Kläranlage Cottbus: Das Biogas-Projekt

BTU Cottbus
Lehrstuhl Abfallwirtschaft
Prof. Dr. G. Busch

Die Veranlassung

Probleme und Zielstellung der LWG GmbH

- **Sicherung des Eigenenergiebedarfes des Klärwerkes**
- **Nutzung der Kapazität der BHKW's und ggfs. der Faultürme**
- **Verkauf von Energie**
- **Verbesserung der Verwertung von Klärschlämmen**

BTU: Suche nach Anwendungen eines innovativen Biogas-Verfahrens

- **Zweistufiges Fest-Flüssig-Verfahren**
- **Strenge apparative Trennung von Hydrolyse und Methanisierung**
- **deutliche Verfahrens- und Produktvorteile**
- **Suche nach Erstanwendung in Pilotanlage und technischem Maßstab als Forschungs- und Referenzanlage**

10/2005 -4/2006	Beauftragung der BTU Cottbus durch die LWG GmbH zur Durchführung einer Machbarkeitsstudie.	Läßt sich die BTU-Technologie unter Nutzung von Synergien in den Klärwerksbetrieb vorteilhaft integrieren?
ab Frühjahr 2006	Einbeziehung der GICON GmbH als Patentinhaber in die konkrete Planung und die F&E - Arbeiten	Heute: Bildung einer strategischen Partnerschaft zur Applikation und Vermarktung.
2007	Errichtung einer Pilotanlage (Innowatt) ***und*** einer F&E-Anlage auf dem Gelände der LWG	Herstellung der technologischen Reife, Verfahrensoptimierung, Applikations- und Referenzuntersuchungen

Systemnachteile der bekannten Biogaserzeugung
(Vergärung fester Substrate)

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

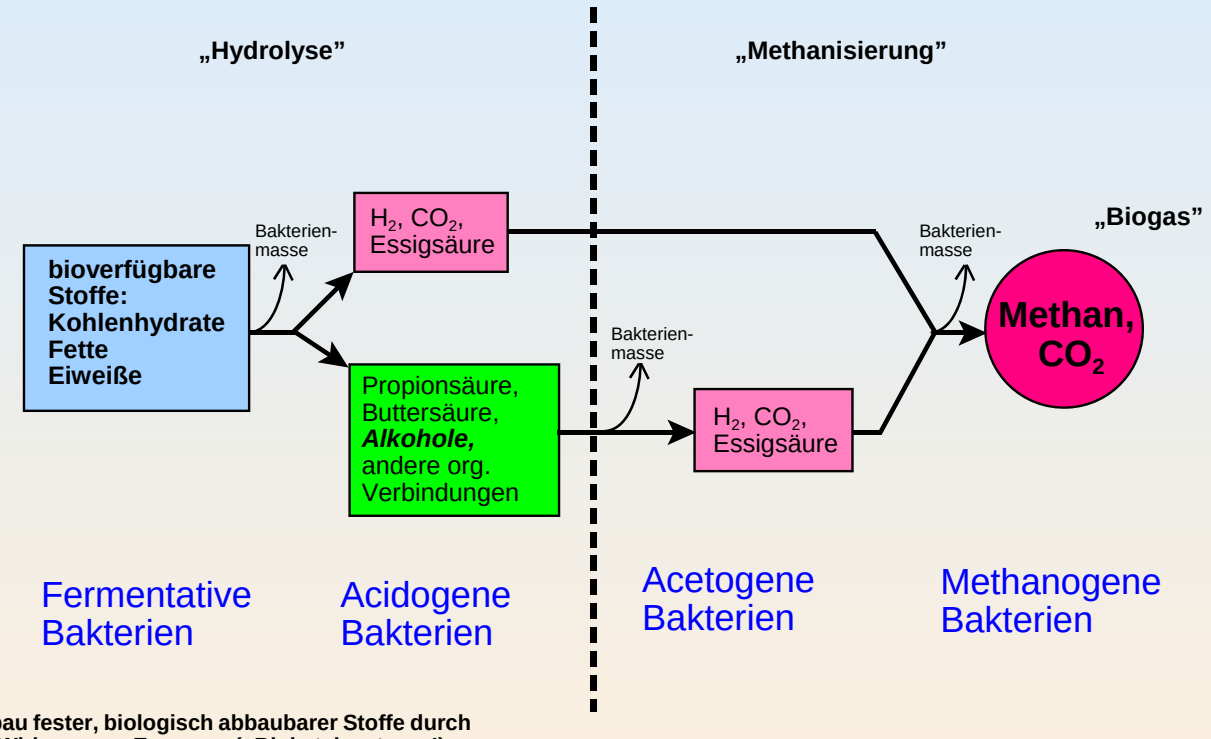
BTU

Naßverfahren	**Vergärung im heterogenen 3-Phasen-System verfahrenstechnisch schwierig beherrschbar**	Flüssigkeit, Feststoff, Gas
	erheblicher Energieaufwand zur Aufrechterhaltung der Homogenität der Mischung erforderlich	Schwimm- und Sinkschichten, Erhöhung der Scheinviskosität
	einheitliche hydraulische Verweilzeit des Reaktorinhaltes	keine spezifische Verweilzeit bei unterschiedlichen Substraten möglich
	keine systematische Verbesserung der Stabilitäts- und Steuerungsprobleme erreichbar	Gleichgewicht zw. Säure-produktion und -verbrauch bestimmt Stabilität
	suboptimale Bedingungen für Biozönosen	Schergradienten!
	Nährstoffmangel bei reinen NawaRo-Verfahren ohne Prozesswasserrückführung !	Nährstoffinventar reiner NawaRo zu gering für optimale Versorgung der Mikroorganismen!
Trockenverfahren	**Semi-Trockenvergärung beginnt sich zu etablieren, vermutlich sehr zukunftsträchtig wegen Nutzung nachwachsender Rohstoffe**	hohe Inokulationsraten für stabile Betriebszustände erforderlich
	„Reine" Trockenvergärung ist über das Versuchsstadium im technischen Maßstab noch nicht hinaus gekommen	Kombination von „trockener" Hydrolyse und „nasser" Methanisierung

Entwicklung der Verfahrensidee

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

BTU



Abbau fester, biologisch abbaubarer Stoffe durch die Wirkung von Enzymen (=Biokatalysatoren!)

