

# Groene/Grüne Kaskade

Teilprojekte/Deelprojecte

**Hochlastvergärung/Hooglastvergisting**

**Grünschnitt/Groensnede**

**Methanisierung/Methanisering**

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Dr.-Ing. Elmar Brüggling

Stephanie Koch

Tobias Weide

Marion Schomaker

bio-energie cluster   
Oost-Nederland



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

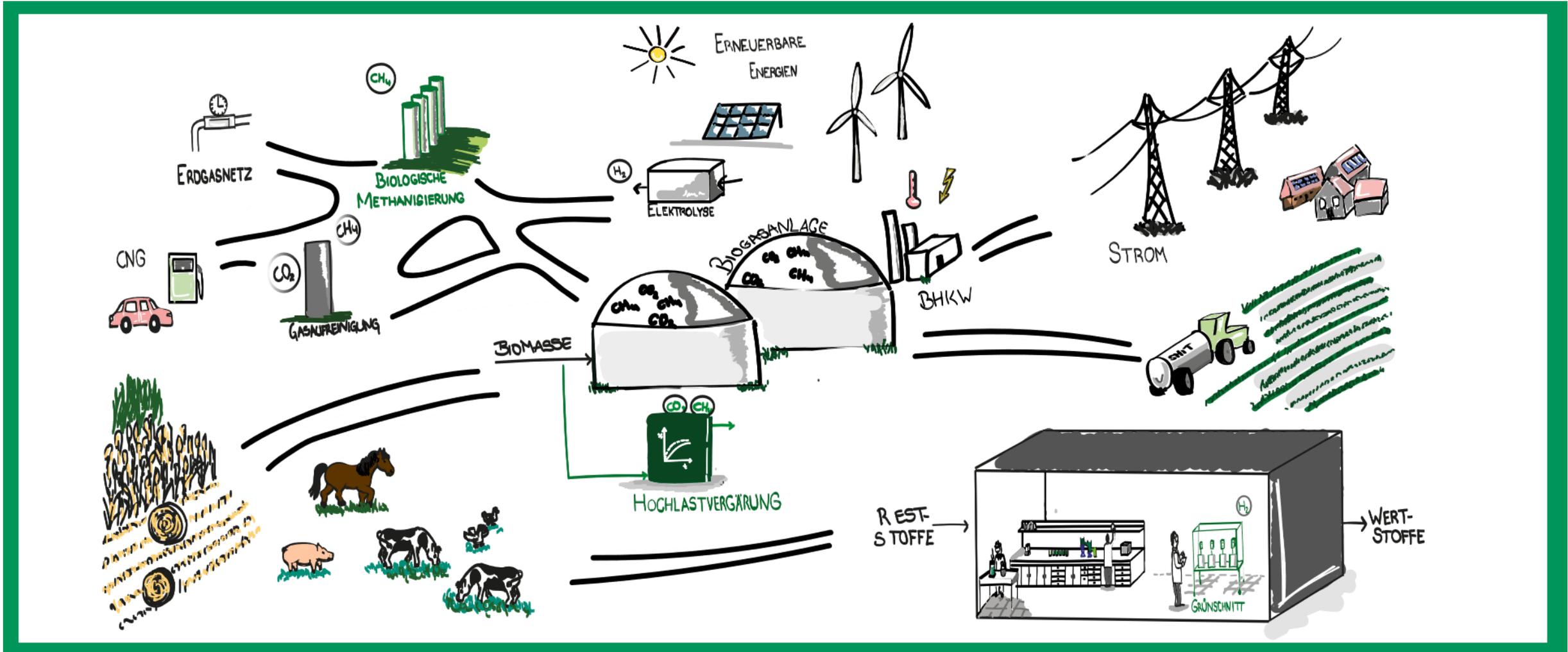


**WESSLING**

Quality of Life

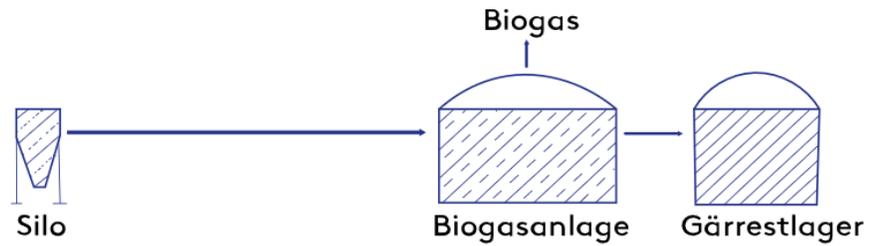
# Grüne Kaskade

## Hochlastvergärung, Grünschnitt und Methanisierung



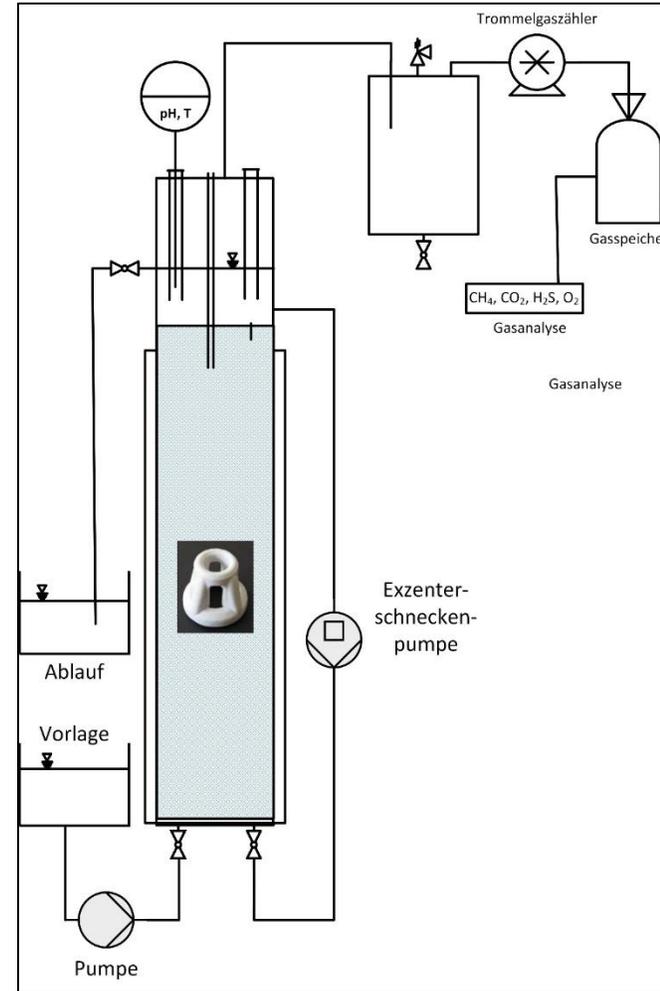
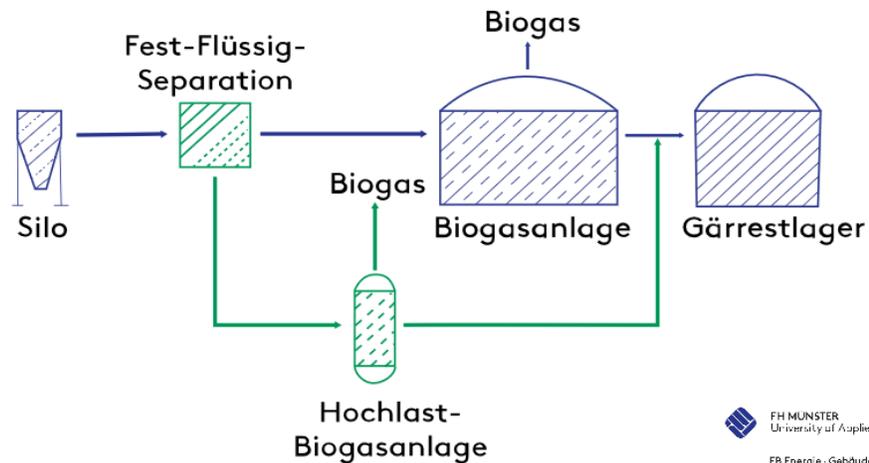
# Teilprojekt Hochlastvergärung

## Konventionelle Biogasanlage



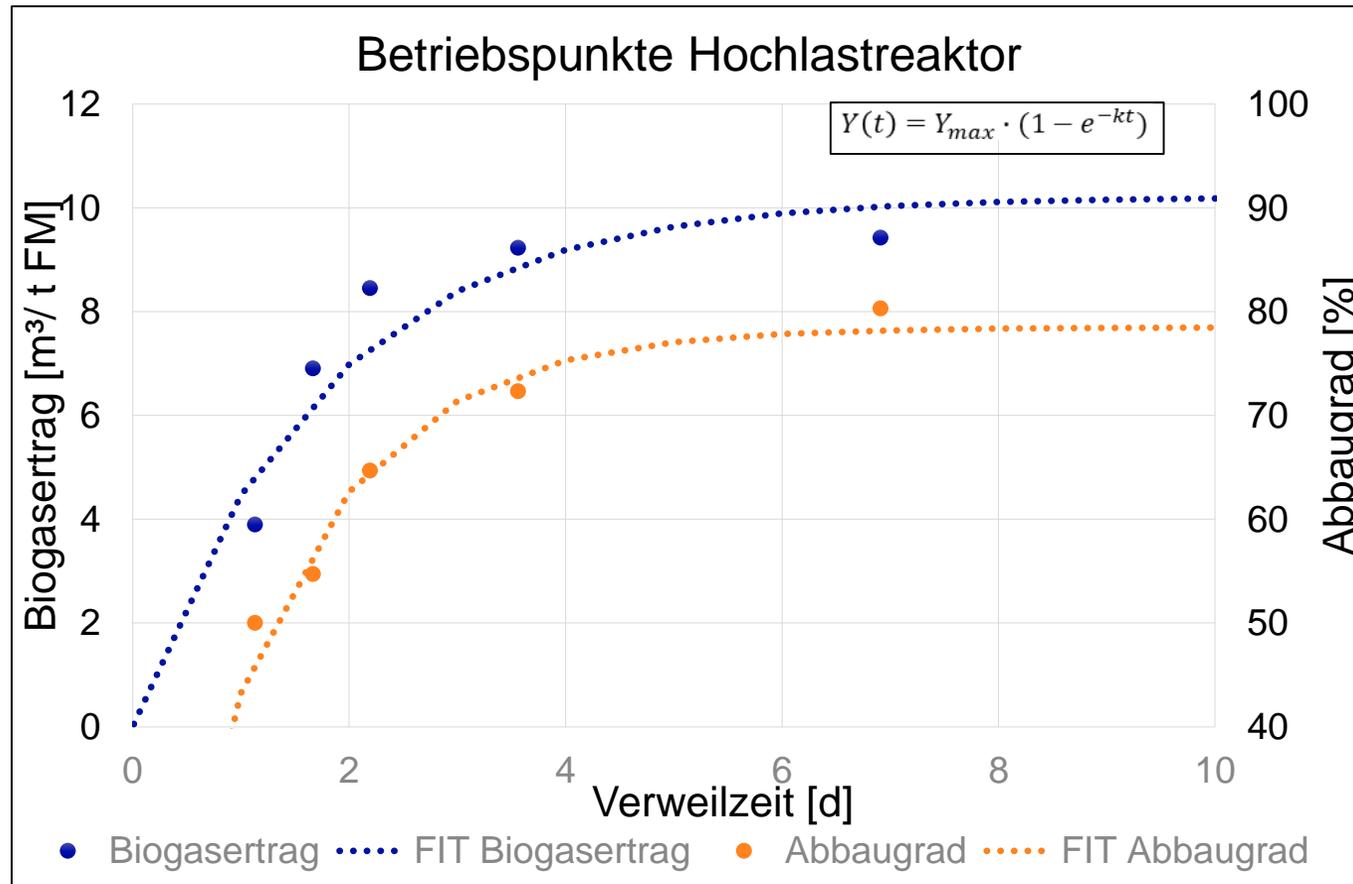
## Hochlastvergärung

Erhöhter Wirkungsgrad durch verbesserte Vergärung



# Projektbearbeitung

## Wirtschaftliche Betrachtung



### Auslegung für 75kW – Anlage

Verkürzung der Verweilzeit auf  $\tau = 4$  Tage

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

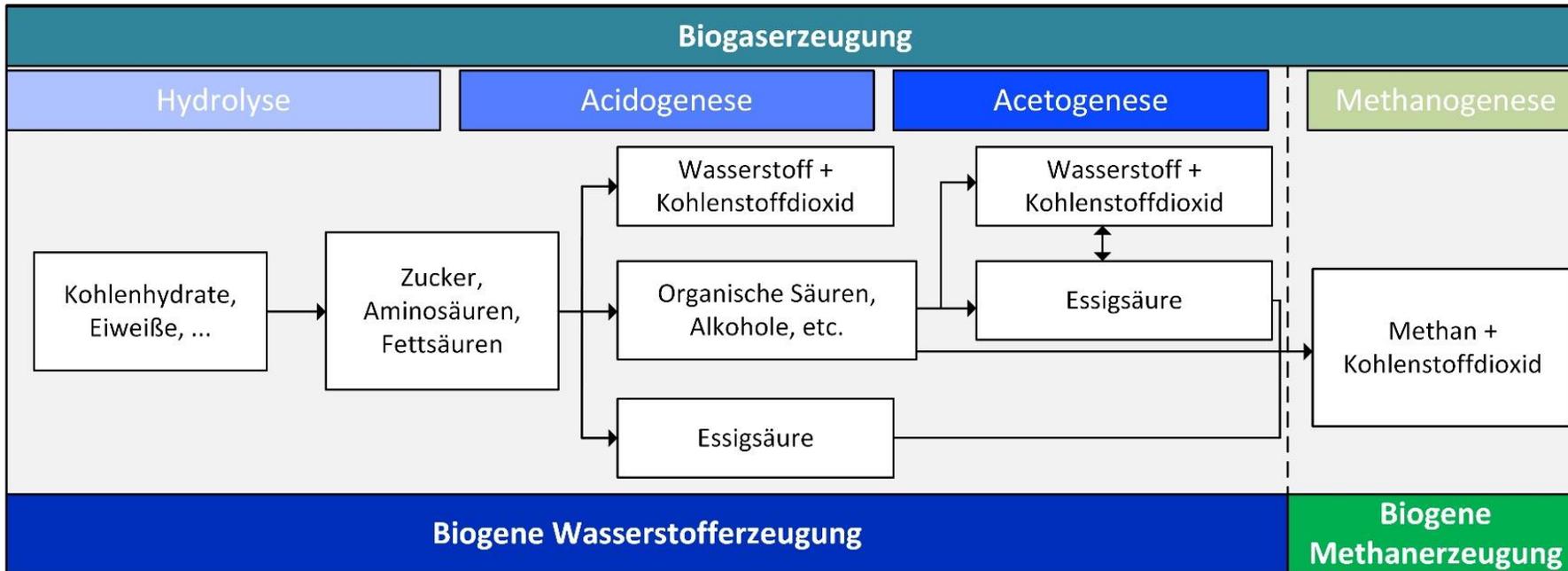
2. Gasgestehungskosten Hochlastreaktor  
Mastschwein : 0,1177 €/kWh

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

**Fazit → Art, Alter, Lagerung, CSB-BSB<sub>5</sub>-  
Werte etc. der Schweinegülle haben  
großen Einfluss auf die  
Wirtschaftlichkeit**

# Teilprojekt Grünschnitt

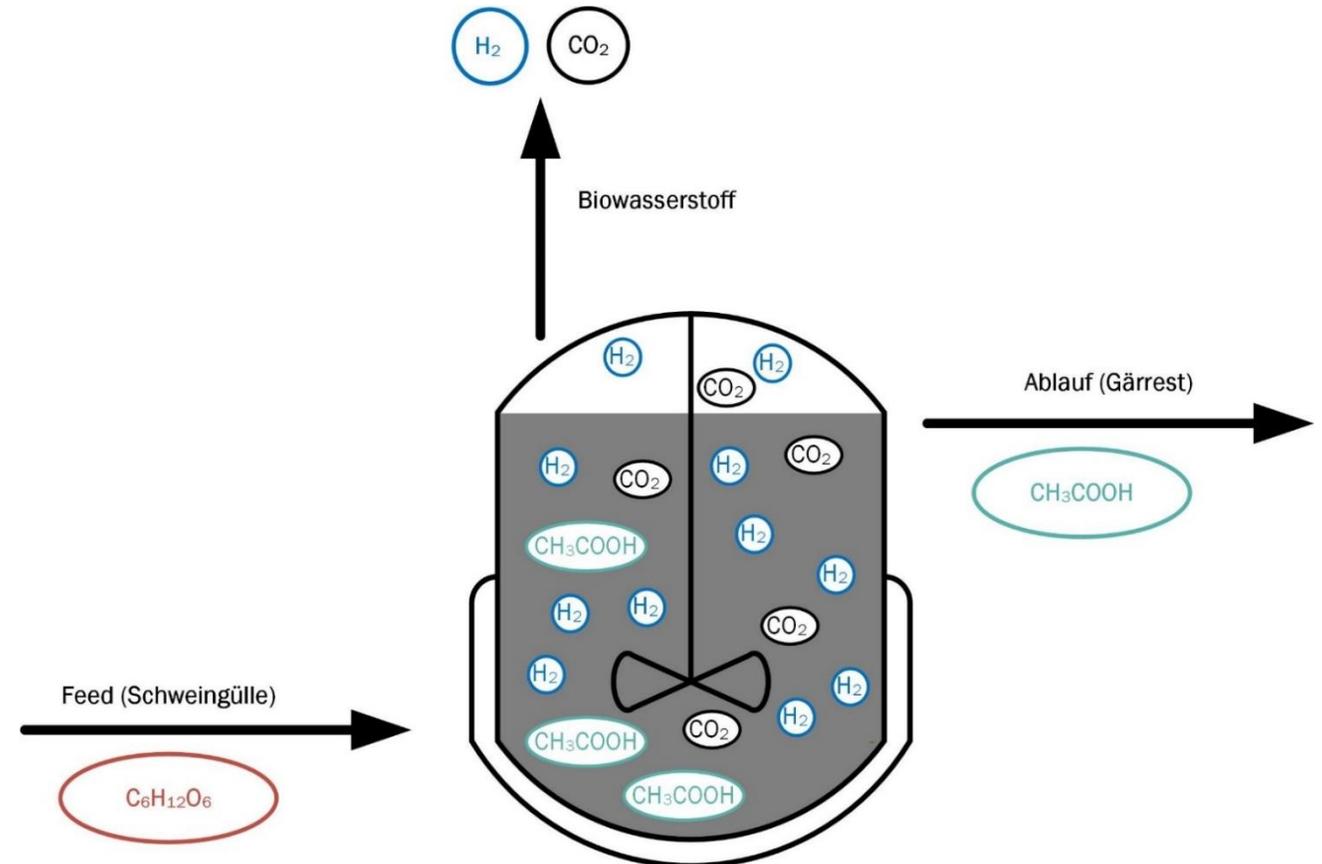
## Wasserstoff aus Reststoffen



# Biogene Wasserstoffproduktion

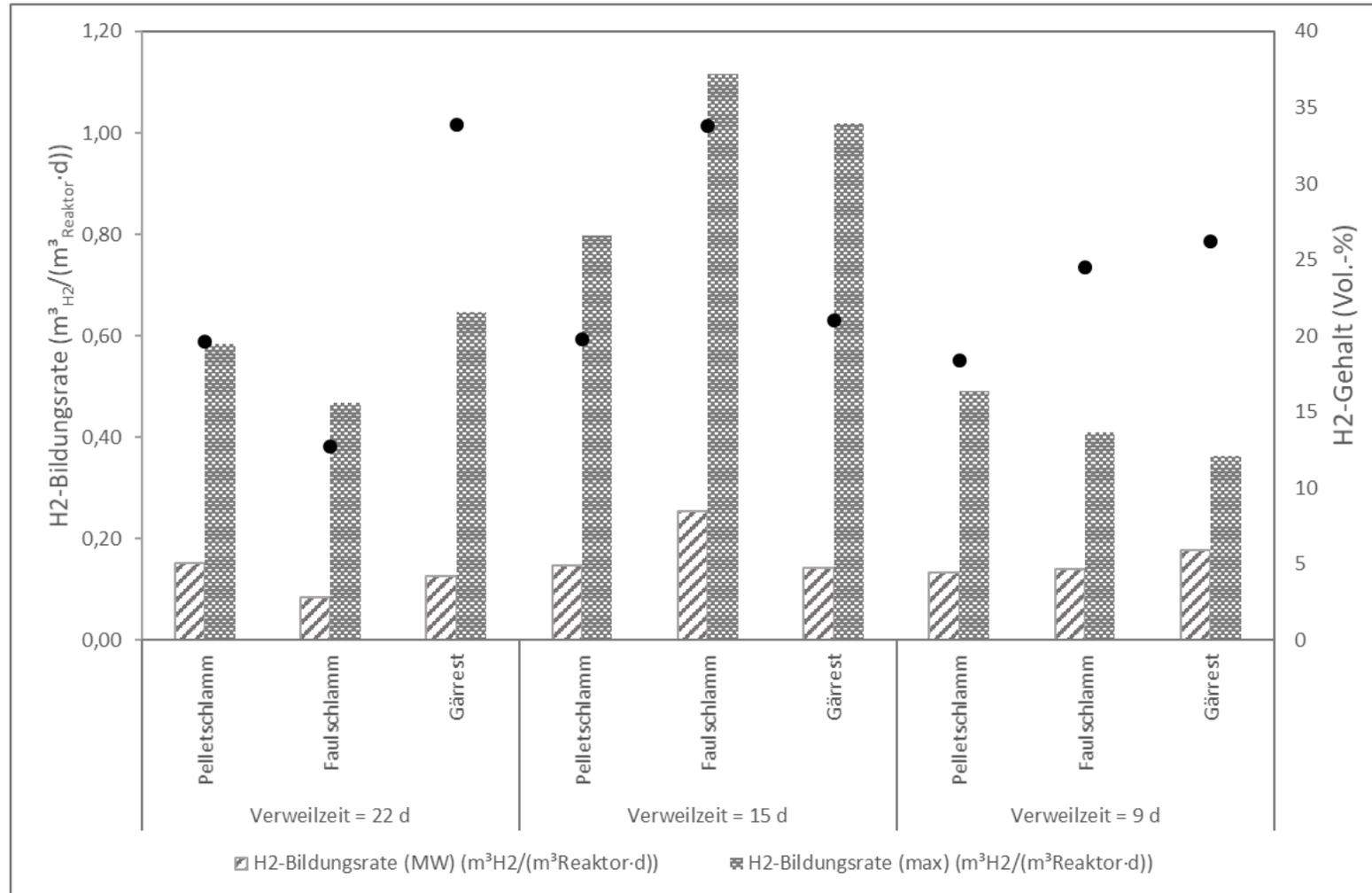
## Kontinuierliche Versuche

- Es wurden 3 Fermenter zur Wasserstoffherzeugung in Betrieb genommen
- Die Versuchsreihen gliedern sich wie folgt:
  1. Separierter Gärrest, therm. vorbehandelt
  2. Faulschlamm, therm. vorbehandelt
  3. Pelletschlamm, EGSB
- Ziel der Versuche: Stabile, kontinuierliche Prozessführung
- Prozesskontrolle über Zuckerkonzentration bzw. Raumbelastung



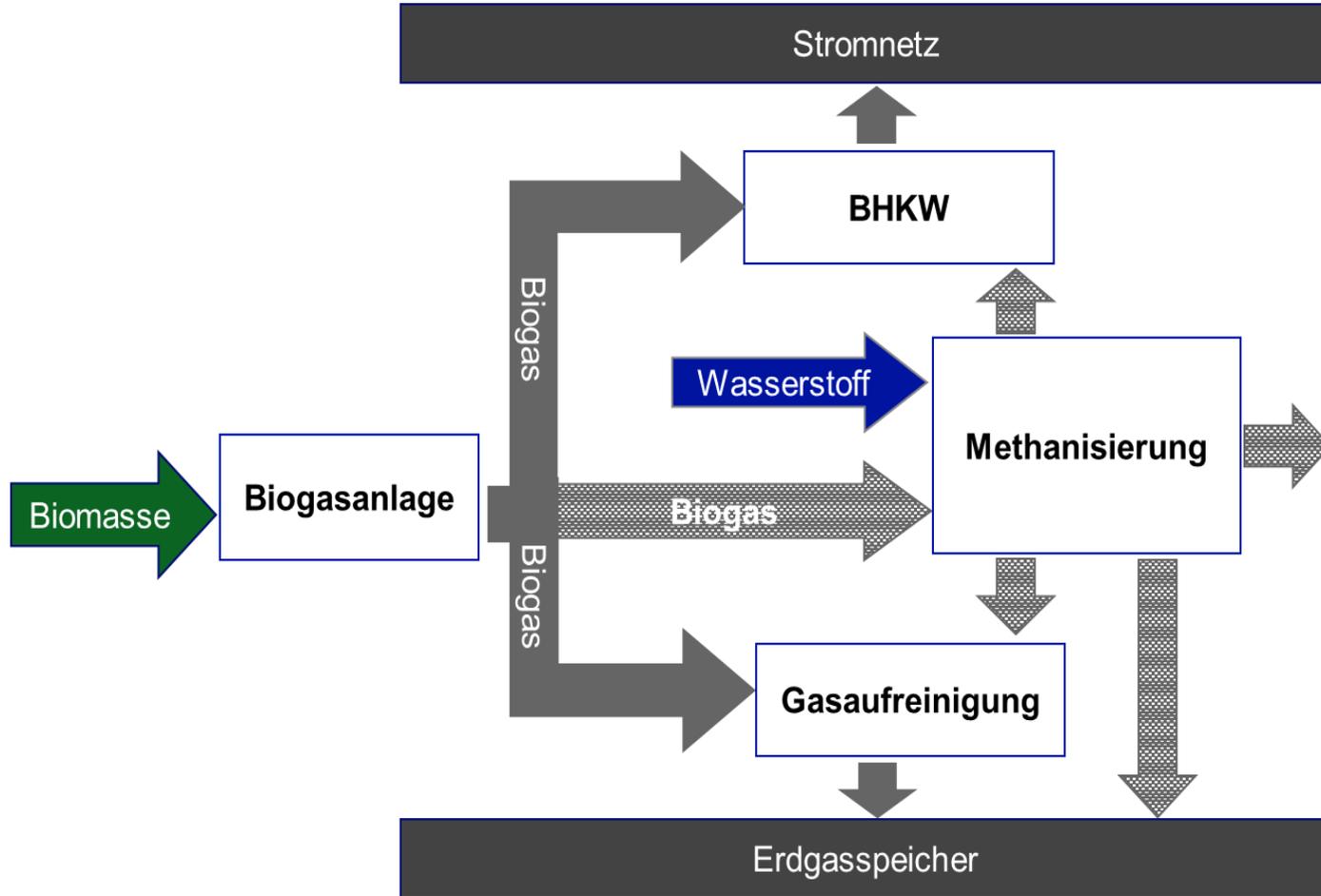
# Biogene Wasserstoffproduktion

## Kontinuierliche Versuche



- Der Einsatz von Gülle wirkt sich pH-Wert stabilisierend auf den Prozess aus
- Es wurden Wasserstoffbildungsraten von 0,30 bis 1,1 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub> / (m<sup>3</sup> Reaktor · d)
- Der optimale Betriebspunkt lag bei einer Verweilzeit von 15 Tagen
- Die effizienteste Betriebsweise wurde mit den Impfschlämmen Faulschlamm aus einer kommunalen Kläranlage und mit Gärprodukt aus einer Biogasanlage erzielt

# Teilprojekt Methanisierung



1. Biogasaufreinigung



2. Lokale Verwertung



3. Power-to-Gas

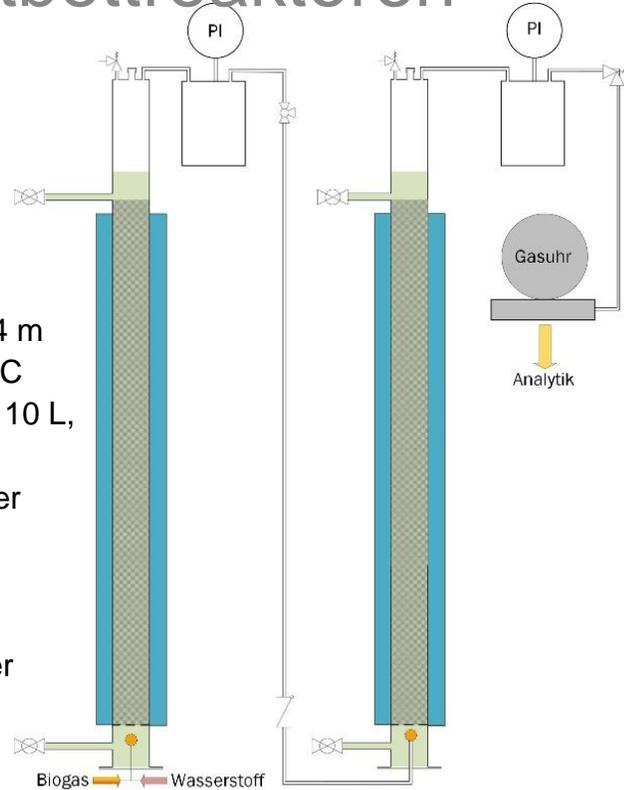


# Teilprojekt Methanisierung

## Zwei Festbettreaktoren

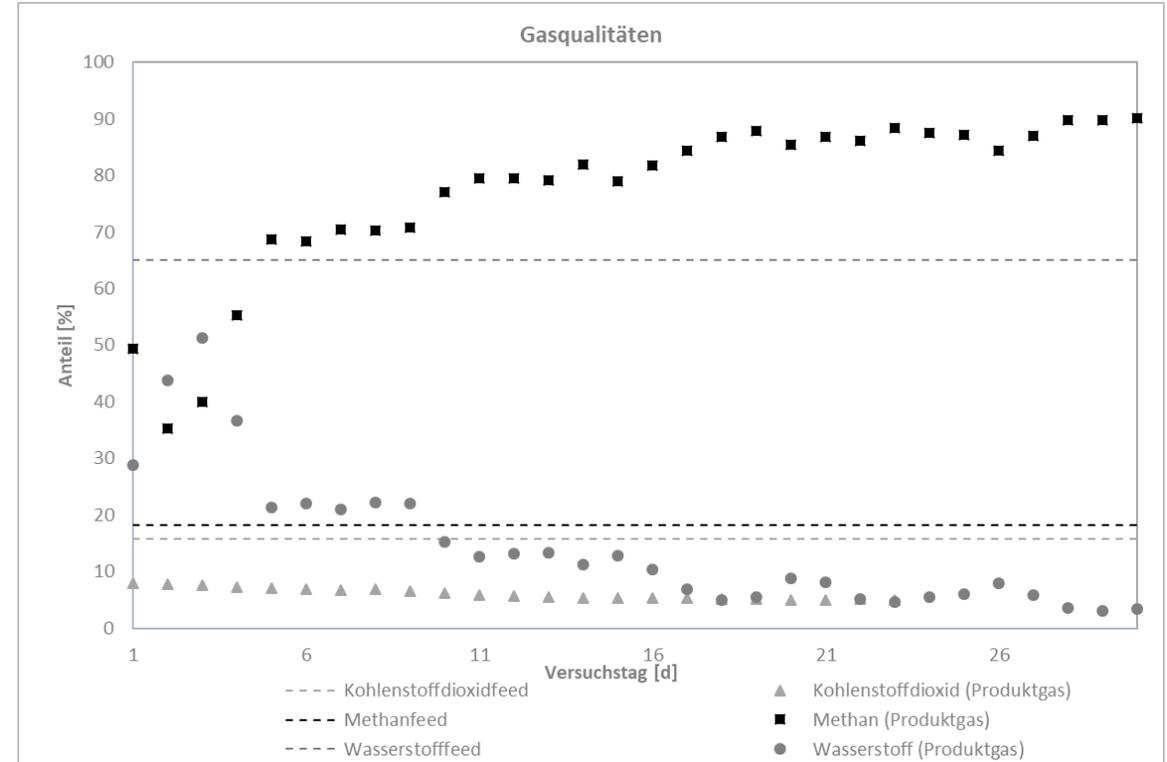
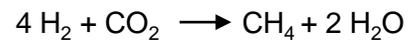
### Daten

- Reaktorhöhe 3,4 m
- Temperatur 52 °C
- Füllvolumen: Je 10 L, zusätzlich Keramikfüllkörper
- Reaktorinhalt: Mischung aus Gärresten unterschiedlicher Herkunft



### Reaktion:

- Methanbildende Mikroorganismen



### Versuchseinstellungen:

Temperatur 52 °C, Wasserstofffeed 12,6 ml/min, Biogasfeed 6,8 ml/min, 2,5 bar Überdruck

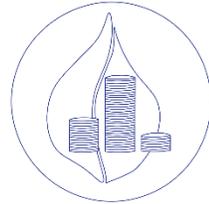
### Ergebnisse:

>90 % Methangehalt im Produktgas, Produktionsrate von Methan: bis zu  $0,5 \text{l}_{\text{CH}_4} / \text{l}_{\text{Reaktor}} \cdot \text{d}$

# Projektkennzahlen

aus allen drei Teilprojekten

Gasgestehungskosten der Hochlastvergärung von Ferkelgülle betragen  
**4,6 Cent/kWh**



Wasserstoffbildungsrate von **0,3 bis 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d** wurden kontinuierlich erzeugt.

Es dauert nur  
**4 Tage**  
um Ferkelgülle mit Hochlastreaktoren zu vergären.



**35 Vol.-%**

Wasserstoffgehalt bei der Erzeugung von Wasserstoff aus industriellen Abwasser,



**70 Vol.-%**

Methangehalt nach der Hochlastvergärung von Schweinegülle erreicht,



**>90 Vol.-%**

Methangehalt nach der biologischen Methanisierung von Biogas erzielt.



Methanbildungsrate von **0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d** wurden mit der biologischen Methanisierung erreicht.

# Groene/Grüne Kaskade

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Dr.-Ing. Elmar Brüggling  
Tobias Weide M.Sc.  
Marion Schomaker M.Sc.

Stegerwaldstraße 39 fon +49 (0)2551 962-725  
D-48565 Steinfurt

wetter@fh-muenster.de  
www.fh-muenster.de



- Weide, T., Brüggling, E., Wetter, C., Ierardi, A., Wichern, M.; *Use of organic waste for biohydrogen production and volatile fatty acids via dark fermentation and further processing to methane*. International Journal of Hydrogen Energy. Volume 44, Issue 44. Page 24110-241125. September 2019
- KTBL/FNR-KONGRESS am 09. und 10.9.2019 in Leipzig (Poster und Tagungsbeitrag)  
[www.fnr.de/biogaskongress](http://www.fnr.de/biogaskongress)
- 8. Statuskonferenz „Bioenergie. Der X-Factor“ am 17. und 18.09.2019 in Leipzig (Posterbeitrag und Tagungsbeitrag)  
<https://www.energetische-biomassenutzung.de/veranstaltungen/statuskonferenzen/8-statuskonferenz/>
- EBA 2018 conference 24. bis 26.01.2018 in Antwerpen (Poster und Tagungsbeitrag)  
<http://biogasconference.eu/programme-2018-2/>
- Brüggling, E., Bakterien helfen der Energiewende. Umwelt Magazin. 10/11 2019 Seite 43-45. November 2019
- Weide, T., Brüggling, E., Wetter, C., Wichern, M.; *Stabilized mesophilic biohydrogen production via dark fermentation in CSTR by pH-value dependent feed adjustments and methanogenic effluent recycling*. Biochemical Engineering Journal. März 2019