FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

EGU FB Energie · Gebäude · Umwelt
Energy · Building Services · Environmental Engineering

Projektvorstellung:

1) Grüne Kaskade: Hochlastvergärung

2) BioTecH$_2$

INTERREG Deutschland Nederland

Europäische Union
European Union

Tobias Weide, M.Sc.
Dr.-Ing. Elmar Brügging
Dipl.-Geogr. Stephanie Koch

Stegerwaldstraße 39
D-48565 Steinfurt
fon +49 (0)2551 962-021
Tobias.Weide@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Inhalt

- **Forschungsteam FH Münster**
- **Grüne Kaskade: Hochlast**
  - Projektkonzept
  - Projektbearbeitung
  - Ergebnisse
  - Ausblick
- **BioTecH$_2$**
  - Projektkonzept
  - Projektbearbeitung
  - Ergebnisse
  - Ausblick
- **Fragen und Diskussion**

2

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Forschungsteam

Prof. Dr.-Ing. Wetter and Dr.-Ing. Brügging

3

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

AG: Abwasser- und Umwelttechnik

Tobias Weide

- Biogastechnologie
- Industrielle Abwassertechnik
- Biologische Methanisierung
- Biologische Wasserstofferzeugung
- Hochlastvergärung
- Prozessoptimierung und Scale-Up

4

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Inhalt

Grüne Kaskade: Hochlastvergärung

- **Projektüberblick**
  - Projektstruktur
  - Projektkonzept
- **Projektbearbeitung**
  - Aufbau Festbettreaktor
  - Aufbau EGSB-Reaktor
  - Bisherige Ergebnisse
  - Vergleich der Reaktortypen
  - Wirtschaftliche Betrachtung
- **Weiteres Vorgehen**
- **Öffentlichkeitsarbeit**

5

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projekt – Grüne Kaskade

Allgemein

- Deutsch-Niederländisches Projekt (INTERREG-Programm V A)
- Ausbau der Biowirtschaft und Bioökonomie
- Alle Input- und Output-Ströme entlang der Biogaswertschöpfungskette
- 12 Arbeitspakete fokussieren einzelne Themen:
  - Methanisierung
  - HTC
  - Hochlastvergärung
  - Refitting von Biogasanlagen
  - Biogas für „Tanken auf dem Hof“
  - Gärrest-Osmose
  - Etc….

6

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

AP 1.5 Hochlastvergärung

Allgemein

- Laufzeit: 01-06-2016 bis 31-12-2019
- Gesamtbudget: 537.250,00 €
  - FHM Halbtechnischer Reaktor: 68.000,00 €
- 4 Meilensteine bis zum 31.12.2019

Ziel und Motivation:
Ziel des Projektes ist die Vergärung von flüssigen Reststoffen (z.B. Presswässer, Wirtschaftsdünger und deren Filtrate) in Hochleistungsreaktoren aus der industriellen, anaeroben Abwassertechnik

GRÜNE KASKADE
GROENE

7

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Beteiligte Projektpartner

- **FH Münster (Lead)**
  → Forschung und Entwicklung
- **Bioenergiecluster Oost Nederland**
  → Netzwerk, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit
- **PlanET Biogastechnik**
  → Biogasanlagen-Bau

