

Groene/Grüne Kaskade

AP 2.2 Grünschnitt



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

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



Inhalt

1. Projektüberblick

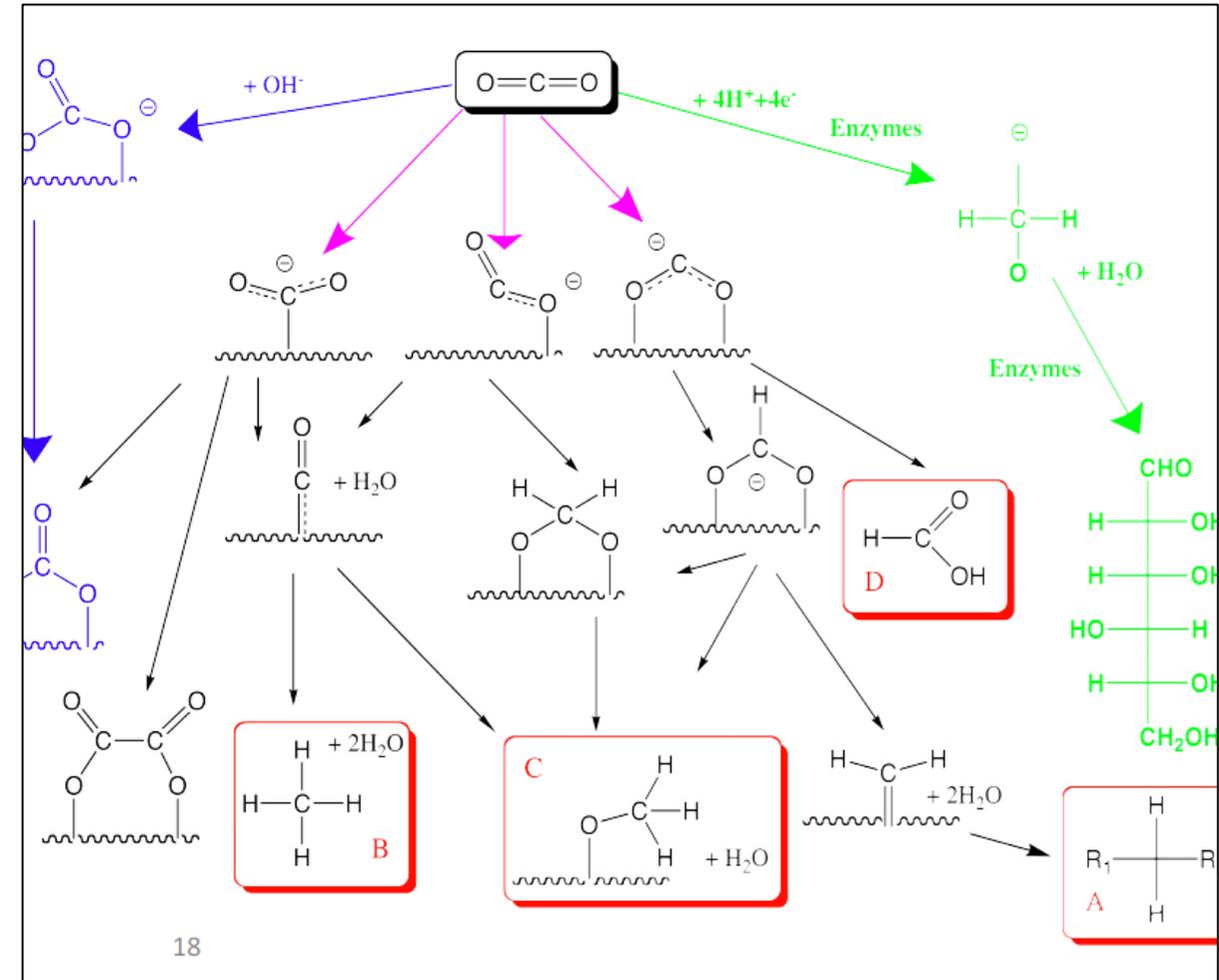
- Konzept
- Struktur

2. Projektbearbeitung

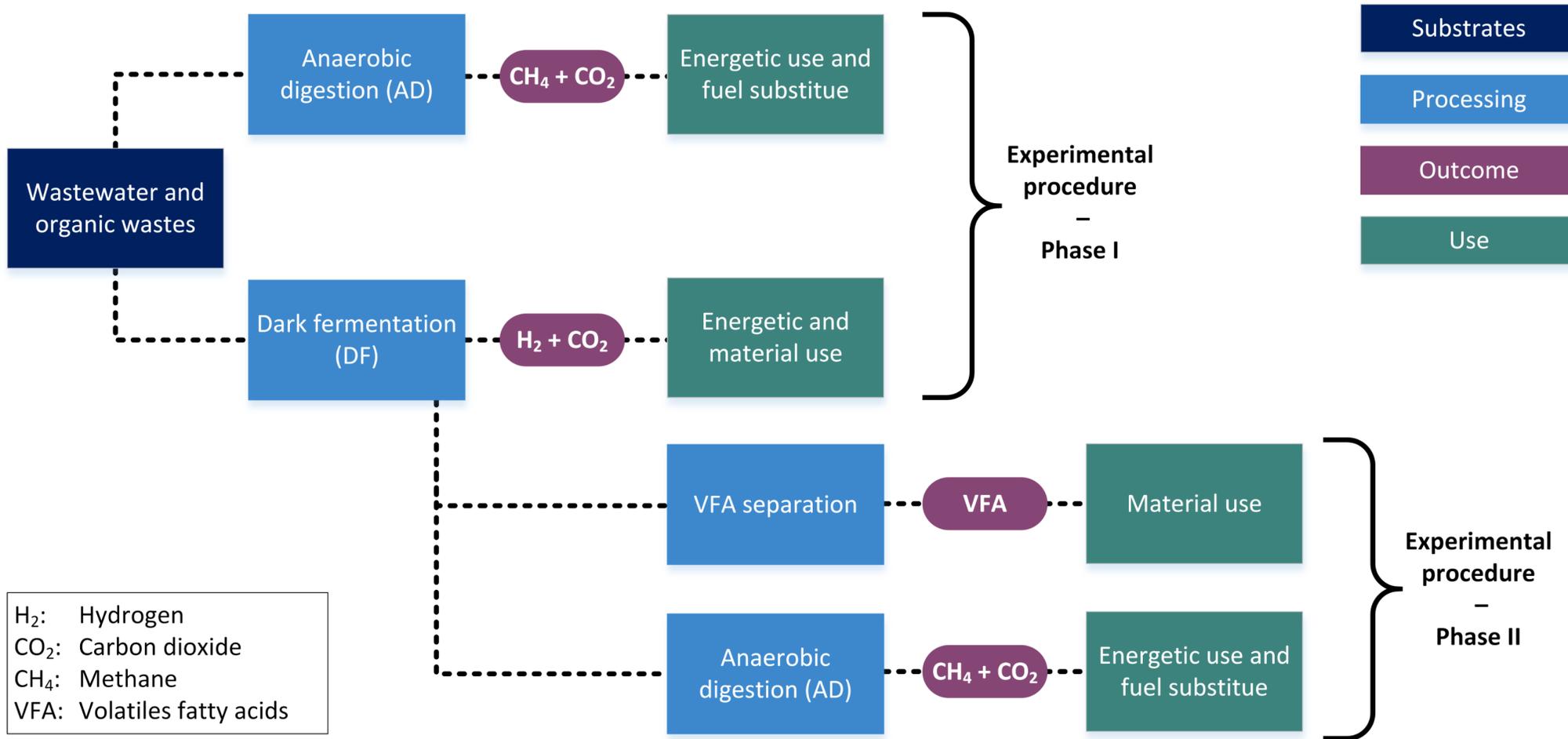
- P1: Reststoffdatenbank
- P2: Biogene Wasserstoffproduktion im Batch- und kontinuierlichen Verfahren

3. Weiteres Vorgehen

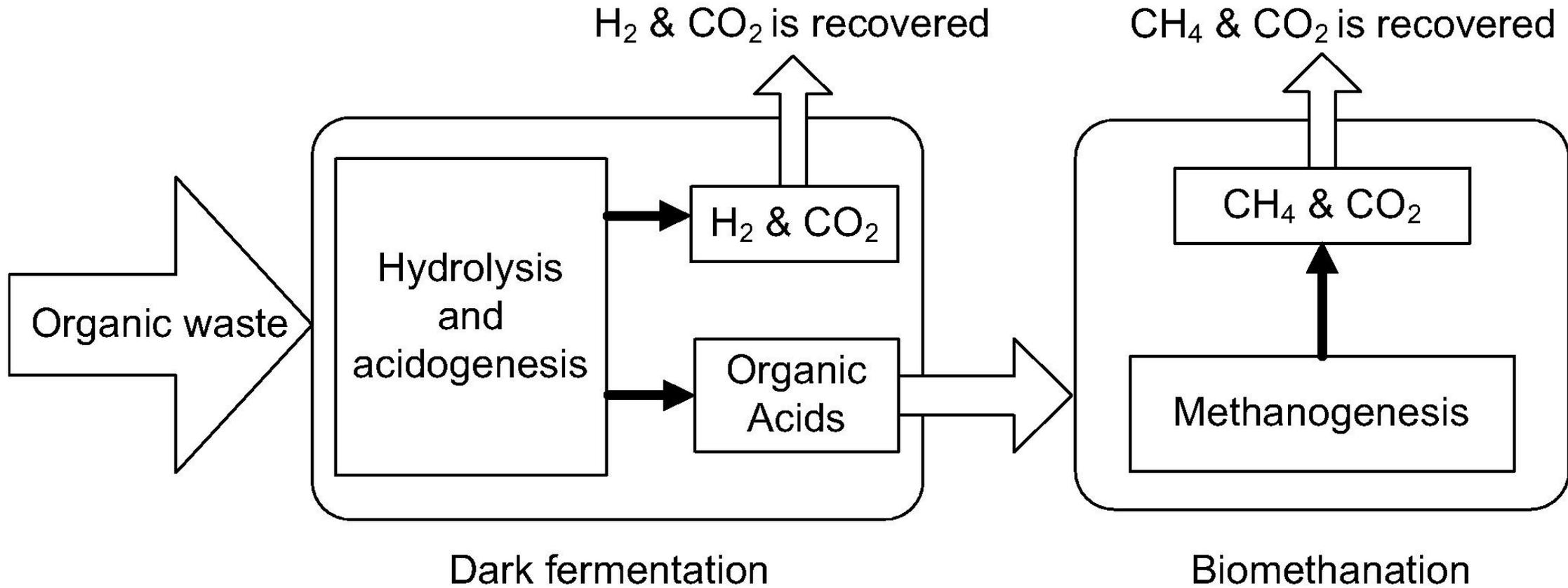
4. Veröffentlichungen



Konzept

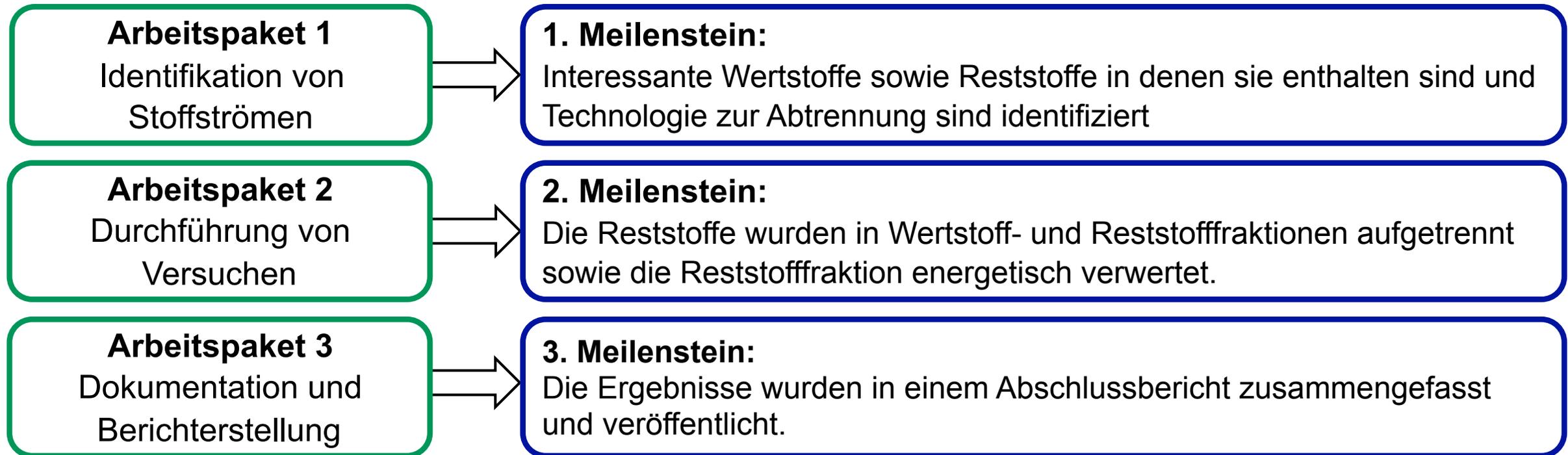


Konzept



1. Projektüberblick

Projektstruktur



2. Projektbearbeitung

P1: Reststoffdatenbank

- 40 Abwasser- und Reststoffströme erfasst
- Charakterisierung durch Erfassung systemrelevanter Parameter
- Erstellung von Steckbriefen
- 12 von 40 Abwässern wurden für Versuche ausgewählt
- **Ziel der Batch-Versuche:**
 - Bestimmung der stofflichen Nutzungspotentiale

Textilfabrik - Abwasser nach Entschlichtung (Stärkehaltig)

Allgemeine Informationen

Eigenschaften	Einheit
Firma	[-]
Adresse	[-]
Ansprechpartner	[-]
Kontakt	[-]

Wirtschaftlichkeit

Eigenschaften	Aussagen/Werte	Einheit
Verfügbarkeit Abwasser	129,000	[m³/a]
Preis Abwasser	3.00	[€/m³]
Wasserverbrauch	210,000	[m³/a]
Stromverbrauch	2,062,202	[kWh/a]
Erdgasverbrauch	24,200,276	[l/a]

Abwassereigenschaften

Eigenschaften	Aussagen/Werte	Einheit
Trockenrückstand	1.66	[Gew.-%]
Org. Trockenrückstand	84.62	[Gew.-%]
Chemischer Sauerstoffbedarf	18,304	[mg/l]
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB5)	11,330	[mg/l]
BSB5/CSB	0.62	[-]
Zuckergehalt (Schnelltest)	650	[mg/l]
Gesamtbewertung	6.7	[1-10]

Foto der Probe (links) und Foto der Zuckermessung (rechts)



Substratbewertung

Gute Verfügbarkeit des Abwassers. Angemessene hohe Tr/oTR-Gehalte und erhöhte CSB-Werte. Gutes Verhältnis vom CSB zu BSB5.

Wasserstoffversuche

Batch-Versuchsreihe → Versuchsplan

Temperatur	Inokulum	Konzentration	Top 12 Abwasserproben für H ₂ -Versuche											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40 °C	Gärrest+Faulschlamm	niedrig	2018-10-17			KW 42			2018-12-12			KW 50		
	Gärrest+Faulschlamm	hoch	2018-10-24			KW 43			2018-12-19			KW 51		
	Pellets	niedrig	2018-10-31			KW 44			2018-12-26			KW 52		
	Pellets	hoch	2018-11-07			KW 45			2019-01-02			KW 1		
55 °C	Gärrest+Faulschlamm	niedrig	2018-11-14			KW 46			2019-01-09			KW 2		
	Gärrest+Faulschlamm	hoch	2018-11-21			KW 47			2019-01-16			KW 3		
	Pellets	niedrig	2018-11-28			KW 48			2019-01-23			KW 4		
	Pellets	hoch	2018-12-05			KW 49			2019-01-30			KW 5		

- Versuchs-Parameter:

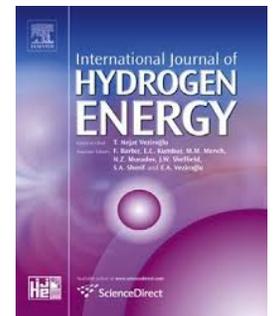
- Temperatur (T = 40 °C, T = 55 °C)
- Inokulum (Gärrest + Faulschlamm, Pelletschlamm)
- Konzentration (2,4 g_{oTR}/l, 4,8 g_{oTR}/l)
- 12 Abwasserproben

- Versuchs-Bedingungen:

- pH = 7, Inokulum: 80 °C, 2 h
- C/N = 250, C/P = 1250
- Redox = -200 mV (L-Cysteine Lsg.)
- Spurenelemente (mg/kg_{FM}):
 - Co: 0,06–0,5 Mo: 0,08-0,5
 - Mn: 0,05–50 Se: 0,01-0,12

Ergebnisse der Batchversuche

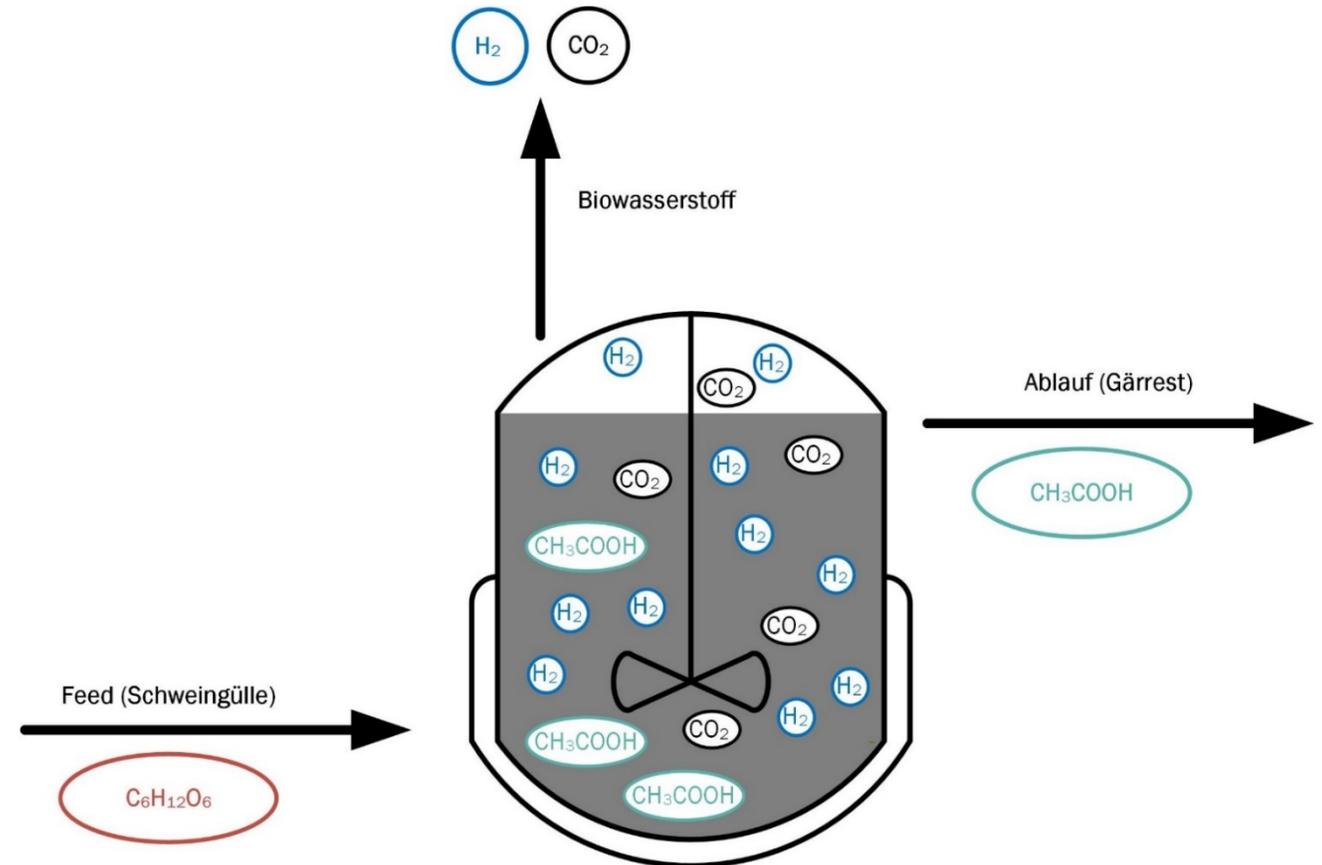
- 6 von 12 untersuchten organischen Reststoffen und Abwässern sind besser zur H₂- als zur Biogaserzeugung geeignet
- Thermophile Bedingungen führten zu höheren Wasserstoffausbeuten als mesophile
- Granulierter Schlamm ist als Mischkultur zur H₂-Erzeugung aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Reststoffen sowie Reststoffen aus der Milchindustrie einsetzbar
- H₂-Erträge von 90 bis 160 I_N/kg_{ODM} (Mittelwert) aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abfällen
- Maximale H₂-Ausbeute von 199 bis 291 I_N/kg_{ODM} aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abfällen
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319919327168?dgcid=author>
- <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.140>



P2: Biogene Wasserstoffproduktion

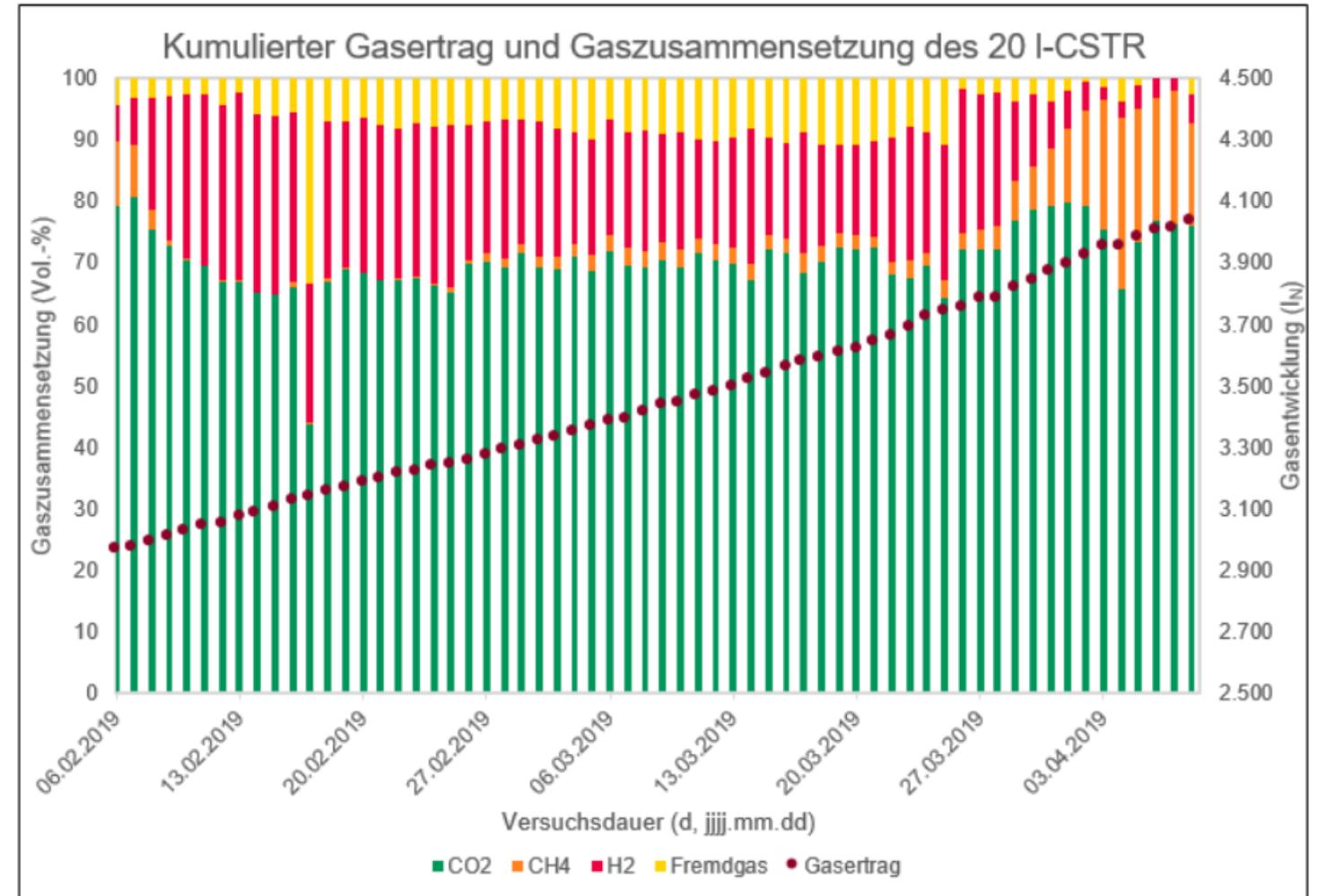
Kontinuierliche Versuche

- Es wurden 3 Fermenter zur Wasserstofferzeugung 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



Kontinuierliche Versuche

- Maximaler H₂-Gehalt **von 35 Vol.-%**
- $\eta_{\text{CSB}} = 30 - 50 \%$
- Stabiler Prozessverlauf ohne aktive pH-Wertanpassung
- Wasserstoffbildungsraten:
0,1-0,3 m³_{H2}/m³_{Reaktor}/d
- Seit kurzem Methanbildung

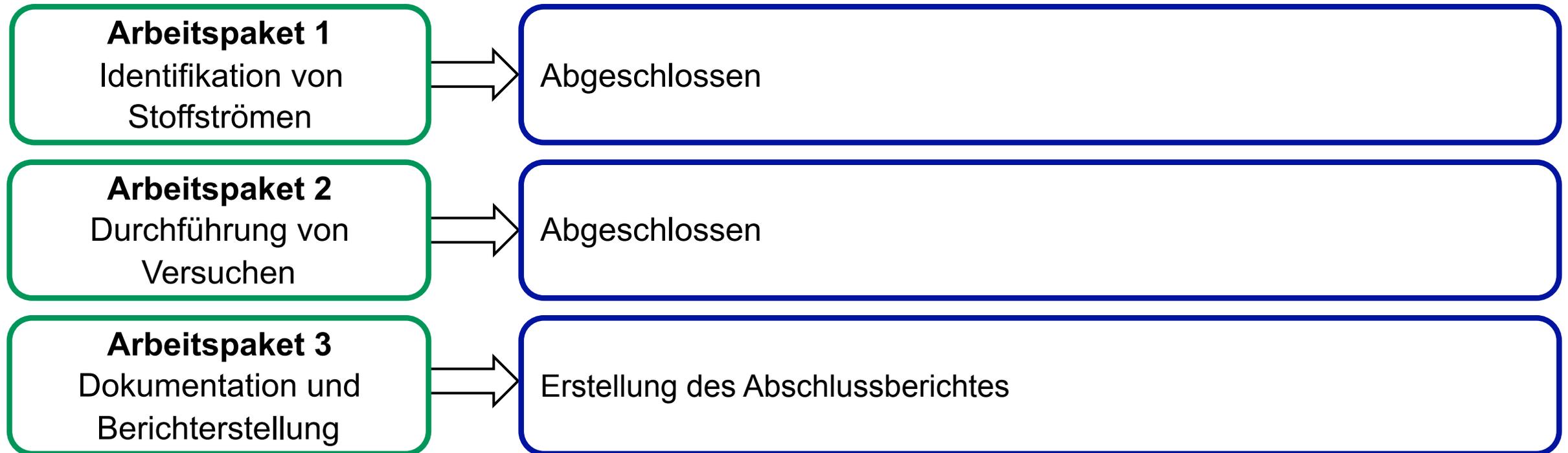


Kontinuierliche Versuche

- Der Einsatz von Gülle wirkt sich pH-Wert stabilisierend auf den Prozess aus
 - Gülle führt zu zusätzlichem Austreiben von CO_2 → geringere Wasserstoffgehalte
 - Auf den Einsatz von NaOH konnte verzichtet werden
 - Methanbildung wurde teilweise beobachtet:
 - Methanbildner über Gülle im System
 - Schwankungen im pH-Wert ermöglichen überleben der Methanbildner
- Verwendung von Gülle kombiniert mit pH-Wert Anpassungen durch NaOH als Kompromiss
- Weitere Tests notwendig

3. Weiteres Vorgehen

Weiteres Vorgehen



4. Öffentlichkeitsarbeit

- Pressemitteilung der FH Münster (25.06.2019)
Die Mitteilung wurde des Weiteren veröffentlicht von:
 - Zeitung für kommunale Wirtschaft (25.06.2019),
<https://www.zfk.de/entsorgung/abfallwirtschaft/artikel/wie-mikroorganismen-zur-energiewende-beitragen-2019-06-25/>
 - Ee-new.ch (Newsplattform für erneuerbare Energien (20.07.2019),
<https://www.ee-news.ch/de/article/41568/grune-kaskade-projekte-grunschnitt-und-methanisierung-wie-mikroorganismen-zur-energiewende-beitragen>
 - Westfälische Nachrichten Steinfurt
 - Münstersche Zeitung (13.07.2019)
 - i-Magazin/eCarAndBike (19.07.2019), <https://ecarandbike.com/wie-mikroorganismen-zur-energiewende-beitragen/>
 - greenBuilding (Juli/August Ausgabe, Seite 24, ISSN: 1886-8151)
- KTBL/FNR-KONGRESS am 09. und 10.9.2019 in Leipzig (Poster und Tagungsbeitrag)
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/>
- <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.140>

Groene/Grüne Kaskade

AP 2.2 Grünschnitt



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

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

