

Besonderheiten im Umgang mit Sondergasanlagen:

Deponiegas - Biogas Stand 28.VI.2010

Wolfgang H. Stachowitz
DAS – IB GmbH, LFG- & Biogas - Technology, Kiel

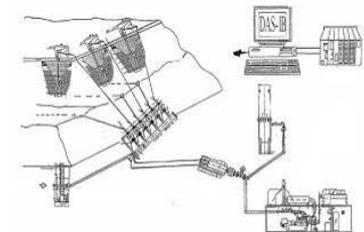
Diese Präsentation darf nur von MitarbeiterInnen der G EuU vervielfältigt und genutzt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2006) ist zu beachten

DAS – IB GmbH
LFG - & Biogas - Technology

Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

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

Kaufm. Sitz:
Flintbeker Str. 55
D-24113 Kiel
Techn. Sitz:
Preetzer Str. 207
D-24147 Kiel
Tel.: # 49 / 431 / 683814
sowie 534433 – 6 und - 8
Fax.: # 49 / 431 / 2004137
sowie - 7
www.das-ib.de



Einleitung



Ziel einer (Müll) - Deponieeinrichtung, Abfallentsorgungsanlage

-> sichere Abfallentsorgung / Abfallverbringung

Ungewollte Begleiterscheinungen:

Deponiegas und Sickerwasser

Einleitung



Ziel einer Biogasanlage:

-> Geld verdienen

Ungewollte Begleiterscheinungen:

„Arbeiten“ &

Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Einleitung



Wesentliche Unterschiede:

Deponien meist in kommunaler Hand –

Biogasanlagen meist in privater Hand



Erste (?) Biogas - Anlage wurde von Amtswegen „Stillgelegt“:

Erste Biogasanlage - nach unseren Erkenntnissen - aufgrund von erheblichen Sicherheitsmängeln in Süddeutschland durch die zuständige Genehmigungsbehörde (hier: Bauordnungs- und Bauplanungsrecht) "stillgelegt". D.h. korrekt "Nutzungsuntersagung der Biogasanlage" mit sofortiger Wirkung bei sofortigem Vollzug angeordnet. Zuwiderhandlungen sind mit Zwangsgeld festgesetzt. Im vorliegenden Fall wurden notwendige "Sicherheitstechnische Ausführungen" in einem Zeitraum von IX. 2008 bis XII.2009 nicht im vollem Umfang beachtet.

Dezember 2009 bis April 2010

Da würde sich jede Deponie freuen – Stilllegung von Amtswegen und ab in die Nachsorge ...

Einleitung

Positive Abkürzungen:

- EEG
- KWK – Bonus
- TA – Luft Bonus
- BHKW

„Nervige“ Abkürzungen:

- EU 99/92 und 94/9
- BetrSichV - > „ATEX“
- WHG
- TRBSen
- BG-, DIN-, VDE-, DVGW-, VdS-, DWA- etc. Regelwerke

Besonderheiten im Umgang mit Sondergasanlagen:

Deponiegas - Biogas

Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Verantwortung

Arbeitsschutzvorschriften:
Arbeitsschutzgesetz,
Gefahrstoffverordnung,
Betriebssicherheitsverordnung etc
Die Verantwortung liegt beim
ARBEITGEBER.
(idR ist dies der Betreiber einer Anlage)
Und nicht bei Dritten !

Ist er sich dessen bewußt?
Was können / müssen Fachfirmen zum Wissen beitragen?

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. GVSGV (Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz)

Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Quelle: **Sicherheitsregeln für Biogasanlagen (Fermentationsanlagen)** <http://www.das-ib.de/sachverst.htm> - download kostenfrei

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung“

TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“

TRBS 1201 – Teil 3 „Instandsetzung an Geräten,

TRBS 1203 „Befähigte Person“

TRBS 2152 „Gefährliche Explosionsfähige Atmosphäre“

TRBS 2152 – Teil 3 „Prüfung von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen,
Ausgabe November 2009

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 LBO und MBO Musterbauordnung

**Kein Regelwerk und keine Fachfirma ersetzt das Denken
und
die Betriebserfahrungen der Arbeitgeber i.v.g.S.
(„Gefahrenanalyse by doing“:
Wartungen, Prüfungen, Tests, Optimierungen etc.)
für die notwendige
Sicherheit
auf der Anlage**

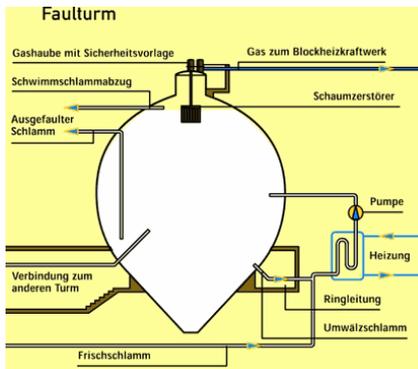
Einleitung: Sumpfgas - > A. Volta 1794

Die Methangärung, die auch die Grundlage für die Entstehung von Biogasen (z.B.: Deponiegas) darstellt, ist ein wichtiges Glied im Stoffkreislauf der Natur. Sie ist die letzte Stufe einer Kette von Gärungen, die die Umwandlung komplexer, hochmolekularer organischer Substanz in gasförmige Endprodukte, wie Methan und Kohlendioxid zum Ergebnis hat.

Mit nur wenigen Ausnahmen können alle organischen Naturstoffe diesem anaeroben Umsetzungsprozess (**unter Ausschluß von Sauerstoff**) unterworfen werden. An diesem Vorgang ist eine große Anzahl, von in komplexer Abhängigkeit stehender Mikroorganismen (Bakterien) beteiligt. Natürliche Standorte solcher Mischpopulationen sind in der Natur z.B.: Sümpfe, Reisfelder, Moore, Schlammschichten in Seen, Flüssen und Meeren, Güllegruben, der Pansen von Wiederkäuern (z.B.: Kühen), etc. Jährlich werden auf diese Weise ca. 300 bis 400 Mio Mg Methan gebildet. Nach einer Abschätzung des IPCC (International Panel on Climate Change) entfallen davon auf Deponien etwa 10 %, was einem Energiepotenzial nur für Deponien von rd. 500 Mio. GWh/a entspricht (Dichte von Methan $\rho=0,7143 \text{ kg/m}^3$; Heizwert von Methan $H_u= 10 \text{ kWh/m}^3$).