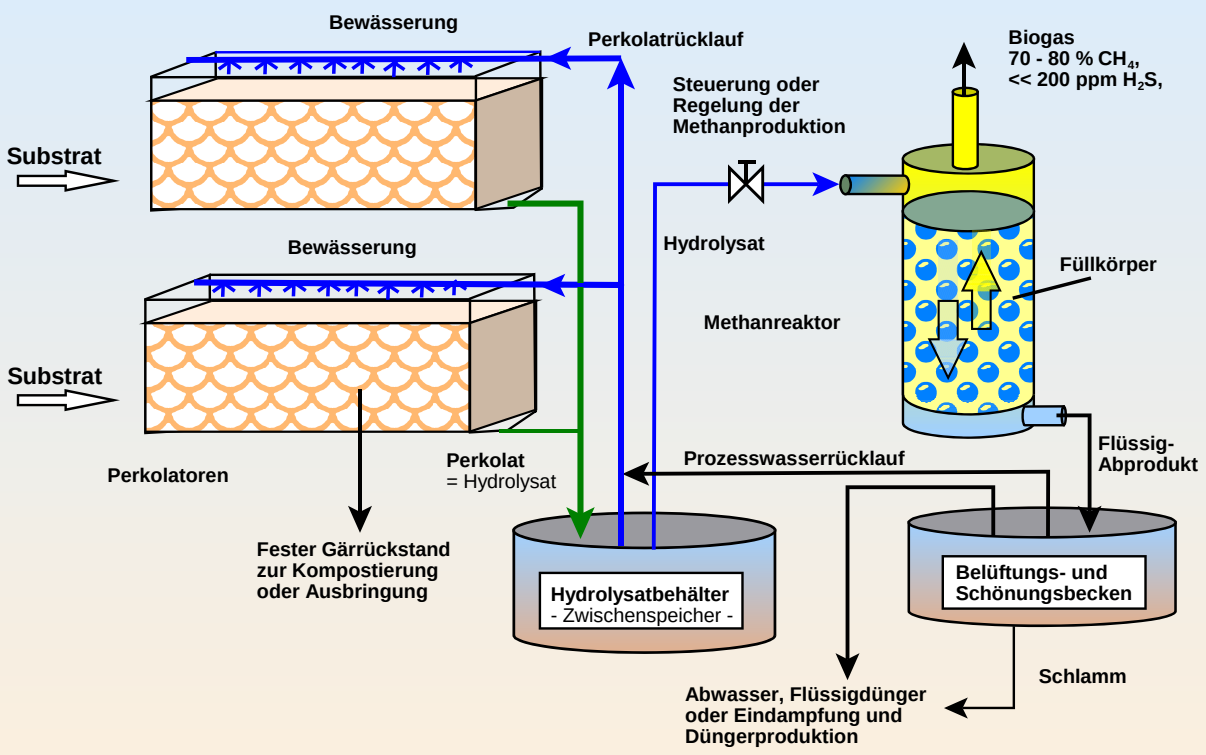
Methodische und apparative Lösung

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

	Hydrolyse	Methanisierung
1. Strenge prozess- und apparatetechnische Trennung der Hauptprozesse	Hydrolyse bzw. Versäuerung im heterogenen Zwei-Phasen-System	Methanisierung im getrennten Reaktor
2. Erhöhung der Verweilzeit der Hauptprozesspartner	Erhöhung der Wirkungsdauer bzw. Minderung des Austrags der Enzyme und Hydrolysebakterien durch bestimmte Schaltungsvarianten	Erzeugung eines stabilen Biofilms durch Immobilisierung der Biozönose auf festen Oberflächen (Füllkörpern)
3. Schwach aerobe, offene Fahrweise der Hydrolyse	Unterdrückung der Methanbildung, Abführung von CO_2, Erhöhung des oTS Abbaus, Unterdrückung der H_2S-Bildung	Hohe Methankonzentration von > 70 % im Biogas, niedrige H_2S-Konzentration << 200 ppm
4. Vermeidung von Mischen, Rühren, Umwälzen usw.	Hydrolyse bzw. Versäuerung im Perkolations- oder Einstauverfahren, dadurch ist das Hydrolysat nahezu feststofffrei, einfaches Handling	Förderung und Nutzung der Biozönose im Biofilm durch extrem niedrige Wandschubspannungen bzw. schleichende Pfropfenströmung
5. Umsatzerhöhung, optimale Nährstoffversorgung	Kreislaufführung von Prozesswasser, Optimierung des „Rücklaufverhältnisses"	

Anlagenkonfiguration

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



Vorteile der Lösung

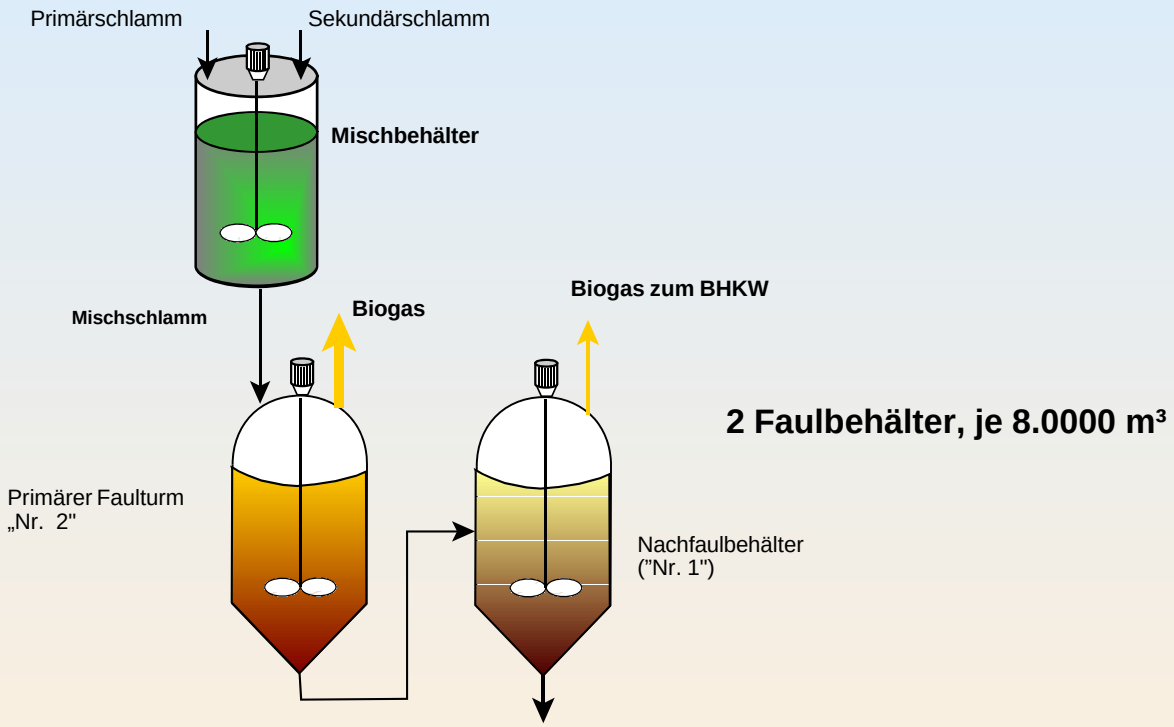
Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

- > **sehr hohe Prozessstabilität**
- > **kein Gasspeicher nötig**
- > **Steuerbarkeit der Biogasproduktion**
- > **substratspezifische und definierte Verweilzeit realisierbar (praktisch jedes bioabbaubares Substrat einsetzbar!)**
- > **durch schwach aerobe Fahrweise geringe Geruchsbildung und höherer oTS-Abbau bzw. höhere Ausbeute, keine Gasdichtheit der Perkolatoren erforderlich,**
- > **hohe Verfügbarkeit der BHKW durch hohe Methangehalte**
- > **sehr niedriger H_2S-Gehalt im Biogas, dadurch keine Gasreinigung erforderlich**
- > **getrennte Optimierung von Hydrolyse und Methanisierung**
- > **Nährstoffe und Spurenelemente werden im Kreislauf des Prozesswassers angereichert und brauchen nicht mehr zugeführt werden**
- > durch Wechsel von anaeroben und aeroben Bedingungen im Prozesswaser vermutlich Entstickung durch Nitrifizierungs-/ Denitrifizierungszyklen (keine erhöhte Stickstofffracht beobachtbar)

Grundgedanke der Synergie: Aufbau einer Hydrolysestufe, die BSB-reiches Hydrolysat aus nachwachsenden Rohstoffe (Maissilage) zur Einspeisung in vorhandene Faultürme produziert. Dadurch Steigerung der Faul- (Bio-)gasproduktion und Auslastung der BHKW-Kapazität.

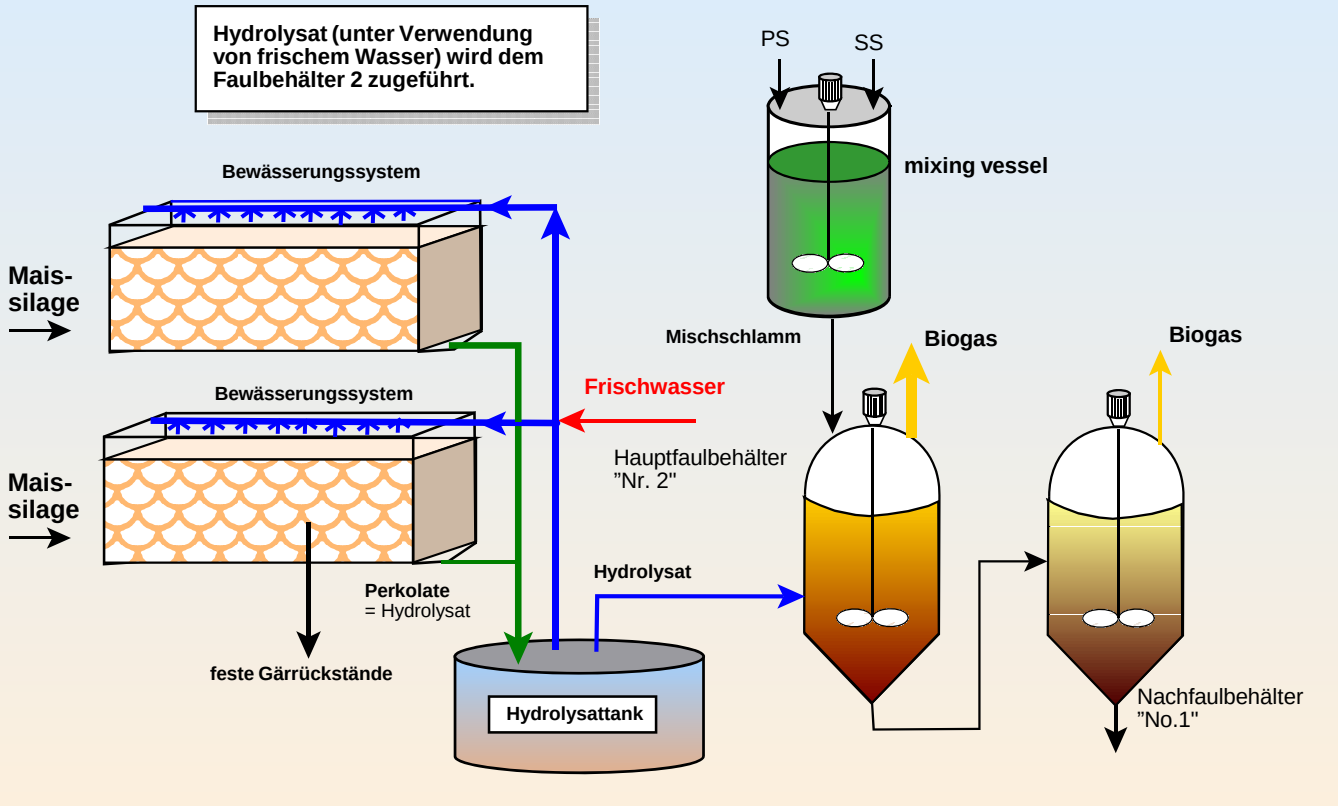
Gegenwärtige Konfiguration am Klärwerksstandort

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



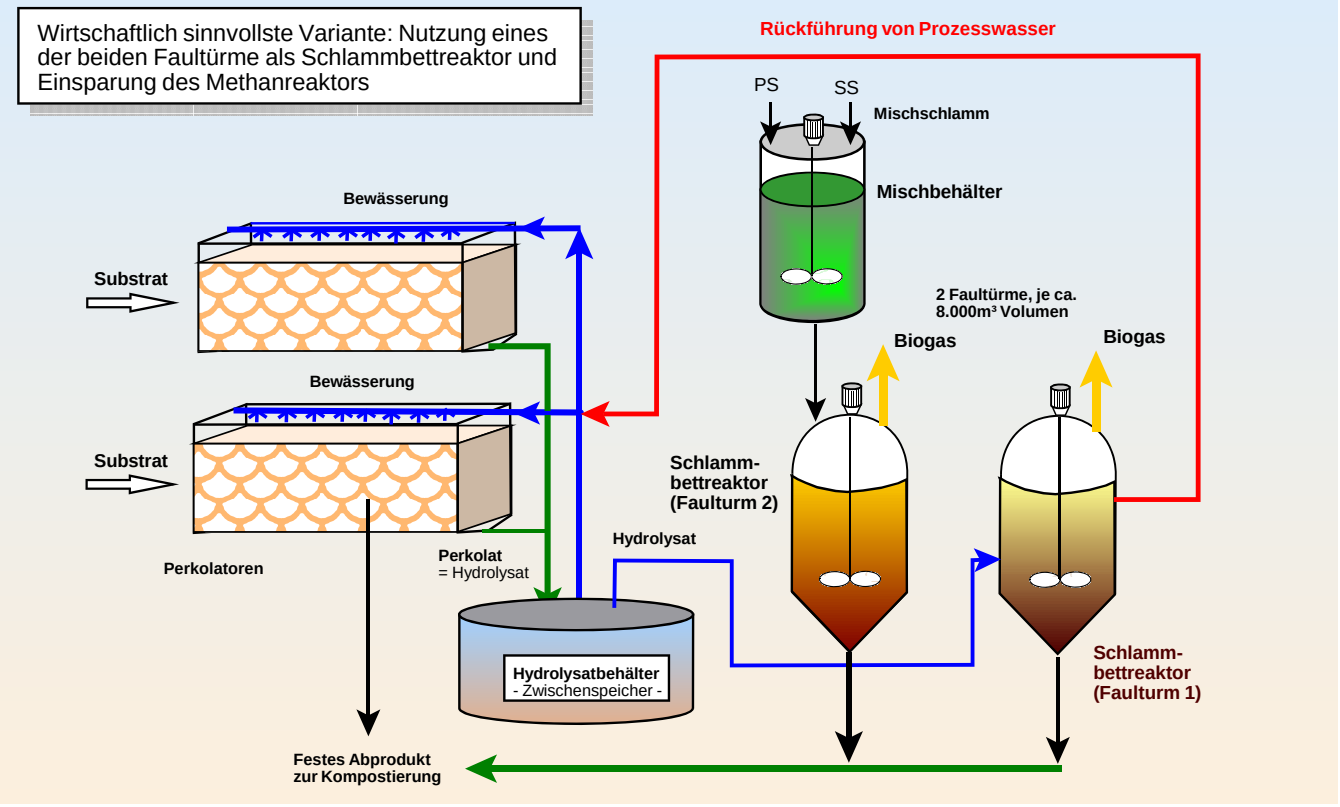
Variante 1: Zusatz des Hydrolysats zum bestehenden Faulsystem

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



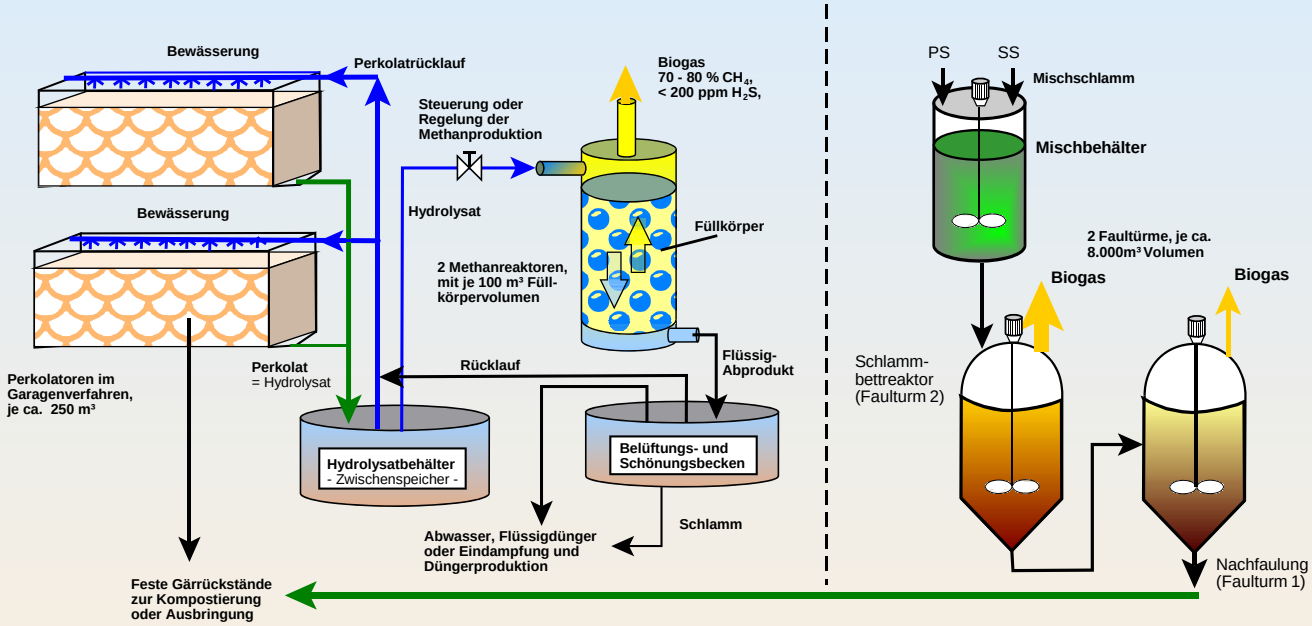
Variante 2: Exklusive Nutzung eines Faulbehälters und Fahrweise als Schlammbettreaktor

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



Variante 3: Add-on-Technology
Gegenwärtige Vorzugsvariante am Standort Cottbus

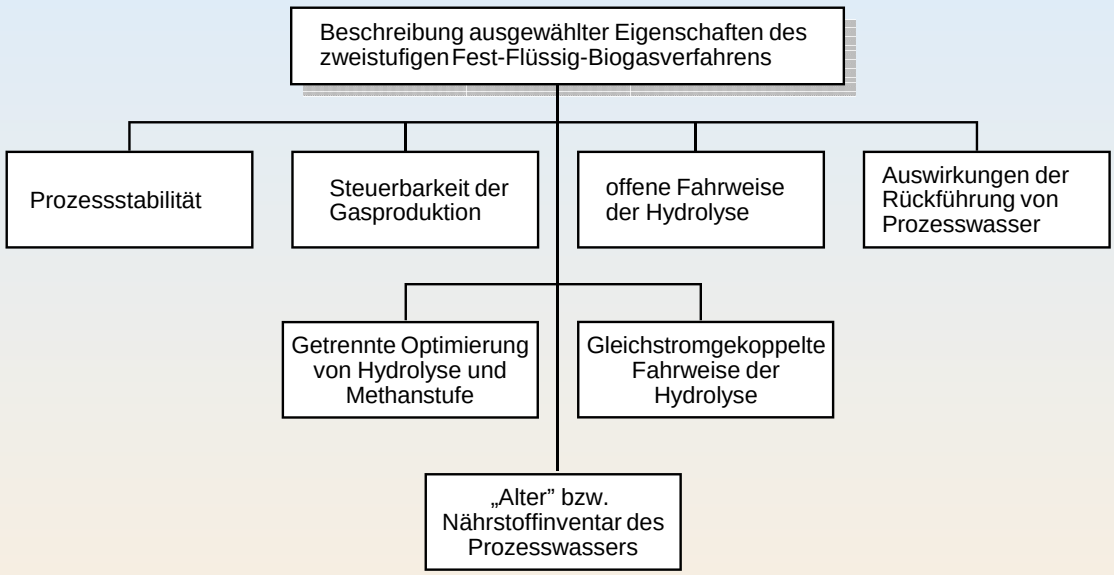
Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University of Technology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



Vorteile: Kopplung mit dem Klärwerksbetrieb nur über die Biogasnutzung bzw. Verstromung und weitestgehend unabhängige Einstellung von Prozessparametern, entkoppelter Betrieb, Aufrechterhaltung der Kapazität der Schlammfaulung.

Nachteil: Gemeinsame Nutzung eines Faulturms entfällt, daher geringere wirtschaftliche Vorteile.

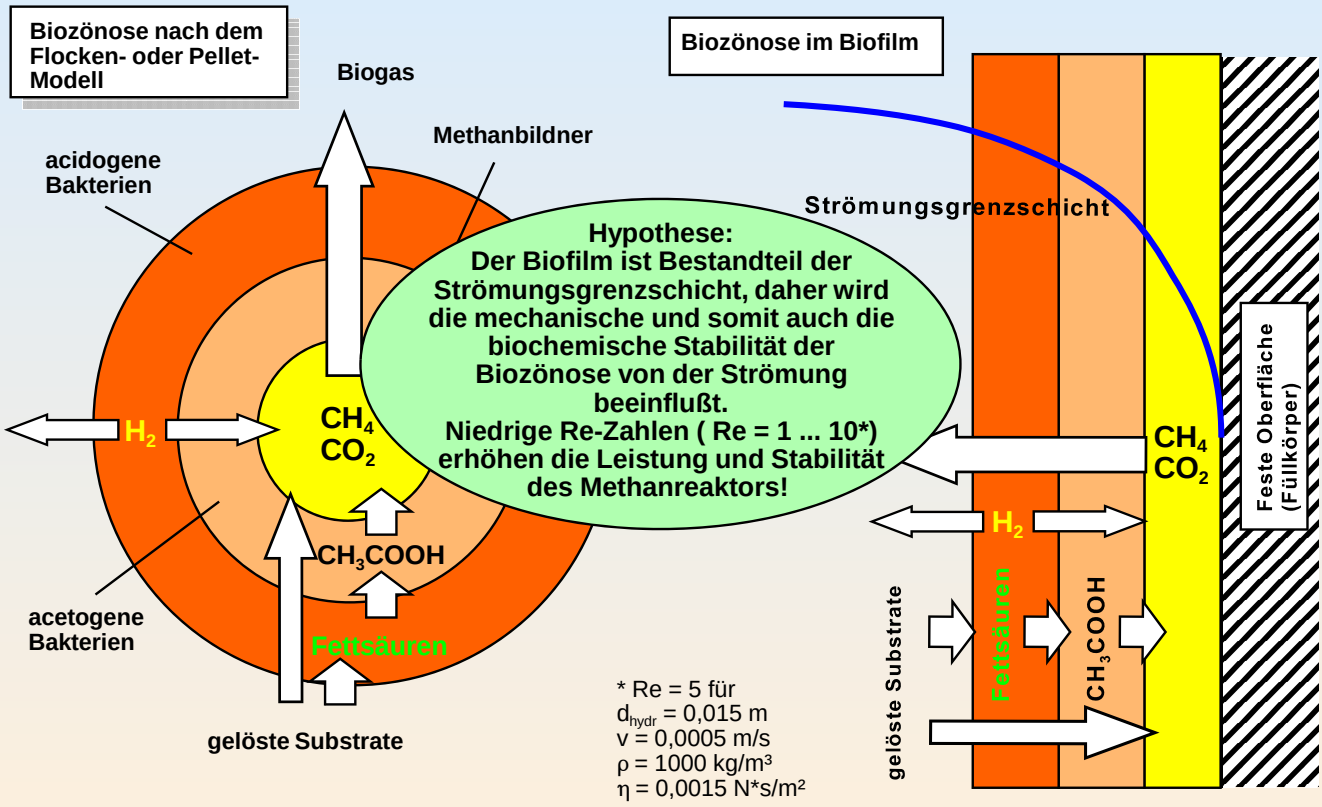
Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University of Technology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



Prozessstabilität der Methanstufe (immobilisierte Biozönose)

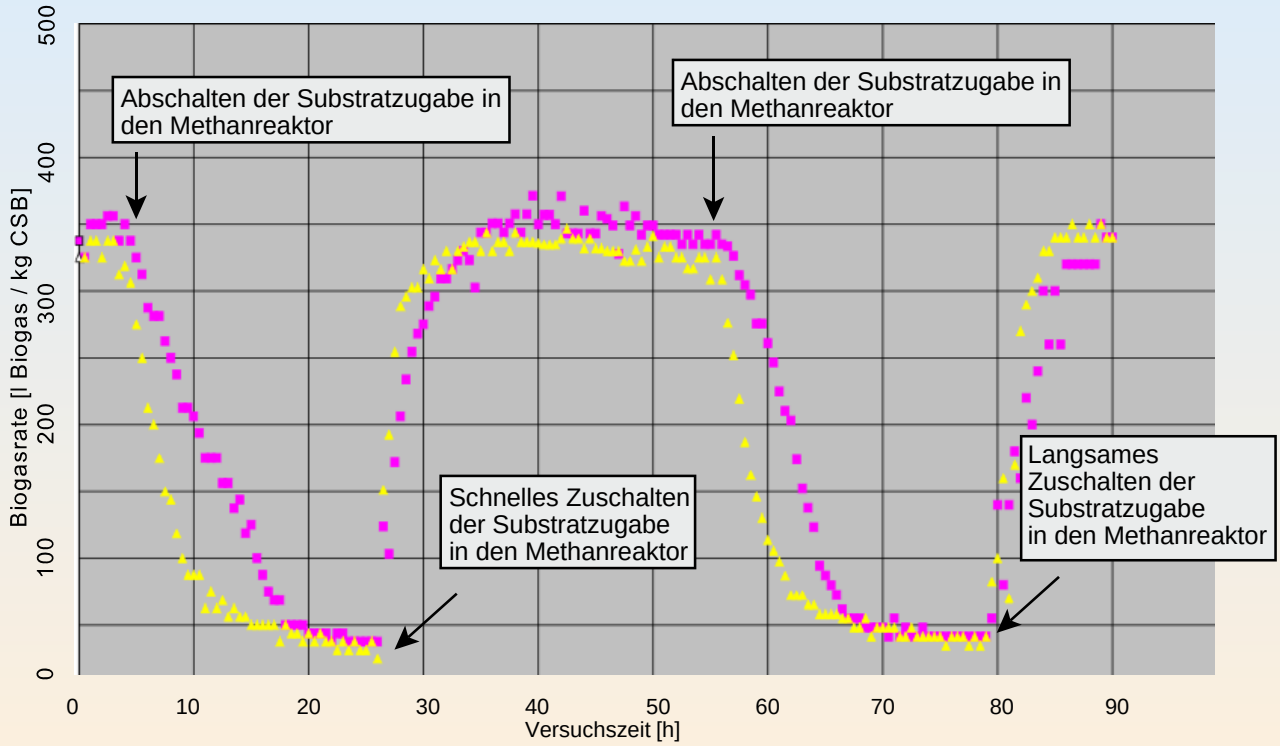
Beobachtungen	Interpretation
kein Prozessversagen der Methanstufe **Methanstufe akzeptiert Hydrolysat mit einem CSB von 180.000 mg/l und Proprionsäurekonzentration von 20.000 mg/l** (sogar in thermophiler Fahrweise!) **nahezu vollständiger CSB-Abbau nach Verweilzeit von nur 18 -20 h** **einmalige Durchströmung als Plug-flow; „Schleichströmung"** **hoher spezifischer Gasertrag von 8-10 m³/m³ mit Steigerungspotential um 100 %**	**Ausbildung eines stabilen, hocheffektiven Biofilms aus einer Biozönose von acidogenen, acetogenen und methanogenen Mikroorganismen in einer Schichtung, bei der die Methanbakterien zuverlässig gegen den direkten Säureangriff geschützt sind.** **Vermeidung der mechanischen Zerstörung dieses Biofilms durch die Vermeidung von lokalen Turbulenzen bzw. Schergradienten** **Mehrfach höhere biologische Artenvielfalt im immoblisierten Biofilm als in konventionellen Naß-Fermentationsanlagen. Damit erhöht sich die Stabilität gegenüber Parameter- und Substratänderungen deutlich! (Quelle: Untersuchungen am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, unser Partnerinstitut im Rahmen des BMBF-Verbundprojekt „BioGas Crops Network")**

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University of Technology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007
BTU



Steuerung bzw. Regelung der Biogasproduktion

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

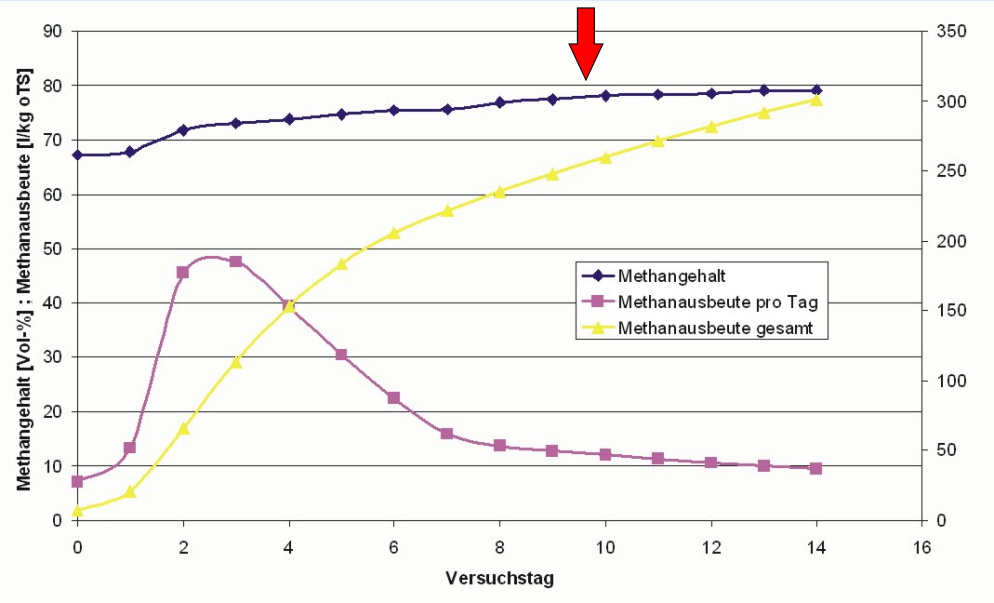


Offene Fahrweise der Hydrolyse

Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

Methanausbeute von Mais, zeitl. Verlauf

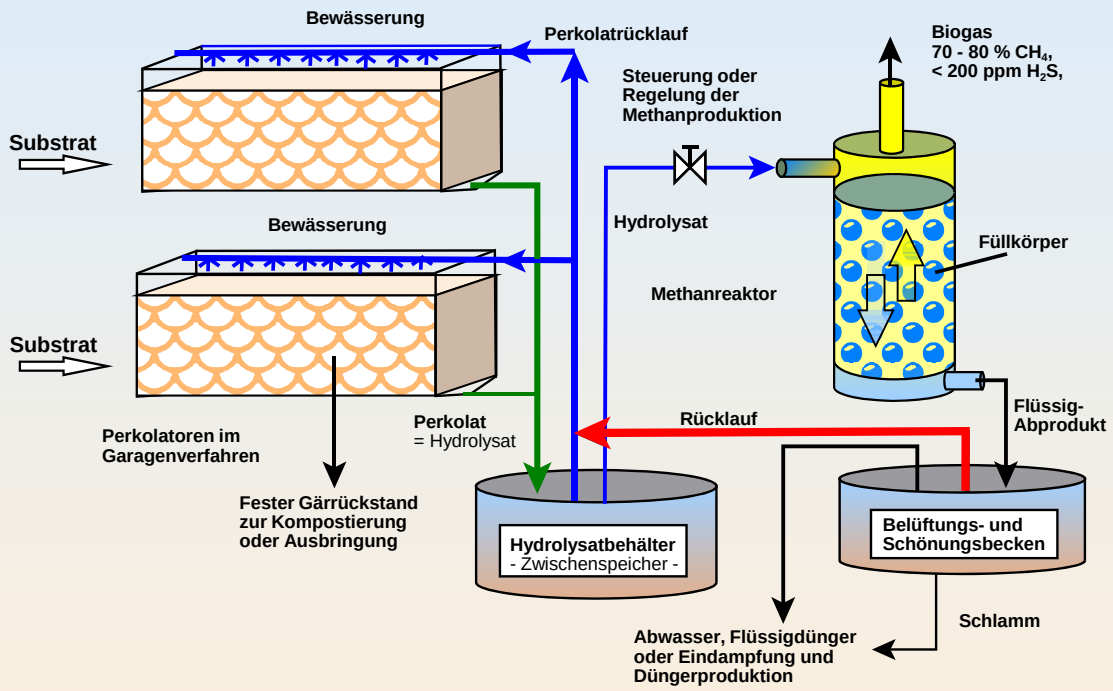
Hohe CH_4-Konzentration durch Abführung von CO_2 aus der Hydrolyse



- Oxidation des Schwefels zu Sulfat, dadurch keine oder nur geringe H_2S-Emissionen im Biogas (noch nicht vollständig geklärt)
- Unterdrückung der Methanbakterien in der Hydrolyse durch Luftzutritt und hohe Säurekonzentration
- Verbesserung des oTS-Abbaus

Rückführung des Prozesswassers

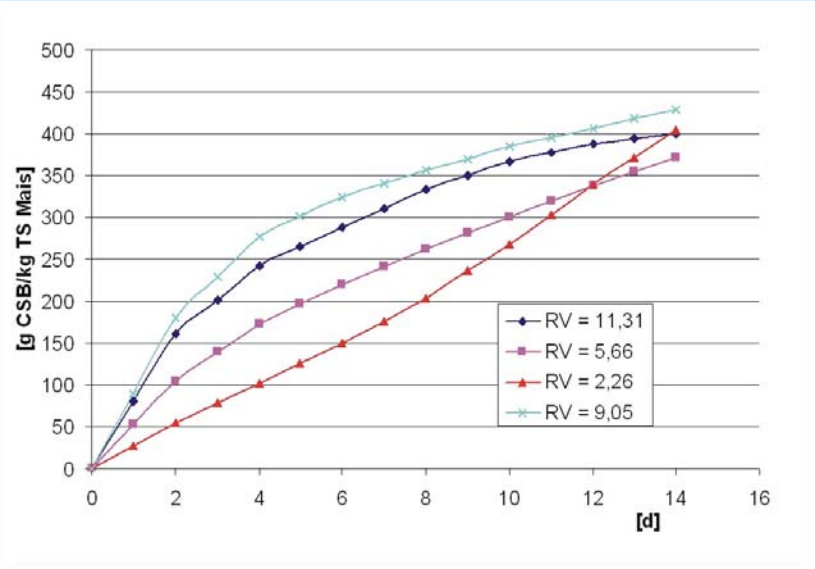
Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007



Einfluß des Rücklaufverhältnisses

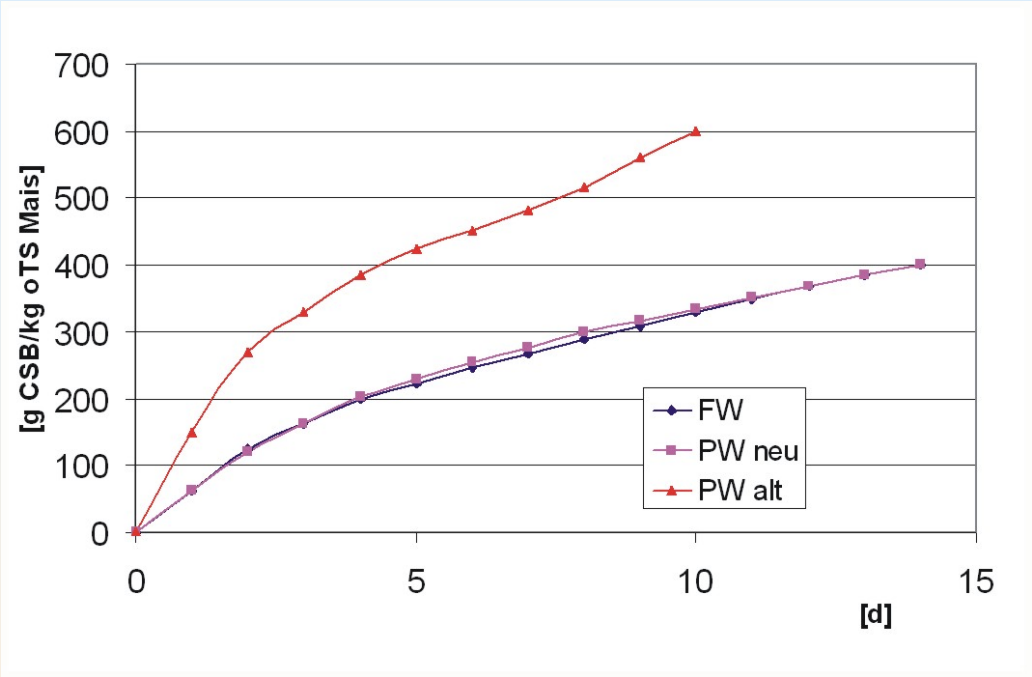
Prof. Dr. G. Busch
Cottbus University ofTechnology
Chair of Waste Management
6. Dezember 2007

Rücklaufverhältnis: Perkolatonsmenge pro Masseeinheit Substrat und Zeitheit



Je höher das Rücklaufverhältnis, desto schneller erfolgt die „Auswaschung" des CSB. Die maximale Freisetzung des CSB wird davon jedoch nur unwesentlich beeinflußt. Hier eröffnet sich eine weitere Möglichkeit der bedarfsangepaßten Prozesssteuerung!

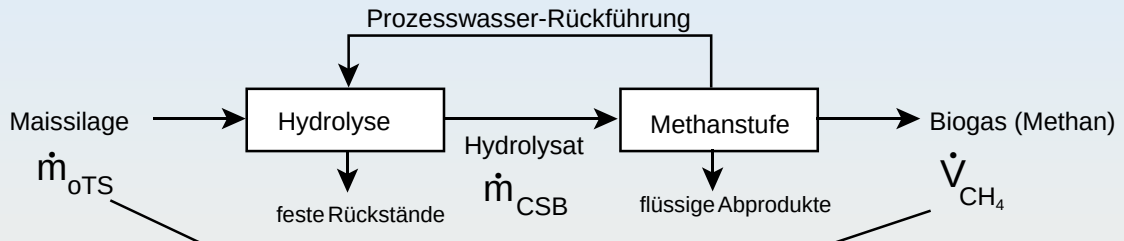
Einfluß der „Alters" des Prozesswassers*



* „Altes" Prozesswasser enthält eine Vielzahl Bakerien, Enzyme, Nährstoffe und Spurenelemente, die durch die Kreislaufführung angereichert sind

Mit altem Prozesswasser wurde lediglich 10 Tage perkoliert, mit Frischwasser und jungem Prozesswasser jeweils 14 Tage

Optimierung von Hydrolysis und Methanisierung: Gesamtausbeute ergibt sich als Produkt der Hydrolysatausbeute und der Umwandlungsrate der Methanstufe!



$$\frac{\dot{V}_{CH_4}}{\dot{m}_{oTS}}$$

Einstufige Biogasanlage: potentielle Umsatzrate von Hydrolysat zu Biogas sollte höher sein als die Umsatzrate von oTS in Hydrolysat.

Zweistufige Biogasanlage: Wegen der Steuerbarkeit und der höheren Stabilität kann der Arbeitspunkt nahezu ideal eingestellt werden.

$$\frac{\dot{V}_{CH_4}}{\dot{m}_{oTS}} = \frac{\dot{m}_{CSB,gen.}}{\dot{m}_{oTS}} * \frac{\dot{V}_{CH_4}}{\dot{m}_{CSB,verbr.}}$$

Weitere Forschung

Erhöhung des Abbaugrades / der Gasausbeute

Erhöhung des Methangehaltes: Ziel: stabil > 80 %

Verwendung von bioverfügbaren Abfällen

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit