

DAS – IB GmbH

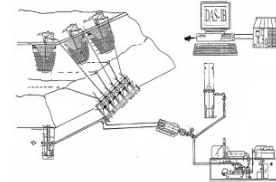
DeponieAnlagenbauStachowitz

LFG - & Biogas - Technology

Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

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

Technischer Sitz /
Postanschrift:
Preetzer Str. 207
D 24147 Kiel



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

Tel. # 49 / 431 / 683814
Tel. # 49 / 431 / 5344336
Fax # 49 / 431 / 5344337
Fax # 49 / 431 / 2004137

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

Internationale
Bio- und Deponiegas
Fachtagung
& Ausstellung
28. / 29. April 2009

Synergien nutzen und



voneinander lernen III



in Weimar
Seminare
27. April sowie 29. / 30.
April 2009

Bio- und Deponiegas
Fachtagung

Sicherheitsregeln für Biogasanlagen (Fermentationsanlagen) übertragbar auch für Deponien & Kläranlagen auf Basis der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) von:

DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas-Technology
und weitere(n) SachverständigeN & UnterstützerInnen

Stand 23. III. 2009

Vorstellung auf:

Unserer Fachtagung am 28. / 29. April 2009 in Weimar

Sitz: Kiel

Amtsgericht Kiel HRB 5879

Geschäftsführer: Wolfgang H. Stachowitz

Ziel dieser Sicherheitsregeln ist es, sowohl für Genehmigungs- bzw. Fachbehörden, AntragstellerInnen, Betreiber, Planer / Planungsbüros, Sachverständige und „Befähigte Personen“ als auch mit dem Bau beauftragte Fachfirmen und Institutionen, eine Strategie zur Errichtung und zum Betrieb sicherer Biogasanlagen (Fermentationsanlagen) aufzuzeigen. Der Schwerpunkt dieser Sicherheitsregeln liegt somit beim Personen – und Sachschutz. Abweichungen von den ausgeführten Strategien sind möglich, wenn die Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist. Die endgültigen Fixierungen für den „Normalbetrieb“ iSd BetrSichV hat der Arbeitgeber im Sinne der BetrSichV zu beschreiben. Hierbei müssen die „bestimmungsgemäße / sachwidrige Verwendung“ der BGA bzw. Anlagenteile der BGA gem. seiner Betriebsanleitung (Arbeitgeber iSd BetrSichV sogenannter „Betreiber“) und der Herstellerdokumentation beachtet werden. Eine Gefahren- und Risikoanalyse und die Gefährdungsbeurteilung müssen vom Arbeitgeber zwingend vor der Inbetriebnahme der Anlage schriftlich erfolgen. Hier müssen alle Informationen enthalten sein, um den „Anlagenbetreiber / das Betriebspersonal“ in die Lage zu versetzen, seinen „Pflichten“ nachzukommen.

Diese Strategie – in diesem Regelwerk - 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 am Orte oder über Gastransportleitungen 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.

Wärmenutzungen, insbesondere Dampferzeugung (z.B. Abgaswärmetauscher) und Dampfnutzung sowie Speisewassersysteme, werden hier nicht betrachtet.

Im Vordergrund der Sicherheitsregeln steht der Explosionsschutz und die damit verbundene Risiko- und Gefahrenanalyse, der die potentiell größte Gefahr für Mensch, Umwelt und Technik darstellt. Darüber hinaus werden Maßnahmen des Arbeitsschutzes nach dem 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 not-

wendigen Maßnahmen hat der Arbeitgeber im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes § 5 Abs. 1 und der Gefahrstoffverordnung zu fixieren und Dritten mitzuteilen.

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

Grundsätzlich ist die Festlegung von technischen Schutzmaßnahmen gegenüber der Festlegung von organisatorischen Schutzmaßnahmen gleichwertig.

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

Ferner ist zu beachten, daß Anlagenteile einer Biogasanlage „überwachungsbedürftig“ im Sinne der BetrSichV sein können, z.B. Betriebsmittel mit „Kategorien“ (nach EU 94/9 bzw. 11.GPSGV) aufgestellt in Ex-Zonen (nach EU 99/92 bzw. BetrSichV) und z.B. Druckbehälter eines Druckluftsystemes. Im Sinne der Störfallverordnung (12. BImSchV) ist eine Biogasanlage grundsätzlich nicht „überwachungsbedürftig“.

Für „biologische – Sicherheitsregeln“ wird an dieser Stelle auf die „TRBA“ Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe verwiesen, von denen unter Pkt. 1.4.6 einige relevante benannt sind.

Auf die Darstellung allgemeiner technischer, chemischer und biologischer Grundlagen des Vergärungsprozesses und seiner Produkte wird an dieser Stelle verzichtet. Ebenfalls wird auf Einzelheiten der Prozeßüberwachung (manuell und automatisiert als Prozeßleittechnik – PLT) nicht eingegangen.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines & Verantwortungen	6
1.1	Begriffe	7
1.2	Eigenschaften von Biogas	10
1.3	Gefahren	12
1.3.1	Explosion	12
1.3.2	Verpuffung	13
1.3.3	Brand	14
1.3.4	Blitzschutz	15
1.3.5	Erstickung	16
1.3.6	Vergiftung	16
1.3.7	Wartung	17
1.3.8	EVU – Netzausfall / Notstrom / Datensicherung	17
1.3.9	Zündquellen	17
1.4	Geltende Gesetze und Vorschriften für Teilbereiche	18
1.4.1	Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV	18
1.4.2	11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – 11. GPSGV	18
1.4.3	WHG	19
1.4.4	Materialien	19
1.4.5	Elektrotechnik / Sicherheitstechnische Verschaltungen	21
1.4.6	Gesetze, Verordnungen sowie hilfreiche & nützliche Normen und Richtlinien	22
1.4.7	Betriebsanweisungen	
2	Strategien für sichere Anlagen.....	25
2.1	Einsatzstofflager / Anmischbehälter	27
2.1.1	Normalbetrieb.....	27
2.1.2	Wartung	28
2.1.3	Störung	28
2.2	Vorbehandlung	28
2.2.1	Normalbetrieb.....	28
2.2.2	Wartung	29
2.2.3	Störung	29
2.3	Fermenter und Nachgärer	29
2.3.1	Normalbetrieb.....	30
2.3.2	Wartung	31
2.3.3	Störung	32

2.4 Gasspeicher	33
2.4.1 Normalbetrieb.....	34
2.4.2 Wartung	34
2.4.3 Störung	34
2.5 Gärrestelager.....	35
2.5.1 Normalbetrieb.....	35
2.5.2 Wartung	35
2.5.3 Störung	36
2.6 Gastransportleitungssystem	36
2.6.1 Normalbetrieb.....	36
2.6.2 Wartung	37
2.6.3 Störung	37
2.7 Gasverdichterstation / Rohgasüberwachung - Rohgasanalysen	38
2.7.1 Normalbetrieb.....	38
2.7.2 Wartung	39
2.7.3 Störung	40
2.8 Gasaufbereitung.....	41
2.8.1 Kondensatabtrennung / Gastrocknung / Gaskühlung	41
2.8.2 Entschwefelung.....	43
2.8.3 Methanaufkonzentration.....	45
2.9 Blockheizkraftwerk (Gasmotore und Zündstrahlmotore).....	48
2.9.1 Normalbetrieb.....	49
2.9.2 Wartung	50
2.9.3 Störung	50
2.10 Biogasbrenner und Notfackel	52
2.10.1 Normalbetrieb	52
2.10.2 Wartung	53
2.10.3 Störung	53
3 Konformitätsbescheinigungen / Konformitätserklärungen	54

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 u.a. die 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 insb. für den An – und Abfahrbetrieb der Gesamtanlage oder Einzelkomponenten 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 Speiseabfälle 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 (Havarie) 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, Betriebsanleitungen, Unterweisungen für Betriebspersonal, beauftragte Dritte, Besucher etc.. Sofern Kontrollen und Wartungen fixiert wurden, sind diese Nachweise und Daten (manuell oder elektronisch) zu archivieren.

