

Biogasanlagen
- Technik –
Fermenter, Feststoffeintragstechnik,
Gasaufbereitung und –einspeisung, 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, 11. Dezember 2008, 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

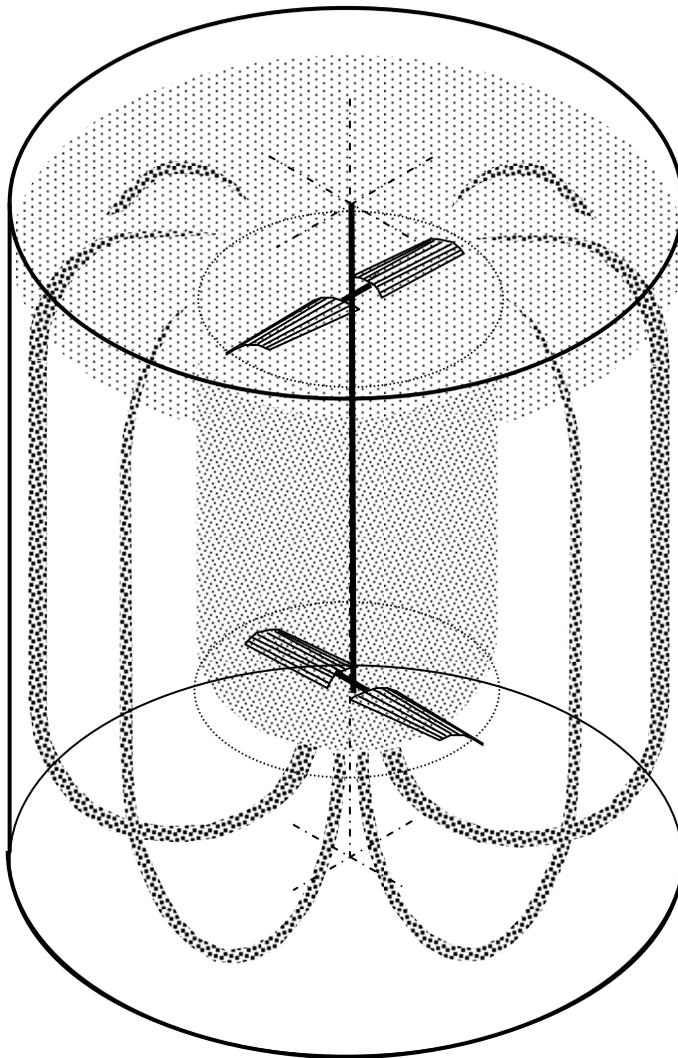




3. Fermenterbauarten, Rührwerke



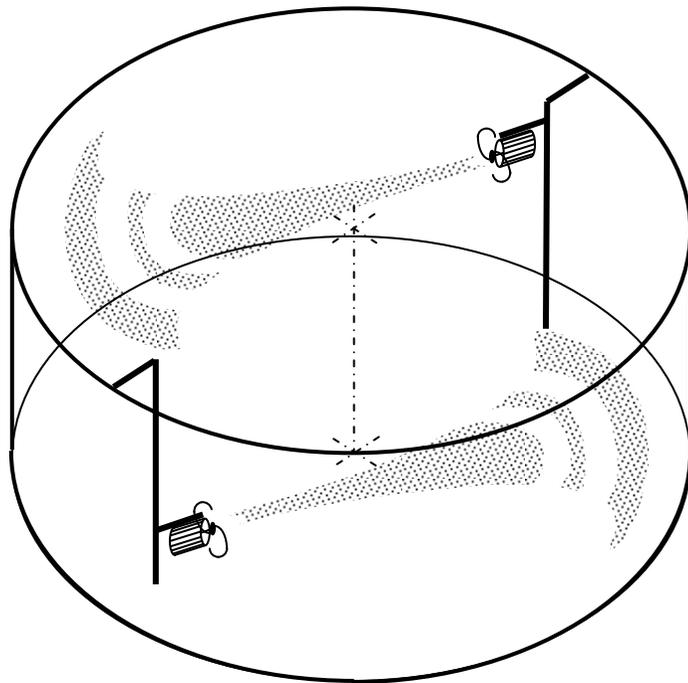
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



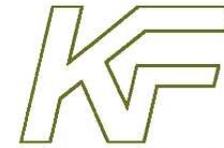
3. Fermenterbauarten, Rührwerke



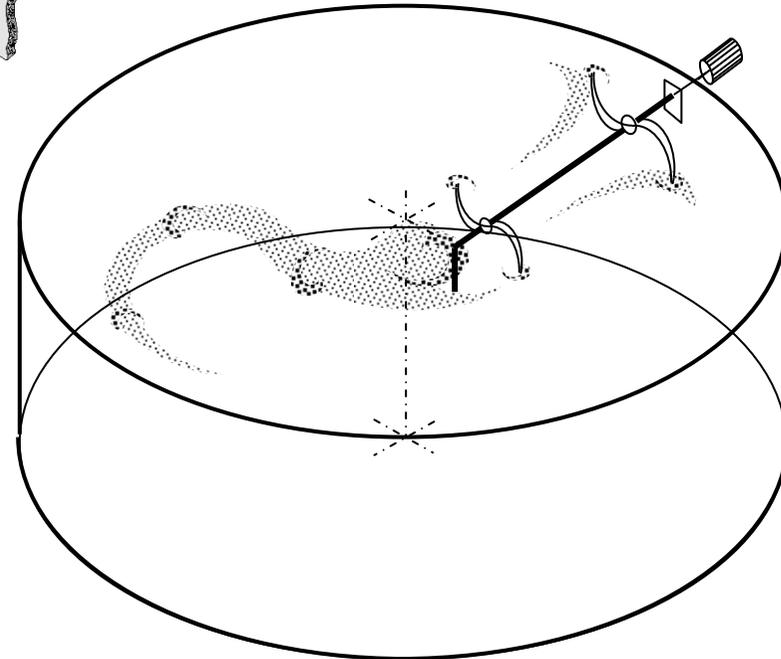
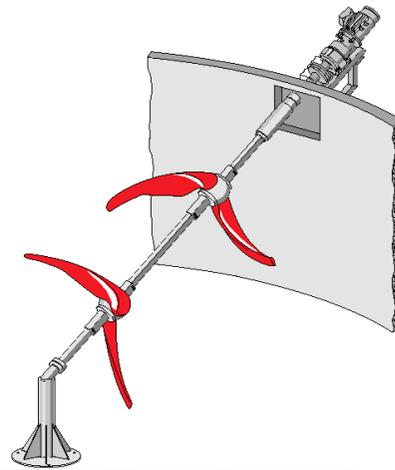
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



3. Fermenterbauarten, Rührwerke



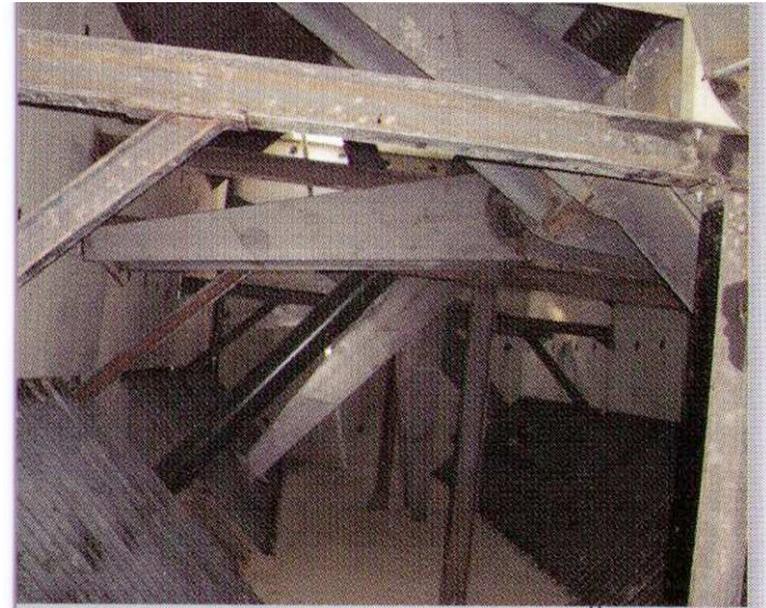
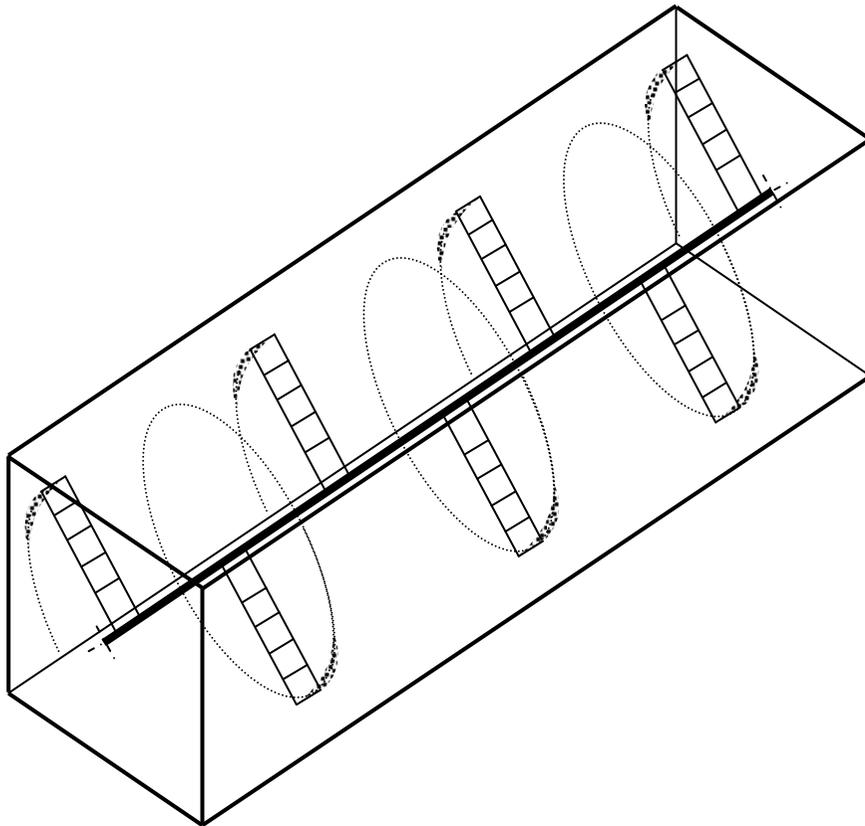
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



3. Fermenterbauarten, Rührwerke



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



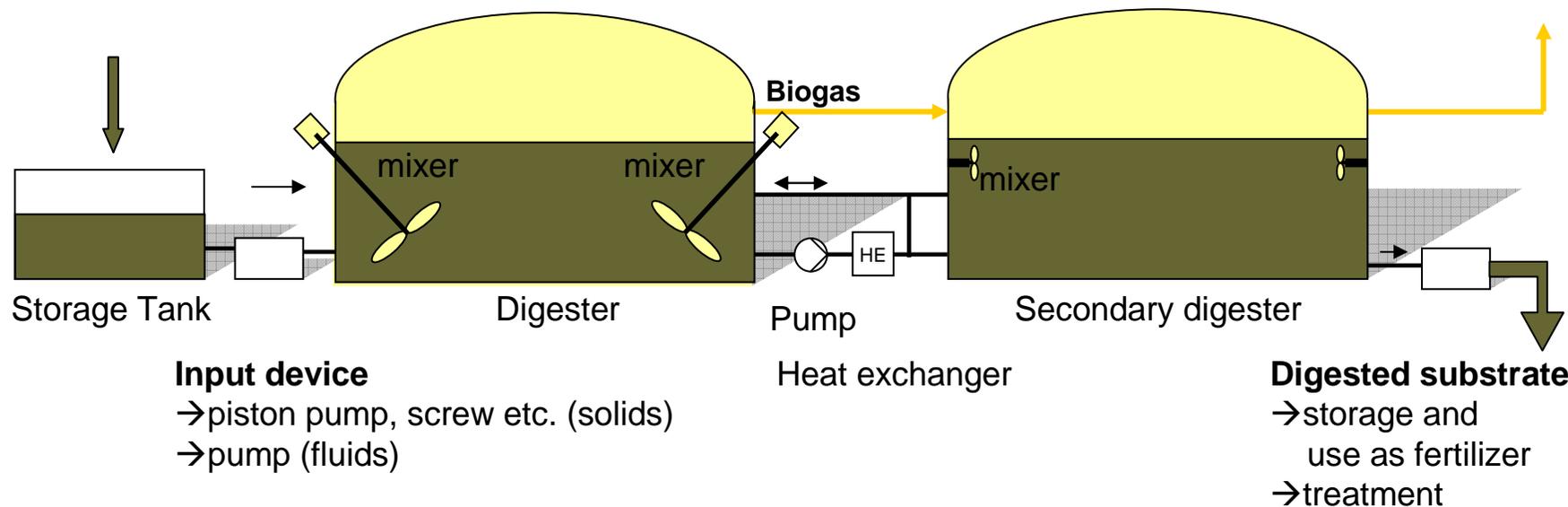
Biogas concept with a flat digester

Substrate

manure
organic waste
energy crops

Gas utilization

→CHP (power, heat)
→direct use (heating, cooking, light)
→upgrading (gas grid fuel, fuel cell)



Input device

→piston pump, screw etc. (solids)
→pump (fluids)

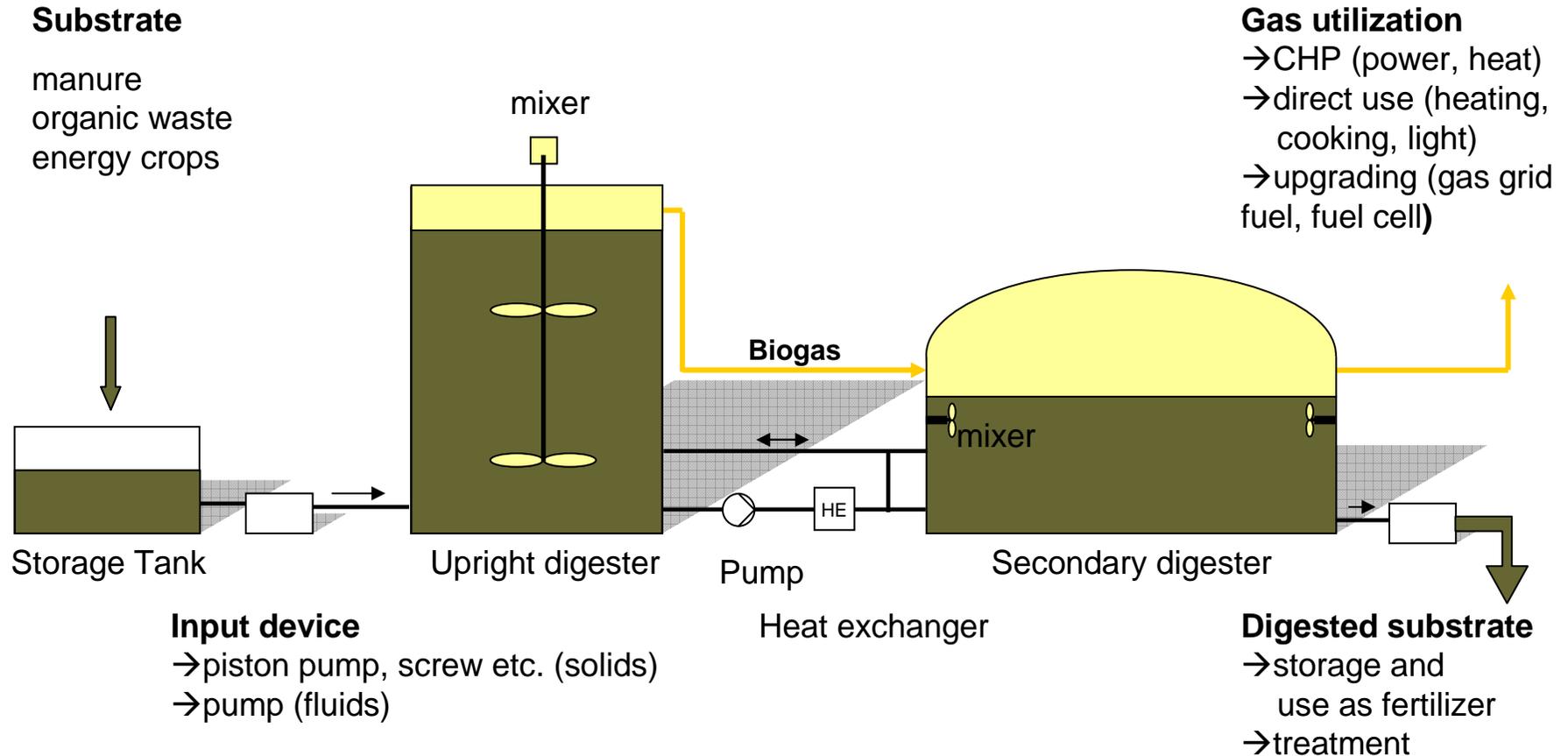
Digested substrate

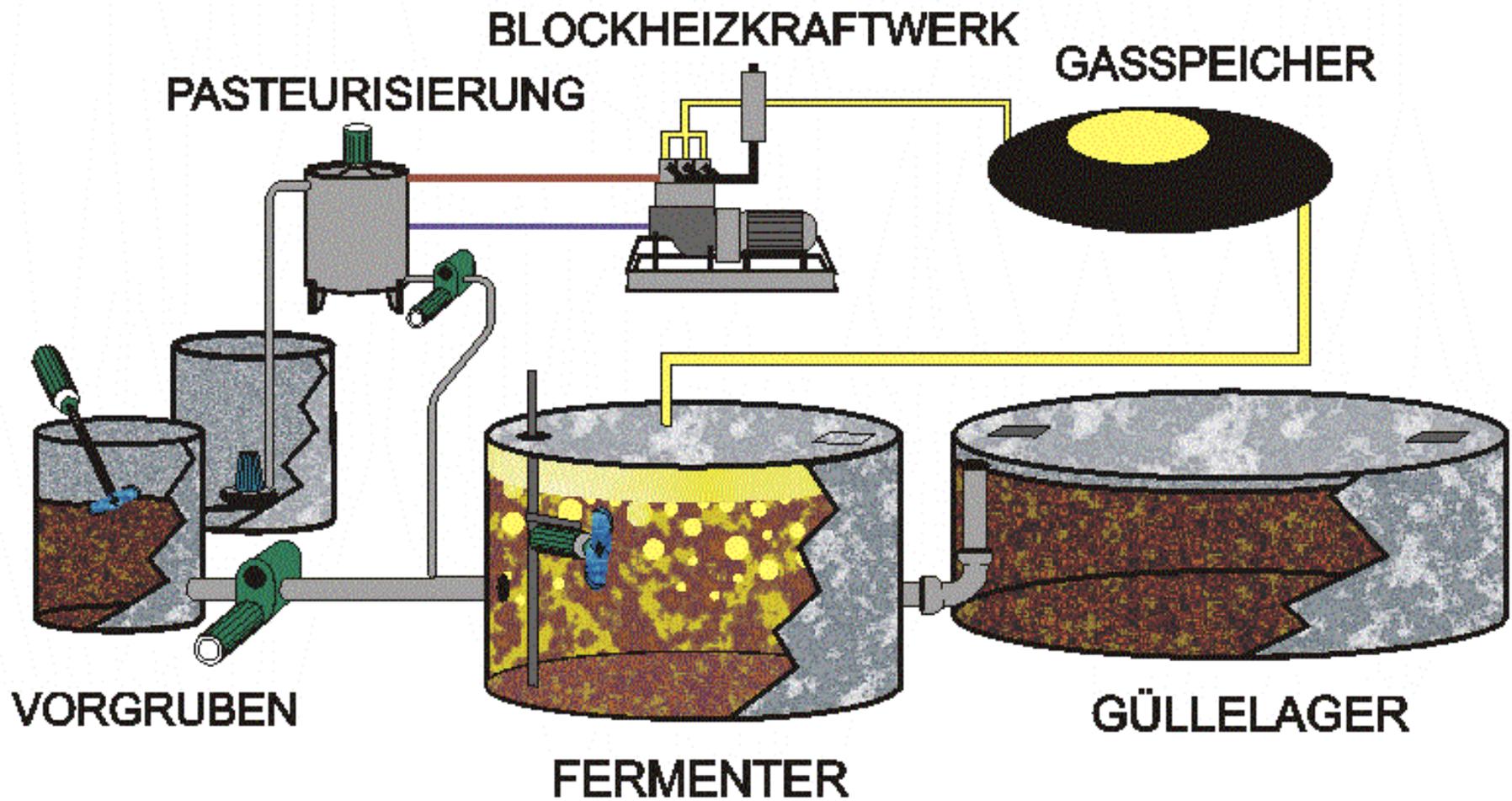
→storage and use as fertilizer
→treatment

Biogas concept with upright digester



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



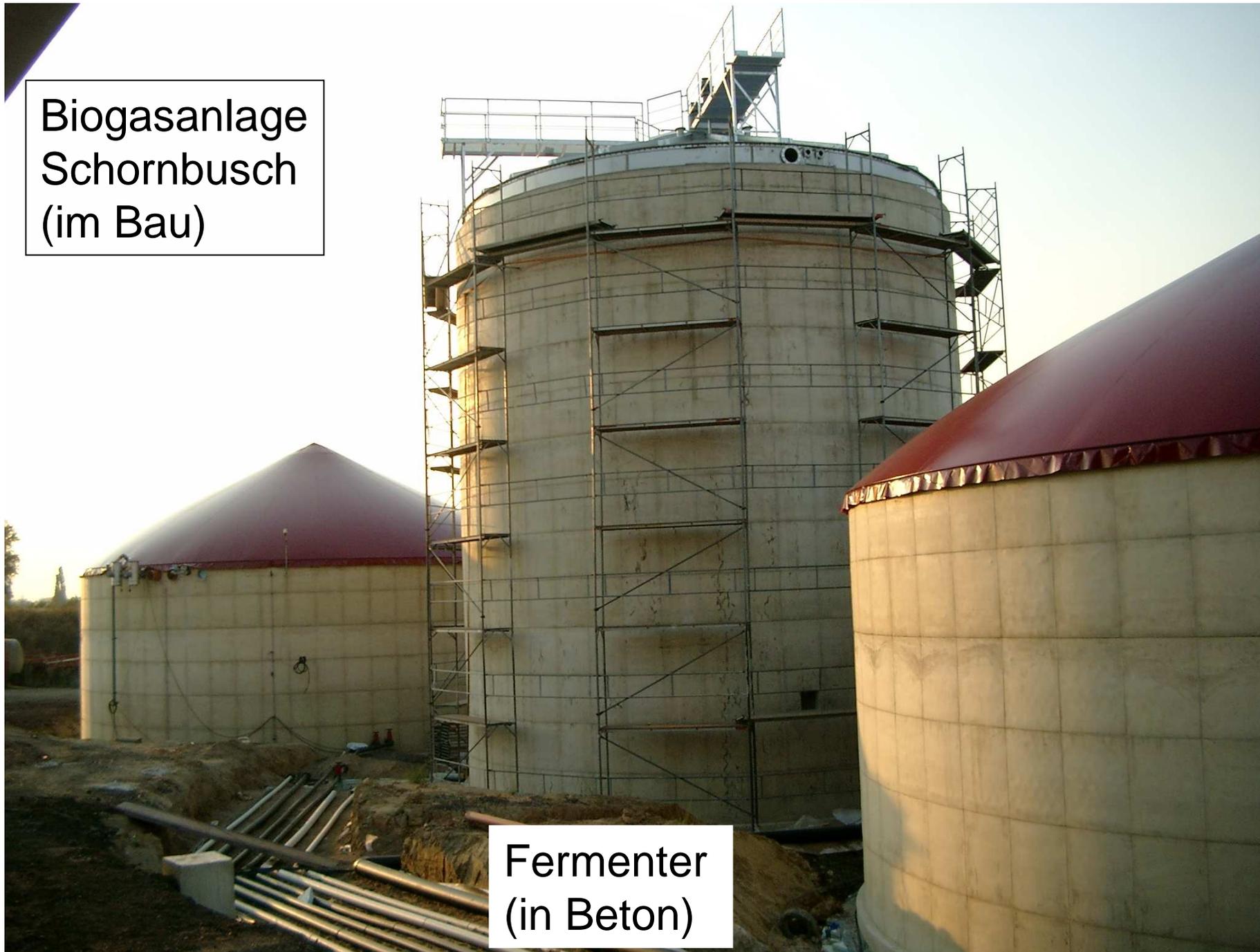


Behälterbau

- Betonbehälter
- Stahlbehälter - emailliert
- Stahlbehälter - geschweißt
- andere



Biogasanlage
Schornbusch
(im Bau)



Fermenter
(in Beton)









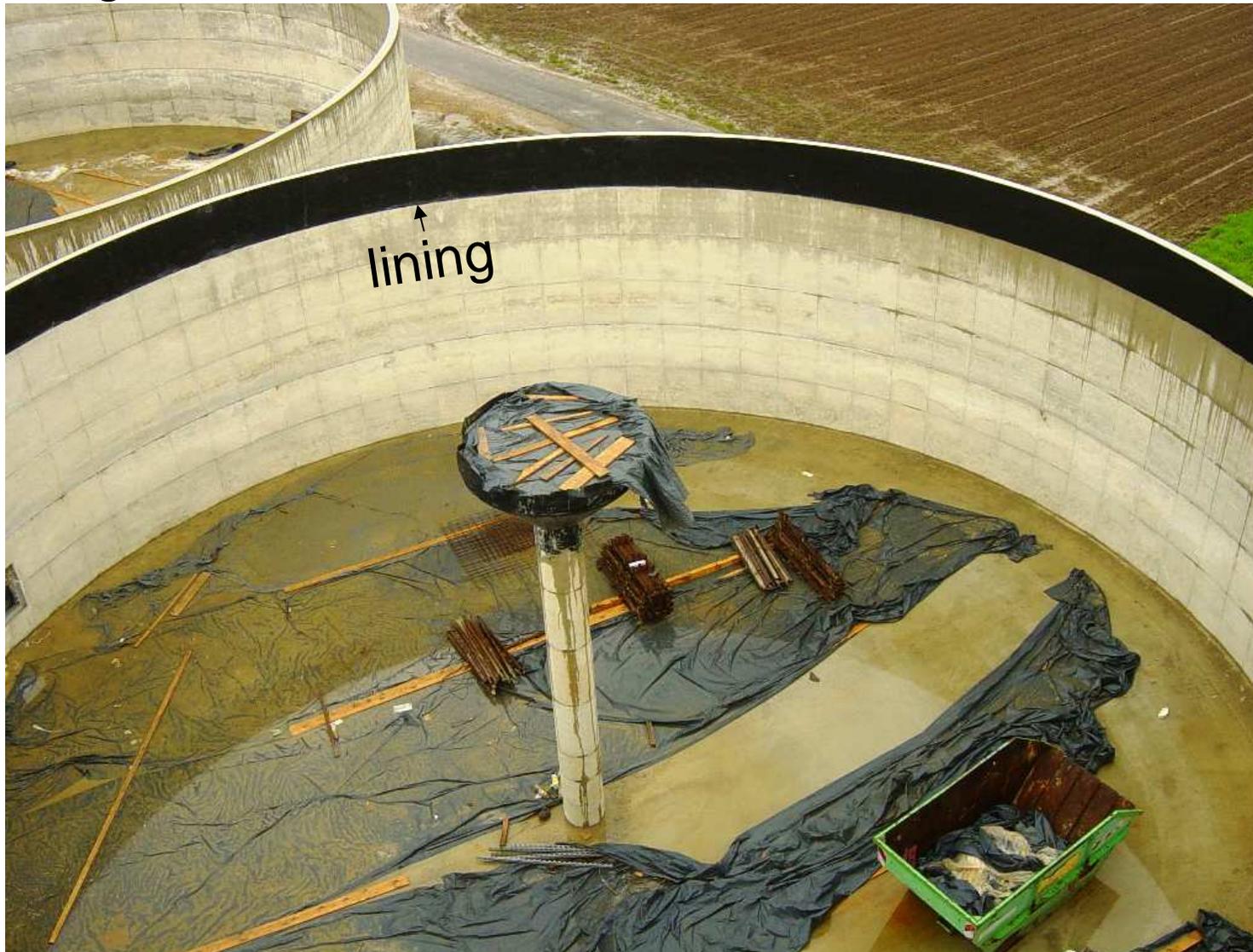




Concrete protection by anti-corrosion lining



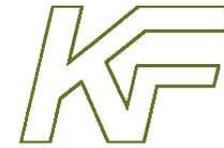
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH











Krieg & Fischer Ingenieure GmbH













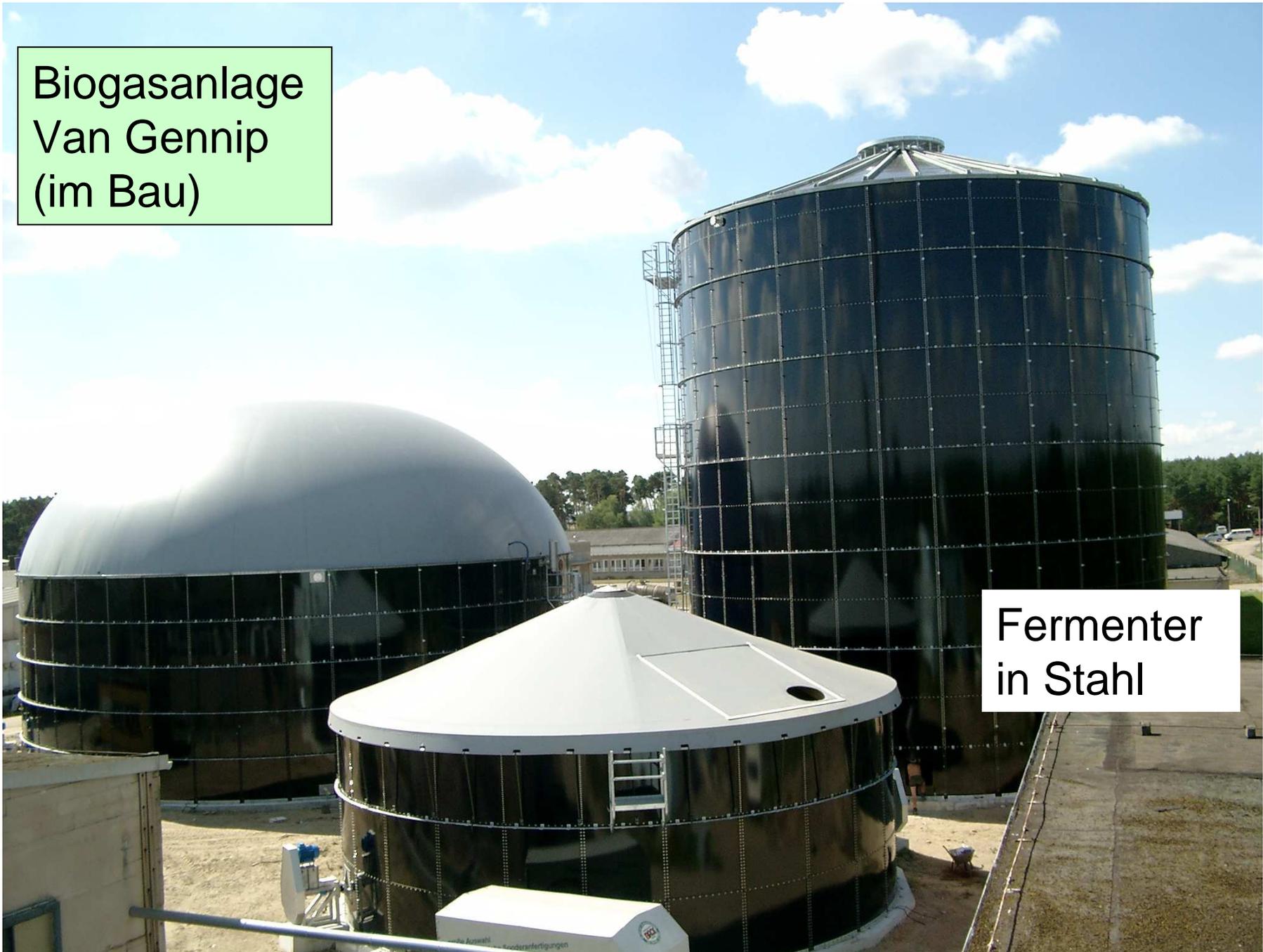


Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Biogasanlage
Van Gennip
(im Bau)



Fermenter
in Stahl









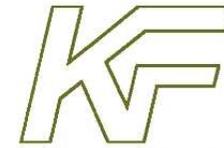












Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

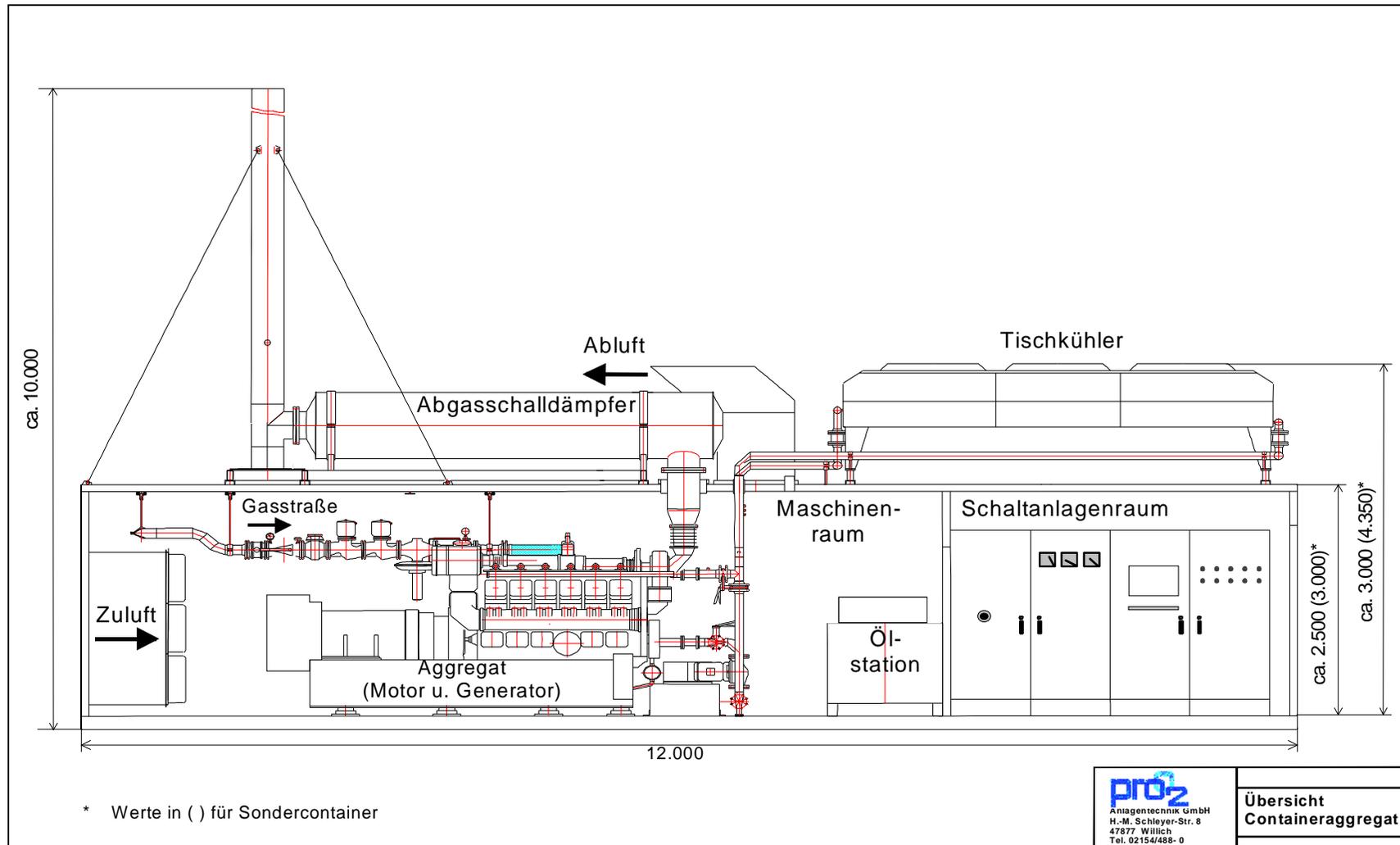




BHKW

- Gasmotor
- Zündstrahler

Container-Aggregat



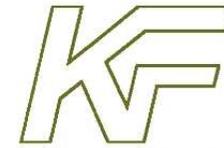












Krieg & Fischer Ingenieure GmbH





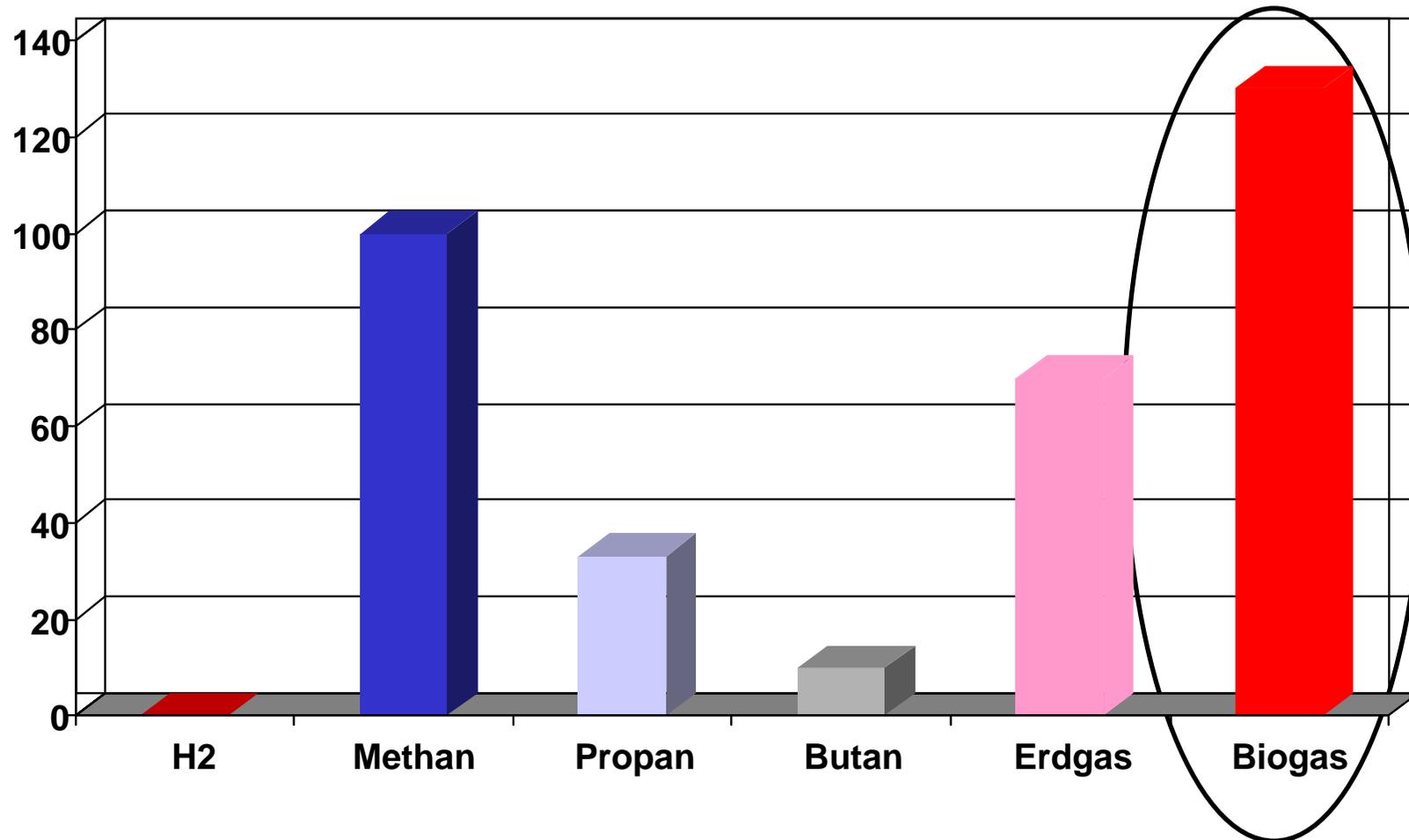




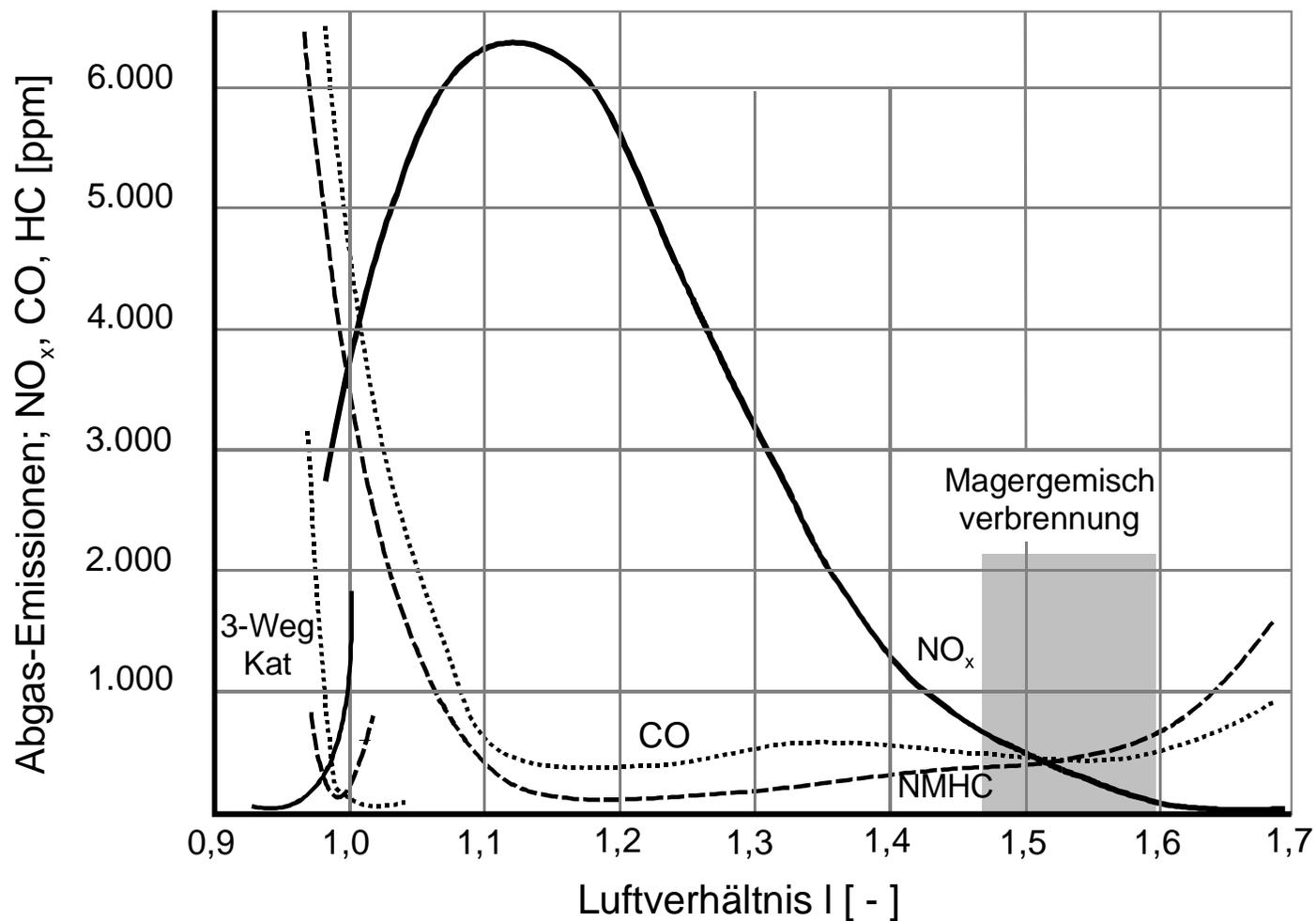
Methanzahl



GE imagination at work



Abgasemissionen und Verbrennungsverhältnis



Bedingungen für den Motorbetrieb



Heizwert Hu	≥ 4	[kWh/m ³ _{i.N.}]
Heizwertschwankungen	< 1 % / 10 sec	
Methangehalt (CH ₄)	> 40	[Vol.%]
Methanzahl	≥ 70 – 80,	in Abhängigkeit vom Motorentyp
Methanzahlschwankung	< 1 % / 10 sec	
Schwefelgehalt, gesamt (S)	< 2200	[mg/m ³ _{i.N.}]
Schwefelwasserstoff – Gehalt (H ₂ S)	< 0,15	[Vol.%]
Chlorgehalt, gesamt (Cl)	< 100	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Fluorgehalt, gesamt (F)	< 50	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Summe Chlor und Fluor (Cl + F)	< 100	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Ammoniak (NH ₃)	< 30	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Siliziumgehalt (Si)	< 10	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Staub (3 – 10 µm)	< 10	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
Öldämpfe (> C5)	< 40	[mg/m ³ _{i.N.} CH ₄]
relative Feuchte (φ)	< 90	[%]
Kondensat	Kondensation im Ansaugtrakt ist auszuschließen	
Gastemperatur	10 – 50	[°C]
Gasdruck, am Eintritt Gasregelstrecke	50 – 100	[mbar](Fließdruck)
zul. Gasdruckschwankung	< +/- 10 % des Einstellwertes,	
bei einer Schwankungsfrequenz	< 1 mbar / 10 sec	

Abweichende Betriebsbedingungen sind nach Rücksprache und technischer Prüfung möglich.



Emissionsanforderungen Gasmotoren (Auszug)

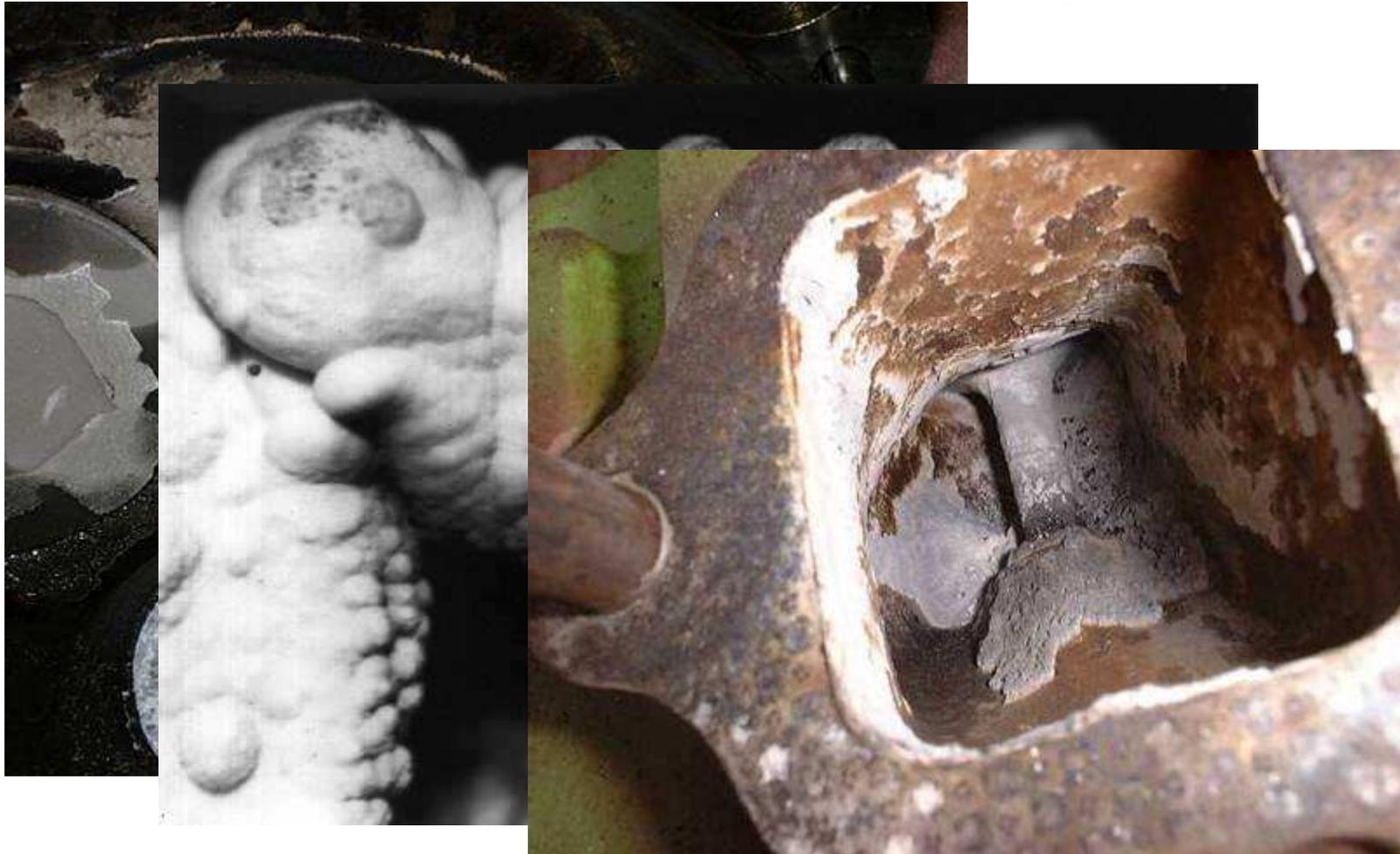
Land	Emissions-Grenzwerte (Erdgas)					Emissions-Grenzwerte (Biogas)			
	[mg/Nm ³] tr. Abgas @ 5%O ₂					[mg/Nm ³] tr. Abgas @ 5%O ₂			
	NO _x	CO	NMHC	HCHO	Staub	NO _x	CO	NMHC	HCHO
Austria	250 (150)	200	150 (50)			400 (500)	650 (400)	150	
Belgien - (Flandern)	($\eta_{el}/30$)*2600	1300							
Dänemark	550	500		(10)		550			
Finnland	467								
Frankreich	350	650	150		50	525	1200		
Deutschland	500	300		60	20	500	1000(650)		60(40)
Ungarn)	500	650							
Italien	450					450	300	150	
Japan	310/470					500			
Niederlande	438					438			
Portugal	3077	1219							
Spanien	500	950							
Schweiz	250(50)	325				400	650		
UK	($\eta_{el}/40$)*267					550	1400		
USA	ca. 250	ca. 1200	150			ca. 250	ca. 1200	150	



Kolben mit Silizium-Schaden



Si-Ablagerungen Deponiegas



Abgaswärmetauscher mit Ablagerungen aufgrund von Taupunktunterschreitungen im Abgas durch hohe Schwefelkonzentrationen









Biogasaufbereitung und -einspeisung

- Studie Fraunhofer Institut UMSICHT, Markterhebung 2007/2008
- 6. Hanauer Dialog „Biogasaufbereitung zu Biomethan, Kassel, 2008
- eigene Unterlagen

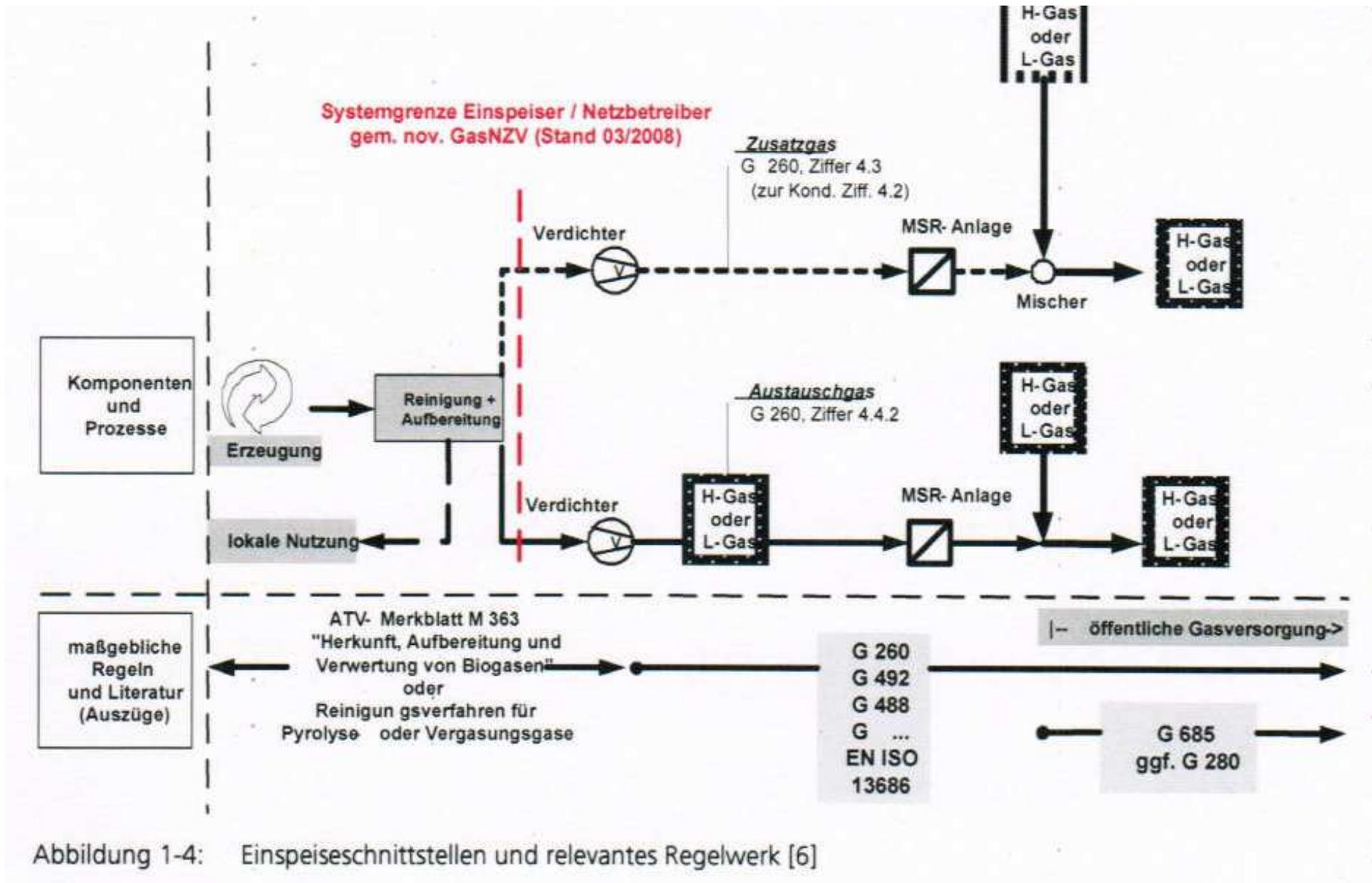


Tabelle 4-1: Überblick über CO₂-Abtrennverfahren und Hersteller

Verfahren	Firmen	Auszug Referenzen (Bezug Rohgas)
Druckwechseladsorption	CarboTech Engineering (D) Cirmac (NL) QuestAir (CAN) Verdesis (CH)*	D: Straelen, Pliening, Werlte, Mühlacker, ... 1.600m ³ /h Nuenen (NL) Mehrere in USA, CAN Widnau, Lavigny, Villeneuve, Inwil (CH)
Physikalische Wäsche		
Druckwasserwäsche	Flotech (S und NZ) Malmberg (S)	25-30 Anlagen in Europa, meist in Schweden
Genosorb-Wäsche	Haase (D)	Jameln, Hannover
Chemische Wäsche		
Aminwäsche	CarboTech (D) MEA Cirmac (NL)	Prototyp 200 m ³ /h Schwandorf Göteborg 1.600 m ³ /h, Boras 300 m ³ /h
Aminwäsche - DEA	DGE (D) MT-Energie (D)*	Prototyp Wotersen 25 m ³ /h Prototyp Rockstedt 600 m ³ /h
Membrantrennverfahren	Cirmac (NL) Air Liquide (F)	Beverwijk (NL)

* - Lizenznehmer



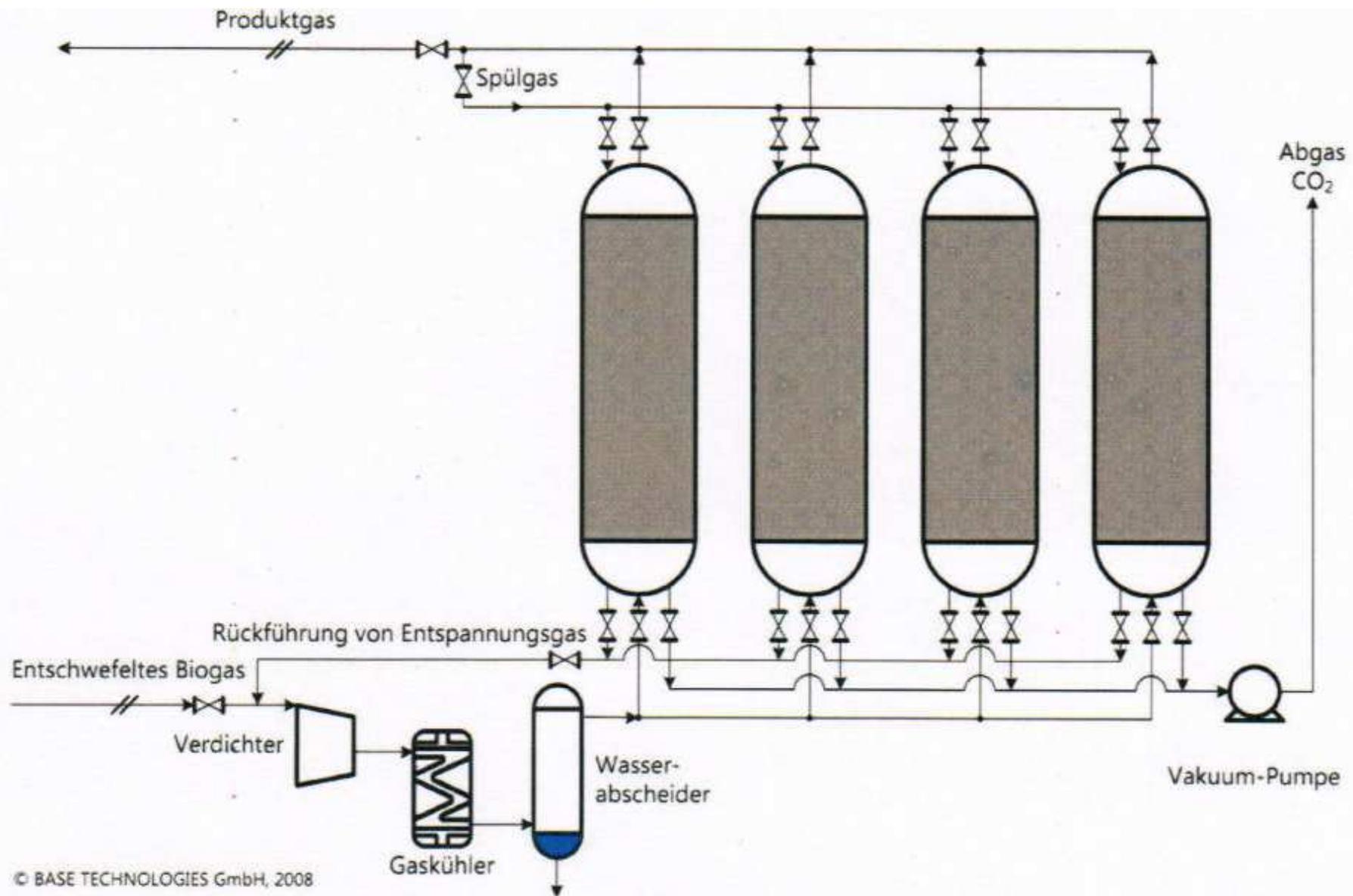


Abbildung 4-1: Beispiel für das Layout einer Druckwechseladsorption nach CarboTech bzw. Cirmac [32]



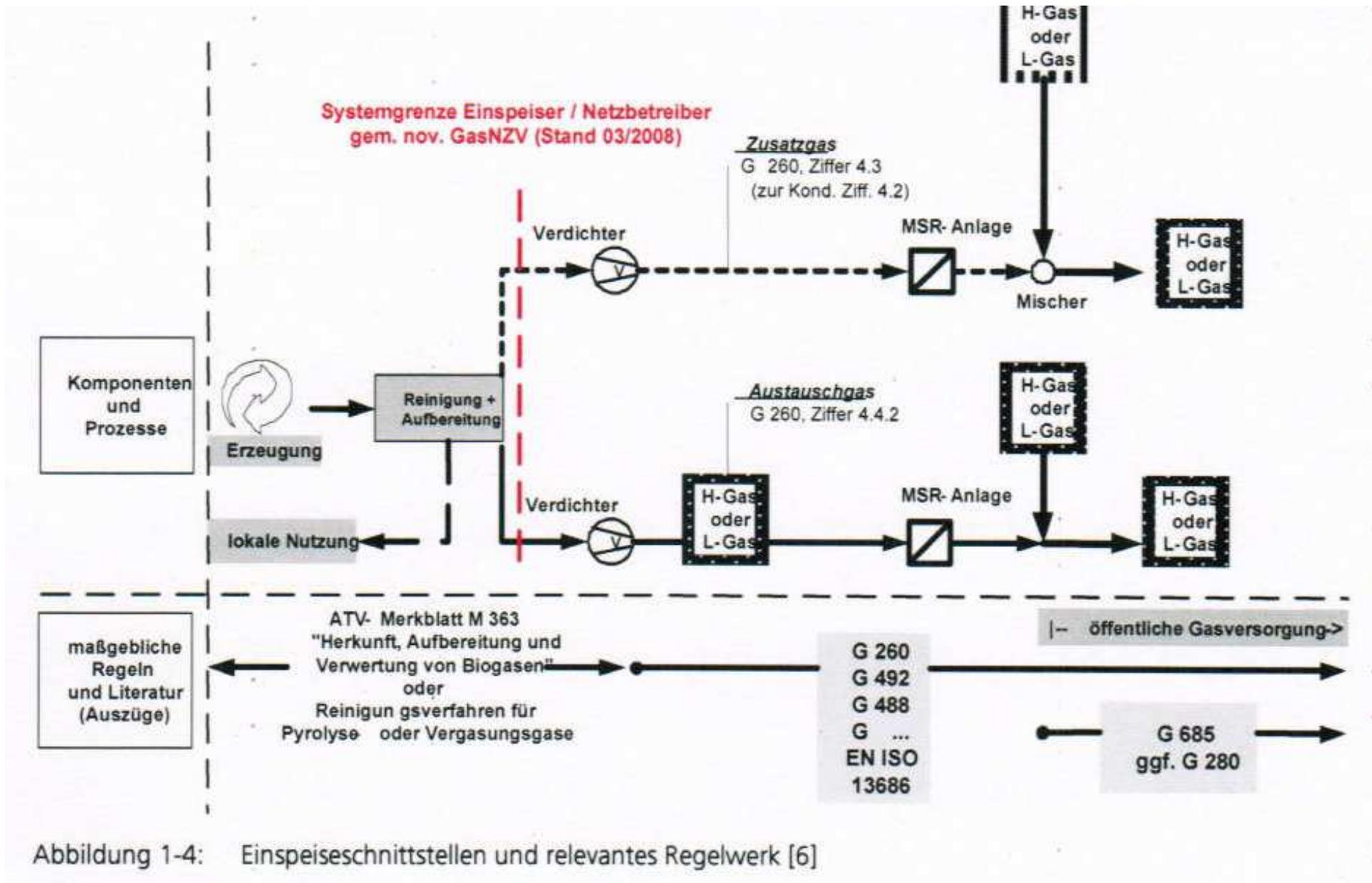
Abbildung 4-3: Druckwasserwäsche mit einer Kapazität von 1.250 Nm³/h Rohgas der Fa. Malmberg in Könnern, Sachsen-Anhalt, grüner Container im Vordergrund GDRM-Station (Foto Malmberg)



Abbildung 4-9: PSA-Anlage Typ M-3200 (Foto: QuestAir Technologies Inc.)



Abbildung 4-2: DWW-Anlage in Stockholm (Foto Malmberg)



Systemvergleich Aufbereitungsanlagen

- Rahmenbedingungen -

- NaWaRo-Biogas-Einspeiseprojekte / keine Abfallanlagen
- Wirtschaftliche Anlagengrößen : 500 bis 2000 Nm³/h Rohbiogas
- Einspeisung in Mittel- bzw. Hochdruck-Erdgasnetze : 5 bis 70 bar
- Berücksichtigung GasNZV „neu“ und Novellierung EEG :
 - Gasqualität nur Mindestanforderungen G 260 & G262 :
 - Hs = 8,4 – 13,1 KWh/m³ & Wobbeindex 10,5 – 15,7 KWh/m³
 - Methanverlust in Atmosphäre < 0,5 %
 - Strombedarf Aufbereitung < 0,5 KW/m³Rohgas
 - Prozesswärme nur aus regenerativen Quellen
- TA-Luft gilt für Emissionen :
 - Methanverluste in Atmosphäre : 0,2 bis 0,05 % (umgerechnet)
 - H₂S : < 5 mg/m³
- Einhaltung Geruchskataster / Begrenzung Geruchsemissionen :
 - Geruchsgrenzwert für H₂S : < 0,03 mg/m³

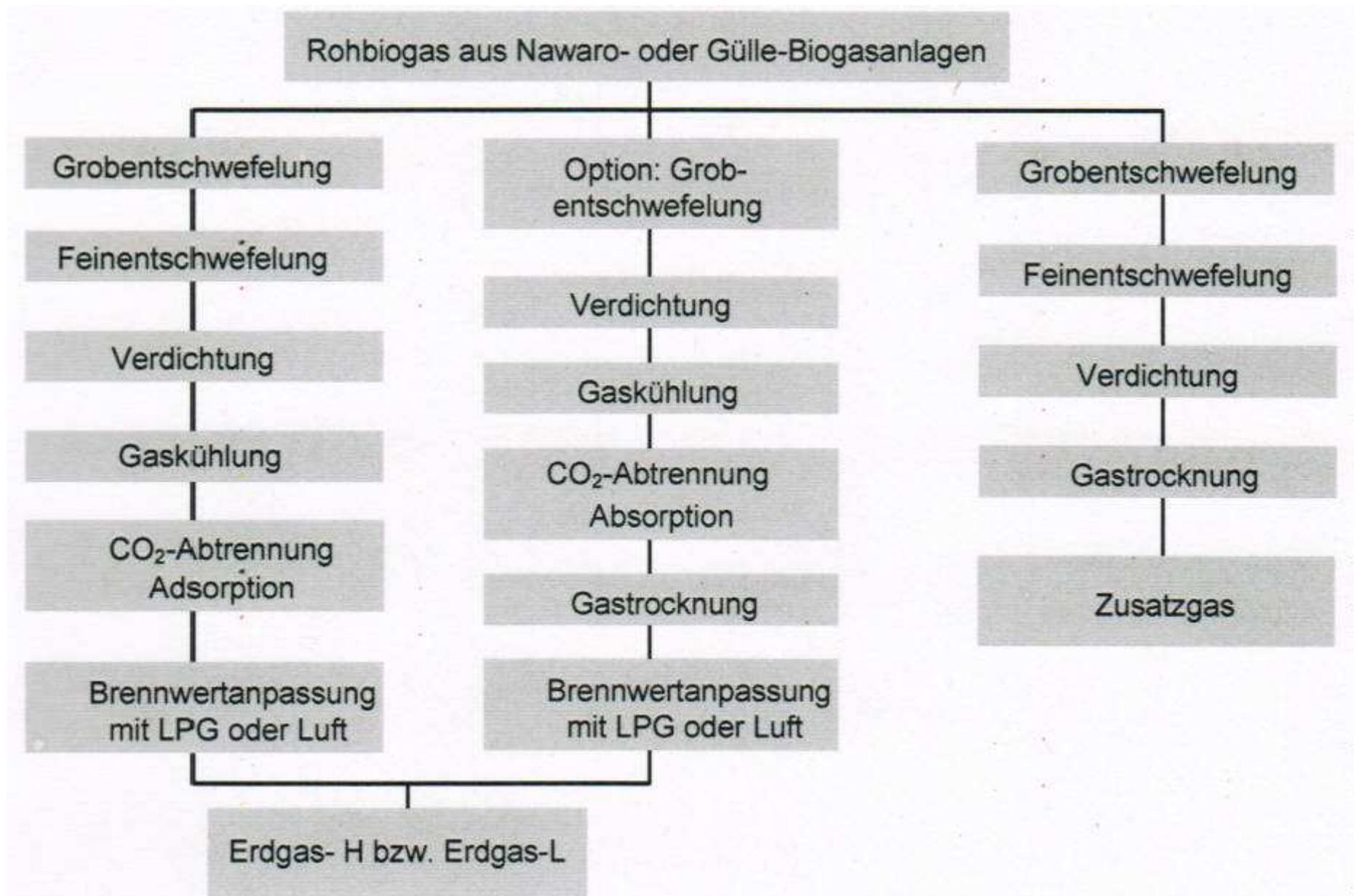


Abbildung 2-1: Übersicht Verfahrensschritte der Biogasaufbereitung zu Erdgassubstituten

Tabelle 4-9: Verfahrensvergleich anhand ausgewählter technischer Parameter

Kriterien	PSA	DWW	Genosorb	MEA	DEA
Vorreinigung ^a	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja
Arbeitsdruck [bar]	4-7	4-7	4-7	drucklos	drucklos
Methanverlust ^b	< 3 % / 6-10*	< 1% / <2 %*	2-4 %	< 0,1 %	<0,1%
Methananteil Produktgas ^c	> 96 %	> 97 %	> 96 %	> 99 %	> 99 %
Stromverbrauch ^d [kWh/Nm ³]	0,25	< 0,25	0,24-0,33	< 0,15	< 0,15
Wärmebedarf [°C]	Nein	Nein	55-80**	160	160
Regelbarkeit in % der Nennlast	+/- 10-15 %	50-100 %	50-100 %	50-100 %	50-100 %
Referenzen***	> 20	> 20	2	3	1

- a Die Angaben beziehen sich auf Rohbiogase mit H₂S-Belastungen kleiner 500 mg/m³. Bei hohen H₂S-Gehalten, wie sie beispielsweise bei Gülle-Biogasanlagen anzutreffen sind, empfiehlt sich auch bei physikalischen Wäschen eine vorgelagerte Grobentschwefelung.
- b Der Methanverlust ist abhängig von den Betriebsbedingungen. Die hier angegebenen Werte sind entweder Garantieangaben des Herstellers oder Betreiberangaben.
- c Die Produktgasqualität ist prinzipiell variabel einstellbar; allerdings auf Kosten der Wirtschaftlichkeit oder des Methanverlustes. Die hier angegebenen Werte sind entweder Garantieangaben des Herstellers oder Betreiberangaben. Basis: luftfreies Biogas
- d Basis: Angaben in kWh/Nm³ Rohbiogas, Verdichtung des Produktgases auf 7 bar₀
- * Der Methanverlust < 3 % bezieht sich Anlagen der Fa. CarboTech, die Spanne zwischen 6-10 % auf Anlagen der Fa. QuestAir. Druckwasserwäsche: < 1 % Fa. Malmberg, < 2 % Fa. Flotech
- ** Nach Angaben der Fa. Haase ist eine interne Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpe möglich.
- *** Teilweise sind die angeführten Referenzanlagen Prototypen.

Gastechnik

- Fackel/Notfackel
- Kondensatabtrennung

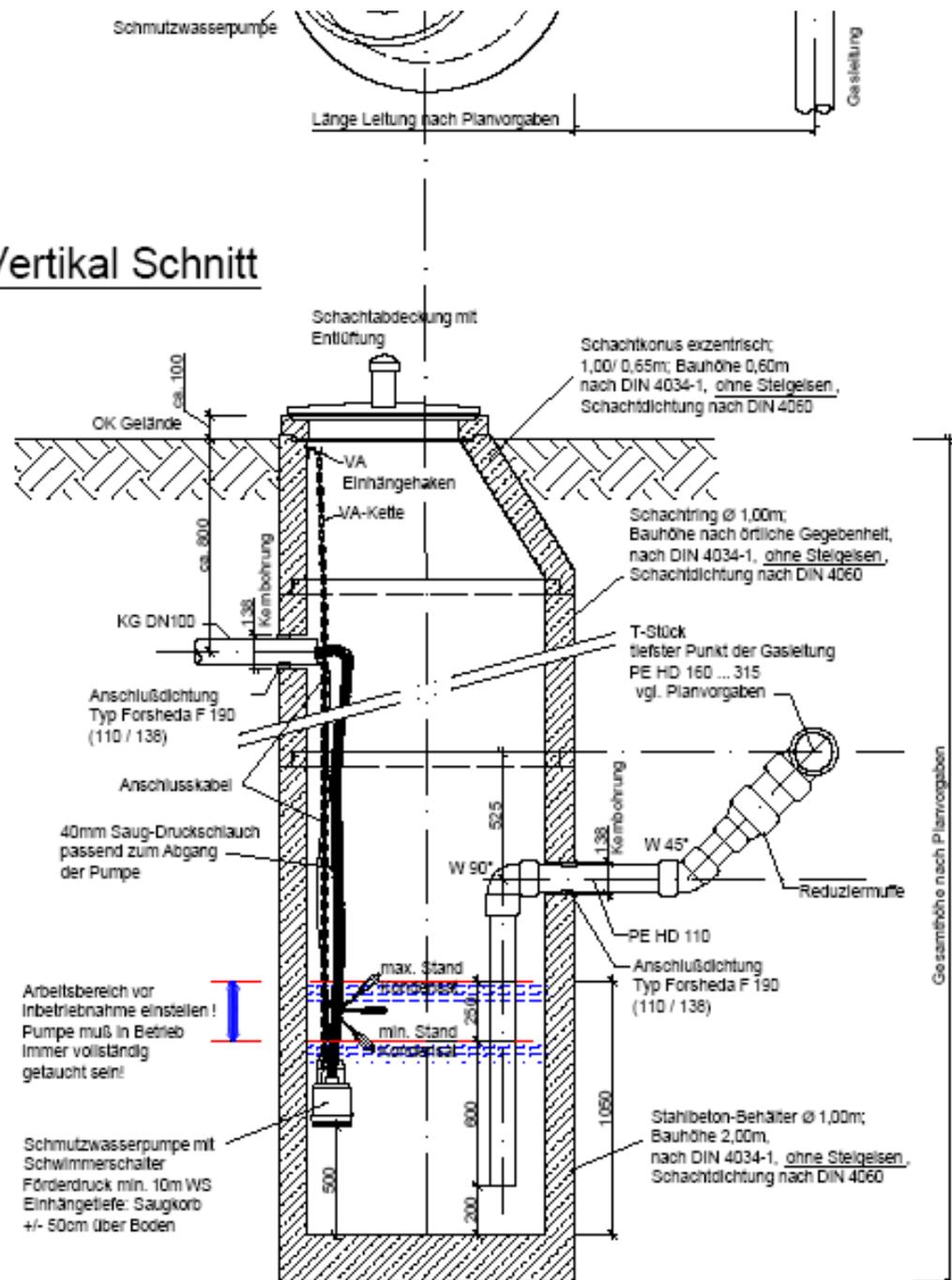


Krieg & Fischer Ingenieure GmbH





Vertikal Schnitt



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



Feststoffeintragstechnik

- Vorgrube
- Feststoffeintragstechnik





















Biogasanlagen
- Technik –
Fermenter, Feststoffeintragstechnik,
Gasaufbereitung und –einspeisung, 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, 11. Dezember 2008, Vorlesung FH Höxter