

**" Gefahren durch Biogasanlagen für Betreiber und
Feuerwehrkräfte "**

Schwefelwasserstoff (H₂S):



**Seminar für Kreis- und Stadtwehrführer sowie Kreis- und Stadt –
Sicherheitsbeauftragte**

**Am 31. III. 2006 in Kiel der FUK Nord, Technischer Aufsichts- und
Beratungsdienst**

Präsentiert von: Dipl.- Ing. Wolfgang H. Stachowitz

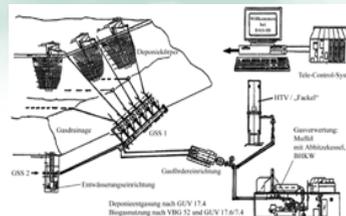
- * Mitglied im AK Sicherheit des Fachverband Biogas e.V.**
- * Sachverständiger nach § 29a BImSchG**
- * öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger bei der IHK zu Kiel
für die Sachgebiete:
Klär-, Deponie-, Bio - Gastechologie**

DAS – IB GmbH

LFG - & Biogas - Technology

Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

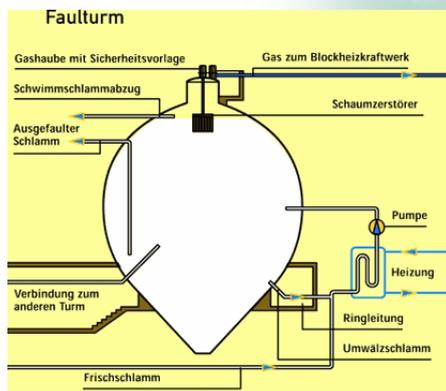
- Beratung, Planung, Projektierung
- Schulung von Betriebspersonal
- Sachverständigentätigkeit



Flintbeker Str. 55
D 24113 Kiel
Tel. und Fax # 49 / 431 /
683814
www.das-ib.de
Email: info@das-ib.de

Entstehung von Biogas

Deponiegas entsteht im Deponiekörper, d.h. alle im Deponiekörper durch mikrobielle Umsetzungsprozesse entstandenen gasförmigen Stoffwechselprodukte, sowie die in die Gasphase übergegangenen abgelagerten Stoffe werden unter dem Begriff Deponiegas zusammengefasst. Gemäß dieser Definition gehört Deponiegas ebenso wie die Faul- und Sumpfgase in die Gruppe der **Biogase**, die sich überwiegend aus **Methan und Kohlendioxid** zusammensetzen.