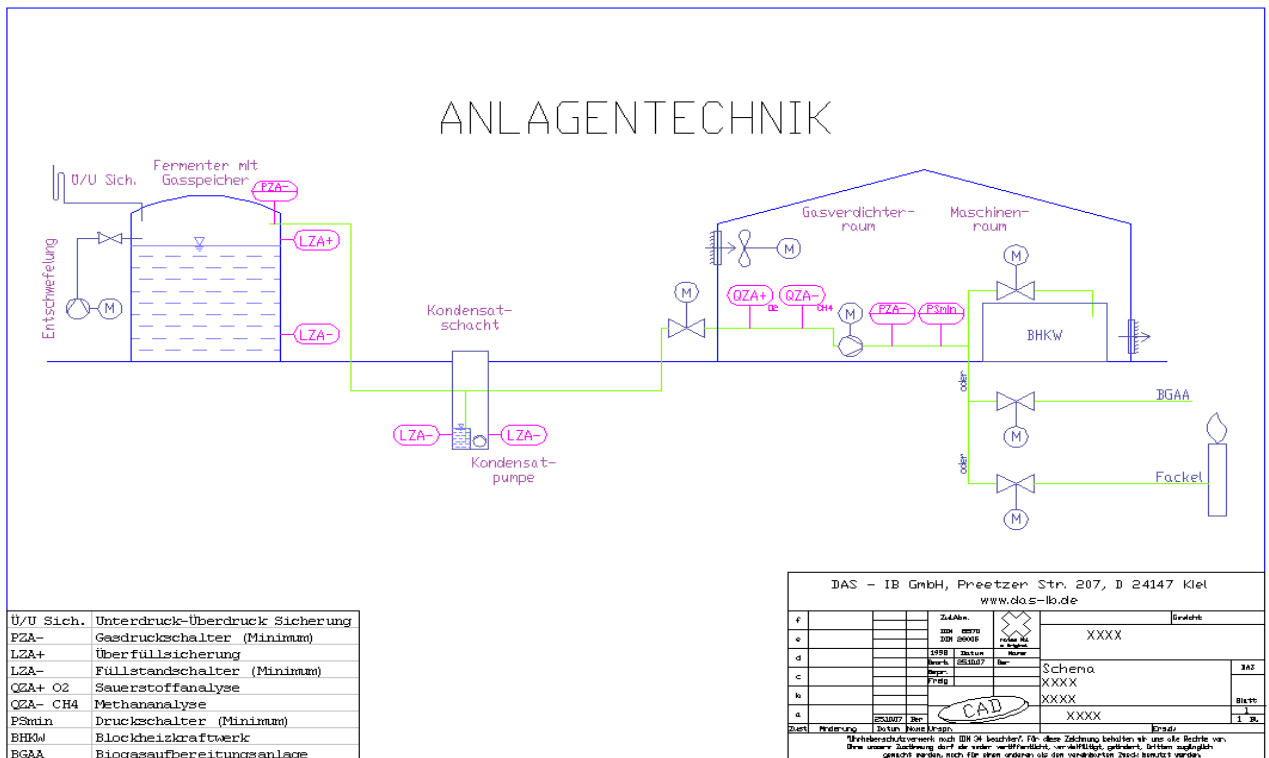
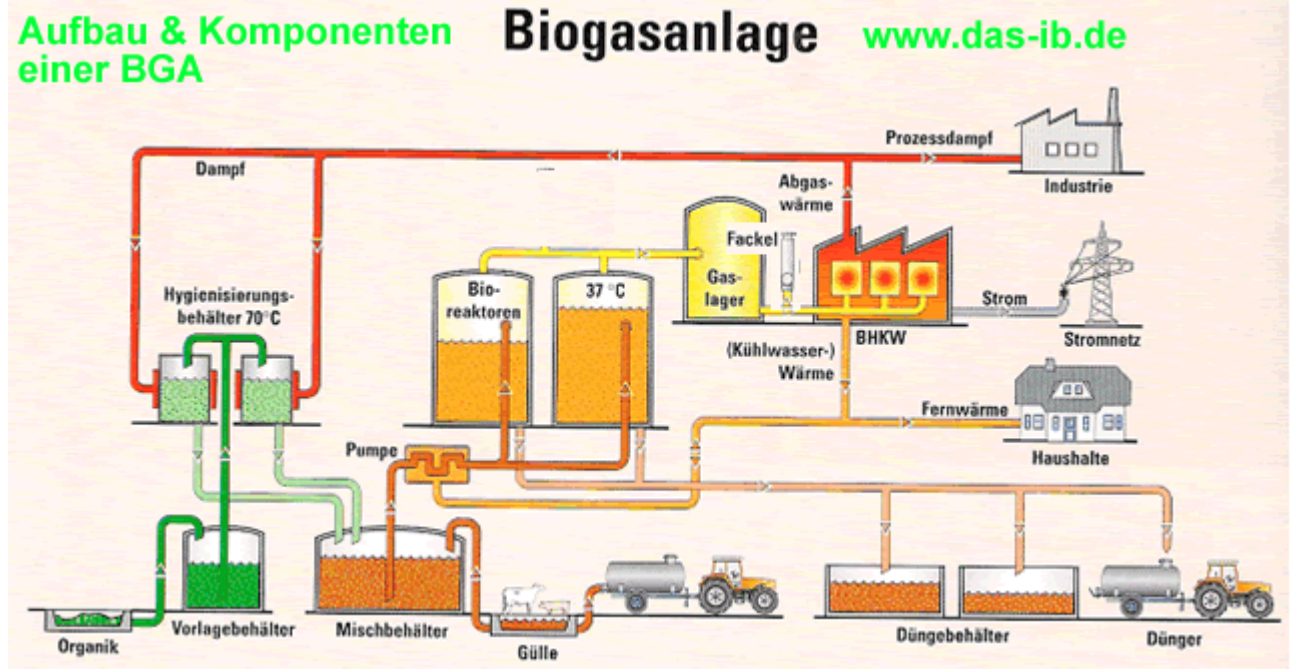
Zu beachtende Fehlerquellen durch den Arbeitgeber / Betreiber der Anlage:

- 1. Versagen von Anlagenteilen – Technik allgemein**
- 2. Energieausfall einschl. Hilfsenergien
Stromabschaltung EEG 2009**
- 3. Menschliche Fehlhandlungen (nicht / falsch / unzulässiger Eingriff)**
- 4. Unerwünschte Stoffpaarung (reagierende Stoffe)**
- 5. Abweichung betrieblicher Parameter: p, T, F, Q, pH, etc.**

Das größte „kalkulierbare“ Restrisiko sind die Unzulänglichkeiten des Wartungs- und Bedienpersonals.

1.1 Begriffe

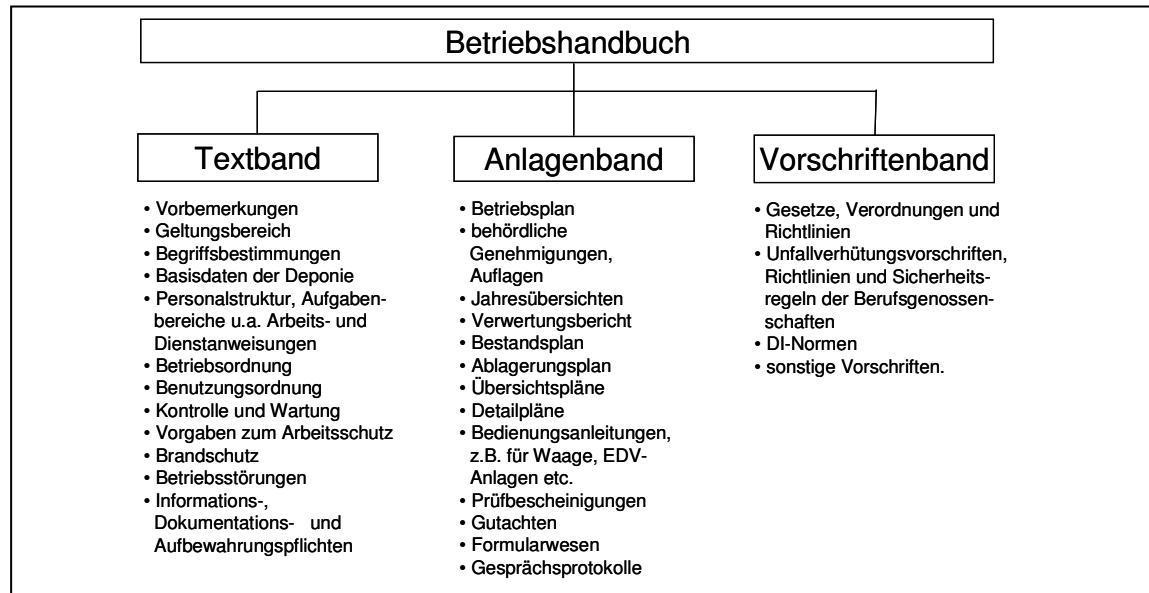
Biogasanlage, BGA: Anlage zur Erzeugung, Lagerung und Verwertung von Biogas unter Einschluß aller dem Betrieb dienenden Einrichtungen und Bauten. Die Erzeugung von Biogas erfolgt aus der Vergärung organischer Stoffe.



