

# Biogasanlagen - Sicherheitstechnik, Abnahmen –

Torsten Fischer

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH  
Hannah-Vogt-Strasse 1, 37085 Göttingen, Germany  
Tel.: 0551 900363-0, Fax: 0551 900363-29  
Fischer@KriegFischer.de  
www.KriegFischer.de

Höxter, 15. Januar 2009, Vorlesung FH Höxter

## Aufbau Vorlesung

- Einführung, EEG, Politik 24.11.2008
- Genehmigung, Inputstoffe, Verfahrenstechnik 04.12.2008
- Technik (Fermenter, Wärmeeintrag, Durchmischung, Feststoffeintragstechnik, BHKW) 11.12.2008
- Auslegung, Sicherheitstechnik, Abnahme, VOB, Vertragswesen, Gewährleistung, Inbetriebnahme, Wirtschaftlichkeit, Betrieb 15.01.2009

# Sicherheitstechnik

Sicherheitsregeln für  
landwirtschaftliche Biogasanlagen

Stand: 30. September 2008

# Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen

<b>1 Allgemeines</b>			
1.1	Begriffe		
1.2	Gasschema einer ldw. Biogasanlage		
1.3	Eigenschaften Biogas		
1.4	Gefahren		
1.5	Hinweise zur Genehmigung		
<b>2 Anlagenteile</b>			
2.1	Allgemein		
2.2	Gärbehälter/Fermenter/Reaktor		
2.3	Güllelager		
2.4	Gaslager		
2.5	Anlagensteuerung und Prozessleittechnik		
2.6	Gasaufbereitung		
2.7	Gasleitungen		
2.8	Armaturen, Sicherheitseinrichtungen, gasbeaufschlagte Anlagenteile		
<b>3 Explosionsgefährdete Bereiche, EX-Zoneneinteilung</b>			
3.1	Anforderung/Kennzeichnung		
3.2	Einteilung der Zonen		
3.3	Anforderungen an Einrichtungen in explosionsgefährdeten Bereichen		
3.4	Bemessung des Bereichs der Zone 1		
3.5	Bemessung des Bereichs der Zone 2		
<b>4 Aufstellräume</b>			
4.1	Gasfeuerungen		
4.2	Blockheizkraftwerke (BHKW)		
<b>5 Betrieb</b>			
<b>6 Brandschutz</b>			
<u>Anhänge:</u>			
1.	Inbetriebnahme/Widerinbetriebnahme einer Biogasanlage		
2.	Abnahmeprotokoll		
3.	Musterbetriebsanleitung für eine Biogasanlage im Normalbetrieb		
4.	Muster Betriebsprotokoll		
5.	Musterbetriebsanleitung für eine Biogasanlage bei Störungen		
6.	Außerbetriebnahme einer Biogasanlage		
7.	Musterbetriebsanweisung "Gülle- und Biogase"		
8.	Vorschlag für den Inhalt eines Alarm- und Gefahrenabwehrplans		
9.	Beispiele zur Zoneneinteilung		
10.	Dichtheit von Apparaturen		
11.	Beispiele weiterer Vorschriften und Regelwerke		