Klärgas ca. 170 MW el

**BGAs ca. 190 MW el (2004)
ca. 250 MWel (2005)**

Geplant 2006 ca. Σ 650 MW el

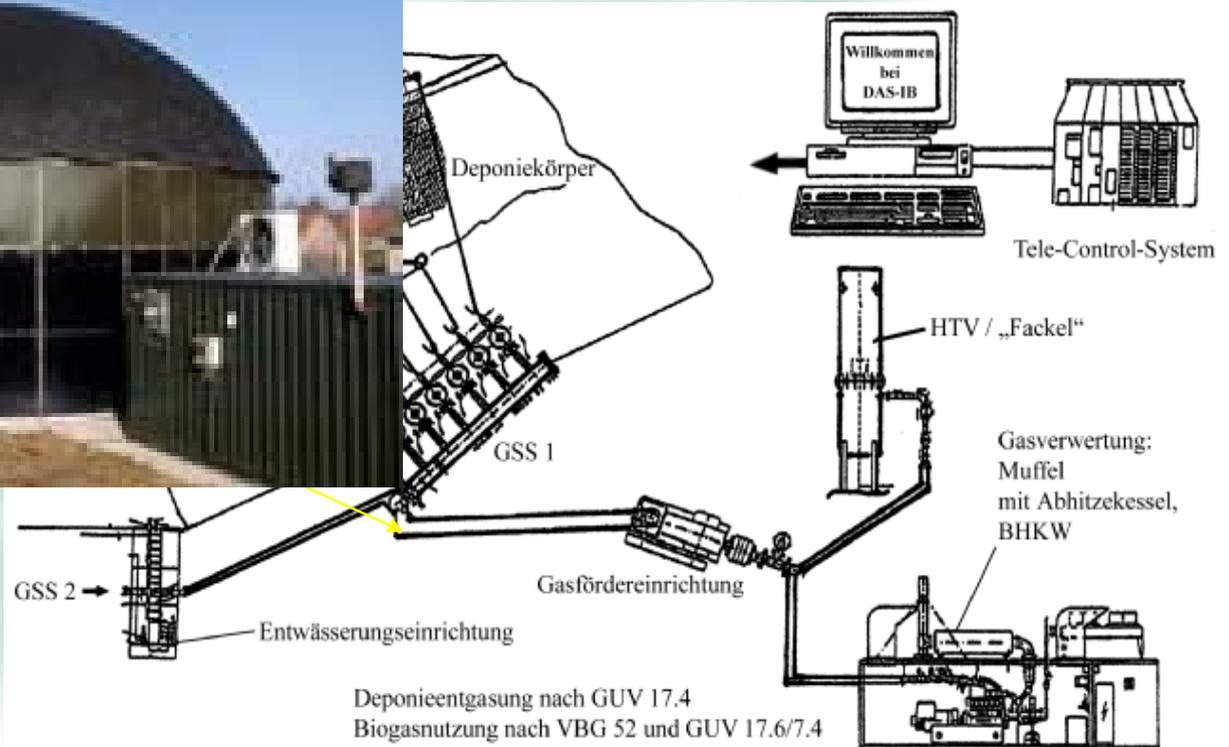
Deponien ca. 220 MW el

Stachowitz, März 2006



MBA

Anlagentechnik Biogas



Betriebsbereiche: BGAs : 0,1 bar / Druckgeräte – VO: 0,5 bar

März 2006

Maschinentechnik – MBA, BGA, BHKW, HTV, GVS



Entstehung / Phasen der Biogasentstehung

Komplexe Verbindungen des Ausgangsmaterials werden zu einfachen organischen Verbindungen

I. Hydrolyse

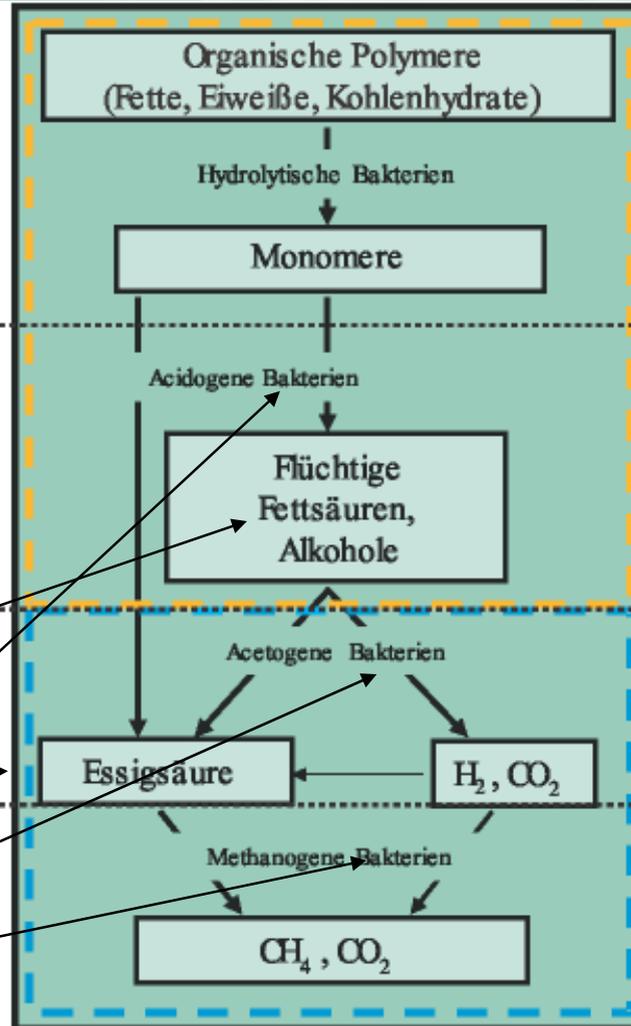
Versäuerungsphase: Die Zwischenprodukte werden durch säurebildende Bakterien zu niedrigen Fettsäuren

II. Acidogenese

Essigsäurebildung: Die Vorläufersubstanzen werden durch Bakterien zu:

III. Acetogenese

IV. Methanogenese



Einstufiges Verfahren:

1 Behälter:
pH 4,5 – 6,2

Zweistufiges Verfahren:

2. Behälter
pH 6,8 – 7,5

Lebensgemeinschaften der Bakterien

Entstehung

Die Deponiegaszusammensetzung ändert sich im Laufe der Zeit. Biogase im Fermenter (kontinuierlicher Betrieb) nicht. Kurz nach der Ablagerung herrschen oberflächennah aerobe Bedingungen vor. Später etablieren sich dann die einzelnen Abbauschritte nacheinander, bis in der vierten Zeit-Phase alle Stufen im Gleichgewicht sind (Stabile Methangärung).

Das Deponiegas besteht dann aus **55 bis 60 % Methan** sowie **40 bis 45 % Kohlendioxid**. Im Zeitraum von Jahrzehnten kommen weitere Phasen hinzu.

Das Biogas besteht dann aus **50 bis 70 % Methan** sowie **30 bis 50 % Kohlendioxid**, sowie Spuren von Schwefelwasserstoff (bis 20.000ppm), Wasserstoff (< 1 Vol %) und Ammoniak (< 2 Vol %) sowie Wasserdampf / Kondensat (< 2 – 7 Vol %).

Ca. **50 Vol % CH₄** z.B. bei NawaRo Mais !