Betriebstagebuch: Im Betriebstagebuch dokumentiert der Arbeitgeber oder seine beauftragten Dritten die eingesetzten Stoffe (z.B. Substrate) sowie wesentliche Betriebsparameter, Wartungsintervalle und Funktions- sowie Sicherheitstest der Anlage.

Betriebsanweisung: In der Betriebsanweisung dokumentiert der Arbeitgeber oder seine beauftragten Dritten den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage einschließlich der zu beachtenden Sicherheitshinweise.

Betriebshandbuch (Beispielhafter Aufbau):



Substrat: Zur Vergärung in Biogasanlagen bestimmte organische Stoffe (Biomasse).

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

Güllelager, Nachgärer, Gärrestlager: Behälter und Erdbecken, in dem Gülle, Jauche sowie das vergorene Substrat unbeheizt vor der weiteren Nutzung und Verwertung gelagert wird.

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

BHKW: Blockheizkraftwerk, dient der Umwandlung von Biogas in 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

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (geA) ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefährdend) auftritt, daß besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter erforderlich werden.

Gasaufbereitung: Einrichtungen zur Reinigung, Aufkonzentrierung und / oder Entwässerung von Biogas.

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

Gaslagerraum: 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.

Explosionsschutzdokument: Der Arbeitgeber erstellt nach BetrSichV das Explosionsschutzdokument seiner Anlage unter der Berücksichtigung seiner Anlagenausführung und seines Betriebes und schreibt es fort. In dem Dokument sind u.a. die Anforderungen und Umsetzung an den Explosionsschutz zu dokumentieren.

Zonen: Räumlich abgegrenzter oder benannter Bereich in dem die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen 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. Explosionsgefährdete Bereiche werden in Abhängigkeit der Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Diese Einteilung dient als Grundlage für die Festlegung von Betriebsmitteln (elektrische wie nicht elektrische) zur Vermeidung der Entzündung gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.

- **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, bei (0,8 – 1,1) bar_a und – 20 °C - + 60 °C
- OEG:** Obere Explosionsgrenze, entspricht 16,5 / 15 Vol % Methan in einem Luft – CO₂ – N₂ – Gemisch, bei (0,8 – 1,1) bar_a und – 20 °C - + 60 °C
- AOSA:** Akustische und Optische Signal Anlage dient zur Signalisierung von Störungen oder potentiell gefährlichen oder kritischen Anlagenzuständen.
- PSA:** Personenschutzausrüstung
z.B. Meßgerät zum Personenschutz: CH₄ (ex), H₂S (ex und toxisch), O₂, CO₂ (toxisch) ggfs. auch H₂ und NH₃. Lüfter, Handschuhe, Stiefel, Helm etc.

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.

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

Personenschutz, Anlage zum Explosionsschutzdokument

Personenschutz: (siehe auch Vortrag: Grundlagen der Bio- & Klär- & Deponiegastechnik)

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): alt: MAK 10ppm = 14 mg/m³ = 1 / 1000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol % **neu AGW max. Arbeitsplatzkonzentration 5 ppm**

Siehe: TRGS 900 wg. „alten“ MAK – Werten und heute AGW – Werte)

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

Stachowitz, Nov. 2008
Vortrag # 6, Seite 29

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 Methangas – es gibt kein definiertes „Biogas“:

Methangas

Zündtemperatur: 530 °C / 537 °C (595 °C / 650 °C) je nach Quelle
Explosionsbereich: ca. (4,4) 5-15 (16,5) Vol % nach IEC 60079-20 bzw. EN 50054
Dichte: ca. 1,35 (CO₂ ca. 2 // CH₄ ca. 0,7) kg / Nm³ bei je 50 Vol % CH₄ und CO₂ in Mischung

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 und „Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutz, Kohlhammer – Verlag 1996“



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

Grundsätzliche Begriffsbestimmungen (z.B. „Brennbarer Stoff“, „Explosionsfähiges Gemisch“, „Explosionsfähige Atmosphäre“, „Explosionsbereich“ u.v.m.) werden in der TRBS 2152 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphären – Allgemeines - (TRGS 720 – Technische Regeln für Gefahrstoffe) vorgenommen und hier nicht wiederholt.

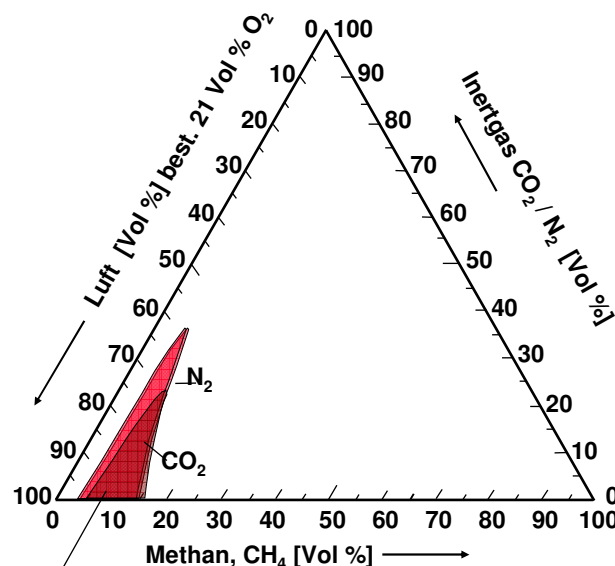
Methan besitzt die Eigenschaft, in bestimmten Mischungen mit Sauerstoff (O₂) bzw. Luft (Mischgas aus: N₂, O₂, CO₂, uvm.) ein explosionsfähiges Gasgemisch zu bilden.

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

DAS-IB GmbH DeponieAnlagenbauStachowitz LFG- & Biogas-Technology	Technischer Sitz: Preetzer Str. 207 D-24147 Kiel Kaufmännischer Sitz/ Rechnungsanschrift: Flintbeker Str. 55 D-24113 Kiel Tel. # 49 / 431 / 68 38 14 Fax # 49 / 431 / 200 41 37 www.das-ib.de email nach Absprache	
Biogas-, Klärgas- u. Deponiegastechnologie: • Beratung, Planung, Projektierung • Schulung von Betriebspersonal • Sachverständigentätigkeit (u.a. § 29a BImSchG und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger)		



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 anwesenden 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 dieselben 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.

Betreiberschulung Biogas II 2009

DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas - Technology
www.das-ib.de

Brandschutzkonzept,

- ⇒ aufgestellt vom Betreiber der Anlage,
 - ⇒ zur Abstimmung mit der zuständigen Feuerwehr auf deren einsatztaktischen Erfordernisse und einer Schutzzielbetrachtung

Betriebsanleitungen,

- ⇒ erstellt durch den Betreiber der Anlage.

Feuerwehrpläne, für bauliche Anlagen nach DIN 14095,

- ⇒ erstellt durch den Betreiber
 - ⇒ im Benehmen mit der Feuerwehr.

Einsatzpläne mit Alarm- und Ausrückeordnung,

- ⇒ erstellt durch die Feuerwehr.

Quelle: Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord
- Leiter der Prävention – und Annelie Sievers LZ – G Schleswig-Flensburg

Febr. 09 | S. 29

Aspekte der notwendigen Regelungen mit der zuständigen Feuerwehr**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 EN 62305-1 bis - 3 bzw. VDE 0185-305-1 bis -3 (Ausgabe Oktober 2006 mit der Ergänzung Juni 2007) 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 Blitzschutzes 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.

Sogenannte „Blitzfangstangen“ gehören auf keinen Fall in „Ex – Zonen“ aufgestellt.

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 mit Sauerstoff 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 der Luft löst beim Menschen Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Bewußtlosigkeit, Atemlähmung bis hin zum Tod aus.