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

bio-energie cluster
Oost-Nederland

PlanET

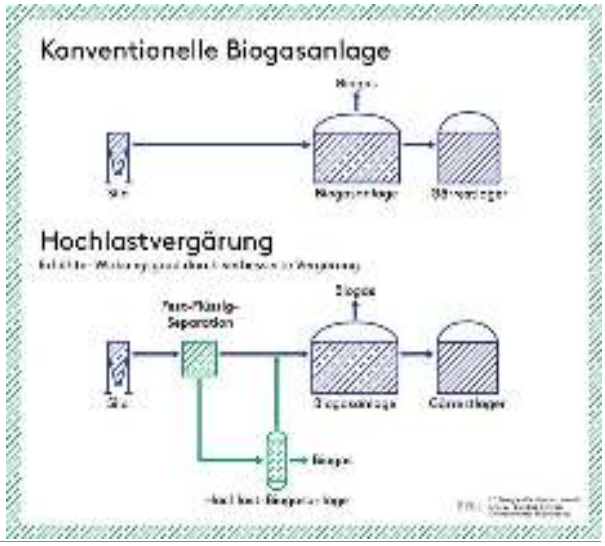
8

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektüberblick

Projektkonzept

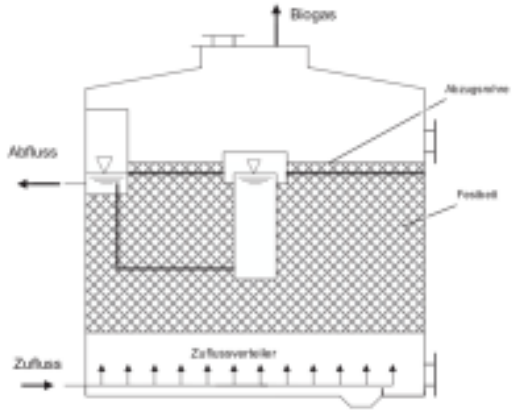
- Optimierung der Biogastechnik
- Separation der Biogasprozesse
  - Fest-Flüssig-Separation
- Flüssige Phase:
  - Vergärung im Hochlastreaktor
  - Kurze Verweilzeiten
  - Flexibilisierung
- Feste Phase:
  - Angereicherter TS-Gehalt
  - Vergärung in konv. Biogasanlage



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

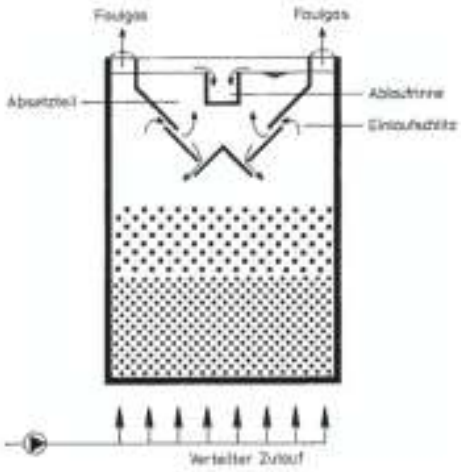
Hochlastsysteme

Festbett- und UASB-Reaktoren



Festbettreaktor

Quelle: Meyer (2004) Leistungsfähigkeit anaerober Reaktoren zur Industrieabwasserreinigung



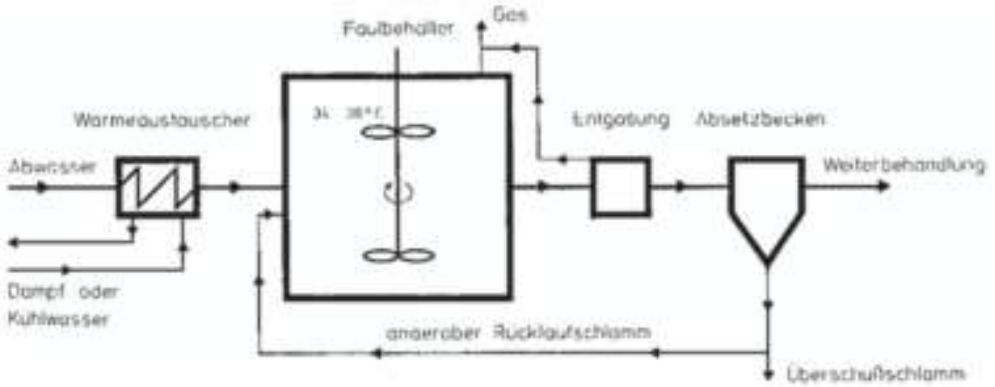
Upflow anaerobic sludge blanket-Reaktor

Quelle: Lettinga (1979) Feasibility of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Hochlastsysteme

Anaerobes Belebungsverfahren



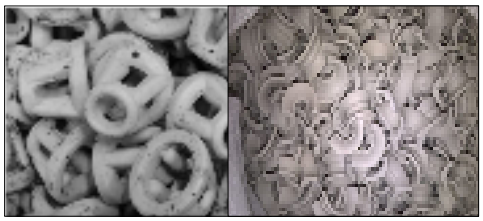
Anaerobes Belebungsverfahren
Quelle: Karl-Heinz Rosenwinkel, Anaerobtechnik, 3. Auflage