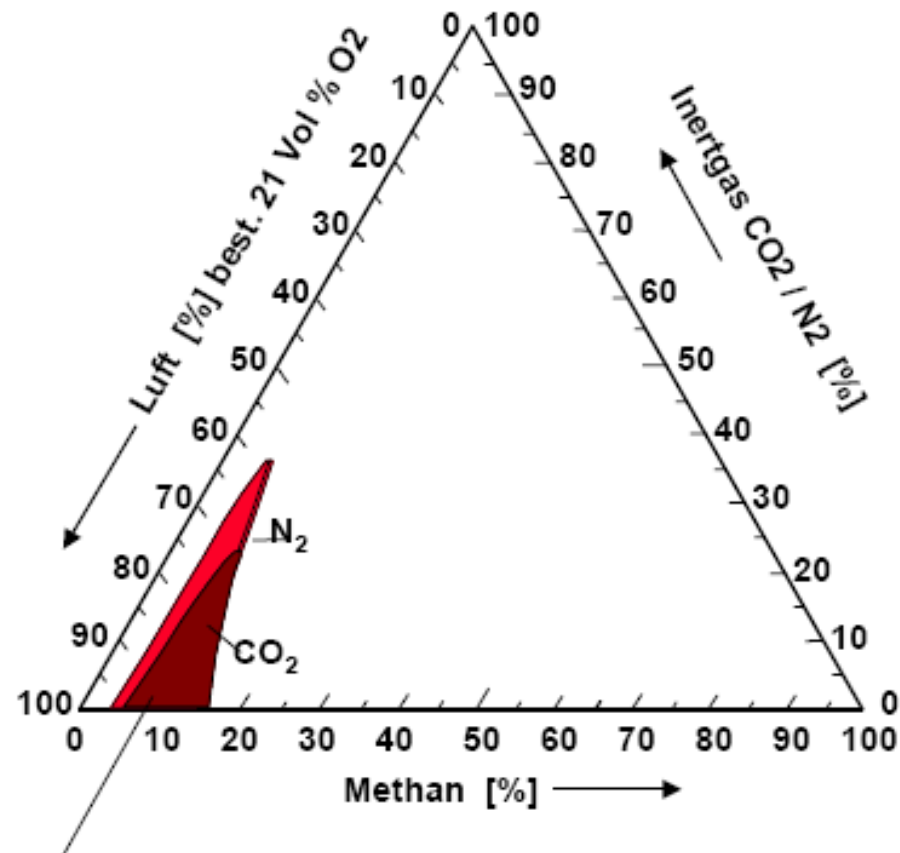


Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

## Gefahren bei der Verwendung von Biogas (1.4)

- Lebensgefahr durch Ersticken oder Vergiften in Schächten und Behältern
- Gesundheitsgefährdung durch Kofermentationsstoffe
- Entstehung von Bränden
- Korrosion durch aggressive Gasbestandteile
  
- **Explosion durch zündfähige Gas/Luft-Gemische**

# Explosionsdreieck



# Sicherheitsanforderungen

- Gasführende Teile der Anlage gegen chemische und mechanische Einflüsse schützen (2.1.3)
- Gärbehälter müssen mit jederzeit wirksamen Sicherheitseinrichtungen versehen sein (2.2.4)
- Befüllöffnungen müssen gegen Hineinstürzen gesichert sein (2.2.5)
- Bei der Beschickung/Entnahme der Behälter dürfen keine Gasgefahren entstehen (2.2.7)

## Explosionsgefährdete Bereiche (3.2)

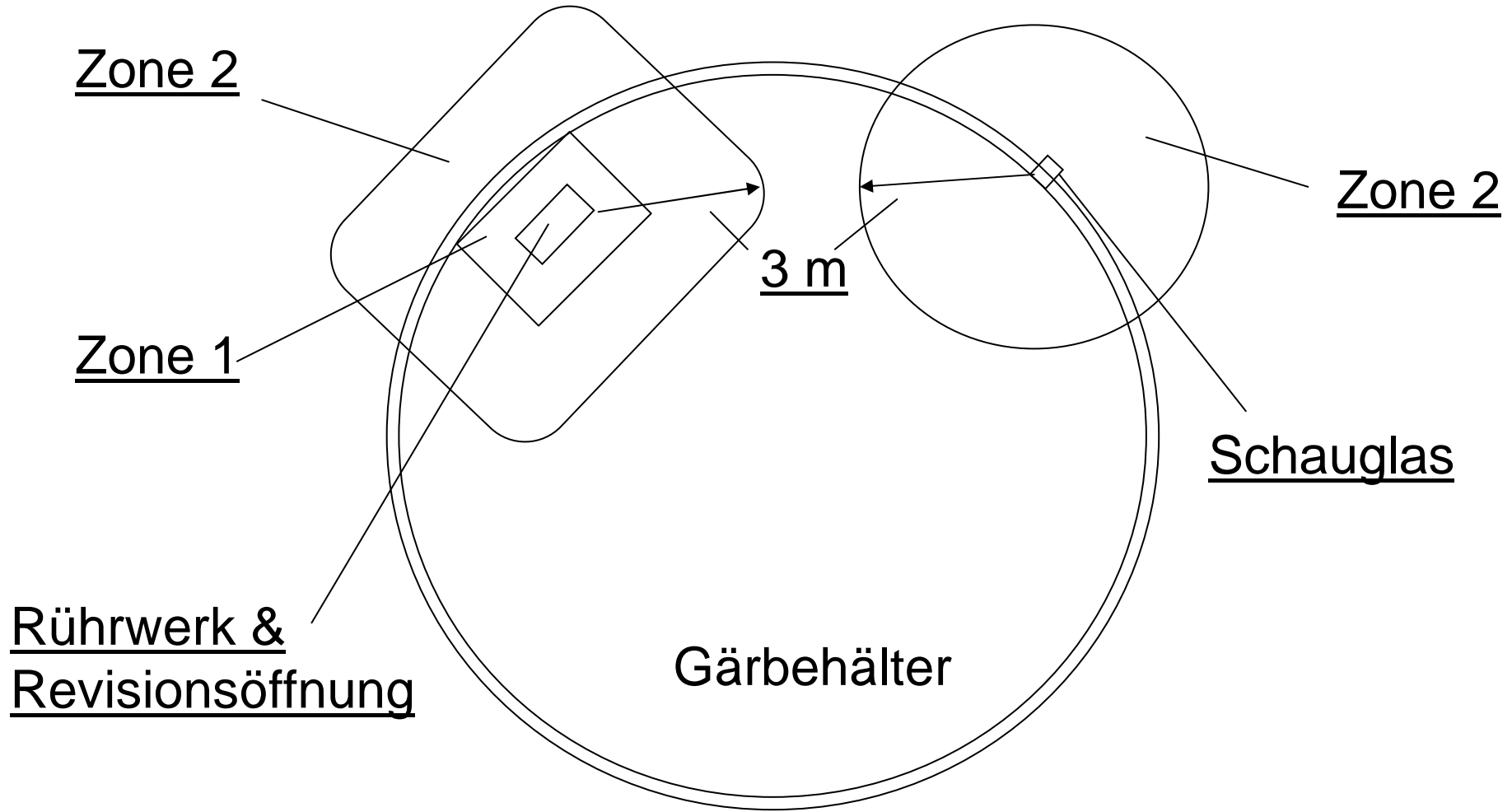
- Räumliche Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann
- Sie werden nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären in Zonen eingeteilt
- Sie entstehen um folgende Anlagenteile herum (3.5):
  - Folienspeicher
  - Be- und Entlüftungsöffnungen
  - Serviceöffnungen



## Ex-Zoneneinteilung (3.2)

- mit explosionsfähiger Atmosphäre ...
- Zone 0:
  - ... muss ständig und langfristig gerechnet werden
- Zone 1: (Abstand von 0 – 1m)
  - ... ist gelegentlich zu rechnen
- Zone 2: (Abstand von 1 – 3m)
  - ... muss nicht gerechnet werden, und wenn, dann nur kurzzeitig

# Ex-Zoneneinteilung (3.2)



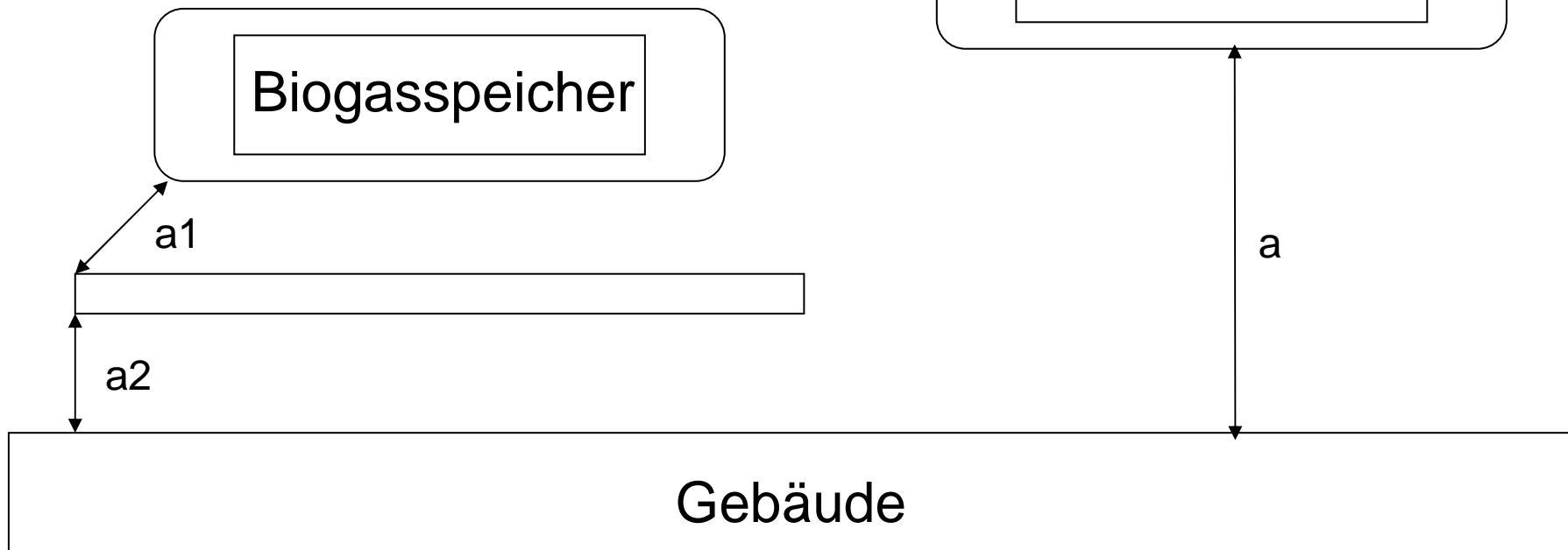
## Schutzabstände (2.4.5)

- Zur Verminderung der gegenseitigen Beeinflussung in einem Schadensfall sind Schutzabstände zwischen Gasspeicher und nicht zur Anlage gehörenden Einrichtungen einzuhalten
- Der Schutzabstand kann durch ausreichende Erddeckung und Schutzwände reduziert werden
- Schutzabstand (in m) abhängig vom maximalen Gasvolumen je Behälter

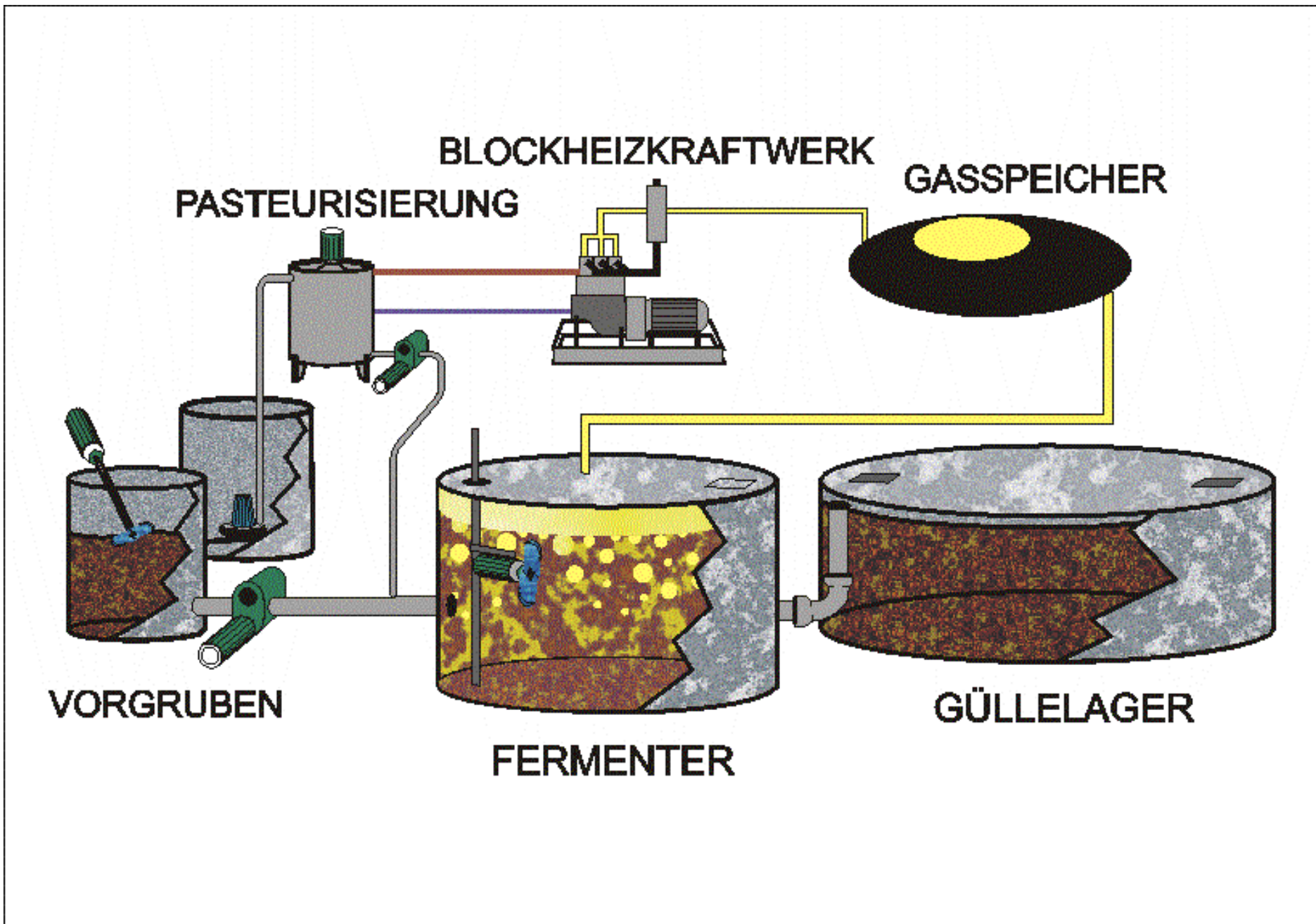
# Schutzwandordnung (2.4.5)