CH₄ kann indirekt zum Ersticken 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. Fluchttreter / Atemschutz und Rettungsgeschirr verwenden
- Entschwefelung im Fermenter / Gasspeicher / Gassystem

1.3.7 Wartung / Wartungsarbeiten

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. Bei Wartungsarbeiten sind individuelle Risiko – und Gefahrenanalysen in Abhängigkeit der Tätigkeiten zu erstellen. Für bestimmte Arbeiten z.B. Arbeiten in Schächten, Schweißarbeiten empfiehlt es sich, die „Arbeitsfreigabe“ und „Unterweisung“ mittels „Erlaubnisschein“ zu dokumentieren.

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	
Unverträgliche Stoffe: Schwefelsäure (Kondensat) + organische Stoffe	

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 für 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's bedeutet dies, daß der Arbeitgeber (Anlagenbetreiber) eigenverantwortlich – unter Berücksichtigung des Anlagenstandortes, der Anlagenart und -beschaffenheit sowie der Betriebsweise – Betriebszustände definieren, eine Gefährdungsanalyse erstellen, Gefahrabwehrmaßnahmen 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

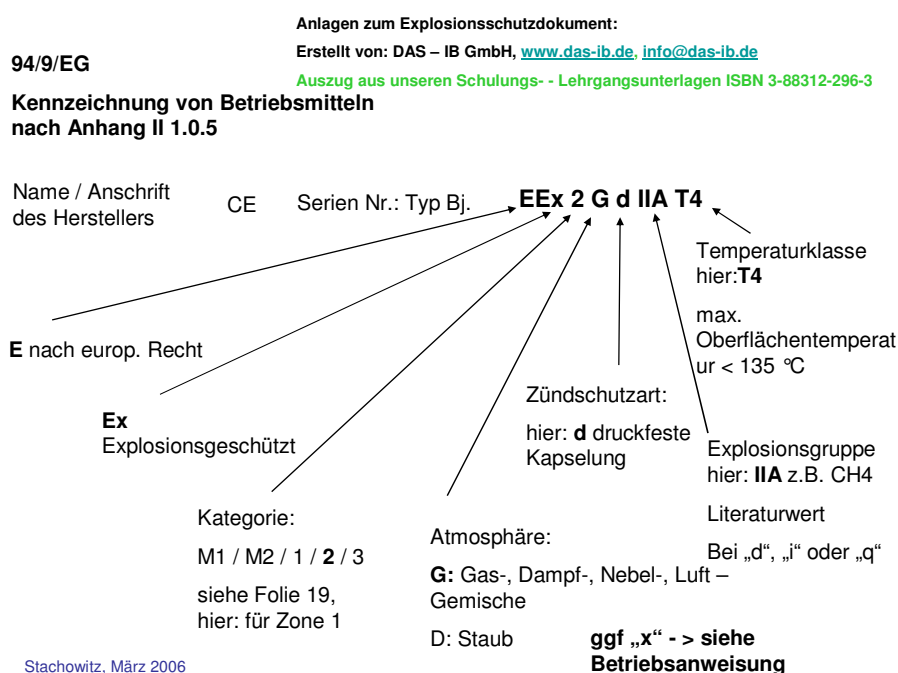
Die 11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (11. GPSGV) vom 12. Dezember 1996, zuletzt geändert am 9. Januar 2004, regelt das Inverkehrbringen von neuen Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche sowie deren erforderliche Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen.

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 Gasleitungen

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 sollten 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 (z.B. Berücksichtigung des Längenausdehnungskoeffizienten und Hebelkräften) und vor thermischen Beschädigungen (z.B. UV – Strahlung) zu schützen.

Rohrleitungen und deren Verbindungen müssen neben der Werkstoffbeständigkeit für das eingesetzte Medium in der Auslegung auch die verwendeten Drücke und Temperaturen berücksichtigen. Rohrleitungen einschließlich aller Ausrüstungsteile und flexiblen Anschlüsse / Kompensatoren müssen mindestens die konstruktive Festigkeit 1 / 6 bar je nach Risiko – und Gefahrenanalyse der Anlage aufweisen. Hinweis: Eine Ausführung in PN 6 berücksichtigt den maximalen Explosionsdruck von Methan.

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.

1.4.4.2 Material und Dichtungen / Wanddurchführungen

Die Einbauanweisungen der Hersteller für die ordnungsgemäße Montage und regelmäßige Prüfungen für Wanddurchführungen z.B.:

- zur Durchführung von Rohren (insb. Gas- und Substratleitungen) durch Bauwerke
- zum schalungsabündigen Einbau oder nachträglicher Montage.
- für wasserbauliche Anlagen wie Fermenter, Kondensatschächte oder Schachtbauwerke. sind im Rahmen von Montage – und Betriebsanweisungen zu befolgen.

Die Auswahl der Materialien (z.B. Beton, Stähle, Schutzanstriche etc.) müssen neben den statischen Erfordernissen auch resistent gegen mögliche chemische Angriffe aus den verwendeten Medien wie z.B. Gas, Substrat, Öl etc. sein.

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 (FAIL – SAFE).

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. Phase und N (L1, L2, L3) und Nullleiter (N) bei einem getrennten Schutzsystem.

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

Anlagenbezogen 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 Gesetze, Verordnungen sowie hilfreiche & nützliche Normen und Richtlinien

Hinweis: Gesetze und Verordnungen sind zwingend zu beachten wie z.B.: die Betriebssicherheitsverordnung, aber auch die „Technischen Regeln für BetriebsSicherheit“.

ArbSchG (Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit)

BauGB (Baugesetzbuch)

BBodSchG (Bundes – Bodenschutzgesetz)

BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz)

BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz)

GPSG (Geräte – und Produktsicherheitsgesetz)

EEG (Erneuerbare – Energien – Gesetz)

WHG (Wasserhaushaltsgesetz)

BBodSchV (Bodenschutzverordnung)

BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung)

BioAbfV (Bioabfallverordnung)

BioStoffV (Biostoffverordnung)

GPSGV (Verordnungen über das Inverkehrbringen von

DüV (Düngeverordnung)

11. GSGV (Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz)

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

TRBS 1201 „Prüfung von Arbeitsmitteln“

TRBS 1203 „Befähigte Person“

TRBS 2152 „Gefährliche Explosionsfähige Atmosphäre“

TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung“

TRBS 2153 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“
vormals BGR 132

TRBS 2131 „Elektrische Gefährdungen“

TRBA Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe

TRBA 214 „Abfallbehandlungsanlagen einschließlich Sortieranlagen in der Abfallwirtschaft“

TRBA 230 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Land- und Forstwirtschaft und bei vergleichbaren Tätigkeiten“

TRBA 500 „Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen“

Hinweis: Diese v.g. Regeln entwickeln sich in Deutschland weiter und sind verbindlich!

Quellennachweis / Download: www.baua.de

VAwS (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen)

Landesbauordnungen

MBO Musterbauordnung

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

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 allgemeingültig unter die Störfallverordnung und sind keine „Überwachungsbedürftigen Anlagen“.

Biogas- und Deponiegashandbuch von DAS – IB GmbH (Lehrgangsbuch: ISBN-Nr.: 3-938775-06-8, 8. Auflage April 2009)

Weitere Regelwerke, Merkblätter, Technische Informationen, Verwaltungsvorschriften etc. siehe auch Konformitätsbescheinigungen / Konformitätserklärungen im Anhang

z.B. :

Zement – Merkblatt, Landwirtschaft „Beton für Behälter in Biogasanlagen“, LB 14, 02.01/8

BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“, 2005

DIN EN 1127 – 1 „Explosionsschutz“, Oktober 1997 u.a. mit den möglichen Zündquellen

DIN EN 62305 „Blitzschutz“ (Juni 2007)

DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“ (div. Teile)

DIN VDE 0165 „Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche“ (div. Teile)

EN 61 508 – 1 (Nov. 2008) „Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer / elektronischer / programmierbarer Systeme“

EN 60204 – 1 (Juni 2007) „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen“

EN ISO 13849 -1 (Juli 2007) „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“; Neufassung der EN 954-1 (1997) „Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“

DIN EN ISO 10628; „Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen - Allgemeine Regeln“ – März 2001, dient zur Darstellung der geplanten bzw. verbauten Anlage

DVGW Arbeitsblatt G 469 (Juli 1987); „Druckprüfverfahren für Leitungen und Anlagen der Gasversorgung“

GUV – R 104 (vorm. 19.8, Explosionsschutz – Regeln, Ausgabe Juli 2008); Hinweis: Hier sind die BetrSichV und die aktuellen TRBSen enthalten.