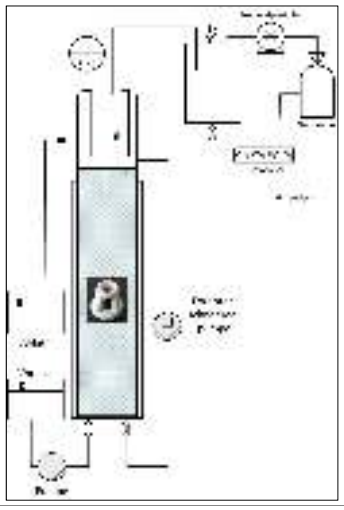
FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

AP 2: Bau und Inbetriebnahme Festbett-Reaktoren

- Halbtechnische Reaktoren mit einem Volumen von 50 Litern
- Keramik-Füllkörper zur Effizienzsteigerung
  - Mikroorganismen-Rückhalt
- Zwei Füllkörper-Formen
  - Hiflow-Füllkörper
  - Sattel-Füllkörper
- Feed: separierte Schweinegülle



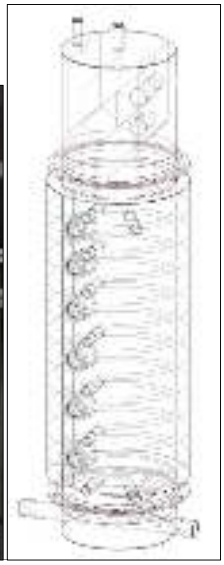


FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

AP 2: Bau und Inbetriebnahme EGSB-Reaktor

- Halbtechnischer EGSB-Reaktor mit einem Reaktorvolumen von 40 Litern
- Pellet-basierter Mikroorganismenrückhalt im System
- Kontinuierliche Versuche zum Abbau flüssiger separierter Schweinegülle



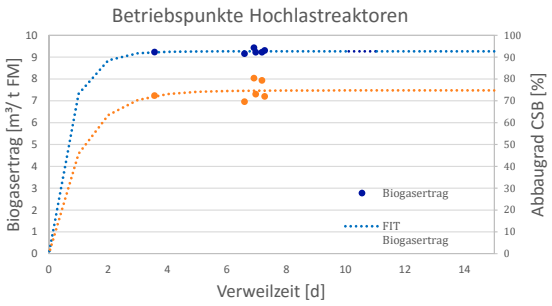
13

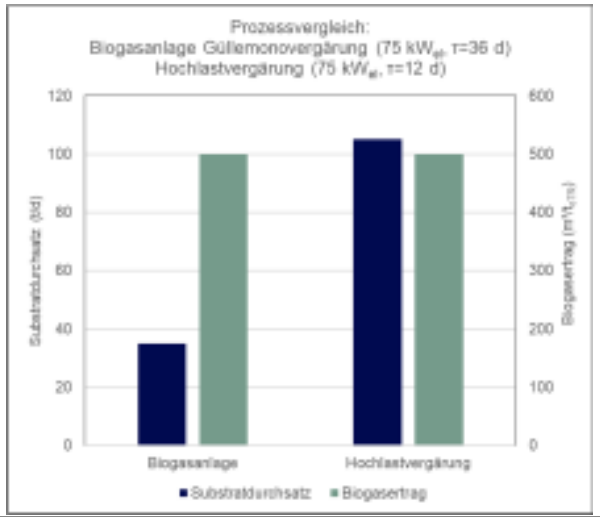
FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Festbett-Reaktor: Bisherige Ergebnisse

- **Erfolgreicher Betrieb** des Pilotreaktors
- Verweilzeitverkürzung von >30 Tage auf **18 Tage / 12 Tage**
- **Maximales Biogaspotential** ausgeschöpft
  - Selbe Gasqualität wie Batch-Test (VDI 4630)
- <u>Zielsetzung:</u> Verweilzeit weiter verkürzen! (**τ = 7/4/..?**)





14

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Vergleich der Reaktortypen

- Weitere Verkürzung der Verweilzeit auf 7 Tage
- Feed: separierte Schweinegülle

Parameter	Festbett Sattelfüllkörper	Festbett Hiflowfüllkörper	EGSB-Reaktor
Verweilzeit [d]	7,1	6,7	7
Biogasertrag[l/kg_{FM}]	9,3	9,16	9,22
Methanertrag [%]	72,1	72,0	72,2
CSB-Abbau [%]	72	69,6	73,0