Entstehung von Biogasen

.... alle im Fermenter, Faulturm oder Deponiekörper durch anaerobe mikrobielle Umsetzungsprozesse entstandenen gasförmigen Stoffwechselprodukte, sowie die in die Gasphase übergegangenen abgelagerten Stoffe werden unter den Begriffen Biogas, Klärgas oder Deponiegas leider einzeln erfasst. Gemäß dieser Definition gehören die v.g. Biogase 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)

II 10: ca. 5.000 Anlagen mit 1.650 MWel

Deponien ca. 220 MW el



MBA

Entstehung / Phasen der Biogasentstehung

Komplexe Verbindungen des Ausgangsmaterials werden zu einfachen organischen Verbindungen

Versäuerungsphase:

Die Zwischenprodukte werden durch säurebildende Mikroorganismen („Bakterien“) zu niedrigen Fettsäuren

Essigsäurebildung:

Die Vorläufersubstanzen werden durch Mikroorganismen („Bakterien“) zu:

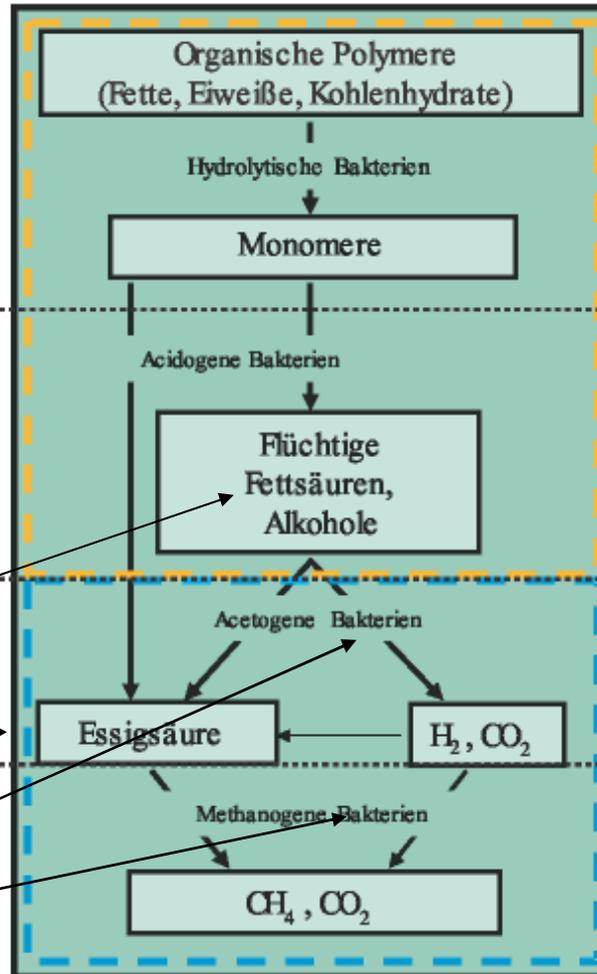
Lebensgemeinschaften der Bakterien

I. Hydrolyse

II. Acidogenese

III. Acetogenese

IV. Methanogenese



Einstufiges Verfahren:

1 Behälter:

pH 4,5 (Silage) –
pH 6,2

(Substratgemisch
im Behälter zur
Methanisierung)

Zweistufiges Verfahren:

2. Behälter

pH 6,8 – 7,5

Juni 2010

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 in der Deponie).

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

Das Biogas besteht dann aus **50 bis 70 Vol % Methan** sowie **30 bis 50 Vol % Kohlendioxid**, sowie Spuren von Schwefelwasserstoff (bis 20.000ppm), Wasserstoff (< 1 Vol %) und Ammoniak (< 2 Vol % - Abh. von Input, pH, T etc.) sowie Wasserdampf / Kondensat (< 2 – 7 Vol %).
Ca. **52 Vol %** (nach KTBL) % CH₄ z.B. bei NawaRo Maissilage !

Je höher je wärmer:
Thermophil

Juni 2010

Entstehung, Spurenstoffe

Neben den beiden Hauptkomponenten Methan und Kohlendioxid enthält Deponiegas eine große Anzahl von Spurenstoffen, die entweder selbst durch biologische Umsetzungsprozesse entstanden sind oder aber im Deponiekörper abgelagert wurden und auf Grund ihres Dampfdruckes zum Übergang in die Gasphase tendieren.

O₂, FCKWs, Cl, F, Si, S, H₂S, NH₃,

Bei Biogasanlagen sind neben den Schwefelverbindungen ("S") noch O₂ als Luftsauerstoff (Luftdosierung) zur biologischen Gasreinigung (Entschwefelung) zu erwähnen.

Zündverhalten der Motore ?, Korrosion, KAT – Vergiftungen, Abgas-“normen“

Personenschutz:

Sauerstoff (O₂): < 17 Vol % Sauerstoffmangel, darunter erst Verminderung der Leistungsfähigkeit bis Bewusstlosigkeit und Tod bei ca. 6 – 8 Vol % deshalb > 20 Vol %, - Dichte ca. 1,24 kg / m³

Kohlenstoffdioxid (CO₂): MAK 5000ppm = 9.100 mg/m³ = 0,5 Vol %) geruchlos; ab 1 Vol % erste Beeinträchtigungen und Schädigungen – Dichte ca. 2 kg / m³

Methan (CH₄): 100 % UEG, Ex = 4,4 Vol %; Grenzwert: 20 % UEG = 0,9 Vol % - Dichte ca. 0.7 kg / m³

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>



Si – Kennzahlen

Sicherheitstechnische Kennzahlen

Deponie- / Biogas:	Mischung aus Methan, Stickstoff, Kohlendioxyd und Sauerstoff
Zündtemperatur:	537 °C (Methan 595 °C / 650 °C)
Explosionsbereich:	ca. (4,4) 5 - 15 (16,5) Vol %
Dichteverhältnis:	ca. 1 – 1,25 (CO₂ ca. 2 kg / Nm³ // CH₄ ca. 0,7 kg / Nm³)

Für Methan

Zündgruppe:	T 1 (> 450°C, Zündtemperatur der brennbaren Substanz)
Explosionsgruppe	IIA (Methan aus Biogasen) I (Methan aus Bergbau)
Mindestzündenergie:	0,28 mWs (0,28mJ)

max. Explosionsdruck (Überdruck) für Methan: 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

Schwefelwasserstoff (H₂S): Personenschutz

MAK 10ppm AGW 5 ppm = 7 mg/m³ = 1 / 2000 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

S. 19

Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff (H₂S): Personenschutz

MAK_{10ppm} AGW 5 ppm = 7 mg/m³ = 1 / 2000 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 Bindehautentzündung

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.



🕒 Physiologische Schadwirkung

Unter den physiologischen Schadwirkungen sind insgesamt Vergiftungseffekte (**toxisch = auf einer Vergiftung beruhend**) durch bestimmte Gasinhaltsstoffe (Kohlendioxid (**CO₂**), geruchlos, > 10 % in Luft tödlich; Schwefelwasserstoff (**H₂S**), stark riechend „faule Eier“ bis < 0,18 % in Luft, darüber geruchlos und tödlich; Kohlenmonoxid (**CO**), schwach riechend < 0,5 % < in Luft tödlich bzw. Erstickungserscheinungen (**Sauerstoffgehalt** < 14 %, Warnwert ca. 19 %) bei Mensch, Tier und Pflanze zu verstehen. Hierunter zählen: Erstickungsgefahr durch Luftverdrängung in Gebäudekellern, Schächten oder z.B. in Randbereichen von Grubendeponien bei Inversionswetterlagen. Physiologische Schadwirkungen bringen eine unmittelbare Gefährdung menschlichen Lebens mit sich.

🕒 Chemische Schädigung

Unter der chemischen Schädigung ist im Wesentlichen das Auftreten von **Korrosionsschäden** an gasführenden Anlagenteilen (auch Behälter) und den Gasverwertungsanlagen (hier insbesondere den Gasmotoren) zu nennen. Ursache sind die Halogene (Chlor- und Fluorverbindungen) auf Deponien, organische Siliziumverbindungen und immer mehr Schwefel auf BGAs.

