

DST 16. März 2007, Berlin

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

# Aktuelle Schadensfälle, Ursachen an Biogasanlagen und mechanisch- biologischen Abfallbehandlungs-anlagen aus der Sicht eines ö.b.u.v. SV

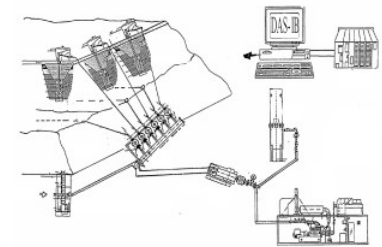
Wolfgang H. Stachowitz / Co. Autor Gregor Entfellner

**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

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

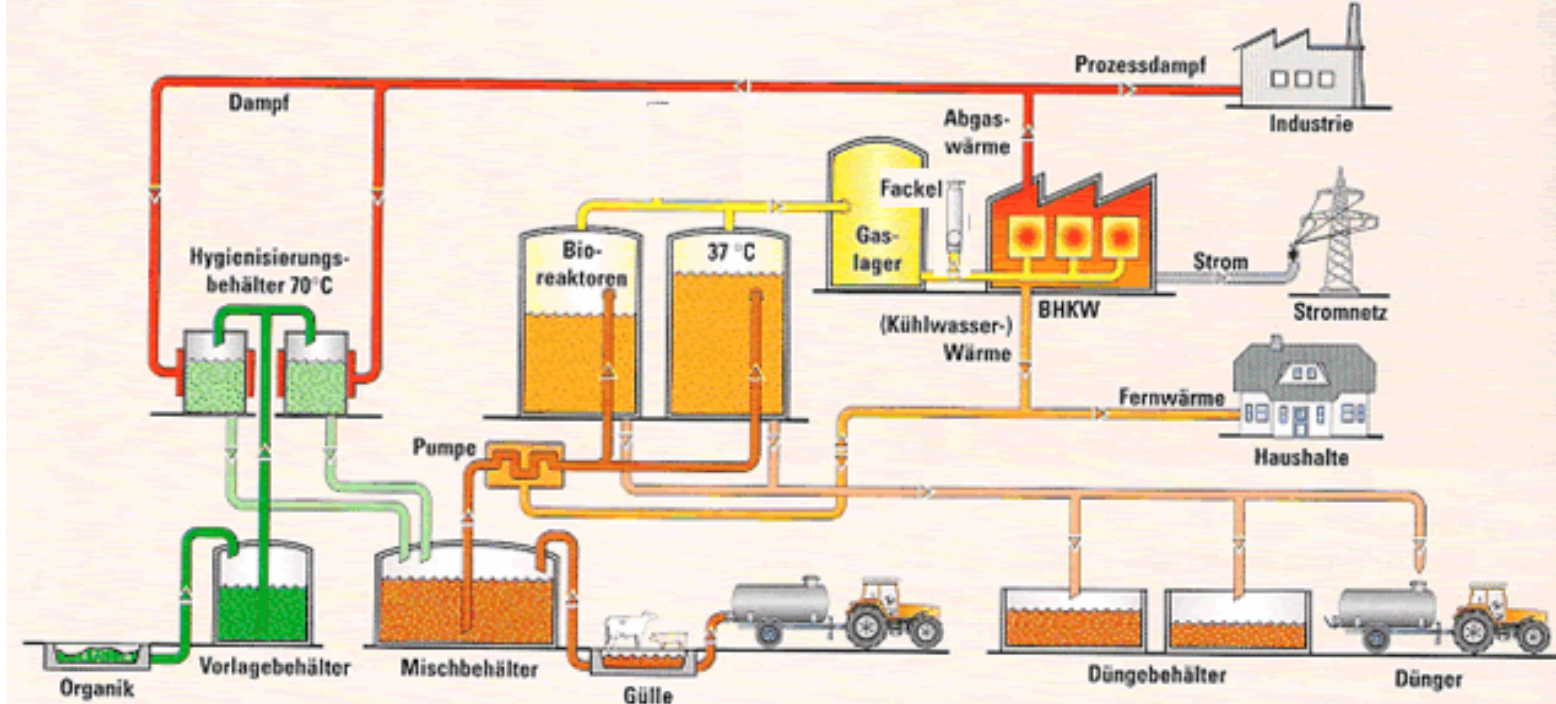


- 1. Einleitung**
- 2. Materialauswahl und -verbau**
- 3. Statik dynamischer Systeme**
- 4. Viskositäten geförderter Medien**
- 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen**
- 6. Havarien**
- 7. Schächte**
- 8. Risikoanalyse**