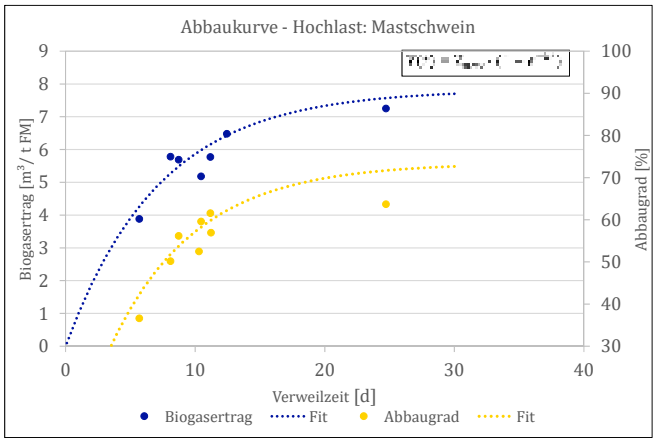
Fazit → Keine signifikanten Unterschiede der Reaktortypen erkennbar

15

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

AP 3 : Wirtschaftliche Betrachtung



<u>Auslegung für 75kW – Anlage</u>

Verkürzung der Verweilzeit auf τ = 4 Tage

1. Gasgestehungskosten Hochlastreaktor Mastschwein : 0,1177 €/kWh

2. Gasgestehungskosten Hochlastreaktor Ferkel: 0,0466 €/kWh

Vergleich: Gasgestehungskosten konv. Biogasanlage: 0,0470 €/kWh

Fazit → Art, Alter, Lagerung, CSB-BSB_5-Werte etc. der Schweinegülle haben großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit

16

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Hochlastvergärung Ausblick

- Es muss ein Scale-Up des Verfahrens durchgeführt werden
- Verfahrensweise wirtschaftlich aber nur wenn „Qualität“ des Reststoffs hoch genug ist
- Weitere Reststoff müssen getestet werden
- Verfahrenstechnik ist weitgehend optimiert
- Einsatzfelder neu denken:
  - Gülle-Entsorgung ?!
  - Reststoffverwertung
  - Co-Vergärung und Implementierung an Biogasanlagen
- **Nachfolgeprojekt bewilligt: BioSmart** → Start: 01.10.19

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

EGU FB Energie · Gebäude · Umwelt
Energy · Building Services · Environmental Engineering

BioTecH2

Projektvorstellung

Tobias Weide M.Sc.
Dr.-Ing. Elmar Brügging
Dipl.-Geogr. Stephanie Koch
Jens Peitzmeier

Stegerwaldstr. 39
D-48565 Steinfurt
Tel.: +49 2551 9 62 021
Mob.: +49 151 560 635 09
tobias.weide@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de/wetter

INTERREG Deutschland Nederland

Europäische Union
European Union

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Inhalt

BioTecH$_2$

1. **Biowasserstoff und seine Erzeugung**
2. **Das Projekt BioTecH$_2$**
3. **Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse**

INTERREG Deutschland Nederland

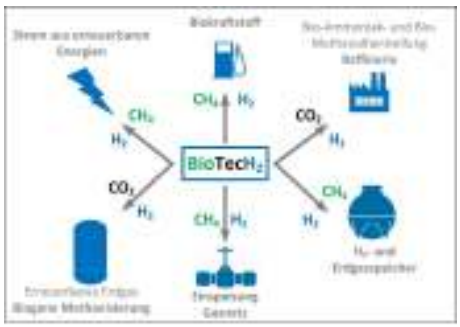
Europäische Union
Europese Unie

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Das Projekt BioTecH$_2$

Projektinhalt

- Ziel des Projekts: **Bio-TecH$_2$** ist es, die Grundlage für eine Implementierung der Biowasserstofferzeugung in der Großtechnik zu schaffen und den Entwicklungsschritt einer marktreifen Etablierung zu realisieren.
- Laufzeit: 01.04.2019 – 30.06.2022
- *Wie gut können wir Wasserstoff biologisch gewinnen?*
- *Wie kann dieser industriell genutzt werden?*
- *Welche Abwässer und Reststoff sind geeignet?*
  - **Wirtschaftliche Bewertung!**



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Beteiligte Projektpartner

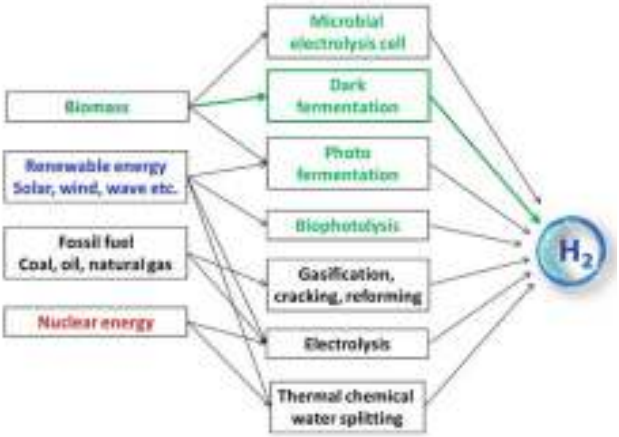
- **FH Münster (Lead)**
  → Forschung und Entwicklung
- **Bioenergiecluster Oost Nederland**
  → Netzwerk, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit
- **PlanET Biogastechnik**
  → Biogasanlagen-Bau
- **H2-BV Hydrogen Solutions**
  (Rob Schellekens Consultancy, Gerben Bieleman Consulting)

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Biowasserstoff und seine Erzeugung

Wasserstofftechnologien

- Verfahren zur Wasserstofferzeugung
- Dampfreformierung aus Erdgas ist weitverbreitet: Verwendung fossiler Brennstoffe
- Elektrolyse sehr vielversprechendes, erneuerbares Verfahren



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Biowasserstoff und seine Erzeugung

Wasserstofftechnologien

Verfahren	Ausgangsstoffe	Betriebsparameter	Einsatzmöglichkeiten
Kværner-Verfahren	Erdgas	1.600 °C Normaldruck	Großtechnischer Maßstab
Dampfreformierung	Erdgas und Wasser	400 - 550 °C 250 – 300 bar	Großtechnischer Maßstab
Hochtemperatur-Elektrolyse	Wasser, Zirkonium-Oxid	800 – 1.000 °C Elektrischer Strom	Großtechnischer Maßstab
Thermische Dissoziation	Wasserdampf	1.700 °C	Pilotmaßstab
Autotherme Reformierung mit Gasaufbereitung	Erdgas, Wasser und Sauerstoff	400 - 550 °C 250 – 300 bar	Großtechnischer Maßstab
Mikrobielle Brennstoffzellen	Biomasse, Graphit-Elektroden, semipermeable Membran, Elektrolytlösung	Elektrischer Strom	Pilotmaßstab
Bio-TecH_2	**Biomasse-Reststoffe**	**37 – 55 °C**	**Halbtechnischer Maßstab**

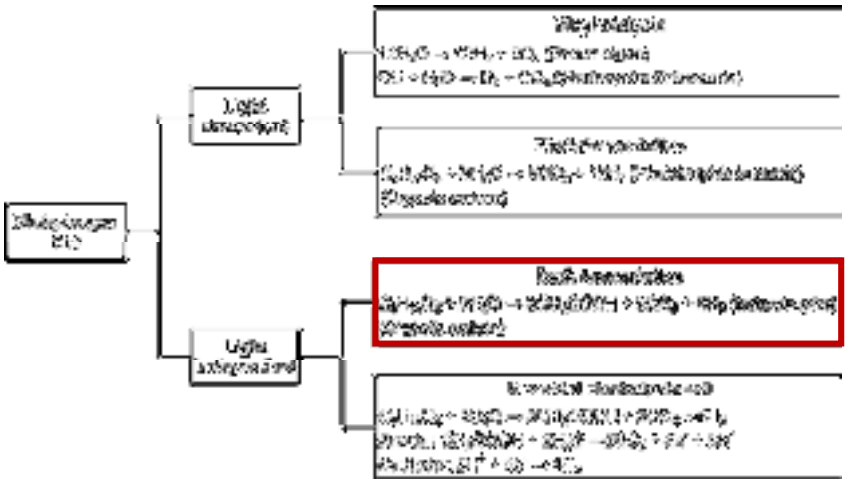
Hohes CO_2-Minderungspotential!!

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Biowasserstoff und seine Erzeugung

Dunkle Fermentation

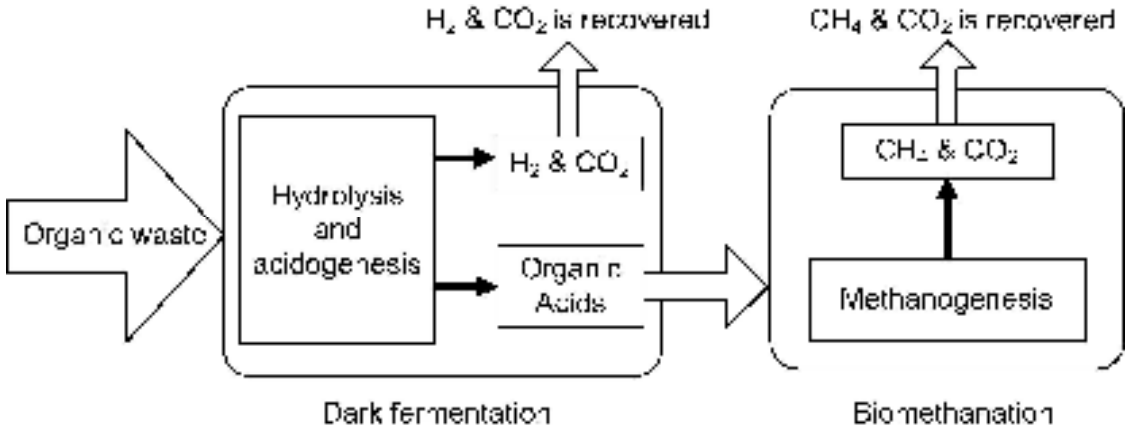
- Verschiedene Verfahren zur Biowasserstoff-erzeugung
- Unterscheidung in lichtabhängig und lichtunabhängig
- Dunkle Fermentation wird untersucht!



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Biowasserstoff und seine Erzeugung

Verfahrenskonzept



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Versuchsaufbau

- **2-stufiges System zur H_2- und CH_4-Erzeugung**
- Künstlich angesetztes Abwasser als Feed
  - CSB/N/P-Verhältnis: 800/5/1
- Pelletbasierte Reaktoren (EGSB)
  - H_2-Reaktor (ϑ=65 °C): V=5 l
  - CH_4-Reaktor (ϑ=43 °C): V=40 l
- pH-Wert Regulierung mittels NaOH (Natronlauge)
- Einfluss der Verweilzeiten auf die Reaktoreffizienz

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Versuchsaufbau – Verwendeter Impfschlamm

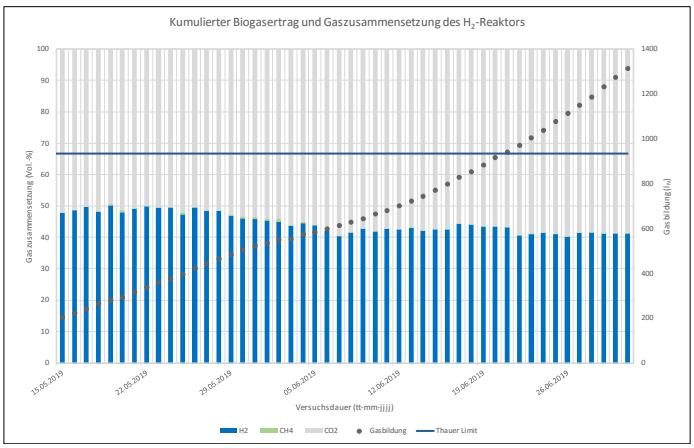
- Pellets aus der Abwasserbehandlungsanlage von der Intersnack Knabber-Gebäck GmbH & Co. KG
- Kartoffelverarbeitende Industrie
- Kenndaten Pelletschlamm:
  - Trockenrückstand (TR): 4,9 Gew.-%
  - Organischer Trockenrückstand (oTR): 78,0 Gew.-%
- Thermische Vorbehandlung bei ϑ= 80 °C und t=2 h

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Ergebnisse des H_2-Reaktors

- Maximaler H_2-Gehalt von **50,2 Vol.-%**
- Keine Methanbildung
- Wasserstoffbildungsrate: **1,5-3,3 $m^3_{H2}/m^3_{Reaktorvolumen}/d$**
- Wasserstoffertrag: 3,5-6,5 $m^3_{H2}/m^3_{Abwasser}/d$
- Säurebildung von Essig- und Butansäure

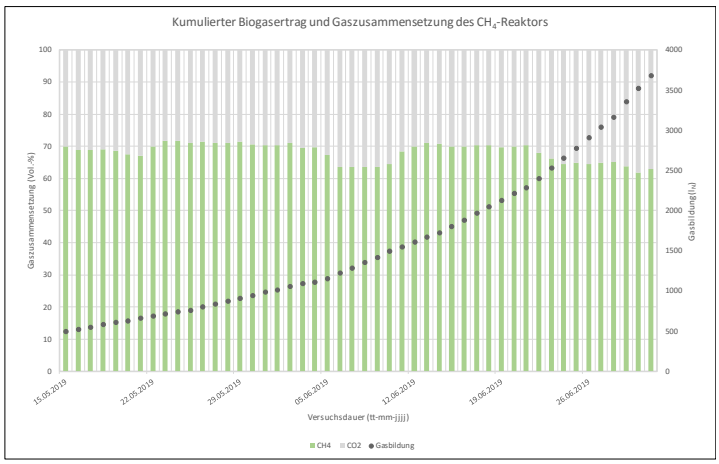


FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Ergebnisse des CH_4-Reaktors

- Maximaler CH_4-Gehalt von **71,7 Vol.-%**
- Stabiler Prozessverlauf
- CSB-Abbaugrad von 97,5 %
- Methanbildungsrate:
  0,8-2,6 $m^3_{CH4}/m^3_{Reaktorvolumen}/d$
- Methanertrag:
  6,5-11,5 $m^3_{CH4}/m^3_{Abwasser}/d$

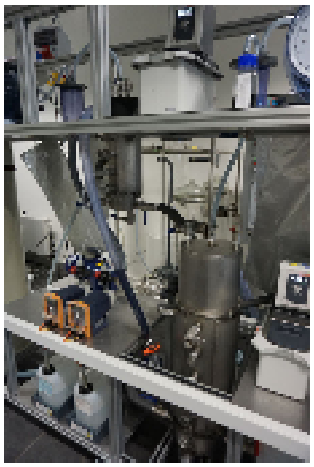


FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Projektbearbeitung

Ausblick

- Bestimmung der optimalen Betriebsparameter
- **Wirtschaftliche Bewertung des Systems**
- Abschließende Analyse der Pellets
  - Erkenntnisse über die Mikroorganismen
- **Durchführung mit einem realen Abwasser aus der Industrie**
  - Abwasser der Fa. Emslandstärke
  - Schlichtehaltiges Abwasser der Fa. Setex
- Entwicklung eines weiteren Verfahrenskonzepts

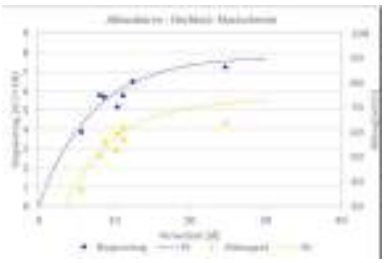


FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Fragen und Diskussion

GRÜNE KASKADE
GROENE

BioTecH2



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

EGU FB Energie · Gebäude · Umwelt
Energy · Building Services · Environmental Engineering

Projektvorstellung:

1) Grüne Kaskade: Hochlastvergärung

2) BioTecH$_2$

INTERREG Deutschland Nederland

Europäische Union
Europese Unie

Tobias Weide, M.Sc.
Dr.-Ing. Elmar Brügging
Dipl.-Geogr. Stephanie Koch

Stegerwaldstraße 39 fon +49 (0)2551 962-021 Tobias.Weide@fh-muenster.de
D-48565 Steinfurt www.fh-muenster.de