BGAs: Organische Säuren - > Wasserdampf - > Kondensat KORROSION !

CO₂: Carbonatisierung von Stahlbeton.

Sulfate: stahlkorrosiv

Schwefelwasserstoff: korrosiv - > Kondensatwege

Beschichtungen < - > Edelstahl < - > GfK < - > HDPE

Biologische Entschwefelung !

Bildquelle: öbuv – SV Biogasanlagen Martin Paproth
Schäden am Betonkörper



🕒 Allgemeine ökologische Auswirkungen

In den letzten Jahren wurde deutlich, dass die aus Deponien stammenden Gase ebenfalls **klimatelevante Auswirkungen** mit sich bringen. **Kohlendioxid**, **Methan** und Kohlenwasserstoffe tragen mit dazu bei, die **Erdatmosphäre aufzuheizen**. Insbesondere der Hauptbestandteil Methan hat nach dem Kohlendioxid mit rd. 19% den zweitgrößten Anteil am **Treibhauseffekt**. Bei den sonstigen Deponiegasinhaltstoffen sind insbesondere Chlorkohlenwasserstoffe (CKW's) und die Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW's) als für die Umwelt bedenklich einzustufen.

Siehe unsere Vorträge und Projekte zum TEHG und unseren JI – Projekten mit Deponiegas bzw. zusätzlicher Abgaswärmenutzung in (Deponie-)Gaskraftwerken

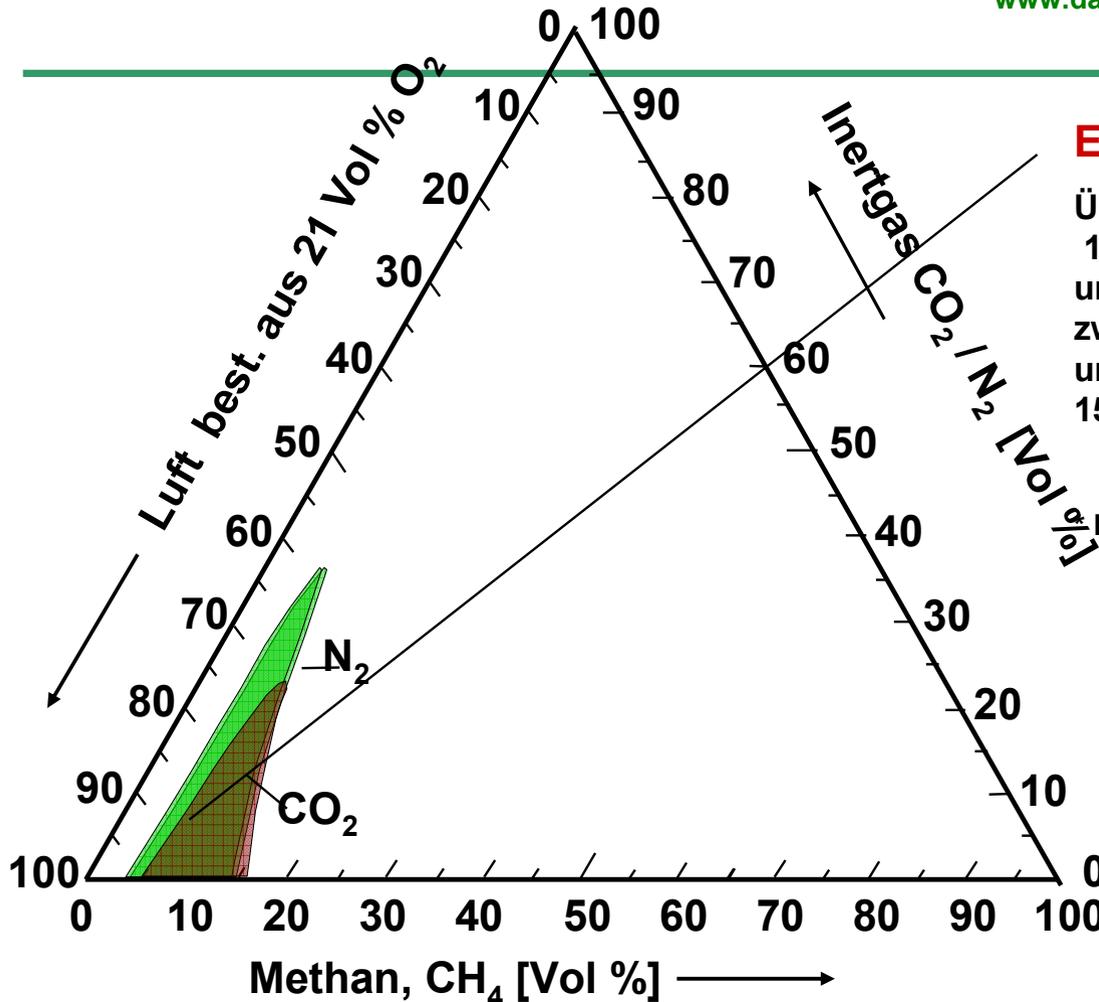
Toxikologie und Wirkungen auf die Umwelt

⊕ **Physikalische Schadwirkung**

Unter der physikalischen Schadwirkung mit oder ohne Druckwirkung oder Brandfolge versteht man die Auswirkungen auf Menschen und Gegenstände, die eintreten, wenn ein **explosionsfähiges Methan-Luftgemisch** gezündet wird.

⊕ **Geruchsbelästigung**

Geruchsemissionen sind im Allgemeinen die Hauptschadwirkungen, die von einer Deponie ausgehen und sofort wahrgenommen werden können. Insbesondere die geruchsintensiven Deponiegaskomponenten wirken sich oft bereits in geringsten Konzentrationen belästigend auf das Wohlbefinden von Anwohnern aus. Deponiegas besitzt eine so genannte Geruchsstoffkonzentration von 1.000.000 GE/m³. Dies bedeutet, dass Deponiegas erst dann nicht mehr gerochen werden kann, wenn es um den Faktor 1.000.000 verdünnt wurde.



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

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

Anlage zum
Explosionsschutzdokument

Vermeidung von Explosionen

Primärer Explosionsschutz:

Durch
Vermeidung der Bildung
explosionsgefährlicher
Atmosphäre

z.B.:

Gasanlage betriebsmäßig
optimieren und überwachen,
Inertisieren,
Sicherheitstechnische
Überwachung d.h.
Konzentrationsbegrenzung
unterhalb der unteren
oder oberhalb der oberen
Explosionsgrenze,
Lüften & Messen



Sekundärer Explosionsschutz

Durch
Vermeidung der Zündung
explosionsgefährlicher
Atmosphäre
Zündquellen siehe - > EN 1127-1

Tertiärer Explosionsschutz

Durch
Vermeidung / Verminderung der
Auswirkung
z.B. Druck(stoß)festes Material

Zone 2

Alt: Umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt. z.B. in AU 69

Neu: 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.

Zone 2 können z. B. sein

1. Bereiche, die die Zonen 0 oder 1 umgeben,
2. Bereiche um lösbare Verbindungen von Rohrleitungen, Dichtigkeitsprüfungen ?
3. wie Zone 0, Punkt 1 - 3, wenn durch Bauart oder Messungen sichergestellt ist, dass explosionsfähige Gemische nur kurzzeitig auftreten können. Ausreichende Lüftungen? Und Kontrollmessungen ?

