



**Biogasanlagen  
- Technik + Auslegung –  
Fermenter, Wärmeeintrag, Durchmischung,  
Feststoffeintragstechnik, BHKW**

Torsten Fischer

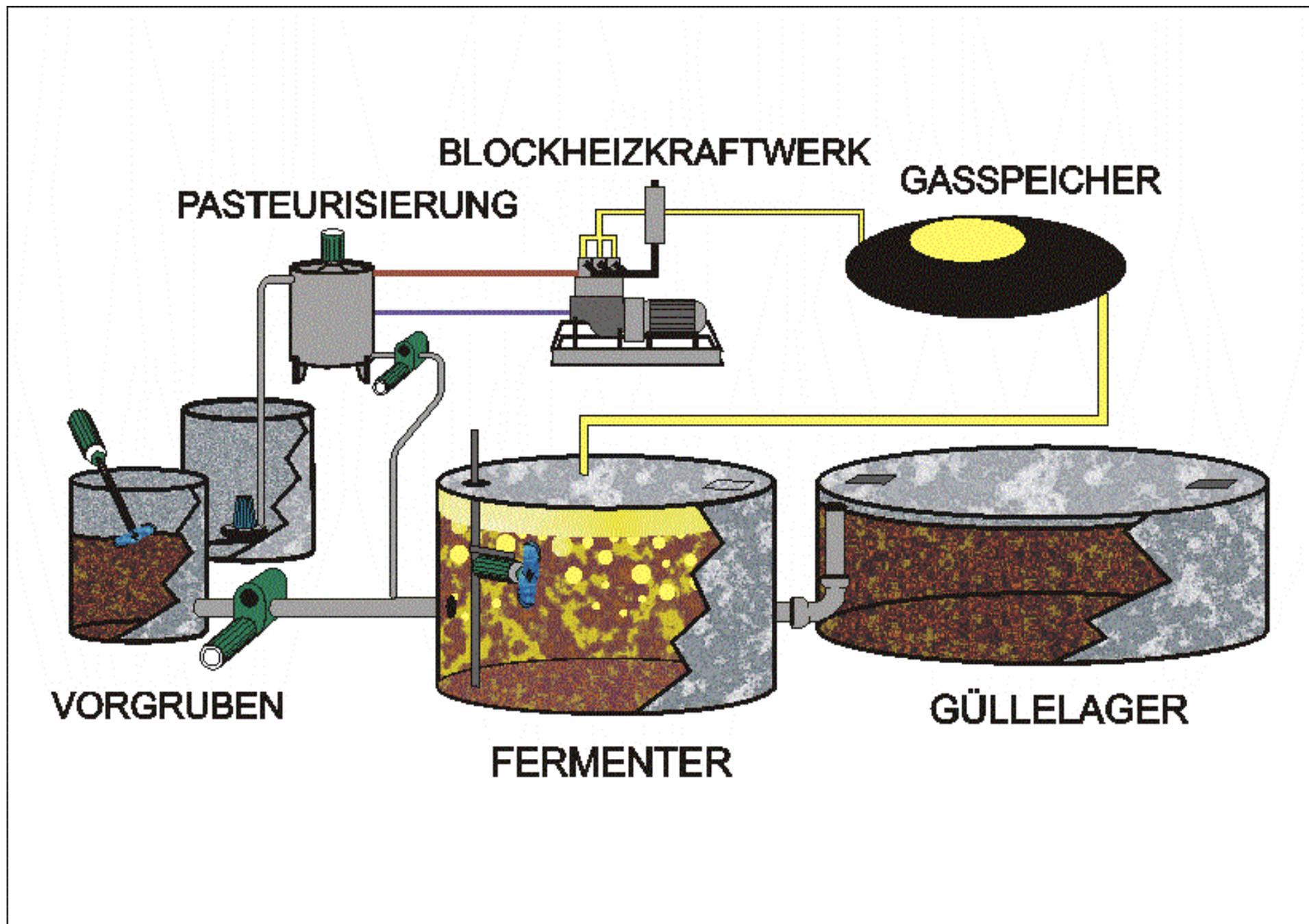
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH  
Hannah-Vogt-Strasse 1, 37085 Göttingen, Germany  
Tel.: 0551 900363-0, Fax: 0551 900363-29  
Fischer@KriegFischer.de  
www.KriegFischer.de

Höxter, 4. Dezember 2006, Vorlesung FH Höxter



## Aufbau Vorlesung

- Einführung, EEG, Politik 20.10.2006
- Genehmigung, Inputstoffe, Verfahrenstechnik 30.10.2006
- Technik (Fermenter, Wärmeeintrag, Durchmischung,  
Feststoffeintragstechnik, BHKW)  
20.11.2006
- Auslegung, Sicherheitstechnik, Abnahme, VOB,  
Vertragswesen, Gewährleistung, Inbetriebnahme,  
Wirtschaftlichkeit, Betrieb 04.12.2006





## Pumpen

- Verdrängerpumpen
  - Exzentrerschneckenpumpen
  - Drehkolbenpumpen
- andere Pumpen
  - Kreiselpumpen



## Rohrleitungstechnik

- Materialien
  - Stahl
  - Kunststoff
- Armaturen



## Rohrleitungsbau

- Rohre werden zum Befördern folgender Stoffe auf einer Biogasanlage benötigt:
  - Substrate / Gärsubstrat
  - Biogas
  - Brauchwasser
  - Schmutzwasser



## Rohrleitungsbau

- Rohre sind gegen mechanische Beschädigungen zu sichern
- Behälteranschlüsse sollten stets einsehbar und kontrollierbar sein
- Die fachgerechte Herstellung und die Dichtigkeit sind vom Hersteller nachzuweisen
- Die Gefahr des Einfrierens ist beim Verlegen zu minimieren



## Verschiedene Rohrleitungsmaterialien

- PE (Polyethylen)
- PVC (Polyvinylchlorid)
- Stahl
- Edelstahl





## PE – Rohre

- Vorteile:
  - Medium- und UV-beständig
  - Die geschweißten Verbindungen gelten als unlösbar und daher dicht
  - Verhältnismäßig kostengünstig
- Nachteile:
  - Nicht geeignet für Wärmebeanspruchung von größer 60°C
  - Leichte Verformung durch Druck









## PVC - Rohre

- Vorteile:
  - Mediumbeständig
  - Leichte Verarbeitung durch Muffenverbindungen
  - Verhältnismäßig kostengünstig
- Nachteile:
  - Nicht UV-beständig
  - Wird leicht spröde bei tiefen Temperaturen
  - Altert schneller als die anderen Materialien
  - Nicht für Temperaturen über 60°C geeignet





## Stahlrohre

- Vorteile:
  - Temperaturbeständig
  - Leichte Verarbeitung, flexible Verlegung
  - Gute Wärmeleitfähigkeit
  - Lange Haltbarkeit
- Nachteile:
  - Nicht so mediumbeständig wie Kunststoff
  - Schnelle Korrosion







## Edelstahlrohre

- Vorteile:
  - Sehr Alterungs- und Temperaturbeständig
  - Gute Wärmeleitfähigkeit
  - Mediumbeständig
- Nachteile:
  - Im Verhältnis zu den anderen drei Materialien am teuersten
  - Nicht unterirdisch zu verlegen





KF



## Verwendung der Materialien

- PE-/ PVC- Rohr: Biogas-, Gärsubstrat- und Schmutzwasserleitung
  - aber: Behälterdurchbrüche nur mit PVC-Rohren
- Stahlrohr: Substratleitung, Kühlsystem, Heißwasser
- Edelstahlrohr: Biogasleitung









