

Zusammenführung von Biogas aus den MBAs mit Deponie- gas sowie Technik und Sicherheitsaspekte an den Beispielen Pohlsche Heide (Heisterholz), Lübeck (Niemark) und Göttingen (Süd-niedersachsen)

Wolfgang H. Stachowitz & Sebastian Meier

DAS-IB GmbH, Kiel

Mixing of Biogas with Landfill Gas – MBT Plant and Landfill Gas Extraction systems – Technical and Safety aspects

Abstract english

With the mixing of biogas and landfill gas (LFG) you always find problems in the fields of technical dimensions and the „tuning“ of the plants or / and different companies. This presentation shows you some problems and the solutions too.

Furthermore most of the involved companies didn't use the new opportunities of the EU directive 99/92 with the "new" definition of "normal operation" in zoning of the plants. You are allowed to make different definitions of the operation of your plant: e.g. normal operation, O&M – work, failures / mal functions, start and stop, etc. That gives you the opportunity of a different safety standard in these different fields.

Abstrakt deutsch

Bei der Zusammenschaltung von Deponiegas- und Biogasanlagen kommt es immer wieder zu Schwierigkeiten in den technischen Auslegungen und Abstimmungen, da es unterschiedliche Heizwerte („Methangehalte“) in diesen Anlagen gibt. Einige dieser Schwierigkeiten und deren Lösungen werden im Folgenden vorgestellt.

Ferner berücksichtigen die sicherheitstechnischen Auslegungen oft nicht die Möglichkeiten der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV, 2002) mit den notwendigen Gefahren- und Risikoanalysen sowie den „neuen“ Definitionen insbesondere für die Zone 2 und Zone 1 und die damit verbundenen Möglichkeiten für ein unterschiedliches „Sicherheitssystem“ im Normalbetrieb, bei Wartungen, Störungen und ggfs. An- und Abfahrvorgängen.

Keywords

Biogas, LFG, Deponiegas, Sicherheitstechnik, EX – Zonen, BetrSichV, Explosionschutzdokument, Heizwert, Explosion Protection Document, Risk assessment document, Calorific value, Normalbetrieb, zoning, normal operation, EU 99/92

1 Allgemeines

Deponiestandorte eignen sich meist hervorragend für den Bau von Vergärungsanlagen, Biogasanlagen (BGAs) oder mechanisch biologischen Restabfallbehandlungsanlagen (MBAs). Neben der zumeist außerhalb von urbanem Gebiet liegenden Deponien hat der Standort den Vorteil, dass bestimmte eingesetzte Technik bereits vorhanden ist und von Deponie- sowie MBA-Betreibern gleichermaßen genutzt werden können, z.B. die Verstromungsmodule (oft BHKWs) oder die sog. „Fackeln“ (i.d.R. HTVs). Durch Zumischung des Biogases zum Deponiegas kann eine Entsorgung des Deponiegases auch unterhalb ihrer eigentlichen wirtschaftlichen und technischen Nutzung (Stichwort: Heizwert) erfolgen. Natürlich bedingt eine Kombination aus der Nutzung des Deponiegases mit Biogas einen höheren technischen Aufwand und es müssen entsprechende Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden. In Tabelle 1 sind drei MBAs kurz vorgestellt, die auf dem Standort einer Deponie gebaut wurden.

Tabelle 1: Kurzportrait der MBAs Niemark, Pohlsche Heide, Südniedersachsen
Overview of the MBTs Niemark, Pohlsche Heide, Südniedersachsen

MBA Name	MBA Deponie Lübeck – Niemark	MBA Pohlsche Heide	MBA Göttingen - Südniedersachsen
Betreiber	EBL	GVoA	as-nds
Generalunternehmen	HAASE Anlagenbau AG	ARGE Hortsmann, Fechtelkord & Eggersmann, Temme, Bad Oeynhausen	u.a. AMB für Verfahrenstechnik; diverse andere GU
Anlagengröße / Durchsatz	146.000 t/a	80.000 Mg/a Input	133.000 t/a
Verfahren (Trocken-/ Nassfermentation)	Nass	Trocken	Nass
Baubeginn / IBN	2004/2005	2004/2005	1.09.2005
Reaktorvolumen	13.600 m ³	2.400 m ³	3x4.500 m ³
Gasertrag	ca. 9.000.000 m ³ /a	840.000 m ³ /a	n.g.
Besonderheit	aerobe Nachbehandlung, nass	n.g.	n.g.

n.g. - nicht genannt

2 „Probleme“ und Sicherheitsaspekte

2.1 „Problem“ Störabschaltung HTV bei der MBA Pohlsche Heide

Die MBA Pohlsche Heide versorgt auf der Deponie Pohlsche Heide anlagenintern Gasnutzer wie BHKW, RTO und einen Dampfkessel. Das zeitweise überschüssige Gas wird hierbei über eine bestehende Deponiegas - HTV thermisch, welche auch überschüssiges oder „Schlecht“-Deponiegas entsorgt, verbrannt. Für den Fall, dass die Gasabnehmer der MBA das anfallende Biogas nicht „verwerten“ können und der Füllstand im Gasbehälter über „MAX“ ansteigt, wird ermöglicht, dass das überschüssige Biogas der Deponiegas – HTV über eine ca. 200 m Gastransportleitung zugeführt wird.

Die HTV dient im Biogasbetrieb deshalb als „Steuerglied“, die durch den Füllstand im Gasspeicher „AN“ oder „AB“ gewählt wird. Da die HTV eigentlich für die Betriebsart Dauerbetrieb konstruiert ist, muss hierbei jedoch beachtet werden, dass die HTV nicht derart kurz genutzt wird, dass ein zu starker Intervallbetrieb vorherrscht. Dies würde ansonsten zu Schäden am mechanischen Aufbau (z.B. Brennersystem), der Zündanlage sowie an der Brennraumisolierung der HTV (durch ständig starke Temperaturschwankungen) führen (siehe Abbildung 1 und 2).



Abbildung 1: Beispiel Brenner mit beschädigten Brennerdüsen (1) [Foto: Stachowitz, 2005]



Abbildung 2: Beispiel Brenner mit beschädigten Brennerdüsen (2) [Foto: Stachowitz; 2005]

In der Vergangenheit traten bei der gemeinsamen Nutzung der HTV unregelmäßige Störungen auf, die nicht durch die vorgenannten Probleme verursacht wurden. Diese Probleme lagen im Betrieb und der Steuerung der HTV begründet. So wurde die HTV nicht durch ein Signal direkt ausgeschaltet sondern indirekt über ein Relais, das einen Schieber in der Gasstraße zur HTV schließt. Folglich wird aufgrund der Minimum Gasdrucküberwachung (Überwachung: Gasaustrittsgeschwindigkeit >> als die Flammrückzündgeschwindigkeit) dadurch die Gasversorgung langsam zur Gasstraße der HTV unterbrochen. Aufgrund der Selbstüberwachung der HTV wird somit ein Gasmangel registriert, was zu einer sicherheitsrelevanten Abschaltung der HTV führte. Die HTV ging auf Störung, die dann nur über die Schaltanlage am Schaltschrank der GVS / HTV-Einheit quittiert werden konnte (Abstand ca. 600 m zur Leitwarte MBA). Ein zweites Problem ergab sich hinsichtlich der Nachlaufzeit (Spülen des Brennraumes), da die HTV nicht unmittelbar abschaltet. Dieser Nachlauf wird direkt an der HTV durch eine interne SPS-Steuerung geregelt. Dies wurde seitens der MBA bei der „Abwahl / AUS“ der HTV nicht berücksichtigt. Durch die Überlappung beider Aktionen führte es gelegentlich zur Störabschaltung der HTV. Ein weiterer Grund einer unregelmäßigen Störung lag in der Visualisierung des Betriebes der HTV bei der MBA, da anstelle des eigentlichen Signals der HTV („Betrieb“) das eigene Signal („Anwahl“) gewählt wurde, was dann wiederum zu der bereits oben genannten Störabschaltung der HTV führte. Zusammenfassend lässt sich somit feststellen, dass bei den notwendigen Planungen zum Betrieb einer bestehenden Deponiegas – HTV alle beteiligten Firmen zur Vorabstimmung und Inbetriebnahme „anwesend“ sein müssen.

2.2 Lösungen mit der technischen Auslegung „Feuerungsleistung“ der HTV auf der MBA Südniedersachsen

In der MBA Südniedersachsen wird seit dem 1.9.2005 133.000 t/a Restabfall mechanisch biologisch behandelt. Das anfallende Biogas wird dabei u.a. in zwei BHKWs, einer RTO, einem Trockner und einem Heizkessel verwertet. Erfolgt bei den o.g. Nutzungsmöglichkeiten eine Wartung oder Störung, muss das anfallende Biogas schadlos kontinuierlich entsorgt werden. Hierfür wurde von der Deponie Waldshut-Tiengen die nicht mehr benötigte HTV demontiert und auf dem Gelände der MBA wieder errichtet.

Die HTV musste nun für den Betrieb, anstelle des Deponiegases für das MBA – Gas, ausgelegt werden. Ziel war es dabei, bei einem bestimmten Füllstand im Gasspeicher, das überschüssige Gas so schnell wie möglich thermisch über die HTV zu entsorgen bzw. zu verbrennen, bis der Speicher einen Min-Füllstand aufweist.

Die schadlose Verbrennung des Biogases in der HTV ist hierbei hauptsächlich von den Faktoren: Feuerungsleistung der HTV und somit vom Methangehalt und Volumenstrom des Biogases abhängig. Ferner spielt der Gasvordruck die wesentliche Rolle für den Volumenstrom in die HTV. Übliche Betriebsbereiche von Deponiegas–HTV liegen zwischen 4 mbar_ü und 99 mbar_ü, was z.B. in diesem Fall einen Regelbereich von 200 bis 1.000 m³/h oder bei 50 Vol % CH₄ ca. 1.000 bis 5.000 kW entspricht (vgl. Gleichungen).

$$H_u = E_{CH_4} * k_{CH_4} \quad \text{(Gleichung 1)}$$

$$H_u = 35,9 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ kWh} * k_{CH_4} \quad \text{(Gleichung 2)}$$

$$P_f = H_u * Q \quad \text{(Gleichung 3)}$$

E_{CH_4} – Energiegehalt an Methan

P_f – Feuerungsleistung [kW/h]

H_u – unterer Heizwert [kW/Nm³]

Q – Durchfluss an Biogas [m³/h]

k_{CH_4} – Volumenprozent an Methan

Die erste zulösende „Schwierigkeit“ war somit die Ermittlung des maximalen Durchflusses zur HTV unter Berücksichtigung eines Biogas - Methangehaltes von ca. 60 bis 65 Vol. % CH₄ statt des Deponiegas – Methangehaltes von 50 Vol % CH₄. Gemäß der in Abbildung 3 vorliegenden vereinfachten Formel ergibt sich somit eine maximale Biogasmenge von ca. 770 – 833 m³/h statt ca. 1.000 m³/h für den Deponiegasbetrieb.

Die zweite zulösende „Schwierigkeit“ ist der konstante Enddruck der MBA zwischen ca. 85 – 100 mbar_ü statischer wie auch „fließender“ Druck. Denn mit Zunahme des Betriebsdruckes nimmt der Volumenstrom an Gas zur HTV zu (vgl. Abbildung 3).

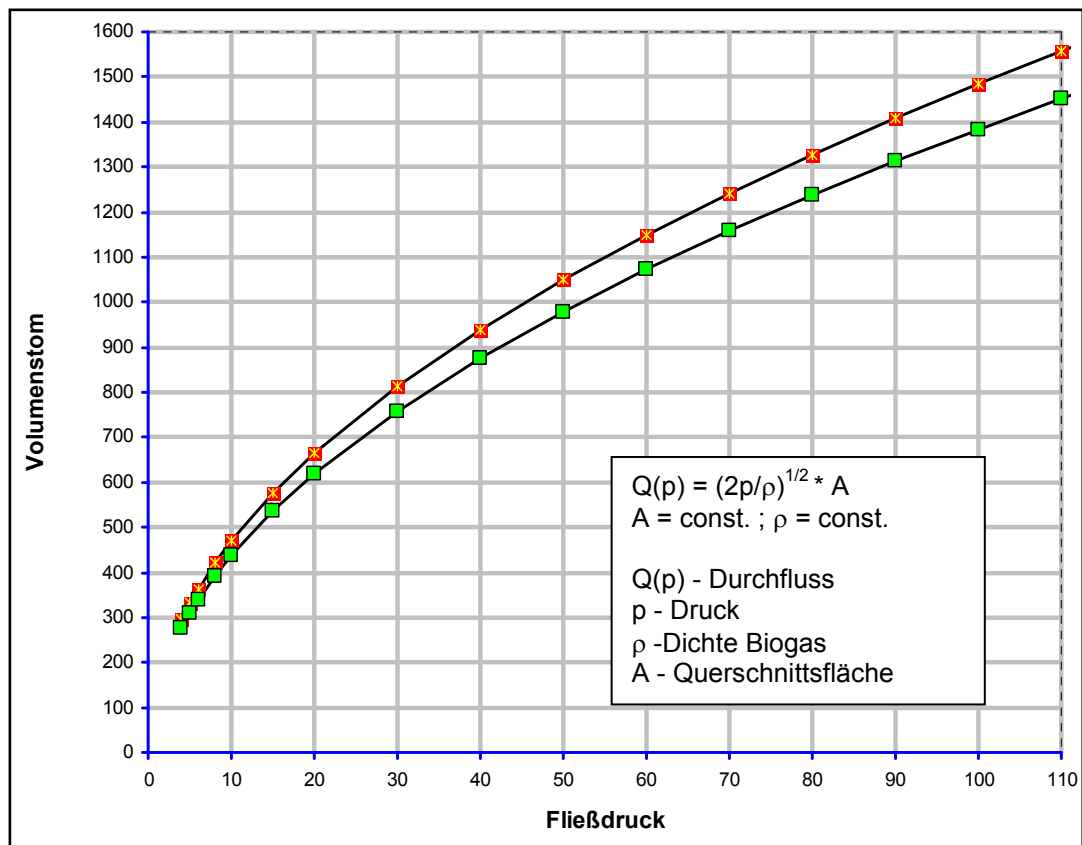


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Zusammenhanges Düsenvordruck und Durchfluss einer HTV

Je höher jedoch der Durchfluss, desto höher ist die Feuerungsleistung (vgl. Gleichung 3), was ebenfalls für die Startsequenz zutrifft. Das bedeutet, dass in der Gasstraße zur HTV zusätzlich ein Druckreduzierventil eingebaut werden muss. Somit können unterschiedliche Gasmengen in der Startphase (i.d.R. ca. 10 – 60 s) und in der Betriebsphase (hier: möglichst Vollast) in der HTV oxidiert werden. Der Methangehalt und der Vordruck sind somit entscheidend für die Auslegung der HTV.

Die dritte zulösende „Schwierigkeit“ bei der MBA Südniedersachsen war für die Startprozedur der ehemaligen Deponiegas - HTV die Stellung der Zuluftklappen in der Startsequenz (Luftüberschuss). Aufgrund des langsam arbeitenden Temperaturreglers, jedoch der Notwendigkeit, „schnell“ auf die maximale Feuerungsleistung zu kommen, werden die Zuluftklappen in der Startsequenz voll „AUF“ gefahren. Somit ist der Betrieb sicher auf dem überstöchiometrischen Ast. Zeitverzögert erfolgt dann die Freigabe der Temperaturregelung.

Bei Auslösung MIN, was bedeutet, dass der Gasspeicher bis zu einem gewissen Grad „leergefahren“ ist, geht die HTV aus und fährt wieder in ihre Startposition zurück. Danach startet bei ggfs. neuem Max-Grenzwert die Prozedur von Neuem.

2.3 Sicherheitsaspekte auf der MBA Deponie Niemark

Vor der Inbetriebnahme (IBN) einer jeden MBA, BGA etc. erfolgt eine sicherheitstechnische Abnahme. Dies muss von einer „Befähigten Person“ im Sinne der BetrSichV erfolgen oder bei Anlagen über ein Megawatt Feuerungsleistung bzw. Feuerungswärmeleistung gem. 4.BImSchV von einem sog. Sachverständigen gem. § 29a BImSchG. Dabei ist es nicht zwingend, diese von einer Institution machen zu lassen. Diese Sachverständigen nach § 29a sind personenbezogen und in den verschiedenen Bundesländern für unterschiedliche genehmigungsbedürftige Anlagen nach der 4.BImSchV z.B. Anlagen nach 1.2, 1.4, 8.1, 8.6 etc. „bekanntgegeben“. Ferner umfasst diese „Bekanntgabe“ lt. „Ziffern Nr. 3.1 c der „Richtlinie für die Bekanntgabe von Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 des BImSchG“ des Länderausschuß für Immissionsschutz (LAI)“ verschiedene Fachgebiete z.B.: „... 2.Errichtung von Anlagen, ... , 3.Verfahrenstechnische Prozeßführung und Auslegung, ... , 7./8.Versorgung mit Energien und Medien, 9.Elektrotechnik, 11.Gefahrenanalyse, 16.Explosionsschutz, 17.Sicherheitsmanagement ...“ etc.

Die Verantwortung über die Auswahl des Sachverständigen übernimmt i.d.R. der Eigentümer der zukünftigen Anlage oder der Anlagenbauer. Dieser berücksichtigt somit hoffentlich die notwendige Qualifikation des Sachverständigen, denn der Begriff „Sachverständiger“ ist in Deutschland nicht geschützt, mit Ausnahme von „Öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen“.

Ferner muss gem. BetrSichV § 6 (3) ein "Explosionsschutzdokument vor Aufnahme der Arbeit erstellt werden“. Im Rahmen dieses Explosionsschutzdokumentes sollten die Hauptkomponente wie Fermenter / Vergärer / Reaktor und Gasverwertungsanlage / Gassystem sowie die wesentlichen Nebenanlagen ausführlich mit ihren notwendigen Sicherheitseinrichtungen für den An-, Abfahr- und Normalbetrieb, die erforderlichen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sowie bei Störungen betrachtet und festgelegt werden, da dies integraler Bestandteil einer sicherheitstechnischen Abnahme und des Anlagenschutzes ist. Hierbei muss nicht, wie „früher“, die komplette Sicherheitstechnik für einen möglichen Havariefall oder die Wartung schon für den Normalbetrieb installiert werden.

Für ein MBA-Sachverständigengutachten (§ 29a BImSchG – Gutachten) werden allgemein Kosten in Höhe zwischen 6.000 Euro und 40.000 Euro netto am Markt angegeben. Dabei bestimmen der Umfang der Prüfungen und die Leistungen die Kosten. Aber was brauche ich als Betreiber? So ist eine Röntgenprüfung der Substratleitungen (nach WHG) in Frage zu stellen, da bereits vom Hersteller nach DIN DVGW eine Prüfung erfolgen sollte (Schweißzeugnisse, SFI und Herstellerzeugnisse). Erhalte ich als Betreiber mehr Sicherheit wenn diverse Schweißnähte von einem Sachverständigen geröntgt werden oder wenn ich die entsprechenden Herstellerzeugnisse bekomme? Wer haftet wofür, sollte doch die Frage lauten, oder? Und wenn nach WHG eine Röntgenprüfung

erfolgt, müssten dann nicht ebenfalls die Ölleitungen des BHKW geröntgt werden? Macht dies Sinn? Was macht Sinn?

An diesem einfachen Beispiel ist zu erkennen, dass die Sicherheit nicht mit den Kosten für die Sachverständigen steigt. Außerdem sollte man sich immer vor Augen halten: „Sicherheit herrscht vor, wenn das Risiko, das sich aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Tragweite des Ereignisses zusammensetzt, vertretbar ist“. Somit verbleibt immer ein gewisses Restrisiko. Letztendlich kann der Betreiber entscheiden, welche Sicherheit er hat: Versicherungen? Bürgschaften? Vertrauen? Berichte?

Welche grundsätzliche Entwicklungen es dazu inzwischen gibt, nach dem Motto: „Entdecke die Möglichkeiten“ und „Nichts ist unmöglich“, vermitteln wir in zahlreichen Veranstaltungen und in unserem „Biogas- und Deponiegashandbuch“.

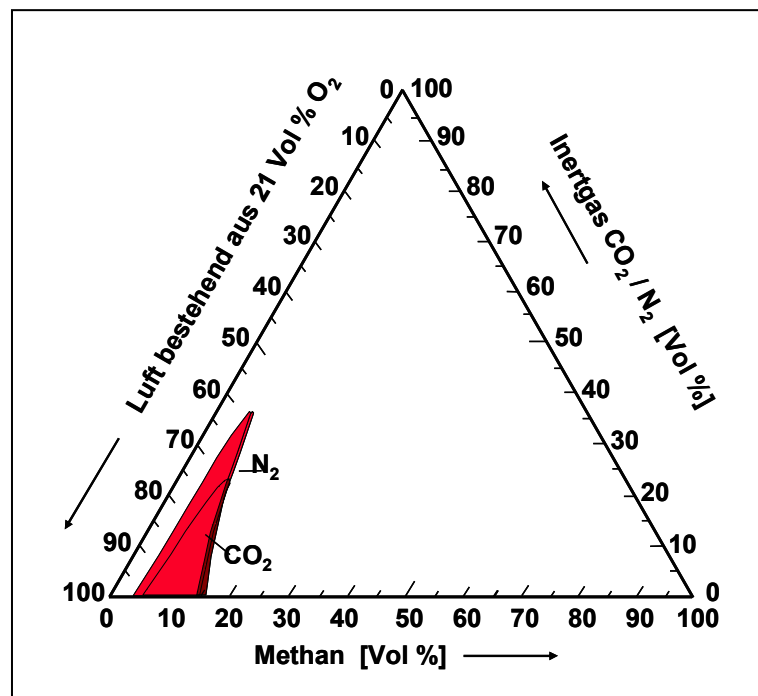


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Dreistoffdiagramms für den Explosionsbereich Methan / Luft / CO₂ – N₂ – Gemischen (Tabasaran & Rettenberger, 1982)
Ternary (three component) diagram, atmospheric. For the explosion area methane / air / CO₂- N₂ - mixture

Jedoch ist und bleibt von entscheidender Bedeutung: Habe ich überhaupt „Explosionsfähige Atmosphäre“ in meiner Anlage. Diese explosionsfähige Atmosphäre wird anhand des Dreistoffdiagramms (Abbildung 4) näher erläutert.

Nach Abbildung 4 kann demnach ein Explosionsbereich erst ab einem Sauerstoffgehalt von > 11,6 Vol % **und** einem Methangehalt zwischen 4,4 Vol % CH₄¹ (entspricht 100%

¹ IEC 60079-20

UEG) und 16,5 Vol % CH₄¹ (entspricht 100 % OEG) bzw. zwischen 5,0 Vol % CH₄² und 15 Vol % CH₄² entstehen. Voraussetzung hierfür ist ein atmosphärischer Druck zwischen 0,8 – 1,1 bar_a sowie ein Temperaturbereich zwischen - 20 °C und + 60 °C. Außerhalb dieser Bereiche liegt ein inertes oder aber brennbares Gas vor.

Und falls eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht – habe ich gleichzeitig eine der folgenden Zündquellen oder kann ich diese auch vermeiden?

- Heiße Oberflächen (z.B. bei Bauteilen), Selbstentzündung von Methan ab Temperaturen größer 500 °C
- Flammen und heiße Gase in Abhängigkeit von Form, Struktur und Verweilzeit
- Mechanisch erzeugte Funken durch Reiben, Schlagen oder Abtragen
- Elektrischen Anlagen (Funken, z.B. Schaltvorgänge, Wackelkontakte oder Ausgleichströme)
- Elektrische Ausgleichströme, kathodischer Korrosionsschutz wie beispielsweise Streu-, Rückströme (vgl. Schweißanlagen), Körper- oder Erdschluss oder bei magnetischer Induktion (I, HF) sowie Blitzschlag
- Statische Elektrizität z.B. Entladung von aufgeladener, isoliert angeordneten leitfähigen Teilen oder von aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen (z.B. Kunststoffen), Büschelentladungen oder bei Trennvorgängen
- Blitzschläge, direkt oder indirekt (Induktion)
- Elektromagnetische Wellen im Bereich von 10 kHz bis 3 Milliarden kHz (HF) z.B. bei Funksendern oder Schweißmaschinen; im Bereich von 300 Millionen kHz bis 3 Billionen kHz, z.B. zur Fokussierung oder bei starker Laserstrahlung
- Ionisierende Strahlung z.B. Röntgenstrahlen oder radioaktive Strahlung
- Ultraschall
- Adiabatische Kompression und Stoßwellen
- Exotherme Reaktionen einschließlich Selbstentzündung von Stäuben

Mit dem Beginn der IBN im Fermenter/Gasspeicher ist zu berücksichtigen, dass sich kurzzeitig ein explosives Gemisch bildet, welches ausgebracht werden muss. Bei der MBA Niemark konnte dieses Gemisch über das Dach entweichen und sich dort in der umgebenden Atmosphäre auf unterhalb der Unteren Explosionsgrenze (UEG) entmischen. Ab einem Methangehalt von > 25 Vol %, wobei bis zu deren Erreichen mehrmals am Tag, während der IBN-Phase, gemessen werden muss, wird das entstehende Gas anfangs über die HTV und dann später im Normalbetrieb über die BHKWs thermisch entsorgt.

Aufgrund dieses Sachverhaltes wird z.B. bei der IBN im Bereich der Ableitung des Biogas-Gemisches nach BetrSichV (2002) Zone 0, Zone 1 und Zone 2 abgestuft definiert,

² PTB EN 50054

die mit dem Übergang des Betriebsgases >> der OEG und dem Eintritt in den Normalbetrieb aufgehoben werden.

Nach EN 60079-10 / VDE 0165 Teil 101 und BetrSichV werden „Gefährdete Bereiche ... nach der Häufigkeit des Auftretens und der Dauer des Vorhandenseins einer explosionsfähigen Gasatmosphäre wie folgt in Zonen aufgeteilt:

Zone 0: Bereich, in dem ständig, langfristig oder häufig eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel vorhanden ist.

Zone 1: Bereich, in dem damit zu rechnen ist, dass bei normalem Betrieb eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel gelegentlich auftritt.

Zone 2: Bereich, in dem nicht damit zu rechnen ist, dass bei normalem Betrieb eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel auftritt und wenn, dann nur selten und auch nur kurzfristig.

Ein Hinweis für den Praktiker: Der Betrieb Ihrer Anlage bestimmt den Normalbetrieb und nicht mehr, wie teilweise früher, eine außen stehende Institution. Diese Zoneneinteilung wird im Rahmen des Explosionsschutzdokumentes erstellt und sollte von befähigten Personen nach 99/92/EG Anhang II Punkt 2.8 vorgenommen werden, die Kenntnisse von den Eigenschaften der brennbaren Stoffe, des Prozesses und der Betriebsmittel haben. Ebenso sollte das Dokument in Zusammenarbeit mit dem betreffenden Betriebspersonal erstellt werden.

Allgemein gelten folgende Grundsatzanforderungen für ein Explosionsschutzdokument:

- Erkennen von Gefährdungen
- Ex-Gefährdung ermitteln und bewerten von Ex-Atmosphäre
- Bereiche (Zonen) ermitteln, in denen eine Explosionsgefährdung auftreten kann
- Ermittlung, ob Zündquellen vorhanden sind
- Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Begegnung einer Gefährdung, ggfs. Abschätzung der Auswirkungen einer Explosion („Schnapsglas“)
- Risikobewertung und Maßnahmen zur Verringerung des Risikos
- Festlegen von Kriterien für die Arbeitsmittel (Ex-Bereiche bzw. Zonen)
- Getrennte Beschreibung organisatorischer Maßnahmen: Normalbetrieb, Wartung, Störungen etc.

3 Literatur

- | | | |
|---|------|--|
| BetrSichV | 2002 | Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes – Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV, i.d.F. vom 30.Dezember 2004 |
| 4.BImSchV | 1985 | 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Art. 1 d. V zur Neufassung und Änderung von Verordnungen zur Durchführung des BImSchG); idF v 20.06.2005 |
| BImSchG | 1974 | Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge idF v. 25.06.2005 |
| DAS – IB GmbH | 2005 | Flyer „Explosionsschutzdokument / Explosion Protection Document“ – Was ist normal / What`s normal? |
| DAS – IB GmbH | 2005 | Biogas- und Deponiegashandbuch. 4.Auflage, Kiel, August 2005 – ISBN 3-88312-296-3 |
| DIN EN 60079-10 | 2003 | Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche - Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche (IEC 60079-10:2002); Deutsche Fassung EN 60079-10 : 2003 |
| RL 99/92/EG | 1999 | Richtlinie über die Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können - ATEX 137 (118a) i.d.F. vom 16.Dezember 1999 |
| RL SV | 1995 | Richtlinien für die Bekanntgabe von Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, idF v. 30.März 2005 |
| Stachowitz, W.H. als § 29a BImSchG Sachverständiger | 2005 | Sicherheitstechnischer Bericht vor Inbetriebnahme (IBN) zweier Fermenter der MBA Deponie Lübeck gem. BetrSichV und Technischen Regeln wie z.B. GUVR-104, Sicherheitsregeln landwirtschaftlicher Biogasanlagen und weiterer soweit anwendbar. Kiel, 2005 (für die Auftraggeberin) |
| Stachowitz, W.H. als „Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger“ | 2005 | Messungen und Festlegungen zum Ortstermin am 2.Juni auf der Deponie Pohlsche Heide. Kurzbericht, Kiel 2005 (für die Auftraggeberin). |
| Tabasaran & Rettenberger | 1982 | UBA – Forschungsbericht 12/1982, Nr. 10302207 T 1 |
| International Symposium MBT 2005 | | www.wasteconsult.de |

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Wolfgang H. Stachowitz

Sachverständiger nach § 29a BImSchG; Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Klär-, Deponie- und Biogastechnologie durch die IHK zu Kiel

DAS-IB GmbH

Flintbeker Str. 55

D – 24113 Kiel

Tel. + Fax #49 / 431 / 68 38 14

Mobil #49 / 170 40 37 939

stachowitz@das-ib.de

www.das-ib.de

Dipl.-Ing. Sebastian Meier

DAS-IB GmbH

Flintbeker Str. 55

D – 24113 Kiel

Tel. + Fax #49 / 431 / 68 38 14

Mobil #49 / 170 49 35 120

sebastian.meier@das-ib.de

www.das-ib.de