

Biogasgewinnung aus Futtergräsern

Ergebnisse aus Langzeitversuchen

Bernd Linke, Mandy Schönberg, Peter-Wilhelm-Freudenberg, Pascal Mieroph

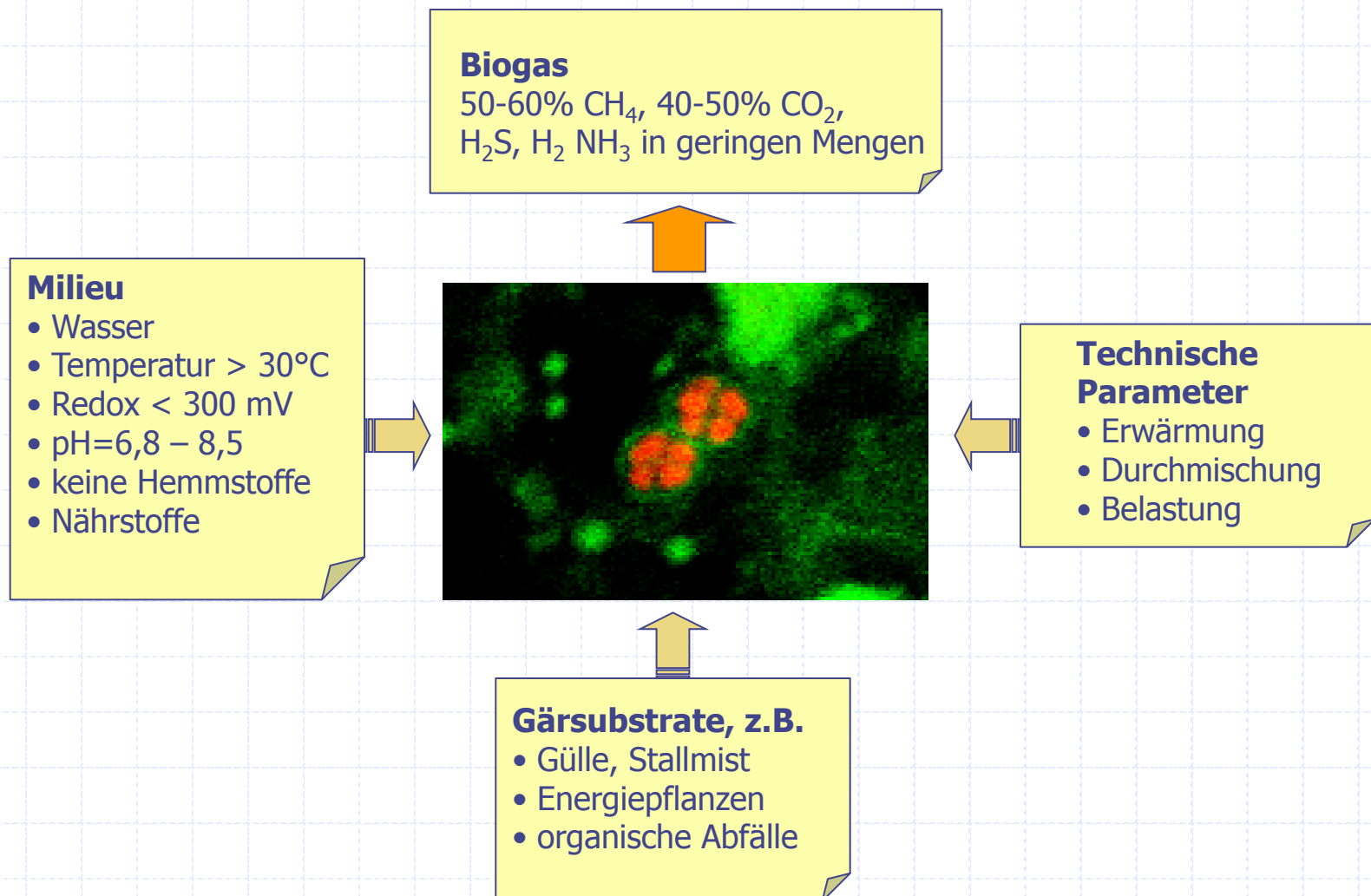
- Einleitung
- Versuchsanlagen und Substrate
- Ergebnisse
- Versuchsanlage Seevetal
- Versuchsanlage ATB
- Fazit



Einleitung

- Aufwüchse von Grünland auch für Biogasgewinnung nutzbar
- Vergärung in konventionellen Rührfermentern meist nur in Kofermentation mit Gülle
- Probleme bei Durchmischung
- Biogausausbeute stark schwankend (Schnittzeitpunkt)
- Satzweise arbeitende Perkolationsverfahren unzureichend
- Neuer Ansatz zur kontinuierlichen Vergärung im Schwimmbettfermenter

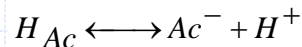
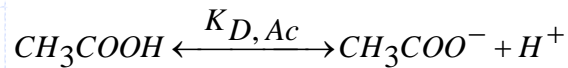
Voraussetzungen für die Biogasbildung



Substratverwertung der Mikroorganismen

Von den **Mikroorganismen** kann **nur** der **nicht dissoziierte** Anteil der Substrate verwertet werden, der durch Diffusion die Zellwand passieren kann

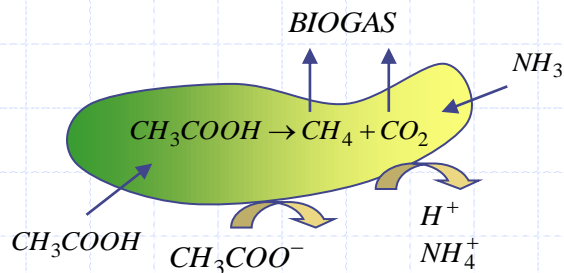
Essigsäure:



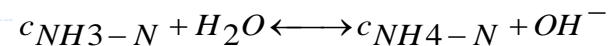
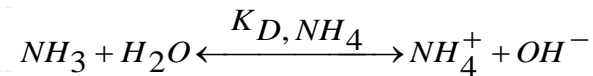
$$c_{Ac} = c_{Ac^-} + c_{HAc} \quad (1)$$

$$K_{D,Ac} = \frac{c_{Ac^-} \cdot c_{H^+}}{c_{HAc}} \quad (2)$$

$$c_{HAc} = \frac{c_{Ac}}{1 + K_{D,Ac} \cdot 10^{pH}} \quad (3)$$



Ammoniumstickstoff:



$$pK_S = -\lg K_{D,NH_4} = 0,09018 + \frac{2729,92}{T^\circ C + 273,15}$$

$$c_{NH_3-N} = \frac{c_{NH_4-N}}{1 + 10^{pK_S - pH}}$$

c_{Ac}gesamte Essigsäure

c_{HAc}nicht dissoziierte Essigsäure

c_{Ac^-}dissoziierte Essigsäure

c_{H^+}Wasserstoffionenkonzentration

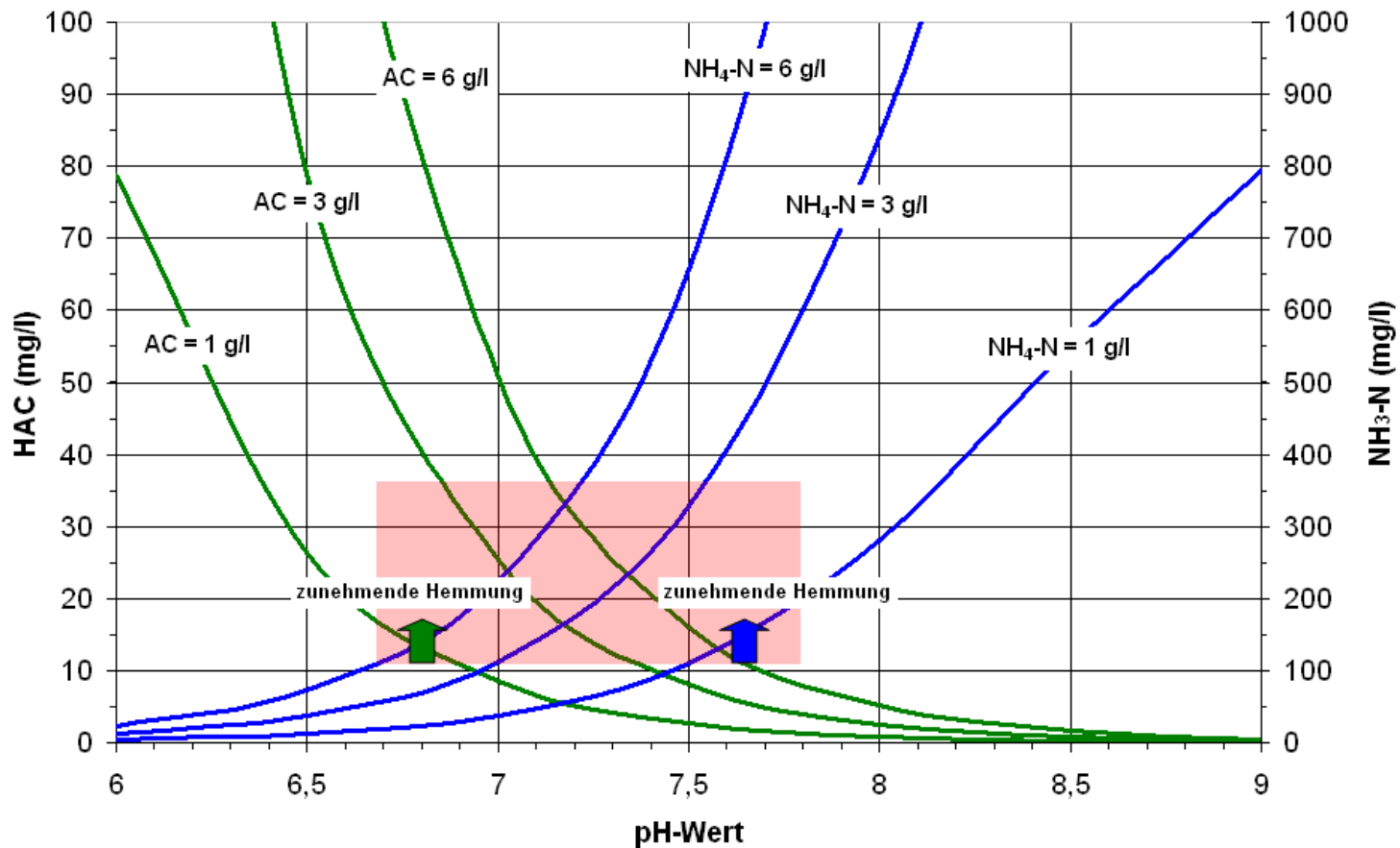
K_DDissoziationskonstanten Ac und NH_4

pK_Snegativer dekadischer lg von K_D

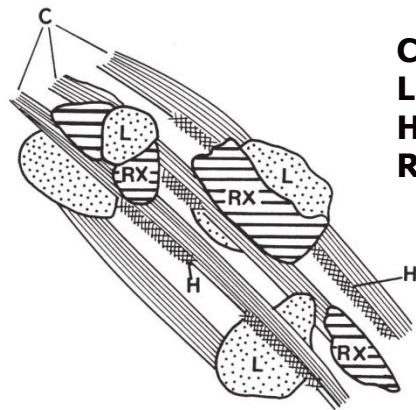
c_{NH_3}Ammoniakkonzentration

c_{NH_4}Ammoniumkonzentration

Hemmung durch Essigsäure und Ammoniak



Charakteristik pflanzlicher Biomasse

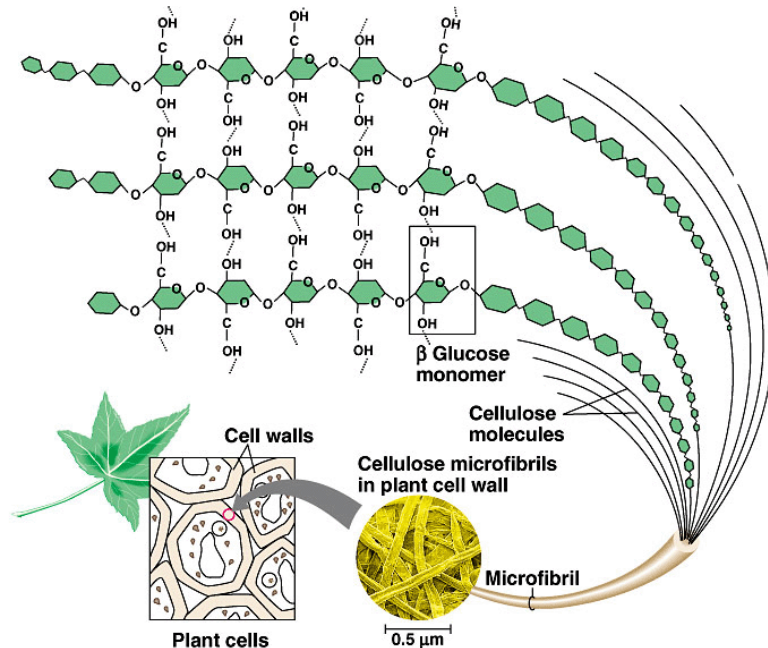


C Cellulose fibres
L Lignin
H Hemicellulose
RX Xylane

Quellen:

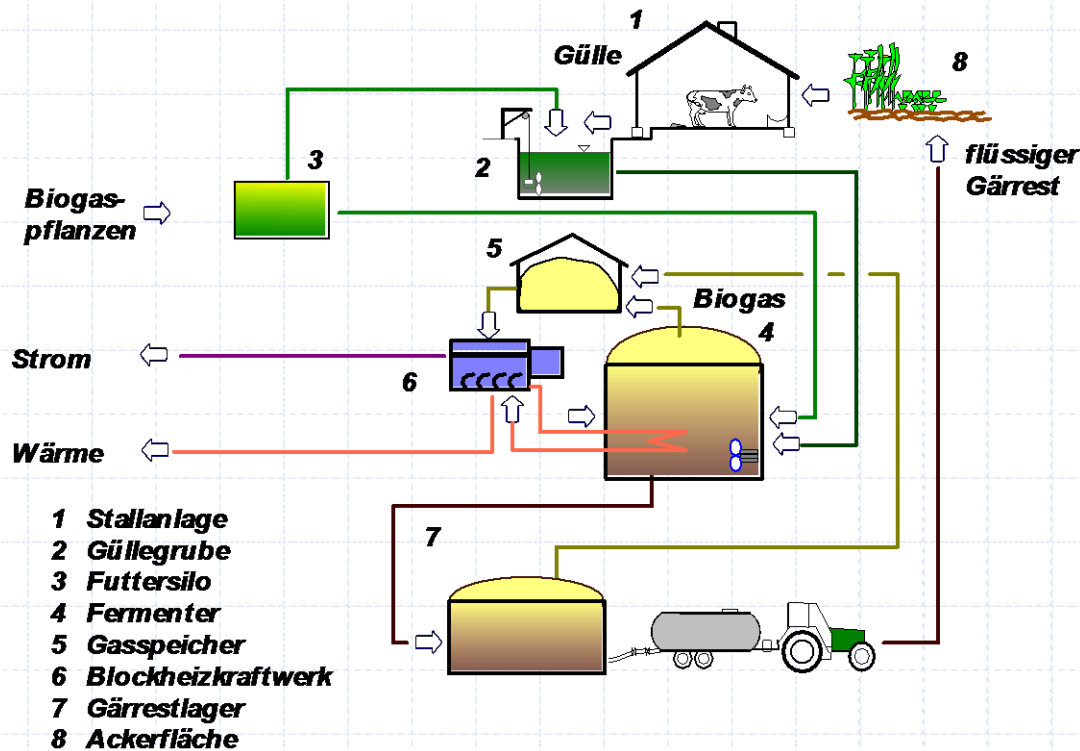
www.tucows.vc-graz.ac.at

www.kennmadsen.dk

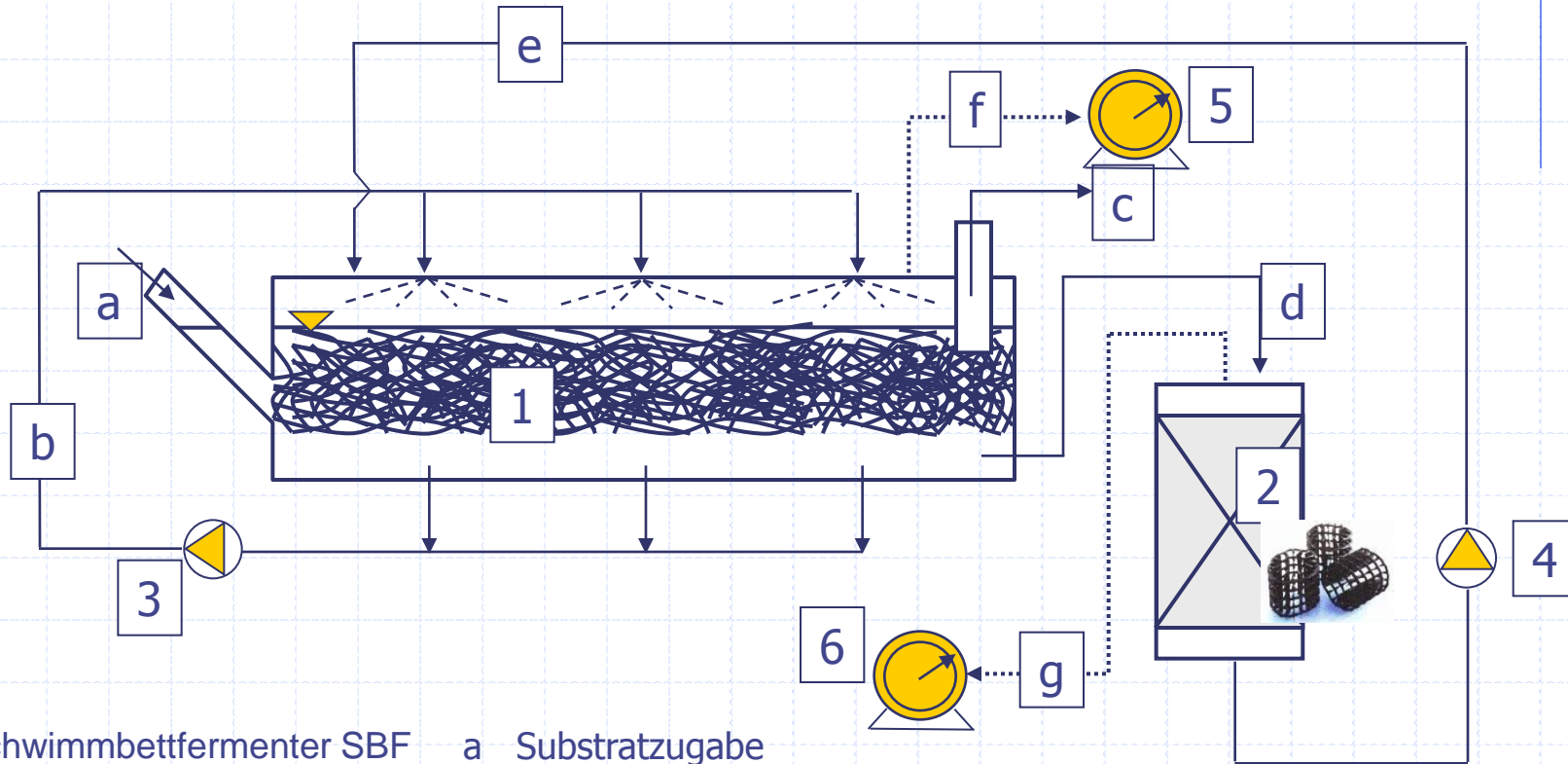


- **Cellulose** und **Hemicellulose** Hauptbestandteile pflanzlicher Zellwände
- glycosidische Bindungen zwischen Glucose-Einheiten leicht hydrolysierbar
- für **Abbau** jedoch **viele Enzyme** erforderlich (symbiotische Wirkung, **Wiederkäuer**,
- Bei **Verholzung** Bildung amorphes Netz **phenolischer Polymere**, Schutz vor enzymatischem Anagriff
- Ausnahme: **Pilze** und Actinomyceten haben **Strategie** zum Abbau entwickelt, **Grundlagenforschung** an **Termiten**, symbiotische Wirkung vieler Mikroorganismen

Typische Biogasanlage in der Landwirtschaft



Schwimmbettfermenter - Versuchsaufbau



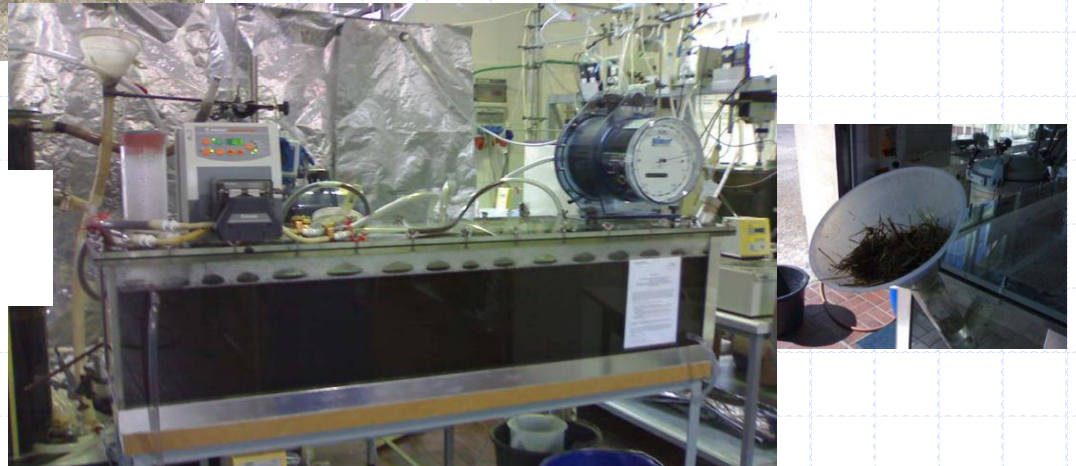
- | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------------------|
| 1 | Schwimmbettfermenter SBF | a | Substratzugabe |
| 2 | Anaerobfilter AF | b | Perkolationsflüssigkeit |
| 3 | Umwälzpumpe für SBF | c | Gärrest |
| 4 | Umwälzpumpe für AF | d | Zulauf Anaerobfilter |
| 5 | Präzisionsgaszähler für SBF | e | Ablauf Anaerobfilter |
| 6 | Präzisionsgaszähler für AF | f | Biogas vom SBF |
| | | g | Biogas vom AF |

Bilder der Versuchsanlagen



Versuchsanlage Seevetal
540 | SBF

Versuchsanlage ATB
55 | SBF, 40 | AF



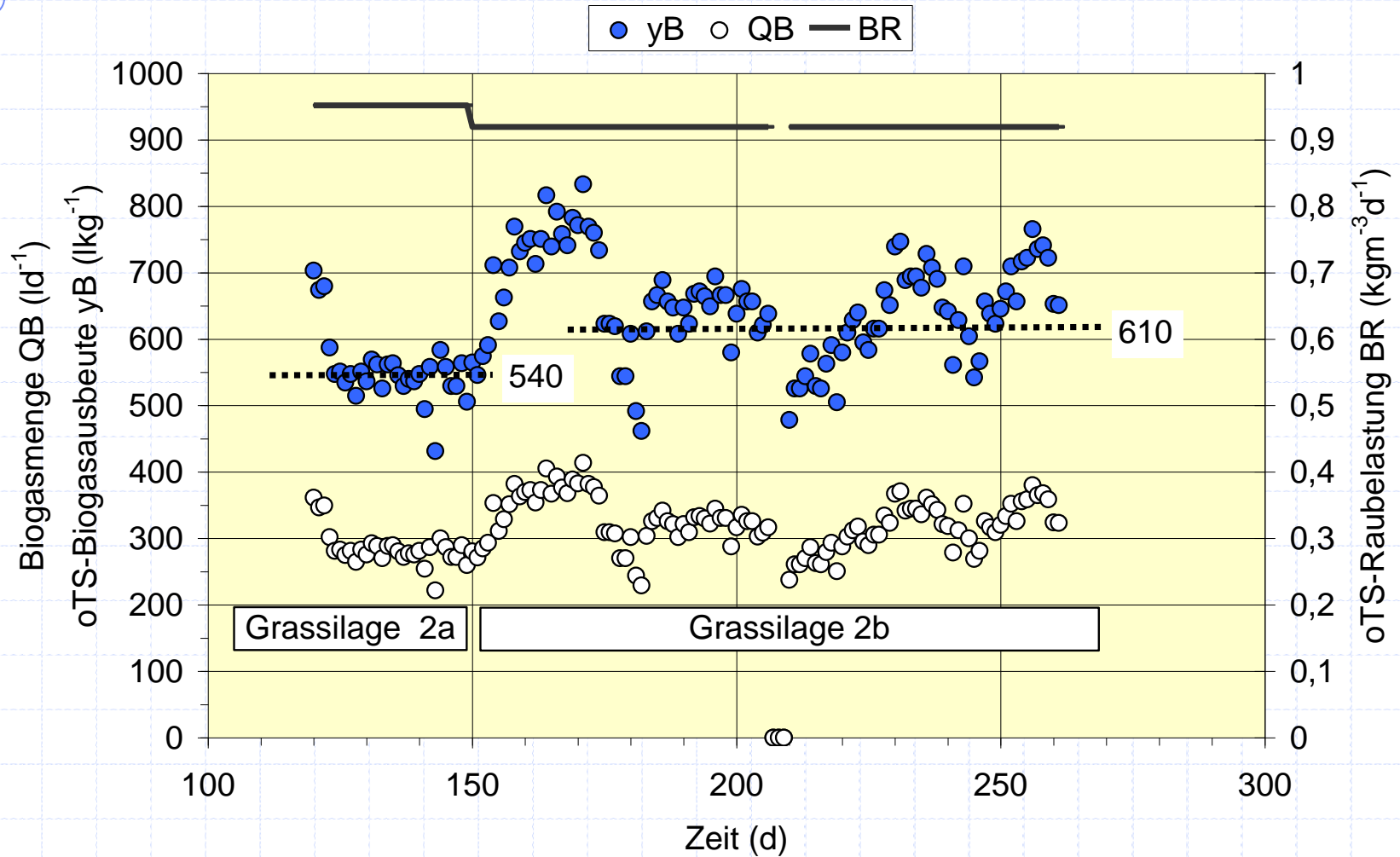
Verwendete Futtergräser

Substrat	pH	TS	oTS	Rohfaser	Zucker	N
	-	% FM	% TS	% TS	% TS	% TS
Gas 1*	4,2	36,0	90,9	30,0	3,1	3,00
Gras 2a	5,1	55,6	92,4	35,2	2,0	2,24
Gras 2b	5,2	53,0	93,7	32,2	9,8	2,20

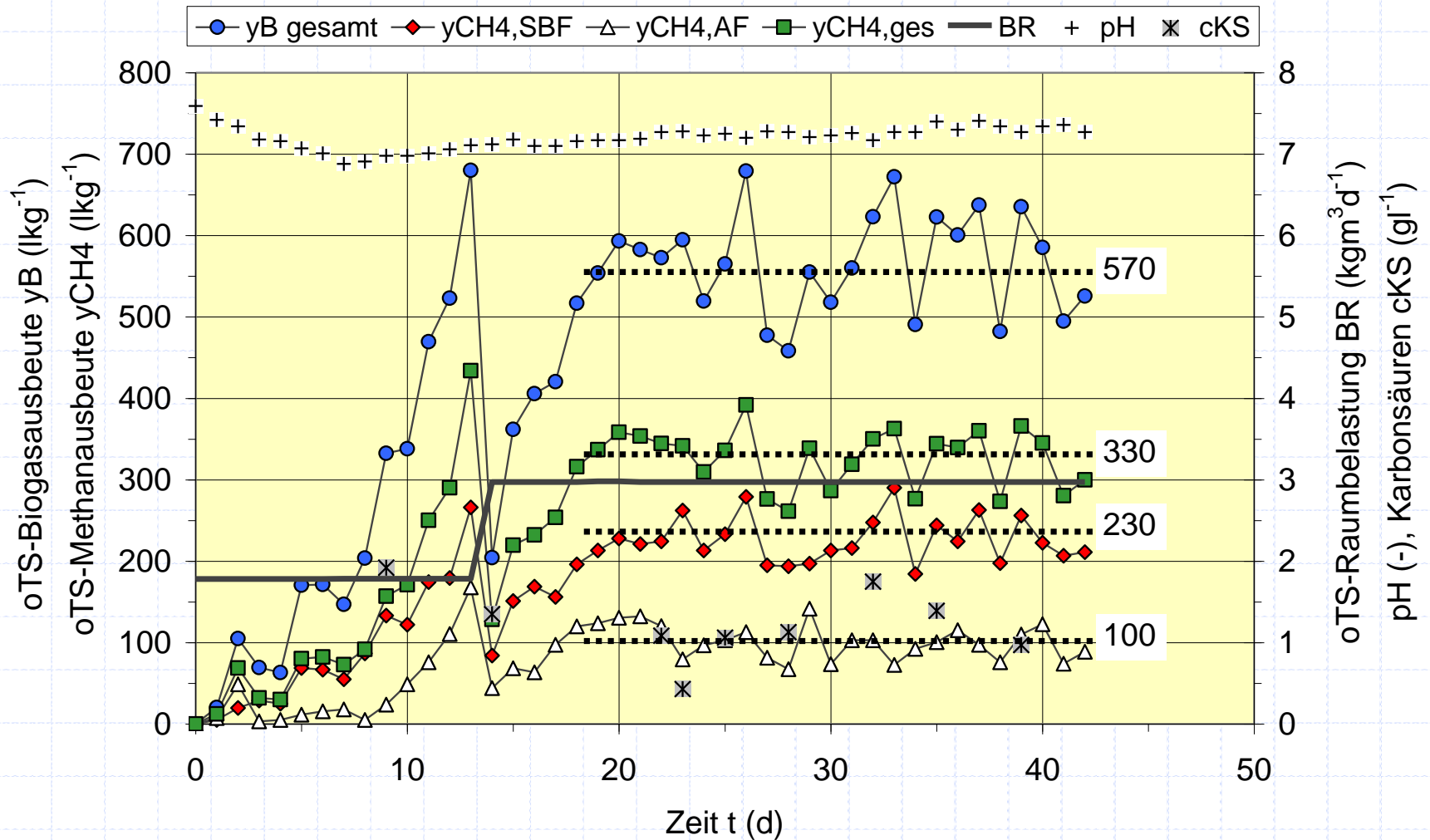
* zusätzliche Analysen

Milchsäure: 16,2 gkg⁻¹ FM; Essigsäure: 12,1 gkg⁻¹ FM; Rohfett: 5,0 %TS

Versuchsergebnisse - Seevetal



Versuchsergebnisse - ATB

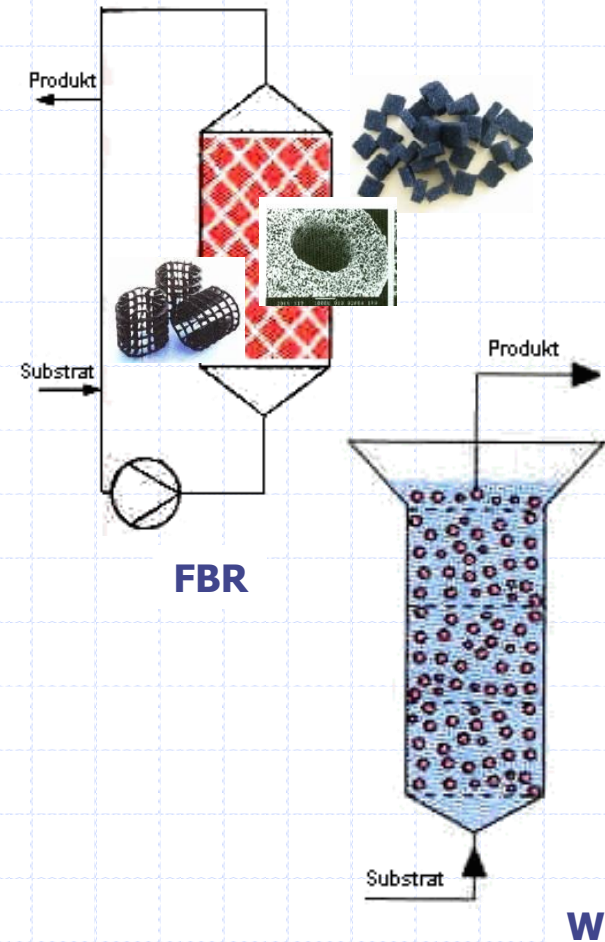


CSB-(oTS) Abbau aus der Prozessflüssigkeit

Entkopplung der Verweilzeiten für Substrat (Flüssigkeit) und Biomasse (methanogene Mischpopulation)

- Festbettreaktoren (FBR) mit festen Aufwuchsträgern gefüllte Reaktoren (bis $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$)
- Wirbelbettreaktoren (WR) feste Aufwuchsträger (Sand, Kunststoffe) werden in Schwebelage gehalten

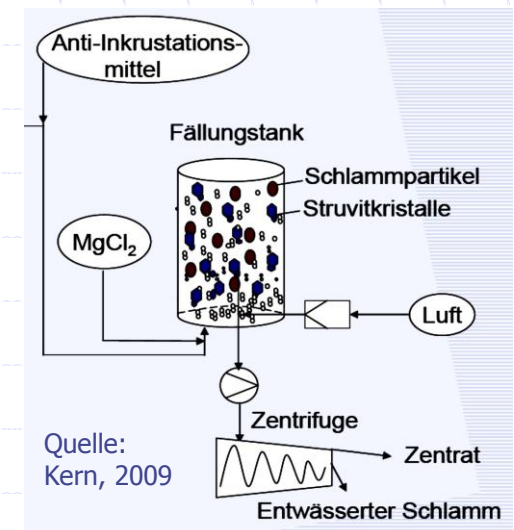
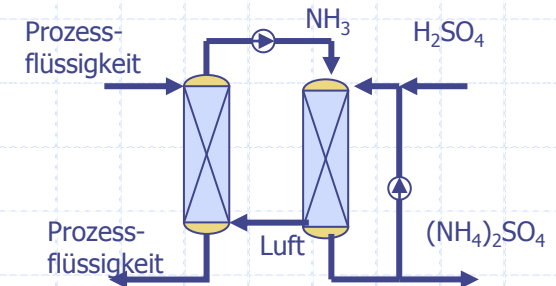
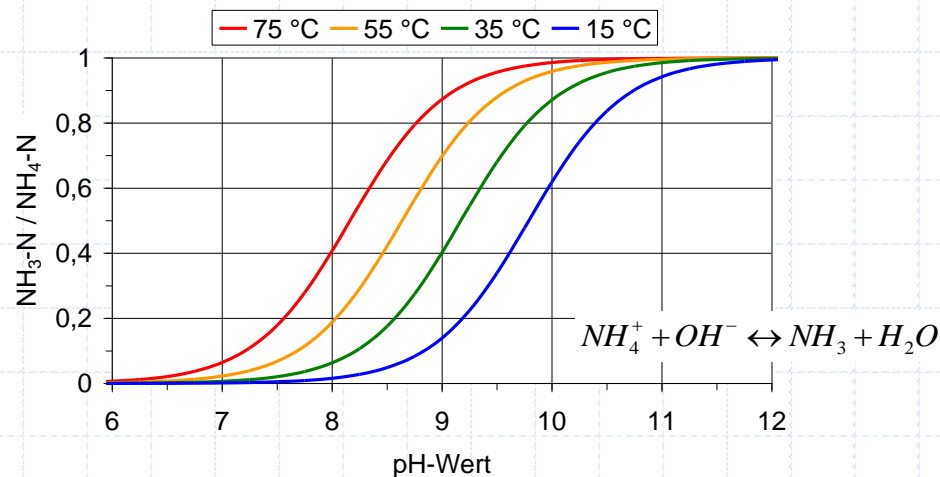
**80 bis 90% CSB-Abbau zu Biogas,
CSB-Raumbelastung 10 bis 30 $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$**



NH₃-Abtrennung aus der Prozessflüssigkeit

Überführung des Ammonium-Stickstoffs in eine konzentrierte Form für die Nutzung als Düngemittel

- Desorption von Ammoniak
Verschieben des Gleichgewichts Richtung NH₃
Desorption (Luft, Dampf, Unterdruck, Ultraschall)
Bindung des NH₃ an Säure, z.B. (NH₄)₂SO₄
- Fällung als Magnesium-Ammonium-Phosphat (Struvit)
Zugabe von Magnesiumchlorid im stöchiometrischem Verhältnis, Ausfällung der schwer löslichen Kristalle



Fazit

- Futtergräser zunehmend für Biogasgewinnung nutzbar
- Anwendung konventioneller Rührfermenter in Kofermentation mit Gülle
- Monovergärung von Gräsern durch einfaches Schwimmbettverfahren
- oTS-Biogasausbeute im üblichen Bereich, 500 bis 650 m³ je Tonne
- Überführung des Konzeptes in technischen Maßstab
- Sichere Prozessführung durch Integration eines Anaerobfilters
- Einsatz von Substraten mit hohem Stickstoffgehalt (z.B. Geflügelmist)
- Überführung des Stickstoffs in konzentrierten Mineraldünger