mit Schutzwand

ohne Schutzwand



# Auslegung einer Biogasanlage



# Auslegung einer Biogasanlage

Ansatz: 191 kWel, Gülle + Kofermente

Input: - 5.000 m<sup>3</sup>/a Rindergülle, 9% TS

- 2.000 t/a Ganzpflanzensilage

- Rest Maissilage

## Aufgabe:

Gasmotor: MAN, 191 kW<sub>el</sub>,  $\eta_{el}$  0,387

Input: - 5.000 m<sup>3</sup>/a Rindergülle, 9% TS, 250 m<sup>3</sup>/t<sub>oTS</sub>

- 2.000 t/a GPS, 30% TS, 600 m<sup>3</sup>/t<sub>oTS</sub>

Welche Menge Maissilage pro Jahr? (700 m<sup>3</sup>/t<sub>oTS</sub>)





**Input:**

Rindergülle	5.000 m <sup>3</sup> /a
Ganzpflanzensilage	2.000 t/a
Maissilage	1.600 t/a
<b>Summe</b>	<b>8.600 m<sup>3</sup>/a</b>

**Trockensubstanz:**

Rindergülle	9,0 % Input
Ganzpflanzensilage	30,0 % Input
Maissilage	32,0 % Input
<b>Summe</b>	<b>18,2 % Input</b>

**organische Trockensubstanz:**

Rindergülle	80,0 % TS
Ganzpflanzensilage	90,0 % TS
Maissilage	94,0 % TS



**Spez. Gasproduktionsrate:**

Rindergülle	250 m <sup>3</sup> /t oTS
Ganzpflanzensilage	600 m <sup>3</sup> /t oTS
Maissilage	700 m <sup>3</sup> /t oTS

**Biogasproduktion:**

Rindergülle	90.000 m <sup>3</sup> /a
Ganzpflanzensilage	324.000 m <sup>3</sup> /a
Maissilage	336.896 m <sup>3</sup> /a

**Methangehalt:**

Rindergülle	60 %
Ganzpflanzensilage	55 %
Maissilage	53 %
<b>Summe</b>	<hr/> 55 %



Heizwert	5,5 kWh/m <sup>3</sup>
Biogasproduktion:	750.896 m <sup>3</sup> /a
	86 m <sup>3</sup> /h
Biogasleistung:	469 kW
<b>Motorleistung, installiert (1 Gasmotor)</b>	<b>494 kW</b>
<b>Motorleistung, elektrisch</b>	<b>191 kW</b>
<b>Produzierte Arbeit, elektrisch</b>	<b>1.589.621 kWh/a</b>
<b>Motorleistung, thermisch</b>	<b>215 kW</b>
<b>Produzierte Arbeit, thermisch</b>	<b>1.789.364 kWh/a</b>

ohne Berücksichtigung der Eigenleistung !

Basis: 100% Verfügbarkeit der Motoren

Bei einer Verfügbarkeit von 90% (etwa 7.900 h/a)

ergibt sich eine produzierte elektrische

Leistung aus dem Biogas von

1.510.140 kWh/a

## Aufgabe:

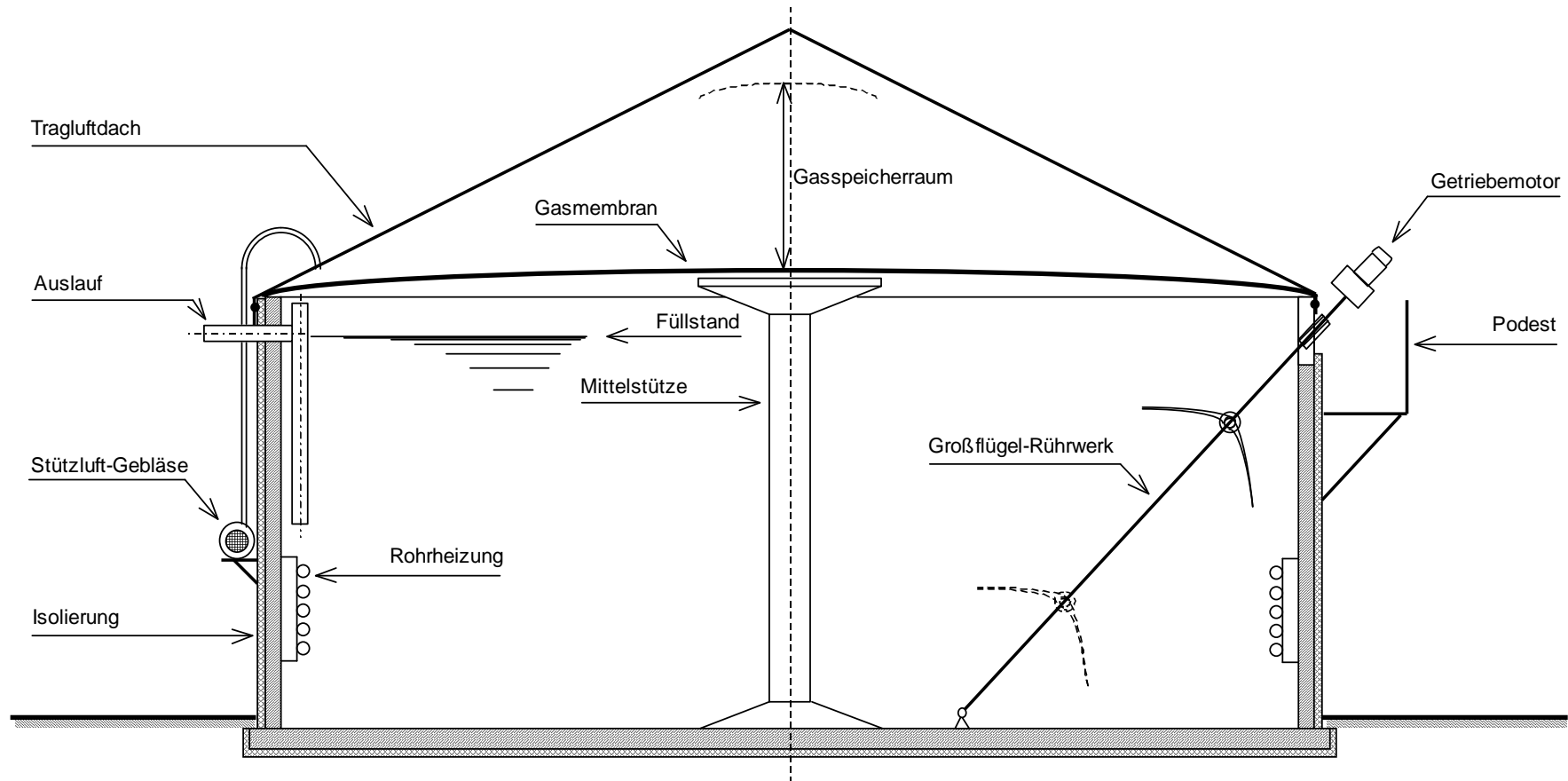
Fermenter: seitlich gerührt

Organische Raumbelastung:  $3,5 \text{ kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3 \times \text{d})$

Wie groß muss der Fermenter sein?

Wie lang ist die hydraulische Verweilzeit?

# Typischer Biogasfermenter, optimiert





Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Verweilzeit

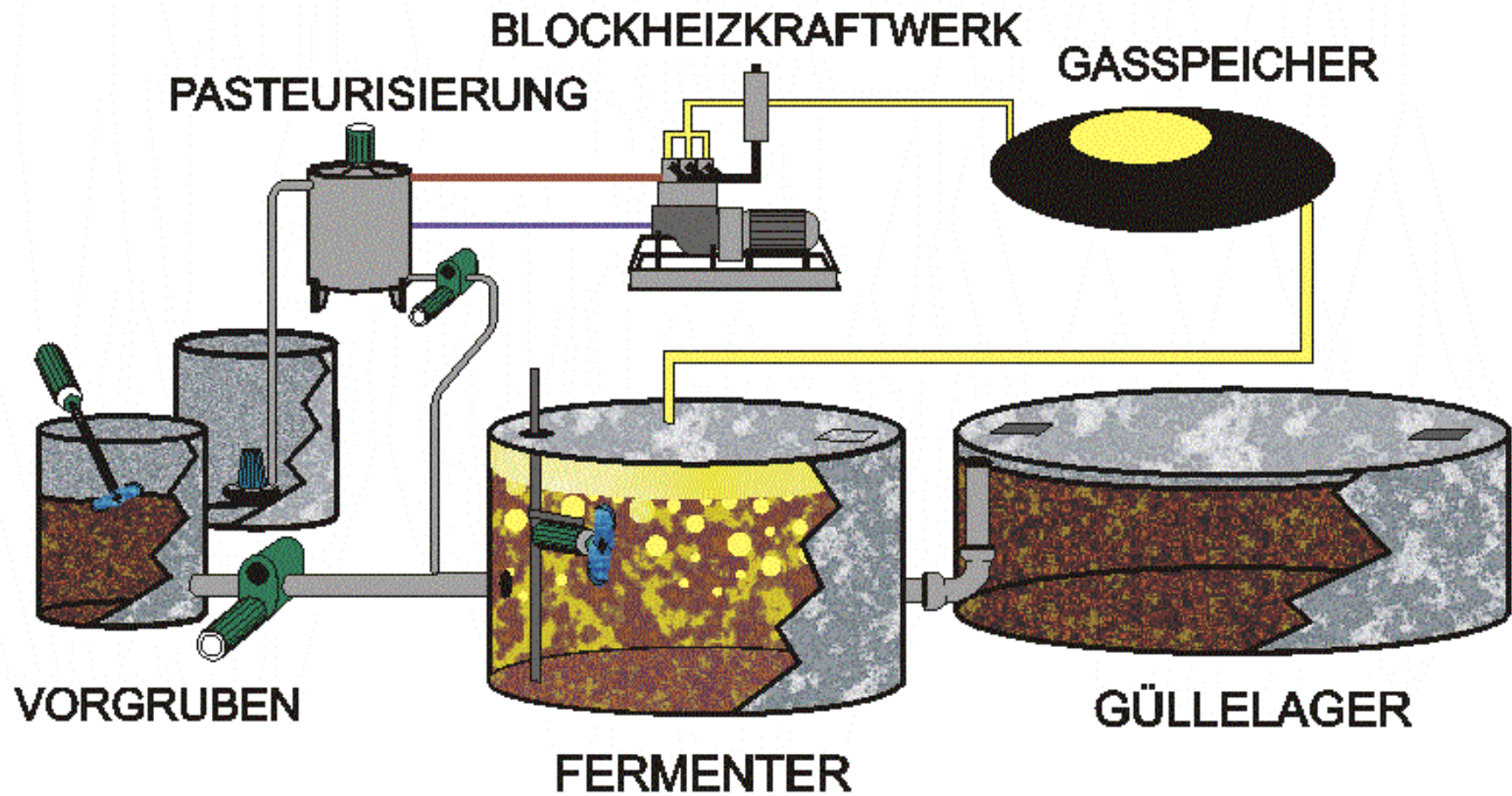
46,9 Tage

Fermentervolumen (netto)

1.106 m<sup>3</sup>

Raumbelastung

3,4 kgoTS/m<sup>3</sup>/d



## Aufgabe:

Welche Endlagerkapazität benötigt man für 6 Monate Lagerung des Gärsubstrats?

Ansatz: Lagerkapazität für die Rindergülle ist auf dem Betrieb vorhanden



<b>Massenbilanz</b>		Methangehalt:	55 %			
Input			Rindergülle	GPS	Maissilage	Total
<b>Input (t/a)</b>			5.000	2.000	1.600	8.600
Input (t/d)			13,70	5,48	4,38	23,56
<b>Total solids (%)</b>			9,0%	30,0%	32,0%	18,2%
Total solids (t/a)			450,0	600,0	512,0	1562,0
Total solids (t/d)			1,2	1,6	1,4	4,3
<b>Volatile solids (% TS)</b>			80,0%	90,0%	94,0%	88,4%
Volatile solids (t/a)			360	540	481	1.381
Volatile solids (t/d)			1,0	1,5	1,3	4
<b>Water (t/a)</b>			4.550	1.400	1.088	7.038
Water (t/d)			12	4	3	19
spec. Gas Production rate (m <sup>3</sup> /t VS)			250	600	700	
(dry gas, Normal conditions		1,23 kg/m <sup>3</sup> )				
<b>Biogas</b>						
Gas production (m <sup>3</sup> /a)			90.000	324.000	336.896	750.896
Gas production (m <sup>3</sup> /d)			247	888	923	2.057
Gas production (t/a)			111	399	414	924
Gas production (t/d)			0,30	1,09	1,14	2,53
Water content:		4%	4	16	17	37
Wet Gas 37°C (t/a)			115	414	431	961
Wet Gas 37°C (t/d)			0,32	1,14	1,18	2,63
<b>Reactor effluent</b>						
<b>Total solids (t/a)</b>						638
Total solids (t/d)						2
<b>Volatile solids (t/a)</b>						458
Volatile solids (t/d)						1
<b>Water (t/a)</b>						7.001
Water (t/d)						19
<b>Output (t/a)</b>				6 Monate: 3.820 m <sup>3</sup>		7.639
<b>Total solids (%)</b>						8,4%

<b>Massenbilanz</b>		Methangehalt:	55 %			
Input			Rindergülle	GPS	Maissilage	Total
<b>Input (t/a)</b>			5.000	2.000	1.600	<b>8.600</b>
Input (t/d)			13,70	5,48	4,38	23,56
<b>Total solids (%)</b>			<b>9,0%</b>	<b>30,0%</b>	<b>32,0%</b>	<b>18,2%</b>
Total solids (t/a)			450,0	600,0	512,0	1562,0
Total solids (t/d)			1,2	1,6	1,4	4,3
<b>Volatile solids (% TS)</b>			<b>80,0%</b>	<b>90,0%</b>	<b>94,0%</b>	<b>88,4%</b>
Volatile solids (t/a)			360	540	481	1.381
Volatile solids (t/d)			1,0	1,5	1,3	4
<b>Water (t/a)</b>			4.550	1.400	1.088	7.038
Water (t/d)			12	4	3	19
spec. Gas Production rate (m³/t VS)			250	600	700	
(dry gas, Normal conditions 1,23 kg/m³)						
<b>Biogas</b>						
Gas production (m³/a)			90.000	324.000	336.896	<b>750.896</b>
Gas production (m³/d)			247	888	923	2.057
Gas production (t/a)			111	399	414	924
Gas production (t/d)			0,30	1,09	1,14	2,53
Water content:		4%	4	16	17	37
Wet Gas 37°C (t/a)			115	414	431	961
Wet Gas 37°C (t/d)			0,32	1,14	1,18	2,63
<b>Reactor effluent</b>						
<b>Total solids (t/a)</b>						638
Total solids (t/d)						2
<b>Volatile solids (t/a)</b>						458
Volatile solids (t/d)						1
<b>Water (t/a)</b>						7.001
Water (t/d)						19
<b>Output (t/a)</b>				6 Monate: 3.820 m³		<b>7.639</b>
<b>Total solids (%)</b>						<b>8,4%</b>

**Aus welchen Teilen besteht die Biogasanlage noch?**

Und was kosten die?

## Allgemeines

- Abnahme
- VOB
- Vertragswesen
- Gewährleistung
- Inbetriebnahme
- Wirtschaftlichkeit
- Betrieb

# Biogasanlagen - Sicherheitstechnik, Abnahmen –

Torsten Fischer

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH  
Hannah-Vogt-Strasse 1, 37085 Göttingen, Germany  
Tel.: 0551 900363-0, Fax: 0551 900363-29  
Fischer@KriegFischer.de  
www.KriegFischer.de

Höxter, 15. Januar 2009, Vorlesung FH Höxter









## Biogas Production

Corn Silage	1 Mg	30% TS	94% VS	700 l/kgVS	197 m <sup>3</sup> Biogas
Wheat Silage	1 Mg	30% TS	90% VS	600 l/kgVS	162 m <sup>3</sup> Biogas
Grass Silage	1 Mg	30% TS	89% VS	550 l/kgVS	145 m <sup>3</sup> Biogas
Cattle Manure	1 Mg	8% TS	80% VS	200/500 l/kgVS	13/32 m <sup>3</sup> Biogas
Pig Manure	1 Mg	6% TS	75% VS	350/500 l/kgVS	16/23 m <sup>3</sup> Biogas
Poultry Manure	1 Mg	24% TS	85% VS	300/550 l/kgVS	61/112 m <sup>3</sup> Biogas
Kitchen Waste	1 Mg	20% TS	90% VS	700 l/kgVS	126 m <sup>3</sup> Biogas
Potato Residues	1 Mg	20% TS	95% VS	620 l/kgVS	118 m <sup>3</sup> Biogas
Fats	1 Mg	25% TS	95% VS	1.000 l/kgVS	238 m <sup>3</sup> Biogas