

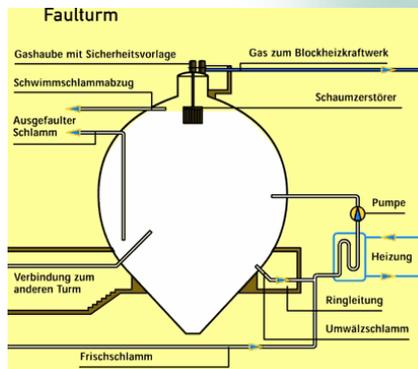
Gliederung

- 1. Wie entsteht Biogas?**
- 2. Was ist eine Biogasanlage?**
- 3. Risiken einer Biogasanlage**
 - **Schwefelwasserstoff**
 - **Schächte**
 - **Schutzrüstung**
 - **Explosionsfähige Atmosphäre**
- 4. Havarien, Unfälle und deren Vermeidung**

Entstehung von Biogasen

Biogase entstehen bei der Zersetzung organischer Substanzen (Biomasse) durch Bakterien unter Luftabschluss, z.B. in: Sümpfen, Pansen von Wiederkäuern, Gewässern, aber auch in Kläranlagen, Deponien und Biogasanlagen.

Biogase bestehen hauptsächlich aus **Methan** und **Kohlendioxid**.



Klär gas aus Schlammfäulung



Biogasanlage



Phasen der Biogasentstehung

Zerlegung
der organischen
Substanzen

Versauerungs-
phase:
niedrigen
Fettsäuren

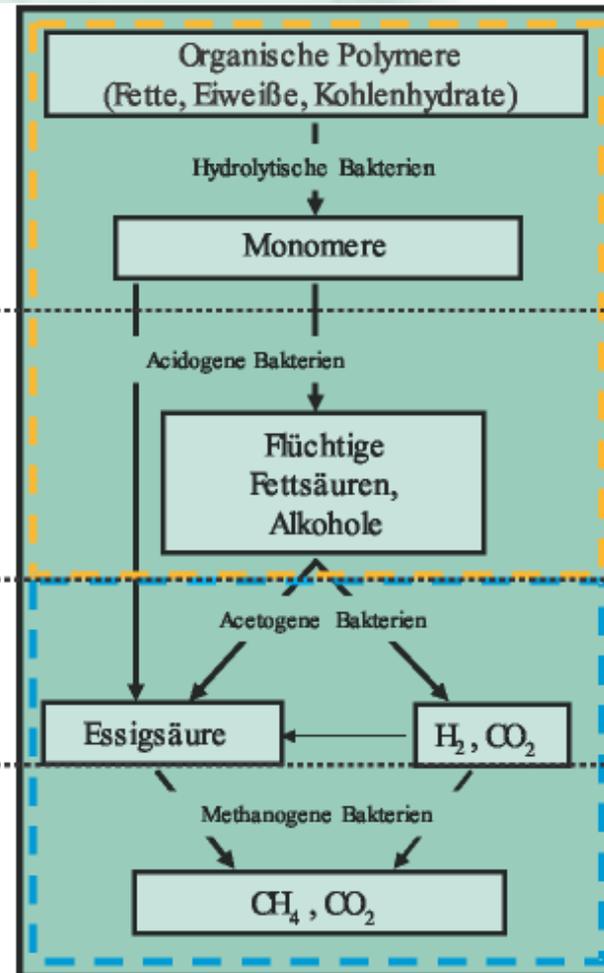
Essigsäurebildung:
Essigsäure, H₂ und
CO₂

I. Hydrolyse

II. Acidogenese

III. Acetogenese

IV. Methanogenese



Zusammensetzung von Biogas

Das **Biogas** besteht aus:

Methan (50 - 70 Vol.-%)

Kohlendioxid (30 bis 50 Vol.-%)

Schwefelwasserstoff (Spuren - 2 Vol.-%)

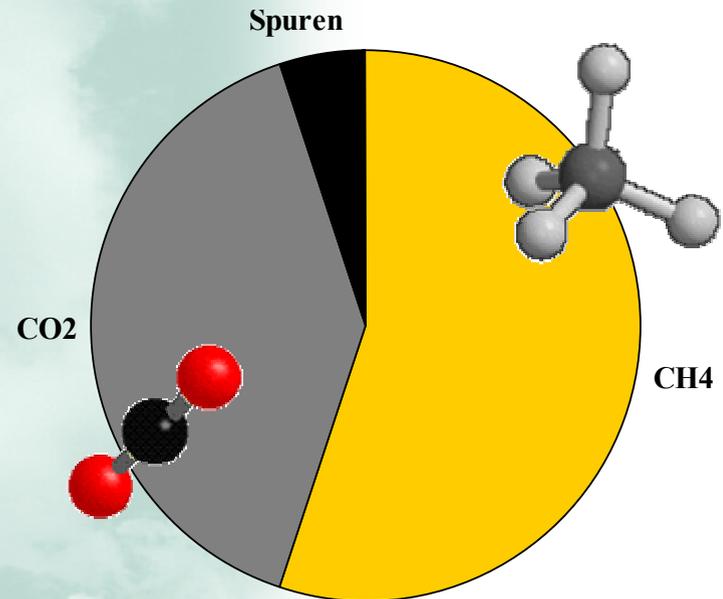
Wasserstoff (< 1 Vol.-%)

Ammoniak (< 2 Vol.-%)

Wasserdampf / Kondensat (2 - 7 Vol.-%)

u.a.

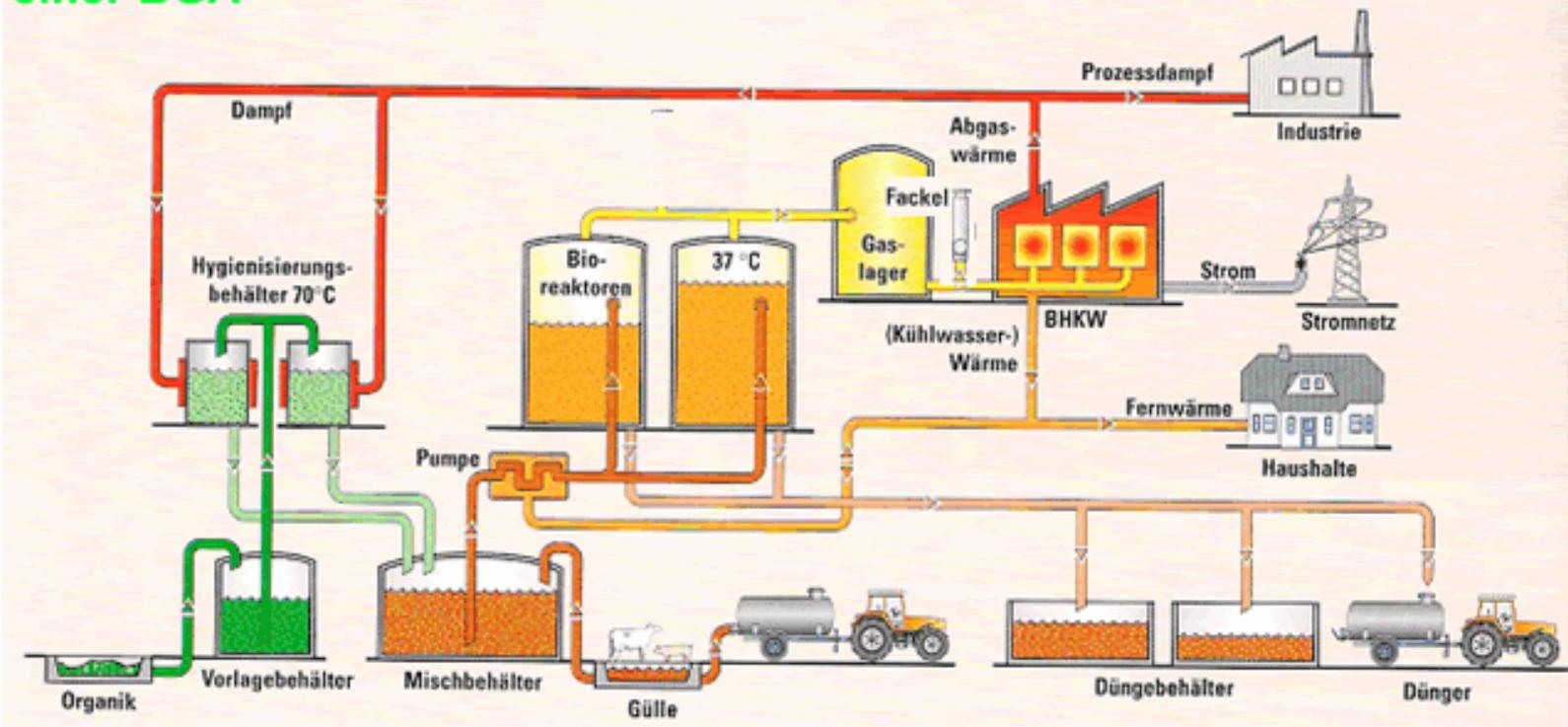
ca. 50 Vol.-% CH₄ bei NaWaRo Mais



Beispielhafte Zusammensetzung von Biogas

Aufbau einer Biogasanlage

Aufbau & Komponenten einer BGA **Biogasanlage** www.das-ib.de



Maschinentechnik – MBA, BGA, BHKW, HTV, GVS



Maschinentechnik – MBA, BGA, BHKW, HTV, GVS



BHKW-Container mit „Fackel“



Verdichter

Stachowitz, Sept. 2006



Gasmotor und Generator

Risiken von Biogasanlagen: H₂S

Schwefelwasserstoff (H₂S)

MAK 10ppm = 14 mg/m³ = 1/1000 Vol.-%

Ex ab 4,3 Vol % - 45,5 Vol.-%

Beispiel: schweres Unglück in einer
**Biogasanlage in Rhadereistedt (Kreis
Rotenburg)**

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

Risiken von Biogasanlagen: H₂S

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 Herzrhythmusstörungen, Tod.



Ungesicherte Vorgube

Risiken von Biogasanlagen: H₂S und Gruben



Substrateintrag (flüssig) in den Fermenter



Substrateintrag (fest) in den Fermenter

Stachowitz, Sep. 2006



Ausblaseeinrichtung am Fermenter

Risiken von Biogasanlagen: Gruben und Schächte

Sicherung der Vorgrube - Vorschläge:

- Geschlossene Anlieferung
- Feste Anschlüsse bei der Befüllung
- Betrieb im Unterdruck / **wirksame** und **ausreichende** Entlüftung
- Mobile Personenschutzmessgeräte (4-Kanalmessgeräte)
- Fluchttreter

Kontrolle der Annahmestoffe : Eiweiße



Atemschutz



Mobiles
Gaswarngerät

Risiken von Biogasanlagen: Gruben und Schächte



Kondensatschächte

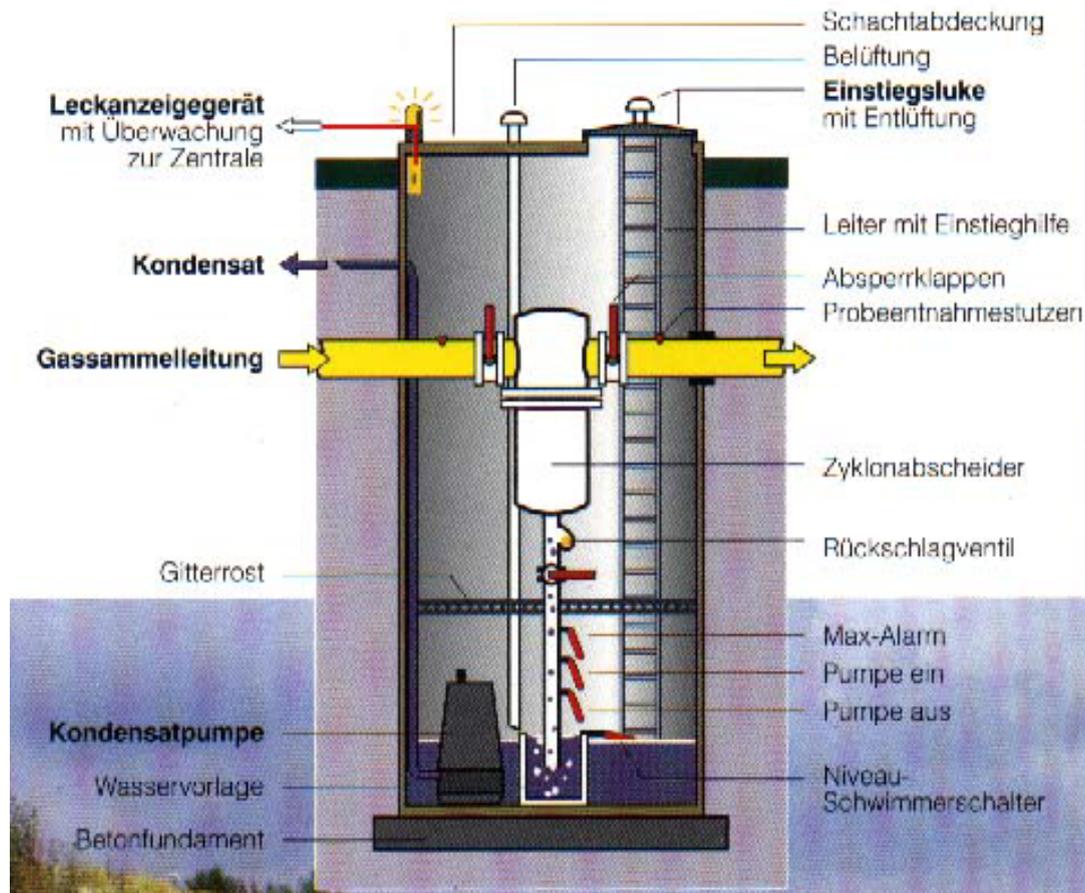


Stachowitz, März 2006

Maßnahmen:

- 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 Anschlag 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 bleibt immer oben!

Risiken von Biogasanlagen: Kondensatschacht



Risiken von Biogasanlagen: Einstieg in Kondensatschächte

Einstiegshilfe

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



Gaswarngerät

(CH₄, O₂, H₂S, CO₂)

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



umluftunabhängiger Atemschutz

(OXY K 30 S) ca. 0,75 k €



Risiken von Biogasanlagen: Arbeits – und Rettungsausrüstung

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-geschützte, tragbare und netzunabhängige Leuchte

Atemschutzgerät

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



Risiken von Biogasanlagen: Personenschutz

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

Kohlenstoffdioxid (CO₂): MAK 5000 ppm = 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 10 ppm = 14 mg/m³ = 1/1000 Vol.-% und Ex bei > 4,3 Vol.-% bis 45,5 Vol.-%

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

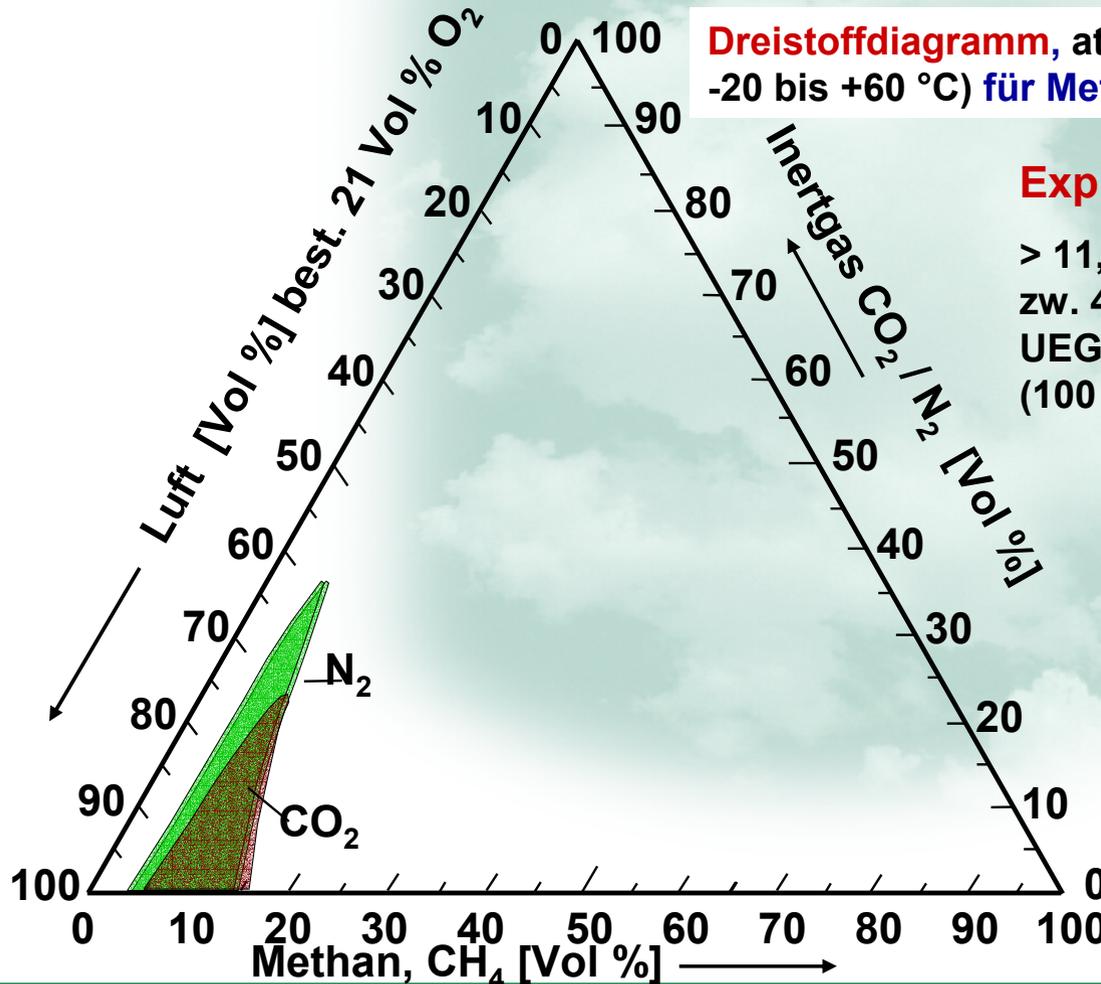
Risiken von Biogasanlagen: explosionsfähige Atmosphäre

Dreistoffdiagramm, atmosphärisch (0,8 - 1,1 bar_a & -20 bis +60 °C) für Methan-Luft-CO₂- N₂-Gemische

Explosionsbereich:

> 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



Risiken von Biogasanlagen: explosionsfähige Atmosphäre

Betreiber einer Anlage muss nach **BetrSichV** Sicherheitsanforderungen umsetzen wie z.B.:

1. **Vermeiden von Ex-Gemischen,**
2. **Zündquellen unwirksam machen, und falls nicht möglich**
3. **Auswirkungen von Explosionen eingrenzen**

Zoneneinteilung und Explosionsschutzdokument erstellen:

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

Risiken von Biogasanlagen: Definition der Ex-Zonen nach BetrSichV

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

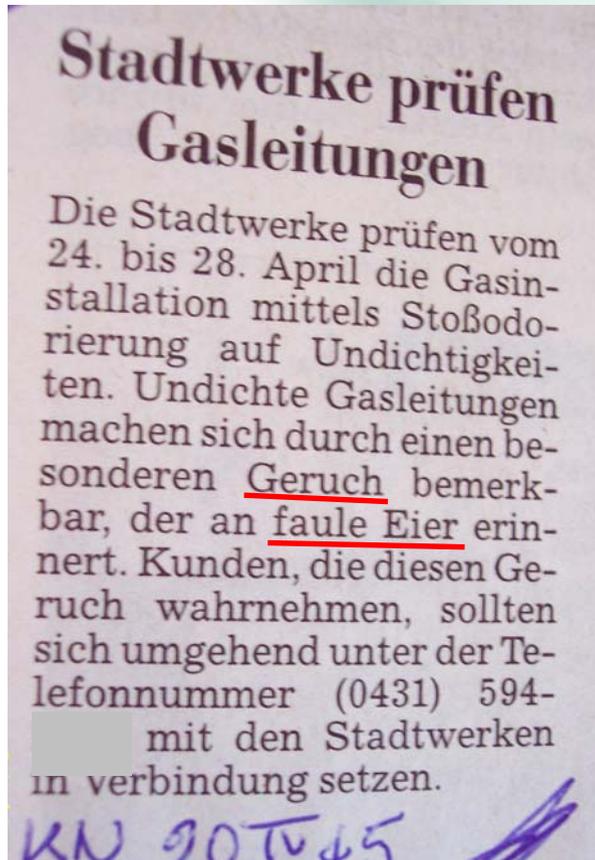
ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

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.

Risiken von Biogasanlagen: explosionsfähige Atmosphäre

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



Gasdichtigkeitsprüfungen durch Stadtwerke

Risiken von Biogasanlagen: explosionsfähige Atmosphäre

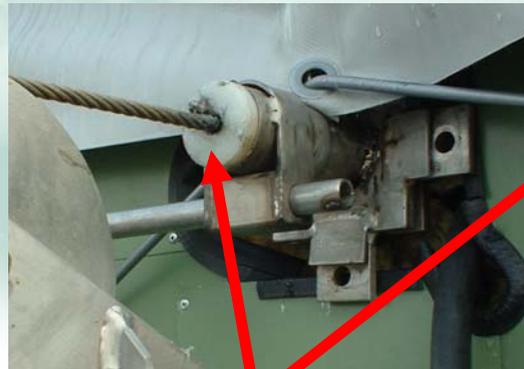


Überdruck-/Unterdrucksicherung am Fermenter



Austritt der Luft zum Aufblasen des Fermenterdachs

Regelmäßige
Abluftmessungen wg.
Gasdichtigkeit des
Zwischendachs



Gasdicht? Ex-Zone?



Durchführungen durch die Fermenterwand

Risiken von Biogasanlagen: Explosion in einer GVS



Gaskühlung zur Kondensatabscheidung

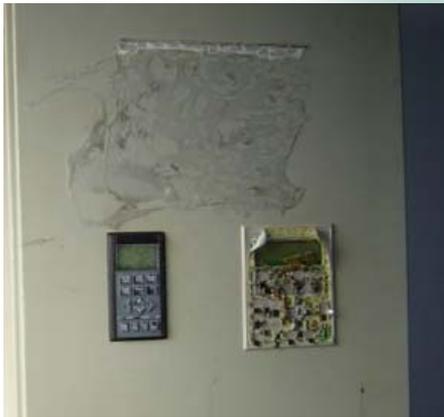
Druckseitige Kondensatabscheidung ohne
Schutz vor Gasaustritt

Risiken von Biogasanlagen: Explosion in einer GVS



Druckseitige Kondensatabscheidung ohne Schutz vor Gasaustritt

Risiken von Biogasanlagen: Explosion in einer GVS



Schaden am Steuerschrank

Schaden an der Tür



Was fehlt?



Brandspuren vor dem Gebäude



Explosionsspuren an der Einrichtung

Stachowitz, Nov. 2005

Sensibilisierung für Schutz / Gefahrenanalyse



Aktivkohlefilter



Raumluftüberwachung

Sensibilisierung für Schutz / Gefahrenanalyse

Anfahrerschutz



Pro-forma-Sicherung der Rohrbrücke

Sensibilisierung für Schutz / Gefahrenanalyse

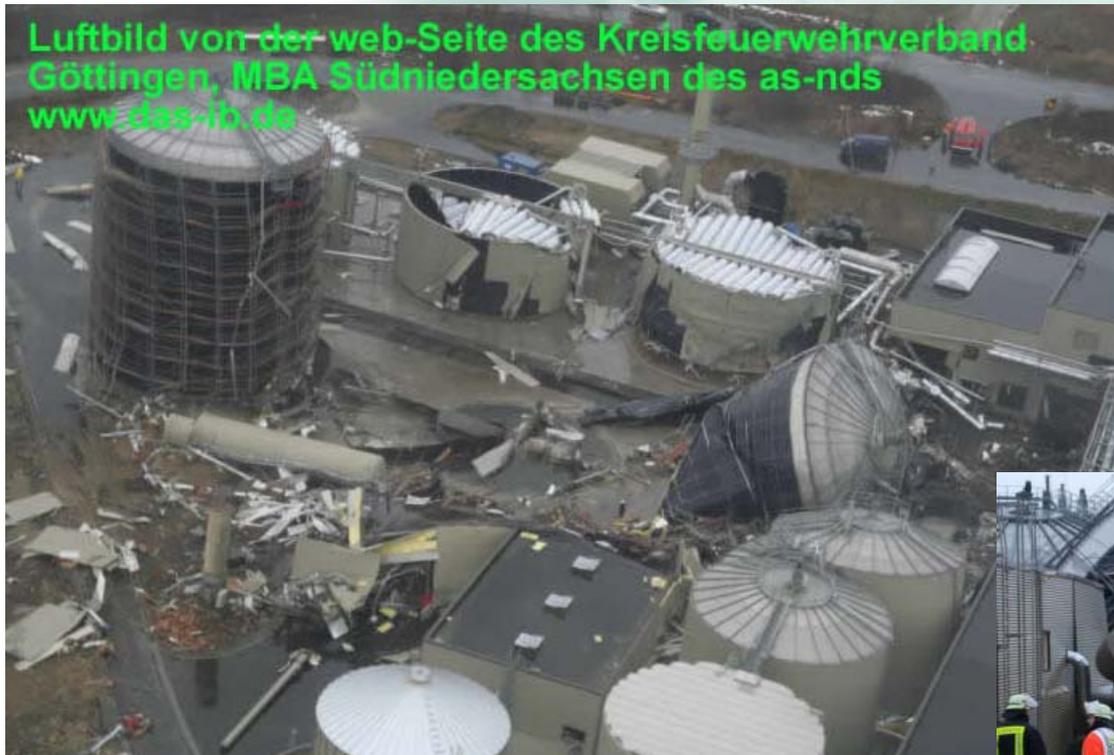


Vorbildliche Beschilderung



Raumluftüberwachung im Abluftstrom

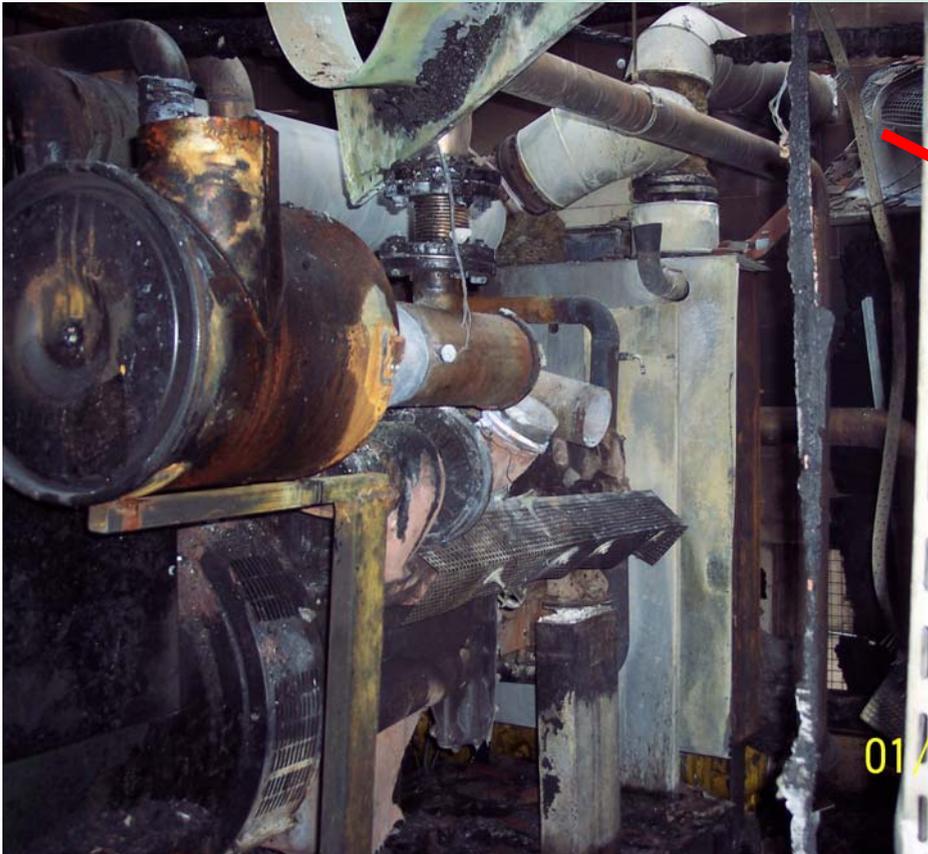
MBA Havarie - Göttingen



Bilder von der Havarie auf der MBA Deiderode im Januar 2006

Stachowitz, Jun. 2006

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



Bilder vom Brandschaden in einer BGA

Höhe zur Decke?

Isolierung?

Abgastemperaturen und
Abgasmengen

„Merkblatt für die Feuerwehr“ ??



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

bei Feuer im Schaltschrankraum, Niederspannungshauptverteilung oder Trafostation:

Gaszuleitung zum Blockheizkraftwerk absperren.
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 Notfackel abbrennen.
 - bei Austritt von Hydrolysegasen (CO₂, H₂S, NH₃) mit umluftunabhängigen Atemgeräten arbeiten.
