



SUPSI

Zweistufige anaerobe Vergärung von flüssigen industriellen Abfällen

Projekt TANAIIS

12:30 – 12:50

Roger König, Wissenschaftler, Umwelttechnologie, SUPSI

E-Mail.: roger.koenig@supsi.ch

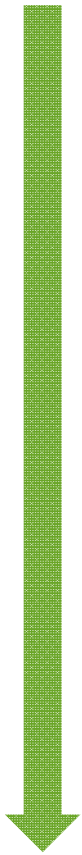
11 maggio 2017



biosweet
Swiss Competence Center for
Energy Research



Forschungstagung Bioenergie



- Vorstellen des Projektes
- Weg zum Ziel
- Vorstellen der drei Substrate
- Resultate
 - Einstufige Vergärung
 - Zweistufige Vergärung
- Schlussfolgerung
- Ausblick

Projektmotivation

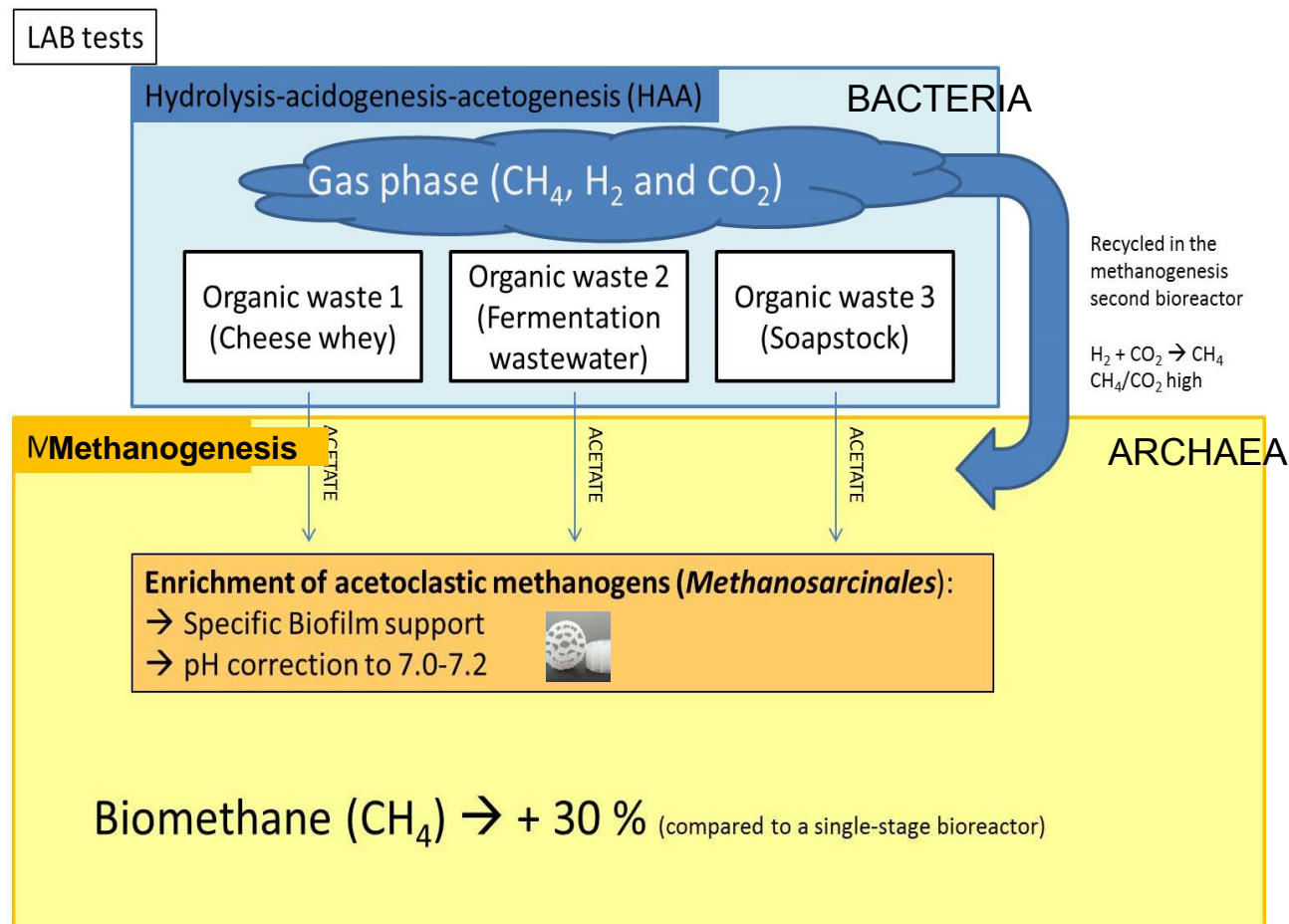
- Anaerobe Vergärung ist ein bekannter Prozess mit Verbesserungspotential;
- Biomasse als Energieträger -> Nachhaltige Energiepolitik;
- Aktivitäten im Bereich der anaerobe Vergärung als Mitglied von SCCER biosweet (WP1);
- Stetige Nachfrage nach Lösungen zur wirtschaftlichen Nutzung von industriellen Nebenprodukten;
- Kapazitätsengpässe der Abwasserreinigungsanlagen;

Ziel



- Entwicklung eines zweistufigen Prozesses zur anaeroben Verwertung von Nebenprodukten aus drei lokalen Industriebetrieben;
- Evaluation der Wettbewerbsfähigkeit der zweiphasigen Variante gegenüber dem heutigen Stand (+30% Methan im Vergleich zur heutigen einstufigen Lösung)

Was ist die zweiphasige Vergärung?



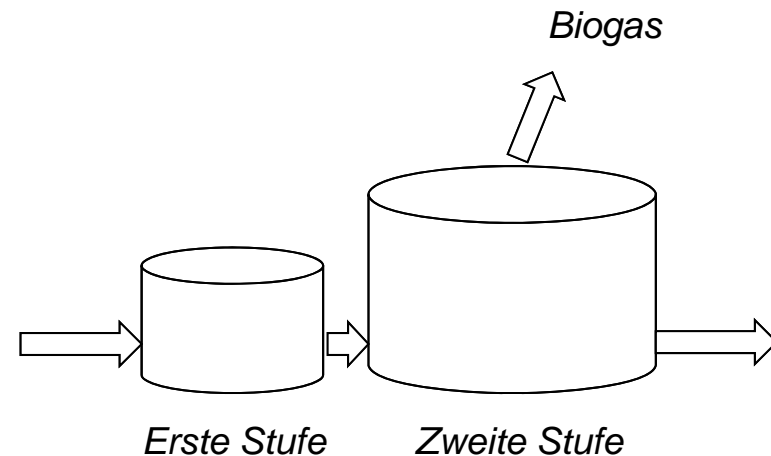
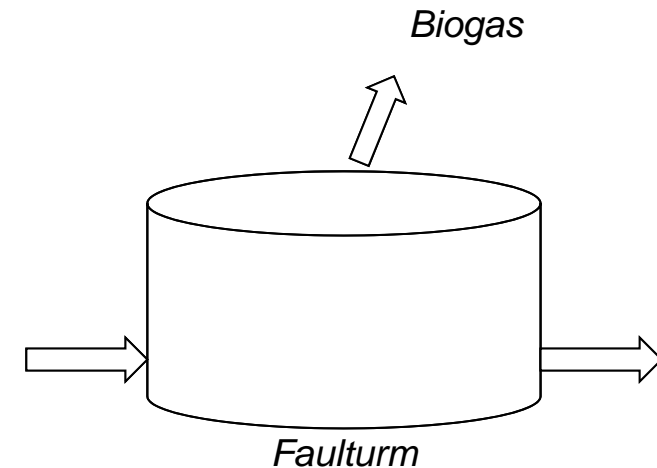
Einphasig und zweiphasige Vergärung

Der zweiphasige Prozess hat Vorteile:

- Prozessparameter individuell einstellbar;
- Ströme kontrollierbar;
- Integration in existierenden Faulturm;
- Hohe Prozessstabilität;

Jedoch...

- Höhere apparativer Aufwand;
- Höherer Steuerungsaufwand;



Weg zum Ziel

- Identifizieren von drei industriellen Nebenprodukten;
- Charakterisierung der drei Substrate (physikalisch, chemisch und mikrobiologisch);
- Bestimmen der Leistungsgrenzen bei der Substratverwertung in der einstufigen anaeroben Vergärung;
- Entwicklung eines zweiphasigen anaeroben Bioreaktor (Design und Betrieb);

Weg zum Ziel

- Optimisation der zweistufigen/zweiphasigen Vergärung
 - ❖ Hydrolyse/Acidogenesis/Acetogenesis (HSS);
 - ❖ Optimale Wachstumsbedingungen bei Kontrolle und Steuerung der OLR, pH, Mischen, Mikro- und Makroelemente;
 - ❖ Mikrobiologische Charakterisierung zur Bestätigung guter Wachstumsbedingungen;
 - ❖ Methanogenesis;
 - ❖ Optimale Wachstumsbedingungen bei Kontrolle und Steuerung der OLR, pH, Mischen, Mikro- und Makroelemente;
 - ❖ Mikrobiologische Charakterisierung zur Bestätigung der optimalen Wachstumsbedingungen;

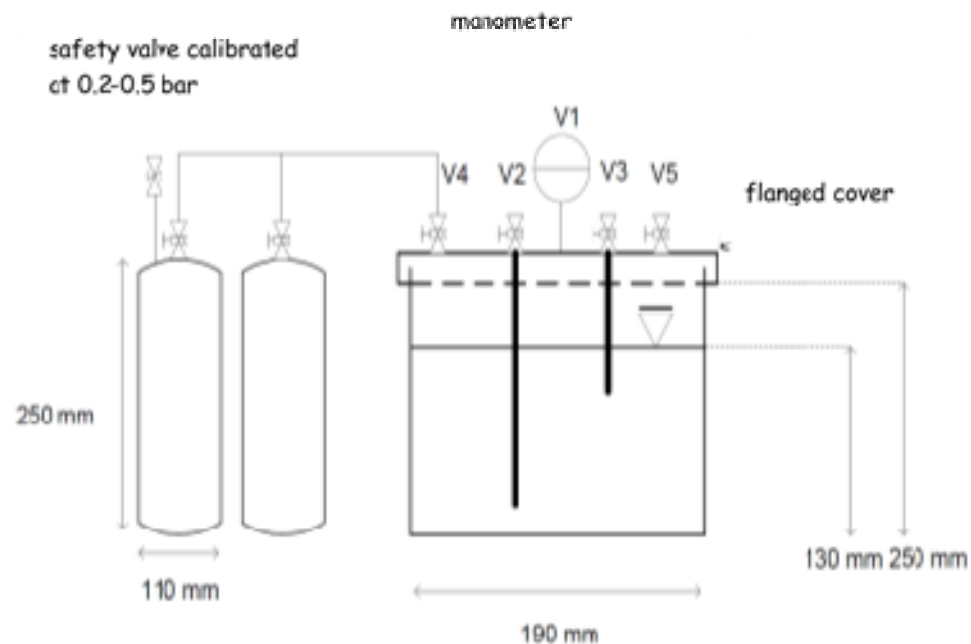
Weg zum Ziel

- Einsatz von Trägern zur Erhöhung der acetoklastischen Methanbildner;
- Vergleich der zweiphasigen Vergärung mit konventioneller einstufiger Vergärung;
- Erarbeitung von Dimensionierungsgrößen für on-site Tests;

Reaktoren und Labormaterial

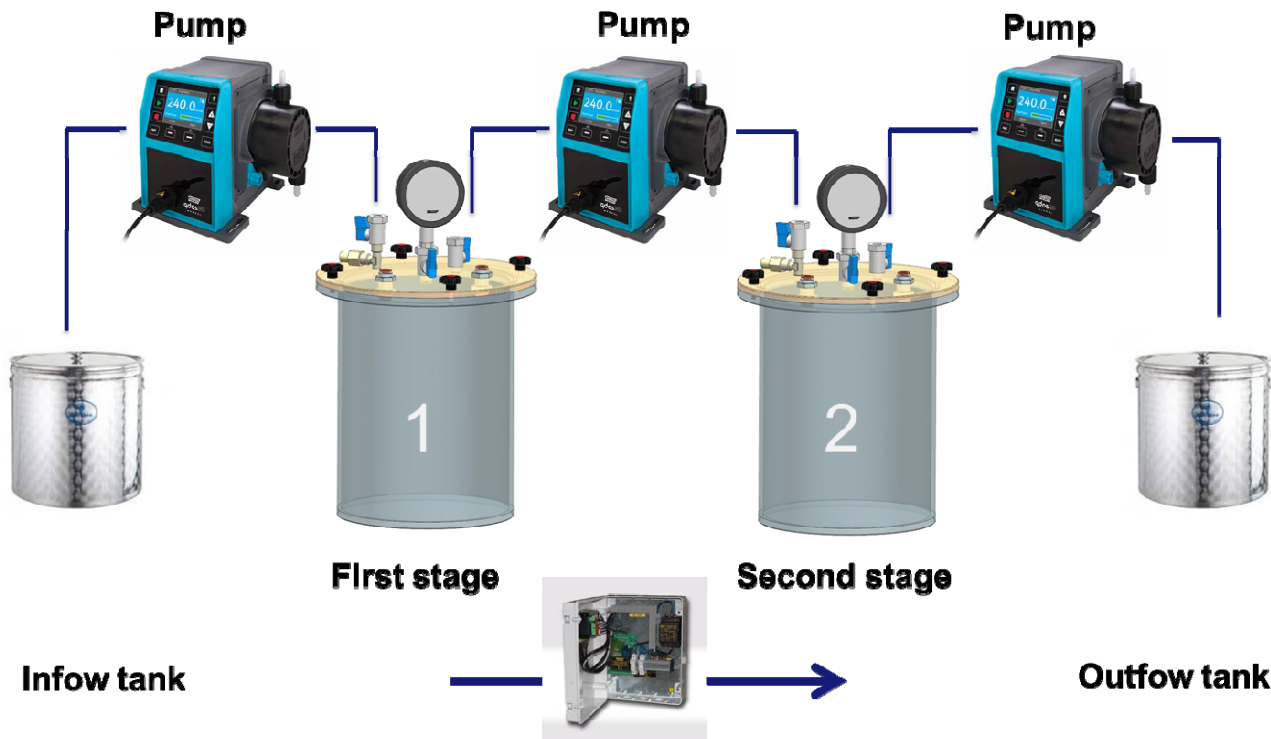
Design – Einstufiger Reaktor

| | |
|------------------|------------------------------------|
| Volume: | 7 Liter |
| Material: | Rostfreier Stahl |
| Anschlüsse: | Handventile (G1/2, G1/8) |
| Messinstrumente: | Digitaler Manometer (Leo, Kessler) |



Design - Zweistufiger Reaktor

Steuerung: Siemens Logo
 Pumpen: Watson Marlow (4...20mA)
 Rührwerke: Magnetrührer



Volume: 2 x 7 Liter
 Material: Rostfreier Stahl
 Anschlüsse: Handventile (G1/2, G1/8)
 Messinstrumente: Digitaler Manometer (Leo, Kessler)



Labor - Analytik

- Standard Laboranalytik

Total Suspendierte Stoffe, Gesamt Ungelöste Stoffe, Glühverlust, pH, Temperaturen, Säurekapazität;
Stickstoffverbindungen, Chemischer Sauerstoff Bedarf, Phosphate, Schwefelverbindungen;

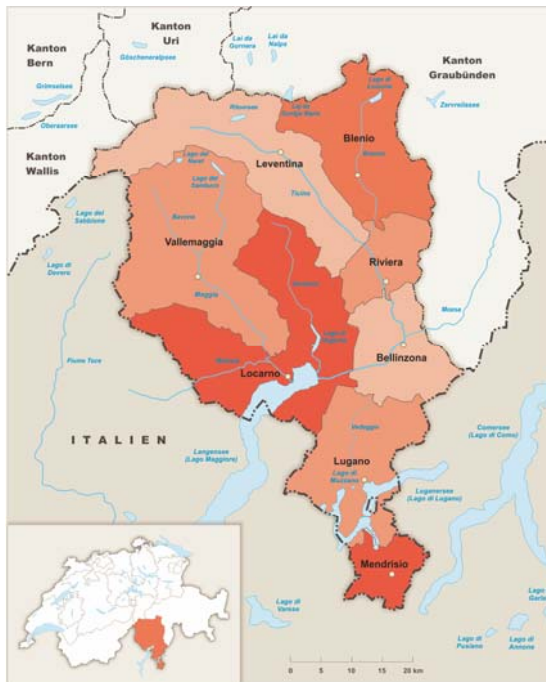
- Gasanalysen

Gasanalyzer (Geotech GA5000) zur Bestimmung von Methan, Kohlenstoffdioxid, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff;

- Mikrobiologische Analysen

Denaturierungsgradientengelelektrophorese (DGGE)
Durchflusszytometrie
FISH
Rasterelektronenmikroskop (REM)

Auswahl der Substrate



Anforderung an die ausgewählten Substrate

- Biologische Abbaubarkeit;
- Von kantonaler Bedeutung;
- Industrielles Neben-/Abfallprodukt;
- Bisher nicht oder nur unbefriedigend verwertet;

Substrate A

Substrat: Molke

Nebenprodukt aus der Käseherstellung;

Heutige Verwertung:

Sauermolke:

An nächstgelegene Abwasserreinigungsanlage mit Faulturm abgegeben (Kosten).

Süßmolke:

Aufkonzentriert und an Tierfutterproduzent verkauft (Ausgaben = Einnahmen).

11/05/2017

CHEESE WHEY (CW)



Characteristics

COD= 75 g/l
TS%= 4.9
VS%= 4.5
Ash%= 0.4
pH= ~4.5

CW produced high quantity with high disposal cost (20'000 liter per day)

Substrate B

Substrat: Fermentationsabwasser

Nebenprodukt einer pharmazeutischen Industrie
(Antibiotikum);

Kultivierungsmedium mit hohem Proteinanteil;

Heutige Verwertung:

Entsorgung in zwei Abwasserreinigungsanlagen
(Wasserlinie) durch Kanalisation.

FERMENTATION WW



Characteristics

COD= 160 g/l
TS%= 45.3
VS%= 28.3
Ash%= 16.9
pH= ~7.0

Dense liquid very rich in aminoacids (especially methionine) with producing high concentration of ammonia and sulfate residues

Substrate C


- Nebenprodukt aus der Fischölherstellung

Nebenprodukt (fest) aus Raffination von Fischöl für die Lebensmittelindustrie;

Heutige Verwertung:

Direkt in die Verbrennung.

SOAPSTOCK



Characteristics

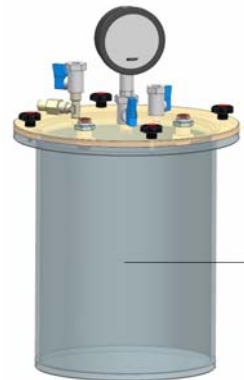
COD= 1078 g/l
TS%= 44.5
VS%= 33.9
Ash%= 10.6
pH= ~9.5

Solid at room temperature
difficult to solubilize for anaerobic digestion

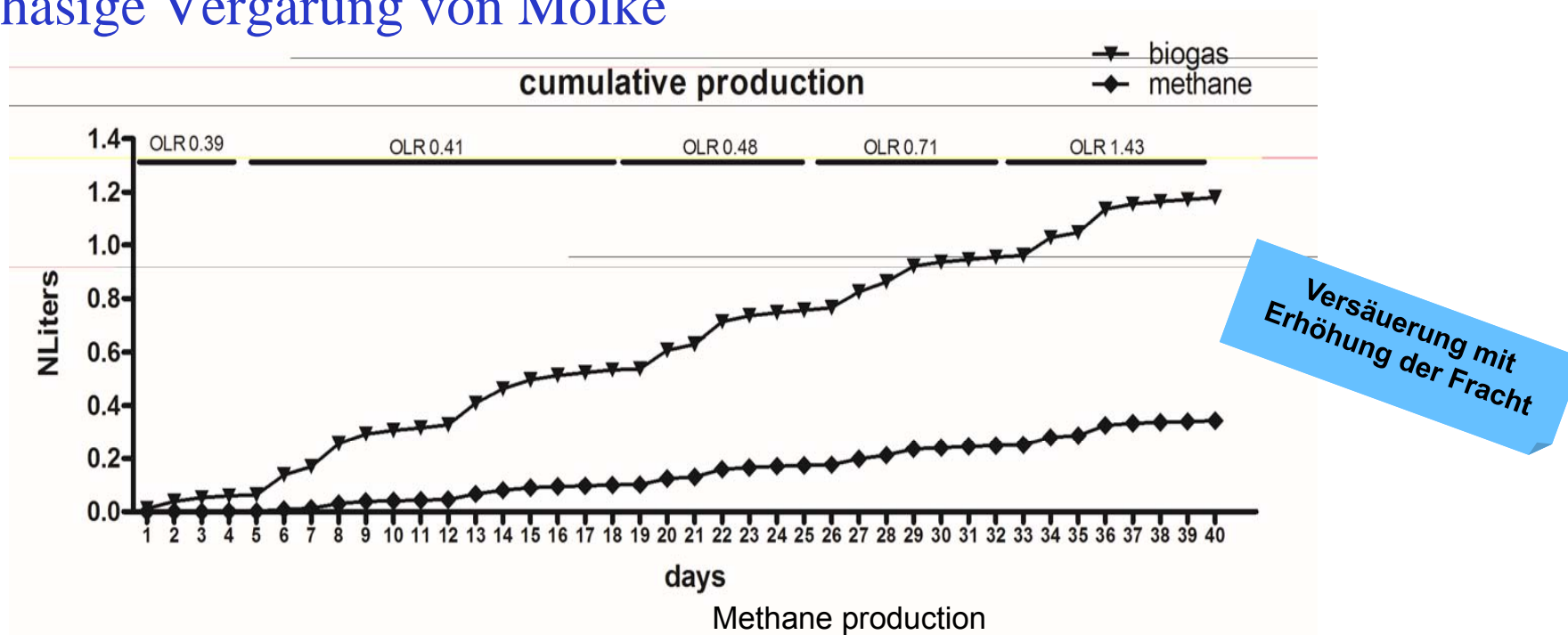
Resultate

- Einphasige Vergärung
- Zweiphasige Vergärung
- Mikrobiologische Charakterisierung
- Vergleich und Schlussfolgerung
- Ausblick

EINPHASIGE VERGÄRUNG



Einphasige Vergärung von Molke

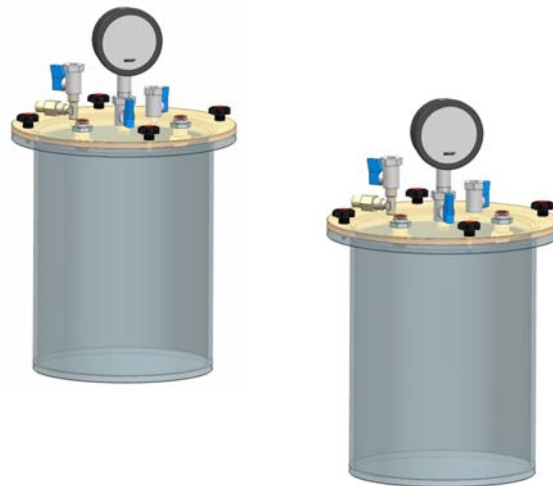


| OLR $\frac{Kg\ COD}{m^3\ d}$ | $\frac{Nm^3}{m^3\ CW}$ | $\frac{Nm^3}{Ton\ COD}$ | $\frac{Nm^3}{Ton\ VS}$ |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0,39 | 10,9 ± 0,9 | 175,8 ± 15,3 | 242,3 ± 20,8* |
| 0,41 | 9,3 ± 0,4 | 164,3 ± 7,6 | 322,7 ± 15,1* |
| 0,48 | 8,3 ± 0,6 | 146,8 ± 10,5 | 288,3 ± 20,7* |
| 0,71 | 8,7 ± 0,4 | 153,4 ± 7,5 | 301,4 ± 14,7* |
| 1,43 | 6,2 ± 1,4 | 108,9 ± 24,9 | 213,9 ± 48,9* |

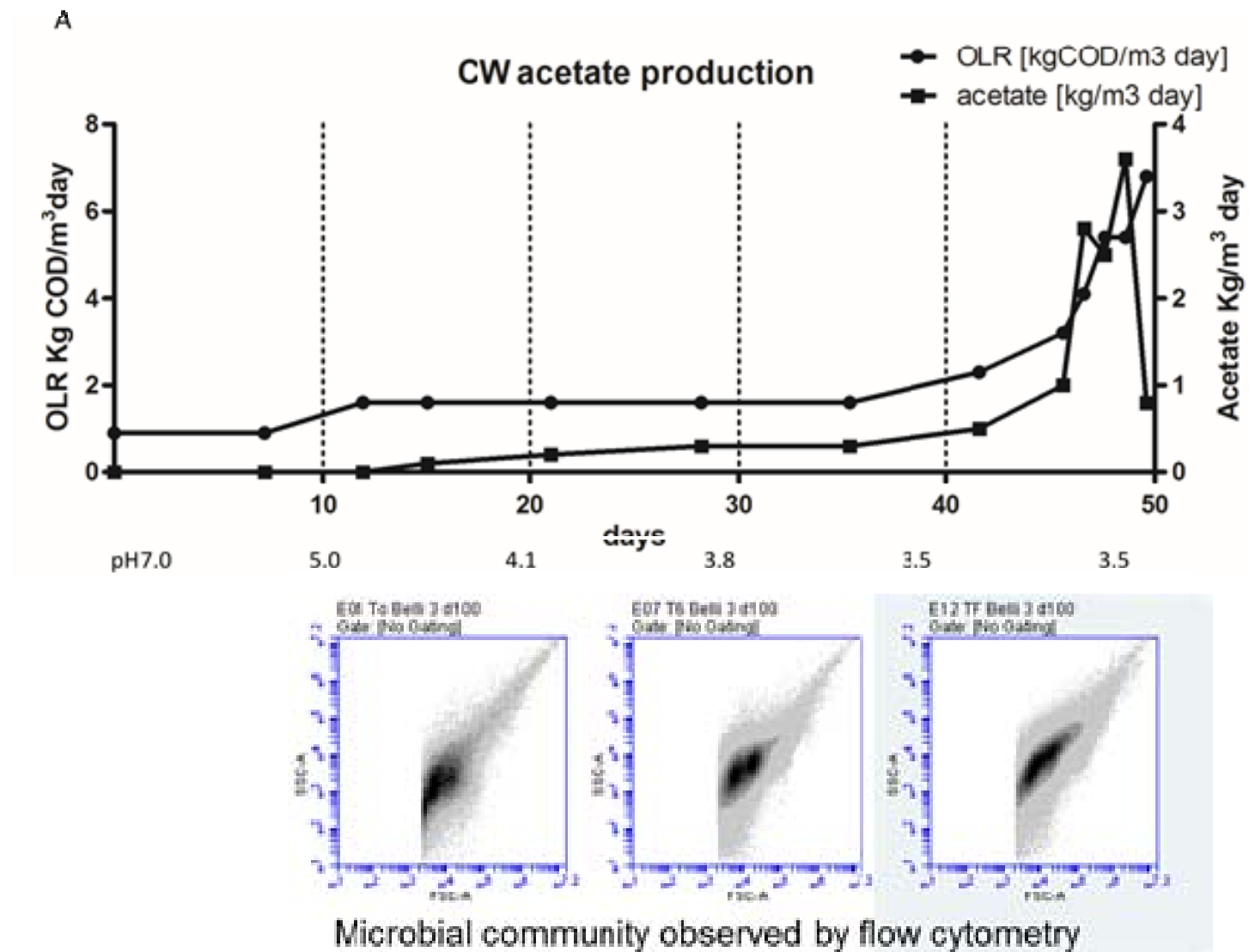
Einphasige Vergärung von Molke

| OLR $\frac{Kg\ COD/}{m^3\ d}$ | pH | Alkalinity mg/L | VFA mg/L | outflow COD mg/L |
|-------------------------------|---------|-----------------|---------------|------------------|
| 0,39 | 7,6-7,4 | 803 \pm 145 | 0 | 374 \pm 113 |
| 0,41 | 7,6-7,4 | 870 \pm 35 | 0 | 344 \pm 66 |
| 0,48 | 7,4-7,2 | - | - | - |
| 0,71 | 6,8-6,4 | 815 \pm 48 | 31 \pm 10 | 382 \pm 138 |
| 1,43 | 6,7-6,3 | 333 \pm 23 | 284 \pm 189 | 1224 |

ZWEIPHASIGE VERGÄRUNG



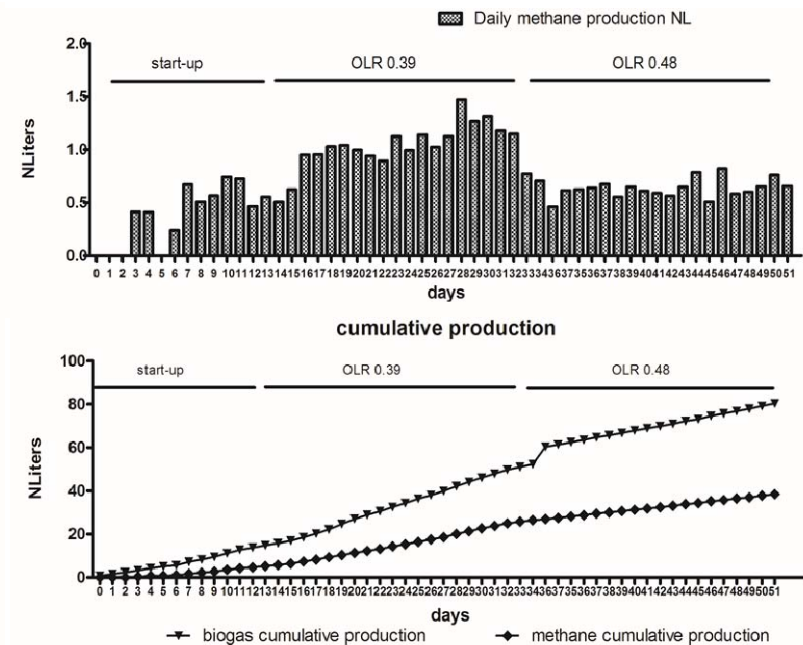
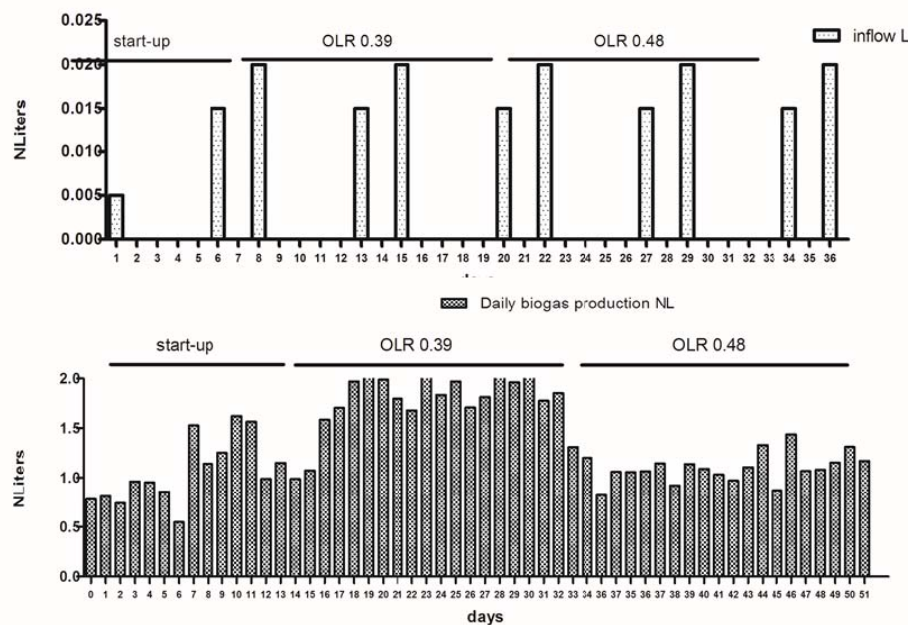
Zweiphasige Vergärung von Molke



Zweiphasige Vergärung von Molke

Methane production

| OLR $\frac{Kg\ COD}{m^3\ d}$ | $\frac{Nm^3}{m^3\ CW}$ | $\frac{Nm^3}{Ton\ COD}$ | $\frac{Nm^3}{Ton\ VS}$ |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0,39 | 27,1 | 369,3 | 932,4* |
| 0,48 | 17 | 232,4 | 586,8* |



Mikrobiologische Charakterisierung - Selektive Anreicherung

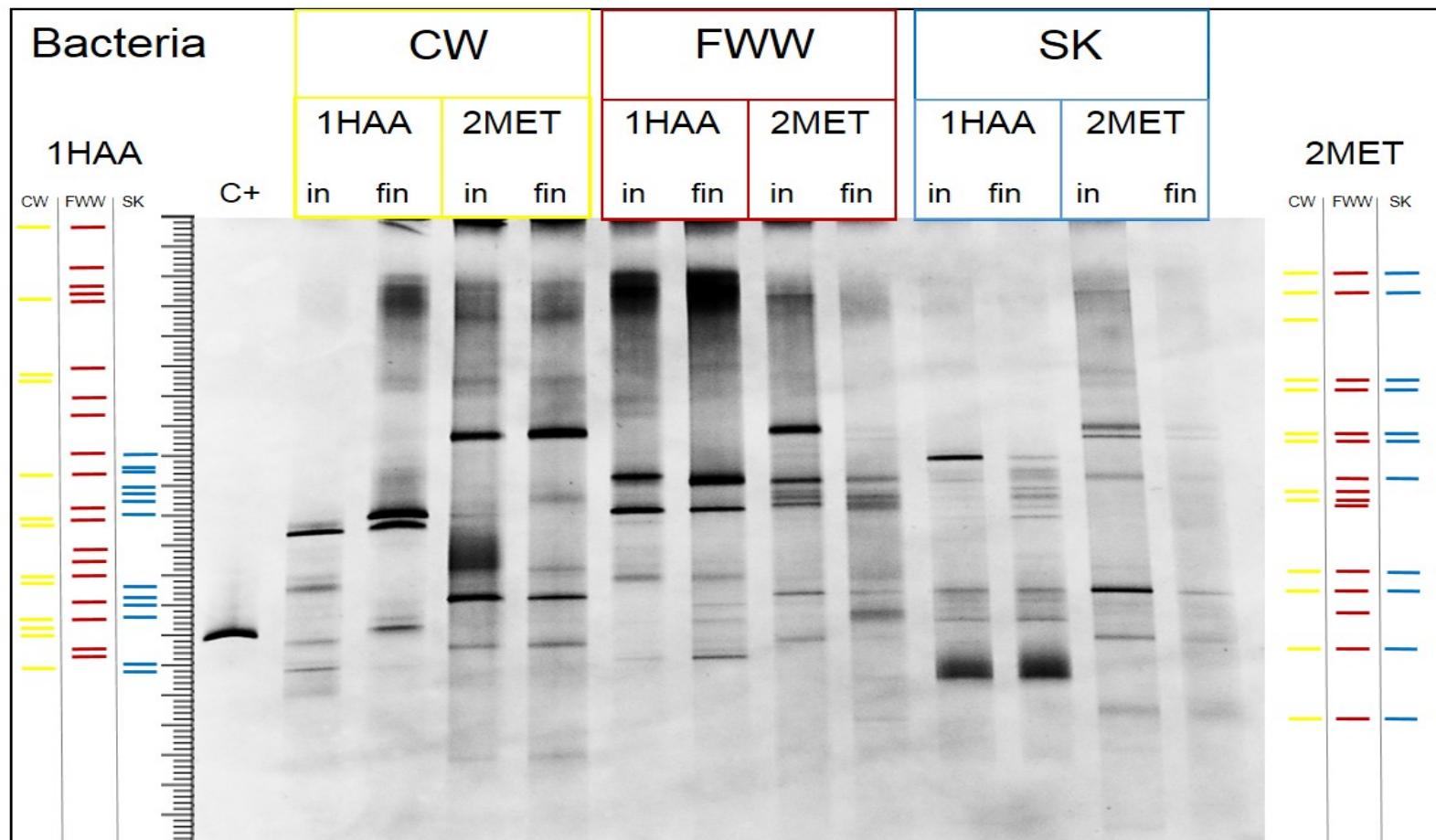
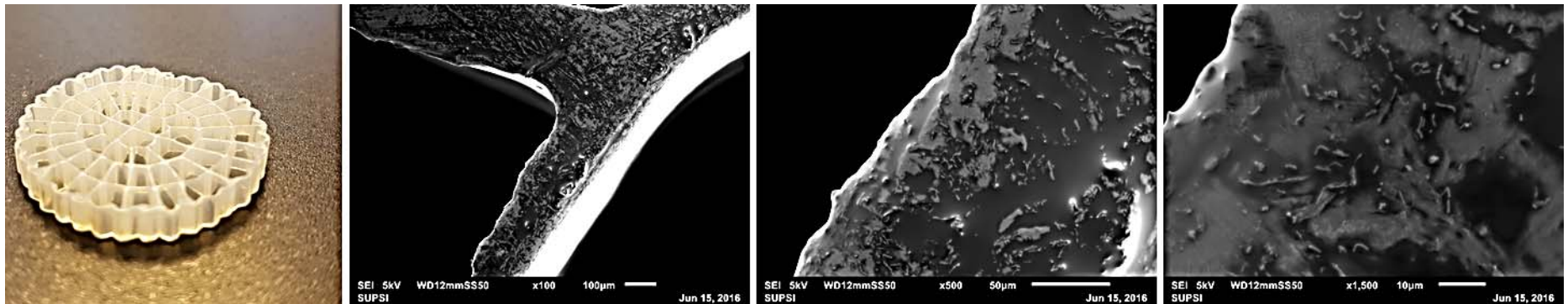


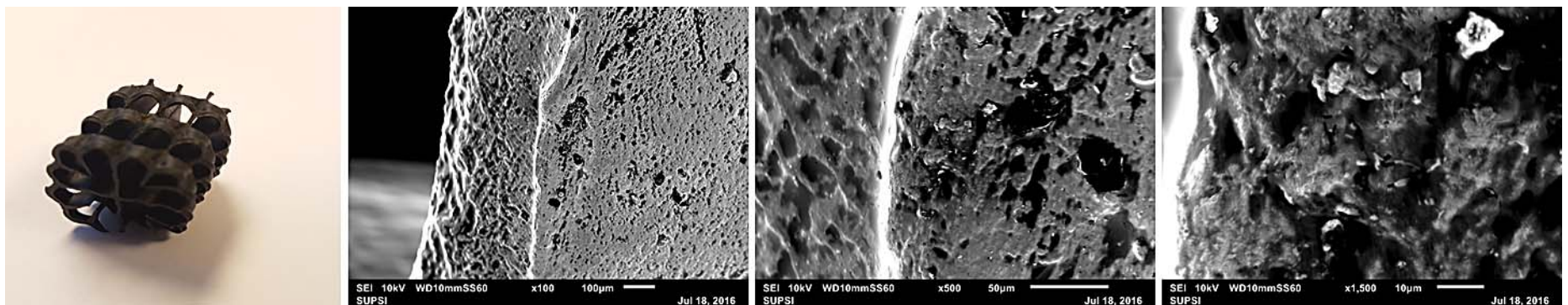
Bild: Denaturierungsgradientengelelektrophorese der zweistufigen Vergärung mit unterschiedlichen Substraten.

Bewuchs des Trägermaterials

- Träger Material 1

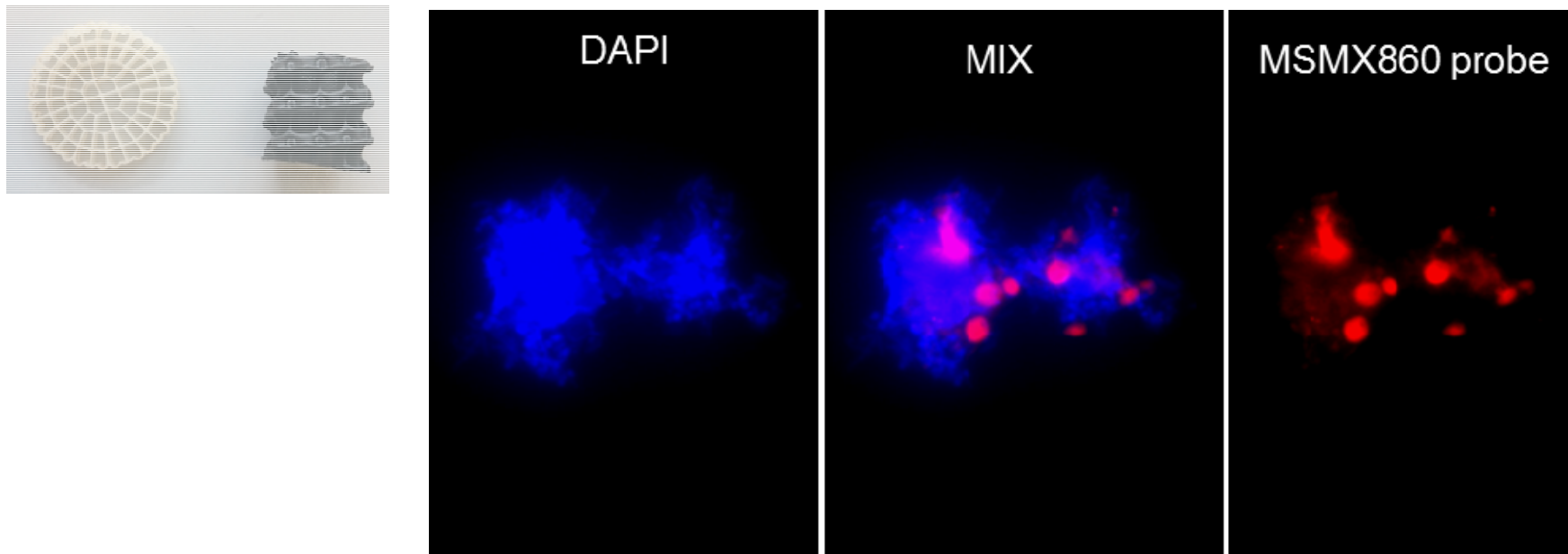


- Träger Material 2



Bilder aufgenommen mit Rasterelektronenmikroskop (REM)

Anreicherung auf dem Trägermaterial



Acetoclastic Methanosarcinaceae (probe MSMX860) □ FISH

DAPI: Alle Zellen (DNA) -> Blau
Texas Red Label: Methanosarcina

Vergleich des ein- und zweiphasigen Verfahrens



Vergleich der zwei getesteten Verfahren

| | Single stage reference | | | Two phase TANAIIS | |
|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|-------------------|-----------|
| | Methane yield | | | | |
| | OLR | Nm³/m³substrate | Nm³/T COD | Nm³/m³substrate | Nm³/T COD |
| Cheese whey CW | 0.39 | 10.9±0.9 | 175± 15 | 27.1 | 369.3 |
| Fermentation Wastewaters | 0.40 | 43,9 ± 6.2 | 274±39 | 16.6 | 23.9 |
| Soapstocks SK | 0.40 | 88,9 ± 16,4 | 82,1 ± 15,2 | 26.9 | |

Sulfide (H2S) Inhibition

Problem Hydrolyse

Sulfide (H₂S) Inhibition

Problem Hydrolyse

Schlussfolgerung

- Mikrobielle Spezialisierung konnte im zweistufigen Prozess erreicht werden;
- Je nach Substrat werden unterschiedliche Schlussfolgerungen gezogen:
 - Bei Molke ist eine Separation der Prozessschritte sinnvoll (>30% Erhöhung der Methanproduktion bei gleicher Beschickung);
 - Fermentationsabwasser und Nebenprodukt der Raffination wird ohne weiterführende Massnahmen keine erhöhte Ausbeute durch Separation der zwei Prozessphasen erwartet;

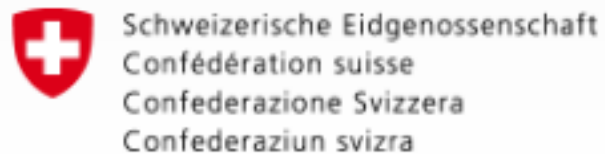
Braucht mehr Forschung



Ausblick

- Validieren der Laborresultate im Pilotmassstab (Molke);
- Optimierung des Reaktordesigns (im Speziellen der Methanproduktion);
- Ausarbeiten von Szenarios mit on-site Acetatproduktion in spezialisierten mono-substrat Reaktoren;

Die Forschung wurde unterstützt von:



Bundesamt für Energie BFE



Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

Projekt Team:

BET

Roger König, SUPSI

Pamela Principi, SUPSI

Marco Mattogno, SUPSI

LMA

Nicola Storelli, SUPSI