

# Groene/Grüne Kaskade

AP 2.2 Grünschnitt



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

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



Quality of Life



# Inhalt

## 1. Projektüberblick

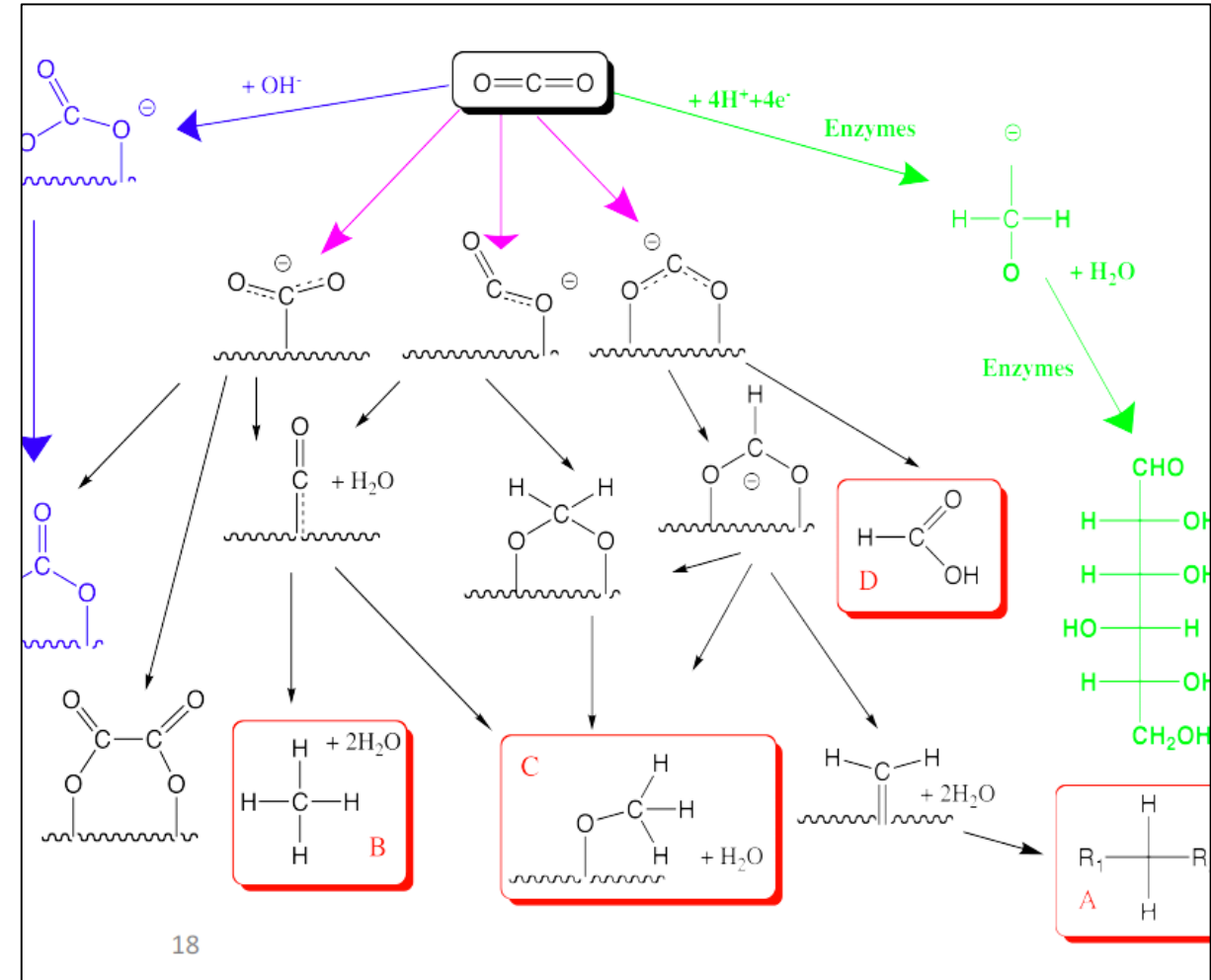
- Konzept
- Struktur

## 2. Projektaktivitäten

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

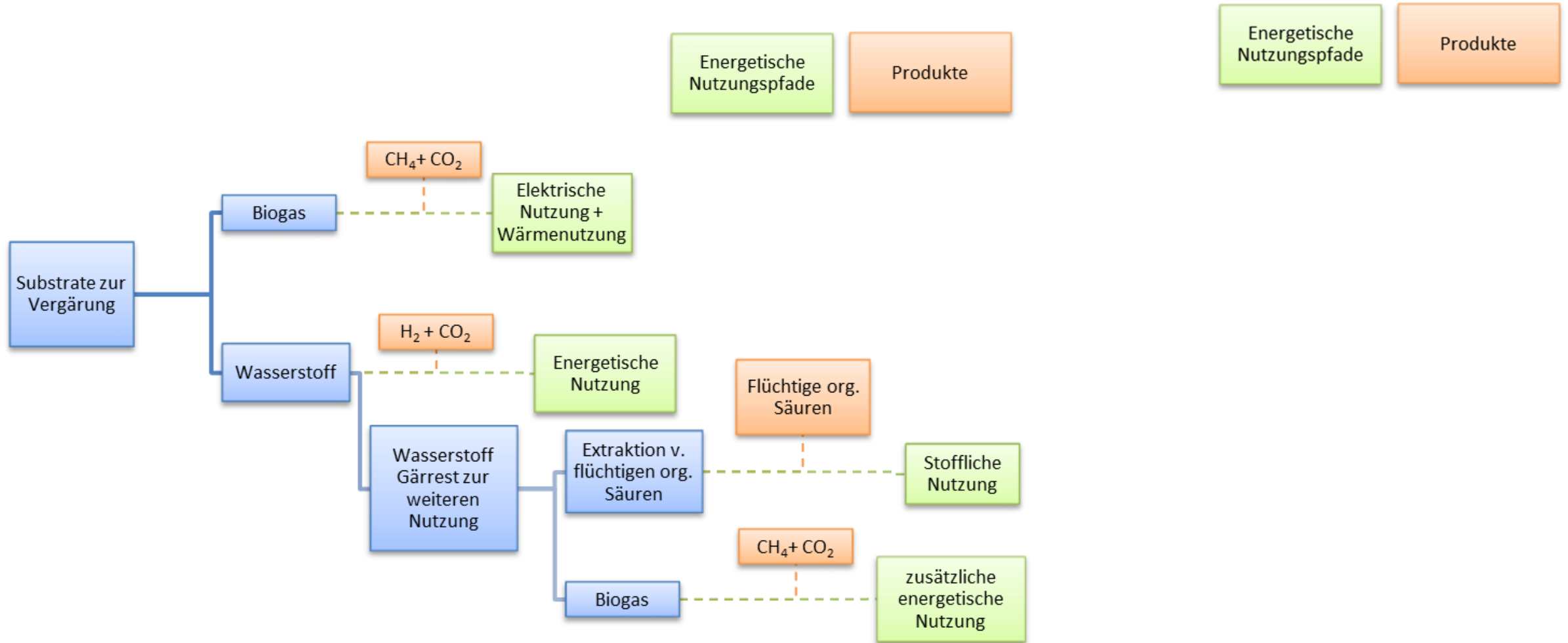
## 3. Weiteres Vorgehen

## 4. Veröffentlichungen



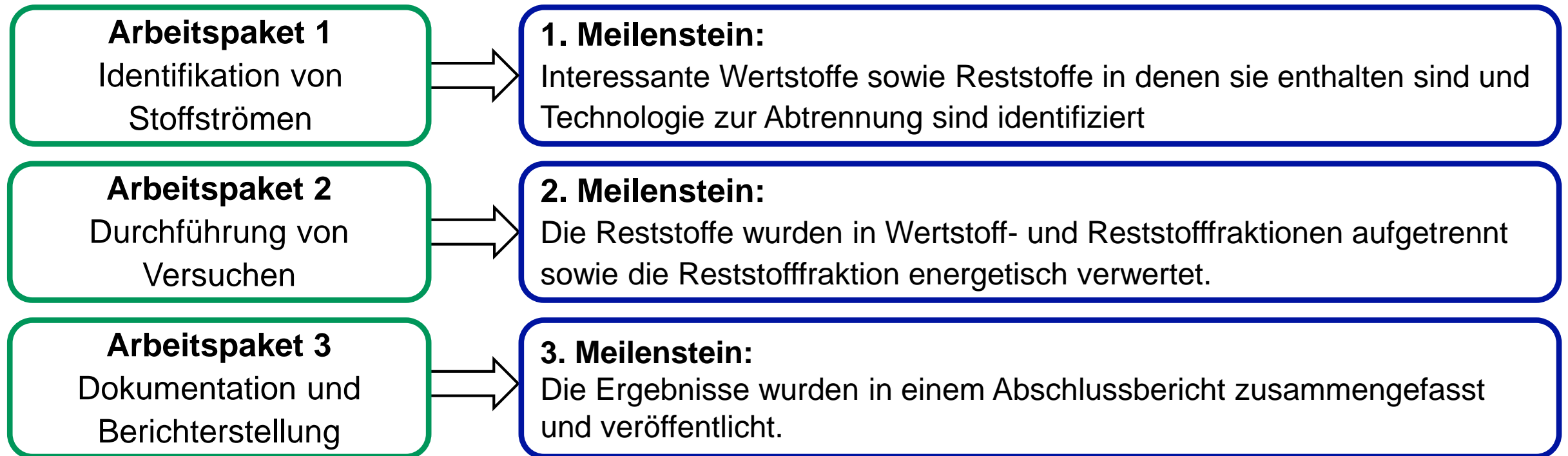
# 1. Projektüberblick

## Konzept



# 1. Projektüberblick

## Projektstruktur



# 2. Projektaktivitäten

## P1: Reststoffdatenbank

- 41 Abwasser- und Reststoffströme erfasst
- Inventarisierung und Bewertung abgeschlossen
- Steckbriefe wurden erstellt
- 12 von 41 Abwässern wurden für Versuche ausgewählt
- Ziel der Batch-Versuche:
  - Eignung der Reststoffe zur Wasserstofferzeugung
  - Energetische Potentiale ermitteln

### 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.

# P2: Biogene Wasserstoffproduktion

## Ergebnisse der Batchversuche

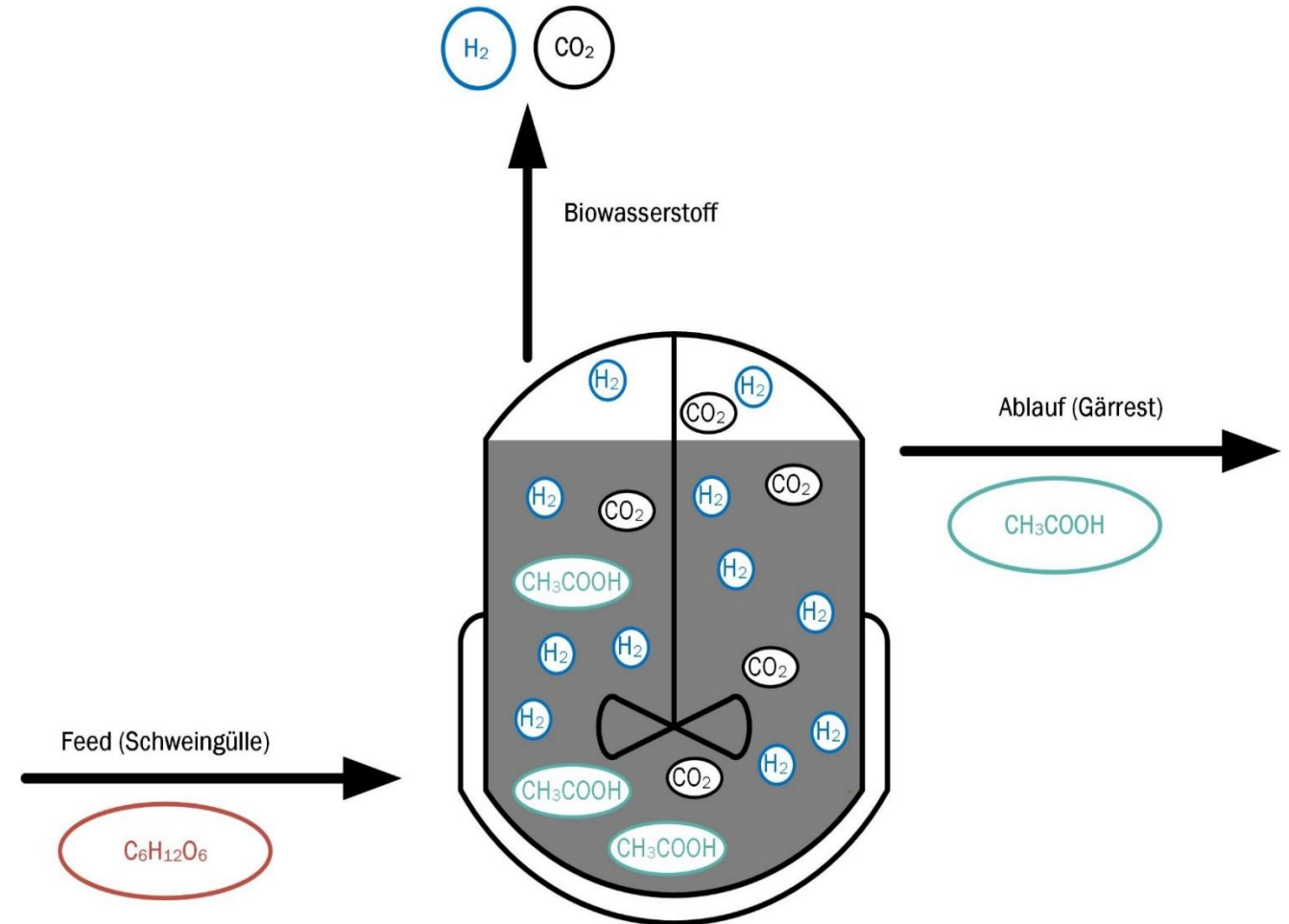
- 6 von 12 untersuchten organischen Reststoffen und Abwässern sind besser zur H<sub>2</sub>- als zur Biogaserzeugung geeignet
- Thermophile Bedingungen führten zu höheren Wasserstoffausbeuten als mesophile
- Granulierter Schlamm ist als Mischkultur zur H<sub>2</sub>-Erzeugung aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Reststoffen sowie Reststoffen aus der Milchindustrie einsetzbar
- H<sub>2</sub>-Erträge von 90 bis 160 I<sub>N</sub>/kg<sub>oDM</sub> (Mittelwert) aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abfällen
- Maximale H<sub>2</sub>-Ausbeute von 199 bis 291 I<sub>N</sub>/kg<sub>oDM</sub> aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abfällen



# P2: 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





# P2: Biogene Wasserstoffproduktion

## Kontinuierliche Versuche

### Reaktor 4 Gärrest

- Maximaler H<sub>2</sub>-Gehalt von **35 Vol.-%**
- $\eta_{\text{CSB}} = 30 - 50 \%$
- Stabiler Prozessverlauf ohne aktive pH-Wertanpassung
- Wasserstoffbildungsraten:  
**0,1-0,3 m<sup>3</sup><sub>H2</sub>/m<sup>3</sup><sub>Reaktor</sub>/d**
- Seit kurzem Methanbildung





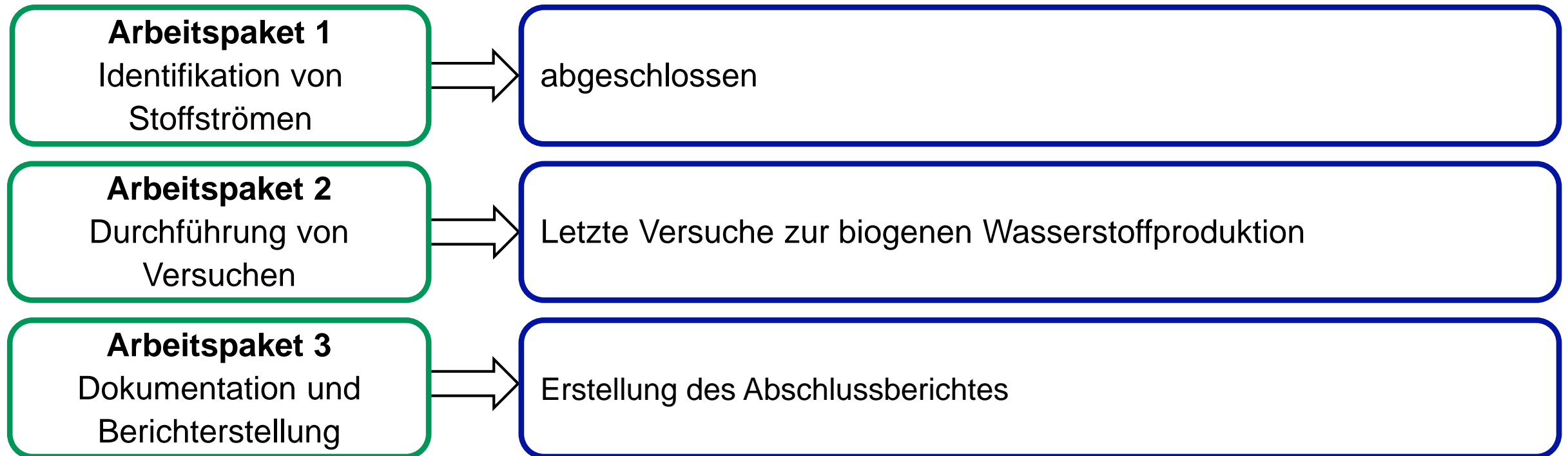
# P2: Biogene Wasserstoffproduktion

## Kontinuierliche Versuche

- Der Einsatz von Gülle wirkt sich pH-Wert stabilisierend auf den Prozess aus
  - Gülle führt zu zusätzlichem Austreiben von CO<sub>2</sub> → 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

- Paper „Applicability of industrial wastewaters for biohydrogen production via dark fermentation and post-treatment for methane and volatile organic acids production“ eingereicht bei dem International Journal of Hydrogen Energy (Stand Mai 2019)
- KTBL/FNR-KONGRESS am 09. und 10.9.2019 in Leipzig (Poster und Tagungsbeitrag eingereicht)  
[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/>
- Geplant für 2019: Veröffentlichung von Ergebnissen der kontinuierlichen Wasserstoffproduktion in dem Journal Chemical Engineering & Technology

# Groene/Grüne Kaskade

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

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