- Gaswarn-Handgerät beim Einsatz mitführen - warnt vor explosiven Gas-/Luftgemischen u toxischen Gas-/Luftgemischen.



- 10 -



3.6 Versuch benzingetränkter Lappen

Nach ca. 2 Minuten des kontrollierten Abbrandes des entweichenden Biogases wurde ein brennender benzingetränkter 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 benzingetränkter Lappen wird auf den Foliengasspeicher geworfen

Versuche zum Brandverhalten der Fermenterfolie

Absprachen, Begehung mit der zuständigen Feuerwehr

Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes

Sicherstellung der Befahrbarkeit und Erreichbarkeit aller brennbaren Teile der BGA durch:

- tragfähigen Unterbau
- ausreichende Kurvenradien
- Feuerwehrstellflächen
- Löschwassersysteme und Löschwasserversorgung
- Handfeuerlöscher
- Feuermeldeeinrichtungen
- ggf. **weitere Maßnahmen** mit der **zuständigen Feuerwehr** abstimmen.

**NOT-AUS oder
NOT-STOP?**



Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes

Erstellung einer **Brandschutzordnung** und eines **Brandschutzplans**

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.



Arbeitskleidung kann Leben retten!

Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit!

Fotos vom Lehrgang



Fotos: Kreiswehrführer Frank Raether