine Betriebsanweisung der Anlage sollte geregelt werden, dass das Gassystem bei Gewittern nicht geöffnet wird.

1.3.5 Erstickung

Die Gefahr des Erstickens kann für Personal auf einer BGA durch verschiedene Gase und Situationen auftreten. Grundsätzlich findet eine Erstickung statt wenn Luftsauerstoff so stark von anderen Gasen verdrängt wird dass eine ausreichende Versorgung des Menschen nicht mehr möglich ist.

CO₂ einer der Hauptbestandteile von Biogas, ist wie schon beschrieben schwerer als Luft und konzentriert sich somit oft in tiefer gelegenen Anlagenteilen wie Gruben, Schächten, Kellern und Gräben auf, da es farb- und geruchlos ist, ist es für den Menschen nur mit Hilfe

geeigneter Messtechnik zu detektieren. Eine CO₂-Konzentration von 8-10 Vol.-% in Luft löst beim Menschen Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung bis hin zum Tod aus.

CH₄ kann indirekt zum Erstickten führen da bei genügend Anwesenheit von Methan Sauerstoff verdrängt wird und somit die Grundlage zum Atmen fehlt.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Erstellung einer Betriebsanweisung zur Befahrung / Begehung dieser Bauwerke in Anlehnung an die GUV – R 127 (2001) Abschnitt 5.4
- Schächte, Silos, Tiefbunker, Gruben, Lagertanks mit einem Schließsystem versehen
- Gefährdete Bereiche natürlich oder technisch belüften
- Gefährdete Bereiche vor dem Betreten / Befahren frei messen (mind. CH₄, CO₂, O₂ und H₂S)
- Ggf. Fluchttreter / Atemschutz und Rettungsgeschirr verwenden
- ...

1.3.6 Vergiftung

Das gefährlichste Gas auf einer BGA ist Schwefelwasserstoff. In geringen Konzentrationen ist ein deutlicher Geruch nach faulen Eiern wahrzunehmen. Jedoch werden schon ab 250 bis 300 ppm die Geruchsrezeptoren des Menschen durch das Gas betäubt, was zur Folge hat, dass es nicht mehr wahrnehmbar ist.

Auf den Menschen ergeben sich folgende Wirkungen:

- ab 20 ppm: Hornhautschäden bei längerer Einwirkung
- ≈ 100 ppm: Reizung der Schleimhäute an Auge und Atemwege, Speichelfluss, Hustenreiz, Vergiftungserscheinungen nach mehreren Stunden
- > 200 ppm: Kopfschmerz, Atembeschwerden; Vergiftungserscheinungen nach weniger als 1 Stunde
- > 250 ppm: Betäubung der Geruchsrezeptoren
- > 300 ppm: Brechreiz
- ≈ 500 ppm: Kraftlosigkeit, Benommenheit, Schwindel; lebensgefährlich in 30 min
- > 500 ppm: Krämpfe, Bewusstlosigkeit
- ~1000 ppm: lebensgefährlich in wenigen Minuten
- ~5000 ppm: tödlich in wenigen Sekunden

Das bedeutet, dass H₂S-Konzentrationen von 0,1 % nach wenigen Minuten und solche von 0,5 % nach wenigen Sekunden tödlich wirken! Bewusstseinsverlust tritt bei solchen Konzentrationen schon innerhalb eines oder mehrerer Atemzüge ein.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Auswahl und Dosierung der Substrate und Einsatzstoffe
- Gefährdete Bereiche natürlich oder technisch belüften
- Gefährdete Bereiche vor dem Betreten / Befahren frei messen (mind. CH₄, CO₂, O₂ und H₂S)

- Ggf. Fluchtretter / Atemschutz und Rettungsgeschirr verwenden
- Entschwefelung im Fermenter / Gasspeicher / Gassystem

1.3.7 Wartung

Die notwendigen Wartungen, Instandsetzungen richten sich sowohl nach den Herstellerangaben des Generalunternehmers, Komponentenhersteller, Lieferanten etc. und den notwendigen Fixierungen aus dem individuellen Betrieb und Standort der Anlage durch den Betreiber.

1.3.8 EVU – Netzausfall / Notstrom / Datensicherung

Der Arbeitgeber (Betreiber) der Anlage hat standortspezifische Fixierungen zu treffen, welche Maßnahmen bei EVU – Netzausfall z.B. durch eine Notstromversorgung für Rührwerke oder z.B. eine Akkupufferung für die Datenaufzeichnung und Absetzung von Notsignalen zu treffen sind.

1.3.9 Zündquellen

Kann die Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre nicht verhindert werden, müssen sekundäre Explosionsschutzmassnahmen beachtet werden. Dies wird durch die Vermeidung der Zündung der explosionsgefährlichen Atmosphäre erreicht.

Bei der Gefährdungsbeurteilung und der Dokumentation im Explosionsschutzdokument sind nach DIN EN 1127-1 (Ausgabe 10-1997) beispielsweise folgende Zündquellen zu beachten:

Heiße Oberflächen	Methan >500 °C (Turbolader, Fackelbrennraum)
Flammen und heiße Gase	Feuer, Flammen, Glut
Mechanisch erzeugte Funken	Reiben, Schlagen, Abtragen
Elektrische Anlagen	Funken, Schaltvorgänge, Wackelkontakt, Ausgleichströme
Elektrische Ausgleichströme	kathodischer Korrosionsschutz, Schweißanlagen,
Statische Elektrizität	Entladung von aufgeladenen, isoliert angeordneten Teilen
Blitzschlag	direkt und indirekt
Elektromagnetische Wellen	Funksender, Schweißmaschinen, Laser etc.
Ionisierende Strahlung	Röntgen, radioaktive Strahlung
Ultraschall	
Adiabatische Kompression und Stoßwellen	
Exotherme Reaktion, Selbstentzündung von Stäuben	

1.4 Geltende Gesetze und Vorschriften für Teilbereiche

Rangfolge der einzuhaltenden Regelungen zur Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz:

1. Richtlinien der Europäischen Union, die der Staat in nationales Recht umzusetzen hat
2. Gesetze und Verordnungen des Staates
3. Unfallverhütungsvorschriften und Normen

Übersicht über die im Bereich der Sicherheit von BGA wichtigen gesetzlichen und weiteren Regelungen, die Anstöße zur Lösungen von Sicherheitsbetrachtungen geben können.

1.4.1 Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 27. September 2002, zuletzt geändert am 6. März 2007, regelt die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber (dies ist in der Regel der Anlagenbetreiber), die Benutzung von Arbeitsmitteln durch die Beschäftigten bei der Arbeit sowie den Betrieb von Überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des Arbeitsschutzes. Das in ihr enthaltene Schutzkonzept umfasst eine einheitliche Gefährdungsbeurteilung der Arbeitsmittel, die sicherheitstechnische Bewertung der Anlagen, den "Stand der Technik" als einheitlicher Sicherheitsmaßstab, geeignete Schutzmaßnahmen und Prüfungen sowie Mindestanforderungen für die Beschaffenheit von Arbeitsmitteln.

Bezogen auf BGA bedeutet dies, dass der Arbeitgeber (Anlagenbetreiber) eigenverantwortlich – unter Berücksichtigung des Anlagenstandortes, der Anlagenart und -beschaffenheit sowie der Betriebsweise – Betriebszustände definieren, eine Gefährdungsanalyse erstellen, Gefährdungsmaßnahmen treffen, Ex-Zonen einteilen sowie Wartungs- und Prüfungsintervalle festlegen muss. Die Ergebnisse dieser Definitionen, Analysen, Zoneneinteilungen usw. sind vom Anlagenbetreiber umzusetzen, in einem Explosionsschutzdokument niederzuschreiben und auf aktuellem Stand zu halten.

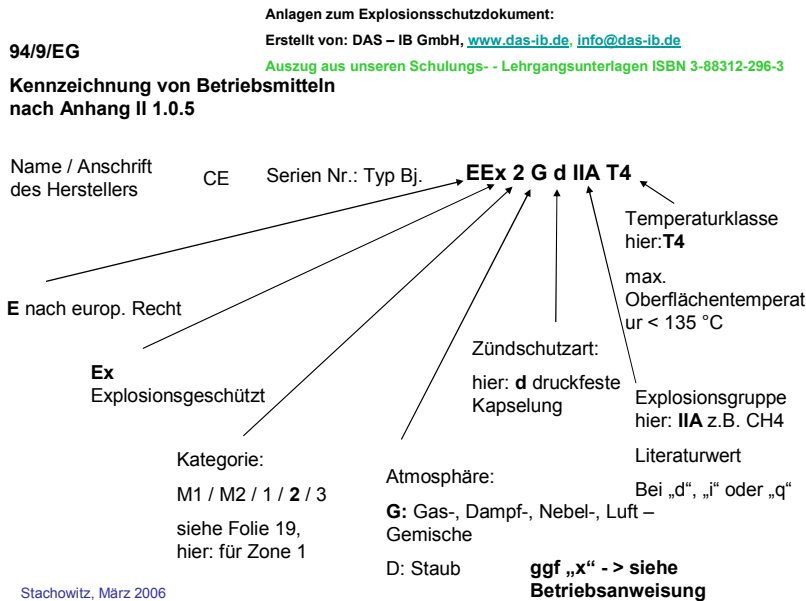
1.4.2 11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – 11. GPSGV

Die 11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (11. GPSGV) vom 12. Dezember 1996, zuletzt geändert am 9. Januar 2004, regelt das Inverkehrbringen von neuen Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche sowie deren erforderliche Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen.

Für elektrische und nichtelektrische Geräte – es wird nicht nur der Pumpen-, Lüfterantrieb (Motor), sondern die gesamte Einheit / Gerät betrachtet – werden die grundsätzlichen Anforderungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vorgeschrieben. Analog zu den Ex-Zonen der BetrSichV werden Gerätekategorien definiert. Die Geräte müssen in Abhängigkeit von der jeweiligen Gerätekategorie definierten Anforderungen entsprechen und definierte Prüfverfahren absolvieren.

Tabelle 1: Anforderungen an Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche

Geräte- kategorie 11. GPSGV	Einsetzbar in Ex-Zone BetrSichV	Anforderung
1	0	Muss zwei unabhängige Schutzsysteme aufweisen
2	1	Muss im normalen Betrieb und bei üblicherweise auftretenden Fehlern sicher sein
3	2	Muss im normalen Betrieb sicher sein



Kennzeichnung von Betriebsmitteln

1.4.3 WHG

Frisch – und Altöle ab 200 l fallen bei der Lagerung, im Betrieb und beim Bau der Anlage unter das WHG. Es sind somit die entsprechenden Regelungen (z.B. doppelwandiger Bau von Tanks, Leckageüberwachungen, Überfüllsicherungen, Auffangwannen etc. zu beachten und die Prüfbescheinigungen vorzuhalten.

1.4.4 Materialien

Verbaute Materialien benötigen in Abhängigkeit des Einsatzes geeignete Werks- und oder Prüfzeugnisse durch den Hersteller und zusätzlich ggfs. durch den Installateur / Monteur.

1.4.4.1

Gasführende Leitungen sind entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik auszuführen. Die fachgerechte Herstellung und die Dichtigkeit ist nachzuweisen, z. B. durch Herstellerbescheinigung nach DVGW Arbeitsblatt G 469.

Werden Gasleitungen außerhalb des Betriebsgeländes der Biogasanlage oder von Flächen die nicht in räumlich funktionalem Zusammenhang zur Biogasanlage stehen verlegt, sind Kunststoffgasleitungen z.B. nach den technischen Vorgaben des DVGW Regelwerkes G 472 zu verlegen.

Kunststoffrohrleitungen dürfen grundsätzlich

- nur außerhalb von geschlossenen Gebäuden und Hohlräumen
- oberirdisch nur als Anschlussleitung (z.B. am Foliengasspeicher, Fermenter, Kondensatschacht)

verwendet werden. Oberirdisch verlegte Leitungen sind vor mechanischen und thermischen Beschädigungen zu schützen.

Rohrleitungen und deren Verbindungen müssen neben der Werkstoffbeständigkeit für das eingesetzte Medium in der Auslegung auch die verwendeten Drücke und Temperaturen be-

rücksichtigen. Rohrleitungen einschließlich aller Ausrüstungsteile und flexiblen Anschlüsse / Kompensatoren müssen mindestens die konstruktive Festigkeit 1 / 6 bar aufweisen.

Rohrleitungen müssen medien- und korrosionsbeständig sein. Materialbeständig bei Biogas sind z. B. Rohre aus Stahl, Edelstahl, Polyethylen (PE-HD) und PVC-U.

Statische Erfordernisse aus dem Betrieb (z.B. Betriebsdrücke, Wind) sind separat zu berücksichtigen.

Hinweis

Das im Fermenter entstehende Biogas ist wasserdampfgesättigt und enthält u.a. Schwefelwasserstoff (H₂S), der in Rohrleitungen und Anlagenteilen Korrosionsschäden verursachen kann. Bei der Wahl des Materials müssen somit individuell die Inhaltsstoffe berücksichtigt werden.

Buntmetalle sind nicht beständig gegen die Begleitgase im Biogas.

PVC-Rohre:

Handelsübliche PVC - KG-Rohre sind nicht zulässig, da sie nur einer konstruktiven Festigkeit von maximal 0,5 bar entsprechen und idR gesteckt werden.

PVC-U Rohre: PVC ist nicht UV-beständig und verfügt über eine geringe Schlagfestigkeit. Bei der Verwendung ist die fachgerechte Lagerung und Verarbeitung einzuhalten. Dazu sind insbesondere die Hinweise in Bezug auf die Verlegung und Verarbeitung anzuwenden z.B. die Herstellerhinweise sowie die Klebeanleitung und Verlege- und Verarbeitungsanleitung des Kunststoffrohrverbandes. Die Sach- und Fachkunde des Verlegers muss nachgewiesen und dokumentiert werden.

1.4.5 Elektrotechnik / Sicherheitstechnische Verschaltungen

Bei Ausfall der Hilfsenergien, Notabschaltung, Betätigung eines Not-Aus-Tasters muss die Anlage bzw. die relevanten Anlagenteile in einen sicheren Zustand fahren und in einem sicheren Zustand verbleiben.

Beispiele: Schließen der automatischen Gasschnellschlussarmaturen z.B. pneumatisch und elektrisch

Ausschalten der entsprechenden Gasverdichter

„Ausschaltung“ aller nicht ex-geschützten Teile in gasbeaufschlagten Maschinenräumen (Gasverdichterraum, Gasreinigung, Gasanalysenschrank etc.). Eine „Ausschaltung“ im sicheren Sinne (FAIL – SAFE) meint u.a. eine allpolige Abschaltung des Betriebsmittel bzw. der Betriebseinheit, d.h. PhaseN (L1, L2, L3) und Nulleiter (N) bei einem getrennten Schutzsystem.

Bei der Auslegung der sicherheitsbezogenen Steuerungsteile sollte jeweils die aktuelle gültige Norm herangezogen werden.

Anlagenbezogenen müssen NOT – AUS – Taster für die gesamte BGA oder sinnvolle Teilbereiche der BGA außerhalb der Betriebsräume installiert werden. Die Anlagenstandorte und die Folgefunktionen müssen mit der zuständigen Feuerwehr abgesprochen werden und separat dokumentiert werden.

Beispiele für steuerungstechnische Detailmaßnahmen für die Biogasanlagensteuerung:

Maschinen und Anlagenteile, die Sorge tragen, dass keine Schäden am System Biogasanlage auftreten, sollten FAIL – SAFE z.B. über Hardware Abschaltungen (Unabhängig von der SPS) verfügen und einzeln abgeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert werden.

- Pumpen zum Abpumpen der Fermenter
- Überfüllsicherungen
- Füllstandsüberwachungen (MIN / MAX)
- Rührwerke
- Einbringtechnik
- Gasfördereinrichtungen
- Gasnutzungen

Biogasanlagen sollten mit einer netzunabhängigen Fehlermeldeanlage (z.B. Fehler senden an Handy) mit Quittierzwang ausgestattet sein. z.B.:

- V.g. Anlagenüberwachungen
- EVU - Netzausfall
- Sicherheitsalarme z.B. Gaswarnanlagen, Notabschaltungen

Substratpumpen / Entnahmepumpen sollten mit einer Laufzeitüberwachung (AUS) ausgestattet sein.

In Pumpenschächten bzw. Gebäuden sollte ein sogenannter Feuchtesensor am Boden installiert sein. (Dichtigkeitsüberwachung)

Steuerungsanlagen mit Sicherungsfunktionen sind FAIL – SAFE / fehlersicher auszuführen (z.B. nach EN 954-1 März 1997, EN ISO 13849-1 Januar 2007 oder EN 60204-1 November 1998) sofern diese nicht durch ein redundantes System, z.B. eine mechanische Überdrucksicherung gegen Überdruck oder z.B. ein Überlauf gegen Überfüllung, abgesichert sind.

Ferner wird empfohlen, neben der steuerungstechnischen Absicherung redundant ein mechanisches Sicherungssystem (z.B. mit Schließsystem gesicherter Handabsperrschieber) bei Abpump- und Auslaufeinrichtungen zu installieren.

1.4.6 Hilfreiche & nützliche Normen und Richtlinien

Betriebssicherheitsverordnung

TRBS 1203 „Befähigte Person“

TRBS 2152 „Gefährliche Explosionsfähige Atmosphäre“

TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung“

DIN DVGW G 469: Beschreibt die Dichtigkeitsprüfung mit Betriebsgasen. Im Überdruckbereich werden Verbindungen, Armaturen etc. mit schaubildenden Mitteln abgesprüht. Im Unterdruckbereich wird der Sauerstoffgehalt des Biogases vor und nach der zu prüfenden Gasstrecke gemessen, ist der Sauerstoffgehalt an beiden Messpunkten gleich, kann keine Undichtigkeit vorliegen.

DIN EN 1127 – 1 „Explosionsschutz“, Oktober 1997

Schutzmaßnahmen nach GUV – R 104 (vorm. 19.8, Explosionsschutz – Regeln, Ausgabe Januar 2007)

BGV A8 (1. Januar 2002) Sicherheits – und Gesundheitsschutz – Kennzeichnung am Arbeitsplatz

GUV – R 132 (BGR 132) Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (Ausgabe März 2003)

Druckprüfungen nach DIN EN 12327 (August 2000) und DVGW Arbeitsblatt G 469 (Juli 1987)

Normen und Vorschriften insb. DIN 78 (EN ISO 4753), DIN VDE 0100 und 0185, EN 60079,

Konformität nach: CE – Kennzeichnung / EU - Binnenmarkt, DIHK, 9. aktualisierte Auflage, August 2003

GUV – R 127 (bisher GUV 17.4) Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz - Deponien (Ausgabe Februar 2001) soweit anwendbar z.B. Begehung von unterirdischen Bauwerken

Das Konzept mit Sicherheitsanalyse und Bewertung zur Verhinderung und Begrenzung von Störfällen ist an die Störfallverordnung (12. BImSchV; Stand 26. April 2002) angelehnt.

Anmerkung: Biogasanlagen fallen nicht unter die Störfallverordnung und sind keine Überwachungsbedürftigen Anlagen.

Biogas- und Deponiegashandbuch von DAS – IB GmbH (Lehrgangsbuch: ISBN-Nr.: dieses Buch, 7. Auflage April 2008)

2 Strategien für sichere Anlagen

Für alle Bauwerke (Fundamente, Gebäude, Behälter etc.) sind statische Nachweise vom Hersteller und ggfs. des zuständigen Prüfstatikers vorzuhalten. In den Nachweisen müssen die installierten Arbeitsmittel wie z.B. Rührwerke, Durchbrüche, Leitbleche etc. berücksichtigt werden.

Anfahrerschutz:

Zum Schutz vor Anfahen durch Fahrzeuge in gefährdeten Bereichen sind die Baugruppen der BGA und seine Ausrüstungsteile z. B. durch Anfahrerschutz, Abschränkung, Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Einhaltung von individuellen Schutzabständen zu schützen.

Die Wärmedämmung von Gärbehältern / Fermentern muss mindestens normal entflammbar, B 2 DIN 4102, sein. Sie muss im Bereich von 1 m um Öffnungen, an denen Gas betriebsmäßig austritt, mindestens aus schwer entflammbarem Material, B 1 DIN 4102, sein.

Gärbehälter / Fermenter müssen mit jederzeit wirksamen Sicherheitseinrichtungen (unter- / Überdrucksicherungen) versehen sein, die eine unzulässige Änderung des Innendrucks unabhängig von der Außentemperatur verhindern. Die Flüssigkeitsverschlüsse müssen als Sicherheitsverschluss ausgeführt und so eingerichtet sein, dass die Sperrflüssigkeit bei Über- oder Unterdruck nicht ausläuft und bei nachlassendem Über- oder

Unterdruck selbsttätig wieder zurückfließt.

Im Gärbehälter und Nachgärer muss gewährleistet sein, dass der Füllstand nicht überschritten (Überfüllsicherung) wird, z. B. dadurch, dass die vergorenen Substrate über ein Steigrohr (Überlauf) frostfrei dem Güllelager zugeführt werden.

Alle beweglichen Teile z.B. Pumpen, Verdichter etc. sind durch Schwingungsdämpfern oder Kompensatoren mit Festpunkten vom Rohrleitungssystem zu entkoppeln.

Medienleitungen insb. Öl und Gas sind zu kennzeichnen (Medium, Fließrichtung etc.).

Eine Sicherheitsbeschilderung für alle Zugänge der BGA hat mindestens wie folgt zu erfolgen:



P06 Zutritt für Unbefugte verboten



P02 Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten

Aus der Sicht des Arbeits- und Explosionsschutzes sollte das oberste Ziel eines sicheren Anlagenbetriebs sein, möglichst keine Zonen mit explosionsfähiger Atmosphäre vorliegen zu haben (primärer Explosionsschutz) und nicht, möglichst viele Zonen zu deklarieren.

Da Methan die unangenehme Eigenschaft hat, in einem bestimmten Mischungsbereich mit Luft explosionsfähige Atmosphären bilden zu können, ergeben sich je nach Anlagenteil und Betriebszustand unterschiedliche Möglichkeiten, eine solche zu verhindern. Im Folgenden wird im Sinne eines primären Explosionsschutzes beispielhaft je Anlagenteil und Betriebszustand auf unterschiedliche Strategien für einen sicheren Betrieb eingegangen.

In vielen Fällen stellt ein wirksamer Arbeitsschutz auch einen wirksamen Umweltschutz dar, z.B.:

- * verhindern Behälter- und Ablaufabsicherungen unkontrollierte Substrataustritte,
- * verhindern dichte Gasleitungen explosionsfähige Atmosphären und vermeiden die Emission des klimaschädlichen Methans.

In andern Fällen sind jedoch zum Umweltschutz weiterreichende Maßnahmen zu treffen, insbesondere beim Umgang mit wassergefährdende Stoffen, wie Schmier- und Zündöle z.B. durch Auffangwannen und / oder doppelwandige Ausführung von Tanks.

2.1 Einsatzstofflager / Anmischbehälter

Eintrags – und Befüllöffnungen sind gegen Hineinstürzen zu sichern.

Befüllöffnungen sollten zur Hauptwindrichtung so angeordnet werden, dass Gase vom Bedienbereich weggeführt werden.

Das Einsatzstofflager für eine BGA hält die zu vergärenden Substrate vor. Bei flüssigen wie auch festen Einsatzstoffen kann es durch bakterielle Prozesse zu Sauerstoffzehrung kommen. Dies kann bei Betreten von schlecht belüfteten Lagerräumen oder Lagerstätten zu Erstickungsgefahr führen.

Hinweis zur ausreichenden Dimensionierung der Be- oder Ablüftung am Beispiel CH₄:

$$\frac{\dot{V}_{\max, \text{CH}_4} \text{ bei max. Gasförderung bzw. -entstehung}}{\dot{V}_{\text{Biogas}} + \dot{V}_{\text{Luft der Be- und Entlüftung}}} = \ll 50 \% \text{ UEG CH}_4 \text{ in Luft}$$

2.1.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb ist in Abhängigkeit der baulichen Ausführung der Lagerstätte und der gelagerten Stoffe, mit geringer bis hoher Wahrscheinlichkeit mit Erstickungsgefahr zu rechnen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- natürliche und/oder technische Belüftung der Lagerstätten
- regelmäßige Kontrollen der Lüftung, die Ergebnisse werden im Betriebstagebuch festgehalten
- Silos, Tiefbunker, Gruben, Lagertanks etc. sind keine ständigen Arbeitsstätten
- Silos, Tiefbunker, Gruben etc. sind vor dem Betreten mit einem Messgerät (mind. O₂ und CO₂) zum Personenschutz frei zu messen
- Ggf. ist zum Betreten Rettungsgeschirr und Atemschutz zu verwenden

2.1.2 Wartung

Bei Wartungsarbeiten ist, in Abhängigkeit der baulichen Ausführung der Lagerstätte und der gelagerten Stoffe, mit geringer bis hoher Wahrscheinlichkeit mit Erstickungsgefahr zu rechnen. Die Auswirkung einer schlechten Lüftung der Lagerstätten wäre hoch, da bei Wartungsarbeiten in der Regel Personal anwesend ist.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Vor dem Betreten ist eine ausreichende Belüftung der Lagerstätte sicherzustellen
- Reicht die natürliche Belüftung nicht aus, ist eine technische Lüftung hinzuzuziehen
- Silos, Tiefbunker, Gruben etc. sind vor dem Betreten mit einem Messgerät (mind. O₂ und CO₂) zum Personenschutz frei zu messen
- Ggf. ist zum Betreten Rettungsgeschirr und Atemschutz zu verwenden

2.1.3 Störung

Bei Störungen, z.B. Ausfall der Lüftung, ist, in Abhängigkeit der baulichen Ausführung der Lagerstätte und der gelagerten Stoffe, mit geringer bis hoher Wahrscheinlichkeit mit Erstickungsgefahr zu rechnen. Die Auswirkung einer Störung wäre gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen und Optimierungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten

2.2 Vorbehandlung

Eine Vorbehandlung kann z.B. eine Mischung, eine chemische oder physikalische Behandlung oder eine sonstige Aufbereitung von Substraten, Kofermenten und Einsatzstoffen sein.

Insbesondere beim Umgang mit biologisch Aktiven Einsatzstoffen, bspw. Mischung von Silage mit Rezirkulat, ist auf eine gute Be- und Entlüftung zu achten (vgl. Kapitel 2.1), da bei ungünstigen Bedingungen innerhalb kurzer Zeit bedenkliche Mengen CH₄, CO₂, H₂S, Ammoniak etc. frei gesetzt werden können. Im Folgenden wird nur auf die Gase CH₄, CO₂ und H₂S eingegangen. Jeder Betreiber

Achtung! Besondere Vorsicht ist beim Einsatz von Kofermenten geboten. Es dürfen nur solche Substrate und Stoffe zusammen gelagert, behandelt oder eingebracht werden, die keine unkontrollierbaren Reaktionen verursachen.

2.2.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann es bei der Vorbehandlung in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten, Kofermenten und Stoffen zur Bildung von gefährlichen Gasen kommen. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines zündfähigen Gemisches ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist im Normalbetrieb möglicherweise vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung ist hoch, da in der Regel Personal anwesend ist. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile ist eventuell hoch, da diese beschädigt werden könnten.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen und Optimierungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten
- Neue Substrate, Kofermente und Stoffe werden in kleinen Mengen unter kontrollierten Bedingungen vorbehandelt, um eine negative Reaktion auszuschließen
- Die Vorbehandlung sollte nur im Freien oder in gut be- oder entlüfteten Räumlichkeiten durchgeführt werden

2.2.2 Wartung

Bei der Wartung der Vorbehandlung können in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten, Kofermenten und Stoffen gefährliche Gase inner- und außerhalb der Aggregate anzutreffen sein. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines zündfähigen Gemisches ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da in der Regel Personal anwesend ist und Anlagenteile beschädigt werden könnten.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen und Optimierungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten
- Antriebe und Steuerungen der Betroffenen Aggregate sind stromlos zu schalten und gegen unbefugtes Anfahren zu sichern
- Behälter und Gruben sind vor dem Betreten mit einem 4-Kanalmessgerät (CH₄, O₂, H₂S und CO₂) zum Personenschutz frei zu messen
- Eine ausreichende, ständige Belüftung während der Arbeiten ist sicherzustellen.
- Ggf. ist funkensicheres Werkzeug zu benutzen, nicht statisch aufladbare Kleidung sowie entsprechendes Atemschutzgerät zu tragen

2.2.3 Störung

Bei Störung der Vorbehandlung, z.B. Ausfall der Lüftung, können in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten, Kofermenten und Stoffen gefährliche Gase inner- und außerhalb der Aggregate anzutreffen sein. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines zündfähigen Gemisches ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist evtl. vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung auf Personen wäre gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile wäre hoch, da diese beschädigt werden könnten.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen und Optimierungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten

2.3 Fermenter und Nachgärer

Die Fermenter und Nachgärer einer BGA dienen dem biologischen, physikalischen und chemischen Aufschluss der Einsatzstoffe und der biologischen Umsetzung zu Biogas und Gärrest.

Sind die Fermenter und Nachgärer zum Wetterschutz eingehaust, z.B. mit einer Stahldachkonstruktion oder Tragluftfolie, sollte der Zwischenraum zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphären frei von Luft durchströmbar sein, bzw. technisch belüftet werden. Bei Tragluftfoliensystemen erfüllt das Gebläse nebenbei die Funktion der technischen Belüftung, ebenfalls dient es dazu, ein fehlendes Volumen durch eine absinkende Gasmembran sicher auszugleichen, ohne dass ein Unterdruck im Behälter entsteht und unkontrolliert Luft über die Unterdrucksicherung in den Behälter gelangt. Über die Eintragungssysteme sollte kein Biogas entweichen können, dies wird z.B. mit dem Pressschneckenverfahren, bei dem ein Restpfropfen in der Schnecke den Fermenter sicher nach außen abdichtet, oder einen ständig getauchten Eintrag erreicht. Rohr-, Kabel- und Wellendurchführungen sollten so ausgeführt sein, dass aus dem Fermenter oder Nachgärer kein Gas entweicht, dies kann technisch durch eine Dichtung oder baulich durch die Positionierung der Durchführung unterhalb des Substratspiegels erzielt werden. Die Fermenter und Nachgärer sind mit einer Über-/Unterdrucksicherung sowie ggf. mit Berstscheiben auszurüsten. Es empfiehlt sich, in jedem Reaktor und Fermenter den Gasdruck und Füllstand zu überwachen. Bei Anwendung der biologischen Entschwefelung im Gasraum über dem Substrat mittels Einblasen von Luft ist auf die korrekte Dimensionierung und Auslegung der Pumpe, deren Aufstellung im Freien und deren sicherheitstechnische Verschaltung (Unterbindung eines Biogastrückstromes) zu achten, dies könnte z.B. durch ein in der Zuluftleitung als Rückströmsicherung ein gasdichtes Rückschlagventil realisiert werden.

Beim Einsatz von Gasmembranen sollte rechnerisch nachgewiesen werden, dass die Methanpermeation so gering ist bzw. der Luftwechsel so hoch ist, dass außerhalb der Membran (z.B. im Zwischenraum des Tragfoliendaches) keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann. Für ein Tragfoliendach könnte die Berechnung beispielsweise folgendermaßen aussehen:

$$\text{Methanpermeation} = 1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar}}$$

$$\Delta p = 1 \text{ bar}; d = 24 \text{ h}; A_{F1} = 260 \text{ m}^2$$

$$Q_{24\text{h}} = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d bar} \cdot 260 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ bar} = 0,26 \text{ m}^3/\text{d} = 0,010833 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{CH}_4/h} = 0,010833 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{Luft}} = \text{ca. } 100 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Annahme Verdünnung)}$$

$$\frac{Q_{\text{CH}_4/h}}{V_{\text{Luft}}} = \frac{0,010833 \text{ m}^3/\text{h}}{100 \text{ m}^3/\text{h}} = 1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow 0,0108\% \text{CH}_4$$

Die Konzentration von CH₄ in der Luft beträgt 0,0108 Vol.-% (= 0,25 % UEG), d.h. der gewählte Luftwechsel reicht aus bzw. die Methanpermeation ist gering genug, so dass die UEG nicht überschritten wird.

2.3.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb ist kein explosionsfähiges Gemisch in den Fermentern und Nachgärern vorhanden, weil weder über die Unterdrucksicherung noch durch das Eintragssystem oder Durchführungen Luftsauerstoff eintreten kann. Dies kann durch den Arbeitgeber (Betreiber) durch die Befolgung einer Betriebsanweisung: Beschickung des Fermenters mit Substrat – Gasproduktion – Gasabnahme (Motor) sichergestellt werden. Des Weiteren ist die biologische Entschwefelung so zu dimensionieren, dass bei normalen Füllständen und normaler Gasproduktion niemals eine Sauerstoffkonzentration von z.B. über 3 Vol.-% O₂ in Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt G 260 erreicht werden kann. Diese Überwachung kann z.B. mit einer sicherheitsgerichteten Rohgasanalyse auf O₂ und CH₄ erfolgen.

Im Normalbetrieb treten außerhalb der Fermenter und Nachgärer keine explosionsfähigen Atmosphären auf, weil die Fermenter und Nachgärer gasdicht sind, die Überdrucksicherung nicht anspricht, Eintragssysteme und Durchführungen getaucht bzw. gasdicht ausgeführt sind, die Methankonzentration im Zwischenraum und an dessen Öffnungen sehr gering ist und in der Zuluftleitung der Entschwefelung als Rückströmsicherung ein gasdichtes Rückschlagventil verbaut ist.

Schaugläser in den Fermenter sind gasdicht und an der freien Atmosphäre zu installieren.

Bei abweichender Ausführung oder Betriebsweise der BGA kann es im Normalbetrieb individuell zu explosionsfähigen Atmosphären außerhalb des Fermenters oder Nachgärers kommen (bspw. bei ständiger Überproduktion von Biogas und Abblasen über die Überdrucksicherung), so dass vom Betreiber eigenverantwortlich in Abhängigkeit von austretender Methanmenge, Örtlichkeit usw. Zonen zu deklarieren sind.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen und Optimierungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten (auch Luftdosierung!)
- Regelmäßige Dichtigkeitsprüfungen durch den Betreiber der Anlage, z.B. gem. DVGW G 469 A4
- Arbeitstägl. Sichtkontrolle der Durchführungen auf Dichtigkeit
- Regelmäßige Kontrolle und evtl. Nachfüllung der Dichtmittel
- Füllstandsüberwacht: bei Kontakt der Durchführungen, die durch Überstauung gedichtet werden, mit dem Gasraum erfolgt eine Alarmmeldung an das Betriebspersonal
- Werden die Durchführungen, die durch Überstauung gedichtet werden, nicht getaucht betrieben und wird Gas im Fermenter produziert, ist durch regelmäßige Begehung und Messung die Gasdichtigkeit der Durchführung sicherzustellen.

2.3.2 Wartung

Bei der Wartung der Rührwerke, Dichtungen etc. kann es notwendig sein, den jeweiligen Fermenter zu öffnen und zu betreten. Hierbei kann es durch Methan oder Schwefelwasserstoff zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen. Des Weiteren ist Schwefelwasserstoff gesundheitsschädigend und kann bis hin zum Tod führen.

Zündquellen in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme sind bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Dazu muss Kleidung getragen werden, die sich nicht statisch auflädt und Werkzeug benutzt werden, dass keine Funken verursachen kann. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da Personal örtlich anwesend ist. Sollte der Füllstand des Substrats bei Wartungsarbeiten die getauchten Einbauten wie Rührwerksdurchführungen und Eintragschnecke unterschreiten, sind die betroffenen Aggregate allpolig stromlos zu schalten.

Zonen um die möglichen Gasaustritte sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Vor Öffnen eines Fermenters sind die Aggregate des Fermenter abzuschalten und die Gasproduktion auf ein Minimum herunterzufahren. Der Inhalt des Gasraums wird entleert, d.h. dem BHKW oder anderen Verbrauchern zugeführt.
- Die Verbindung zwischen Fermenter und Gärrestelager oder dem anderen Fermenter wird über die Absperrarmaturen gasdicht getrennt.
- Eine ausreichende, ständige Belüftung des Fermenters während der Arbeiten ist sicherzustellen.
- Es ist ein 4-Kanalmessgerät (CH_4 , O_2 , H_2S und CO_2) zum Personenschutz zu betreiben
- Bei den Arbeiten am geöffneten Fermenter ist ein Ex-Warngerät einzusetzen, funkensicheres Werkzeug zu benutzen, nicht statisch aufladbare Kleidung sowie entsprechendes Atemschutzgerät zu tragen.
- Dichtheitsprüfung des Fermenters z.B. mit schaubildenden Mitteln, falls Dichtungen geöffnet bzw. ausgetauscht wurden.
- Nach Wiederanfahren des Fermenter sind die regelmäßigen Begehungen mit Sichtkontrollen durch das Betriebspersonal wieder aufzunehmen.
- Die Fördereinträge und Rührwerke werden erst bei getauchter Fermenterdurchführung wieder angefahren.
- Werden die Rührwerksdurchführungen nicht getaucht betrieben und Gas im Fermenter produziert, wird ist durch regelmäßige Begehung und Messung die Gasdichtigkeit der Durchführung sicher gestellt.

2.3.3 Störung

Bei Störungen (z.B. schneller niedriger Substratfüllstand) kann über die dann nicht mehr abgetauchte Förderschnecke, Rührwerksdurchführung bis zur Unterdrucksicherung am Behälter etc. Sauerstoff (Luft) in den Fermenter gelangen bzw. (später) Gas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Die Geschwindigkeit zur Substratabsenkung kann z.B. durch den Anlagenbetreiber oder eine automatische Überwachung beeinflusst werden. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Außerhalb des Fermenters wird das austretende Gas bis auf unbedenkliche Werte verdünnt. Die Auswirkung einer Zündung ist gering, da in der Regel kein Personal örtlich anwesend ist.

Ferner sind Maßnahmen zu treffen, die das Aufschäumen von Substrat und Schwimmschichten vermeiden. Insbesondere sind Einrichtungen zu installieren (z.B. Wassereindüsung), die diesen Schaum von den Sicherheitsarmaturen (z.B. Über – und Unterdrucksicherung, Berstscheiben) entfernen kann. Wasserleitungen sind gegen das Eindringen von Biogas zu sichern z.B. durch gasdichte Absperrarmaturen.

Bei Störungen (z.B. starker Unter- oder Überdruck in den Behälter) kann über die Unter- und Überdrucksicherung oder technische Undichtigkeiten Sauerstoff in den Fermenter gelangen bzw. Gas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Außerhalb des Fermenters wird das austretende Gas bis auf unbedenkliche Werte verdünnt. Die Auswirkung einer Zündung ist gering, da in der Regel kein Personal örtlich anwesend ist.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen durch das Betriebspersonal, um die Funktion der einzelnen Komponenten zu überprüfen. Die Ergebnisse werden laufend protokolliert.
- Abschaltung der Nutzungsanlage bei zu niedrigem Substratfüllstand im Fermenter.
- Abschaltung der Nutzungsanlage bei zu niedrigem Füllstand im Gasspeicherdach.
- Die verwendeten Bauteile werden geerdet, Potentialausgleich und Blitzschutzmaßnahmen werden regelmäßig überprüft.
- Werden die Rührwerksdurchführungen nicht getaucht betrieben und Gas im Fermenter produziert. Wird ist durch regelmäßige Begehung und Messung die Gasdichtigkeit der Durchführung sicher gestellt.
- Mechanische Sicherungen (z.B. Absperrschieber) bei Ausfall / Fehlfunktionen der Elektrotechnik im Abpumpbetrieb oder der Entnahme.

2.4 Gasspeicher

Wenn mehr Biogas produziert als verbraucht wird, dienen Gasspeicher der Zwischenlagerung. Gasspeicher können sowohl in Fermentern und Nachgärern integriert (siehe Kapitel 2.3) als auch in Form separater Bauwerke ausgeführt sein.

Als separate Gasspeicher werden meist Gasspeichersäcke, die von einer Wetterschutzhülle umgeben sind, oder feste Gaspeicher verwendet. Zur Vermeidung von explosionsfähigen Atmosphären sollte der Zwischenraum bzw. der Lagerraum natürlich bzw. technisch diagonal belüftet werden. Für die Membran sollte analog zu Kapitel 2.3 rechnerisch nachgewiesen werden, dass die Methanpermeation keine explosionsfähigen Atmosphären verursachen kann. Gasspeicher sind mit einer Über-/Unterdrucksicherung auszurüsten. Eine unzulässige Änderung des Innendrucks muss durch jederzeit wirksame Sicherheitseinrichtungen verhindert werden.

Es empfiehlt sich, den Füllstand zu überwachen.

Gasspeicher müssen den Erfordernissen entsprechend gasdicht, druckfest, medien-, UV-, temperatur- und witterungsbeständig sein.

Bei der Auswahl der Materialien sind - insbesondere bei Folien aus Kunststoffen - folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Reißfestigkeit: mind. 500 N/5 cm oder
- Zugfestigkeit: mind. 250 N/5 cm

- Gasdurchlässigkeit bezogen auf Methan: $\sim 1000 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar}$
- Temperaturbeständigkeit von $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ Gasspeicher

Diese Ausführung sind vom Arbeitgeber gesondert nachzuweisen / aufzubewahren.

2.4.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb ist kein explosionsfähiges Gemisch in den Gasspeichern vorhanden, weil weder über das Gassystem noch über die Unterdrucksicherung Luftsauerstoff eintreten kann.

Im Normalbetrieb treten außerhalb der Gasspeicher keine explosionsfähigen Atmosphären auf, weil der Gasspeicher gasdicht ist, die Überdruck- bzw. Füllstandsicherung nicht anspricht und die Methankonzentration im Zwischenraum und an dessen Öffnungen sehr gering ist.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Begehungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten
- Regelmäßige Dichtigkeitsprüfungen durch den Betreiber der Anlage, z.B. gem. DVGW G 469 A4

2.4.2 Wartung

Bei Wartungsmaßnahmen an Gasspeichern kann Biogas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist hoch. Eine Zündquelle in Form von Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung der Wartung nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da bei Wartungen in der Regel Personal in der Nähe ist und da mit Beschädigungen der Anlage gerechnet werden muss.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Potentialausgleich, Einsatz bzw. Ausführung von/in leitfähigen Materialien entsprechend der BGR 132 bzw. GUVR 132
- Vor Arbeitsbeginn sind alle Gaszu- und -ableitungen zu schließen, der Gasspeicher ist ggf. zu entleeren
- Ggf. sind beim Öffnen alle betroffenen Bauteile zu befeuchten.
- Ggf. sind die Gasspeicher vor Arbeitsbeginn zu inertisieren, z.B. mit Stickstoff, Kohlendioxid oder Abgas.
- Bei Arbeiten am geöffneten Gasspeicher ist eine ausreichende Belüftung sicherzustellen, ein Ex-Warngerät einzusetzen, ggf. funkensicheres Werkzeug zu benutzen und ggf. nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen.
- Nach Wideranfahren sind die regelmäßigen Begehungen und Optimierungen durch das Betriebspersonal zu intensivieren. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokollieren.

2.4.3 Störung

Bei Störungen kann durch Undichtigkeiten Sauerstoff in die Gasspeicher gelangen, bzw. Gas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung des Betriebes und der Wartung nicht vorhanden.

Die Auswirkung einer Zündung wäre gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile ist eventuell hoch, da diese beschädigt werden könnten.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Alle elektrischen Bauteile sind nicht direkt im Gasstrom einzubauen (z.B. Trennung durch Tauchhülsen) oder entsprechend der festgelegten Zone(n) auszuliegen
- Es ist eine ausreichende Lüftung aller Räume mit Gasspeichern sicherzustellen

2.5 Gärrestelager

Das Gärrestelager ist in erster Linie ein Zwischenlager für das ausgegorene Substrat, darüber hinaus kann es, wenn es Gasdicht ausgeführt ist, auch zur Erzeugung und Zwischenspeicherung von Biogas-Restmengen dienen. Ein geschlossenes Gärrestelager ist sicherheitstechnisch wie ein Fermenter zu behandeln (siehe Kapitel 2.3).

Für Ab- und Umpumpvorgänge und deren Überwachungen gelten die Ausführungen unter 2.4 ff.

2.5.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb ist in und um offene Gärrestelager keine explosionsfähige Atmosphäre zu erwarten, weil Gärrestelager keine Verbindung zum Gassystem der BGA haben und die entstehenden Biogas-Restmengen gering sind sowie schnell bis auf unbedenkliche Werte verdünnt werden. Es ist jedoch Vorsicht geboten, da sich bei ungünstiger Witterung CO₂ im Gärrestelager ansammeln kann und Erststickungsgefahr besteht.

Als Gefahrenabwehrmaßnahmen bei offenen Gärrestelagern werden durchgeführt:

- Regelmäßige Begehungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten

Geschlossene Gärrestelager sind analog zu Kapitel 2.3.1 zu betrachten.

2.5.2 Wartung

In und um offene Gärrestelager herrscht keine explosionsfähige Atmosphäre weil Gärrestelager keine Verbindung zum Gassystem der BGA haben und die entstehenden Biogas-Restmengen gering sind sowie schnell bis auf unbedenkliche Werte verdünnt werden. Es ist jedoch Vorsicht geboten, da sich bei ungünstiger Witterung CO₂ im Gärrestelager ansammeln kann und Erststickungsgefahr besteht.

Als Gefahrenabwehrmaßnahmen bei offenen Gärrestelagern werden durchgeführt:

- Regelmäßige Begehungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten
- Wartungen sind außerhalb des Gärrestelagers durchzuführen, d.h. Pumpen etc. sind aus dem Gärrestelager heraus zu nehmen und außerhalb zu warten.

- Ist eine Wartung innerhalb des Gärrestelagers notwendig, ist dieses vor der Wartung möglichst zu entleeren und ein 4-Kanalmessgerät (CH_4 , O_2 , H_2S und CO_2) zum Personenschutz zu betreiben und eine ausreichende Lüftung zu betreiben.

Geschlossene Gärrestelager sind analog zu Kapitel 2.3.2 zu betrachten.

2.5.3 Störung

Bei Störungen, z.B. Ausfall der Gärrestpumpe, ist in und um offene Gärrestelager keine explosionsfähige Atmosphäre zu erwarten, weil Gärrestelager keine Verbindung zum Gas-system der BGA haben und die entstehenden Biogas-Restmengen gering sind sowie schnell bis auf unbedenkliche Werte verdünnt werden. Es ist jedoch Vorsicht geboten, da sich bei ungünstiger Witterung CO_2 im Gärrestelager ansammeln kann und Erststickensgefahr besteht.

Als Gefahrenabwehrmaßnahmen bei offenen Gärrestelagern werden durchgeführt:

- Regelmäßige Begehungen durch den Betreiber der Anlage. Die Ergebnisse werden schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten

Geschlossene Gärrestelager sind analog zu Kapitel 2.3.3 zu betrachten.

2.6 Gastransportleitungssystem

Die Gasrohrleitungen verbinden die Fermenter mit den Gasspeichern, der Biogasaufbereitung, den Gasverdichtern und mit den Gasverbrauchern.

2.6.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann, bedingt durch fehlerhafte Übersaugung der Fermenter oder Gasspeicher ein Unterdruck im Rohrleitungssystem auftreten. Liegt weiterhin eine Undichtigkeit vor, so kann Sauerstoff in das Rohrleitungssystem eindringen. Ein genereller Sauerstoffeinbruch kann auch durch eine Luftansaugung über fehlende Wasservorlagen, bspw. in Filtern, eintreten oder durch die Unterdrucksicherung. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines zündfähigen Gemisches ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist im Normalbetrieb nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung ist gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile ist eventuell hoch, da diese beschädigt werden könnten.

Auf eine Zoneneinteilung für den Normalbetrieb für das Innere der Gastransportleitungen kann verzichtet werden, wenn die Saugdrucküberwachung am Eingang der Gasverdichtestation redundant und damit FAIL-SAFE ausgeführt wird.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Redundante Minimumdrucküberwachung am Eintritt der GVS mit Notabschaltung (FAIL-SAFE)
- Gasdruckalarmierung und -registrierung auf den Fermentern
- Betriebsmäßiges Abschalten aller verbrennungstechnisch geführten Gasverbraucher weit oberhalb der OEG jedoch Unterschreitung eines definierten Mindestmethangehaltes.
- Keine zugänglichen, lösbaren Verbindungen, die außen liegen und nicht überwacht werden können
- Jährliche Dichtigkeitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystems, z.B. mit schaubildenden Mitteln nach DIN DVGW G 469
- Regelmäßige Begehungen und Wartung mit Sichtkontrollen der Rohrleitungen und Protokollierung der Rohgaswerte

- Zusätzliche Sicherheitsbelehrung des Betriebspersonals

2.6.2 Wartung

Bei Wartungsmaßnahmen an den Gastransportleitungen kann Biogas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist hoch. Eine Zündquelle in Form von Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung der Wartung nicht vorhanden. Ist das Rohrleitungssystem in HDPE ausgeführt, ist eine Zündquelle in Form von statischen Auf- oder Entladungen gegeben, wenn eine explosionsfähige Gasatmosphäre vorliegt. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da bei Wartungen in der Regel Personal in der Nähe ist und da mit Beschädigungen der gesamten Anlage gerechnet werden muss.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Potentialausgleich, Einsatz bzw. Ausführung von/in leitfähigen Materialien entsprechend der BGR 132 bzw. GUV-R 132
- Ggf. sind beim Öffnen alle betroffenen Bauteile zu befeuchten.
- Ggf. sind die betreffenden Leitungen vor Arbeitsbeginn zu inertisieren, z.B. mit Stickstoff, Kohlendioxid oder Abgas.
- Bei Arbeiten an geöffneten Leitungen ist eine ausreichende Belüftung sicherzustellen, ein Ex-Warngerät einzusetzen, ggf. funkensicheres Werkzeug zu benutzen und ggf. nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen.
- Nach Wideranfahren von Gastransportleitungen sind die regelmäßigen Begehungen und Optimierungen durch das Betriebspersonal zu intensivieren. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokollieren.

2.6.3 Störung

Bei Störungen kann durch Undichtigkeiten Sauerstoff in das Rohrleitungssystem gelangen, bzw. Gas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung des Betriebes und der Wartung nicht vorhanden.

Die Auswirkung einer Zündung wäre gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile ist eventuell hoch, da diese beschädigt werden könnten.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Alle elektrischen Bauteile sind nicht direkt im Gasstrom eingebaut (z.B. Trennung durch Tauchhülsen) oder entsprechend der festgelegten Zone(n) auszuliegen
- Es ist eine ausreichende Lüftung aller Räume mit gasführenden Leitungen sicherzustellen
- Sicherheitsgerichtete Temperaturüberwachung des Biogasstromes (auf der Druckseite der Verdichter)

2.7 Gasverdichterstation / Rohgasüberwachung - Rohgasanalysen

In der Gasverdichterstation (GVS) wird das Biogas verdichtet, damit es zu den Verbrauchern transportiert werden kann und die notwendigen Vordrücke hat. Die GVS sollte im Wesentlichen aus Gebläsen, redundanter Minimumdrucküberwachung und/oder Gasanalyse (mindestens CH₄ und O₂) und den verbindenden Rohrleitungen und Armaturen bestehen.

Durch die Minimumdrucküberwachung sowie eine zusätzliche Flammenüberwachung durch einen Gasfeuerungsautomaten bei den Gasbrennern / Fackeln und durch die Gemischregelung und CH₄-Überwachung, gesteuert über das Gasmotorenmanagement im BHKW (jeder einzelne Gasmotor), wird sichergestellt, dass die maschinentechnische Anlage im Normalbetrieb weit oberhalb der oberen Explosionsgrenze betrieben wird.

Alternativ dazu kann eine sicherheitstechnisch verschaltete Gasanalyse den Betrieb der Anlage oberhalb der oberen Explosionsgrenze sicherstellen. Bei Unterschreitung der Methankonzentrationen oder Überschreitung der Sauerstoffkonzentration muss die Gasverdichterstation abgeschaltet und die Schnellschlussventile außerhalb der Gasverdichterstation geschlossen werden. Mit der Unterbrechung der Gaszufuhr stellen sich automatisch auch alle angeschlossenen Gasverbrauchseinrichtungen ab und schließen ihrerseits die betreffenden Schnellschlussventile.

Die sicherheitstechnischen und verfahrenstechnischen Daten und Alarmer sollten auf einen Anlagenalarmdrucker (o.ä.) und einem Bildschirm eines Telecontrolsystems mit Remote-Funktionen (Data-Logger bzw. Speicher) visualisiert und mindestens arbeitstäglich überwacht werden. Bei Störungen sollte zusätzlich mittels eines Automatischen-Telefon-Wahlgerätes das jeweilige Bereitschaftspersonal benachrichtigt werden.

2.7.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann in der GVS keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Zusätzlich wird die Anlage vorher automatisch abgestellt (s.o.). Daher ist eine Zoneneinteilung für das Innere der Gasleitungen und die GVS anhand dieser Sicherheitsmaßnahmen nicht erforderlich.

Wird das in der Rohgasanalyse untersuchte Biogas nach außen in die freie Atmosphäre und nicht in das Rohrleitungssystem abgeführt, sollte sich der Gasaustritt sicher in Abhängigkeit der maximalen Fördermenge der Gaspumpe über GOK befinden. Dieser Bereich ist dann in Abhängigkeit der maximalen Gasfördermenge als EX – Zonen im Normalbetrieb zu kenn-



zeichnen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- In den Rohrleitungen sollten Flammendurchschlagsicherungen installiert sein, die ein Durchschlagen von Flammen verhindern, wenn nicht sicher auf einen Sauerstoffgehalt < 3 / 6 Vol % im Rohgas überwacht werden kann.
- Alle sicherheitstechnische relevanten Alarmer, Verriegelungen und Verschaltungen sollten fehlersicher (FAIL SAFE) ausgeführt sein.
- Betriebsmäßiges Abschalten aller verbrennungstechnisch geführten Gasverbraucher weit oberhalb der OEG
- Gasdichte Biogasverdichter, Armaturen und Rohr sowie deren Verbindungen
- Redundante Minimumdrucküberwachung am Eintritt der GVS mit Notabschaltung (FAIL-SAFE)
- Ex-geschützte Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft der GVS. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung (vgl. Kapitel 2.1) des Raumes zugeschaltet und spätestens bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr außerhalb des Gebäudes unter Weiterbetrieb (Vollast) des Abluft bzw. Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel.

Eine Warnung vor der möglichen Ex – Atmosphäre hat optisch und akustisch außerhalb des Gebäudes zu erfolgen. Diese Überwachungen und Folgefunktionen können analog für Schaltschränke von Rohgasüberwachungseinrichtungen übertragen werden.

Anlagenbedingt können die v.g. Auslösehandlungen bei einem gemeinsamen Alarm von z.B. 20 % UEG notwendig werden.

- Ausführung aller im Gasweg eingesetzter Armaturen und Rohrleitungen in der Druckstufe PN 6 oder höher.
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystems nach z.B. DVGW G 469
- Wenn die GVS bzw. die Raumluftüberwachung nicht in Betrieb ist, ist vor Öffnen der Eingangstüren die Atmosphäre durch die Lüftungsöffnungen mittels mobilem Ex-geschützten Messgerät auf Ex-Gefahr (CH₄ und O₂) sowie Erstickungsgefahr (CO₂) und Vergiftungsgefahr (H₂S) zu kontrollieren

2.7.2 Wartung

Je nach notwendiger Tätigkeit muss das Gassystem (Rohrleitungen, Filter, Flammensperren etc.) geöffnet werden. Hierbei kann Biogas aus dem Rohrleitungssystem entweichen (Überdruckbereich).

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Die Wartungsanweisungen der Hersteller zur Öffnung des Gassystems, z.B. Wechsel von Filtern, Tauchhülsen etc., sind strikt zu befolgen.
- Durchführung der Wartungen bei ausgeschalteter und verriegelter (elektrisch und mechanisch) Anlagentechnik.
- Gasseitige Absperrung und Verriegelung (gasdichte Absperrmöglichkeit) vor dem Eintritt in die GVS bzw. Schließen von gasdichten Absperrreinrichtungen vor und hinter dem zu wartenden Anlagenteil.
- Vor Öffnen einer Rohrleitung ist die GVS in dem betroffenen Bereich ggf. allpolig spannungsfrei zu schalten (keine elektrotechnischen Bauteile in der GVS, die nicht für die festgelegte(n) Zone(n) auszulegen sind, verwenden).
- Durchführung der Wartungen nur durch geschultes „befähigtes“ Personal
- Eine ausreichende Lüftung ist sicherzustellen.
- Überwachung des Arbeitsbereiches mit Ex-Warngerät (4-Kanalmessgerät zum Personenschutz: CH₄, O₂, H₂S und CO₂) → vgl. GUV-R 127, Pkt. 5.4 ff
- Ferner ist ggf. funkensicheres Werkzeug zu benutzen und nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen.
- Ggf. sind die betreffenden Biogasleitungen vor Arbeitsbeginn zu inertisieren z.B. mit Stickstoff oder Kohlendioxid.
- Nach Wiederanfahren der Gasverdichter sind die regelmäßigen Begehungen und „Inaugenscheinnahmen“ durch den Betreiber der Anlage zu intensivieren, um die Funktion der einzelnen Komponenten zu überprüfen. Die Ergebnisse (u.a. auch der Methankonzentration) werden protokolliert bzw. werden regelmäßig schriftlich im Betriebstagebuch festgehalten.
- Bei Wartungen am Gasanalysensystem können besondere Maßnahmen zum Anlagenschutz der BGA notwendig werden, die individuell vom Arbeitgeber (Ausführenden) zu fixieren sind.

2.7.3 Störung

Bei unbemerkter Förderung explosionsfähiger Gasgemische in die GVS ist eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme nur gegeben, wenn eine zweite Störung im Absauggebläse (z.B. Lagerschaden), nicht in Ex-geschützt ausgeführten oder fehlerhaften Bauteilen im Gasraum vorhanden ist. Die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens zweier Störungen ist sehr gering. Die Auswirkung einer Zündung auf Personen ist gering, da in der Regel kein Personal örtlich anwesend ist, wenn dieses Ereignis eintritt. Die Auswirkung einer Zündung auf Anlagenteile ist hoch, da diese beschädigt werden würden.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Betriebsmäßiges Abschalten aller verbrennungstechnisch geführten Gasverbraucher weit oberhalb der OEG und schließen einer gasdichten Absperrarmatur vor dem Gebäude / den Gebäuden

Bei Undichtigkeiten des Rohrleitungssystems kann es sowohl auf der Seite vor dem Gasverdichter („Saugseite“) oder auf der Seite nach dem Gasverdichter („Druckseite“) zu Gasaustritt in der GVS kommen. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Eine Zündquelle ist nur bei einer zweiten Störung vorhanden.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Regelmäßige Dichtheitsprüfungen der Rohrleitungen, z.B. nach DVGW G 469
- Gasdichte Ausführung der Anlage im Bau und regelmäßige Überwachung im Betrieb
- Sicherheitsgerichtete Temperaturüberwachung des Biogasstromes (auf der Druckseite der Verdichter) in Abhängigkeit der verwendeten Baumaterialien insb. für Dichtungen etc.
- Ex-geschützte Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft der GVS. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung des Raumes zugeschaltet und bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr (Schnellschlussarmatur) außerhalb des Gebäudes unter Weiterbetrieb (Vollast) des Abluft- und Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel.
- Technische Lüftung in der GVS zur ständigen Belüftung, für den Fehlerfall und bei Reparaturen am geöffneten Gassystem
- AOSA außen an der GVS für Betriebsstörungen, insb. vor Erreichen von Explosionsbedingungen, zusätzliche Weiterleitung an die Rufbereitschaft bei Betriebsstörungen, insb. vor Erreichen von Explosionsbedingungen.

2.8 Gasaufbereitung

In den meisten Fällen ist es notwendig das produzierte Biogas aufzubereiten, um den Erfordernissen der Anlagensicherheit und der Gasnutzung gerecht zu werden. In der Regel erfolgt mindestens eine Abscheidung von Kondensat. Weit verbreitet ist zudem die Entschwefelung des Biogases. Soll Biogas in Erdgasnetze eingespeist werden, sind zusätzliche Aufbereitungsschritte erforderlich.

Grundsätzlich können die Ausführungen unter Pkt. 2.7 auch hier angewandt werden.

2.8.1 Kondensatabtrennung / Gastrocknung

Aus Gründen der Anlagesicherheit sollte nach Möglichkeit auf (Kondensat-)Schächte verzichtet werden. Ist dies nicht möglich, sind Schächte außerhalb von Gebäuden zu errichten.

Die Kondensatabscheidung erfolgt an den Tiefpunkt des Gasrohrleitungssystems der BGA. Das anfallende Kondensat wird im Kondensatabscheiderschacht (KAS) gesammelt und über Pumpen der Verwertung oder Beseitigung zugeführt. Die Pumpen stellen je nach Standort, Antriebsart, Typ der Wasservorlage des KAS usw. ein bestimmtes Risiko dar, dem mit der Auswahl der entsprechenden Ex-Schutzkategorie zu begegnen ist.

Das Rohrleitungssystem im KAS sollte komplett für die Druckstufe PN 6 ausgelegt sein. Ist dies nicht der Fall, sind für den Fehlerfall (Explosion mit ggf. wegschleudernden Teilen) folgende Maßnahmen zu treffen: Der KAS ist innerhalb der Umzäunung der BGA mit einem separatem Schließsystem zu sichern oder sollte nur mit schwerem Gerät zu öffnen sein, es muss eine natürliche Be- und Entlüftung mit Regenhaube und Insektenschutzgitter über die überstehende Abdeckung des Schachtsdeckels vorhanden sein, vor dem Öffnen des Schachtes hat eine Freimessung und Zulüftung zu erfolgen. Das gleiche gilt analog für geschlossene Wasservorlagen, jedoch dürfen diese durch eingewiesenes fachkundiges Personal geöffnet werden. Die nicht mit einer natürlichen Lüftung versehenen Wasservorlagen vor dem Öffnen zwangsbelüftet und vor dem Öffnen freigemessen werden. Entsprechendes Werkzeug und Material soll entsprechend der BGR 132 bzw. GUV-R 132 verwendet werden.

2.8.1.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann sich im Kondensatschacht mit offener Wasservorlage eine explosionsfähige Atmosphäre einstellen. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen oder Wärme ist im Normalbetrieb nicht vorhanden. Ggf. zu installierende Elektrobauteile müssen die entsprechende Kategorie für die Zone nach Bauart des Kondensatschachtes berücksichtigen.

Wasservorlagen / Siphons mit Sperrflüssigkeit sind so auszuführen, dass beim Anspringen des maximalen Betriebsdruckes und bei Störabschaltungen aller Gasnutzungen nicht „auslaufen“ / leer laufen können, sondern selbsttätig wieder zurückfließen oder nachgefüllt werden. Um Gasaustritt zu vermeiden, muss bei Sperrflüssigkeitsvorlagen, die als Kondensatabscheider dienen eine Bauhöhe berücksichtigt werden die um ein vielfaches höher als der Betriebsdruck ist (Richtwert: 100 cm entsprechen 100 mbar). Die genaue Ausführung hängt u.a von den Gasmengen bei der Störabschaltung ab, Rohrlängen, Rohrdurchmesser etc. .

Zonen sind vom Betreiber entsprechend der Bau- und Betriebsweise festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- ausreichende natürliche Querlüftung des Kondensatschachtes
- Überwachung des Kondensatniveaus im KAS
- Durchführung der Kabel durch den Deckel der Wasservorlage gasdicht und ggf. mit Ex-Verschraubungen
- Arbeitstägliche Begehungen der Anlage mit Sichtkontrollen und Protokollierung der Rohgaswerte
- Zusätzliche Sicherheitsbelehrung des Betriebspersonals
- Keine zugänglichen, lösbaren Verbindungen, die außen liegen und nicht überwacht werden können

- Jährliche Dichtigkeitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystems nach DIN DVGW mit schaubildenden Mitteln bei ausgeschaltetem Verdichter durch Betriebsdruck des Systems.
- Regelmäßige Wartung mit Sichtkontrollen der Fermenter und der Rohrleitungen
- Ausführung des Rohrleitungssystems und der Armaturen vorzugsweise in der Druckstufe PN 6 und höher – min. PN 1

2.8.1.2 Wartung

Bei Wartungsmaßnahmen im KAS, bei denen der Deckel geöffnet werden muss, z.B. Prüfung der Niveaugeber oder Pumpenwartung, kann Biogas angetroffen werden. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist hoch. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da Personal in der Nähe ist.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Es ist für ausreichende Belüftung des Schachtes zu sorgen
- Ggf. sind beim Öffnen alle betroffenen Bauteile zu befeuchten
- Vor Betreten des Schachtes ist mit Ex-Warngerät freizumessen. → s. GUV-R 127 Pkt. 5.4 ff
- Potentialausgleich, Einsatz / Ausführung von leitfähigen Materialien entsprechend der BGR 132 bzw. GUV-R 132
- Ggf. sind die betreffenden Leitungen vor Arbeitsbeginn zu inertisieren z.B. mit Stickstoff oder Kohlendioxid
- Bei den Arbeiten an geöffneten Leitungen ist ein Ex-Warngerät einzusetzen, funken-sicheres Werkzeug zu benutzen und nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen. Eine ausreichende Belüftung ist sicherzustellen
- Nach Wiederanfahren der Gastransportleitung sind die regelmäßigen Begehungen und Optimierungen der BGA durch das Betriebspersonal zu intensivieren (vgl. Betriebsanweisung). Die Ergebnisse werden laufend protokolliert.

2.8.1.3 Störung

Bei Störungen kann durch Undichtigkeiten Methan bzw. Biogas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist selten. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist nicht vorhanden. In dem KAS könnte nur durch falsch installierte elektrische Bauteile eine Zündung erfolgen. Die Auswirkung einer Zündung ist gering, da in der Regel kein Personal anwesend ist.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Auswahl der E-Bauteile gem. der v.g. Zoneneinteilung und Bauweise des KAS
- Ausreichende Belüftung ist sicherzustellen
- Freimessen der Schachtbauten vor Betreten mit Ex-Warngerät. → s. GUV-R 127 Pkt. 5.4 ff

2.8.2 Entschwefelung

Wird Biogas mittels eisenhaltiger Massen oder Aktivkohle entschwefelt, besteht die Gefahr der Selbsterhitzung (Exotherme Reaktionen) bei der Regenerierung. Um dies zu vermeiden, sind die Sicherheitshinweise der Hersteller zu beachten.

Hier wird die Entschwefelung mit Wäschern betrachtet, die Entschwefelung mittels Sauerstoffeindüsung im Fermenter wird in Kapitel 2.5 betrachtet.

Die Entschwefelung funktioniert nach dem Prinzip der biologischen Rieselbetttoxikation. Die Entschwefelungsanlage besteht aus einem Tropfkörperreaktor, in dem Füllkörper aus inerten Trägermaterialien eingelagert sind, welche vom Biogas umströmt werden. Der Tropfkörper ist in einem stehenden, zylindrischen Behälter untergebracht. Im gasdurchströmten Reaktor herrscht solange Unterdruck, wie die Gasförderung in Betrieb ist.

Die schwefeloxidierenden Mikroorganismen benötigen zum Arbeiten Sauerstoff, deshalb wird der Tropfkörperreaktor gezielt belüftet. Als Führungsgröße sollte die Sauerstoffkonzentration am Austritt aus der Entschwefelungsanlage dienen.

2.8.2.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann im gasberührten Reaktionsraum keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen, da im Gastransportleitungssystem das Erreichen von 100 % OEG ausgeschlossen ist. Eine Zündquelle ist im Inneren des Reaktionsbehälters nicht vorhanden.

Im Normalbetrieb kann weder ein unkontrollierter Luftzutritt, noch ein Biogasaustritt erfolgen. Das Entstehen einer gefährlichen, explosionsfähigen Atmosphäre kann damit ausgeschlossen werden. Eine Zündquelle in Form von Wärme oder Feuer sowie statischer Auf- bzw. Entladung ist ausgeschlossen. Eine Zündung hätte geringe Auswirkungen, da im Normalbetrieb kein Personal örtlich anwesend ist.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Druck-/Dichtheitsprüfungen des Rohrleitungssystems, z.B. nach Arbeitsblatt DVGW G 469
- Steuerung der Luftzufuhr

2.8.2.2 Wartung

Wenn bei Wartungsmaßnahmen innerhalb des Reaktionsraumes dieser geöffnet werden muss, z.B. am Mannloch, kann durch Sauerstoffeintritt in den Reaktionsraum oder Austritt von Biogas eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung der Wartung (Vermeidung von wirksamen Zündquellen) nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da Personal örtlich anwesend ist.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Beschilderung an den Absperrklappen
- Wartung nur von befähigtem Personal
- Absperrung des Gasein- bzw. Gasaustritts vor und nach der Entschwefelungsanlage vor Beginn der Wartungsmaßnahme
- Vor und während der Arbeiten am geöffneten Reaktionsraum ist dieser ausreichend zu belüften und der Arbeitsbereich mit Ex-Warngerät (4-Kanal) freizumessen

Beim An-/Abfahren der Anlage mit Biogas wird im Behälter und den Rohrleitungen der Explosionsbereich kurzfristig vollständig durchfahren. Eine Zündquelle im Behälterinneren ist nicht vorhanden. Eine Zündung hätte auf örtlich nicht anwesendes Personal geringe Auswirkungen, es muss mit größeren Beschädigungen an Behälter und Rohrleitungen gerechnet werden.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- An- und Abfahrvorgänge sollten ausschließlich durch schriftlich angewiesenes und geschultes Personal durchgeführt werden

2.8.2.3 Störung

Bei Undichtigkeiten an den Armaturen oder Leitungen kann Biogas in den Technikraum austreten und mit der Umgebungsluft eine gefährliche explosive Atmosphäre bilden. Zündquellen vorhanden sein. Eine Zündung hätte keine Auswirkungen auf Personal, da dieses nicht örtlich anwesend ist, es muss mit erheblichen Beschädigungen der Einbauten im Technikraum gerechnet werden.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Einsatz einer Raumlüftüberwachung im Technikraum zur Steuerung eines Ex-Lüfters
- optische Warnung und Meldung vor Erreichen einer explosionsfähigen Atmosphäre im Technikraum, allpoliges Abschalten der Anlage bei unvermindertem Ex-Lüfterbetrieb

2.8.3 Methanaufkonzentration

Eine Methanaufkonzentration bzw. Kohlendioxidanreicherung dient der Brennwerterhöhung des Biogases. Eine solche Behandlung ist bspw. zur Einspeisung von Biogas in Ergasnetze notwendig.

In Abbildung 1 die sicherheitstechnische Verschaltung einer Biogasaufbereitungs- und -einspeiseanlage beispielhaft wiedergegeben.

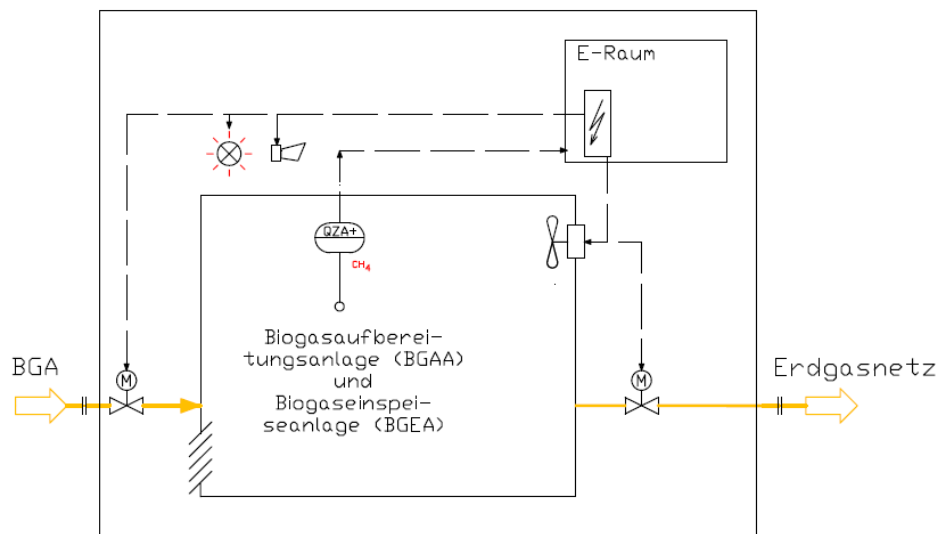


Abbildung 1: Schematische Darstellung der sicherheitstechnischen Verschaltung einer Biogasaufbereitungs- und -einspeiseanlage.

2.8.3.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Die Anlage wird vorher automatisch abgestellt. Das Innere der Gasleitungen und des Maschinenraum werden daher keiner Zone zugeordnet.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- kontinuierliche Rohgasüberwachung vor Eintritt in die Aufbereitungsanlage auf: Sauerstoff oder Methan und Überdrucküberwachung
- Diese Überwachungen müssen u.a. FAIL-SAFE auf die eingangseitige Schnellschlussarmatur wirken
- Ausführung aller im Gasweg eingesetzten Armaturen und Rohrleitungen in der Druckstufe PN 6 oder höher.
- Die Biogasleitung steht ständig unter Überdruck, sodass der Sauerstoff- bzw. Lufteintrag unmöglich ist.
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) sowie nach jeder Wartungstätigkeit des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469
- Außerhalb der Maschinenräume ist ein Notschalter angebracht.
- Alle abschaltenden Störungen bis auf CH₄-Raumluftalarm führen zum Schließen der jeweiligen Schnellschlussarmaturen außerhalb der Aufbereitungsanlage
- Ex-geschützte Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft des Maschinenraumes. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung des Raumes zugeschaltet (vgl. Kapitel 2.1) und bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr (Schnellschlussarmatur außerhalb des Maschinenraums) unter Weiterbetrieb (Volllast) des Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten e-

lektrischen Betriebsmittel. Anlagenbedingt kann die Abschaltung auch bei Überschreitung eines Grenzwertes z.B. 20 % UEG erfolgen.

2.8.3.2 Wartung

Wartung an der Aufbereitungsanlage:

Bei Arbeiten im Maschinenraum, bei denen Gasleitungen geöffnet werden, könnte Gas austreten und im Maschinenraum mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung der Wartung nicht zu erwarten. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da Personal in unmittelbarer Nähe ist und die Anlagentechnik beschädigt wird.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Durchführung der Wartungen bei außerhalb des Maschinenraums abgesperrter und verriegelter Gaszuführung.
- Während der Wartung ist für ausreichende Belüftung des Maschinenraums mittels eines Belüftungsgeräts oder Umgebungsluft (natürliche Lüftung) zu sorgen und ein Ex-Warngerät zu betreiben.
- Ggf. ist vor Öffnen einer Gasrohrleitung der Maschinenraum allpoilig spannungsfrei zu schalten.
- Ggf. ist funkensicheres Werkzeug zu benutzen und nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen, wenn die Ex-Atmosphäre nicht vermieden werden kann.
- Ggf. sind die betreffenden Gasleitungen vor Arbeitsbeginn mit Stickstoff oder Kohlendioxid zu inertisieren.
- Die Wartungsanweisungen des Herstellers zur Öffnung und zum Schließen des Gassystems, z.B. Wechsel von Filtern, Tauchhülsen etc., sind strikt zu befolgen.
- Durchführung der Wartungen durch geschultes Personal.
- Regelmäßige Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Nach Wideranfahren sind die regelmäßigen Begehungen und Optimierungen durch das Betriebspersonal zu intensivieren. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokollieren.

Wiederinbetriebnahme:

Beim Wiederanfahren der Biogasaufbereitungsanlage, nach Wartungs- oder Umbaumaßnahmen, bei denen Sauerstoff in die Rohrleitung bis zur Biogasaufbereitungsanlage gelangt ist, kann eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist gering. Die Ableitung dieses Gemisches erfolgt über eine temporär anzuschließende Ausblasleitung (z.B. Schlauch mit T-Stück zur Rohgasmessung) mittels der das Gemisch sicher nach außen zu führen ist. Der Außenbereich ist in Abhängigkeit von der austretenden Gasmenge abzusperren. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Durchführung der Wartung nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre hoch, da Personal in unmittelbarer Nähe anwesend ist und es bei einer Zündung zu einer Beschädigung der Anlagenteile kommen würde.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Während des Abblasens dürfen sich keine Personen in der Nähe der Austrittsöffnung aufhalten.
- Ggf. ist mit einem Gasanalysegerät am einem Probeentnahmestutzen mit gasdichtem Kugelhahn das austretende Gemisch zu kontrollieren.
- Erst wenn sichergestellt ist, dass das Innere der gesamten Rohrleitungsstrecke aus Biogas (mit einem Sauerstoffgehalt weit unterhalb der Explosionsgrenze) besteht, kann die Biogasaufbereitungsanlage wieder in Betrieb gesetzt werden.
- Das Betriebspersonal muss entsprechend geschult werden, eine entsprechende Betriebsanweisung sollte erarbeitet werden.

2.8.3.3 Störung

Bei Undichtigkeiten oder bei nicht ordnungsgemäßigem Betrieb kann es zu Gasaustritt im Maschinenraum kommen. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines explosionsfähigen Gemisches ist gering, wenn die Luftwechselrate innerhalb des Maschinenraumes so dimensioniert ist, dass die Konzentration selbst bei größeren Undichtigkeiten sicher unterhalb der UEG gehalten werden kann. Die Auswirkung einer Zündung wäre gering, da in der Regel kein Personal örtlich anwesend ist, die Maschinenteknik kann in dem Bereich jedoch zerstört werden. Würde eine Zündquelle jedoch durch eine Person ausgelöst, wäre die Auswirkung hoch.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Gasdichte Ausführung der Anlage
- arbeitstägliche Begehungen des Maschinenraums mit Sichtkontrollen der Rohrleitungsverbindungen und Messstutzen
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Bei Wiederinbetriebnahme und Öffnen der Gasleitungen ist der Maschinenraum zu belüften und mit Ex-Warngerät (4-Kanal) freizumessen
- Ex-geschützte Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft des Maschinenraumes. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung des Raumes zugeschaltet (vgl. Kapitel 2.1) und bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr (Schnellschlussarmatur außerhalb des Maschinenraums) unter Weiterbetrieb (Volllast) des Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel. Anlagenbedingt kann die Abschaltung auch bei Überschreitung eines Grenzwertes z.B. 20 % UEG erfolgen.
- Betreten des Gasmotorenraums sollte nur nach Kontrolle der Überwachungseinrichtungen bzw. Warnmeldungen erfolgen
- AOSA an der Außenseite des Maschinenraums/-gebäudes bei Betriebsstörungen, insb. dem Erreichen von Explosionsbedingungen
- Minimum – und Maxdrucküberwachung des Gasstromes
- Bei sicherheitstechnischen Alarmauslösungen schließen die Schnellschlussarmaturen die Gaszufuhr außerhalb des Maschinenraums (in beide Richtungen!) zur Verhinderung von nachströmendem Biogas

2.9 Blockheizkraftwerk (Gasmotore und Zündstrahlmotore)

In Blockheizkraftwerke (BHKW) wird das Biogas kontrolliert verbrannt und energetisch verwertet, die elektrische Energie wird z.B. in das EVU - Netz eingespeist, die thermische Energie (Motorwärme und Abgaswärme) kann in Form von Heißwasser oder Dampf internen oder externen Prozessen zugeführt werden.

Die Gasnutzung sollte in einem separaten Maschinenraum aufgestellt sein. Die wesentlichen Bauteile sind: Gasstraße, Gas- / Zündstrahlmotor und Generator, Wärmetauscher für das Kühlwasser, Schaltanlage zur Elektroenergieeinspeisung und Überwachungseinrichtungen, Lüftung und Raumluftüberwachung (je Modul bzw. Kabine).

Grundsätzlich können die Ausführungen unter Pkt. 2.7 auch hier angewandt werden.

Die sicherheitstechnische Verschaltung eines BHKW ist beispielhaft in Abbildung 2 dargestellt.

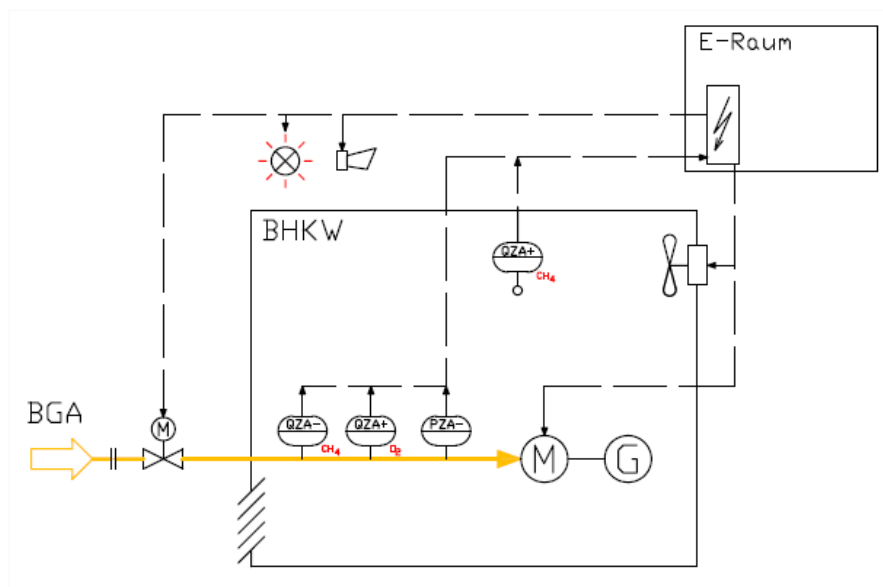


Abbildung 2: Schematische Darstellung der sicherheitstechnischen Verschaltung eines BHKW.

2.9.1 Normalbetrieb

Bei Gas-Ottomotoren kann im Normalbetrieb keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen, die Anlage wird vorher automatisch abgestellt. Das Innere der Gasleitungen und des Maschinenraums werden daher keiner Zone zugeordnet. Achtung: Zündstrahlmotoren können im Gasbetrieb durch die spätere Zumischung von Zündöl in der Gasstraße mit Ex – Gemischen betrieben werden.

Zündstrahlmotoren können fallende Heizwerte des Biogases durch einen höheren Zündölverbrauch ausgleichen und können folglich auch explosionsfähige Gemische verbrennen. Das Innere der Gasleitungen kann nur dann keiner Zone zugeordnet werden, wenn die Gasqualität kontinuierlich sicherheitsgerichtet überwacht wird.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Bei Gas-Ottomotoren: Gemischregelung und CH₄-Überwachung in der BHW-Schaltanlage. Zusätzlich führt eine Unterschreitung des Heizwertes (sinkende Gasqualität) zu einer Leistungsabsenkung des BHKW. Das BHKW schaltet unterhalb z.B. von 40 Vol.-% CH₄ gesteuert über das Motormanagementsystem ab und schließt die Schnellschlussventile in der Gasstraße und ggfs. zusätzlich außerhalb des Gebäudes. Somit erfolgen alle Abschaltungen weit oberhalb der OEG von 15 Vol.-%.
- Ausführung aller im Gasweg eingesetzten Armaturen und Rohrleitungen in der Druckstufe PN 6 oder höher.
- Die Biogasleitung steht ständig unter Überdruck, sodass der Sauerstoff- bzw. Luft-eintrag unmöglich ist. Zudem wird der Gasstraße nur „fettes“ Biogas zugeleitet.
- Jährliche Dichtheitsprüfung der gasführenden Anlagenteile, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Minimumgasdrucküberwachung in der Gasstraße mit sicherheitstechnischer Verschaltung (Gasaustrittsgeschwindigkeit > Flammenrückzündungsgeschwindigkeit)
- Ausführung einer Gasdichtheitsprüfung / Dichtheitskontrolle nach EN 746-2 (1997) vor jedem Motorstart ab 1.200 kW Feuerungsleistung.
- Alle abschaltenden Störungen führen zum Schließen der jeweiligen Schnellschlussarmatur außerhalb des Gebäudes.
- Ex-geschützte Raumlufüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluf des Maschinenraums. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung (vgl. Kapitel 2.1) des Raumes zugeschaltet und spätestens bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr außerhalb des Gebäudes unter Weiterbetrieb (Volllast) des Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel. Eine Warnung vor der möglichen Ex – Atmosphäre hat optisch und akustisch außerhalb des Gebäudes zu erfolgen.
- Die Zündung setzt zeitversetzt nach dem Öffnen der Gasventile ein, um Fehlzündungen durch Spülung der Brennräume (Zylinder) zu vermeiden
- Durch ein Nachzünden der Brennräume nach dem Schließen der Gasventile wird verhindert das sich Restgase im Abgassystem befinden
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) sowie nach jeder Wartungstätigkeit des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4

2.9.2 Wartung

Wartung:

Bei Arbeiten im Maschinenraum, bei denen Gasleitungen geöffnet werden, könnte Gas austreten und im Maschinenraum mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Durchführung der Wartungen bei außerhalb des Maschinenraums abgesperrter und verriegelter Gaszuführung, ggf. kann auch die Handarmatur am Austritt der Gasverdichterstation geschlossen und gesichert werden.
- Während der Wartung ist für ausreichende Belüftung des Maschinenraums mittels eines Belüftungsgeräts / BHKW – Zulüftung oder Umgebungsluft (natürliche Lüftung) zu sorgen und ein Ex-Warngerät zu betreiben.

- Ggf. ist vor Öffnen einer Rohrleitung der Maschinenraum allpolig spannungsfrei zu schalten
- Ggf. ist funkensicheres Werkzeug zu benutzen und nicht statisch aufladbare Kleidung zu tragen, wenn die Ex-Atmosphäre nicht vermieden werden kann.
- Ggf. sind die betreffenden Gasleitungen vor Arbeitsbeginn mit Stickstoff oder Kohlendioxid zu inertisieren.
- Die Wartungsanweisungen des Herstellers zur Öffnung und zum Schließen des Gassystems, z.B. Wechsel von Filtern, Tauchhülsen etc., sind strikt zu befolgen.
- Durchführung der Wartungen durch geschultes Personal.
- Regelmäßige Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Nach Wideranfahren sind die regelmäßigen Begehungen durchzuführen. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokollieren.

2.9.3 Störung

Störung Blockheizkraftwerk:

Bei Störungen der Verbrennungsführung im Motor (Rückzündung in den Ansaugtrakt bzw. unverbranntes Biogas im Abgastrakt) kann das ab dem Ringspaltmischer vorhandene zündfähige Gemisch gezündet werden und die Flamme in die Gasleitung und das Abgassystem durchschlagen. Diese Störung hat der Hersteller des Gasmotors in seiner Risiko- und Gefahrenanalyse zu berücksichtigen. Eine Rückzündung in die Biogasleitung ist fast immer auszuschließen, da durch den Anlagenbetrieb und die sicherheitstechnischen Überwachungen in der Regel keine zündfähige Biogasmischung (Sauerstoffgehalt < 3 Vol %) gefördert wird. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Minimumgasdrucküberwachung in der Rohrleitung mit sicherheitstechnischer Verschaltung (Gasaustrittsgeschwindigkeit > Flammenrückzündungsgeschwindigkeit)
- Die Zündung erfolgt zeitversetzt zum Öffnen der Gasventile, um Fehlzündungen durch Spülung der Brennräume (Zylinder) zu vermeiden.
- Durch ein Nachzünden der Brennräume nach dem Schließen der Gasventile wird verhindert, dass sich Restgase im Abgassystem befinden.
- Ausführung aller im Gasweg eingesetzten Armaturen und Rohrleitungen sind in der Druckstufe PN 6 oder höher ausgeführt.

Störung Rohrleitungssystem:

Bei Undichtigkeiten des Rohrleitungssystems oder bei nicht ordnungsgemäßem Betrieb kann es zu Gasaustritt im Maschinenraum kommen. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines explosionsfähigen Gemisches ist gering, da die Luftwechselrate innerhalb des Maschinenraumes ausreichend dimensioniert ist, so dass selbst bei größeren Undichtigkeiten die Konzentration sicher unterhalb von der UEG gehalten wird.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Gasdichte Ausführung der Anlage
- Tägliche Begehungen des Maschinenraums mit Sichtkontrollen der Rohrleitungsverbindungen und Messstutzen
- Sicherheitstechnische Abschaltung (FAIL-SAFE) bei Auslösung der Raumlufüberwachung
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Bei Wiederinbetriebnahme und Öffnen der Gasleitungen ist der Maschinenraum zu belüften und mit Ex-Warngerät (4-Kanal) freizumessen
- Sicherer Betrieb oberhalb der Explosionsgrenze, überwacht durch die Gemischregelung des Gasmotors
- im Betrieb ständige überwachte Belüftung des Maschinenraumes
- Ex-geschützte Raumlufüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluf des Maschinenraums. Bei Voralarm wird die Zwangsbelüftung (vgl. Kapitel 2.1) des Raumes zugeschaltet und spätestens bei Hauptalarm erfolgt eine sicherheitstechnische Abschaltung der Gaszufuhr außerhalb des Gebäudes unter Weiterbetrieb (Vollast) des Zuluftventilators und allpolige Spannungsfreischaltung aller nicht ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel. Eine Warnung vor der möglichen Ex – Atmosphäre hat optisch und akustisch außerhalb des Gebäudes zu erfolgen.
- In der Betriebsanweisung sollte festgehalten werden, dass das Personal nur nach Kontrolle der Überwachungseinrichtungen bzw. Warnmeldungen (z.B. Datalogger und Störungstableau im separaten E-Schaltraum) den Gasmotorenraum betreten, Störungen beseitigen und Arbeiten an der Maschinenteknik durchführen darf.
- Optische (Blitzleuchte) und akustische (Hupe) Warnmeldungen an der Außenseite des Maschinenraums/-gebäudes bei Betriebsstörungen, insb. dem Erreichen von Explosionsbedingungen
- Minimumdrucküberwachung des Gasstromes
- Bei sicherheitstechnischen Alarmauslösungen schließt eine Schnellschlussarmatur sicher außerhalb des Maschinenraums die Gaszufuhr zur Verhinderung von nachströmendem Biogas.

2.10 Biogasbrenner und Notfackel

In Biogasbrennern wird das Biogas kontrolliert verbrannt und energetisch verwertet, die thermische Energie wird in Form von Heißwasser oder Dampf internen oder externen Prozessen zugeführt.

Überschüssiges Biogas welches nicht zwischengespeichert oder genutzt werden kann oder welches bei Wartungen oder Störungen von Gasnutzern entstehen, sollte aus Gründen der Sicherheit und des Umweltschutzes in einer Notfackel (NF) thermisch oxidiert und unschädlich gemacht werden.

Schutzabstände zu benachbarten Baueinheiten ergeben sich aus der Ausführung dieser Notfackel z.B. geschlossene Brennkammer offene oder verdeckte Verbrennung und der installierten Feuerungsleistung.

2.10.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Die Anlage wird vorher automatisch abgestellt. Das Innere der Gasleitungen und Verbrennungsanlage werden daher keiner Zone zugeordnet.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Gaszusammensetzung durch eine automatische Rohgasanalyse, die die Anlage vor Erreichen kritischer Gaszusammensetzung abschaltet
- UV-Überwachung der Flamme mittels zugelassenem Gasfeuerungsautomaten
- Unterschreitung der Feuerungsleistung (z.B. durch sinkende Gasmenge oder -qualität) führt zu einer Temperaturabsenkung in der Verbrennungsanlage, die zum Abschalten der Verbrennungsanlage und zum Schließen einer Schnellschlussklappe in der jeweiligen Gasstraße führt
- Minimumgasdrucküberwachung in der Rohrleitung mit sicherheitstechnischer Verschaltung (Gasaustrittsgeschwindigkeit > Flammenrückzündungsgeschwindigkeit)
- Ausführung aller im Gasweg eingesetzter Armaturen und Rohrleitungen in der Druckstufe PN 6 und höher
- Alle Störungen an den Verbrennungsanlagen führen auch zum Schließen der jeweiligen Schnellschlussarmaturen vor dem Gasnutzer
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) des Rohrleitungssystems nach DIN DVGW
- Nach jedem „Abfahren“ der Verbrennungsanlage werden die Zuluftklappen in Stellung „AUF“ gefahren um mit der Kaminzugwirkung oder Unterstützung eines Verbrennungsluftventilators die Brennkammer zu spülen

2.10.2 Wartung

Beim Wiederanfahren der Verbrennungsanlage, nach Wartungs- oder Umbaumaßnahmen, bei denen Sauerstoff in die Rohrleitung gelangt ist, kann mittels „kaltem Abblasen“ ein explosives Gasmisch aus der Verbrennungsanlage austreten. Außerhalb der Rohrleitung wird das austretende Gas bis auf unbedenkliche Werte verdünnt. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen, Feuer oder Wärme ist bei ordnungsgemäßer Wartung nicht vorhanden. Die Auswirkung einer Zündung wäre gering, da Personal nicht in unmittelbarer Nähe ist und durch die Verpuffung ins Freie keine Schäden an der Anlage zu erwarten sind.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Während des Abblasens dürfen sich keine Personen in der Nähe der Fackelmündung aufhalten
- Wartungen an der Verbrennungsanlage werden nur bei dem geschlossenen Schnellschlusschieber (Sicherheitsarmatur) in der Gasstraße durchgeführt. Der entsprechende Schieber ist mechanisch bzw. elektrisch zu sichern.
- Ggf. sind Leitungen vor dem Öffnen zu inertisieren oder es ist eine ausreichend große Zulüftung und die Benutzung von Personenschutzmessgeräten (4-Kanal) sicherzustellen.

2.10.3 Störung

Bei einer Störung der Verbrennungsanlage wird die Einheit, genauso wie beim sog. „kalten Abblasen“, wie eine Gasüberdruckentlastung betrachtet. Es kann unverbranntes Biogas im Brennraum vorhanden sein. Dabei kann es an der heißen Wandung zu einer Zündung kommen. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering. Die Auswirkung einer Zündung ist gering, da in der Regel kein Personal örtlich anwesend ist.

Die möglichen Zonen bei *wahrscheinlichen* Störungen sind vom Betreiber eigenverantwortlich für diesen Betriebszustand festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Eine Schnellschlussklappe verhindert in Verbindung mit der Flammenüberwachung ein Ausströmen von unverbranntem Gas
- Minimumdrucküberwachung des Gasstromes in der Gasstraße
- Anfahren / Start nur bei einer Brennkammerinnentemperatur von < 200 °C durch Vorlüften des Brennraums mittels Verbrennungsluftgebläse über Zeitrelais (ca. 10-30 s)
- Nach jeder „Störung“ werden die Zuluftklappen in Stellung „AUF“ gefahren um mit der Kaminzugwirkung oder Unterstützung eines Verbrennungsluftventilators die Brennkammer zu spülen
- Nach einer begrenzten Anzahl automatischer Zündwiederholungen mit dem (Pilot-) Brenner wird die BCU / der Gasfeuerungsautomat sicherheitstechnisch verriegelt bzw. geht auf „Störung“ und die Gaszufuhr wird unterbrochen

3 Konformitätsbescheinigungen / Konformitätserklärungen

		Element	Prüfung	Vorschrift	Beispiel	Bemerkung
Allgemeines, Arbeitsschutz		Fixierung des Normalbetriebes / Anlagenparameter		BetrSichV und TRBS 2152, 97/23/EG bei p > 0,5bar Betriebsdruck		GU / Betreiber
		Gefährdungsbeurteilung		ArbSchG, GefahrstoffV, BetrSichV		Betreiber / Hersteller BEIDE
		Gefährdungsbeurteilungen		TRBS 1111		Hersteller & Betreiber
		Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe		BioStoffV, TRBA 500 (Hygiene), TRBA 230 (Landwirtschaftliche Nutztierhaltung) TRBA 214 (Biologische Abfallbehandlung)z.B. besondere Inputmaterialien		Betreiber
		Dokumentation der BGA u.a. mit: R&I - Verfahrensfießbild, Stückliste, Aufstellplan und Wartungsanweisungen / Inbetriebnahmeprotokolle von Bauteilen und Baugruppen		BetrSichV	Prüfplan zur Überwachung der Arbeitsmittel / Befähigte Person	GU
		Betriebsanweisung		BetrSichV	bestimmungsgemäßer Betrieb, nicht bestimmungsgemäßer Betrieb	Betreiber

		Betriebsanleitung		BetrSichV	Beschreibung des Alarm- und Meldesystems	Betreiber
		Fixierungen für den Betrieb: SichTech Betreuung - befähigte Person		TRBS 1203	Schulung der Beschäftigten	Betreiber
		Hinweise / Warnung vor der Gefährdung durch die toxischen Eigenschaften der Biogase		BetrSichV / GefahrVO / ArbSchutzG / RVO - Sozialgesetzbuch	CH4, O2, H2S, CO2	Betreiber und teilw. GU
		PSA / Personalschutzausrüstung		BetrSichV		Betreiber
		Sicherheitskennzeichnung: Medienleitungen, Warn- und Hinweisschilder etc.		BetrSichV, BGV A8		Hersteller / GU
Explosionschutz		Ex-Zoneneinteilung - Kategorien		99/92 // 94/9/EG	Ex-Zonenplan, Explosionsschutzdokument	Arbeitgeber / GU
				Betriebssicherheitsverordnung		
				TRBSen		
		Explosionsschutzdokument mit Risiko- & Gefahrenanalyse		BetrSichV, TRBS 2152		Arbeitgeber
Brand-schutz		grundsätzlich		DIN 4101 Teil 1		
		Brandschutzordnung / Brand-schutzplan		z.B. DIN 14096	Feuerwehrplan	Betreiber unter Einbindung der zuständigen Feuerwehr
		Schutzwände / Brandschutz / Materialien		DIN 4102	Wärmedämmung normal entflammbar B2 DIN 4102, Wärmedämmung im Bereich von 1 m um Öffnungen schwerentflammbar B1 DIN4102	
		Ausrüstung mit Feuerlöscher		BGR 133		
Elektro-technik: Kabel, Leitungen und Betriebsmittel	Gesamtan-lage	Potentialausgleich, Erdung, Äußerer Blitzschutz	BGV A2 (VBG 4)	EN 62305 / DIN V VDE 0185-305-2		
				DIN VDE 0100 Elektroausführungen / Installationen		Hersteller / GU
				DIN VDE 0165 Elektrischer ExSchutz (Ausführung)		Hersteller / GU
				EN 60079 Elektroanla-		Hersteller

				gen in ex Bereichen		/ GU
				ENV 61024-1 (Überspannungsschutz)		
		NOT-AUS-Kette, Ausführung der Sicherheitstechnik FAIL – SAFE		EN 954-1 (Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen), EN 13463 (Geräte und Schutzsysteme), EN 13478 (Geräte und Schutzsysteme), VDI 2180, ISO 13850, EN 61310 (Sicherheit von Maschinen), EN 60204 (Sicherheit von Maschinen und Elektr. Ausrüstung), EN ISO 13849 (Sicherheit von Maschinen Sicherheitsbez. Teile von Steuerungen),		GU
Umweltschutz		Anlage nach BImSchG		TA Luft Abgas Motor		
		Ölanlage, Auffangwannen		§ 19, WHG		Hersteller / GU
Anlagentechnik		Dokumentation von Zukaufteilen und der Gesamtanlage (EG-Konformitätserklärungen		mindestens CE - eventl. Angabe der Kategorien für die gewählten Zonen, 11.GPSGV "ExVO"	BHKW, Rührwerke, Lüftungsanlage, Schaltanlage, Foliengasspeicher, Gas-Regelstrecke, Flammenrückschlagsicherung, Verdichter, Pumpen, Gaswarnanlage, Brandmelder	Hersteller und GU

		Dokumentation von Zukaufteilen und der Gesamtanlage incl. z.B. Sicherheitstechnischer Wechselwirkungen, Gefährdungsbeurteilungen		mindestens CE - eventl. Kategorien für die Zonen, 11.GPSGV "ExVO"	Berechnung der Über-Unterdrucksicherung und zeichnerische Darstellung, Nachweis zur Füllstandsüberwachung für Fermenter, Lagerbehälter, Gasepeicher u.s.w., Nachweis zur Funktionsfähigkeit der Not-Fackel (z.B. Energieversorgung bei Stromausfall), Dimensionierung der Lüftungsanlage BHKW, Dimensionierung des Gebläses für die Entschwefelung mit Luftsauerstoff einschließlich Schutzmassnahmen zur Einhaltung des Grenzwertes, Nachweis über die Funktionsproben aller sicherheitsrelevanter Abschaltungen der Anlage (Substrat und Gasbereich) einschl. Dokumentation der Grenzwerte, Kondensatschacht mit Darstellung der Tauchtiefen der Gasaustrittsleitungen in der Vorlageflüssigkeit	
Komponenten						
		Statiken / Betongüten (Zementsorte)		Nachweise z.B. DIN 1045		Hersteller
Behälter und Läger		Einstiegöffnungen		min DN 800 oder 800x600		Hersteller / GU
		Statik für Fundament und Behälter mit allen Einbauteilen und Öffnungen				Hersteller
		Schwimmschichtenzerstörung		Angaben für den späteren Betrieb		Hersteller / GU
		Schaumzerstörung		Angaben für den späteren Betrieb insb. vor den Sicherheitseinrichtungen		Hersteller / GU
		Schaugläser mit Spüleinrichtungen		Nachweis techn. Dichtigkeit		Hersteller / GU
		Durchführungen (ET, Seile, etc.)		Nachweis techn. Dichtigkeit		Hersteller

		Überfüllsicherungen		Funktion / Folgehandlungen		Hersteller / Betreiber
			Dichtigkeitsprüfungen	Gas und Wasser z.B. nach DVGW, DWA - Merkblatt		Hersteller / GU
Rohrleitung + Behälter (Tanks)	Gas	Rohrleitungen	DVGW - Regelwerke	Material, Druckstufe PN yx, Verlegung, Druckprüfverfahren ("Dichtigkeitsprüfung")		Hersteller / GU
				BGR 500 (Arbeiten an Gasleitungen)		
			z.B. G 472	Nachweis Medienbeständigkeit		
			3.1B Zeugnis	EN 10204		
		Rohrleitungen		Schweißzeugnis DIN EN 729-3		
	Wasser		DVGW - Regelwerke	Material, Druckstufe PN yx, Verlegung, Druckprüfverfahren ("Dichtigkeitsprüfung")		Hersteller / GU
			PE	DIN 8075, DVS 2207-1		
	Substrat		DVGW - Regelwerke	Material, Druckstufe PN yx, Verlegung, Druckprüfverfahren ("Dichtigkeitsprüfung")		Hersteller / GU
			PE	DIN 8075, DVS 2207-1		
				Nachweis Medienbeständigkeit		
	Öl	Tank, Leckerkennung	DVGW - Regelwerke	Fachbetrieb nach § 19, WHG		Hersteller / GU
		Rohrleitungen, Auffangwannen / Leckerkennung		Material, Druckstufe PN yx, Verlegung, Druckprüfverfahren ("Dichtigkeitsprüfung")		
		dpw - Leckerkennung		Nachweis Medienbeständigkeit		
	Abgas		DVGW - Regelwerke	Material, Druckstufe PN yx, Verlegung, Druckprüfverfahren ("Dichtigkeitsprüfung")		Hersteller / GU
3.1 B Zeugnis			EN 10204			
			Nachweis Medienbeständigkeit			
Allgemein:	Wandanschlüsse / Durchführungen / Festpunkte		Statik: Scherkräfte, Längskräfte (z.B. aufgrund delta T), Kompensatoren (?),		Hersteller / GU	
	Angabe der verwendeten Dichtungen (Material, Druck und Temperaturbeständigkeit)				Hersteller / GU	

	oberirdische Rohre	Verlegung		DVS 2210-1		Hersteller / GU
		Schweißungen		DVS 2207-1		Hersteller / GU
	Rohrleitungen	Kennzeichnung		DIN 2403		Hersteller / GU
Gasspeicher	Fermenterfolie		Dichtheitsprüfung	z.B. DVGW G 469 Druckprüfungen A oder DWA Merkblatt für Gasspeicher		GU
		Datenblatt / Herstellererklärung	+Reißfestigkeit: mind. 500 N / 5 cm oder Zugfestigkeit: mind. 250 N / 5 cm		Hersteller / GU	
			+Gasdurchlässigkeit $\leq 1000 \text{ cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar})$		Hersteller / GU	
			+Temperaturbeständigkeit $-30^\circ\text{C} < T < +50^\circ\text{C}$		Hersteller / GU	
			++ Berechnung der wirksamen Über- und Unterdruckeinrichtungen: Drücke und Medium und Menge		Hersteller / GU	
			+Schutzabstände und Schutzwände		Hersteller / GU	
			+ Angabe (Prinzipskizze) über die Befestigungsart des Foliengasspeichers (z.B. Seeger - Verschluss) sowie der Druckbeaufschlagung und diese Kontrolle mit Folgehandlungen		Hersteller / GU	
			+Stützluftgebläse: Auslegung und Überwachungen (Betrieb und möglicher Rückstrom)		Hersteller / GU	
					Hersteller / GU	Hersteller / GU
					+Luftdosierung vom Biogas ($< 12,0 \%$, d. h. $\text{O}_2 < 2,4 \text{ Vol } \%$) / Überwachungen	Hersteller / GU
Rührwerke / Ein- und Austragsysteme / Feststoffdosierung / Flüssigkeitsdosierungen		Gasdichtigkeit / Überwachungen		Herstellerausführung / Kontrolle im Betrieb (Tauchung im Normalbetrieb und Wartungen / Absenkung)		Hersteller / Betreiber
						Hersteller / GU

Kondensatschacht	Gas / Kondensat	Ausführungszeichnung(en) mit Überwachungs- und Betriebseinrichtungen	++ Überwachungen mit Folgehandlungen der Wassersäule und Kontrollen		Hersteller / Betreiber
			++ Betriebsanweisung zur Begehung		Betreiber
Gruben		Ausführungszeichnung / Begehungen / Gefahrenanalyse	++ Bildung von CO ₂ , CH ₄ , H ₂ S, ..		Betreiber
BHKW	Gasstraße		Bauteile und Überwachungen nach DVGW und .. / Entlüftung der Zwischenraumüberwachung falls zwei Gasventile		Hersteller
	Gasfeuerung			DVGW TRGI 1986	
Fackel	Gasfeuerung			DVGW TRGI 1986	
				EN 746	Hersteller / GU
GVS / BHKW / Rogasana-lysesysteme in Gehäusen	Gas / Lüftung			BetrSichV	
			MIN - / MAX - Druckschalter mit Angabe der Folgehandlungen		Hersteller / GU
			Raumluftüberwachung(en): Ort, Funktion, Grenzwerte - > Folgeschaltungen		Hersteller / GU
			Auslegung der Lüftung im Havariefall (Gasleitungsbruch - max. Leistung der Gasverdichter bzw. Gaspumpe). Ggfs. Überwachung der funktionsfähigen Lüftungen, natürliche / Zwangs - Querlüftung ?		Hersteller / GU
Gaseinspeisung				DVGW G 265-1 (i.A.)	

Sonstiges oder wat noch!					
		Festigkeit Schraubverbindun-	/	DIN EN 78	Herstel-

		gen				ler
		Angabe: Hauptgas- schieber / Klappen		u.a. im Havariefall für zust. Feuerwehr / Ret- tungskräfte etc.		Betrei- ber
		Angabe zentraler NOT - AUS (Ausf. FAIL - SAFE) - > Anlage fährt in einen sicheren Zustand und ver- bleibt in diesem		u.a. im Havariefall für zust. Feuerwehr / Ret- tungskräfte etc.		GU / Betrei- ber
		Datenblatt mit allen sicherheitstechni- schen Grenzwerten und Folgeschaltun- gen				GU
		Datenaufzeichnung PLT und USV		Auslegung und Intervalle der Datensicherung		GU
		Schaltanlagenrum		Wärmeabführung / Klima für Betriebsmittel		
		Absicherung aller Entnahmeleitungen (Gas, Substrat, Öl etc.)				