Je höher je wärmer:
Thermophil

Febr. 05

Schwefelwasserstoff

Siehe auch Vortrag Meßgeräte:

Schwefelwasserstoff (H₂S): Personenschutz

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

Experten haben mit der Suche nach der Ursache für das schwere Unglück in einer **Biogasanlage in Rhadereistedt bei Zeven (Kreis Rotenburg)** begonnen. Die Gutachter sollen die Anlage wie auch die chemische Zusammensetzung der dort verarbeiteten Stoffe untersuchen, sagte ein Polizeisprecher. Bei dem Unfall am 8. November 2005 kamen **vier Menschen durch Einatmen von hochkonzentriertem Schwefelwasserstoff ums Leben.**

Nur mit schweren Atemschutzgerät konnten die Helfer das Gelände betreten. Foto: zz



November 2005

Schwefelwasserstoff

Vorgruben - Gassystem

Schwefelwasserstoff (H₂S): Personenschutz

MAK 10ppm = 14 mg/m³ = 1 / 1000 Vol %

und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol %

Folgende Symptomatik beim Menschen wurde unterschiedlich hohen Konzentrationen (in ppm) bereits nach relativ kurzer Expositionsdauer zugeordnet:

- 0,003-0,02 - Geruchliche Wahrnehmbarkeit
- 3 - 10 - deutlich unangenehmer Geruch
- 20 - 30 - starker Geruch nach faulen Eiern
- 30 - widerlich süßlicher Gestank
- 50 - Augenbrennen und Konjunktivitis
- 50 - 100 - Reizungen des Atemtraktes
- 100 - 200 - Verlust des Geruchssinns
- 250 - 500 - Toxisches Lungenödem, Zyanose, Bluthusten, Lungenentzündung
- 500 - Kopfschmerzen, unkoordinierte Bewegungen, Schwindelgefühl, Stimulation der Atmung, Gedächtnisschwäche, Bewußtlosigkeit ("knock-down")
- 500 - 1000 - Atemstillstand, sofortiger Kollaps, schwerste Nervenschädigungen, arrhythmische Herzrhythmen, Tod.



Schwefelwasserstoff

Vorgrube

Sicherung der Vorgrube - Vorschläge:

- Geschlossene Anlieferung
- Feste Anschlüsse bei der Befüllung
- Betrieb im Unterdruck / **wirksame** und **ausreichende** Entlüftung
- Mobile Personenschutzmeßgeräte (4 – Kanal siehe Vortrag Meßgeräte)
- Fluchttreter (siehe Vortrag Meßgeräte)

Kontrolle der Annahmestoffe : Eiweiße



Nur mit schweren Atemschutzgerät konnten die Helfer das Gelände betreten. Foto: zz

Kondensatschächte



Stachowitz, März 2006

Freimessung

Belüftungsgerät (Bodennah im Schacht: wg. CO₂ – Verdrängung)

Leitern od. Steigeisengänge bis t < 5m

Einfahreinrichtungen (t >5m): Dreibein

Rettungshubgerät mit Sicherheitsseil, Auffanggurt Form A und Falldämpfer

Dreibock zum Anschlagen des Abseil- und Rettungsgerät

Pers. Schutz: O₂ > 20 Vol %, CO₂ < 0,5 Vol %, CH₄ < 0,5 Vol %, H₂S < 10 ml / m³ (MAK) - > tragbares ex und kontinuierlich messendes Mehrfachgaswarngerät

Frei tragbares Atemschutzgerät und Ex - Handleuchte

2. Person immer oben !

BGA und Schächte

Schächte, Stollen und unterirdische Bauwerke

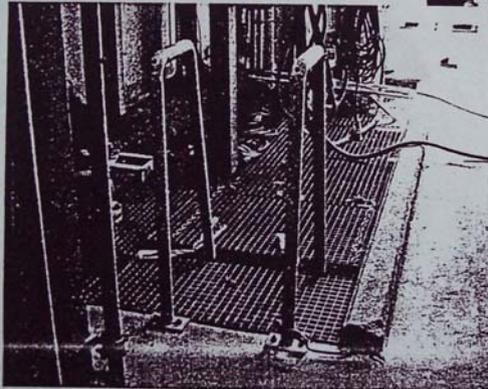
Tödlicher Unfall in einer Biogasanlage

In der Anlieferungshalle einer Biogasanlage, wo auch der Bunker (V^m 50 m³) ist, befindet sich ein – teilweise mit Gitterrosten abgedeckter – Pumpenkeller (L x B x T = 4 m x 3 m x 2,5 m). In diesem Kellerraum befindet sich ein Pumpenschacht (L x B x T = 1 m x 1,5 m x 1,2 m), der mit dem Sielsystem der Aufbereitungshalle verbunden ist und von den Reinigungswässern aus der Halle und den Sickerwässern aus dem Bunker – ohne Siphon – gespeist wird.

stark reduzierten Sauerstoffgehalt. So betrug in 30 cm Höhe über der Kellersohle der O₂-Gehalt 9 – 14 Vol.-%, während in 1,5 m Höhe > 20 Vol.-% O₂ gemessen wurde. Der CO₂-Gehalt in 30 cm Höhe lag bei > 40 Vol.-%, zusätzlich wurden noch CH₄ und H₂S im Bereich von 3 – 4 Vol.-% festgestellt. Mit einem lüftungstechnischen Gutachten wurde die

Die Abluft des Pumpensumpfs wird zusammen mit der Abluft aus der Aufbereitungshalle abgesaugt und über Biofilter behandelt. Die Absaugung im Kellerraum erfolgt über dem Pumpensumpf in einer Höhe von ca. 16 cm über dem Kellerboden.