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

GIRL: Geruchsimmissions – Richtlinie

KAS – Kommission für Anlagensicherheit: „Merkblatt – Sicherheit in Biogasanlagen“ – noch nicht veröffentlicht (Stand IV 09)

TI 4: Technische Information 4, Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft – „Sicherheitsregeln für Biogasanlagen“

Verwaltungsvorschriften:

TA Luft: Technische Anleitung Luft

TA Lärm: Technische Anleitung Lärm

1.4.7 Betriebsanweisungen,

Betriebsanweisungen sind Anweisungen und Angaben, die der Betreiber bzw. Verwender von Maschinen, Anlagen, Arbeitsverfahren, Stoffen usw. für seine Mitarbeiter erstellen muß. Sie bedürfen der schriftlichen Form und sind in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache (vgl. §12 (1) GefStoffV), d.h. auch für ausländische Mitarbeiter, abzufassen. Sie sind den Mitarbeitern bekannt zu machen und müssen von ihnen eingehalten werden. Die Betriebsanweisungen enthalten Erläuterungen und Hinweise über die:

- besonderen Gefahren für Mensch (und Umwelt)
- Sicherheitsbestimmungen
- Zutreffende Maßnahmen bei Unfällen und Störungen
- Bedienungsanweisungen
- Verhaltensregeln bei der Arbeit

Für Biogasanlagen können Betriebsanweisungen folgenden grundlegenden Aufbau haben:

- Allgemeines (Geltungsbereich, Personaleinsatz und Zuständigkeiten)
- Kurzbeschreibung der Anlage (Eintrag, Fermenter, Förderung, Nutzung)
- Überwachung von z.B. Gasanlagen
 - Begehungen und Optimierungen der Anlage
 - Fermenter

- Unterirdische Bauwerke inkl. Schächte
- Gasleitungen
- Gasverdichterstation
- (Not-) Fackel bzw. Nieder-/ Hochtemperaturverbrennungsanlage
- Gasnutzungsanlage z.B. BHKW
- Maßnahmen zur Behebung von Störmeldungen
- Gefährdungspotentiale Personenschutz
- Betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrorganisation

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln sind dabei so konkret wie möglich zu formulieren und explizit auf den individuellen Arbeitsbereich auszulegen. Dabei ist die Rangfolge der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen einzuhalten.

Des Weiteren können zusätzliche Maßnahmen bei der Wirkungskontrolle (z.B. Anlagenparameter) und Überwachung (z.B. Prozeßdaten) aus dem Genehmigungsbescheid oder Planfeststellungsbescheid aufgegeben sein.

Die Kombination zwischen Explosionsschutzdokument sowie Betriebsanweisung stellt mit einer Grundlage für den sicheren Betrieb einer Anlage dar, denn sie sind die entscheidende Brücke zwischen den technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen einerseits und der betrieblichen Praxis auf der anderen Seite. Nur ein über die Gefahren am Arbeitsplatz und vorhandenen Arbeitsbedingungen informierter MitarbeiterIn kann sich sicherheitsgerecht und gesundheitsbewußt verhalten.

2 Strategien für sichere Anlagen

Für alle Bauwerke (Fundamente, Gebäude / Räume, Behälter, Gasspeicher 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, Abschrankung, 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.

Jeder Gärbehälter / Fermenter sowie Nachgärer im Gassystem müssen mit jederzeit wirksamen Sicherheitseinrichtungen (Unter- / Überdrucksicherungen) versehen sein, die eine unzulässige Änderung des Innendrucks, unabhängig von der Außentemperatur und z.B. Schaumbildung im Fermenter, 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. Für eine zusätzliche Sicherheit der Fermenterabsicherung empfiehlt sich die Montage von Berstscheiben zu den Überdrucksicherungen ausgeführt als Wasserschloß.

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 gefährliche explosionsfähige Atmosphären und vermeiden die Emission des klimaschädlichen Methans.

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

Für bestimmte Arbeiten an der Anlage, z.B. Schweißen, Begehen von unterirdischen Bauwerken sollten ausschließlich „Erlaubnisscheine“ im Vorwege mit einer Einweisung der Personen erstellt werden.

Der Nachweis von durchgeführten Wartungs-, Instandsetzungs- und Prüfungsarbeiten (Sicherheitseinrichtungen, Dichtigkeitsprüfungen etc.) sollte nachprüfbar und schriftlich abgelegt werden.

Der Bau und Betrieb einer Biogasanlage kann durch verschiedenste Maßnahmen „sicher gemacht“ werden.

Die einfachsten und effektivsten Methoden (Beispiele) sind:

- a) Übergreifende Planung der BGA in Anlehnung an die HOAI – Planungsphasen
- b) Vergabe an „Fachfirmen“, die in der Lage sind: Herstellererklärungen, Konformitätserklärungen, Fachunternehmererklärungen etc. mit der Dokumentation und den Betriebsanweisungen der BGA dem Endkunden auszuhändigen
- c) Bauüberwachung mit der Koordination der Einzelgewerke
- d) ggfs. Fremdüberwachung zur Kontrolle von Ausführungen in der Montagephase, die während der Inbetriebnahme oder der Tests nicht mehr gesehen werden können
- e) Sicherheitstechnische Prüfungen der BGA mindestens durch „Befähigte Personen“ im Sinne der BetrSichV und einem ausgesuchtem Umfang der Fachgebiete von § 29a BImSchG – Sachverständige auf Basis eines sinnvollen Sicherheitskonzept
- f) eine intensive, umfassende und wiederkehrende (mindestens alle 2 Jahre) aktenkundige Betreiber - Schulung

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.

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 aus-

zugleichen, ohne daß ein Unterdruck im Behälter entsteht und unkontrolliert Luft über die Unterdrucksicherung in den Behälter gelangt. Über die Eintragssysteme 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 Biogasrückstromes) zu achten, dies könnte z.B. durch ein in der Zuluftleitung als Rückströmsicherung ein gasdichtes Rückschlagventil realisiert werden. Diese Rückströmsicherung sollte möglichs nahe am Eintrittspunkt in den jeweiligen Behältern montiert und für notwendige Wartungen (z.B. Reinigungen) leicht zugänglich sein.

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 gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann. Für ein Tragfoliendach könnte die Berechnung beispielsweise folgendermaßen aussehen:

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

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

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

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

$$\frac{Q_{\text{CH}_4/\text{h}}}{V_{\text{Luft}}} = \frac{0,010833}{100 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,010833\% \text{ CH}_4$$

Die Konzentration von CH_4 in der Luft beträgt 0,0108 Vol % (= 0,25 % UEG), d.h. der gewählte Luftwechsel reicht aus, bzw. die Methanpermeation ist gering genug, sodaß 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 % O_2 in Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt G 260 erreicht werden kann. Diese Überwachung kann z.B. mit einer sicherheitsgerichteten Rohgasanalyse auf O_2 und CH_4 erfolgen.

Im Normalbetrieb treten außerhalb der Fermenter und Nachgärer keine explosionsfähigen Atmosphären auf, weil die Fermenter und Nachgärer gasdicht sind, die Überdrucksicherung

nicht anspricht, Eintragungssysteme 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 Fermentern 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), sodaß vom Betreiber eigenverantwortlich in Abhängigkeit von austretender Methanmenge, Örtlichkeit usw. Zonen zu deklarieren sind.

Darüber hinaus sollten die „Minimalen“- und „Maximalen“- Füllstände des Substrates sicherheitstechnisch (FAIL – SAFE) mit Folgehandlungen überwacht werden. Dadurch kann sowohl ein Überfüllen (Max mit der Folgehandlung z.B. „Abschaltung“ der Zuführungsleitung / Pumpe und AOSA) wie auch Unterschreiten des Füllstandes (Min mit der Folgehandlung z.B. „Abschaltung (allpolig)“ von nicht Ex – Geschützten Rührwerken, Antrieben der Einbringtechnik und AOSA) sicher vermieden werden.

Je nach gewählter Einbringtechnik und Ausführung (z.B. gasdicht, EX etc.) muß eine sichere und überwachte Abtauchung in das Gärsubstrat erfolgen.

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
- Arbeitstäglige 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
- Füllstandsmessungen für den Gasbetrieb (gestaffelte An – und Abwahl der Gasnutzer und Anschaltung der AOSA)
- Füllstandsmessungen im Substratraum zur Abschaltung von Zuführsystemen / -pumpen, Abschaltung von Antrieben (Pumpen, Einbringtechnik etc.) und Anschaltung der AOSA
- 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 Eintragsschnecke unterschreiten, sind die betroffenen Aggregate z.B. 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 Fermenters 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 4-Kanalmessgerät einzusetzen, funktionsfähiges 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 Fermenters 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 durch regelmäßige Begehung und Messung die Gasdichtigkeit der Durchführung sichergestellt.

