

# Biogasherstellung

## Optimierung der Verfahrensabläufe

1. Einleitung
2. Bioprozesstechnik
3. Optimierung laufender Anlagen
4. Zusammenfassung

Lehrstuhl für Bioprozesstechnik  
Fachbereich L Biotechnologie V  
Hochschule Anhalt (FH) /Köthen



# 1. Einleitung

- Ca. 2.000 „maßgeschneiderte“ Anlagen in der BRD
- Überwiegend „Einfachtechnologie“
  - Einfachtechnologie = so wenig wie nötig Technik,  
so viel wie möglich Wissen
- Wachsende Bedeutung für alternative Energieerzeugung
- Prozessstabilität = Maß für Akzeptanz bei Stromerzeugern und  
Netzwerkbetreibern
  - Prozessstabilität ~ optimale Fahrweise
  - Optimale Fahrweise:
    1. bioprozesstechnische  
Optimierung bei Planung
    2. optimale Prozessführung in  
laufenden Anlagen



# 1. Einleitung

## 1. Hydrolyse/ Säurebildung

- Substrat  $\xrightarrow{\text{Mikroorganismen I (Konsortium 1)}}$  methanogene Substrate  
Nebenprodukte

## 2. Methanbildung

- methanogene Substrate  $\xrightarrow{\text{Methanbildner (Konsortium 2)}}$  Biogas

Syntrophe Mischkultur = verschiedene Kulturen (MO), deren Ernährung (trophie) aufeinander abgestimmt ist (syn), was zu einem ökologischen Gleichgewicht führt



## 2. Planungsgrundlagen

- Einheitliche Grundlagen für Planung:  
VDI-RL 4630 „Vergärung organischer Stoffe“
- batch-Test: prinzipielle Vergärbarkeit  
keine Grundlage für Auslegung
- Kontinuierliche Voruntersuchungen  
Planungsgrundlage
- „maßgeschneiderte“ Anlage:
  1. „Maß“ ist bei Inbetriebnahme oft schon anders
  2. „Maß“ ändert sich oft während des Betriebes



## 2. Substrate

Substrat: Gülle

Energiepflanzensilage

LINKE, B. G.R. VOLLMER ATB-Tagung Potsdam 2002

Maissilage

Schweinegülle

Roggenmehl

Rindergülle

Rübensilage

Glycerin

Rapskuchen

Schlempe

gewerbliche Abfälle/Nebenprodukte

„kein Biomassebonus“, aber gute Gärsubstrate

je höher „Energiedichte“ (Methanausbeute bezogen auf  
Trockenmasse), desto konstanter Zusammensetzung

notwendig!!



## 2. Substrate

Maissilage

Silierung zwischen Milch- und Teigreife  
höchste Biomasseerträge  
beste Bioverfügbarkeit für Silierung

hoher Lignocelluloseanteil = lange Verweilzeiten  
geringere Ausbeuten

Schimmel, Herbizideinsatz !!

Fruchtfolge = Bedingung für Qualität !!!

Rübensilage

(Roh)Glycerin

Adaptation durch Steuerung!

Glycerin löst Lipide der Zellwände der Methanbildner

Rapskuchen Lagerung!!

## 2. Substrate

Bioverfügbarkeit = Möglichkeit des enzymatischen Angriffs  
(hydrolytische Enzyme) an Substrat

-- Bioverfügbarkeit des Substrates ist gut (schnelle Hydrolyse):

**Methanbildung: langsam = geschwindigkeitsbestimmend**

bioprozesstechnische Gestaltung:      zweistufig

Hydrolyse      gesteuerte Methanbildung

**Redox, Methanbildungsrate**

-- Bioverfügbarkeit des Substrates ist schlecht:

**Hydrolyse (Säurebildung): langsam**

bioprozesstechnische Gestaltung:      einstufig

Problem: Cosubstrat mit hoher Bioverfügbarkeit

**Anstieg Säurekonzentrationen**

**Substratlager als Hydrolyse**



## 2. Substrate

Kohlenhydrat-/Protein-Anteil

Versäuerung von Hydrolyseprodukten der Proteine  
(Aminosäuren) = inhibierende Substanzen

STICKLAND-Reaktion

Ammonium- bzw. Gesamtstickstoff hoch, dann Einflüsse zu erwarten





## 2. Bioprozesstechnik

<b>Abwasserreaktor ( &lt; 4% TS)</b>	<b>Suspensionsreaktor ( 4 –15 % TS)</b>	<b>Feststoffreaktoren</b>
Flockenschlamm-Reaktor	Rühr-Reaktor	Feststoff-Reaktor
Wirbelbett-Reaktor	Umwälz-Reaktor (pneumatisch)	Perkolations-Reaktor
Festbett-Reaktor	Umwälz-Reaktor (hydraulisch)	
Granulatschlamm-Reaktor (UASB)		
Mehrstufige Reaktoren (EGSB, ICR etc.)		



## 2. Bioprozesstechnik

<b>Schlamm regime</b>	<b>Behandlungs stufen</b>	<b>Betriebsweise</b>	<b>Reaktions temperatur</b>
Durchfluss- betrieb	einstufig	kontinuierlich	mesophil
Biomasse- rückführung	zweistufig	quasikontinuier- lich	thermophil
Teilrückführung	mehrstufig	diskontinuierlich (konst.Zulauf)	zweistufig- unterschiedlich
Biomasserück- haltung		Diskontinuierlich (variable Zulauf)	

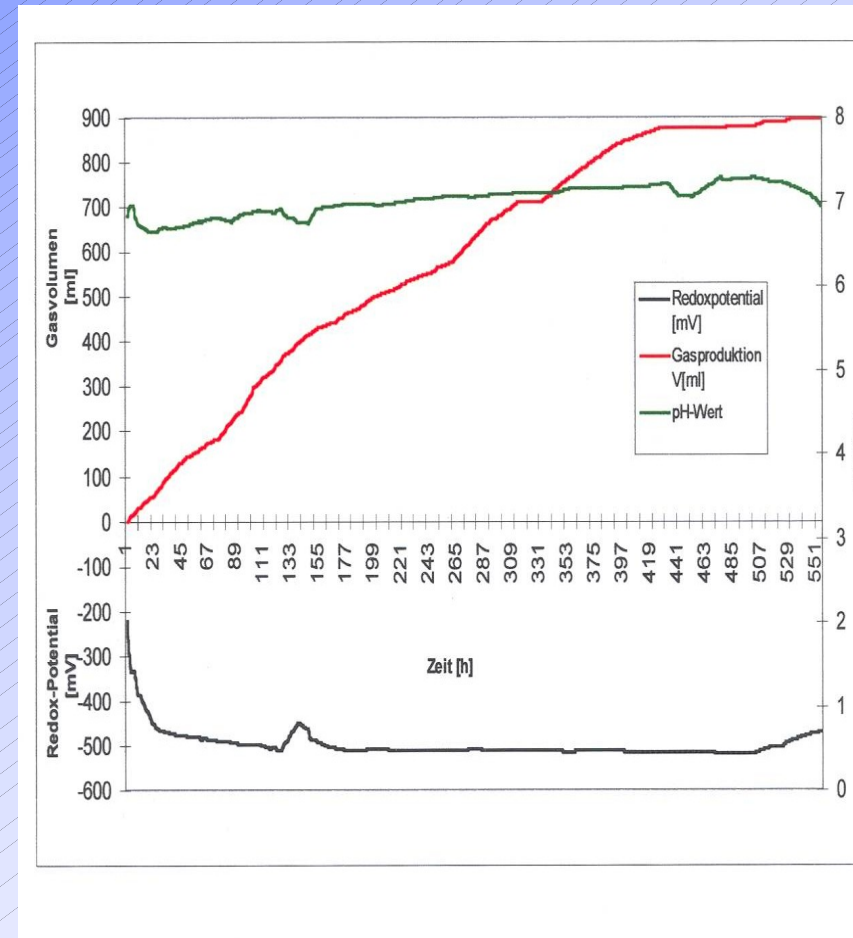
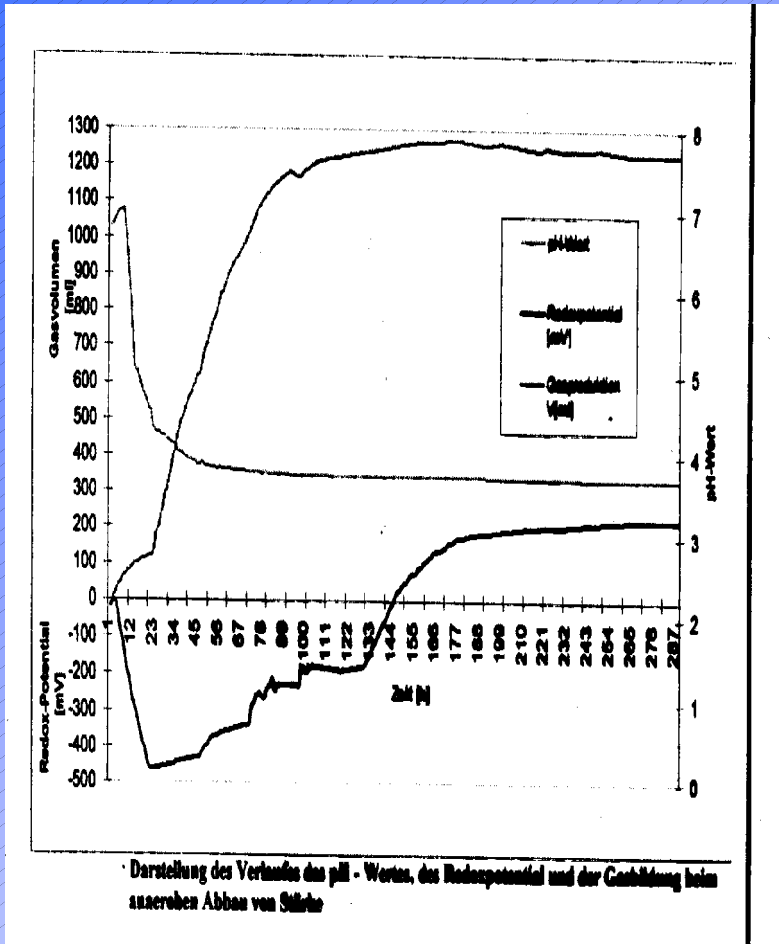


## 2. Bioprozesstechnik

### Notwendige Messtechnik

- Temperaturkonstanz!!
- pH- Wert: bei hoher Pufferkapazität annähernd konstant;  
Wartung und Pflege!!!
- Redox-Wert: robuste Elektrode, aber Wartung notwendig-  
**Abbildung**
- Gaszusammensetzung: Methan und Kohlenstoffdioxid  
außer Kohlenhydratvergärung Zeitverzögerung!!
- Neuer Ansatz ATB: Propionsäure in Gasphase
- Zulauftrate: Messung, Buchführung
- Graphische Darstellung: Trendeinschätzung

# Messungen Redox-Potential, pH und Gasbildung bei Amylose und Peptonvergärung im Batchversuch (ALTMANN)



### 3. Optimierung laufender Anlagen

1. Durchflussrate  $D = 1/\text{hydraulische Verweilzeit (HRT)}$   
 $D = \text{Zulauftrate (m}^3/\text{h) zu Reaktorvolumen}$   
 $\rightarrow D$  bestimmt Stabilität des Ökosystems (Syntrophie)

Prozessinstabilität : = Senkung Zulauftrate

- weniger Substratmenge in den Reaktor  
 Zwischenprodukte = methanogene Substrate  
 sollen abgebaut werden
- geringere Durchflussrate = längere HRT  
**Störung der Stabilität des Ökosystems**  
**Zell-Lyse der schneller wachsenden MO**

### 3. Optimierung laufender Anlagen

2. Änderung der Substratzusammensetzung  
gut bioverfügbares Substrat säuert schnell  
stufenweise Anpassung („Adaptation“)  
Vorschlag: VDI-RL: Raumbelastung erhöhen  
 $\Delta BR = 0,5 \text{ kg oTS/m}^3 \cdot \text{d}$   
bis zur stabilen Gasproduktion
3. Keine Hemmstoffe: Antibiotika  
Schimmel (Penicillium ..)  
heterotrophe Methanbildner sind sensibel !
4. Optimierung = schrittweise Erhöhung der Raumbelastung unter  
ständiger Beobachtung (pH, rGas)



## 4. Zusammenfassung

1. Bioprozesstechnische Optimierung = Maßschneidern
  - a) in Planungsphase durch technologische Gestaltung
  - b) während Betrieb durch Vermeidung von Fehlern
2. Bioverfügbarkeit des Substrates (und der Cosubstrate) ist wesentlicher Faktor der Auslegung (VDI-RL 4630)
3. Schwankungen in Substratbereitstellung und Substratzusammensetzung beeinflussen wesentlich die Prozessstabilität
4. Biogasanlage ist ein lebendes Ökosystem