Was ist NORMALBETRIEB??

Wenn eine Wartungsfirma auf die Anlage kommt ?

**Als Normalbetrieb gilt der Zustand,
in dem die Arbeitsmittel und Anlagen
innerhalb ihrer
Auslegungsparameter benutzt
und betrieben werden.**

Info: Wartungen, An – und Abfahrbetriebe, Störungen (Havarien) sind gesondert zu betrachten und ggfs. zusätzliche / andere Schutzmaßnahmen festzulegen.

Zündquellen nach EN 1127-1 (Okt. 97) und TRBS 2152 Teil 3 (März 2010)

Vorhandensein von wirksamen Zündquellen:

- **Heiße Oberflächen** - > T4, Methan > 500 °C siehe Folie 15
- **Flammen und heiße Gase** (Form, Struktur, Verweilzeit)
- **Mechanisch erzeugte Funken** - > Reiben, Schlagen, Abtragen
- **Elektrische Anlagen** - > Funken (Schaltvorgänge, Wackelkontakt, Ausgleichströme), heiße Oberflächen (Bauteil)
- **Elektrische Ausgleichströme**, kathodischer Korrosionsschutz
 - > Streu-, Rückströme (Schweißanlagen)
 - > Körper- oder Erdschluß
 - > magnetische Induktion (> I, HF)
 - > Blitzschlag
- **Statische Elektrizität**
 - > Entladung von aufgeladenen, isoliert angeordneten leitfähigen Teilen
 - > **aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen (Kunststoffe)** – Büschelentladungen, **Trennvorgängen**

Zündquellen nach EN 1127-1 (Okt. 97) und TRBS 2152 Teil 3 (März 2010)

Vorhandensein von wirksamen Zündquellen:

- **Blitzschlag** - > direkt und indirekt (Induktion)
- **Elektromagnetische Wellen 10.000 Hz – 3. 000. 000. 000. 000 Hz (HF)**
- > Funksender, Schweißmaschinen
- **Elektromagnetische Wellen 300. 000. 000. 000 Hz**
- 3. 000. 000. 000. 000. 000 Hz
- > Fokussierung, starke Laserstrahl
- **Ionisierende Strahlung** - > Röntgen, radioaktive Strahlung
- **Ultraschall**
- **Adiabatische Kompression und Stoßwelle**
- **Exotherme Reaktion (Eisenoxid, AK, Al & I)**
einschließlich Selbstentzündung
von Stäuben
- **Schwefelsäure (Kondensat) + org. Stoffe**



Elf Fußballer von Blitz getroffen

Regensburg – Elf Amateur-Fußballer mussten am Sonntag in Regensburg nach einem Blitzeinschlag ins Krankenhaus eingeliefert werden. Die Spieler wurden nach Angaben der örtlichen Behörden von einem Gewitter überrascht. Ein 17-Jähriger erlitt nach offiziellen Angaben schwere Verbrennungen, schwebte aber nicht Lebensgefahr. Die anderen zehn Männer im Alter zwischen 18 und 44 Jahren kamen mit kleineren Blessuren davon. sid

Stoffe, die auch ohne Wärmezufuhr von außen, zur Selbstentzündung neigen, Quelle: **„Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutz, Kohlhammer – Verlag 1996“**

Al	als Pulver oder Späne
Fe	als Pulver mit Öl getränkt oder nach reduzierter Glühung
Zn, Mg	als Pulver oder Späne
Fischmehl	in Säcken
Gasreinigungsmasse	aus Raseneisenerz mit organischen Schwefelverbindungen bei Luftkontakt
Häcksel, Heu	bei Verunreinigung und mit Feuchtigkeit
Holz, Holzmehl	mit Feuchtigkeit
Fasern, Lumpen, Wolle	ölgetränkt oder mit Fetten getränkt
Zuckerrübenschnitzel	mit Feuchtigkeit und in Haufen
Eisen-, Metallsulfide	durch Korrosion, Kontakt mit Wasser
Carbide (alkalische Metalle)	Feuchtigkeitseinflüsse
Metallorganische Verbindungen (1. bis 3. Grp. Periodensystem)	bei Kontakt mit Luft

Probleme bei BGAs: Fermenter

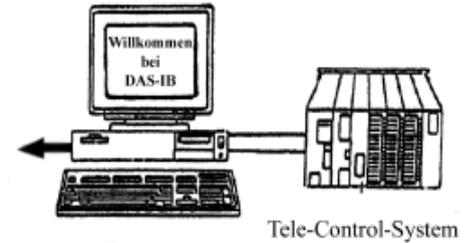
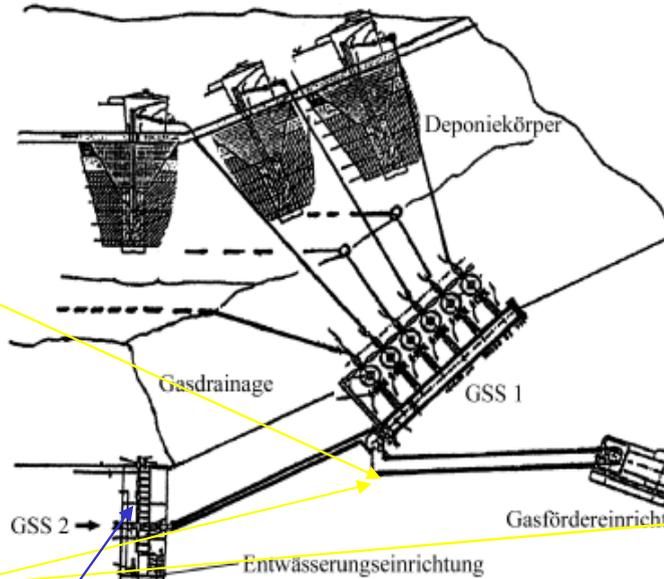
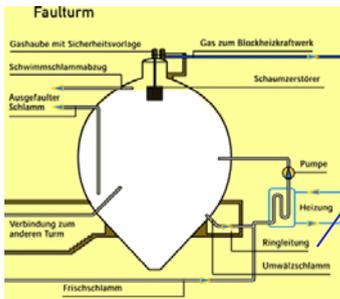
Betrieb und Sicherheitstechnik

🕒 **Betrieb BGAs**

• Schichtbildung im Fermenter im Einzelnen:

- .1 Schwimmschichten - > Durchmischung Gärmaterial (Größe, Viskosität etc.)
gerichtete Strömungen und Turbulenzen MIXEN / RÜHREN
?? NOTSTROM ??
- .2 Sinkschichten / Sedimente - > Durchmischung Gärmaterial (Füllhöhe, Umwälzungen etc.) **Aufenthaltszeit, Austrag**
- .3 Schaumbildung „Proteinschaum“ - > Fette, Proteine, schleimige Substanzen, starke Entgasung
(Frisch- und Gärsubstanz) **Oberflächenspannung verringern ! Entschäumer**
(Zusatzstoff z.B. w od. k Wasser / Rapsöl (?))
Input: Substrate
Dosierung / Bedüsung) Chemie ? (Silikon – Öle <- > BHKW - Verbrennung)

Gefahrenanalyse



Deponieentgasung nach GUV 17.4
 Biogasnutzung nach VBG 52 und GUV 17.6/7.4

Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

Si – Beschilderung, Piktogramme – TEST

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



P 18 Mobilfunk

P 011

Herzschrittmacher



Mitarbeiterfortbildung 2010

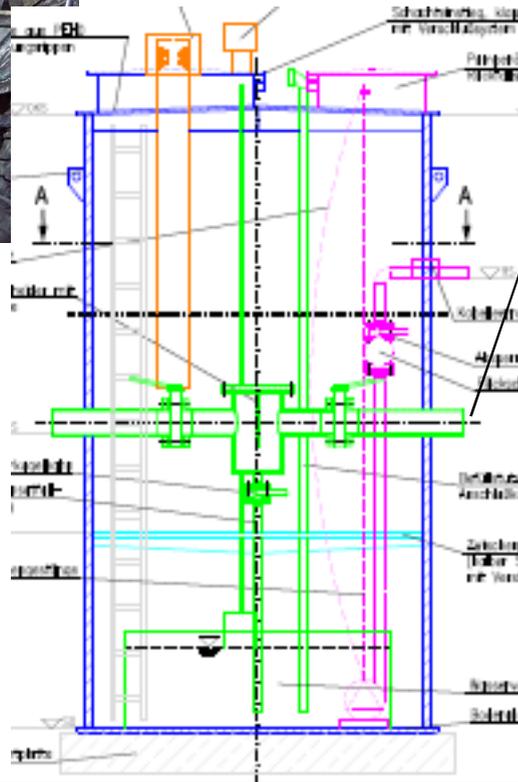
Göbel Energie- und Umwelttechnik

Ex - Zonen in Schächten

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



Natürliche Querlüftung ?
Einstellung der Schwimmer für die Pumpe

Bypaß mit Überströmstrecke am GV -> Überdruck im KS !!
möglich



September 2007

HTV „Fackel“ / BHKW – TA – Luftabgaswerte 2002

Motoren intern d.h.: Verbrennung können nur CO und NOx optimiert werden



Biogas- Verbrennungsmotorenanlagen: 5.4.1.4 der aktuellen TA – Luft // Deponiegas 5.4.8.1b.1

Emissionsbegrenzung für Anlagen mit < 3 MW (bezogen auf trockenes Abgas, 273,15 K, 101,3 kPa und 5% Sauerstoff)

Feuerungswärmeleistung:

	4-Takt- Gasmotor	Zündstrahlmotor*	HTV (Feuerungsanlage)
Staub:	50 / 150 mg/m ³	50 mg/m ³	5 mg/m ³ **
Stickstoffoxide als NO₂:	0,5 g/m ³	1,0 g/m ³	0,2 g/m ³ **
Kohlenmonoxid: CO	0,65 (D) / 1,0 g/m ³	2,0 g/m ³	0,1 g/m ³ **
Formaldehyd:	60 mg/m ³	60 mg/m ³	

Emissionsbegrenzung für Anlagen mit > 3 MW (bezogen auf trockenes Abgas, 273,15 K, 101,3 kPa und 5% Sauerstoff)

Feuerungswärmeleistung:

	4-Takt - Gasmotor	Zündstrahlmotor*	
Staub:	50 / 150 mg/m ³	20 mg/m ³	
Stickstoffoxide als NO₂:	0,50 g/m ³	0,5 g/m ³	
Kohlenmonoxid: CO	0,65 g/m ³	0,65 g/m ³	
Schwefeloxide als SO₂:	0,5 / 0,35 g/m ³	0,35 g/m ³	Vermeidung: Biogas Stand der Technik
Formaldehyd:	60 mg/m ³	60 mg/m ³	

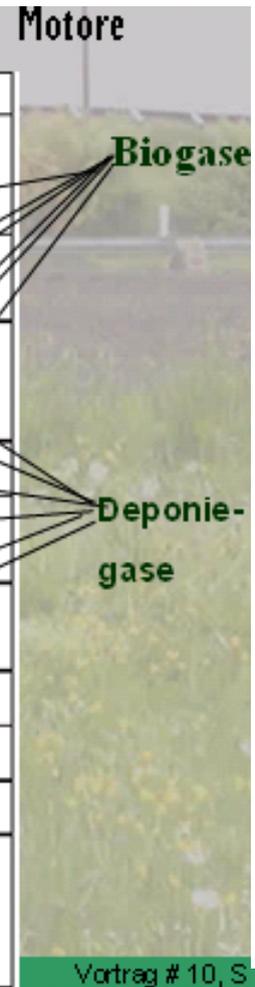
* Bei Zündstrahlmotoren: Der Zündölanteil ist auf das für den Betrieb notwendige Maß zu beschränken (Orientierung 10 %). Dokumentation des Zündölverbrauchs im Betriebstagebuch.

** TA – Luft bis 2002 –

Aktuell (Juli 2002): 5.4.8.1a.2.1 „Abfackeln“: Abgastemperatur > 1.000°C und Verweilzeit > 0,3s

Rohgasanforderungen für eine gasmotorische Nutzung: z.B. Deutz - Motore

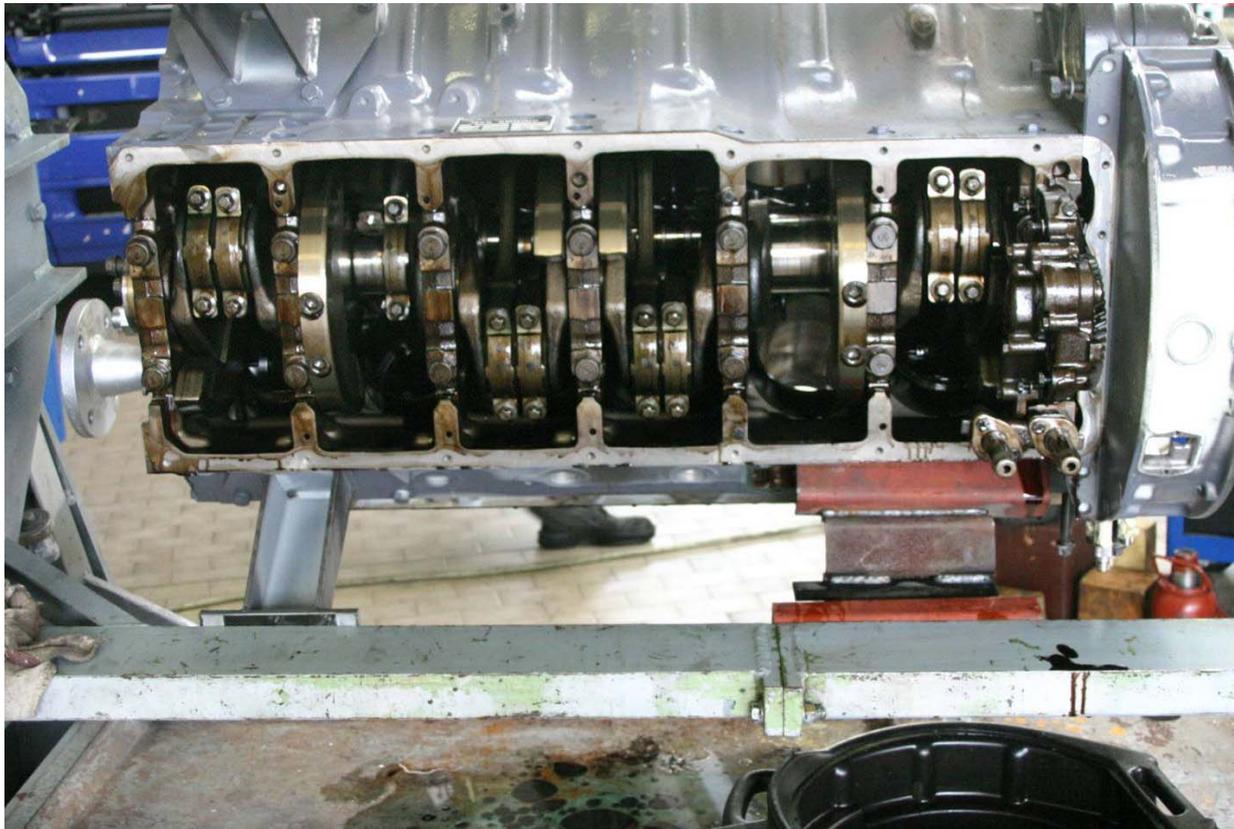
Eigenschaft	Kz.	Einh.	Grenze	Bemerkung
Heizwert (unterer Heizwert)	H _u	[kWh/m _n ³]	≥ 4	
Änderungsgeschwindigkeit H _u		[%/min]	< 5	
CO ₂ /H _u	CO ₂ /H _u	[Vol%/kWh/m _n ³]	< 10	
Schwefelgehalt (gesamt) oder H ₂ S - Gehalt	S H ₂ S	[mg/m _n ³ CH ₄] [Vol%/m _n ³ CH ₄]	< 2200 < 0,15	wegen Korrosion im Motor
Chlorgehalt (gesamt)	Cl	[mg/m _n ³ CH ₄]	< 100	
Fluorgehalt (gesamt)	F	[mg/m _n ³ CH ₄]	< 50	
Summe Chlor und Fluor	(Cl+F)	[mg/m _n ³ CH ₄]	< 100	
Ammoniak	NH ₃	[mg/m _n ³ CH ₄]	< 30	
Staubgehalt Korngröße		[mg/m _n ³ CH ₄]	< 10	
		[µm]	3 - 10	
Öldämpfe > C5 < C10		[mg/m _n ³ CH ₄]	< 3000	keine Kondensation in Gasregelstrecke und Ansaugrohr
Öldämpfe > C10		[mg/m _n ³ CH ₄]	< 250	
Silizium (organisch)	Si	[mg/m _n ³ CH ₄]	< 10	
Feuchte (relative)	φ	[%]	< 80	bei tiefster Lufttemperatur
Generell ist keine Kondensation in Gasregelstrecke und Ansaugrohr zulässig				
Mindestdruck am Eintritt in die Gasregelstrecke		[mbar]	20	
Gasdruckschwankungen		[%]	± 10	des Einstellwertes bei Schwankungsfrequenz < 10/h

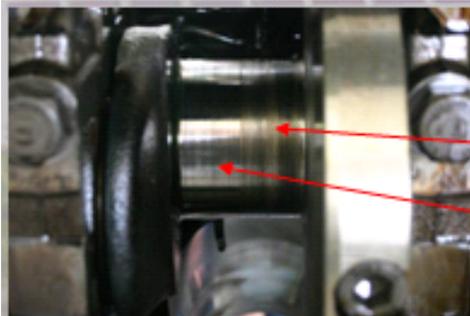


Biogase

Deponiegase

Freigaben von Motor - Ölen: Schaden aus der Praxis - Es soll beurteilt werden ob eine Mangelschmierung oder eine ungenügende Schmierölqualität zum Schaden geführt hat





Hupzapfen der Kurbelwelle zur Aufnahme der Pleuelstangen von Zylinder ~~yx~~ und Zylinder ~~yx~~
Die Aufnahme der Pleuelstange Zylinder ~~yx~~ ist in Folge des Lagerschadens sehr stark beschädigt. Die Oberfläche ist tief verrieft.
Die Aufnahme der Pleuelstange Zylinder ~~yx~~ ist in Folge des Lagerschadens leicht beschädigt.



Pleuellagerschale Zylinder ~~xy~~
Weit fortgeschrittener Lagerschaden
Es ist ein Lagerfresser aufgetreten in dessen Folge die Laufschrift bis zum Trägermaterial abgetragen wurden ist.
Die Lagerschalen sind teilweise ausgewalzt.



Zylinderkopf Zylinder 5
An allen Zylinderköpfen konnten gelbfarbige Ablagerungen festgestellt werden

Brände / Feuer



- Ursache:**
- * zu geringe Abstände zu Holzkonstruktionen
 - * Undichte Abgasrohre
 - * Ölspritzer



Höhe zur Decke?
Isolierung?

Abgas-
temperaturen,
Abgasmengen



Undichte
Abgasleitung
unten

Sensibilisierung

Schutz / Gefahrenanalyse: aus dem Bauch und lt. BetrSichV

Am Beispiel Aktivkohletausch oder ähnlich Filtertausch in der Gasstraße



DVGW – Dichtigkeitsprüfungen zur

Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre

Dichtheitsprüfungen (z.B. gem. DVGW G 469 A4: Sichtverfahren mit Betriebsdruck und schaubildenden Mittel



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Vergleich Biogasspeicher:

Volumen von 480 m³, 50 Vol % CH₄, Hu = 5 kWh/m³

Flüssiggasspeicher / - tank beinhalten Propangas

Aufgrund der Komprimierung ist das Gas flüssig. Ein für die Hausversorgung üblicher Flüssiggasbehälter hat ein Fassungsvermögen von 6 m³ welches ca. 3.000 kg Flüssiggas entspricht. Hu = 12,87 kWh/kg.

Energieinhalt für beide Speicher berechnet:

Propanspeicher:

Biogasspeicher:

$$480m^3 \cdot 5 \frac{kWh}{m^3} = 2.500kWh$$

$$3.000kg \cdot 12,87 \frac{kWh}{kg} = 38.610kWh$$



weichenden Biogases
gasspeicher geworfen.
sekunden durch.