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 z.B. der Nutzungsanlage, Antriebe bei zu niedrigem Substratfüllstand im Fermenter.
- Abschaltung z.B. der Zuführpumpen bei zu hohem Substratstand
- 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, ist durch regelmäßige Begehung und Messung die Gasdichtigkeit der Durchführung sicher zu stellen.
- 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 bzw. dem optimalen Betrieb (Auslastung: z.B. Betrieb und Wartung) der installierten Gasnutzungen. Gasspeicher können sowohl in Fermentern und Nachgärern integriert (siehe Kapitel 2.3) als auch in Form separater Bauwerke (sog. Foliengasspeicher) ausgeführt sein.

Als separate Gasspeicher werden meist Gasspeichersäcke, die von einer Wetterschutzhülle umgeben sind oder feste Gasspeicher 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 und den „Normal“- Überdruck zu überwachen.

Gasspeicher müssen den Erfordernissen entsprechend gasdicht, druckfest, medien-, UV-, temperatur- und witterungsbeständig sein. Die Sonneneinstrahlung auf die Folien ist in der Betriebsweise (hier Füllstand) des Gasspeichers mit dem Gassystem durch den Betreiber zu berücksichtigen und ggfs. in Betriebsanweisungen zu dokumentieren.

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 °C bis + 50 °C in Abhängigkeit des Aufstellortes und der Betriebsweise

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. Somit herrscht im Normalbetrieb ein betriebsabhängiger Gas - Überdruck im Gasspeicher vor: $p_G > 0 \text{ mbar}_ü$

Im Normalbetrieb treten außerhalb der Gasspeicher keine explosionsfähigen Atmosphären auf, weil der Gasspeicher gasdicht ist, die Überdruck- bzw. Füllstandssicherung 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
- Überwachung des betriebsabhängigen Gas – Überdrucks mit einem Minimumgasdruckwächter PZA . $< p_G$

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 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. GUV-R 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 und elektrische Installationen allpolig abzuschalten.
- Nach Wiederanfahren 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 (Luft)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.

Bei Störungen des Normalbetriebes durch Gaseintritt wird der betriebsabhängige Gas - Überdruck im Gasspeicher unterschritten: $p_G < 0 \text{ mbar}_ü$.

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) anzulegen
- Es ist eine ausreichende Lüftung aller Räume mit Gasspeichern sicherzustellen
- Überwachung des betriebsabhängigen Gas – Überdrucks mit einem Minimumgasdruckwächter PZA $> p_G$ und den möglichen Folgehandlungen: Optische und akustische Warnung und z.B. Allpolige Abschaltung aller nicht „Ex“ – geschützten Betriebsmittel.

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 2.3 ff.

2.5.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb ist in und um offene Gärrestelager keine gefährliche 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 z.B. CO_2 , H_2S im Gärrestelager ansammeln kann und Erstickungs- bzw. Vergiftungsgefahr 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 gefährliche 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 CO_2 im Gärrestelager ansammeln kann und Erstickungsgefahr 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 herauszunehmen und außerhalb zu warten.
- Ist eine Wartung innerhalb des Gärrestelagers notwendig, ist dieses vor der Wartung möglichst zu entleeren und ein 4-Kanalmessgerät (CH₄, O₂, H₂S und CO₂) zum Personenschutz sowie 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 gefährliche 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 Erstickungsgefahr 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

Zur „Verhinderung von und Schutz gegen Explosionen“ gem. EU 99/92 und der BetrSichV muß der Arbeitgeber die „Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphären“ umsetzen. Für den Arbeitsschutz (Austritt von Schadgasen) kann analog verfahren werden.

Dies muß sowohl innerhalb wie auch außerhalb der Gasrohrleitungen durchgeführt werden.

a) innerhalb:

Realisierung eines Gleichgewichtes zwischen der Gasentnahme und Gasproduktion mit dem Ziel, daß kein Sauerstoff in das Rohrleitungssystem eindringen kann.

b) außerhalb:

Gasdichte Ausführung aller gasführenden Rohre und Bauteile mit Festlegung von wiederkehrenden Prüfungen in Abhängigkeit der Betriebszustände (z.B. Start / Stop) der Anlage.

Das Innere von Gasleitungen / Gastransportleitungen muß nur dann einer Zone zugeordnet werden, wenn nicht vermieden ist, daß zündfähige oder brennbare Gasgemische im Normalbetrieb auftreten können, z.B. durch sicherheitsgerichtete Überwachung der Gasqualität auf O₂ oder CH₄.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Redundante Minimumdrucküberwachung (PZA.) am Eintritt der Gasverdichterstation (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 Mindestmethange-

haltes und / oder kontinuierlich messenden Rohgasüberwachung auf CH₄ und / oder O₂ u.a. mit der Folgehandlung „Schließen“ der Gasversorgung außerhalb der Gebäude der Gasnutzung(en).

- 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 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 und der Betriebsdruck ist dem Normaldruck anzupassen.
- 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 Wiederanfahren 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 Abweichungen vom Normalbetrieb (Störungen) 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 Siphons oder Kondensatabscheidern, eintreten oder durch die Unterdrucksicherung. Ferner besteht die Möglichkeit, daß bei undichten Gasrohrleitungen Gas austritt. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist gering, wenn Gasdichtigkeitsprüfungen in Abhängigkeit des Betriebes durchgeführt werden und die Gasentnahme der Gasproduktion angeglichen wird. 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) auszulegen
- 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 ggfs. 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 gefährliche 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 bzw. Gebäude befinden. Dieser Bereich ist dann in Abhängigkeit der maximalen Gasfördermenge als EX – Zone im Normalbe-

trieb zu kennzeichnen.



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 und Zündquellen vorhanden sind.
- Alle sicherheitstechnischen relevanten Alarme, Verriegelungen und Verschaltungen sollten fehlersicher (FAIL - SAFE) ausgeführt sein.
- Betriebsmäßiges Abschalten aller verbrennungstechnisch geführten Gasverbraucher weit oberhalb der OEG
- Gasdichte Biogasverdichter, Armaturen und Rohre sowie deren Verbindungen
- Redundante Minimumdrucküberwachung am Eintritt der GVS mit Notabschaltung (FAIL-SAFE)
- Ex-geschützte Raumlufüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluf 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 (Volllast) des Abluft- (möglicherweise in Ex - geschützter Bauweise) 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 eingesetzten 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 Raumlufüberwachung nicht in Betrieb ist, ist vor Öffnen der Eingangstüren die Atmosphäre durch die Lüftungsöffnungen mittels mobilem Ex-geschützten Meßgerät auf Ex-Gefahr (CH_4 und O_2) sowie Erstickungsgefahr (CO_2) und Vergiftungsgefahr (H_2S) 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 Absperrrichtungen 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 die 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 (Volllast) 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 / Gaskühlung

Kondensatschächte sollten außerhalb von Gebäuden errichtet werden, da bei Fehlfunktionen und Notabschaltungen von Gasnutzungen je nach der Bauweise (Höhe) des Wasserschlosses z.B. Siphon oder Abtauchung Biogas austreten könnte. Für den Normalbetrieb sollten die verbauten Wasserschlosser den möglichen Biogasaustritt in Abhängigkeit der Betriebsdrücke des Gassystems mit ausreichender Sicherheit vermeiden.

Die Kondensatabscheidung erfolgt an dem Tiefpunkt des Gasrohrleitungssystems der BGA. Das anfallende Kondensat wird im Kondensatabscheiderschacht (KAS) gesammelt und über Pumpen der Verwertung oder Beseitigung zugeführt. Die Pumpen und Füllstandsmeßgeräte 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 müssen 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 gefährliche explosionsfähige Atmosphäre einstellen. Eine Zündquelle in Form von statischen Auf- und Entladungen oder Wärme ist im Normalbetrieb nicht vorhanden. Ggf. zu installierende Elektro-Bauteile müssen die entsprechende Kategorie für die Zone nach Bauart des Kondensatschachtes berücksichtigen.

Wasservorlagen / Siphons mit Sperrflüssigkeit sind so auszuführen, daß sie beim Ansprechen 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.

