

# Biowasserstoff aus Biomassefeststoffen

---

Statuskonferenz Bioenergie  
21.11.2025

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

Stegerwaldstr. 39  
D-48565 Steinfurt

+49 (0)163 6644226

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



# Inhalt

---

1. Vorstellung Forschungsteam Prof. Brügging und Prof. Wetter
2. Verfahren zur Biowasserstofferzeugung
3. Abwasser- und Reststoffströme zur  $H_2$ -Erzeugung
  - Vorherige Forschungsprojekte BioTecH<sub>2</sub> und HyTech
4. Neues Forschungsprojekt SolidScore
5. Fazit und Ausblick



Abb. 1: Plug-Flow-Reaktor FH Münster

# Forschungsteam

Prof. Dr.-Ing. Brügging & 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 durchgeföhrten  
F&E Projekten



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

# Arbeitsgruppen des Forschungsteams

Prof. Dr.-Ing. Brügging & Prof. Dr.-Ing. Wetter

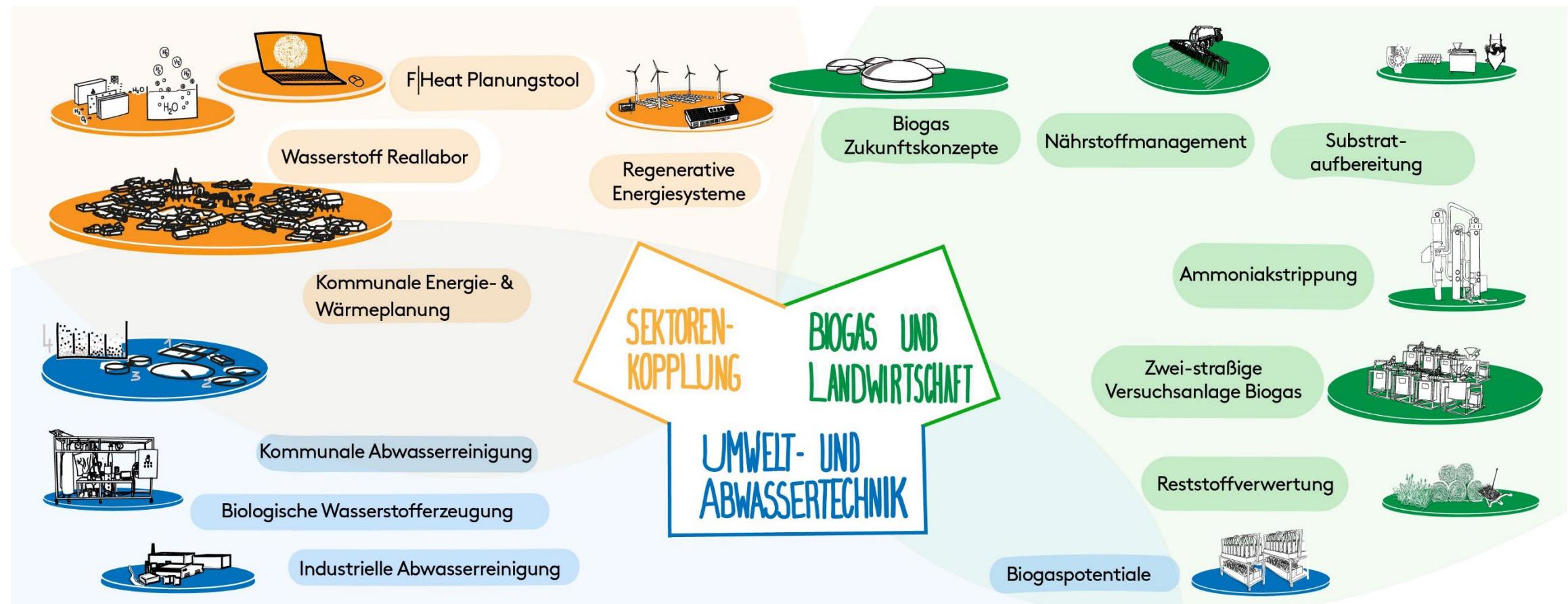


Abb. 3: Arbeitsgruppen des Forschungsteam Prof. Brügging und Prof. Wetter

# Verfahren zur Wasserstofferzeugung

## 2 stufiges-System

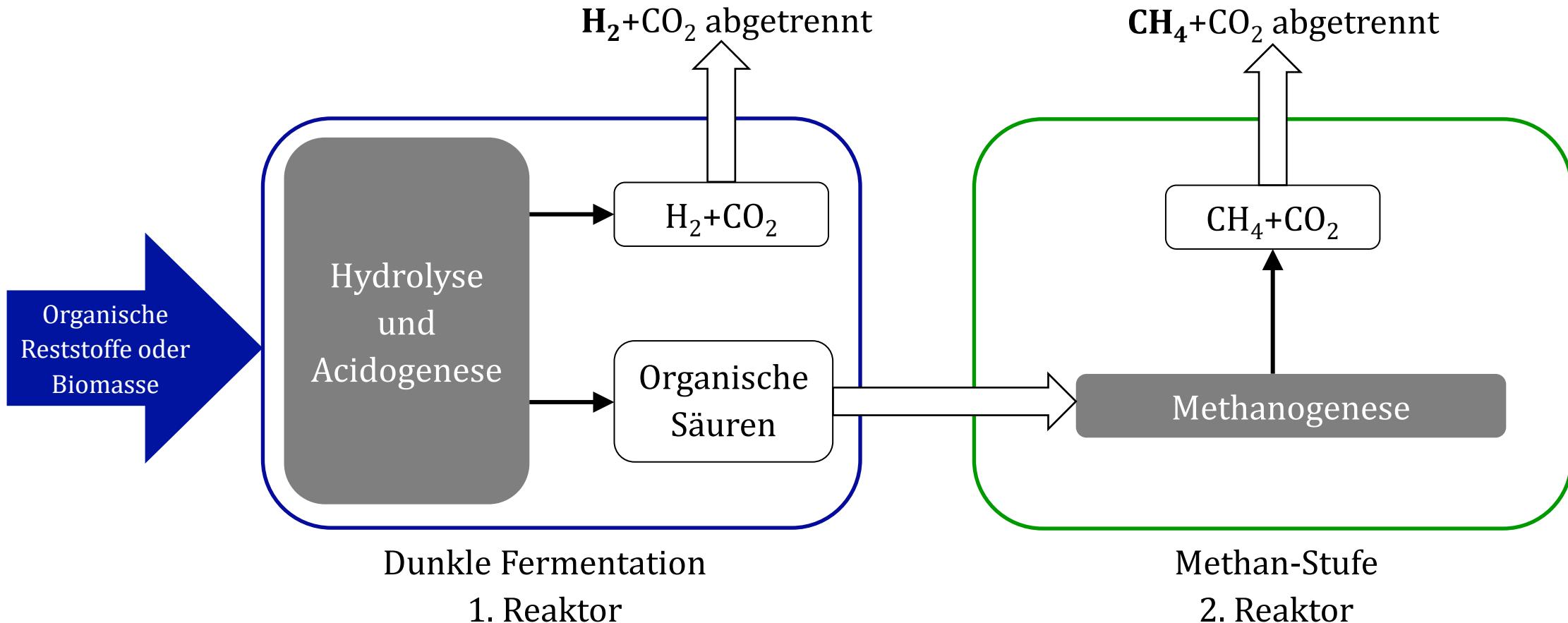


Abb. 4: Verfahren zur biologischen Wasserstofferzeugung

# Abwasser- und Reststoffströme zur H<sub>2</sub>-Erzeugung

## BioTech<sub>H<sub>2</sub></sub> - Wasserstofftechnologien Batchversuche

### Beschreibung:

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

### Ergebnisse:

- Wasserstofferträge von 90 bis 160 l<sub>N</sub>/kg<sub>0TR</sub> (Mittelwert) aus stärkehaltigen und zuckerhaltigen Abwässern erreicht
- 35 - 50 Vol.-% H<sub>2</sub> im Gasgemisch

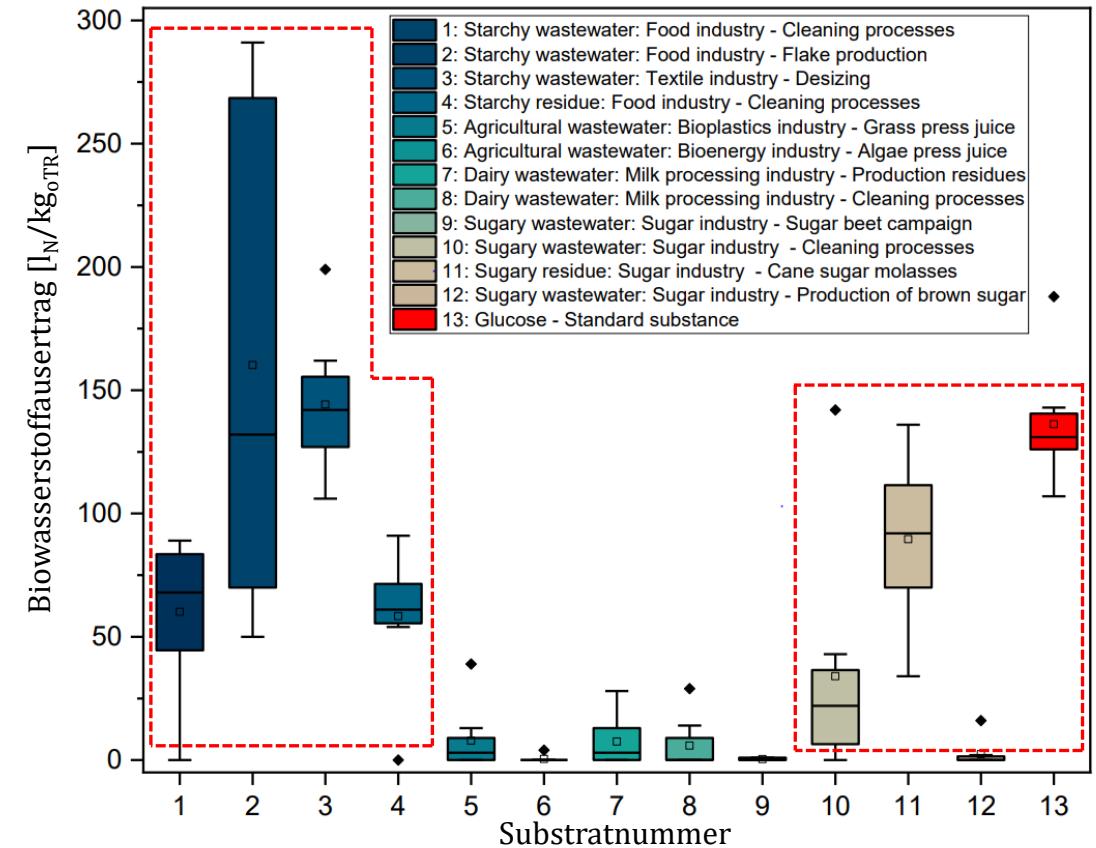


Abb. 5: Ergebnisse aus Batchversuchen im Projekt BioTech<sub>H<sub>2</sub></sub>

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 H<sub>2</sub>-Erzeugung

## HyTech – Kontinuierliche und biologische H<sub>2</sub>-Erzeugung

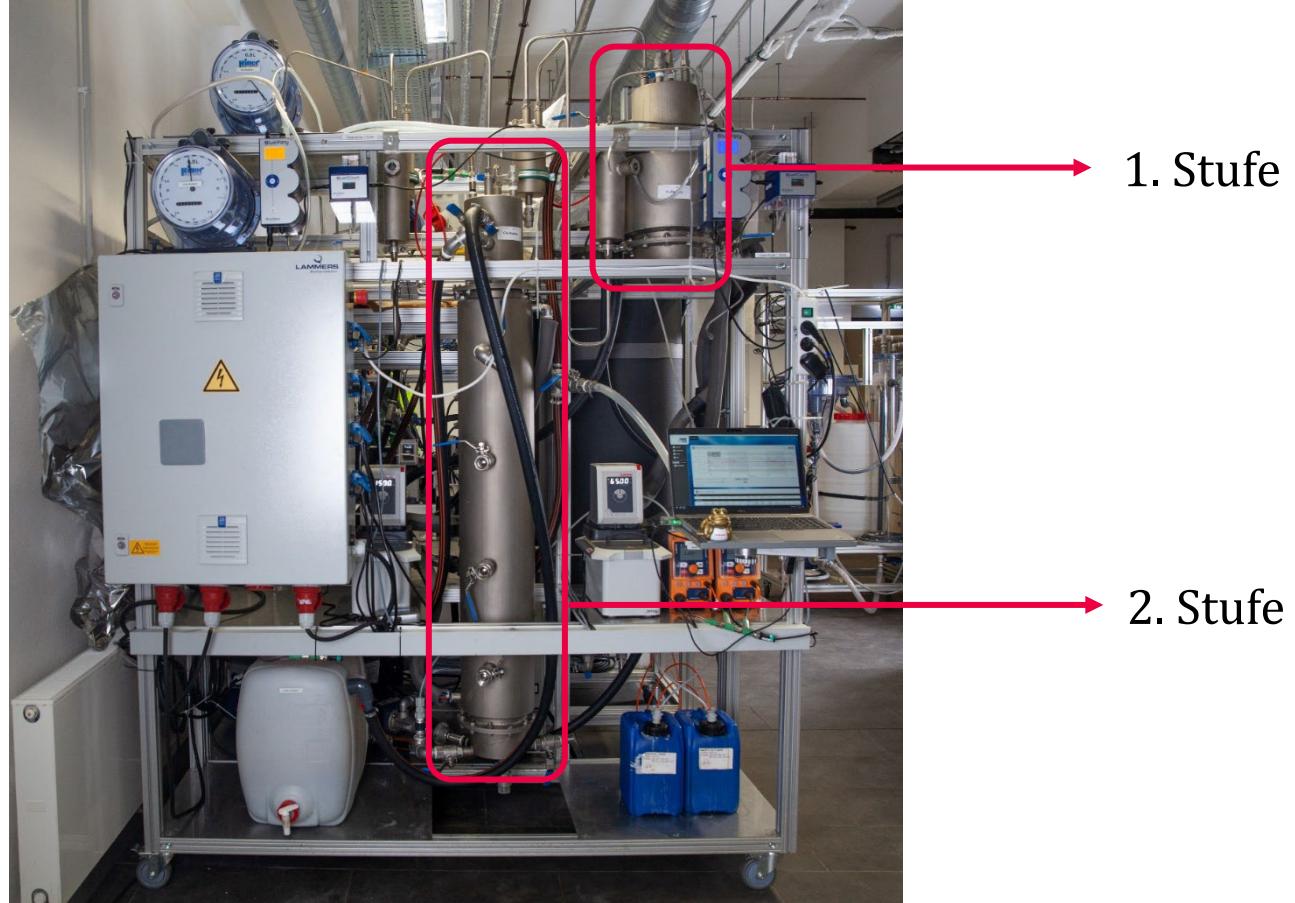


Abb. 6: Versuchsanlage im Projekt HyTech

### 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 H<sub>2</sub>-Erzeugung

## HyTech – Kontinuierliche und biologische H<sub>2</sub>-Erzeugung

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

Reaktortyp	CSTR + Sedimentationsbecken	Festbettreaktor
H <sub>2</sub> -Ertrag	1,6 m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> Abwasser	1,0 m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> Abwasser
H <sub>2</sub> -Gehalt	40 Vol.-%	37 Vol.-%
CH <sub>4</sub> -Ertrag	5,5 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> Abwasser	5,1 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> Abwasser
CH <sub>4</sub> -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 H<sub>2</sub>-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 Verwertungswwege
- 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 H<sub>2</sub>-Erzeugung aus Biomassefeststoffen



Abb. 7: Projektverlaufsplan SolidScore

# Bestimmung des Wasserstoffpotentials

## SolidScore – Batchversuche (Vorversuche)

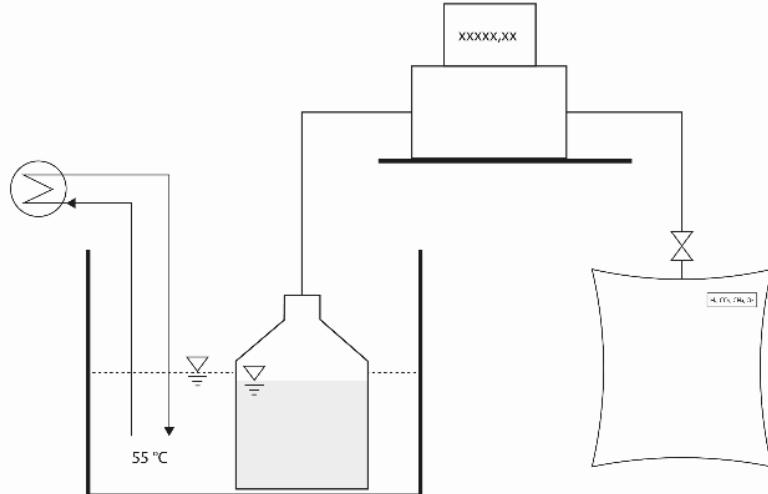
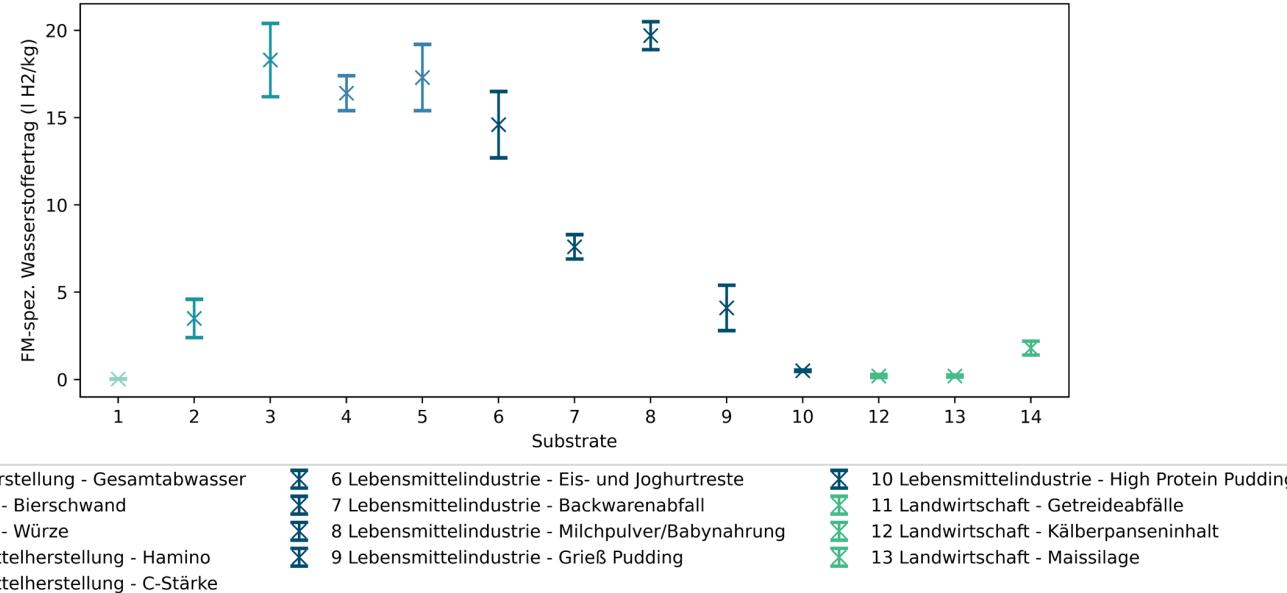


Abb. 8: Versuchsstand Batchversuche



# Bestimmung des Wasserstoffpotentials

## SolidScore – Batchversuche (Vorversuche)



### 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

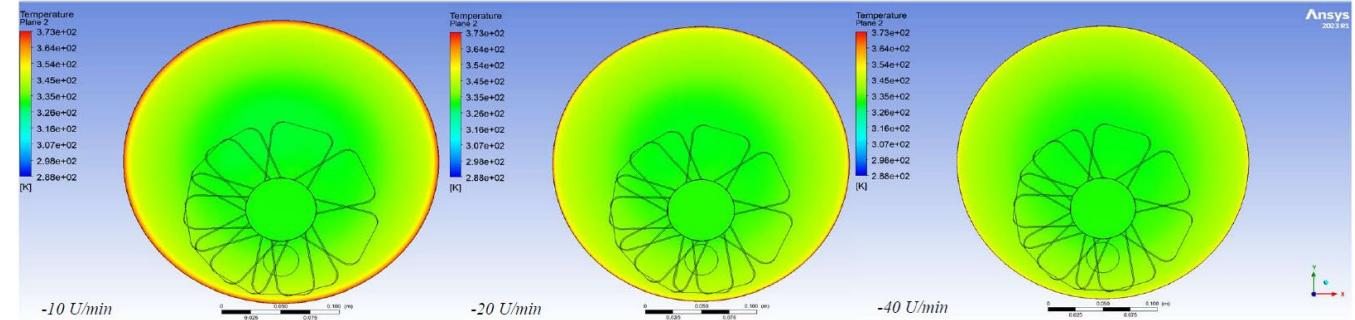


Abb. 10: Temperaturverteilung im Querschnitt bei unterschiedlichen Drehzahlen

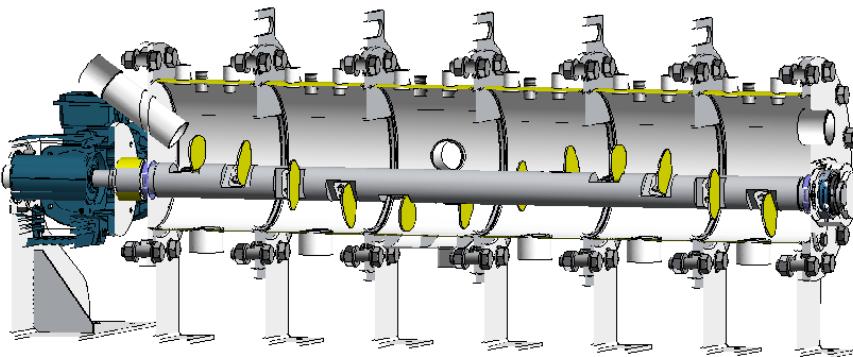


Abb. 11: Planung und Bau des Plug-Flow-Reaktors

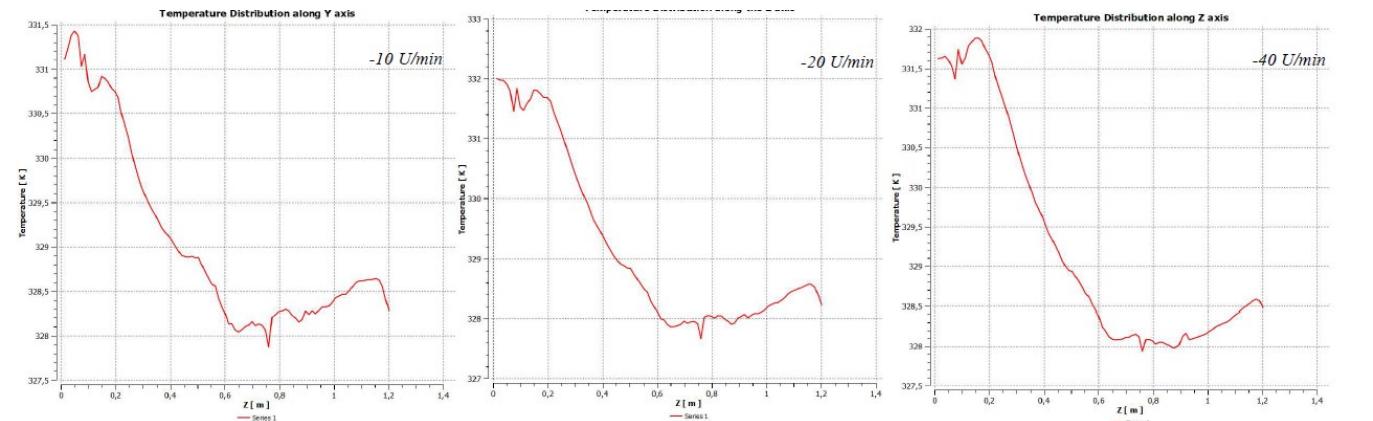


Abb. 12: Temperaturverteilung über die komplett Länge des PFR bei unterschiedlichen Drehzahlen

# Planung und Bau einer Versuchsanlage

## SolidScore – Bau der Anlage

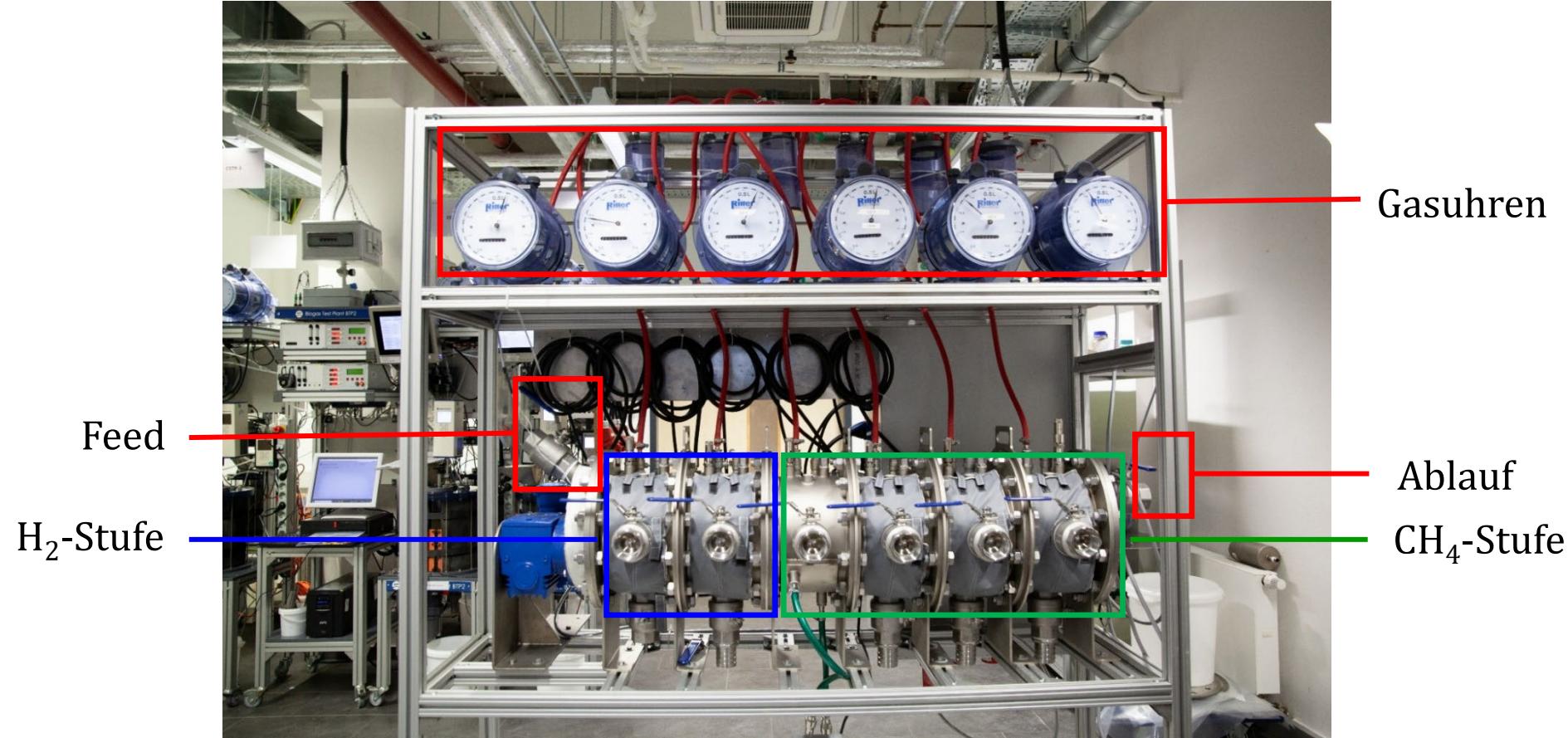


Abb. 13: Plug-Flow-Reaktor zur biologischen Produktion von Wasserstoff

# Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

## SolidScore – Kontinuierliche Versuche

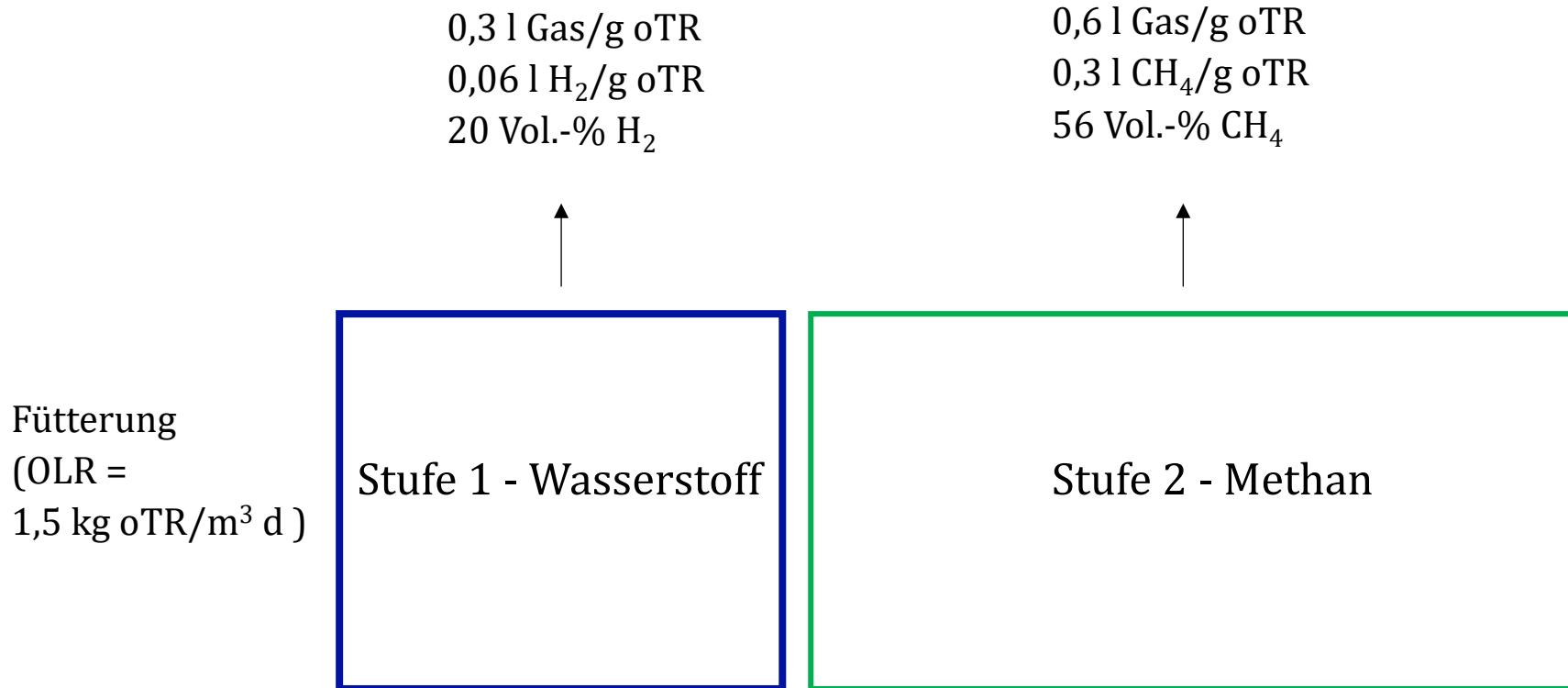


Abb. 14: Erste Ergebnisse der kontinuierlichen Versuche (PFR)

# Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

## SolidScore – Kontinuierliche Versuche



Abb. 15: Batchversuchsreihe zur biologischen Wasserstoffproduktion

Fütterung der ersten Stufe:

- Milchpulver
- Impfkultur: abgekochter Gärrest

Fütterung der zweiten Stufe:

- Ablauf aus Stufe 1
- Impfkultur: Gärrest

Ziel:

Vergleich von CSTR und PFR

# Wasserstoff aus Biomassefeststoffen

## SolidScore – Kontinuierliche Versuche

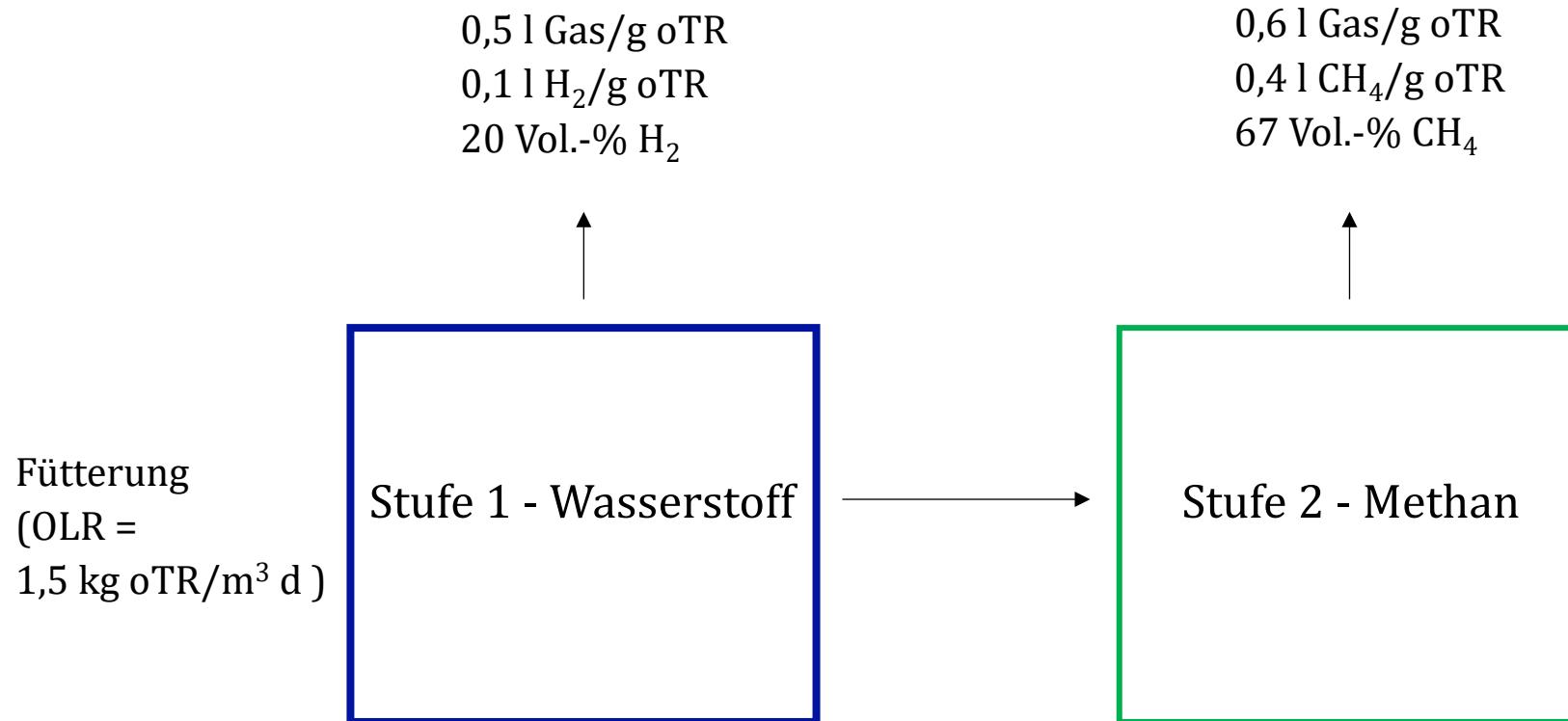


Abb. 16: Erste Ergebnisse der kontinuierlichen Versuche (CSTR)

### Ergebnis

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

# 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 [gCO2eq/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-Anlage			$e_{ee}$

# Fazit und Ausblick

- Biomasse und Reststoffe können zur H<sub>2</sub>-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



# Kontaktdaten

## Juliana Rolf

Projekt SolidScore  
Biowasserstoff und  
Dunkle Fermentation

Stegerwaldstraße 39  
48565 Steinfurt  
Tel.: 02551 9 62549  
E-Mail: [juliana.rolf@fh-muenster.de](mailto:juliana.rolf@fh-muenster.de)



Übersicht der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte

## Prof. Elmar Brügging

Forschungsteamleiter  
Professur „Abwassertechnik  
und Biomassenutzung“



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



Institut für Energie  
und Prozesstechnik