Ohne die Atmosphäre gemessen zu haben, betrat im Frühsommer ein Mitarbeiter den Pumpenkeller, wo er ohnmächtig wurde. Er konnte noch geborgen werden, verstarb jedoch später im Krankenhaus. Bei in Betrieb befindlicher Absaugung wurden nachträglich im Pumpenkeller an mehreren Tagen Raumluftmessungen durchgeführt. Diese ergaben im Bodenbereich einen sehr



Absaugung überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass der vom Betreiber geplante und auch so genehmigte sechsfache Luftwech-

sel für den Pumpensumpf gewährleistet war. Die Nachermittlungen ergaben sogar einen 7,5-fachen Luftwechsel pro Stunde. Die gewählte Luftwechselzahl genügte nicht den Erfordernissen, weil durch Verrotungsprozesse in der Halle ebenfalls Biogase entstanden, deren CO₂-Anteil über



Bodenöffnungen in darunter liegende Räume gelangten.

Schlussfolgerungen:

Vor dem Begehen von Gruben, Schächten oder Kellerräumen in gasgefährdeten Bereichen – und hierzu muss ein Pumpenkeller im Anlieferungsbereich einer Biogasanlage gezählt werden – ist eine Messung der Atmosphäre zwingend erforderlich.

Ex - Schutz
Explosionsschutzmaßnahmen
(elektrostatische Aufladungen)

und

Personenschutz:
u.a. Messgeräte

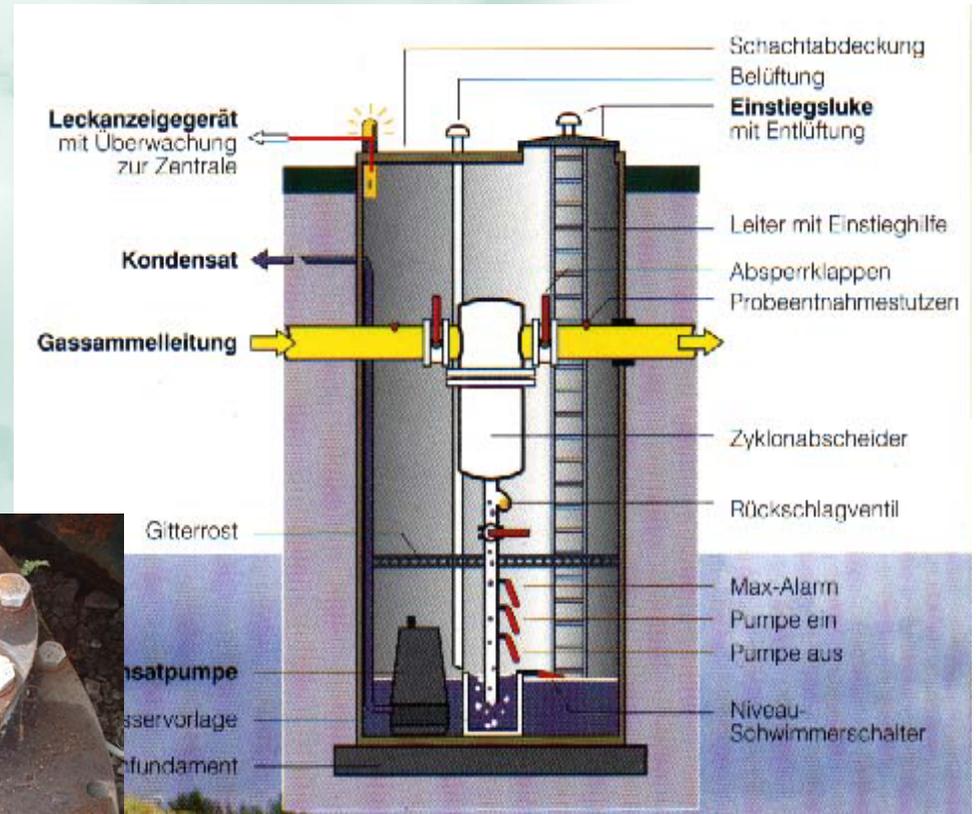
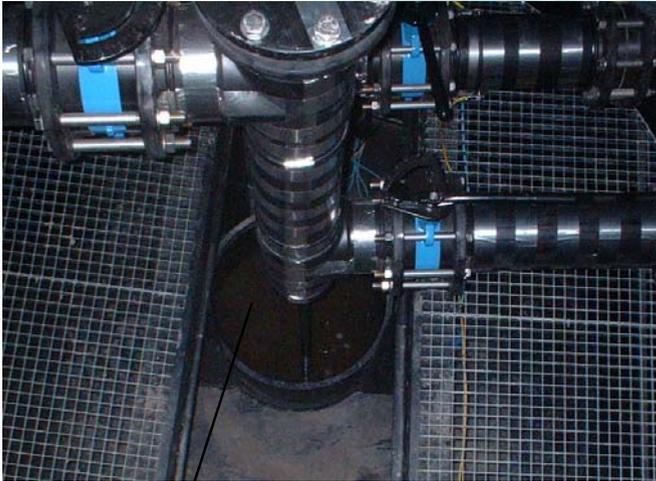
**Schriftliche
Betriebsanweisung zur Begehung !!
/ Schulung**