# 1. Einleitung

## Funktionsweise einer Biogasanlage (BGA)

### Aufbau & Komponenten einer BGA **Biogasanlage** [www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



# 1. Einleitung

- **Boom im Biogassektor**
- **gerichtliche Auseinandersetzungen häufen sich**
- **oft sind Verträge ungenügend**



Verschiedene Biogasanlagen

# 1. Einleitung

**Biogas** besteht aus:

**Methan (50 - 70 Vol.-%)**

**Kohlendioxid (30 bis 50 Vol.-%)**

**Schwefelwasserstoff (Spuren bis 2 Vol.-%)**

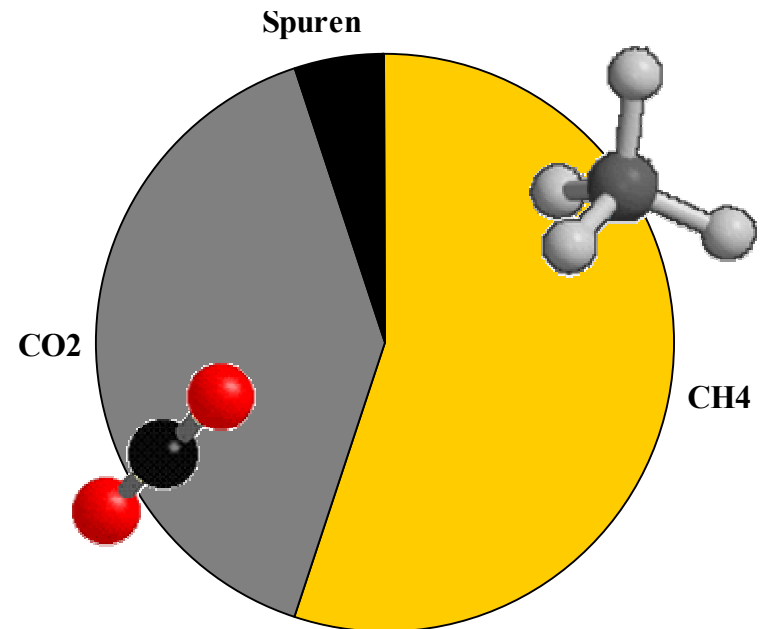
**Wasserstoff (< 1 Vol.-%)**

**Ammoniak (< 2 Vol.-%)**

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

u.a.

**ca. 50 Vol.-% CH<sub>4</sub> bei NaWaRo Mais**



Beispielhafte Zusammensetzung von Biogas

## 1. Einleitung, Personenschutz

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

**Sauerstoff (O<sub>2</sub>):** < 17 Vol % Sauerstoffmangel, darunter erst Verminderung der Leistungsfähigkeit bis Bewusstlosigkeit und Tod bei ca. 6 – 8 Vol % deshalb > 20 Vol %,

**Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>):** MAK 5000ppm = 9.100 mg/m<sup>3</sup> = 0,5 Vol %) geruchlos; ab 1 Vol % erste Beeinträchtigungen und Schädigungen

**Methan (CH<sub>4</sub>):** 100 % UEG, Ex = 4,4 Vol %; Grenzwert: 20 % UEG = 0,9 Vol %

**Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S):** MAK 10ppm = 14 mg/m<sup>3</sup> = 1 / 1000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol %

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

# PVC für gasführende Rohre nicht Stand d. Technik

## Stahl und Korrosion

## Schraubenüberstände



Handelsübliches KG-Rohr als Gasleitung

Druckfestigkeit durch fehlende Schraubenüberstände  
nicht gewährleistet

## 2. Materialauswahl und -verbau II

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

### Materialmix - frei stehende Leitungen



Übergang Edelstahl / Stahl verz. / Stahl lackiert



Bei starkem Wind droht Gasleitung zu brechen



### 3. Statik dynamischer Systeme I

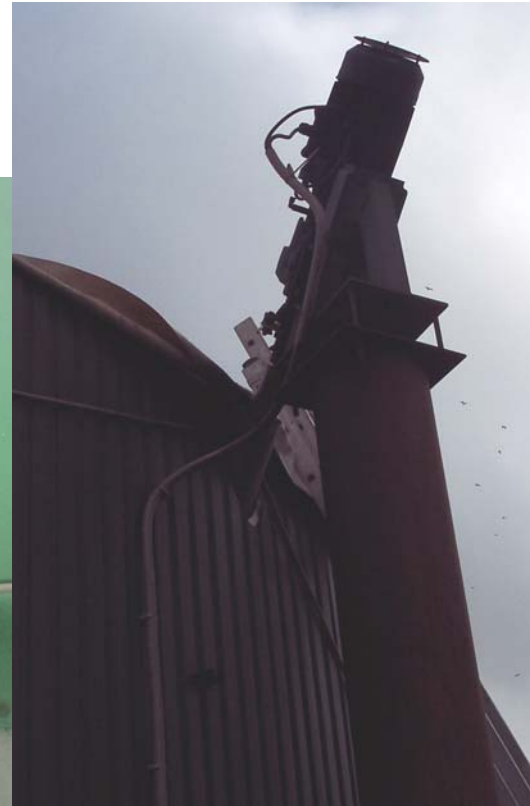
**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

## Fermenter-Rührwerke



Gegen Schwingungen gesichertes Rührwerk

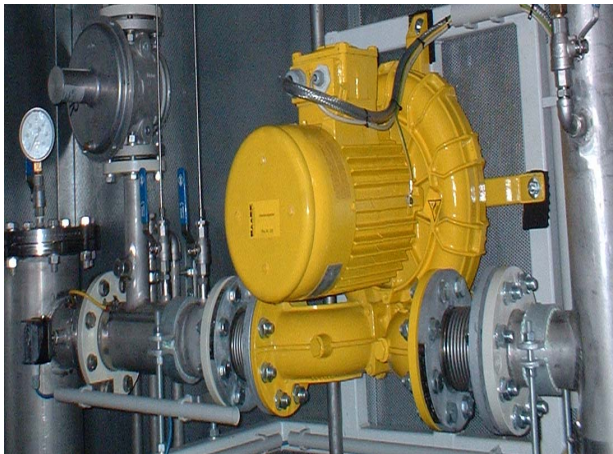


nicht gesichertes Rührwerk - > Hebelwirkung

### 3. Statik dynamischer Systeme II

## Kompensatoren

- ohne Festpunkt verbaut
- fehlen



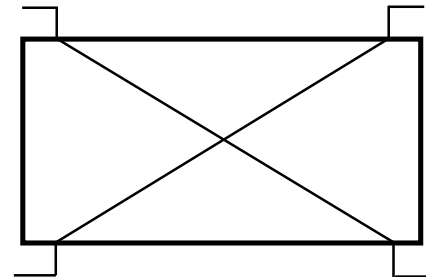
Fachmännisch verbaute Kompensatoren an einem Verdichter

#### 4. Viskositäten geförderter Medien

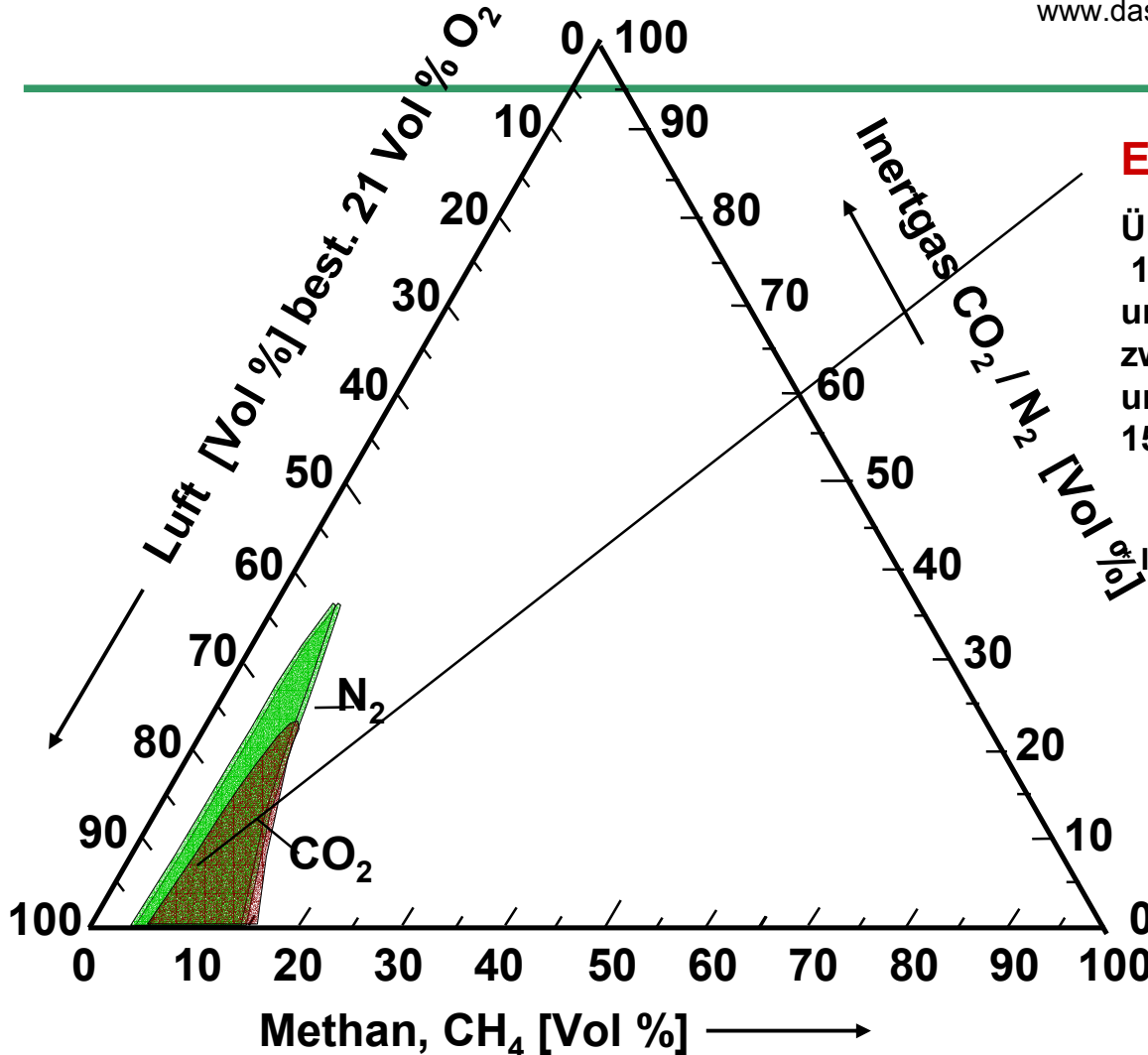
**real höhere Druckverluste, als geplant**

**→ Versagen von Pumpen und Wärmetauschern**

**Bsp.: befördert wurde Gülle-Maïssilage-Gemisch mit dyn.  
Viskosität von  $\sim 1.000 \text{ mPa s}$ , ausgelegt wurde jedoch  
nur für  $1,648 \text{ mPa s}$  (Wasser)**



## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen



### 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<sub>a</sub> / - 20 – + 60 °C)

für den Explosionsbereich

Methan / Luft / CO<sub>2</sub>- N<sub>2</sub> – Gemischen

## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

### **Primärer Explosionsschutz:**

Durch  
Vermeidung der Bildung  
explosionsgefährlicher  
Atmosphäre

z.B.:  
Gasanlage betriebsmäßig  
optimieren und überwachen,  
Inertisieren,  
Konzentrationsbegrenzung  
unterhalb der unteren  
Explosionsgrenze



### **Sekundärer Explosionsschutz**

Durch  
Vermeidung der Zündung  
explosionsgefährlicher  
Atmosphäre  
Zündquellen - > nächste Folie

### **Tertiärer Explosionsschutz**

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

## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

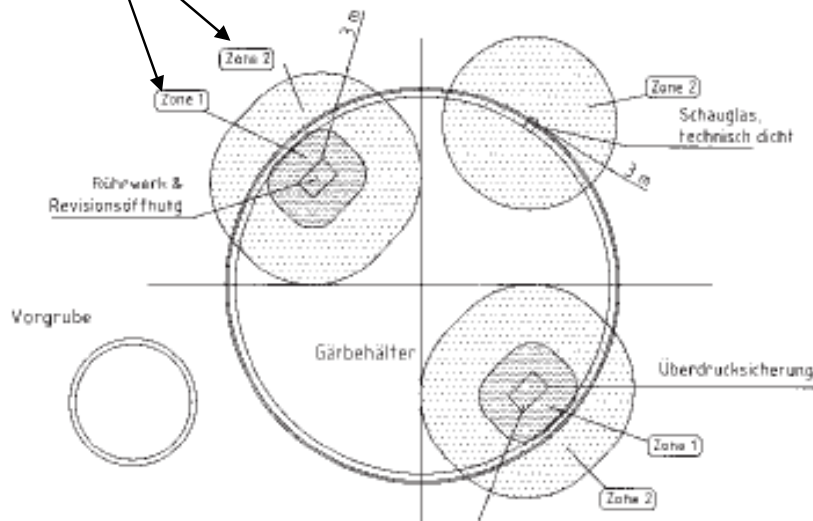
www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814



## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

**99/92/EG (ATEX 137) BetrSichV –**  
**Festlegung der Zoneneinteilung, durch**  
**Arbeitgeber / BETREIBER**  
**nicht SV, Behörde oder BG, da**  
**real falsch / Pauschale Einteilung**

**Zone 1**  
**Zone 2**



**Konkret:**

**40 – 50 m<sup>3</sup>/h Abblasen ergaben**  
**in 20 – 30 cm H<sub>2</sub>S Gefahr**  
**und**  
**ca. 1 m 100 % UEG Methan und höher**



## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

### Brände



Brandschaden an einem BHKW-Gebäude





## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

### Verpuffungen



Verpuffung am Beispiel einer Notfackel



## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

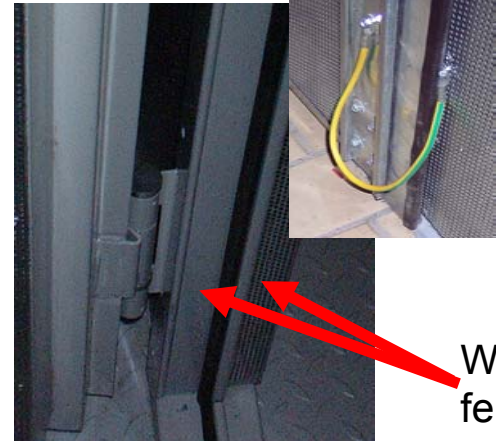
### Explosion in einer GVS



Schaden am Steuerschrank



Schaden an der Tür



Was fehlt?



Brandspuren vor dem Gebäude



Explosionsspuren an der Einrichtung

## 5. Brände, Verpuffungen und Explosionen Explosionsschutz ernst genommen ...

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814



## 6. Havarien I

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

### MBA Deiderode

Luftbild von der web-Seite des Kreisfeuerwehrverband  
Göttingen, MBA Südniedersachsen des as-nds  
[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



Bilder von der Havarie auf der MBA Deiderode im Januar 2006

### **BGA Rhadereistedt**

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.**

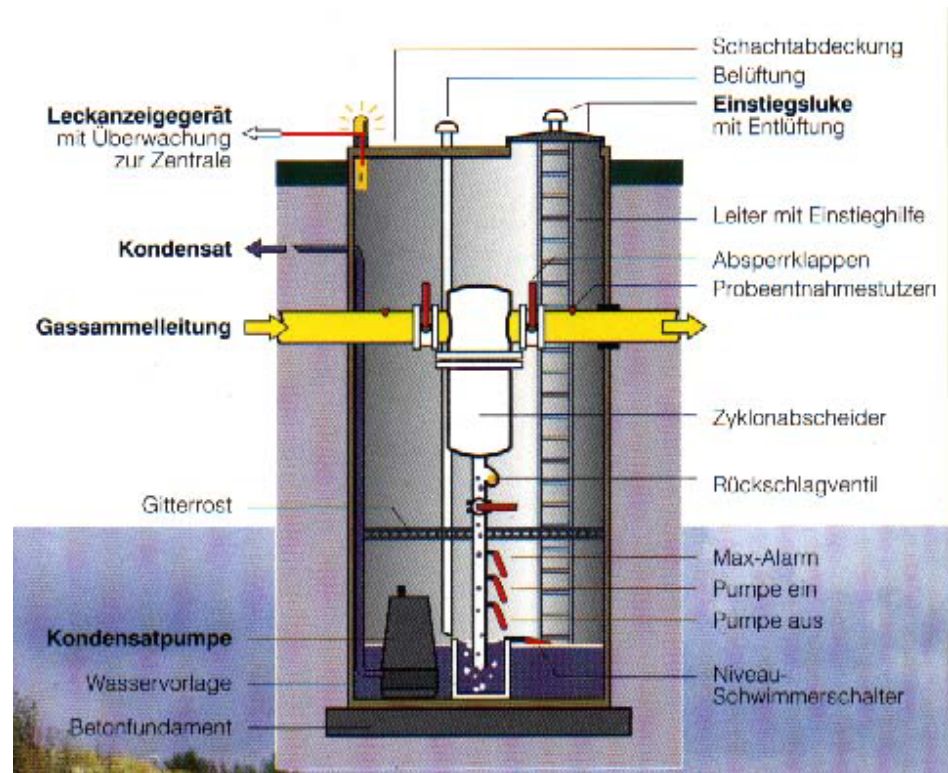


Nur mit schweren Atemschutzgerät konnten die Helfer  
das Gelände betreten. Foto: zz

## 7. Schächte

### Kondensatschächte oft ohne:

- Lüftung
- Wasservorlage



## 7. Schächte

Ex - Zonen in Schächten ....



## 8. Risikoanalyse



### Hinweis:

**I) IdR beziehen sich die Auslegungen der Wassertassen auf das Füllmedium Wasser.**

**Und nicht z.B. auf ein Füllmedium Ethylenglykol (Frostschutz).**

**Die höhere Dichte von Ethylenglykol (1,11) verschiebt den Ansprechdruck um 11 %.**

**II) Ferner wird oft die Kondensation von Wasser aus der Luft vergessen**



## 8. Risikoanalyse

Rohgasanforderungen für eine gasmotorische Nutzung:

z.B. Deutz - Motore

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

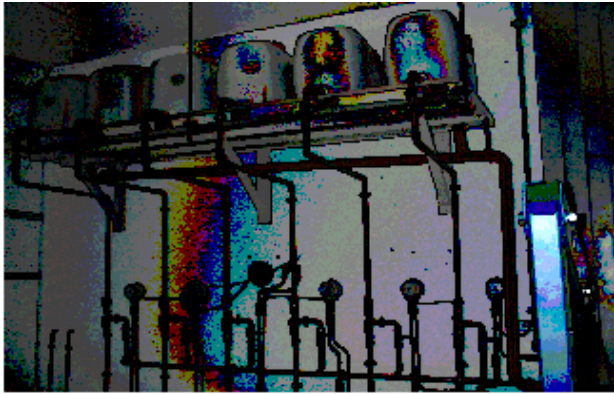
www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814

Eigenschaft	Kz.	Einh.	Grenze	Bemerkung
Heizwert (unterer Heizwert)	H <sub>u</sub>	[kWh/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> ]	≥ 4	
Änderungsgeschwindigkeit	H <sub>u</sub>	[%/min]	< 5	
CO <sub>2</sub> /H <sub>u</sub>	CO <sub>2</sub> /H <sub>u</sub>	[Vol%/kWh/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> ]	< 10	
Schwefelgehalt (gesamt)	S	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 2200	wegen Korrosion im Motor
oder H <sub>2</sub> S - Gehalt	H <sub>2</sub> S	[Vol%/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 0,15	
Chlorgehalt (gesamt)	Cl	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 100	
Fluorgehalt (gesamt)	F	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 50	
Summe Chlor und Fluor	(Cl+F)	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 100	
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 30	
Staubgehalt		[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 10	
Korngröße		[µm]	3 - 10	
Öldämpfe > C5 < C10		[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 3000	keine Kondensation in Gasregelstrecke und Ansaugrohr
Öldämpfe > C10		[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 250	
Silizium (organisch)	Si	[mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	< 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**

**Deponie-  
gase**

## 8. Risikoanalyse – Vorbeugung & Schäden an Gasmotoren



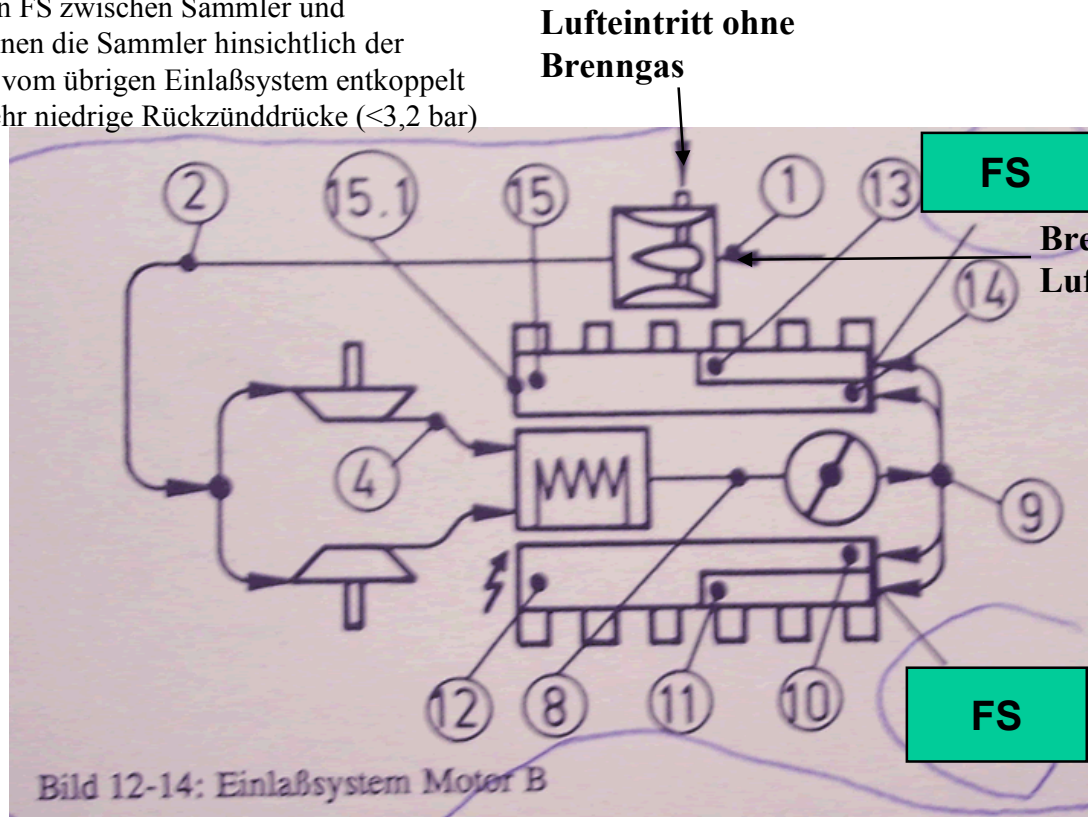
Schäden an:

Ventilen, Zylinderköpfen und Turbolader, da die Rohgasgrenzwerte überfahren wurde.

Vorbeugende Wartung: Tagesölbehälter und oder Durchführung von Rohgasanalysen

## 8. Risikoanalyse – Sinnhaftigkeit von Flammensperren (Einbauorte)

Durch den Einbau von FS zwischen Sammler und Gemischverteiler können die Sammler hinsichtlich der Flammenausbreitung vom übrigen Einlaßsystem entkoppelt werden, so daß nur sehr niedrige Rückzünddrücke (<3,2 bar) entstehen.



Ursache von Rückzündungen:

- \* Defekte Zündanlage
- \* Falscher Zündzeitpunkt
- \* Hängendes Ventil
- \* defekte Stößel
- \* falsche Zündkerze

### Quelle:

Hans – Jürgen Schiffgens,  
FEV Motorentechnik mit JES, MAN, EES und MWM, 1990

## 8. Risikoanalyse

### „Rest“ – Risiko Blitzschlag



Sinnhaftigkeit von Blitzfangstangen



Das Risiko (R) für einen Blitzschaden ergibt sich aus:

$$R = N * P * \delta$$

N: Häufigkeit eines Blitzeinschlages

P: Schadenswahrscheinlichkeit

$\delta$  : Schadensfaktor zur quantitativen Bewertung – Schadenhöhe, Ausmaß

## 8. Risikoanalyse

### Zündquellen

#### Vorhandensein von wirksamen Zündquellen:

---

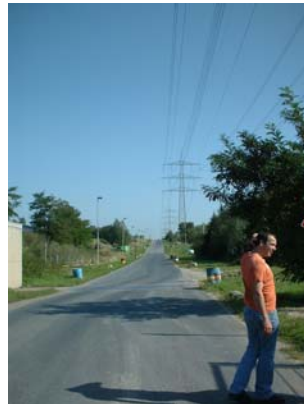
- **Heiße Oberflächen** - > T4, Methan > 500 °C siehe Folie 15
- **Flammen und heiße Gase** (Form, Struktur, Verweilzeit)
- **Mechanisch erzeugte Funken** - > Reiben, Schlagen, Abtragen
- **Elektrische Anlagen** - > Funken (Schaltvorgänge, Wackelkontakt, Ausgleichströme), heiße Oberflächen (Bauteil)
- **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