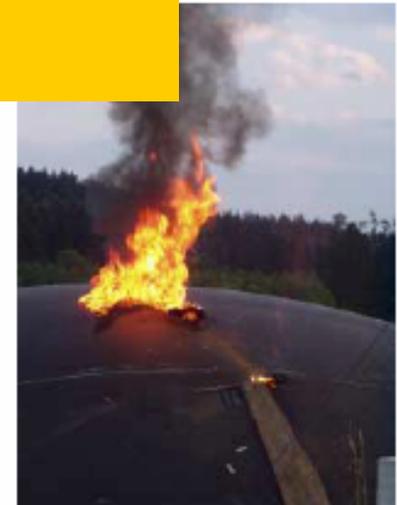
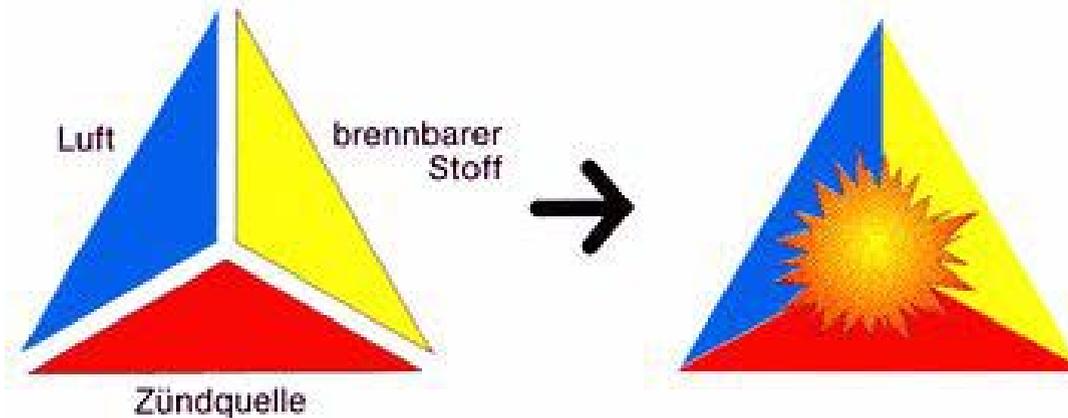


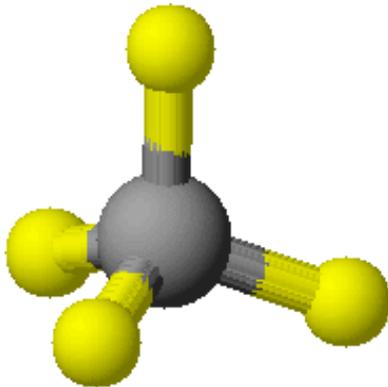
Bild 10 + 11: 6. Brandversuch ein brennender benzinetränkter Lappen wird auf den Folliengasspeicher geworfen

Warum bekommt man einen Biogasspeicher nicht zum brennen?

Was benötigt man zum brennen?



Was fehlt im Gasspeicher? Bzw. Was ist im Gasspeicher? Was ist „Biogas“?

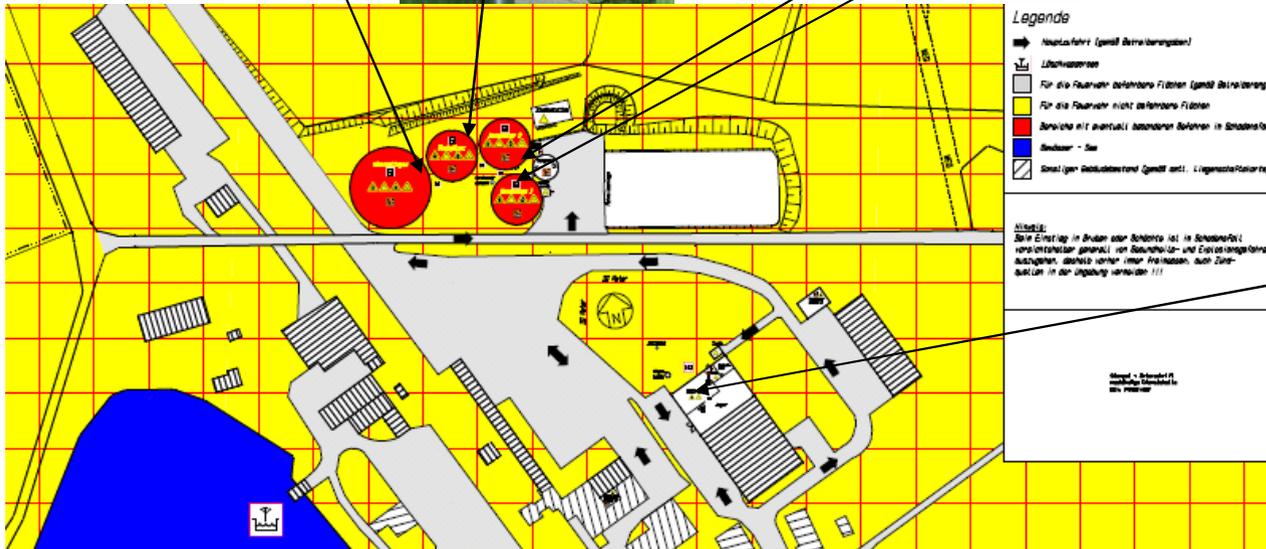


Komponente	Konzentration im Biogas [Vol.-%]			
	Biogashandbuch Bayern [1]	Fachverband Biogas [19]	Biogasanlagen (Buch) [17]	Annahme: Bachelorarbeit-Kusche
<i>Methan [Vol.-%]</i>	50 - 75	50 - 75	50 - 75	50
<i>Kohlendioxid [Vol.-%]</i>	25 - 45	25 - 50	25 - 50	49
<i>Schwefelwasserstoff [VOL.-%]</i>	0 - 2		0 - 0,5	1

9 Hauptgasschieber / Unterbrechung der Gasversorgung im Havariefall BHKW



7 Schieber



Brand- und schutzkonzept

Konzept für den taktischen Einsatz der Feuerwehr bei Brandereignissen oder bei sonstigen technischen Hilfeleistungen in Biogasanlagen.

Das Brandschutzkonzept ist vom Anlagenbetreiber im Entwurf aufzustellen und anschließend mit der zuständigen Feuerwehr auf deren einsatztaktische Erfordernisse abzustimmen.



Heiße Abgasrohre und Brandschutz – Informationen von Fachfirmen an den Arbeitgeber

Im Rahmen dieser Gesetze und Verordnungen hat der **Arbeitgeber** u.a.:

- Eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen
- Schutzmaßnahmen zu fixieren
- Unterweisungen durchzuführen

**Nicht die Behörde, BG, Sachverständige
oder andere Dritte?**

**Für die Durchführung der
Gefährdungsbeurteilung ist der
Arbeitgeber,**

**für die Durchführung der
sicherheitstechnischen Bewertung
ist der Betreiber verantwortlich.**

u.a. TRBS 1111

Befähigte Person (TRBS 1203) ACHTUNG: 1203 vom 18.XI. 2004 BAnz. S. 23 797) Teil 3
(Juni / Nov. 2007: Elektrische Gefährdungen: ANDERS)

iSdV: ist eine Person, die durch ihre **Berufsausbildung**, ihre **Berufserfahrung** und ihre **zeitnahe berufliche Tätigkeit** über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. - > **99/92/EG: Anhang II 2.8**

Berufsausbildung: Die befähigte Person muss eine Berufsausbildung abgeschlossen haben, die es ermöglicht, ihre beruflichen Kenntnisse nachvollziehbar festzustellen. Die Feststellung soll auf die Berufsabschlüssen oder vergleichbaren Nachweisen beruhen.

Berufserfahrung setzt voraus, dass die befähigte Person eine nachgewiesene Zeit im Berufsleben praktisch mit Arbeitsmitteln umgegangen ist. Dabei hat sie genügend Anlässe kennen gelernt, die Prüfungen auslösen, zum Beispiel im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung oder aus arbeitstäglichen Beobachtung.