**Auf. Darstellung als
Vorlage unter 5.4 in der GUV –
R 127**

**Begehung s. Vortrag
Meßgeräte ..**

Nov 2005

Kondensatschacht



Leitfähig durch Metallbänder

Was wird zum Einstieg benötigt ?

Einstiegshilfe
(z.B. Dreibock)
ca. 2,0 k € mit
Doppelwinde



ggfs. „Bootsmann – Sitz“
wg. Einschnürung

Gaswarngerät

(CH₄, O₂, H₂S, CO₂)

Muliwarn II ca. 2, 8 - 3,0 k € incl.
Prüfgasset



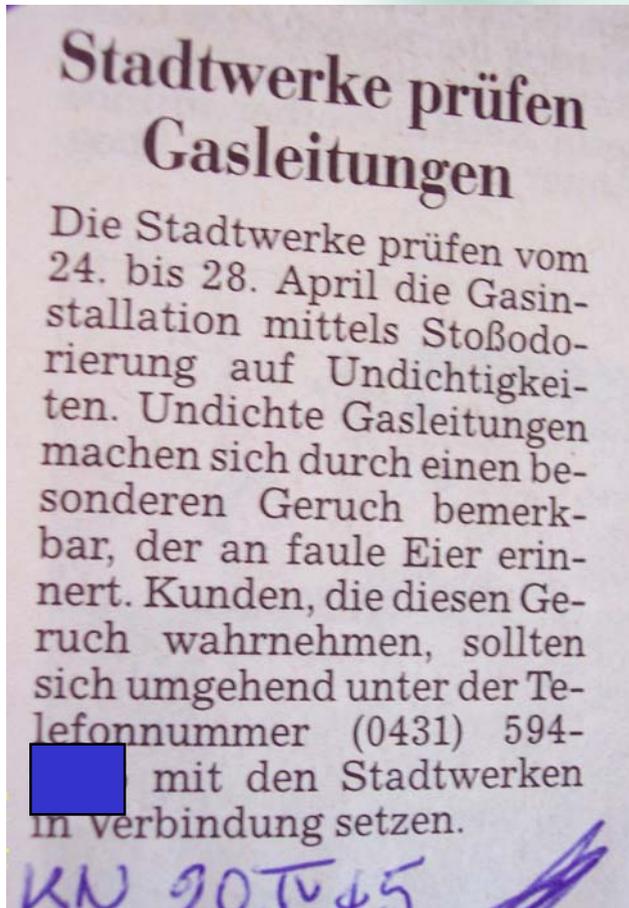
umluftunabhängiger Atemschutz

(OXY K 30 S) ca. 0,75 k €



DVGW

DVGW – Arbeitsblatt G 469 Druckprüfverfahren für Leitungen und Anlagen der Gasversorgung (Juli 1987) A3 und A4 (Betriebsgas)



Biogastechnik: Gefahrenquellen



Regelmäßige Abluftmessungen wg. Gasdichtigkeit ! Zwischendach



Gasdicht ? Zone ?

Biogastechnik: Maschinentechnik



ATEX 137 (99/92/EG)

ATEX 137 / BetrSichV richtet sich an Betreiber

Sicherheitsanforderungen umsetzen wie z.B.:

Vermeiden von Ex – Gemischen, Zündquellen, ... und falls nicht möglich ...

Auswirkungen von Explosionen eingrenzen

Darüber hinaus muss der Betreiber eine Zoneneinteilung für seinen Betrieb anfertigen. - > Explosionsschutzdokument erstellen bis 31.XII.2005 nach § 27(1)

Dazu muss er:

- * Alle Bereiche nach den v.g. Zonen bewerten und dokumentieren.**
- * Warnschilder (W21) aufstellen ...**
- * Risiken beurteilen, Wahrscheinlichkeiten definieren,**
- * Explosionsschutzdokument ständig pflegen**

Ab 1. Juli 2003 verbindlich und Übergangsfrist bis 30. Juni 2006 für Anlagen in Benutzung

Sensibilisierung

Explosion in einer GVS



**Druckseitige
Entwässerung /
Kondensatablaß**

Sensibilisierung

Explosion in einer GVS



Sensibilisierung

Explosion in einer GVS



Was fehlt ??



Sensibilisierung

Schutz / Gefahrenanalyse



Sensibilisierung

Schutz / Gefahrenanalyse



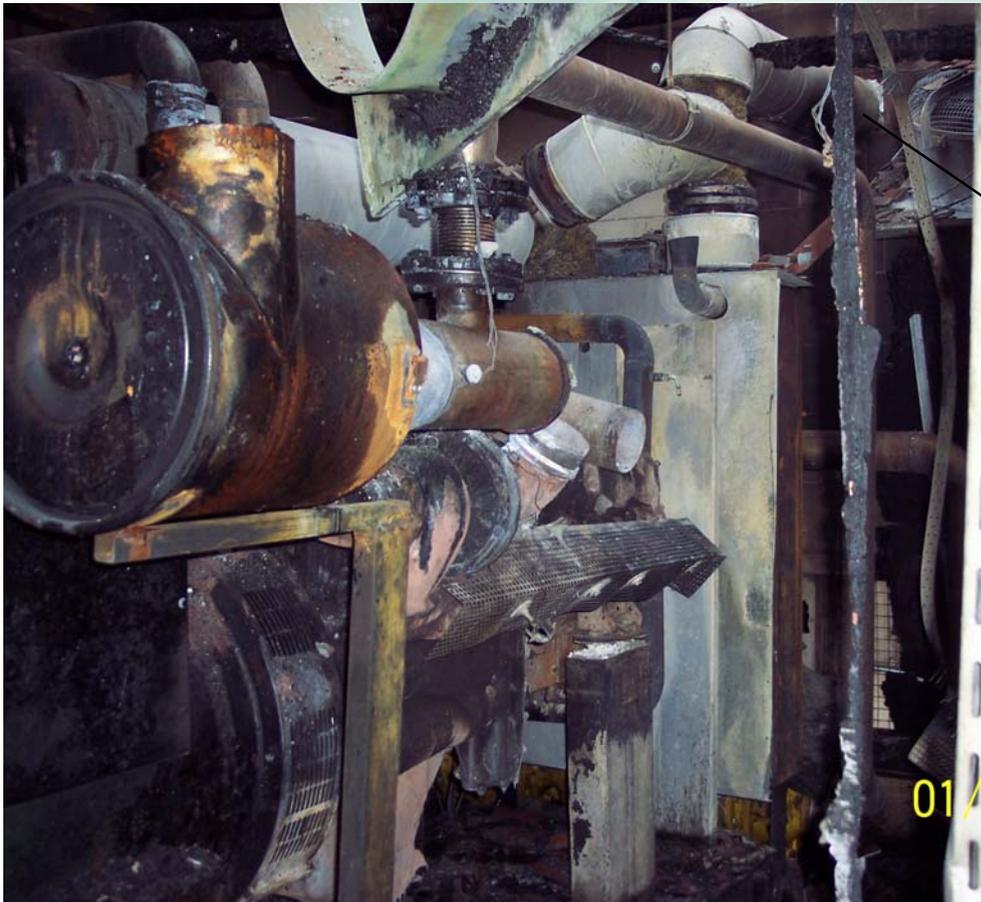
Lüftungsbaufehler !

MBA Havarie - Göttingen

Luftbild von der web-Seite des Kreisfeuerwehrverband
Göttingen, MBA Südniedersachsen des as-nds
www.das-ib.de



BGA Brandschaden NS – „Vergrößerung“ von Gasmotoren – Anpassungen der Peripherie ?



Höhe zur
Decke?
Isolierung?
Abgastempe-
raturen,
Abgasmengen



Was sind:

überwachungsbedürftige Anlagen

Überwachungsbedürftige Anlagen

Überwachungsbedürftige Anlagen sind Anlagen, die wegen ihres erhöhten Gefährdungspotentials einer besonderen Überwachung bedürfen. Sie sind im Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSGV) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) definiert.

Dazu gehören:

- * Druckgeräte (Dampfkessel, einfache Druckbehälter, Rohrleitungen unter innerem Überdruck), RL 97/23/EG und 87/404/EWG
 - * Aufzugsanlagen, RL 95/16/EG und RL98/37/EG
- * Anlagen zum Abfüllen von verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gasen (Gas- Tankstellen),
- * Anlagen (Geräte und Schutzsysteme) in **Explosionsgefährdeten Bereichen**, RL 94/9/EG
- * Anlagen zur Lagerung und Abfüllung von entzündlichen Flüssigkeiten.

