



Biowasserstoff aus Biomassefeststoffen

Statuskonferenz Bioenergie
21.11.2025

Juliana Rolf, M.Eng.
Sören Kamphus, M.Sc.
Prof. Dr.-Ing. Elmar Brüggling

Stegerwaldstr. 39
D-48565 Steinfurt

+49 (0)163 6644226

juliana.rolf@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de



Inhalt

1. Vorstellung Forschungsteam Prof. Brüggling und Prof. Wetter
2. Verfahren zur Biowasserstofferzeugung
3. Abwasser- und Reststoffströme zur H₂-Erzeugung
 - Vorherige Forschungsprojekte BioTechH₂ und HyTech
4. Neues Forschungsprojekt SolidScore
5. Fazit und Ausblick

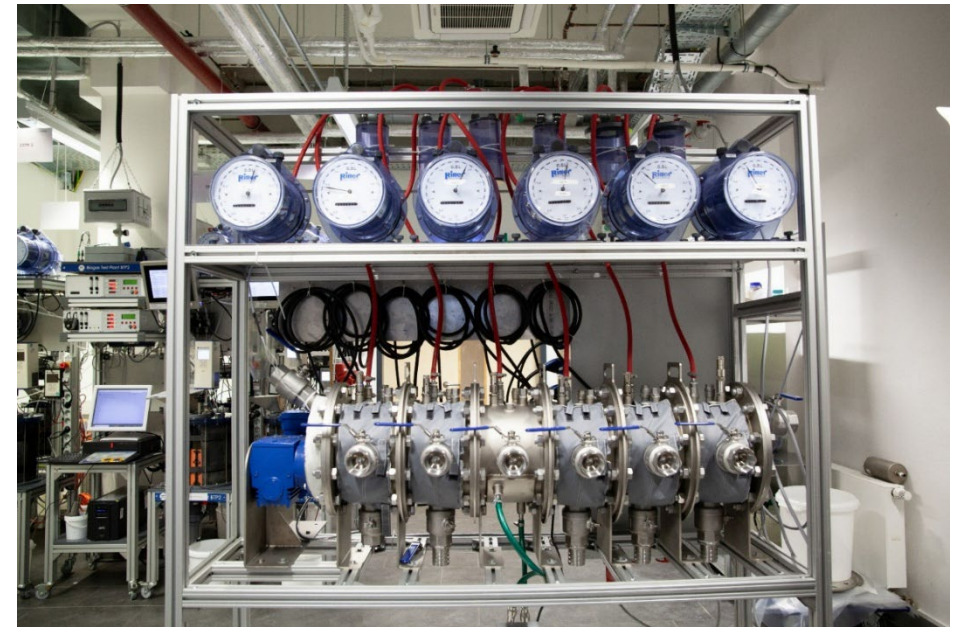


Abb. 1: Plug-Flow-Reaktor FH Münster

Forschungsteam

Prof. Dr.-Ing. Brüggling & Prof. Dr.-Ing. Wetter

Derzeit 40 Mitarbeiter

25 Wissenschaftliche
Mitarbeiter*innen
5 Verwaltungsangestellte
10 wissenschaftliche
Hilfskräfte

Drei Arbeitsgruppen

Seit mehr als 25 Jahren teil
der Institute IEP und IWARU
mit insgesamt ca. 200
erfolgreich durchgeführten
F&E Projekten



Abb. 2: Forschungsteam Prof. Brüggling und Prof. Wetter

Arbeitsgruppen des Forschungsteams

Prof. Dr.-Ing. Brüggling & Prof. Dr.-Ing. Wetter

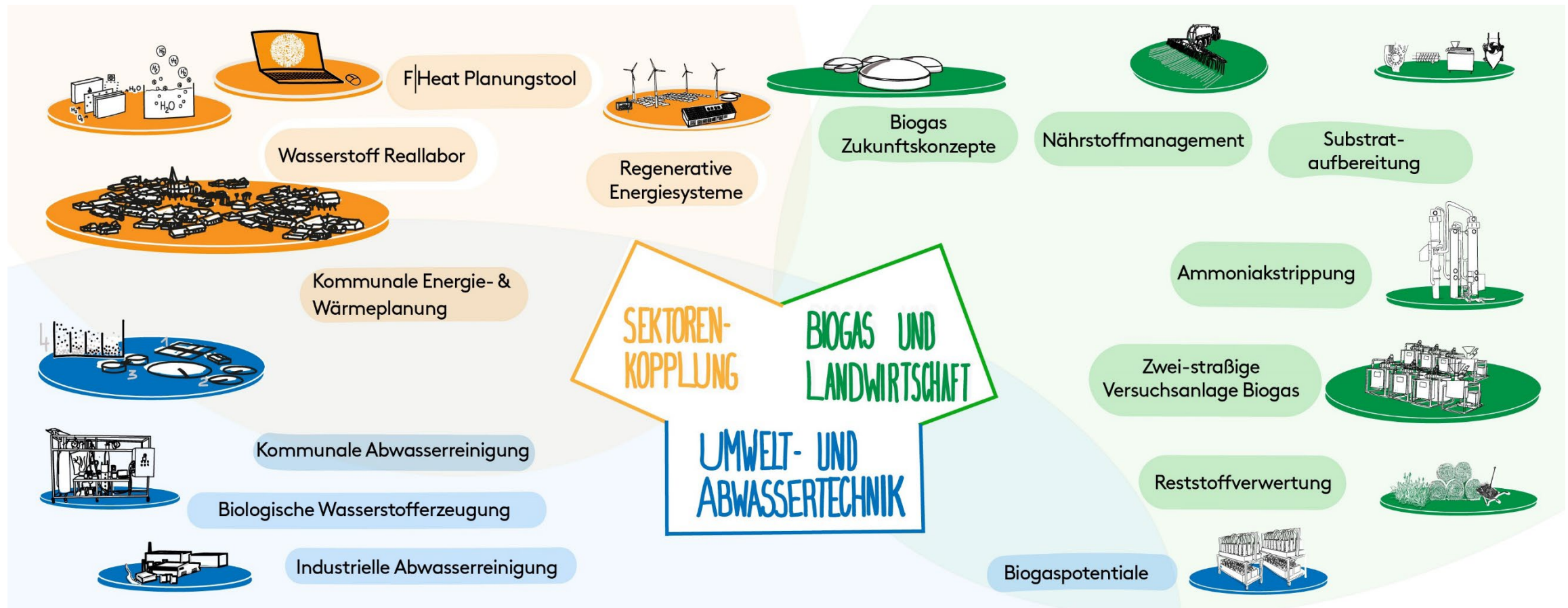


Abb. 3: Arbeitsgruppen des Forschungsteams Prof. Brüggling und Prof. Wetter

Verfahren zur Wasserstoffherzeugung

2 stufiges-System

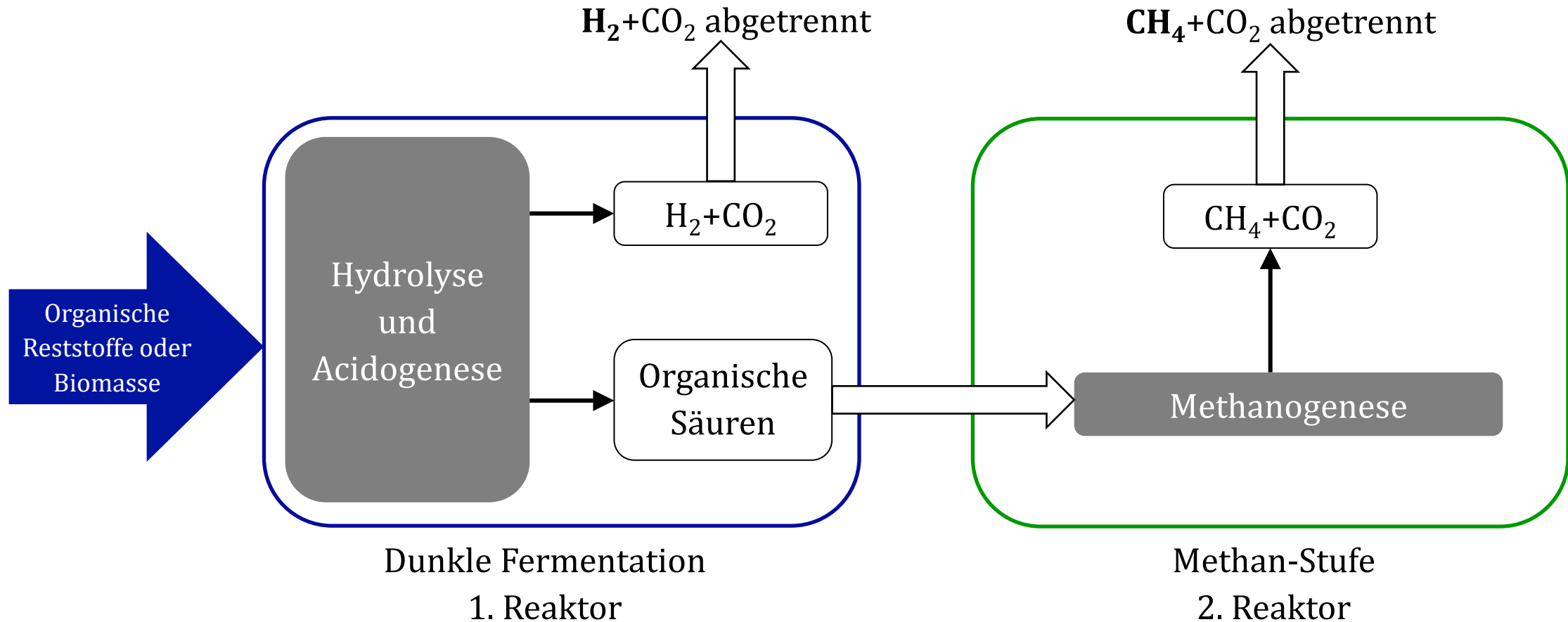


Abb. 4: Verfahren zur biologischen Wasserstoffherzeugung

Abwasser- und Reststoffströme zur H₂-Erzeugung

BioTechH₂ - Wasserstofftechnologien Batchversuche

Beschreibung:

- Batchversuche in 1 l Substratflaschen
- Untersuchung von verschiedenen Abwässern aus der Lebensmittelindustrie auf deren Wasserstoffpotenzial

Ergebnisse:

- Wasserstofferträge von 90 bis 160 l_N/kg_{oTR} (Mittelwert) aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abwässern erreicht
- 35 - 50 Vol.-% H₂ im Gasgemisch

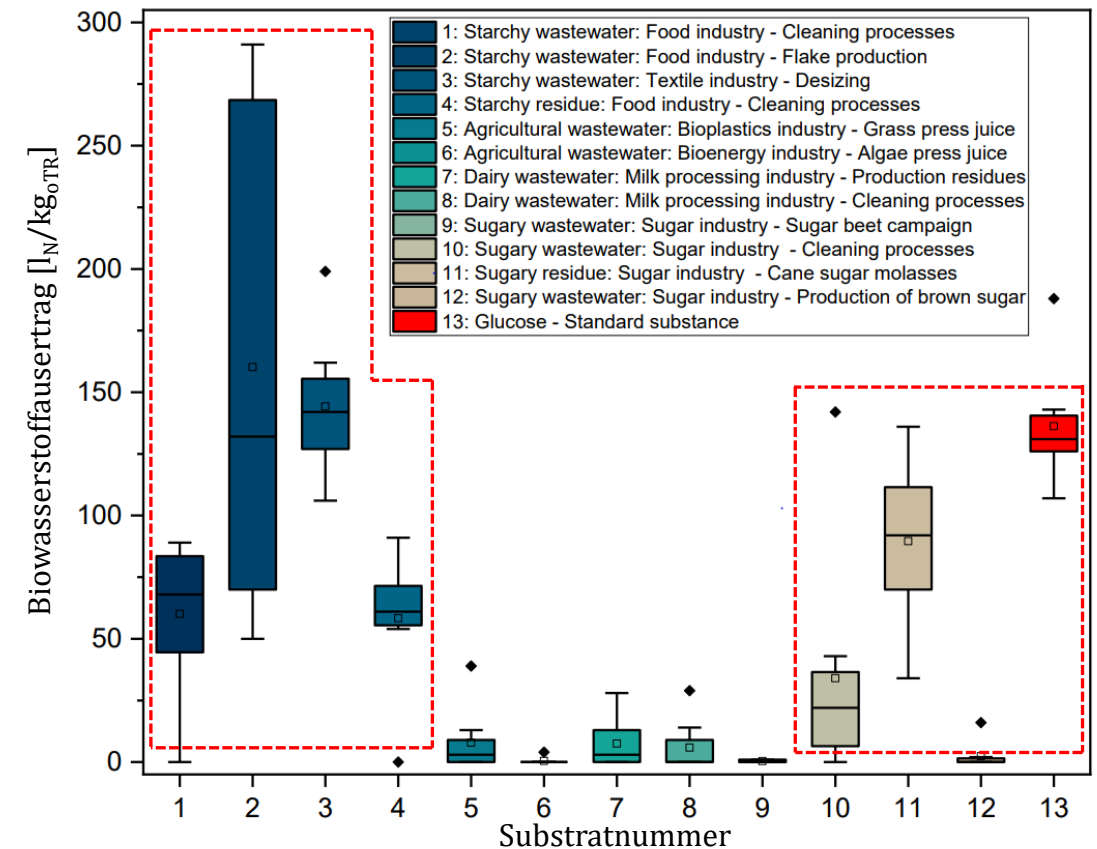


Abb. 5: Ergebnisse aus Batchversuchen im Projekt BioTechH₂

Use of organic waste for biohydrogen production and volatile fatty acids via dark fermentation and further processing to methane
Tobias Weide et al. – July 2019 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.140>

Abwasser- und Reststoffströme zur H₂-Erzeugung

HyTech – Kontinuierliche und biologische H₂-Erzeugung

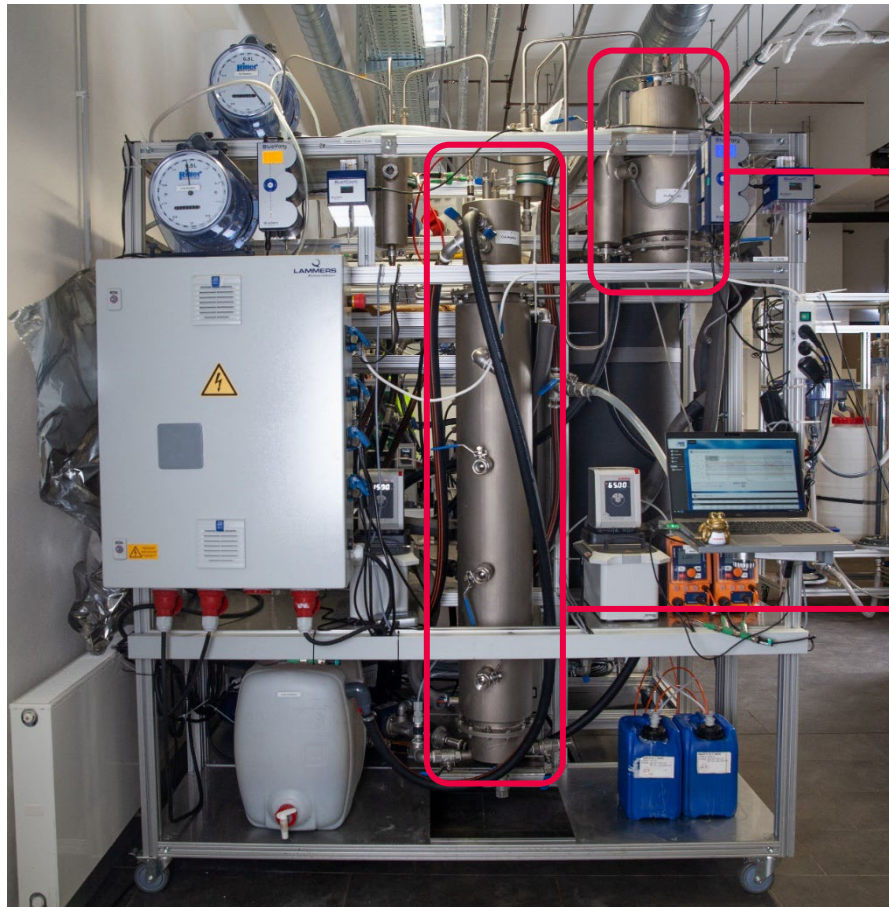


Abb. 6: Versuchsanlage im Projekt HyTech

Ziele des Projektes:

- Untersuchung neuer Reaktordesigns
- Prozessstabilität und hohe Ausbeuten durch Variation der Prozessparameter

Reaktortyp:

- Festbettreaktor mit Kunststoffpackung
- **Continuous Stirred Tank Reaktor (CSTR)** mit Sedimentationsbecken

Prozessparameter:

1. Zulaufmenge (HRT)
2. Rezirkulationsgeschwindigkeit
3. Temperaturbereich

Abwasser- und Reststoffströme zur H₂-Erzeugung

HyTech – Kontinuierliche und biologische H₂-Erzeugung

Tab. 1: Vergleich der Reaktortypen bei einer Verweilzeit von 18 h

Reaktortyp	CSTR + Sedimentationsbecken	Festbettreaktor
H ₂ -Ertrag	1,6 m ³ H ₂ /m ³ Abwasser	1,0 m ³ H ₂ /m ³ Abwasser
H ₂ -Gehalt	40 Vol.-%	37 Vol.-%
CH ₄ -Ertrag	5,5 m ³ CH ₄ /m ³ Abwasser	5,1 m ³ CH ₄ /m ³ Abwasser
CH ₄ -Gehalt	60 Vol.-%	60 Vol.-%
Abbau Organik (CSB)	92 %	90 %

CSTR + Sedimentationsbecken:

1. Stufe: Rührkessel + Sedimentationsbecken
2. Stufe: EGSB-Reaktor

Festbettreaktor:

1. Stufe: Festbettreaktor
2. Stufe: EGSB-Reaktor

Neues Forschungsprojekt

SolidScore – Biologische H₂-Erzeugung aus Biomassefeststoffen

Zielsetzung:

- Weiterentwicklung und Optimierung der dunklen Fermentation
- Durchführung eines Life Cycle Assessments des Verfahrens
- Erweiterung des nutzbaren Reststoffspektrums auf Biomassefeststoffe
- Integration der dunklen Fermentation in bestehende Verwertungswege
- Energetische Nutzung von ungenutzten Reststoffen

Projektlaufzeit: 07/2023 - 06/2026

Fördermittelgeber: BMWK

Projektpartner:



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Aufbau des Forschungsprojektes SolidScore

SolidScore – Biologische H₂-Erzeugung aus Biomassefeststoffen

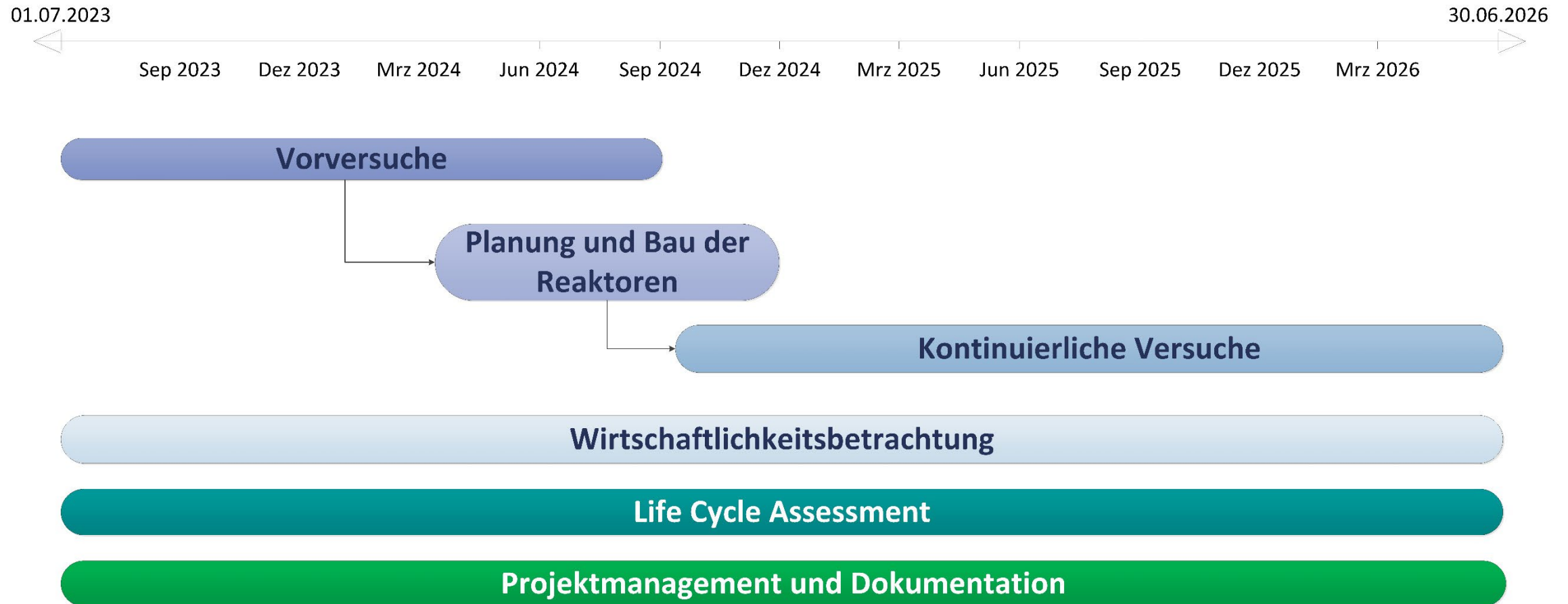


Abb. 7: Projektverlaufsplan SolidScore

Bestimmung des Wasserstoffpotentials

SolidScore – Batchversuche (Vorversuche)

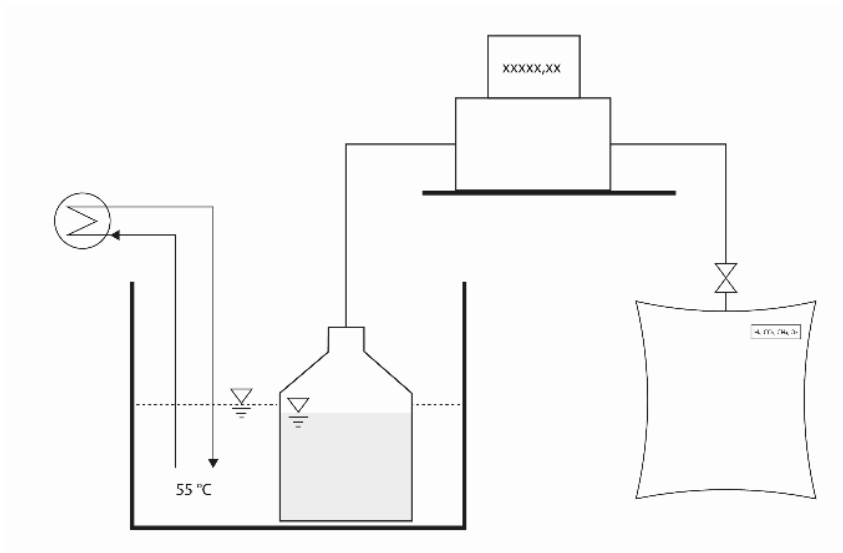
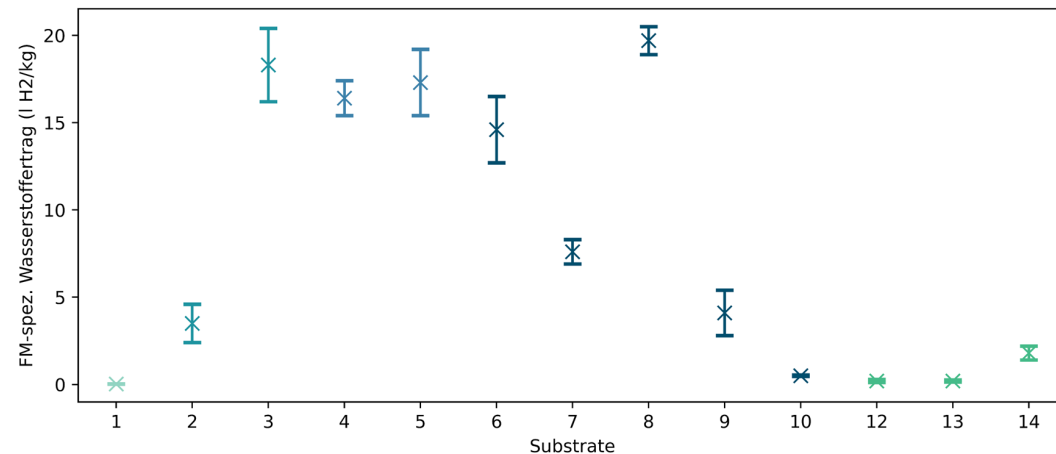


Abb. 8: Versuchsstand Batchversuche



Bestimmung des Wasserstoffpotentials

SolidScore – Batchversuche (Vorversuche)



1 Papierherstellung - Gesamtabwasser	6 Lebensmittelindustrie - Eis- und Joghurtreste	10 Lebensmittelindustrie - High Protein Pudding
2 Brauerei - Bierschwand	7 Lebensmittelindustrie - Backwarenabfall	11 Landwirtschaft - Getreideabfälle
3 Brauerei - Würze	8 Lebensmittelindustrie - Milchpulver/Babynahrung	12 Landwirtschaft - Kälberpanseninhalt
4 Futtermittelherstellung - Hamino	9 Lebensmittelindustrie - Grieß Pudding	13 Landwirtschaft - Maissilage
5 Futtermittelherstellung - C-Stärke		

Durchführung von Vorversuchen

- Untersuchung verschiedener Reststoffe
- Auswertung und Auswahl geeigneter Substrate für die geplante Versuchsanlage

Abb. 9: Erste Ergebnisse im Versuchsstand der Batchversuche

Planung und Bau einer Versuchsanlage

SolidScore – Bau der Anlage

Planung und Bau der Versuchsanlage

- Modularer Aufbau einer Versuchsanlage
- Analyse der Prozessparameter durch eine CFD Simulation

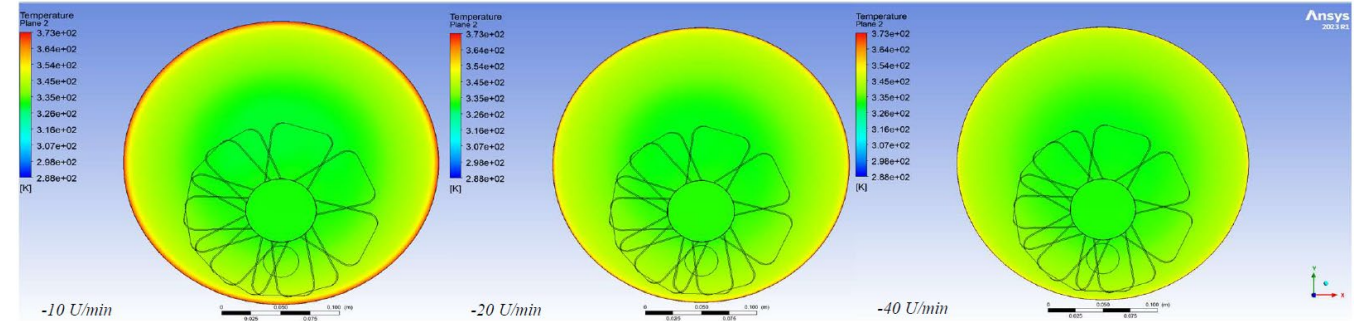


Abb. 10: Temperaturverteilung im Querschnitt bei unterschiedlichen Drehzahlen

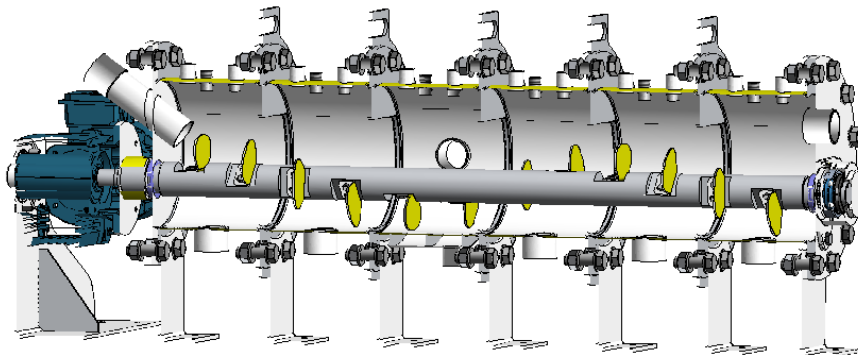


Abb. 11: Planung und Bau des Plug-Flow-Reaktors

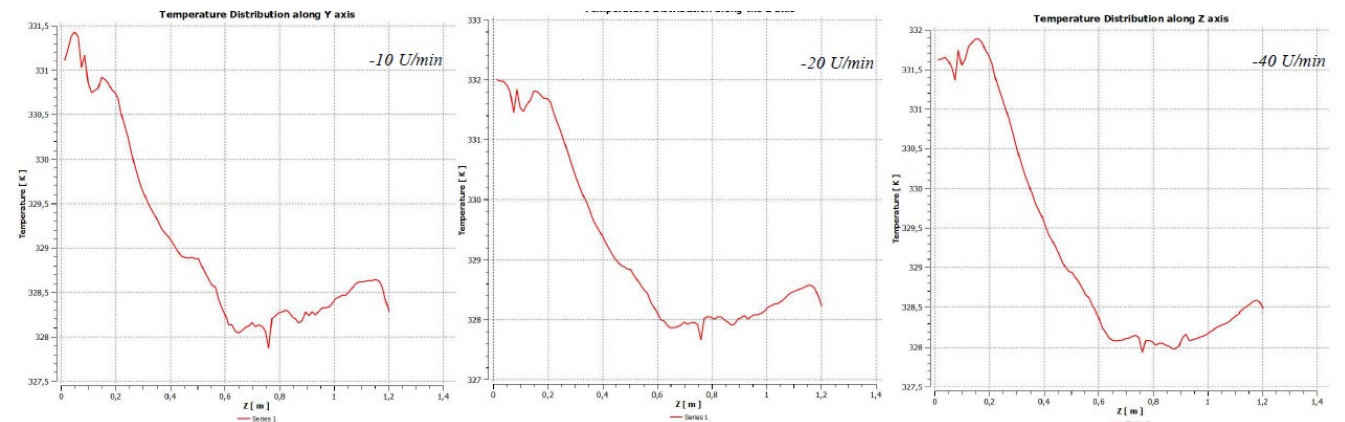


Abb. 12: Temperaturverteilung über die komplette Länge des PFR bei unterschiedlichen Drehzahlen

Planung und Bau einer Versuchsanlage

SolidScore – Bau der Anlage

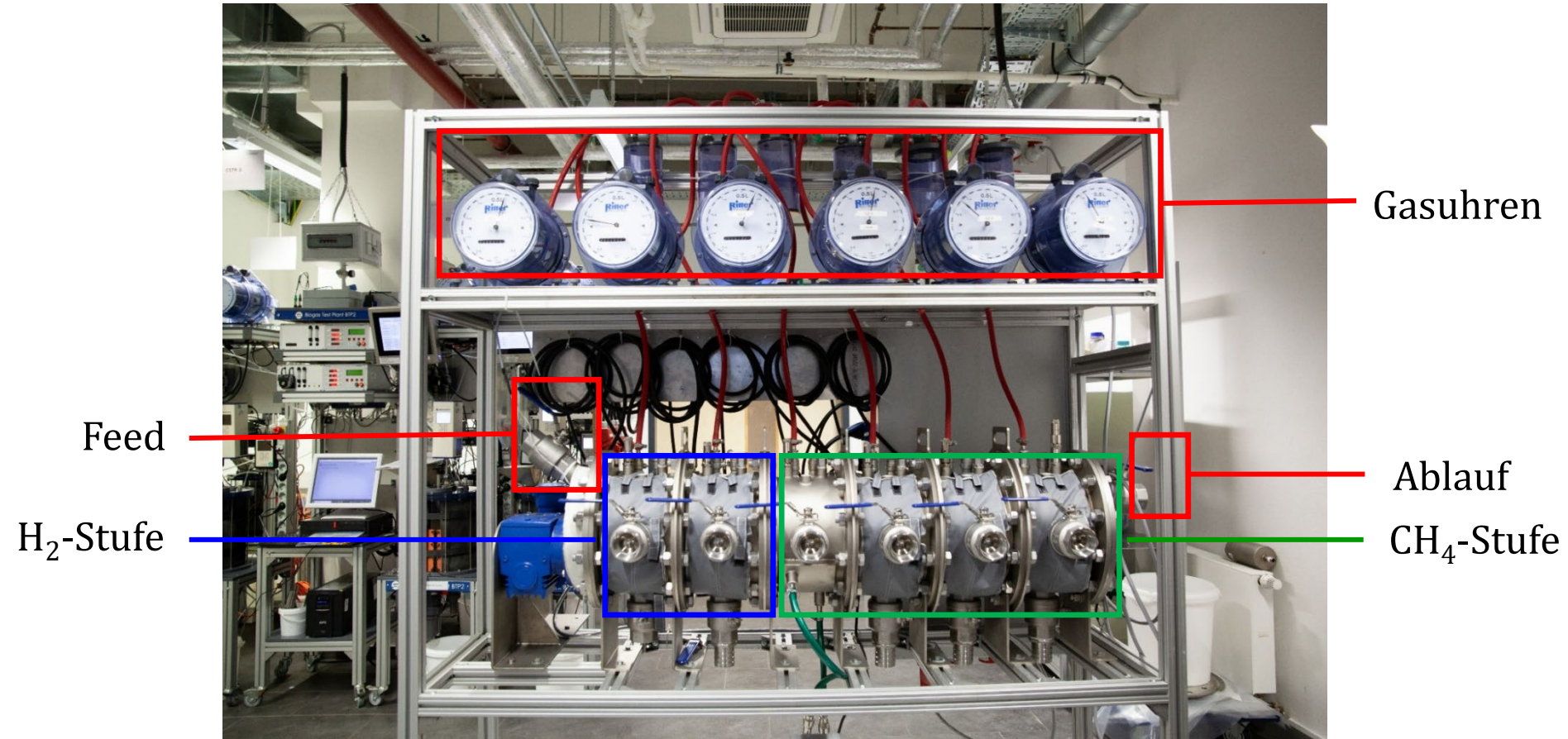


Abb. 13: Plug-Flow-Reaktor zur biologischen Produktion von Wasserstoff

Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

SolidScore – Kontinuierliche Versuche

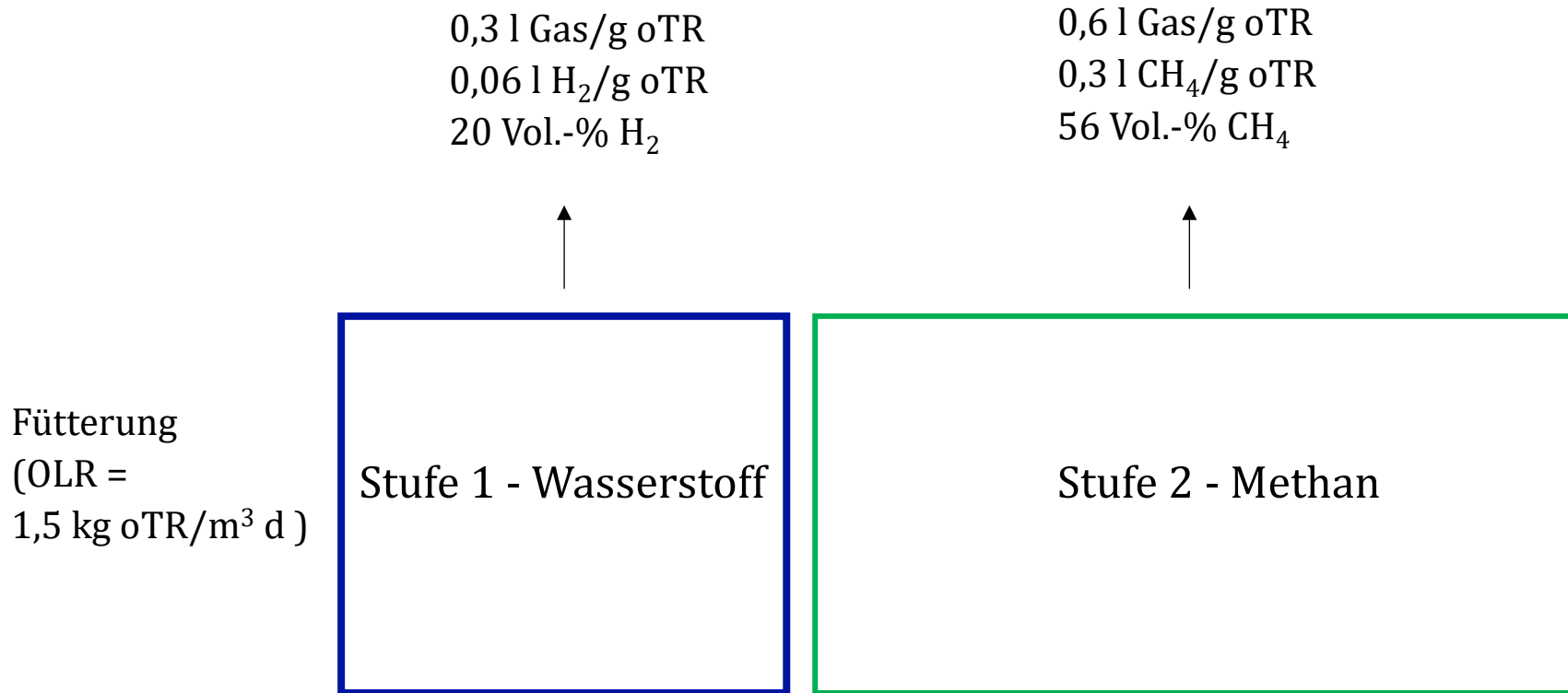


Abb. 14: Erste Ergebnisse der kontinuierlichen Versuche (PFR)

Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

SolidScore – Kontinuierliche Versuche



Fütterung der ersten Stufe:

- Milchpulver
- Impfkultur: abgekochter Gärrest

Fütterung der zweiten Stufe:

- Ablauf aus Stufe 1
- Impfkultur: Gärrest

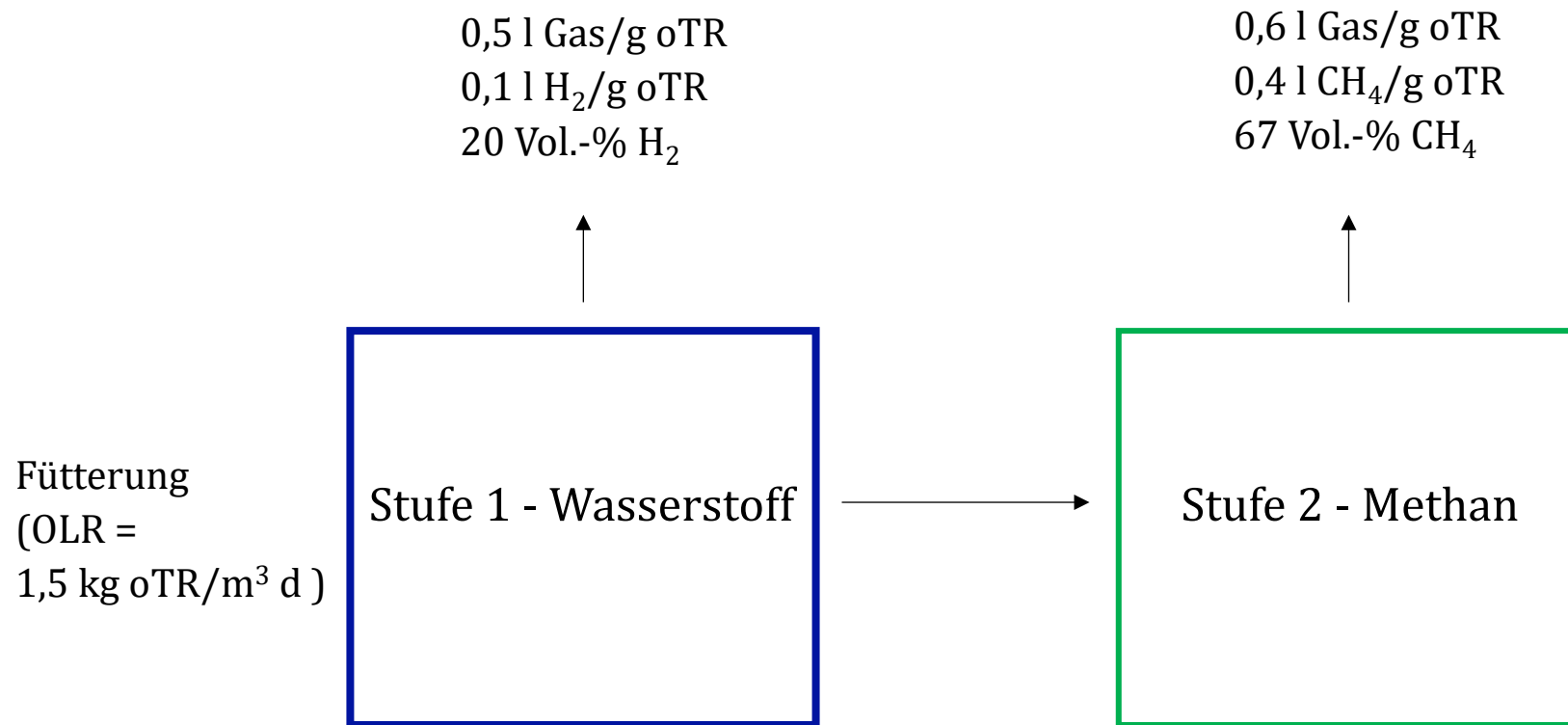
Ziel:

Vergleich von CSTR und PFR

Abb. 15: Batchversuchsreihe zur biologischen Wasserstoffproduktion

Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

SolidScore – Kontinuierliche Versuche



Ergebnis

- Aufgrund der geringen Fütterung aktuell zum Teil noch Methanbildung im ersten Reaktor
→ Erhöhung der Fütterung

Abb. 16: Erste Ergebnisse der kontinuierlichen Versuche (CSTR)

THG-Emissionen

SolidScore – Life Cycle Assessment

- Berechnung der THG-Emissionen nach RED II/III
- Sachbilanz und Systemgrenzen fest definiert
- Aktuell durchgeführte Berechnung auf Grundlage von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Prozessen
 - Verwendung biogener Reststoffe
 - Alternativer Verwertungsweg: Deponie
 - (aktuell noch) keine Distribution berücksichtigt
- Mit derzeitigen Annahmen kann eine **negative THG-Emission** erreicht werden
- Hürden: Normierung des Inputmaterials
→ starke Abhängigkeit des Inputs sowie dessen alternative Verwertung/Entsorgung

Spezifische THG-Emissionen [gCO ₂ eq/MJ]		
$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}$		
Beschreibung	Positive Emissionen	Negative Emissionen
Emissionen bei der Gewinnung oder beim Anbau der Rohstoffe	e_{ec}	
Emissionen durch Landnutzungsänderung	e_l	
Prozessemissionen	e_p	
Emissionen Distribution & Vertrieb	e_{td}	
Emissionen durch Nutzung des Energieträgers	e_u	
Emissionseinsparungen durch bessere landw. Bewirtschaftungspraktiken		e_{sca}
Emissionseinsparungen durch Abscheidung/geologische Speicherung		e_{ccs}
Emissionseinsparungen durch Abscheidung/Ersetzung		e_{ccr}
Überschüssiger Strom KWK-Analge		e_{ee}

Fazit und Ausblick

- Biomasse und Reststoffe können zur H₂-Produktion genutzt werden
- Biologische Wasserstoffproduktion im PFR und CSTR möglich
 - Stabile Versuchspunkte wurden erreicht
- Bearbeitung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Umfassende Betrachtung des Prozesses durch ein Life Cycle Assessment
- Optimierung der Wasserstoffproduktion und Erhöhung der Fütterung



Kontakt Daten

Juliana Rolf

Projekt SolidScore
Biowasserstoff und
Dunkle Fermentation

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Tel.: 02551 9 62549
E-Mail: juliana.rolf@fh-muenster.de



Prof. Elmar Brüggling

Forschungsteamleiter
Professur „Abwassertechnik
und Biomassenutzung“

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Tel.: 02551 9 62420
Mob.: 0179 5495281
E-Mail: bruegging@fh-muenster.de



Übersicht der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte



**Institut für Energie
und Prozesstechnik**