Eine **zeitl. berufl. Tätigkeit** im Umfeld der anstehenden Prüfung des Prüfgegenstandes und eine **angemessene Weiterbildung** sind unabdingbar. Die bef. Pers. muß Erfahrungen über die Durchführung der anstehenden Prüfung od. vergl. Prüfungen gesammelt haben. Die bef. Pers. muß über Kenntnisse zum StdT hinsichtlich des zu prüfenden Arbeitsmittels und der zu betrachtenden Gefährdungen verfügen.

Befähigte Person TRBS: 1203 Teil 3 (Juni / Nov. 2007: Elektrische Gefährdungen)

iSdV: ist eine Person, die durch ihre **Berufsausbildung**, ihre **Berufserfahrung** und ihre **zeitnahe berufliche Tätigkeit** über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. - > **99/92/EG: Anhang II 2.8**

Berufsausbildung: Die befähigte Person für die Prüfungen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen muß eine elektrotechnische Berufsausbildung abgeschlossen haben oder eine andere für die vorgesehene Prüfaufgaben vergleichbare elektrotechnische Qualifikation besitzen.

Berufserfahrung Die befähigte Person für die Prüfungen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen muß eine mindestens einjährige Erfahrung mit der Errichtung, dem Zusammenbau oder der Instandhaltung von elektrischen Arbeitsmitteln und / oder Anlagen besitzen.

Zeitnahe berufl. Tätigkeit Die befähigte Person für die Prüfungen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen muß

- über die für die vorgesehene Prüfaufgaben im Einzelnen erforderliche Kenntnisse der Elektrotechnik sowie der relevanten techn. Regeln verfügen und
- diese Kenntnisse aktualisieren, zum Beispiel durch Teilnahme an Schulungen oder an einem einschlägigen Erfahrungsaustausch.

Risikoeinschätzung /

BetriebSichV - > § 3 Gefährdungsbeurteilung; hier „FS“

Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition // Vermeidung des EX - Gemisch

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungsereignis // Vermeidung der Zündquelle

Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung / Auswirkung des Schadens



Nov . 2008

S. 53

Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Kondensatschächte Betrieb & Sicherheit



Betrieb: Füllstände / Niveau – Anzeige

MIN - / MAX - Alarme

Freimessung

Belüftungsgerät bis Schachtboden (mit Lunte) 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
Rettungsgerätes

Pers. Schutz: O₂ > 20 Vol %, CO₂ < 0,5 Vol %, CH₄ <
0,5 Vol %, H₂S < 5 ppm (AGW) - > tragbares ex und
kontinuierlich messendes Mehrfachgaswarngerät

Frei tragbares Atemschutzgerät und Ex - Handleuchte



Stachowitz, Nov. 2008

2. Person immer außerhalb des Schachtes

Ursachen für Brände und Explosionen, Basis 10.000 Ereignisse in ausgew. Industriestaaten, Quelle „Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutz, Kohlhammer 1996

Ursache	Anteil in %
Defekte E- Geräte und Installationen	23
Rauchen	18
Brandstiftung	15
Heiße Oberflächen	7
Offene Flammen	6
Schweißen und Schneiden (Erlaubnisscheine !)	5
Reibung	4
Selbstentzündung und Funken & Feuerungen	je 3
...	
Blitzeinschläge	0,8

I 2010

94/9/EG Kennzeichnung von Betriebsmitteln nach Anhang II 1.0.5

Name / Anschrift
des Herstellers

CE Serien - Nr.: Typ Bj.

EEx 2 G d IIA T4

E nach europ. Recht

Ex
Explosionsschutz

Kategorie:

M1 / M2 / 1 / **2** / 3

siehe Folie 19,
hier: für Zone 1

Atmosphäre:

G: Gas-, Dampf-, Nebel-, Luft –
Gemische

D: Staub

Zündschutzart:

hier: **d** druckfeste
Kapselung

Temperaturklasse
hier: **T4**

max.
Oberflächentemperatur
< 135 °C

Explosionsgruppe
hier: **IIA** z.B. CH₄

Literaturwert

Bei „d“, „i“ oder „q“

**ggf „x“ - > siehe
Betriebsanweisung**

Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH
LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...



Foto links:

Gasgebläse ohne
Schwingungsdämpfer und
Kompensatoren

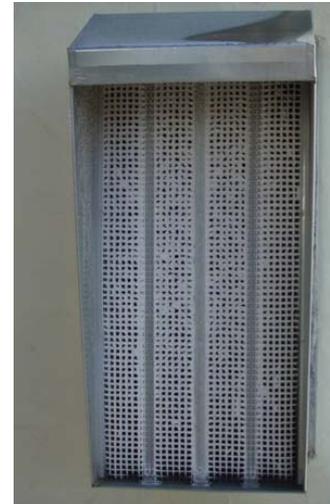
Foto rechts o:

Absicherung eines
Kondensatschachtes



Foto rechts u:

Vereiste Lüftung /
Verengung des
Lüftungsquerschnitts in
einem Gasraum



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



Biofilter, Innenansicht



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de



Mitarbeiterfortbildung 2010

Göbel Energie- und Umwelttechnik

DAS - IB GmbH

LFG- & Biogas - Technology

www.das-ib.de

Ausführungshighlights ohne Schäden, bis dato ...



Abgasleitung
(re),
Gasleitungen
(oben),
Kühlung
BHKW

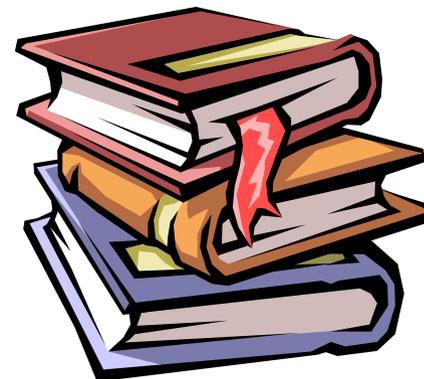
Photos: je zweimal Toni Baumann,
re Umwelttechnik Bojahr



Noch Fragen?



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



**Ich bedanke mich für Ihre
Aufmerksamkeit!
Und wenn es Ihnen gefallen
hat empfehlen Sie unsere
Seminare & Veranstaltungen,
ansonsten melden Sie sich
bitte jetzt zur Kritik:**

Individuelle Tagesseminare

2010

7. IX. Nürnberg

28. IX. Schwerin

21. X. Gelsenkirchen / AUF Schalle

2. XI. Magdeburg

2. XII. Hannover (nur Deponiegas)

2011

11. I. Ulm (nur Biogas)

13. I. München

18. I. Bremen

oder...

Ihre persönliche Inhouseschulung!

Sie legen die Schwerpunkte aus
folgenden Bereichen fest:

BetrSichV, TRBS'en
Sicherheitsregeln:
BGR, TI4, DAS-IB u.v.m.
Grundlagen Bio- und
Deponiegas-Technologie,
Arbeitsschutz, Personenschutz,
„ATEX“,
Explosionsschutzdokument,
Gefahrenanalyse, Risiko-
Analyse, CE – Kennzeichnung,
Konformitätsbescheinigungen,
u.v.m.