BGAs sind keine „Überwachungsbedürftige Anlagen, können aber Anlagenteile enthalten, die „Überwachungsbedürftig“ sind

Personenschutz, Anlage zum Explosionsschutzdokument

Personen Schutz: (siehe auch Vortrag: Grundlagen der Deponiegastechnik)

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

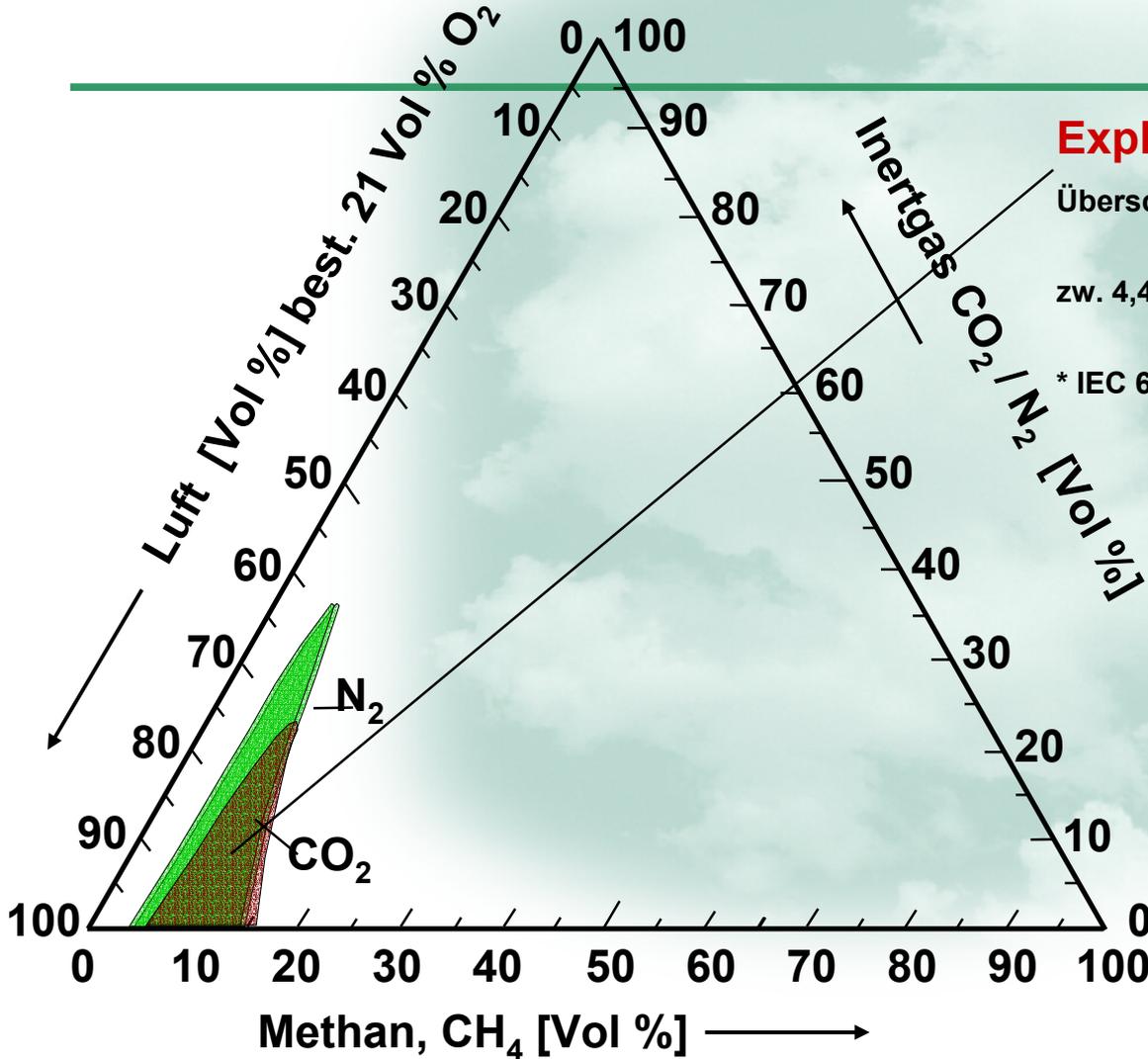
Kohlenstoffdioxid (CO₂): MAK 5000ppm = 9.100 mg/m³ = 0,5 Vol %) geruchlos; ab 1 Vol % erste Beeinträchtigungen und Schädigungen

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

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

Siehe: TRGS 900 wg. „alten“ MAK - Werten

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



Explosionsbereich:

Überschreitung von 11,6 Vol % Sauerstoff
und

zw. 4,4* (5)**Vol % Methan (100 % UEG) und 15
(16,5) Vol % Methan (100 % C

* IEC 60079-20 und PTB ** EN 50054

Definition der Zoneneinteilung

Zone 0

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

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.

Belüftungsgerät (Schächte, Rührwerke..)

Tragbares ex-geschütztes ... Mehrfachgaswarngerät (CH₄, CO₂, H₂S, O₂)

Rettungshubgerät

Transportmittel (Liegendtransport Verletzter)

Dreibock (Ein – und Ausstieg von Schächten) t > 5 m

Ex – tragbare netzunabhängige Leuchte

Atemschutzgerät

Ex - Kommunikationsmittel, wenn keine Sicht- oder Rufverbindung möglich ist





Merkblatt für die Feuerwehr

Empfehlungen von Herrn Dipl.-Ing. (FH) Stefan Reitberger
beim Einsatz an einer Biogasanlage

bei Feuer am Fermenter oder Gasleitungssystem:

NICHT Löschen solange der Gasnachschub nicht gestoppt ist.
Kontrolliert weiterbrennen lassen.
Biologie produziert noch mindestens 10 Tage Biogas.

bei Feuer am BHKW:

Gaszuleitung absperrern.
Notaus betätigen und löschen.
Löschen mit Schaum, Pulver und/oder CO₂.

bei Feuer im Schaltschrankraum, Niederspannungshauptverteilung oder Trafostation:

Gaszuleitung zum Blockheizkraftwerk absperrern.
Haupt-Notaus betätigen.
Strom abschalten.
Löschen NUR mit CO₂ !

bei Brand von Gebäudeteilen oder -isolierungen:

Löschen mit Wasser, Schaum und/oder CO₂.

Weitere allgemeine Maßnahmen:

- wenn möglich überschüssiges Biogas über Notfaackel abbrennen.
 - bei Austritt von Hydrolysegasen (CO₂, H₂S, NH₃) mit umluftunabhängigen Atemgeräten arbeiten.
- Gaswarn-Handgerät beim Einsatz mitführen - warnt vor explosiven Gas-/Luftgemischen und toxischen Gas-/Luftgemischen.



- 10 -



3.6 Versuch benzingertränkter Lappen

Nach ca. 2 Minuten des kontrollierten Abbrandes des entweichenden Biogases wurde ein brennender benzingertränkter Lappen auf den Foliengasspeicher geworfen. Die EPDM Folie fing sofort Feuer und brannte nach ca. zehn Sekunden durch.



Bild 10 + 11: 6. Brandversuch ein brennender benzingertränkter Lappen wird auf den Foliengasspeicher geworfen

„Absprachen, Begehung mit der zuständigen Feuerwehr“

3.1 Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes

Für die Sicherstellung der Befahrbarkeit und Erreichbarkeit aller brennbaren Teile der BGA sind:

- der tragfähige Unterbau
- ausreichende Kurvenradien
- Feuerwehrstellflächen
- Löschwassersysteme
- Löschwasserversorgung
- Handfeuerlöcher
- Feuermeldeeinrichtungen

und **ggfs. weitere Maßnahmen mit der zuständigen Feuerwehr** abzustimmen.

3.2 Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes

Für die **BGA sollte eine Brandschutzordnung und ein Brandschutzplan** aufgestellt und abgestimmt werden.

Für Arbeiten an der BGA insbesondere für das Schweißen, Schneiden, Trennen oder andere funkenbildende Verfahren sind schriftliche Erlaubnisse zu erteilen.

In den Gebäuden sind jeweils Flucht- und Rettungspläne auszuhängen.

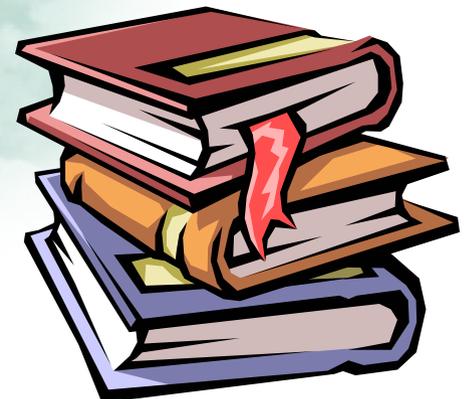
Darüber hinaus sollten Flucht – und Rettungspläne zum Verlassen des Geländes eingetragen sein.



Noch Fragen?



Wissen ist, wenn man weiß, wo es steht:
www.das-ib.de



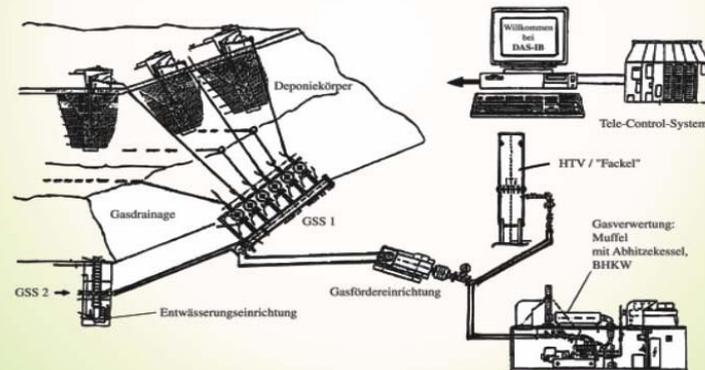
DAS - IB GmbH

DeponieAnlagenbauStachowitz

LFG & Biogas- Technology

Biogas-, Klärgas- u. Deponiegastechnologie:

- Beratung, Planung, Projektierung
- Schulung von Betreiberpersonal
- Sachverständigentätigkeit



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

Flintbeker Str.55
D-24113 Kiel
Tel. + Fax # 49 / 431 / 68 38 14

Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit !