

SUPSI

MOSTCH4

Mini Onsite System To valorize manure in methane

FOGA-Forschungstag, 2.9.2021

Roger König

Projektpartner

Industriepartner

- Laborex SA (G. Arioli), Via Mastri 21, 6853 Ligornetto



Forschungspartner

- Life Sciences and Facility Management – **ZHAW**, (R. Warthmann, A. Treichler), 8820 Wädenswil
- Dipartimento ambiente costruzioni e design (DACD) – **SUPSI**, 6850 Mendrisio
 - Laboratorio di biotecnologie-**BET**, (P. Principi, R. König, M. Cuomo)
 - Thermo-Fluid Dynamics Laboratory-**TFD**, (M. Barbato, D. Montorfano, R. Puragliesi)



Finanzierung:

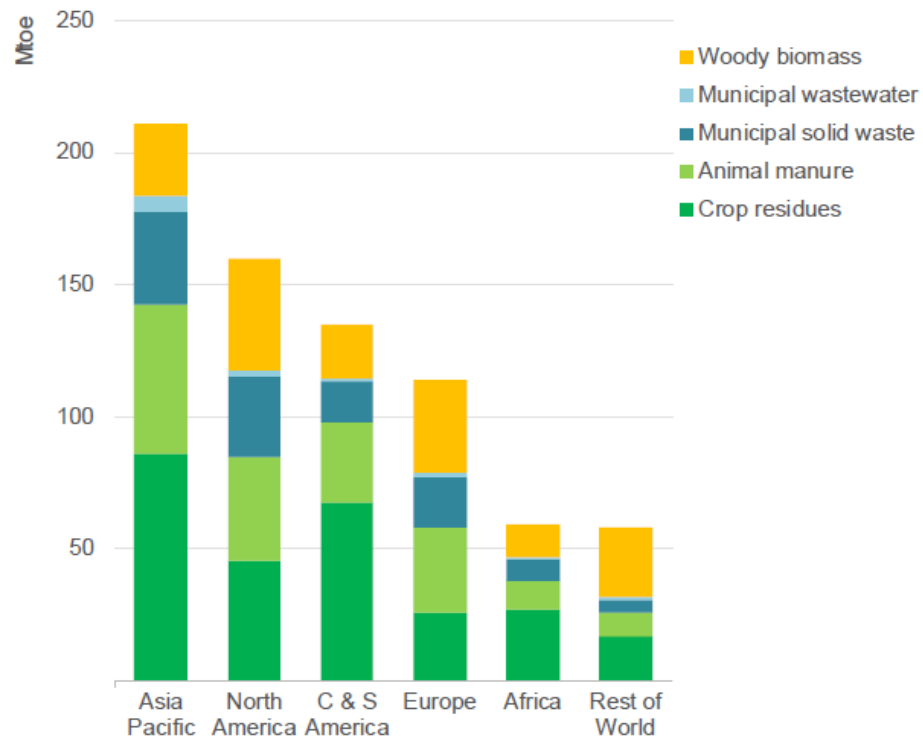
- Innosuisse Projekt nr. 27685.1PFIW-I
- Forschungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie FOGA



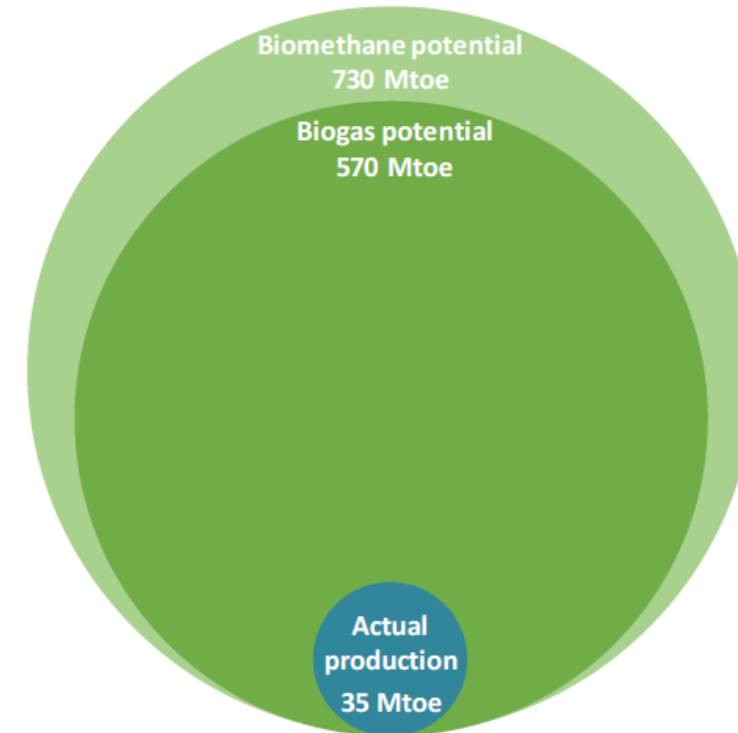
Globales Biomethan Potential in der Landwirtschaft

“The feedstocks available for sustainable production of biogas and biomethane are huge, but only a fraction of this potential is used today”, IEA 2020

Production potential for biogas or biomethane by feedstock source, 2018



Biogas and biomethane production in 2018 against the sustainable potential today



Projekt Motivation

In der Schweiz und in Europa **sind kleine landwirtschaftliche Betriebe** (<400 Kühe oder <3'000 Schweine und eine Landfläche <30 ha) die Mehrheit.

Das Projekt zielt darauf ab, eine Biogasanlage zu entwickeln, die auf **diesen noch nicht erschlossenen Markt zugeschnitten ist**.

Um sie wettbewerbsfähig zu machen, muss sie **wirtschaftlich rentabel** sein.

Die Optimierung der Biogasausbeute der landwirtschaftlichen Nebenprodukte ermöglicht die kostengünstige Biogasproduktion in kleinerem Maßstab.

Die Optimierung der Biogasausbeute wird erreicht durch:

- a. die Anwendung der leistungsfähigsten **Vorbehandlung der Biomasse**;
- b. Optimierung des **Fermenter Designs** (Fluidodynamik, Energieeintrag, Homogenität) und **Minimierung der Planungs- und Baukosten**.

Aktivitäten im Projekt

Die Aktivitäten sind in drei aufeinander folgenden Hauptblöcken geplant:

1. Auswahl und Erprobung der **zwei wirksamsten Vorbehandlungstechnologien** zur Erhöhung des Anteils der vergärbaren Biomasse -> Prototyp auf dem Bauernhof;
2. Entwicklung eines kleinen **anaeroben Fermenters durch Optimierung der Fluidodynamik** und Energiehaushalt;
3. **Demonstration der Leistung und Funktionalität** des Fermenters durch den Langzeitbetrieb einer Demo-Anlage;

Zielsetzungen

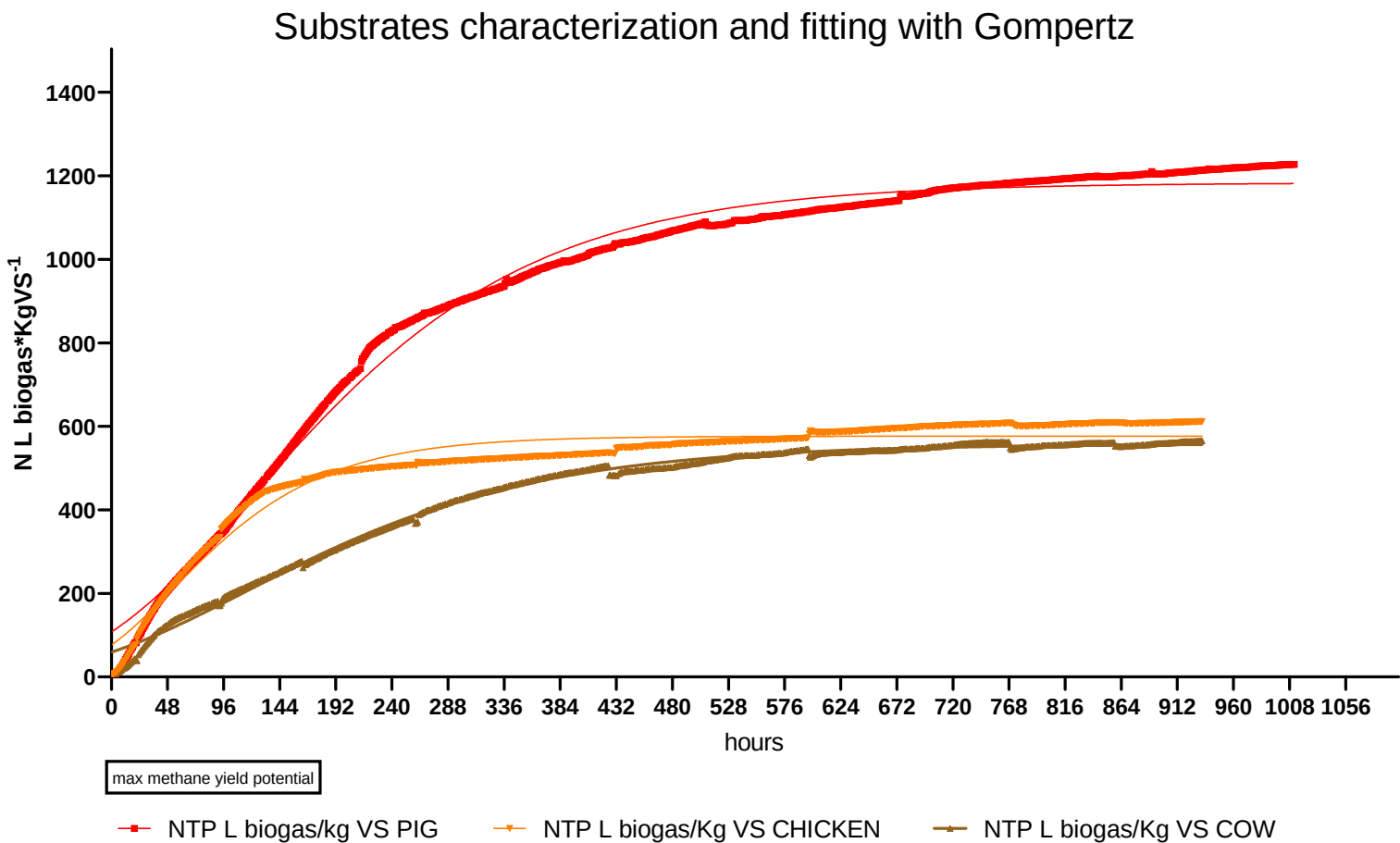
- 1 - **Spezifische Vorbehandlungstechnologie** für jeden ausgewählten Dünger mit Kostenanalyse und prozentualer Verbesserung der Vergärung;
- 2 - **Bestes "Rezept" für das zu vergärende Material** unter Berücksichtigung der verschiedenen Abfälle des Betriebs, die gemischt werden könnten, um das Nährstoffgleichgewicht in einem Co-Vergärungsprozess herzustellen;
- 3 - **Verbesserte Reaktorkonstruktion** auf der Grundlage von Studien zur Strömungsdynamik (quantifizierbar durch Schätzung der durchschnittlichen Verweilzeit);
- 4 - **Prototyp-Anlage mit zwei Vorbehandlungsoptionen** mit einem Volumen von 2-3 m³, die in einem landwirtschaftlichen Betrieb im Tessin installiert werden soll;
- 5 - Gesteigerte Biogasproduktion des Gesamtsystems (Vorbehandlung + Vergärungsanlage), gemessen als Biogasproduktivität pro Tonne Biomasse. **Der zu erreichende Zielwert liegt bei mindestens 15 Nm³ /T Biomasse;**

Projekt MOSTCH4 -Stand Heute

1. **Charakterisierung des Substrats** im Hinblick auf das Methanproduktionspotenzial (Schweine-, Hühner- und Rinderabfälle)
2. Identifikation von **vier Vorbehandlungstechnologien** und **Labor tests**;
 - Thermisches Verfahren
 - Physikalisches Verfahren – Kavitation
 - Zwei biologische Verfahren: Microaeration und enzymatische Vorbehandlung
3. **Optimierung der Durchmischung** von Fermentern mittels CFD-Simulationen;
4. Realisierung einer **Pilotanlage**;

Charakterisierung des Substrats

Charakterisierung des Substrats im Hinblick auf das Methanproduktionspotenzial (Schweine-, Hühner- und Rinderabfälle)

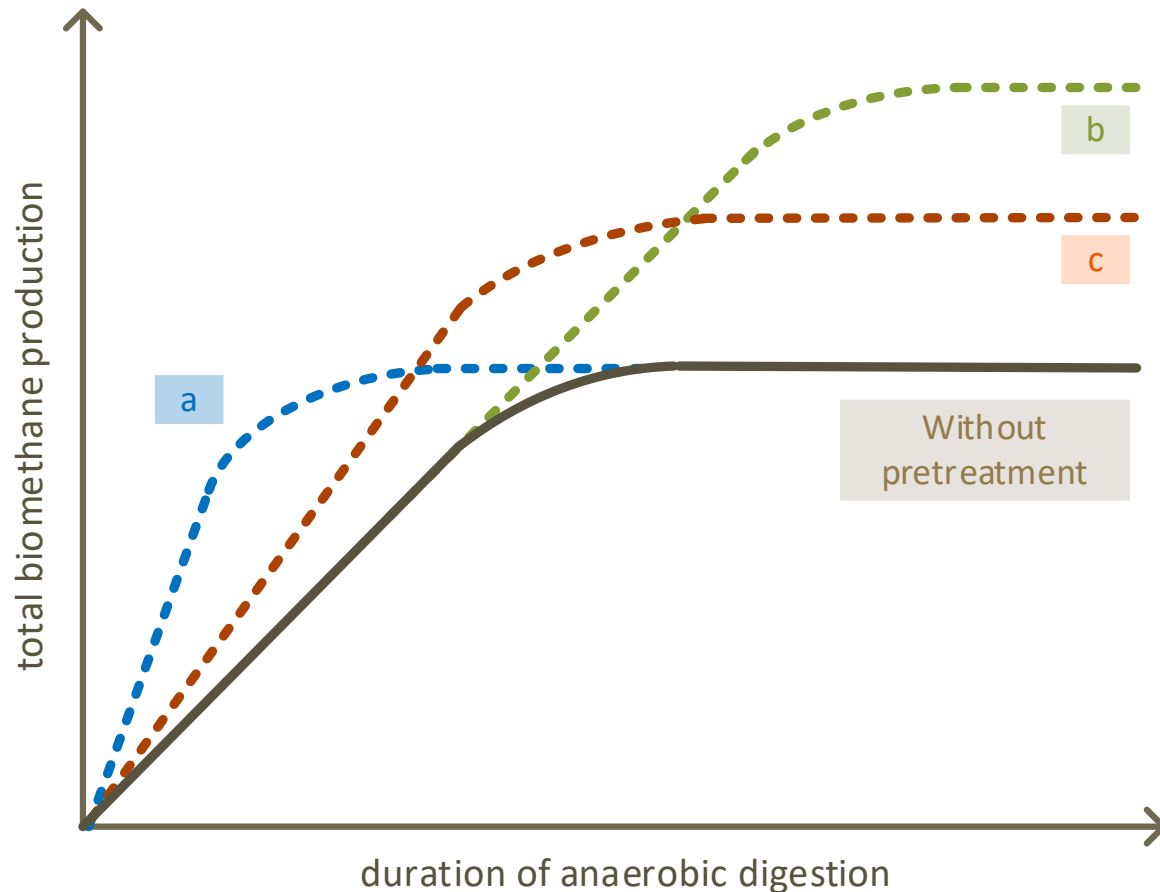


Substrat	Schwein	Huhn	Rinder
mod Gompertz model			
Ym	1183	576	558.2
Rm	3.145	2.827	1.433
λ	-17.35	-22.01	-27.61
R²	0.99	0.95	0.99
Gaszusammensetzung			
CH ₄ %	57.2	43.8	42.7
CO ₂ (%)	33.5	37.7	39.4
O ₂ (%)	0	0	0.3
H ₂ S (ppm)	>>>	185	62
Bal (%)	25.1	18.6	18.1
Chemische-physikalische Charakterisierung			
pH	7.31	7.81	7.81
Density (g/L)	996	600	1008.86
TS (% wb)	1.5	50.19	5.6
VS (% db)	55.21	64.95	65.7
Ash (% db)	44.79	35.05	34.3
COD (mg/L)	15540	22860	45500
Total N (mg/L)	1738	634	3230
C/N ratio	8.98	60.09	13.96
H ₂ S (mg/L)	7.31	3.2	28.3
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	996	4180	13000

Vorbehandlungstechnologien

Vorbehandlung	Betriebsmodus	Resultate
Enzymatisch durch Einsatz von zellulolytischen Pilzen	Zu Beginn des Prozesses	Ausgeschieden
	Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten ab Beginn des Prozesses hinzugefügt werden	
	Kombination von Pilz-Vorbehandlung und Kavitation	
	Längere Vorbehandlung (2 und 3 Tage)	
Mikroaerobe Vorbehandlung	Verabreichung definierter Sauerstoffkonzentrationen bei 37 °C durch eine angepasste Belüftung	Pilotierung
Thermisch	Verschiedene Temperaturen getestet (von 70, 100 bis 133°C) mit anschließender anaerober Vergärung für 42 Tage	Ausgeschieden
Kavitation	3,5-L-Batch-Betrieb Unterschiedliche Kavitationszeiten	Pilotierung

Grundlegende Mechanismen von Vorbehandlungsstrategien

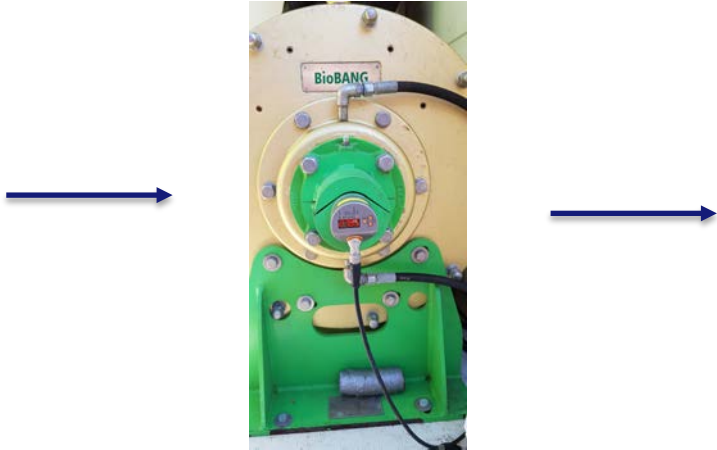


- a) Vorbehandlung erhöht die AD-Rate
- b) Erhöht Rate und Ausbeute
- c) Vorbehandlung erhöht Ausbeute

Kavitation: Positive Ergebnisse in Batch Versuchen



Substratmischung vor Ort



Kavitation vor Ort



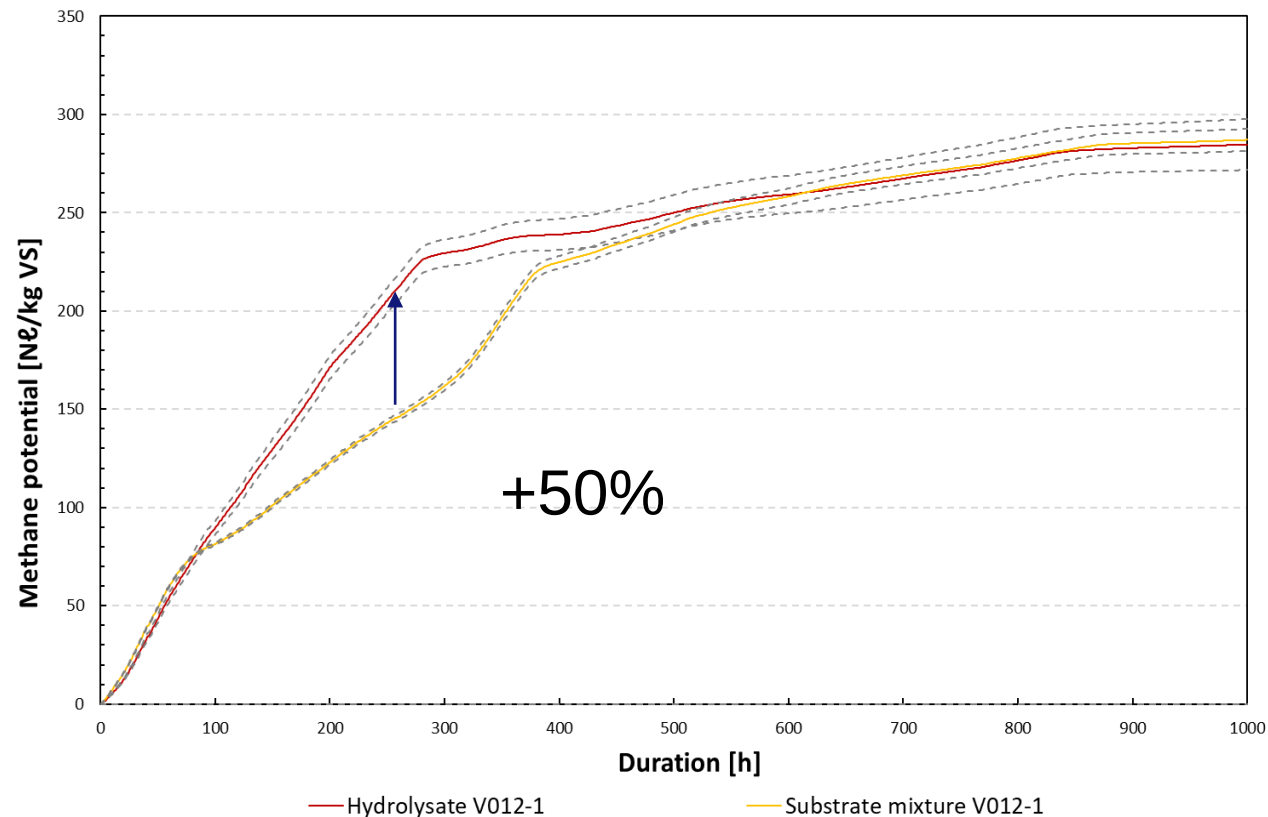
BMP Tests im Labor (3.5L Reaktoren)

3.5 L Reaktoren (Biogas)	Kontrolle	2' kavitiert	4' kavitiert	Mix+ 4' kavitiert
Ym (max Produktion, NL/Kg VS)	347.1	518.5	515.2	495.1
Rm (Produktionsrate, NL/h)	0.7289	1.305	1.347	1.353
λ (lag Phase, h)	-67.06	-58.26	-49.96	-55.26

Mikroaerobe Vorbehandlung

Chargenversuche mit mikroaerob vorbehandeltem Substrat (Kuhmist und Stroh)

Deutlich erhöhte Methanproduktionsrate durch Vorbehandlung



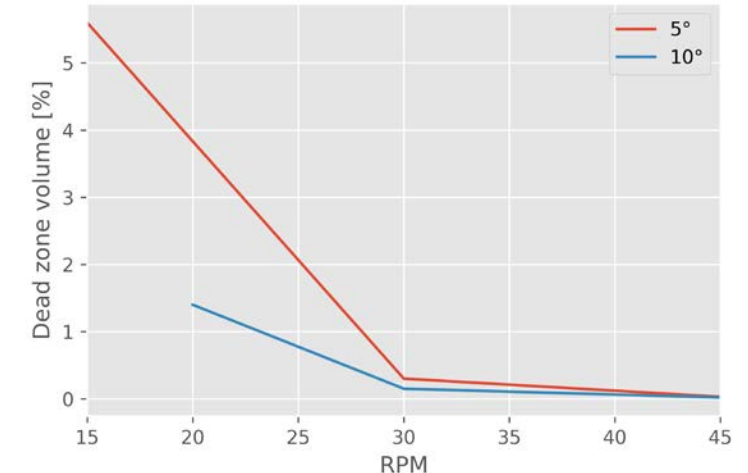
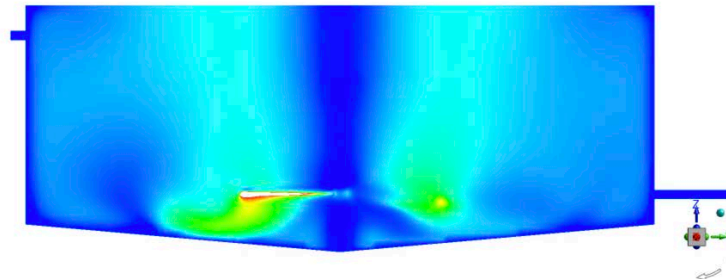
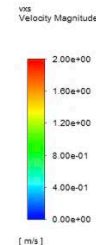
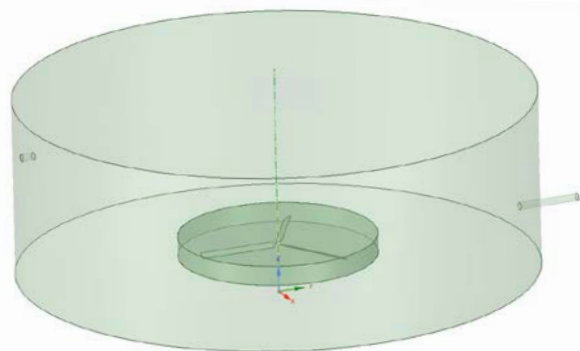
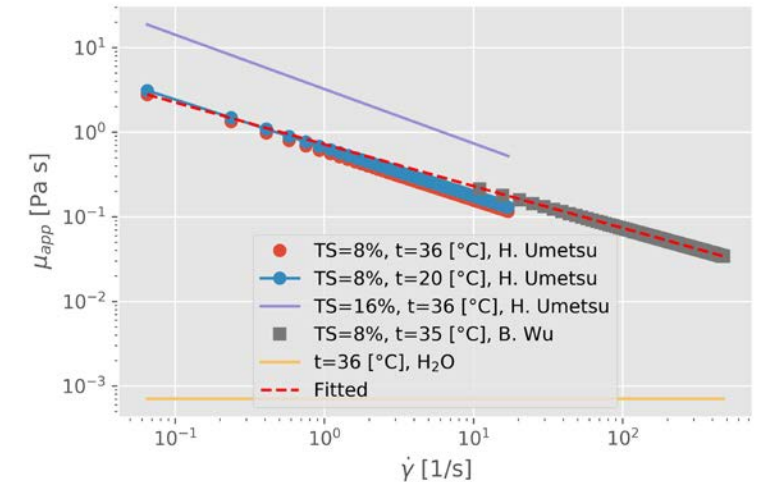
Optimierung der Durchmischung von Fermentern mittels CFD-Simulationen

Planung der Versuche:

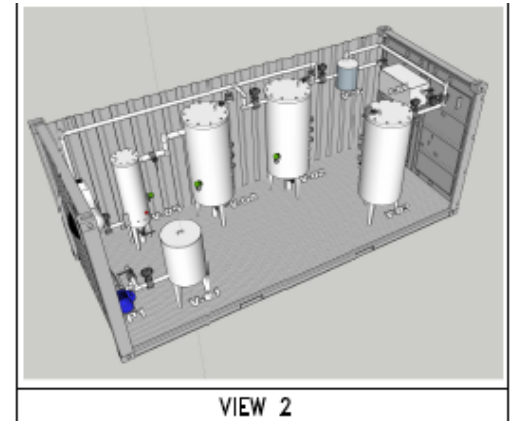
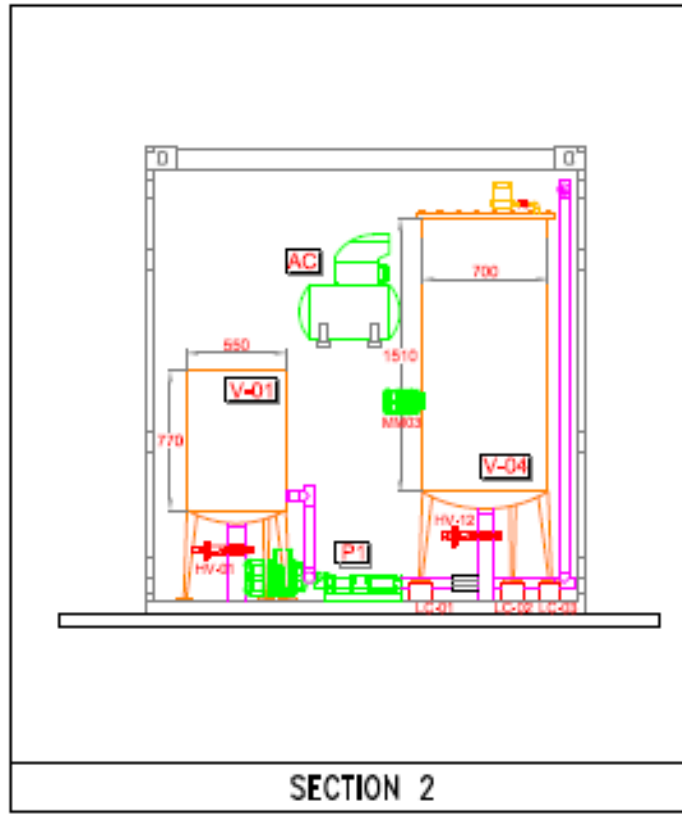
- Bisher wurden verschiedene **geometrische Konfigurationen berücksichtigt** (Rührwerksdurchmesser, Rührwerksposition, Rührwerksdrehzahl, Form des Fermenterbodens, Seitenverhältnisse des Tanks).
- Dichte und Viskosität (pseudoplastisches Verhalten) von Gülle werden anhand von **Literaturdaten (US-Viehbestand)** modelliert.

Nächster Schritt mit Erkenntnissen aus der Pilotanlage:

- Charakterisierung der Viskosität des pseudoplastischen Verhaltens von Gülle aus der Pilotanlage, nach Vorbehandlungen, bei verschiedenen Scherraten ($\dot{\gamma}$)



Realisierung der Pilotanlage



Beschreibung der Pilotanlage

- Pilotanlage in einem 20-Fuß-Container;
- Drei Linien für die Verwertung von Biomasse:

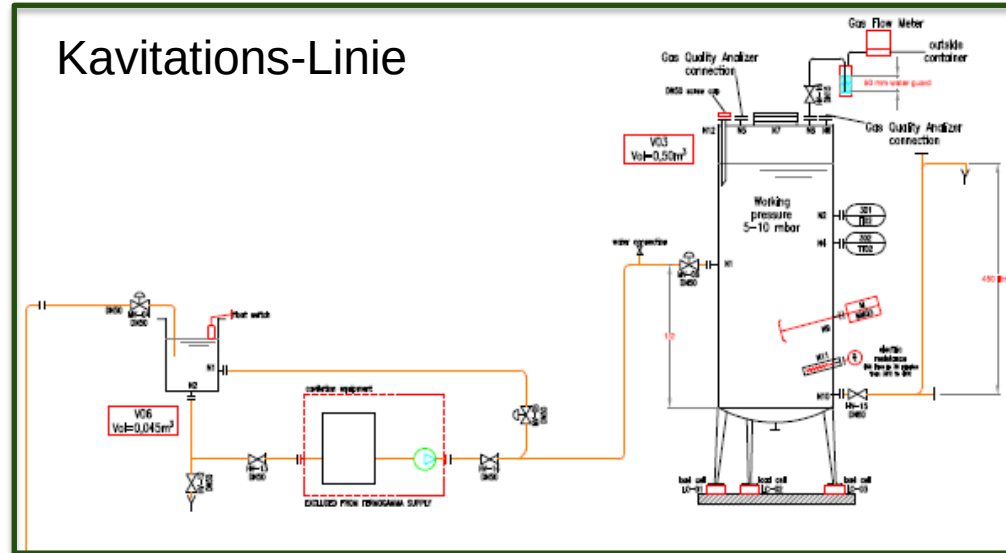


	Referenzlinie	Kavitationslinie	Mikrobelüftungsanlage
Vorbehandlung	NA	Kavitator Kavitationstank (V=45L)	Microaration-Reaktor (V=100L)
Fermenter	Anaerober Fermenter (Gesamtvolumen 500L, Arbeitsvolumen 450L)	Anaerober Fermenter (Gesamtvolumen 500L, Arbeitsvolumen 450L)	Anaerober Fermenter (Gesamtvolumen 500L, Arbeitsvolumen 450L)

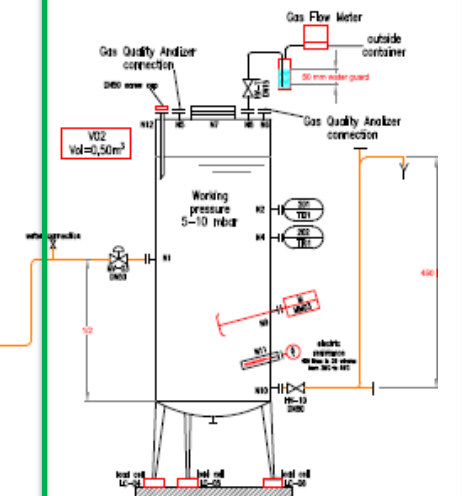
- Vollständig automatisiertes System mit:
 - Temperatursensor und Regelung;
 - Online-Messung der Biogasmenge und Gasqualität (CH_4 , CO_2 , S, O, Feuchtigkeit);
 - Sauerstoffgesteuerter mikraerober Reaktor;

Pilotanlage

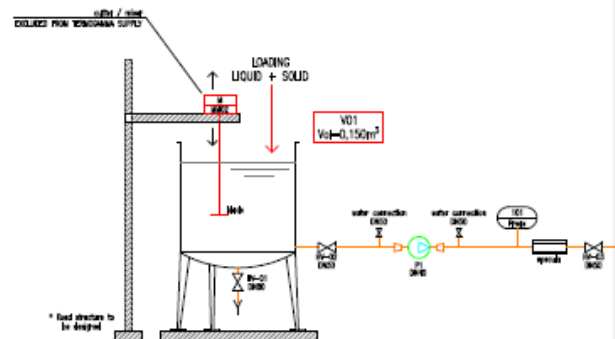
Kavitations-Linie



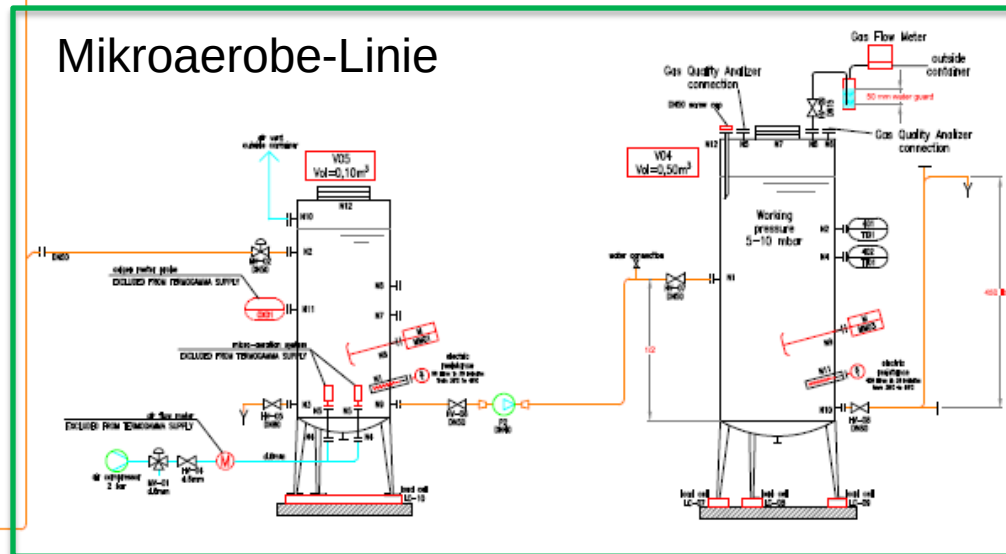
Referenz-Reaktor



Vorlage Behälter – 150 L



Mikroaerobe-Linie





Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Laborex SA

SUPSI-DACD

ZHAW - School of Life Sciences and
Facility Management

Via Mastri 21,
6853 Ligornetto

Via Flora Ruchat-Roncati 23,
6850 Mendrisio

Einsiedlerstrasse 29
8820 Wädenswil

Kontakt:

CEO, Giovanni Arioli
+41 91 210 58 89

Kontakt:

Pamela Principi/ Roger König
+41 58 666 67 03
Pamela.principi@supsi.ch
Roger.koenig@supsi.ch

Kontakt:

Rolf Warthmann
+41 58 934 58 74
rolf.warthmann@zhaw.ch