Dabei ist zu beachten, daß bei Störabschaltungen von mehreren parallelen Gasnutzern sich oft ein wesentlich höherer anlagenspezifischer „Spitzenabschaltdruck“ einstellt, als z.B. pauschal x-facher Betriebsdruck.

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 oder Störabschaltungen der Gasnutzer Methan bzw. Biogas austreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist selten bzw. gering. 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
- Überprüfung der Wasservorlage / Funktion Siphon nach jeder Störabschaltung der / des Gasnutzers

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 am Beispiel Wäscher betrachtet, die Entschwefelung mittels Sauerstoffeindüsung im Fermenter wird in Kapitel 2.3 betrachtet. Aktivkohle und weitere Verfahren müssen anlagenspezifisch betrachtet werden.

Die Entschwefelung funktioniert nach dem Prinzip der biologischen Rieselbettoxidation. 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 gefährliche 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 gefährliche 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
- Absperrungen 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-Kanalmeßgerät) 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 sind in diesem Technikraum idR vorhanden. 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 Raumluftüberwachung 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. Kohlendioxidabreicherung dient der Brennwerthöhung des Biogases. Eine solche Behandlung ist bspw. zur Einspeisung von Biogas in Ergasnetze notwendig. Ab dem Flansch auf der Druckseite der Gasaufbereitung (mit der Gasfließrichtung gesehen) greift spätestens das Energiewirtschaftsgesetz für (Erd-)Gasleitungssysteme.

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

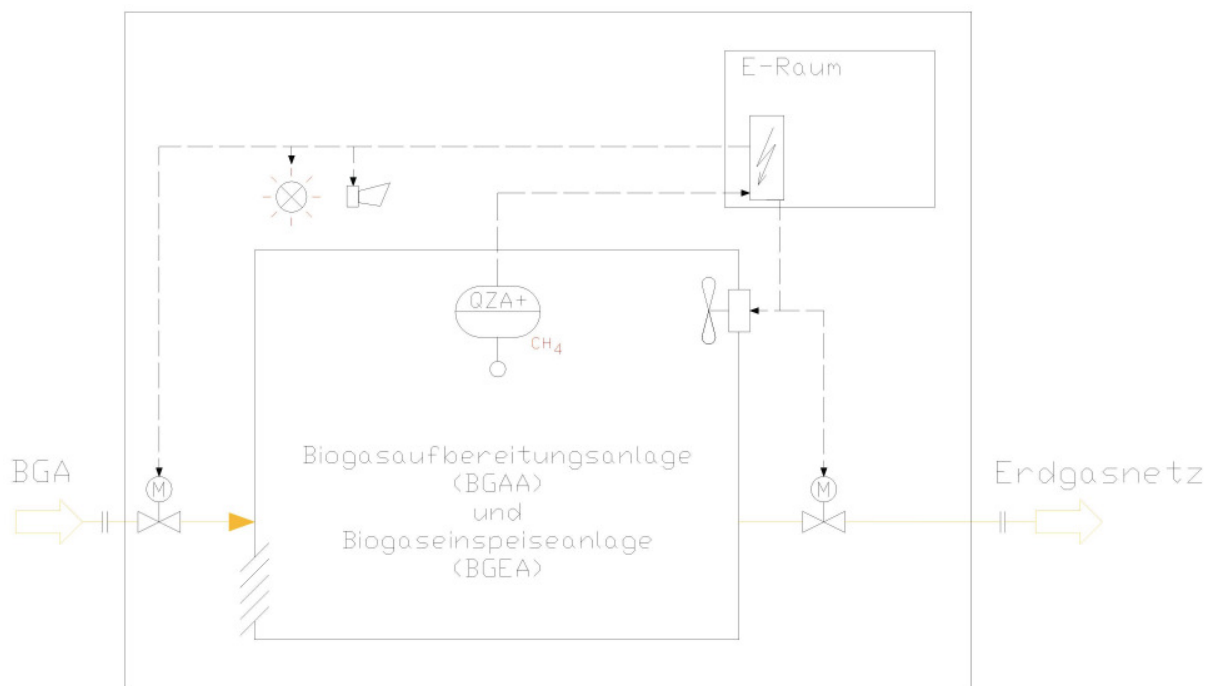


Abbildung 1: Schematische Darstellung der sicherheitstechnischen Verschaltung einer Biogasaufbereitungs- und -einspeisanlage.

2.8.3.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Die Anlage wird vorher automatisch abgestellt. Das Innere der Gasleitungen und des Maschinenraumes 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 eingangsseitige 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 Rohrleitungssystems, 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 elektrischen 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 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 Wiederanfahen sind die regelmäßigen Begehungen und Optimierungen durch das Betriebspersonal zu intensivieren. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokolliert.

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 an 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 Maximumdrucküberwachung des Gasstromes
- Bei sicherheitstechnischen Alarmauslösungen schließen die Schnellschlußarmaturen die Gaszufuhr außerhalb des Maschinenraums (in beiden Richtungen!) zur Verhinderung von nachströmendem Biogas

2.9 Blockheizkraftwerk (Gasmotore und Zündstrahlmotore)

In Blockheizkraftwerken (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.

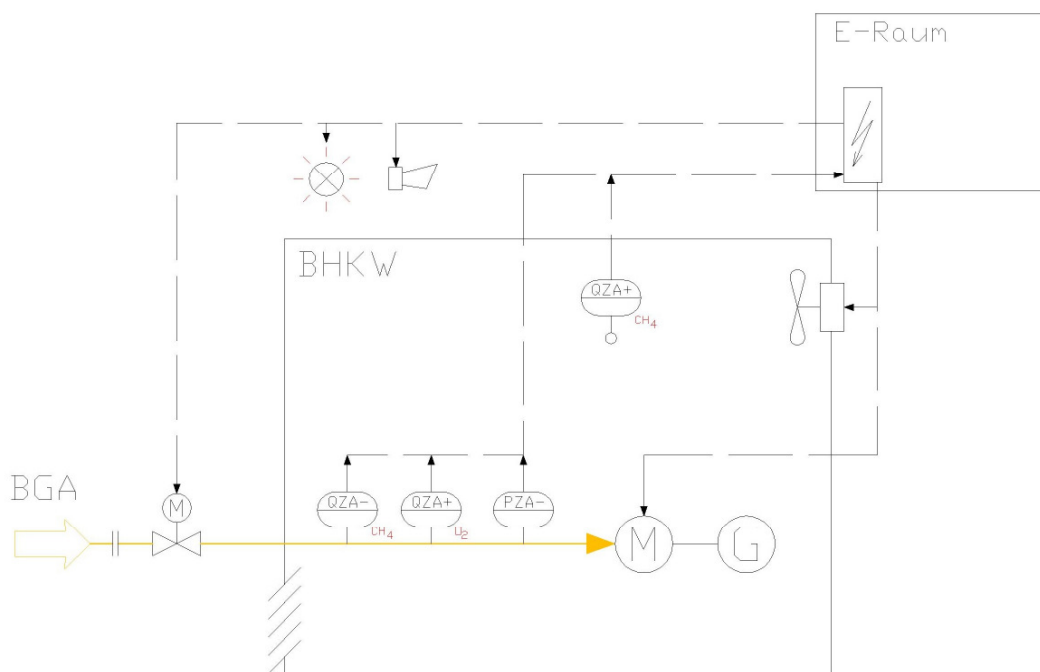


Abbildung 2: Schematische Darstellung der sicherheitstechnischen Verschaltung eines BHKW.

2.9.1 Normalbetrieb

Bei Gas-Ottomotoren kann idR bei Standardmodulen im Normalbetrieb keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen, die Anlage wird vorher automatisch abgestellt. Das Innere der Gasleitungen und des Maschinenraums sind daher keiner Zone zugeordnet.

Achtung: Zündstrahlmotoren können im Gasbetrieb durch die spätere Zumischung von Zündöl in der Gasstraße mit Ex – Gemischen betrieben werden.

Wenn Motoren im Normalbetrieb mit explosiven oder brennbaren Gasgemischen betrieben werden sollen oder dies nicht auszuschließen ist, sind angepaßte sicherheitstechnische Vorkehrungen in Abhängigkeit dieses Betriebes zu treffen.

Das Innere von Gasleitungen zum Motor muß nur dann einer Zone zugeordnet werden, wenn nicht vermieden ist, daß zündfähige oder brennbare Gasgemische im Normalbetrieb auftreten können, z.B. durch sicherheitsgerichtete Überwachung der Gasqualität auf O₂ oder CH₄.

Zonen sind vom Betreiber oder befähigten Personen eigenverantwortlich festzulegen.

Mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen:

- Gemischregelung und CH₄-Überwachung in der BHW-Schaltanlage. Zusätzlich führt eine Unterschreitung des Heizwertes (sinkende Gasqualität) zu einer Leistungsabsenkung der Motorgeneratoreinheit. 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 %.
- Motoren, bei denen der Betrieb mit zündfähigen Gasgemisch nicht ausgeschlossen werden kann: Installation von Flammendurchschlagsicherungen / Flammensperren od. glw. in der Gasstraße und / oder sicherheitstechnische Überwachung des Rohgases auf CH₄ und / oder O₂ z.B. mittels kontinuierlichem Rohgasanalytensystem
- 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. Zudem wird der Gasstraße nur „fettes“ Biogas zugeleitet.
- Jährliche Dichtheitsprüfung der gasführenden Anlagenteile, z.B. nach DVGW G 469 A4
- Minimumgasdrucküberwachung (PZA.) 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 möglichst außerhalb des Gebäudes.
- Ex-geschützte Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft 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, daß sich Restgase im Abgassystem befinden oder z.B. „Spülen“ des Abgastrakts mit einem Fremdluftgebläse.
- Jährliche Dichtheitsprüfungen (Druckprüfungen) sowie nach jeder Wartungstätigkeit des Rohrleitungssystem, z.B. nach DVGW G 469 A4.

2.9.2 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 Belüftungsgerätes / BHKW – Zulüftung oder Umgebungsluft (natürliche Lüftung) zu sorgen und ein Ex-Warngerät (4 Kanalmeßgerät) 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 Wiederanfahen sind die regelmäßigen Begehungen durchzuführen. Die Ergebnisse sind im Betriebstagebuch zu protokollieren.

2.9.3 Störung

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 (PZA.) 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 oder .
- 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, sodaß 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 Raumluftüberwachung
- 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 Raumluftüberwachung: Permanente sicherheitstechnische Überwachung der Methankonzentration in der Raumluft 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.
- 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.

Für manuell betriebene Notfackel (z.B. bei netzunabhängiger Betrieb unter ständiger personeller Überwachung) sind in Abhängigkeit des Standortes, Betrieb (hier insb. Feuerungsleistung) etc. individuelle Schutzmaßnahmen zu realisieren.

2.10.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb kann keine gefährliche 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.
- Zünd – und Flammenüberwachung mittels zugelassenem Gasfeuerungsautomaten z.B. nach EN 746 oder EN 676.
- 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 Schnellschlußarmatur in der jeweiligen Gasstraße führt.
- Minimumgasdrucküberwachung (PZA.) in der Rohrleitung mit sicherheitstechnischer Verschaltung (Gasaustrittsgeschwindigkeit > Flammenrückzündungsgeschwindigkeit) und / oder Installation einer Flammendurchschlagsicherung od. glw., wenn es keine Sauerstoffüberwachung im Rohgas gibt.
- 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.

- Max. Anfahrstoffmenge nach EN 746-2 d.h. $< 350 \text{ kW}_{\text{th}}$

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 Gasgemisch 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 Schnellschlußschieber (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. „kaltem 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 Schnellschlußarmatur verhindert in Verbindung mit der Flammenüberwachung ein Ausströmen von unverbranntem Gas
- Minimumdrucküberwachung (PZA) des Gasstromes in der Gasstraße
- Anfahren / Start nur bei einer Brennkammerinnentemperatur von $< 200 \text{ °C}$ 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 (burner control unit) / 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
		Hersteller Dokumentation „wie gebaut“ der BGA u.a. mit: R&I - Verfahrensfleißbild, Stückliste, Aufstellplan und Wartungsanweisungen / Inbetriebnahmeprotokolle von Bauteilen und Baugruppen, Konformitätserklärungen bzw.		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: Sich-Tech Betreuung befähigte Person Fortbildungen	Fixierung und Vollzug von wiederkehrenden Prüfungen nach Genehmigungsbescheid und / oder BetrSichV	TRBS 1203 / TI 4	Schulung der Beschäftigten	Betreiber
		Hinweise / Warnung vor der Gefährdung durch die toxischen Eigenschaften der		BetrSichV / GefahrV / ArbSchutzG / RVO - Sozialgesetzbuch	CH4, O2, H2S, CO2	Betreiber und teilw. GU

		Biogase				
		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 // 11. GPGSV		
				TRBSen		
		Explosionschutzdokument mit Risiko- & Gefahrenanalyse		BetrSichV, TRBS 2152		Arbeitgeber
Brand-schutz		grundsätzlich		DIN 4101 Teil 1		
		Brandschutzordnung / Brandschutzplan		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		
Elektrotechnik: Kabel, Leitungen und Betriebsmittel	Gesamtanlage	Potentialausgleich, Erdung, Äußerer Blitzschutz	BGV A3 (VBG 4)	EN 62305 / DIN VDE 0185-305-2		
				DIN VDE 0100 Elektroausführungen / Installationen		Hersteller / GU
				DIN VDE 0165 Elektrischer Ex-Schutz (Ausführung)		Hersteller / GU
				EN 60079 Elektroanlagen in ex Bereichen		Hersteller / 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, Flammenrückschlag-sicherung, Verdichter, Pumpen, Gaswarnanlage, Brandmelder	Hersteller und GU

		Dokumentation von Zukaufteilen und der Gesamtanlage incl. z.B. sicherheitstechnischer Wechselwirkungen, Gefährdungsbeurteilungen			Berechnung der Über-Unterdrucksicherung und zeichnerische Darstellung, Nachweis zur Füllstandüberwachung für Fermenter, Lagerbehälter, Gasppeicher 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, Kondensatschicht mit Darstellung der Tauchtiefen der Gasaustrittsleitungen in der Vorlageflüssigkeit		
Komponenten							
		Statiken / Betongüten (Zementsorte)		Nachweise z.B. DIN 1045		Hersteller	
Behälter und Lager		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		Nachweis techn.		Hersteller	

		(ET, Seile, etc.)		Dichtigkeit		ler	
		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),		Hersteller / GU	

				Kompensatoren (?),			
		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
				+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 CO2, CH4, H2S, ..		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
				BetrSichV		
GVS / BHKW / Rogasanalyzesysteme in Gehäusen	Gas / Lüftung		MIN - / MAX - Druckschalter mit Angabe der Folgehandlungen			
			Raumlüftungüberwachung(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	
Behälter, Rohre etc.	Korrosionsschutz mit Hersteller-nachweise		Abhängig vom Medieninhalt z.B. Substrat, Biogas, Öle, Heizwasser		Hersteller / GU	
Gaseinspeisung				DVGW VP 265-1		
Sonstiges oder wat noch						
		Festigkeit Schraubverbindungen		DIN EN 78		Hersteller
		Angabe: Hauptgasschieber / Klappen		u.a. im Havariefall für zust. Feuerwehr / Rettungskräfte etc.		Betreiber
		Angabe zentraler NOT - AUS (Ausf. FAIL - SAFE) - > Anlage fährt in einen sicheren Zustand und verbleibt in diesem		u.a. im Havariefall für zust. Feuerwehr / Rettungskräfte etc.		GU / Betreiber

		Datenblatt mit allen sicherheitstechnischen Grenzwerten und Folgeschaltungen				GU
		Datenaufzeichnung PLT und USV		Auslegung und Intervalle der Datensicherung		GU
		Schaltanlagenraum		Wärmeabführung / Klima für Betriebsmittel (Feuchte, Temperatur)		
		Absicherung aller Entnahmeleitungen (Gas, Substrat, Öl etc.)				

Inbetriebnahme:

Funktionsprüfungen durch den Hersteller / Inbetriebnehmer mit allen Tests und Angabe von Grenzwerten für die „Sicherheitstechnischen Verschaltungen“.

Erstellung und Zeichnung von Einweisungsprotokollen über den bestimmungsgemäßen (ordnungsgemäßen) und sicheren Betrieb der Anlage.

Fixierung und Dokumentation der Leistungsfahrt mit vertraglich geregelten Leistungsnachweisen unter der Berücksichtigung der fixierten Bewertungskenngrößen (z.B. Wirkungsgrade unter der Berücksichtigung der lokalen Bedingungen).