## 8. Risikoanalyse

### Zündquellen

#### 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 Laserstrahlung**
- **Ionisierende Strahlung** - > **Röntgen, radioaktive Strahlung**
- **Ultraschall**
- **Adiabatische Kompression und Stoßwellen**
- **Exotherme Reaktion, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben**



### 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

## 8. Risikoanalyse

Anfahrerschutz

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814



Reicht das ?

## 8. Risikoanalyse

Begehung mit der  
zuständigen Feuerwehr

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814



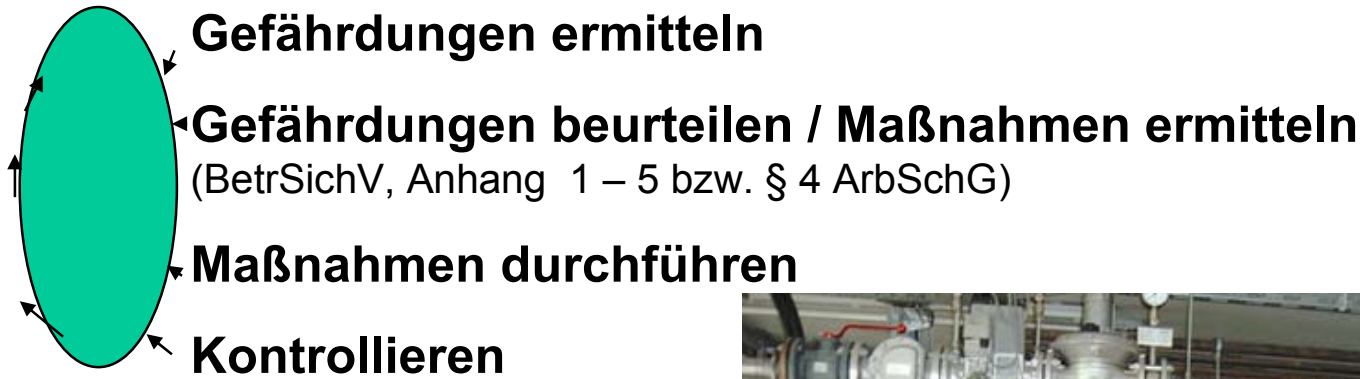
Brandschutzplan /  
Brandschutzordnung



## 8. Risikoanalyse Gefährdungsbeurteilung als ständiger Kreislauf

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

www.das-ib.de, Tel. + Fax 0431 / 683814



**Sie sehen also,  
es gibt „wilde Anlagen“**

**und**

**Anlagen, die in einem Rechtsrahmen nach einer Genehmigung,  
mit Abnahmen  
mit Prüfungen  
mit einer Dokumentation  
mit einem guten BGB / VOB – Vertrag**

**Errichtet worden sind und es gibt dennoch Unfälle und „Streit“**

**Kein Regelwerk und kein SV ersetzt das Denken  
und  
die Betriebserfahrungen der Betreiber  
für die notwendige  
Sicherheit  
auf der Anlage**

**Ich bedanke mich für  
Ihre Aufmerksamkeit!  
Und bei weiterem Interesse  
empfehlen wir eine Teilnahme an:**

**DAS – IB GmbH**  
**LFG - & Biogas - Technology**

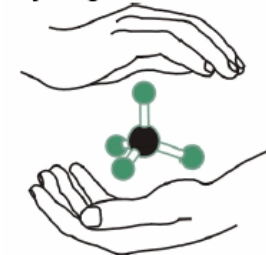
Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

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

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

**Bio- und  
Deponiegas  
Fachtagung  
mit Ausstellung**  
16. / 17. April

Synergien nutzen und



voneinander lernen

**Nürnberg 2007**

**Seminar**  
17. / 18. April

DAS - IB GmbH  
LFG- & Biogas - Technology