## EMSR-Technik

- Prozessleittechnik
- Visualisierung
- Verkabelung
- Messtechnik

# Anlagenübersicht Stölzle

**BMW of TM**  
BMW Logo  
BMW keine  
BMW keine  
BMW keine



120000  
120000  
120000  
120000



Starten

Power in  
Power in

Power in  
Power in

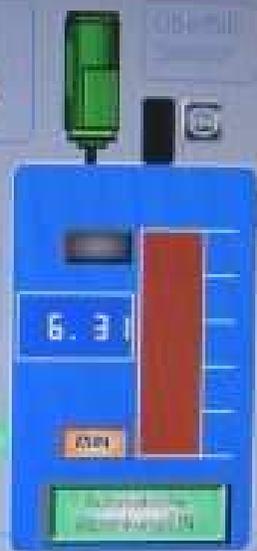
0.00  
0.00  
0.00



1  
1  
1



6.3  
6.3  
6.3



0  
0  
0



0.0  
0.0  
0.0



1  
1  
1



33.5  
33.5  
33.5

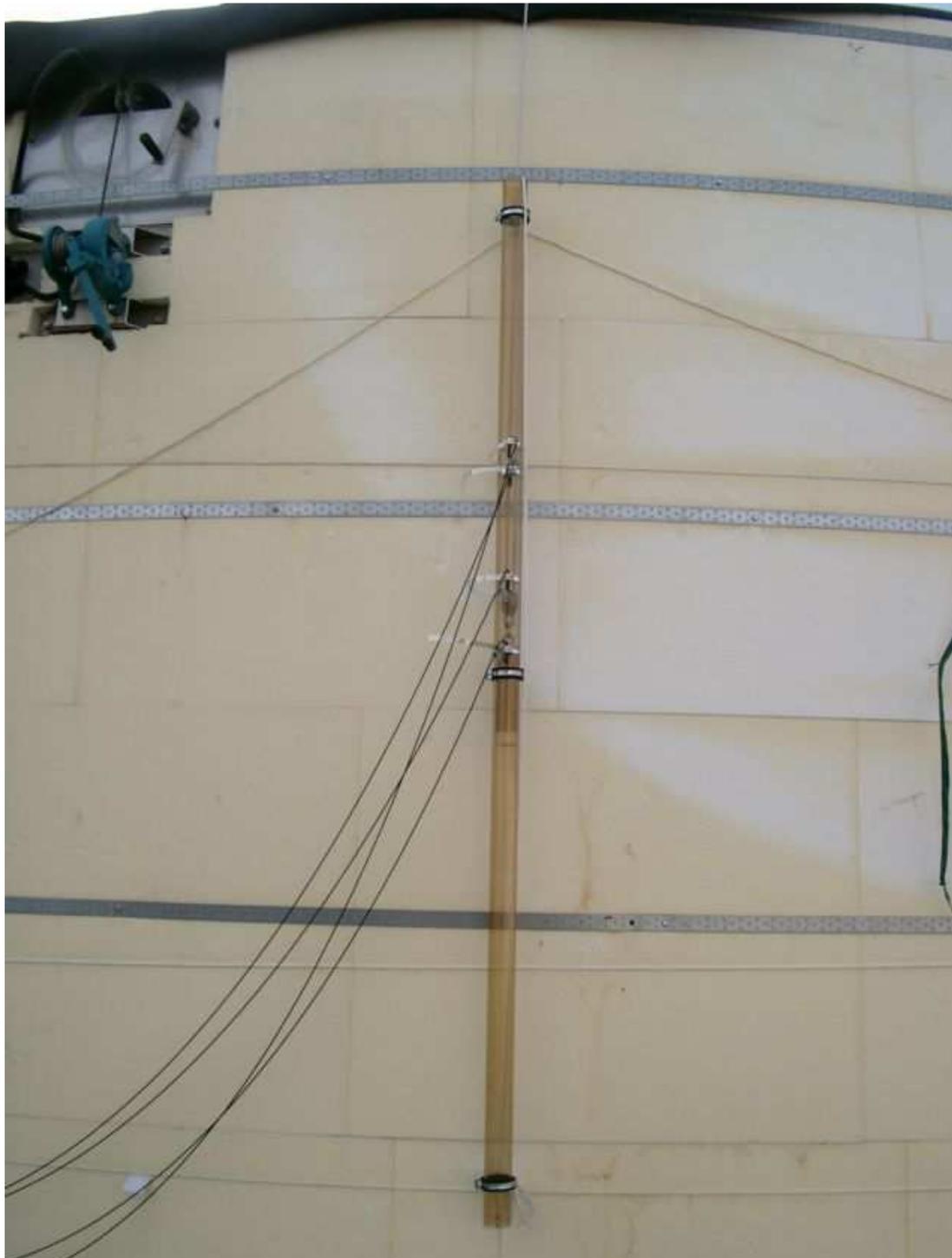
0  
0  
0



HOME  
HOME  
HOME  
!  
HOME



17 34 33





KF







KF



Entschwefelung







KF



# Sicherheitstechnik

Sicherheitsregeln für  
landwirtschaftliche Biogasanlagen

Stand: September 2002

# 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			



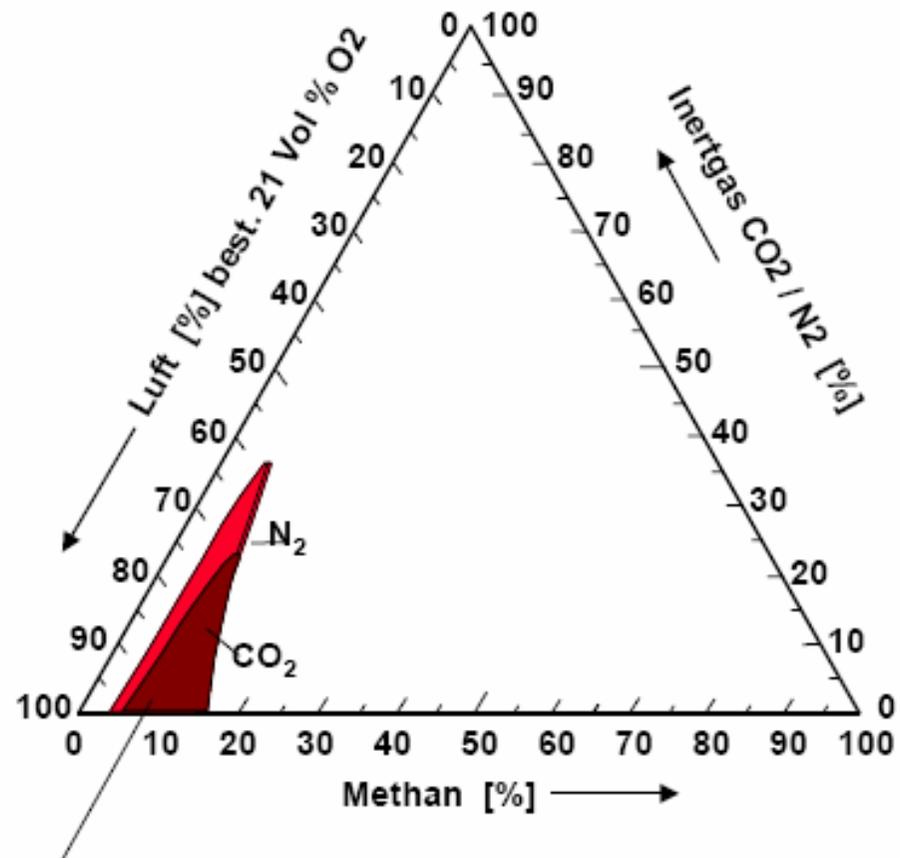


## Gefahren bei der Verwendung von Biogas (1.4)

- 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)

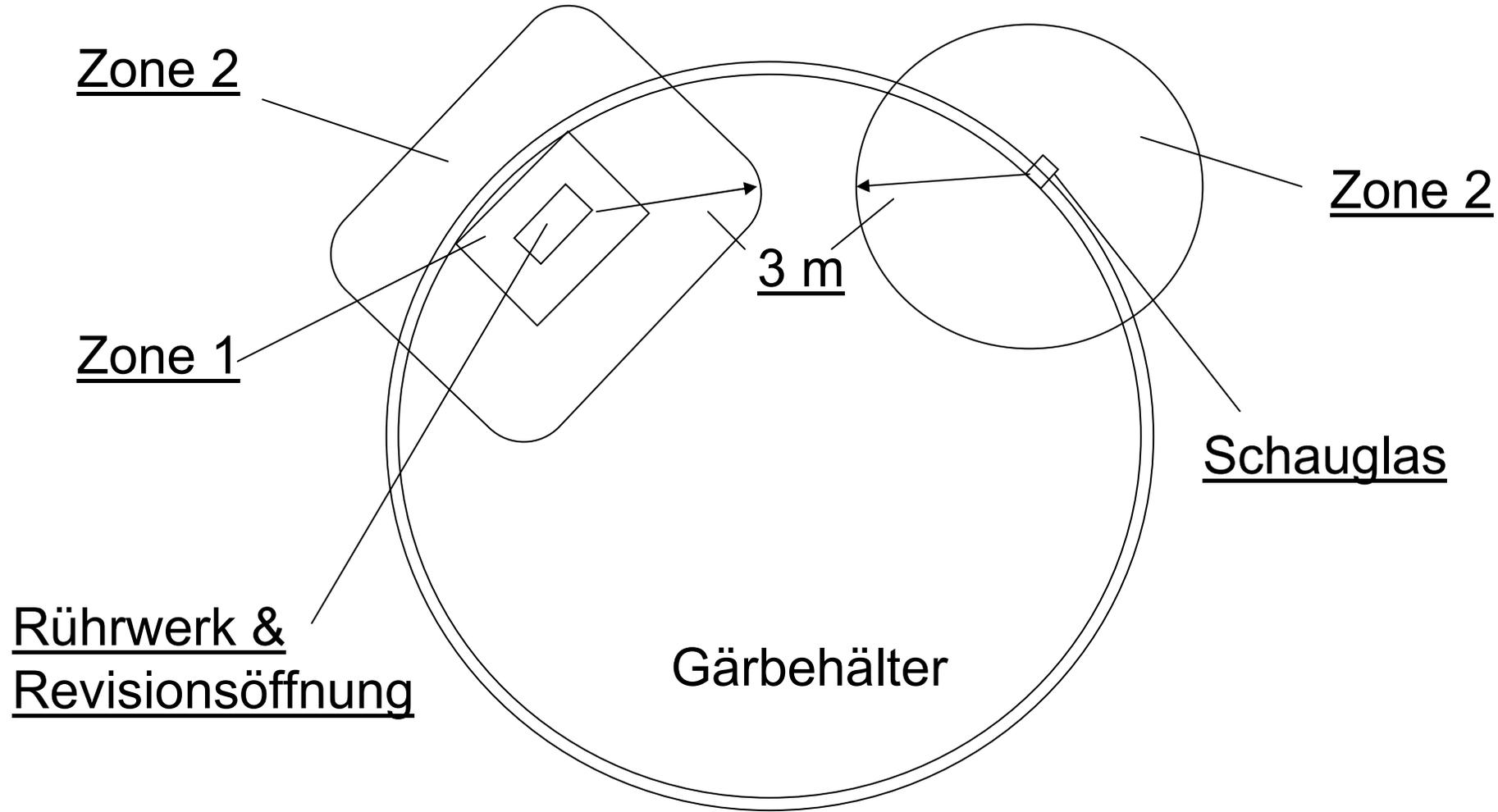
- Räumliche Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann
- Sie werden nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären in Zonen eingeteilt
- Sie entstehen um folgende Anlagenteile herum (3.5):
  - Folienspeicher
  - Be- und Entlüftungsöffnungen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

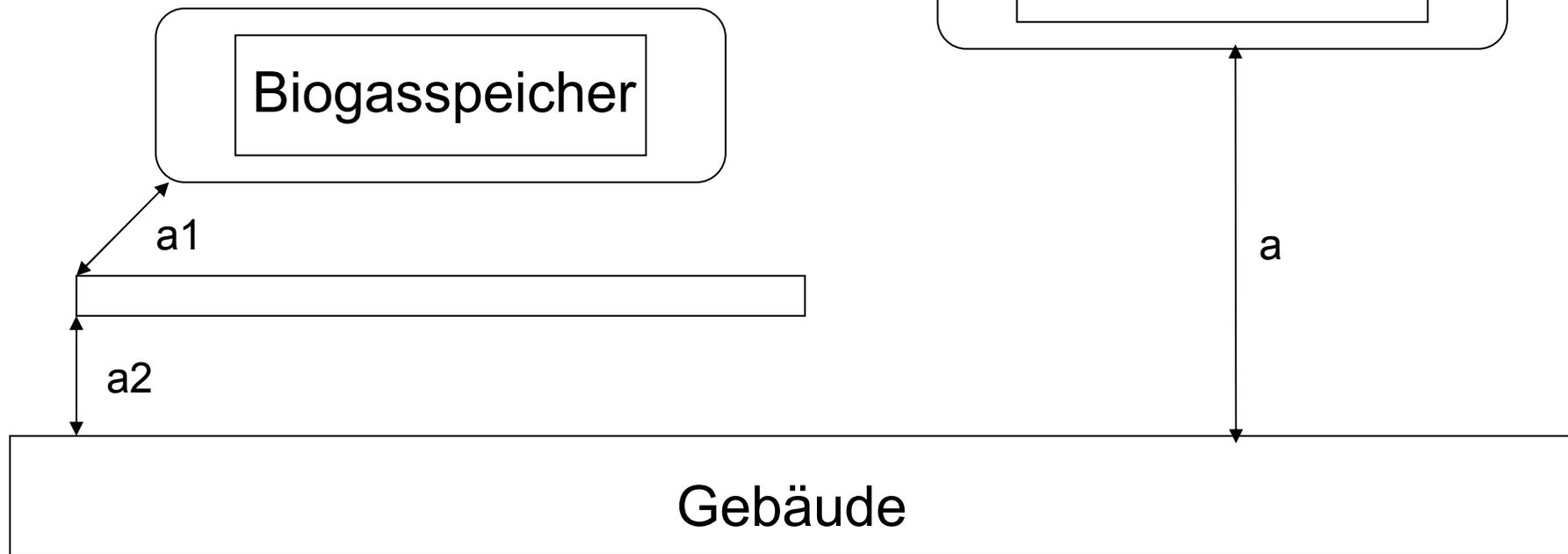
- Zur Verminderung der gegenseitigen Beeinflussung in einem Schadensfall sind Schutzabstände zwischen Gasspeicher und nicht zur Anlage gehörenden Einrichtungen einzuhalten
- Der Schutzabstand kann durch ausreichende Erddeckung und Schutzwände reduziert werden
- Schutzabstand (in m) abhängig vom maximalen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

# Schutzwandordnung (2.4.5)



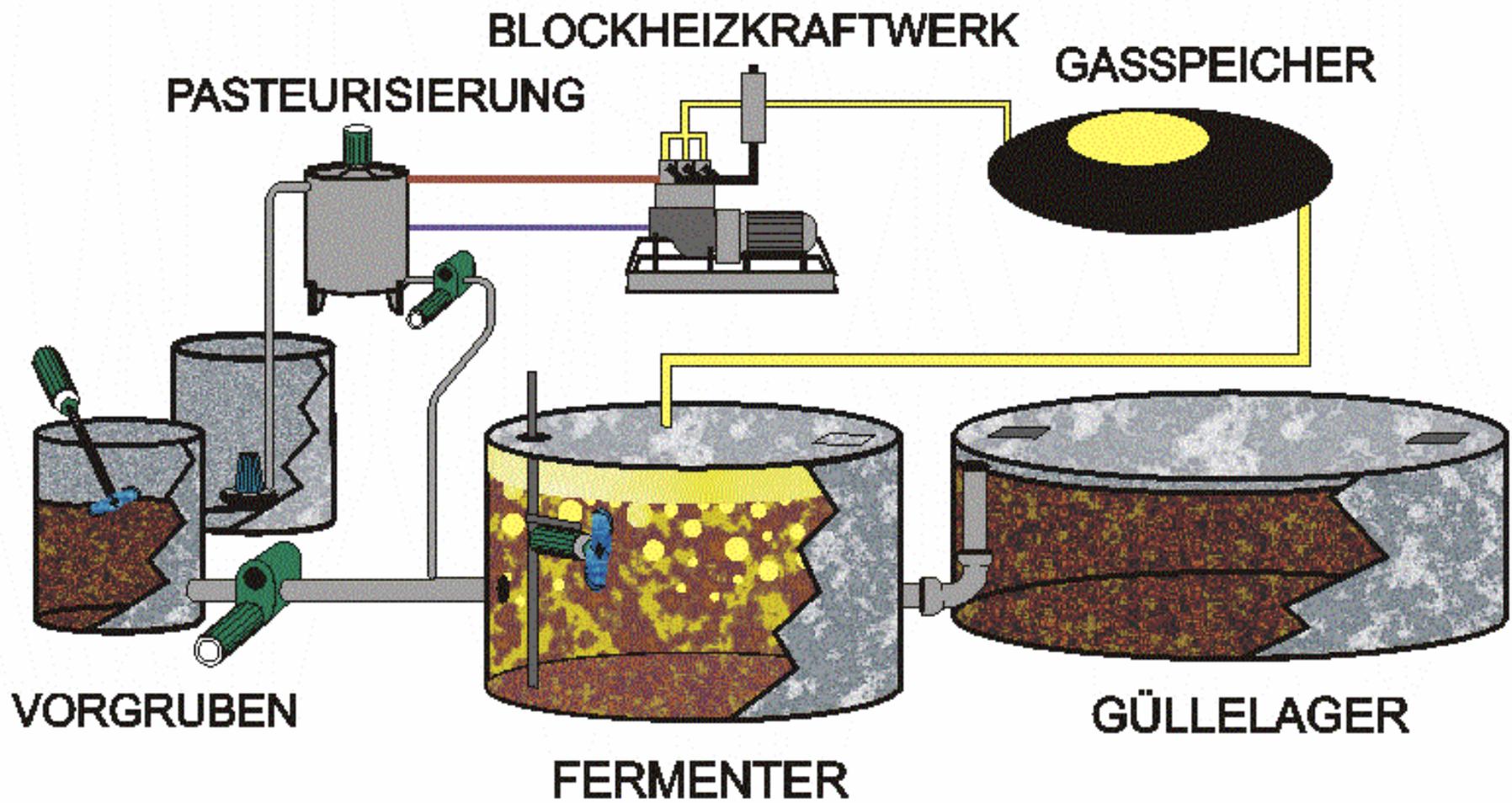
mit Schutzwand

ohne Schutzwand





# Auslegung einer Biogasanlage





## Auslegung einer Biogasanlage

Ansatz: 500 kWel, Nawaro-Anlage

Input: - 3.000 m<sup>3</sup>/a Schweinegülle, 2,5% TS

- 2.500 t/a GPS

- Rest Maissilage



## Aufgabe:

Gasmotor: Deutz, 536 kW<sub>el</sub>,  $\eta_{el}$  0,4

Input: - 3.000 m<sup>3</sup>/a Schweinegülle, 400 m<sup>3</sup>/t<sub>oTS</sub>

- 2.500 t/a GPS, 600 m<sup>3</sup>/t<sub>oTS</sub>

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

**Input:**

Schweinegülle (Aufzucht)	3.000 m <sup>3</sup> /a
GPS	2.500 t/a
Maissilage	8.500 t/a
<b>Summe</b>	<hr/> 14.000 m <sup>3</sup> /a

**Trockensubstanz:**

Schweinegülle (Aufzucht)	2,5 % Input
GPS	30,0 % Input
Maissilage	30,0 % Input
<b>Summe</b>	<hr/> 24,1 % Input

**organische Trockensubstanz:**

Schweinegülle (Aufzucht)	75,0 % TS
GPS	90,0 % TS
Maissilage	94,0 % TS

**Spez. Gasproduktionsrate:**

Schweinegülle (Aufzucht)	400 m <sup>3</sup> /t oTS
GPS	600 m <sup>3</sup> /t oTS
Maissilage	700 m <sup>3</sup> /t oTS

**Biogasproduktion:**

Schweinegülle (Aufzucht)	22.500 m <sup>3</sup> /a
GPS	405.000 m <sup>3</sup> /a
Maissilage	1.677.900 m <sup>3</sup> /a

**Methangehalt:**

Schweinegülle (Aufzucht)	60 %
GPS	55 %
Maissilage	53 %
<b>Summe</b>	<hr/> 53 %

Heizwert	5,3 kWh/m <sup>3</sup>
Biogasproduktion:	2.105.400 m <sup>3</sup> /a
	240 m <sup>3</sup> /h
Biogasleistung:	1.285 kW
<b>Motorleistung, installiert (1 Gasmotor)</b>	<b>1.340 kW</b>
<b>Motorleistung, elektrisch</b>	<b>536 kW</b>
<b>Produzierte Arbeit, elektrisch</b>	<b>4.502.148 kWh/a</b>
<b>Motorleistung, thermisch</b>	<b>511 kW</b>
<b>Produzierte Arbeit, thermisch</b>	<b>4.292.160 kWh/a</b>

ohne Berücksichtigung der Eigenleistung !

Basis: 100% Verfügbarkeit der Motoren

Bei einer Verfügbarkeit von 90% (etwa 8.000 h/a)

ergibt sich eine produzierte elektrische

Leistung aus dem Biogas von

4.051.933 kWh/a



## Aufgabe:

Fermenter: zentral von oben gerührt

Organische Raumbelastung:  $4,5 \text{ kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3 \times \text{d})$

Wie groß muss der Fermenter sein?

Wie lang ist die hydraulische Verweilzeit?



Verweilzeit

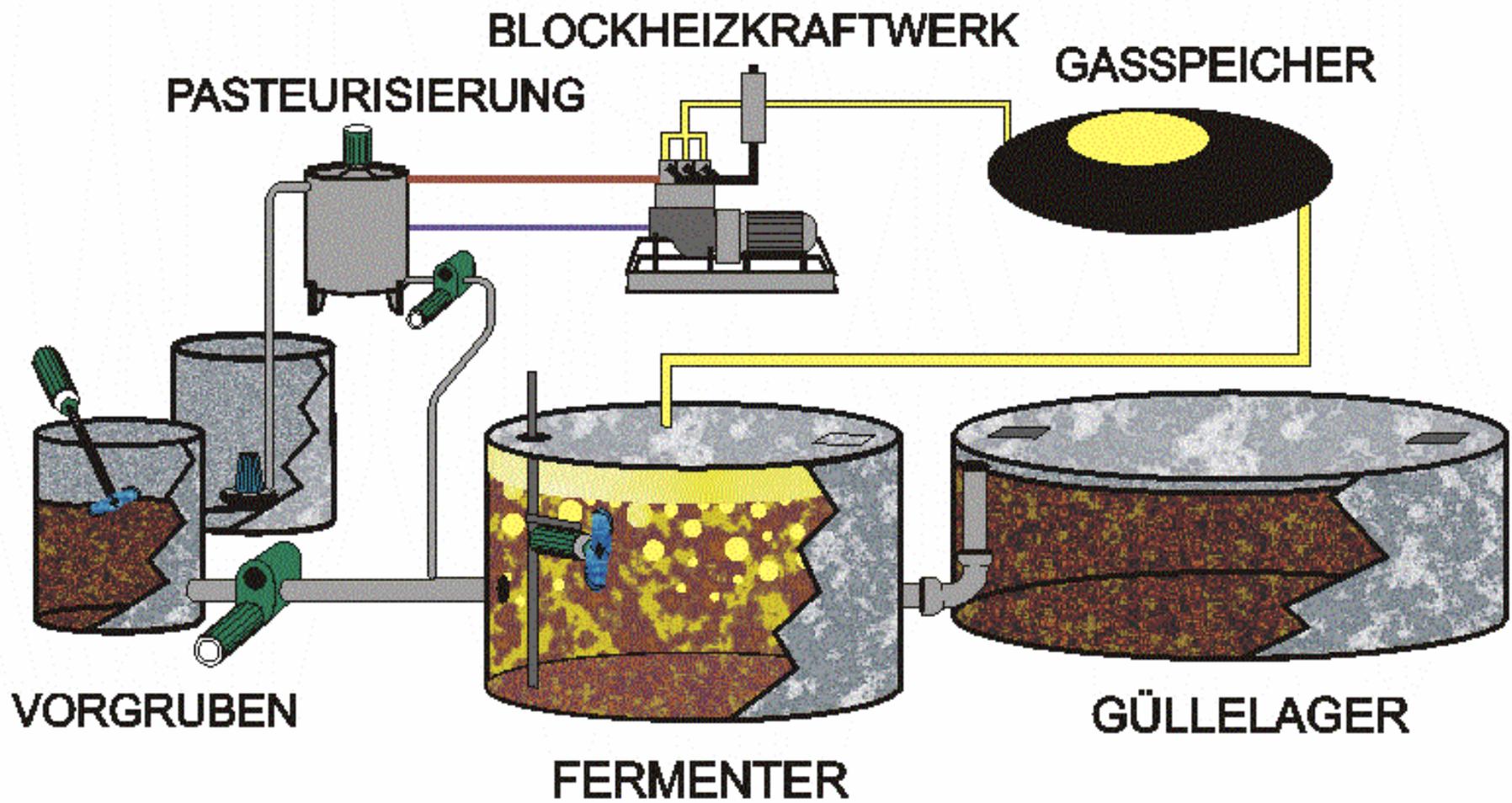
50,2 Tage

Fermentervolumen (netto)

1.924 m<sup>3</sup>

Raumbelastung

4,5 kgoTS/m<sup>3</sup>/d





## Aufgabe:

Welche Endlagerkapazität benötigt man für 6 Monate Lagerung des Gärsubstrats?

Ansatz: Lagerkapazität für die Schweinegülle ist auf dem Betrieb vorhanden

<b>Massenbilanz</b>		Methangehalt	53 %			
Input			Schweinegülle	GPS	Silomais	Total
<b>Input (t/a)</b>			3.000	2.500	8.500	<b>14.000</b>
Input (t/d)			8,22	6,85	23,29	38,36
<b>Total solids (%)</b>			<b>2,5%</b>	<b>30,0%</b>	<b>30,0%</b>	<b>24,1%</b>
Total solids (t/a)			75,0	750,0	2550,0	3375,0
Total solids (t/d)			0,2	2,1	7,0	9,2
<b>Volatile solids (% TS)</b>			<b>75,0%</b>	<b>90,0%</b>	<b>94,0%</b>	<b>92,7%</b>
Volatile solids (t/a)			56	675	2.397	3.128
Volatile solids (t/d)			0,2	1,8	6,6	9
<b>Water (t/a)</b>			2.925	1.750	5.950	10.625
Water (t/d)			8	5	16	29
spec. Gas Production rate (m³/t VS)			400	600	700	
(dry gas, Normal conditions			1,29 kg/m³)			
<b>Biogas</b>						
Gas production (m³/a)			22.500	405.000	1.677.900	2.105.400
Gas production (m³/d)			62	1.110	4.597	5.768
Gas production (t/a)			29	522	2.164	2.716
Gas production (t/d)			0,08	1,43	5,93	7,44
Water content:		4%	1	21	87	109
Wet Gas 37°C (t/a)			30	543	2.251	2.825
Wet Gas 37°C (t/d)			0,08	1,49	6,17	7,74
<b>Reactor effluent</b>						
<b>Total solids (t/a)</b>						659
Total solids (t/d)						2
<b>Volatile solids (t/a)</b>						412
Volatile solids (t/d)						1
<b>Water (t/a)</b>						10.516
Water (t/d)						29
<b>Output (t/a)</b>				6 Monate: 5.588		11.175
<b>Total solids (%)</b>						5,9%

<b>Massenbilanz</b>		Methangehalt	53 %			
Input			Schweinegülle	GPS	Silomais	Total
<b>Input (t/a)</b>			3.000	2.500	8.500	<b>14.000</b>
Input (t/d)			8,22	6,85	23,29	38,36
<b>Total solids (%)</b>			<b>2,5%</b>	<b>30,0%</b>	<b>30,0%</b>	<b>24,1%</b>
Total solids (t/a)			75,0	750,0	2550,0	3375,0
Total solids (t/d)			0,2	2,1	7,0	9,2
<b>Volatile solids (% TS)</b>			<b>75,0%</b>	<b>90,0%</b>	<b>94,0%</b>	<b>92,7%</b>
Volatile solids (t/a)			56	675	2.397	<b>3.128</b>
Volatile solids (t/d)			0,2	1,8	6,6	8
<b>Water (t/a)</b>			2.925	1.750	5.950	10.625
Water (t/d)			8	5	16	29
spec. Gas Production rate (m³/t VS)			400	600	700	
(dry gas, Normal conditions			1,29 kg/m³)			
<b>Biogas</b>						
Gas production (m³/a)			22.500	405.000	1.677.900	2.105.400
Gas production (m³/d)			62	1.110	4.597	<b>5.768</b>
Gas production (t/a)			29	522	2.164	<b>2.716</b>
Gas production (t/d)			0,08	1,43	5,93	7,44
Water content:		4%	1	21	87	109
Wet Gas 37°C (t/a)			30	543	2.251	2.825
Wet Gas 37°C (t/d)			0,08	1,49	6,17	7,74
<b>Reactor effluent</b>						
<b>Total solids (t/a)</b>						659
Total solids (t/d)						2
<b>Volatile solids (t/a)</b>						412
Volatile solids (t/d)						1
<b>Water (t/a)</b>						10.516
Water (t/d)						29
<b>Output (t/a)</b>				6 Monate: 5.588		11.175
<b>Total solids (%)</b>						5,9%



Aus welchen Teilen besteht die Biogasanlage noch?

Und was kosten die?



## Allgemeines

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



**Biogasanlagen  
- Technik + Auslegung –  
Fermenter, Wärmeeintrag, Durchmischung,  
Feststoffeintragstechnik, BHKW**

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, 4. Dezember 2006, Vorlesung FH Höxter