



**Reader**

Energetische Biomassenutzung

20.–21.11.2025

# STATUSKONFERENZ BIOENERGIE



**Reader**

Energetische Biomassenutzung



[www.forschungsnetzwerke-energie.de](http://www.forschungsnetzwerke-energie.de)



[www.energetische-biomassenutzung.de](http://www.energetische-biomassenutzung.de)

20.–21.11.2025  
**STATUSKONFERENZ**  
BIOENERGIE

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projekträger



Begleitforschung



## Liebe Teilnehmer:innen der Statuskonferenz,

Bioenergie unterstützt die Transformation des Energiesystems an entscheidenden Stellen: Zum einen, weil Energie aus Biomasse gespeichert werden und damit die Volatilität von Sonne und Wind ausgleichen kann. Damit Anlagen auf die aktuelle Marktlage reagieren können und Gas, Strom oder Wärme bei Bedarf schnell bereitstellen können, müssen sie flexibilisiert werden – dies ist ein wichtiges Thema auf der Konferenz.

Zum anderen hilft Bioenergie dabei, das Energiesystem insgesamt unabhängiger von fossilen Ressourcen zu machen. Bioenergie ist dezentral verfügbar und kann direkt vor Ort genutzt werden. Für die Wärmeversorgung liegt hier viel Potential: Biomasse kann Wärme genau dort zur Verfügung stellen, wo sie auch gebraucht wird.

Auf der Statuskonferenz Bioenergie werden Forschungsprojekte präsentiert, die an diesen Lösungen arbeiten, optimieren, testen, simulieren. Gleichzeitig wird der Bedarf gemeinsam besser definiert: Worauf setzen Unternehmen, was brauchen Kommunen, wie können Innovationen in die Anwendung kommen?

Die Konferenz macht auch deutlich: Um Bioenergie sinnvoll einzusetzen, müssen alle Nebenprodukte mitgedacht werden, die Ausformung der Kreislaufwirtschaft und die Innovationen der CO<sub>2</sub>-Abscheidung setzen hier zukunftsweisende Impulse.

Diese Chancen zu nutzen, Standpunkte abzugleichen und das ganze System im Blick zu behalten, mit diesem Ziel kommen wir zur Statuskonferenz zusammen und freuen uns sehr, gemeinsam nicht nur den Status Quo zu besprechen, sondern auch die Zukunft zu formen.

Wir wünschen Ihnen interessante und lehrreiche Tage  
Ihre Begleitforschung



# PROGRAMM ÜBERBLICK

## DONNERSTAG // 20. NOVEMBER 2025

**ab 09:00** **Ankunft / Registrierung** Begrüßungskaffee

**ab 10:00** **GRUSSWORT**

**Iulia Dolganova**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

**KEYNOTES**

**Prof. Dr. Daniela Thrän**  
UFZ

**Dr. Heike Brugger**  
IREES GmbH

**Dr. Markus Lauer**  
MVV Energie AG

**Dr. Gerd Unkelbach**  
UPM Biochemicals GmbH

**ab 12:00** **POSTER PITCHES**

**ab 12:30** **Mittagspause** **POSTER SESSION**

**ab 14:00** **PARALLELE SESSIONS MIT VORTRÄGEN**

**Integrierte Anlagenkonzepte**

**Bereitstellung von Biokraftstoffen**

**Emissionsarme Verbrennung**

**ab 16:00** Kaffee

**ab 18:30** **CONFERENCE DINNER**

**Mückenschlösschen**  
Waldstraße 86, 04105 Leipzig

## FREITAG // 21. NOVEMBER 2025

**ab 09:00** **PARALLELE SESSIONS MIT VORTRÄGEN**

**Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse**

**Optimale Verwertung von Reststoffen**

**Wärme aus Biomasse für Industrie und Kommunen**

**ab 10:30** **Pause**

**ab 11:15** **PARALLELE WORKSHOPS**

**Beitrag von Biowasserstoff zum Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft**  
**Schillersaal 1**

**Homogenisierung von Brennstoffen**  
**Seminarraum 3**

**Variable Strompreise und flexible Bioenergie**  
**Seminarraum 1+2**

**Wie Linked Data die Nutzung biogener Reststoffe optimieren kann**  
**Schillersaal 2**

**ab 13:00** **Mittagspause**

**ab 14:00** **VORTRÄGE** **PARALLELE WORKSHOPS**

**Umwandlung von biogenen Reststoffen in Wasserstoff**

**CO<sub>2</sub> runter, Mehrwert rauf: Biomasse-Kaskaden für CO<sub>2</sub>-Entnahme mit System**

**Markteintritt von Biomasse-Hybrid-Heizanlagen**

**ab 15:45** **Wrap-Up & Verabschiedung**

**ab 16:00** Abschiedskaffee

Programm der Statuskonferenz // 20.-21. November 2025

# DONNERSTAG 20.11.2025

Ankunft // Registrierung  
ab 9:00 Uhr

## BEGRÜßUNG & KEYNOTES 10:00 – 12:00 UHR

Iulia Dolganova // Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
**GRÜßWORT**

Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän // UFZ

**BIOENERGIE FÜR EINE NACHHALTIGE ENERGIEVERSORGUNG – ERRUNGENSCHAFTEN UND AUSSICHTEN DES FORSCHUNGSNETZWERKS BIOENERGIE**

Dr. Heike Brugger // IREES GmbH

**WEGE ZUR RESILIENTEN TRANSFORMATION: STRATEGIE UND FORSCHUNGSRoadmap DES FORSCHUNGSNETZWERKS INDUSTRIE & GEWERBE**

Dr. Markus Lauer // MVV Energie AG

**BECCUS – WIE KANN DER HOCHLAUF VON NEGATIVEMISSIONSTECHNOLOGIEN GELINGEN?**

Dr. Gerd Unkelbach // UPM Biochemicals GmbH

**EINBLICKE IN DIE KOMBINIERTER STOFFLICHE UND ENERGETISCHE NUTZUNG VON BIOMASSE IN BIORAFFINERIEN**

Moderation:  
Daniel Schlechter

## POSTER PITCHES 12:00 – 12:15 UHR

Mittagspause & Postersession 12:30 – 14:00 Uhr

## VORTRÄGE 14:00 – 16:00 UHR

### INTEGRIERTE ANLAGENKONZEPTE

Moderation: Daniel Schlechter

Seitenzahl

- 24 **Flexibilisierung der Faulgaserzeugung – Entwicklung eines intelligenten Energiemanagementsystems**  
Constantin Heim, Jonas Miederer, Lukas Frank, Nora Elhaus, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
- 26 **Erstellung von Kurzzeitprognosen zur energetischen Optimierung von Kläranlagen mit katalytischer Methanisierung**  
Tobias Baldauf, Prof. Dr.-Ing. Markus Goldbrunner
- 28 **Dynamische Modellierung und Validierung des Wärmemanagements flexibler Biogasanlagen**  
Martin Karch, Rolf Schmitt, Stefan Rössler
- 30 **Organischer Wasserstoff aus biogenen Reststoffen – Aufbau, Inbetriebnahme und erste Ergebnisse aus der bhyo-Pilotanlage**

### BEREITSTELLUNG VON BIOKRAFTSTOFFEN

Chair: Dr. Kati Görsch (DBFZ)

- 32 **Betrieb einer Bioraffinerie im Pilotmaßstab zur Herstellung von erneuerbarem Methan aus biogenem CO<sub>2</sub> sowie weiterer wertschöpfender Produkte aus Nebenströmen**  
Lena Hanik, Dr.-Ing. Andy Gradel
- 34 **BioMeSyn – Methanol aus Biogas**  
Ursula Roth, Bernd Wirth, Dr. Ievgeniia Morozova, Mark Paterson, Tino Sperk, Jens Strahl, Dirk Bonse, Dr. Stefan Rauh
- 36 **Biokraftstoffkonzepte für landwirtschaftliche Biogasanlagen**  
Niels Dögnitz, Max John Müller, Madhumita Gogoi Saikia
- 38 **Bieten sich ökonomische Chancen für Flugkraftstoffe aus biobasierten Rest- und Abfallstoffen?**

### EMISSIONSARME VERBRENNUNG

Chair: Dr. Ulrich Vogt (IFK Stuttgart)

- 40 **Entwicklung einer neuen Feuerungsanlage mit Brennstoffstufung zur Stickoxidminderung**  
Thomas Schliermann, René Bindig, Bettina Stolze, Lukas Lange, Felix Öffner, Giuliano Ercolano
- 42 **Entwicklung eines kostengünstigen, robusten und ressourcenschonenden Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-Blockheizkraftwerke**  
Andreas Fuchs, Dr. Ulrich Vogt
- 43 **Der Zwei-in-Eins-Lösungsansatz des DeNO<sub>x</sub>-DePM Projekts für eine kombinierte Entstickung und Entstaubung an einem Gewebefilter**  
Hannah Cortnum, Simon Markthaler, Maximilian Weitzer, Kevin Stephan, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
- 44 **Bereitstellung von erneuerbarem CO<sub>2</sub> aus biogenen Festbrennstoffen mittels Oxyfuel-Verbrennung**  
Prof. Dr. rer. nat. Ingo Hartmann, Dr. rer. nat. Mirjam Müller, Mario König, Thomas Zander
- 46 **Umweltfreundliche häusliche Wärmebereitstellung mit handwerklich errichteten Grundöfen**

## CONFERENCE DINNER 18:30 – 22:00 UHR

Mückenschlößchen  
Waldstr. 86, 04105 Leipzig

Im Rahmen der Statuskonferenz Bioenergie findet ein Conference Dinner statt, das den Teilnehmer:innen die Gelegenheit zum Austausch in entspannter Atmosphäre gibt. Das Conference Dinner findet im Mückenschlößchen statt und ist vom Konferenzort gut zu Fuß zu erreichen.

Programm der Statuskonferenz // 20.-21. November 2025

# FREITAG 21.11.2025

VORTRÄGE  
9:00 – 10:30 UHR

## WASSERSTOFF AUS DER VERGASUNG VON BIOMASSE

Chair: Prof. Dr.-Ing. Peter Stenzel (TH Köln)

Seitenzahl

- 48 Simon Brinkmann, Martin Karch, Prof. Dr.-Ing. Thomas Grütner, Prof. Dr. Bernhard C. Seyfang  
**Wasserstoffgewinnung aus Biomasse: Pilotanlage, Messkampagnen und verfahrenstechnische Modellierung**  
Lennart Mirko Föhlisch, Filipe Torres-Rivera, Dr. Patrick Beuel, Prof. Dr. Christina Werner, Prof. Dr. Christian Malek, Prof. Peter Stenzel
- 50 **Wasserstoffherzeugung durch Oxy-Dampf-Vergasung von Biomasse in Kombination mit Elektrolyse und Wassergas-Shift**  
Andreas Molle, Dr.-Ing. Andy Gradel
- 52 **Wasserstoff aus fester Biomasse**  
Dr.-Ing. Andy Gradel, Leon Müller-Noell, Simon Kolb
- 54 **Flüssigkraftstoffe aus Biomasse mittels Shift-Reaktoren für biogene Gase**

Pause **10:30 – 11:15 Uhr**

WORKSHOPS  
11:15 – 12:45 UHR

## VARIABLE STROMPREISE UND FLEXIBLE BIOENERGIE

Dr. Martin Dotzauer, Annemarie Kronhardt (DBFZ), Christian Hubert (Universität der Bundeswehr München)

## OPTIMALE VERWERTUNG VON RESTSTOFFEN

Chair: Dr. Peter Kornatz (DBFZ)

- 56 Dr. Caroline Autenrieth, Prof. Dr. Robin Ghosh  
**Dezentrale Biowasserstoff-Produktion in regionalen Fruchtsaftbetrieben mit Hilfe von Purpurbakterien: der Sprung vom 100-Liter-Pilotmaßstab zum 3.000-Liter-Maßstab**  
Harald Wedwitschka, Rafiandy Dwi Putra, Prof. Dr. Marco Klemm, Rainer Nowotny
- 58 **Untersuchungen der energetischen Nutzungsoptionen von Hanffaserreststoffen zur exemplarischen Einbindung in das Energiekonzept eines Verarbeitungsstandorts**  
Dr. Volker Brüser, Norbert Rossow, Dr. Bruno Honnorat, Sepideh Mousazadeh Borghei, Eric Timmermann, Prof. Dr. Jürgen. F. Kolb
- 60 **Plasma und Ultraschall – ein synergistischer Ansatz für die Vorbehandlung von Biomasse**  
Bomin Yuan, Dr.-Ing. Nils Engler, Arne Gröngroft
- 62 **Simulation und experimentelle Validierung des Einflusses einer Gärrestrückführung auf den Biogasertrag und die Prozessstabilität**

## BEITRAG VON BIOWASSERSTOFF ZUM HOCHLAUF EINER WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Niels Dögnitz (DBFZ), Dr. Andy Gradel (BtX energy), Prof. Dr. Torsten Birth-Reichert (HAW/CC4E)

## WIE LINKED DATA DIENUTZUNG BIOGENER RESTSTOFFE OPTIMIEREN KANN

Kim Schmidt (DBFZ), Dr. Marco Selig (DBFZ)

## HOMOGENISIERUNG VON BRENNSTOFFEN

Dr. Annett Pollex (DBFZ)

## WÄRME AUS BIOMASSE FÜR INDUSTRIE UND KOMMUNEN

Chair: Dr. Martin Meiller (Fraunhofer UMSICHT)

- 64 Michael Meiler, Dr.-Ing. Martin Meiller, Felix Kugler  
**Industrielle Hochtemperatur-Prozesswärme aus Biomassevergasung**  
Sabine Reiß, Christian Wondra, Julian Moffit, Dr.-Ing. Peter Treiber, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
- 66 **Oxyfuel-Vergasung biogener Reststoffe zur Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme**  
Johannes Michael Voß
- 68 **Resiliente kommunale Energiesysteme mit bedarfsgerechter Biomassevergasung und mitteltiefer Geothermie**  
Dr.-Ing. Eric Mauky, Dr. Burkhard Wilske, Sebastian Semella, Maximilian Sergel, Dr.-Ing. Robert Pohl, Falko Windisch, Dr. Romy Brödner, Prof. Walter Stinner
- 70 **Wärmebereitstellung aus heterogenen Biomassen mittels Biomeilertechnologie**

Mittagspause **13:00 – 14:00 Uhr**

Programm der Statuskonferenz // 20.-21. November 2025

# FREITAG 21.11.2025

VORTRÄGE  
14:00 – 15:30 UHR

## UMWANDLUNG VON BIOGENEN RESTSTOFFEN IN WASSERSTOFF

Chair: Dr. Andy Gradel (BtX energy)

Seitenzahl

- 72 **Wasserstoff aus Biogas**  
Leon Müller-Noell, Dr.-Ing. Andy Gradel
- 74 **Direkte Nutzung von Biomassevergasungsgasen für die Wasserstoffproduktion auf der Grundlage von Eisenoxidspeichermodulen**  
Julien Göthel, Dr.-Ing. Thorsten Lutsch, Lena Hensch, Uwe Pahl, Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
- 76 **Biologische Wasserstoffproduktion aus Biomassefeststoffen**  
Juliana Rolf, Sören Kamphus, Prof. Dr.-Ing. Elmar Brüggling
- 78 **H2MikroPlas – Erzeugung von THG-negativem Wasserstoff aus biogenen Reststoffen mittels Mikrowellen-Plasma-Cracking**  
Konrad Empacher, Dr. Patrick Beuel, Prof. Dr. Peter Stenzel

Wrap-Up & Verabschiedung **15:45 – 16:00 Uhr**  
Abschiedskaffee

WORKSHOPS  
14:00 – 15:30 UHR

## CO<sub>2</sub> RUNTER, MEHRWERT RAUF: BIOMASSE-KASKADEN FÜR CO<sub>2</sub>-ENTNAHME MIT SYSTEM

Ronja Wollnik (DBFZ), Prof. Dr.-Ing. Jakob Hildebrandt (HZSG),  
Dr. Daniela Siedschlag (UFZ), Dr. Malgorzata Borchers (UFZ),  
Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän (UFZ)

## WIE GELINGT DER MARKTEINTRITT? NUTZUNG VON HYBRIDEN, AUF BIOMASSE BASIERENDEN HEIZUNGSSYSTEMEN

Prof. Dr. Volker Lenz (DBFZ),  
Jan Böttner (DBFZ),  
Tobias Ulbricht (DBFZ)

# POSTERSESSION 20.11.2025

POSTER

- Nr. 1 82 **Biomasseheizsystem mit Sorptionswärmepumpe zur Brennwertnutzung – Projektvorstellung**  
Vinzenc Götz, Christian Schweigler
- 2 84 **Einsatz von (hybriden) Bioenergiekonzepten für die Industriewärme**  
Dr. Matthias Jordan, Jan Böttner, Frederico Gomes Fonseca, Lukas Richter, Tom Lorenz, Malgorzata Borschers, Kai Sven Radtke, Prof. Dr. Volker Lenz, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
- 3 86 **Bewertung und Optimierung der kombinierten Wärme-, Strom- und Kraftstofferzeugung aus festen biogenen Reststoffen**  
Aliena Lamberty, Dr.-Ing. Matthias Welzl, Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann
- 4 88 **Sauberer Bioabfall, grüne Energie: Hydrothermale Carbonisierung von Bioabfall im Projekt MaxBioAbf**  
Christian Klüpfel, Dr.-Ing. Benjamin Herklotz, Björn Schwarz

- Nr. 5 90 **Brennkammer- und Kesselprofile von Biomasseheizkraftwerken als Bewertungsbasis für das Bildungspotential von Anbackungen im Verbrennungsraum und Belägen im Kesselbereich**  
Dr.-Ing. Jürgen Reichelt, Dr. Sabyasachi Chattopadhyay, Prof. Dr. Jochen Kolb, Dr. Elisabeth Eiche
- 6 92 **Zuckerbasierte mesoporöse Kohlenstoffe als Katalysatorträger und Adsorbentien für Naturstoffprozesse**  
Dr.-Ing. Volker Heil, Martin Peters, Dr.-Ing. Axel Kraft, Dr. Eva Schieferstein, Nuh Avci und Seyma Süme
- 7 94 **DBFZ Biomasseatlas Deutschland**  
Dr. Fabian-Constantin Sittaro, Dr. Friederike Naegeli de Torres
- 8 95 **Optimierung der physikalischen Oberflächeneigenschaften von biogenem Silica für den Einsatz als Katalysatorträger**  
Dr. Bettina Stolze, René Bindig, Prof. Dr. Ingo Hartmann
- 9 96 **Trommelreakorttechnologie zur Abfallvergärung**  
Mathias Stur, Prof. Dr. Walter Stinner, Alicia Linz, René Rödenbeck
- 10 98 **Syntrophe Bakterien als neuer Biomarker zur besseren Überwachung und Steuerung von Biogasfermentern mit Rest- und Abfallstoffen**  
Dr. Sabine Peters, Ulrich Krause, Dr. Nils Engler, Svenja Nathalie Weber, Alissa Grüttner, Dr. Stefan Dröge
- 11 99 **CircEcon - Verfahrenstechnische Entwicklung und Erprobung von Technologien für die Kreislaufwirtschaft im Industriepark Schwarze Pump**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

Programm der Statuskonferenz // 20.-21. November 2025

## RAUMLICHKEITEN IN DER VILLA IDA

Parkplätze können in den umliegenden Straßen kostenfrei in Anspruch genommen werden. Toiletten befinden sich im Zwischengeschoss.

### ERDGESCHOSS



### 1. OG SEMINARRÄUME



### 2. OG ROTUNDE

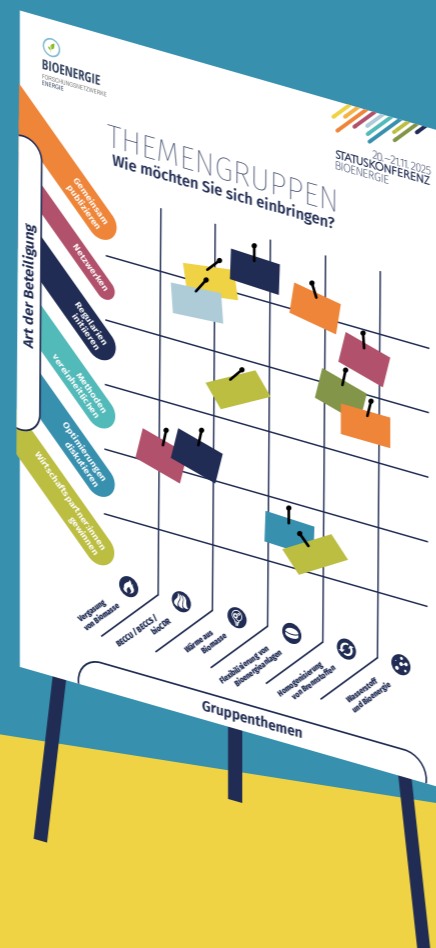




## EIN KLEINES TO-DO auf unserer Konferenz:

*Sie bekommen am Empfang mehrere  
Namensschilder und können damit auf dem  
Themengruppen-Poster im Foyer anzeigen,  
wie Sie sich in Zukunft einbringen möchten.*

*Wir sind gespannt, welche Cluster sich ergeben!*



## FÖRDERPROGRAMM & FORSCHUNGSNETZWERK BIOENERGIE



**BIOENERGIE**  
FORSCHUNGSNETZWERK  
ENERGIE

Forschungsnetzwerk Bioenergie

Das Forschungsnetzwerk Bioenergie vernetzt Wissenschaft und Wirtschaft und fördert den Austausch zu innovativen Ideen für eine nachhaltige Energieversorgung. In Workshops und Veranstaltungen werden Probleme diskutiert sowie gemeinsame Lösungen und Empfehlungen erarbeitet.

### Förderprogramm

#### Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe

Ganzjährig können Antragsskizzen eingereicht werden. Aktuelle Informationen, Hinweise und Vorlagen befinden sich auf den Seiten der Energetischen Biomassenutzung.

**Für alle News besuchen Sie uns  
gern online:**



Veranstaltungsreihe

Der Bioenergie Talk ist ein Online-Austauschformat des Förderbereiches Energetische Biomassenutzung. Expert:innen aus der angewandten Forschung präsentieren Projektideen, erklären Ergebnisse und diskutieren Lösungsansätze.

### Neuste Publikationen

Händler T, Röbisch J (2025): Focus on: Bioenergie und Wasserstoff: Ergebnisse des Seminars (29. & 30.04.2025) »Wasserstoff aus biogenen Reststoffen«. 02/2025. DOI: 10.48480/g25p-6q02

Händler T, Röbisch J (2025): Focus on: Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt: Flexibilisierung & alternative Brennstoffe. DOI: 10.48480/mraf-xv75

Händler T, Röbisch J (2025): Focus on: Bioenergie und Wasserstoff: Neue Entwicklungen bis hin zur kommerziellen Anwendung. Projektergebnisse 2023-2024. 01/2025. DOI: 10.48480/m18p-ys30

# POSTER PITCH

DONNERSTAG 12:00–12:15 UHR

*Wissenschaftler:innen bringen ihr Forschungsthema für genau eine Minute auf die Bühne:*

**Kurz, klar, kreativ** zeigen Sie dem Konferenzpublikum im Schillersaal, warum ihr Poster einen Besuch wert ist.



# BEREITS ANGEMELDET? NEWSLETTER ZUR ENERGETISCHEN BIOMASSENUTZUNG

*Forschung, Events & Workshops, News & Austausch.  
Alles rund um die Bioenergie.*



Hier anmelden!



# KLEINES FEEDBACK ZUR STATUSKONFERENZ

4 Fragen • 1 Minute



# PRÄSENTATIONEN UNTERNEHMEN



[www.schmidmeier.com](http://www.schmidmeier.com)



[www.awite.de](http://www.awite.de)

# AMBARTEC

[www.ambartec.de](http://www.ambartec.de)

# VORTRÄGE

## Flexibilisierung der Faulgaserzeugung – Entwicklung eines intelligenten Energiemanagementsystems

FKZ-Nr. 03EI5489:

Entwicklung und Aufbau eines intelligenten Energiemanagementsystems für eine flexibilisierte und bedarfsgerechte Faulgasnutzung

### EINLEITUNG

Kläranlagen müssen flexibel auf Schwankungen der Zulaufmengen und -frachten reagieren, wodurch es zu starken Fluktuationen der energetischen Lasten sowohl im Tages- und Wochengang als auch im jahreszeitlichen Wechsel kommt. Der Betrieb der Kläranlagen schwankt dadurch permanent um die energetische Ideallinie. Ein großes Potential zur Reduzierung des Energiebedarfs, des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks und in weiterer Konsequenz der Energiekosten liegt somit in einer sukzessiven Annäherung an diese ideale Betriebslinie. Mit den heute verfügbaren technischen Systemen ist diese Annäherung an die energetische Ideallinie nur schwer zu erreichen. Zur Betriebsführung werden Leit- und Automatisierungssysteme eingesetzt, die das Bedienpersonal bei der Einhaltung statischer Soll- und Grenzwerte unterstützen. Damit konnten in den letzten Jahren z. T. erhebliche Reduzierungen des Energieeinsatzes erzielt werden. Allerdings ist die Steuerung von Prozessen, die stark schwankenden Randbedingungen unterworfen sind, mittels statischer Sollwerte nicht optimal. Stattdessen sollte zukünftig eine Betriebsweise mit dynamischen Sollwerten angestrebt werden. Die vorausschauende Betriebsführung zur Erhöhung der Eigenstromnutzung (insbesondere durch die bedarfsgerechte Faulgaserzeugung, -speicherung und -nutzung) kann in weiterer Konsequenz auch für einen netzdienlichen Betrieb der Anlage genutzt werden. Dadurch ist neben einer Entlastung der öffentlichen Netze und damit einer indirekten Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energien im Gesamtsystem auch das Potential für die Kläranlage gegeben, durch die Etablierung einer atypischen Netznutzung nach Stromnetzentgeltverordnung, Kostenvorteile zu erzielen.

### ZIELSETZUNG

Ergebnisse aus FLXsynErgy (Flexible und vollenergetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe: Faulungen und Biogasanlagen als Energieverbraucher, -speicher und -erzeuger) haben gezeigt, dass Faulungen hinsichtlich der Raumbelastung eine hohe Flexibilität aufweisen, welche den tatsächlichen Bedarf übersteigen (vgl. Abbildung 1) [1], [2]. Auch konnte der Bedarf von Substratspeicherkapazitäten quantitativ am Beispiel einer Anlage aufgezeigt werden. Letztlich fehlt es noch an einem Steuerungssystem, um den Betrieb von Substratspeicher, Faulung, Gasspeicher und BHKW aufeinander abzustimmen, um die Energiebilanz kontinuierlich auszugleichen. Dies soll im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Aufbau eines intelligenten Energiemanagementsystems für eine flexibilisierte und bedarfsgerechte Faulgasnutzung - iEFlex“ erfolgen. Ein Augenmerk soll dabei auf das veränderte Energiedargebot auf der Kläranlage in der Folge des Ausbaus von PV-Anlagen gelegt werden (vgl. Abbildung 2).

### Keywords

Faulung, Energie, Flexibilisierung

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht somit darin, ein intelligentes Energieeffizienzmanagement-System (iEEMS) für kommunale Kläranlagen zu entwickeln, dieses auf einer realen Kläranlage unter praktischen Bedingungen zu erproben und die Übertragbarkeit auf weitere Klärwerke zu betrachten.

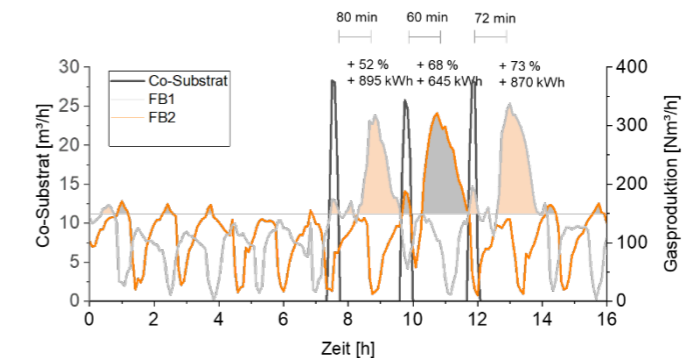


Abbildung 1: Gasproduktionsraten sowie transferierte Energie in Folge dreier Beschickungen

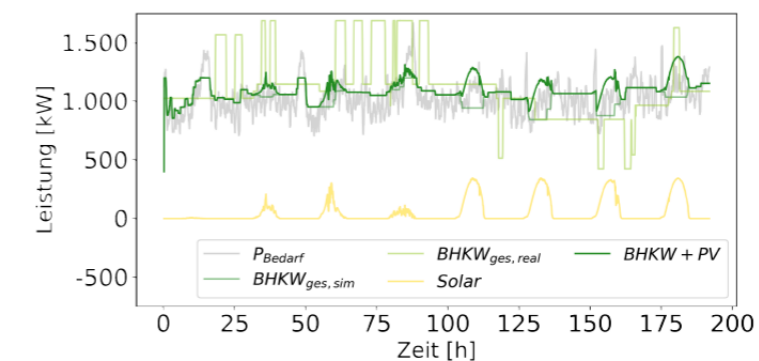


Abbildung 2: Angepasster Betrieb in Folge der Installation von PV-Leistung [3]

Aus den Erkenntnissen wurden für das Projekt iEFlex folgendes Anforderungsprofil an das intelligente Energieeffizienzmanagement-System abgeleitet:

- Kontinuierliche Überwachung und online-Simulation des Anlagenbetriebs als Grundlage für den Aufbau und Betrieb eines Digitalen Zwillings der Anlage
- Prognose der vorhandenen Energiemengen aus der Faulung (sowie EE-Anlagen)
- Digitaler Zwilling zur Prognose der zu erwartenden energetischen Lasten und Ableitung verfahrenstechnischer Kennzahlen, inkl. treibhausgasrelevanter Kennzahlen
- Implementierung von Optimierungsroutinen zur Erstellung von Bedienvorschlägen bzw. Fahrplänen für bestimmte Energieverbraucher und -erzeuger zur Hebung von Flexibilisierungspotentialen
- Fortlaufende Darstellung und Abgleich von Ist- und Sollwerten

[1] Hubert, Christian; Steiniger, Bettina; Schaum, Christian; Kretzschmar, Jörg; Winkler, Manuel; Mauky, Eric; Athanasiadis, Konstantinos; Henker, Jens; Einsiedel, Stefan; Wallacher, Johannes; Heinrich, Markus; Zimmer, Lorenz; Schwarz, Lemar; Berger, Lea; Mergelmeyer, Martin (2024): Flexible und vollenergetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe: Faulungen und Biogasanlagen als Energieverbraucher, -speicher und -erzeuger, Abschlussbericht, ISBN: 978-3-98997-004-5, <https://athene-forschung.unibw.de/150121>

[2] FLXsynErgy (2024): Impulse zur Flexibilisierung der Faulung als Beitrag zur Energiewende, Impulspapier, [https://www.unibw.de/wasserwesen/swa/aktuelle-nachrichten/flxsynergy\\_impulspapier\\_rz-online-version.pdf](https://www.unibw.de/wasserwesen/swa/aktuelle-nachrichten/flxsynergy_impulspapier_rz-online-version.pdf)

[3] Hubert, Christian (2025): Bedarfsgerechte Faulgaserzeugung im Kontext der Energiewende, Dissertation, in Druck.

### Literatur

Christian Hubert, Christian Schaum  
 Universität der Bundeswehr München, Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg

christian.hubert@unibw.de // christian.schaum@unibw.dee

## KLAEFFIZIENTER

Constantin Heim, Jonas Miederer, Lukas Frank, Nora Elhaus, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl

## Erstellung von Kurzzeitprognosen zur energetischen Optimierung von Kläranlagen mit katalytischer Methanisierung

FKZ-Nr. 03EI5477:

Optimierung der katalytischen Direktmethanisierung auf Kläranlagen zur Energiespeicherung und Erhöhung der Anlageneffizienz



Die neue kommunale Abwasserrichtlinie (KARL) der EU ist ein bedeutender Schritt in Richtung Nachhaltigkeit der Wasserwirtschaft, stellt diese jedoch auch vor erhebliche Herausforderungen. Die Richtlinie sieht zum einen neue Standards für die Abwasserreinigung vor, beispielsweise eine vierte Reinigungsstufe zur Entfernung von Spurenstoffen wie Medikamentenresten. Zum anderen hat sie aber auch die Energieneutralität der gesamten Branche bis 2045 als Ziel [1, 2]. Die Größe der Aufgabe wird bei Betrachtung des Energieverbrauchs von Kläranlagen klar: In Europa macht dieser circa 1% der Gesamtenergieproduktion aus [3]. Um das Ziel zu erreichen ist daher nicht nur ein Ausbau erneuerbarer Energien im Umfeld der Kläranlagen, sondern auch die Optimierung des Energiesystems „Klärwerk“ notwendig.

An diesem Punkt setzt das Forschungsprojekt „KLAEFFIZIENTER“ an, das die katalytische Methanisierung von Klärgasen zum Ziel hat. Dadurch sollen Fluktuationen in der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien durch die Erzeugung von Wasserstoff ausgeglichen und dieser mit dem Kohlenstoffdioxid des Klärgases zu Methan umgesetzt werden. Die auftretenden Synergieeffekte können zudem die Energieeffizienz der Kläranlagen erhöhen. Im Projekt wird das Gesamtsystem Kläranlage mit Methanisierung simuliert, um einen digitalen Zwilling zu erhalten, an dem verschiedene Optimierungsansätze erforscht werden können. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Nutzung von Prädiktionen, um so Informationen über den Anlagenzustand in naher Zukunft zu erhalten. Ein Controller kann ausgehend von den Vorhersagen eine optimale Einsatzplanung der einzelnen Komponenten im Kläranlagengesamtsystem durchführen.

Wichtige Eingabeparameter für die Optimierung sind Informationen über den Strom- und Gasmarkt bezüglich aktueller Preise, sowie die Daten des Abwassers, das durch die Kläranlage gereinigt werden muss. Bei Letzteren kommt es zum einen auf den Zuflussvolumenstrom und die Zusammensetzung des Abwassers an, welche großen Schwankungen unterliegen können. Um diese vorherzusagen, werden deshalb Methoden des maschinellen Lernens angewandt. Neben klassischen vorwärtsgerichteten Neuronalen Netzen werden auch rekurrente wie das sogenannte Long Short-Term Memory (LSTM) genutzt. Beim Training kommen historische Datensätze zum Einsatz, die von den am Projekt beteiligten Kläranlagen in Nürnberg, Weißenburg und Pfaffenhofen a.d. Ilm stammen.

Wie in Abbildung 1 dargestellt ist, werden die Prognosen jeweils basierend auf den Daten der letzten 36 Stunden für das gleiche Zeitintervall in die Zukunft erstellt. Die Neuronalen Netze lernen somit Charakteristika anhand des zeitlichen Verlaufs der Zuflussparameter, die es erlauben, die zukünftigen Werte abzuschätzen. Zu den Zuflussparametern gehören neben dem in der Abbildung gezeigten Volumenstrom auch die Zusammensetzung des Abwassers, charakterisiert durch den pH, den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) oder die Stickstoffgehalte. Mit diesem Ansatz lassen sich die üblichen Schwankungen im Tages- und Jahresverlauf gut vorhersagen, lediglich Regenereignisse und daraus resultierende hohe Abwasserströme können nicht abgebildet werden. Aus diesem Grund werden die Eingabeparameter des Modells um Werte einer Niederschlagsvorhersage für den Prognosezeitraum ergänzt. Durch diese zusätzliche Information liegt die Genauigkeit der Vorhersage auch bei Regenereignissen deutlich höher, was eine Verwendung für den weiteren Simulationsprozess ermöglicht.

## Keywords

Prädiktionen, Machine Learning, Methanisierung, Kläranlage, Energiesystem

## Integrierte Anlagekonzepte

Im nächsten Schritt des Projekts soll das Prognosetool deshalb mit der Simulation der Kläranlage gekoppelt werden, um so eine Vorhersage des Zustands aller Anlagenkomponenten zu ermöglichen. Somit ist eine energetische Optimierung des Gesamtprozesses in Zusammenhang mit einer Methanisierung des Klärgases möglich.

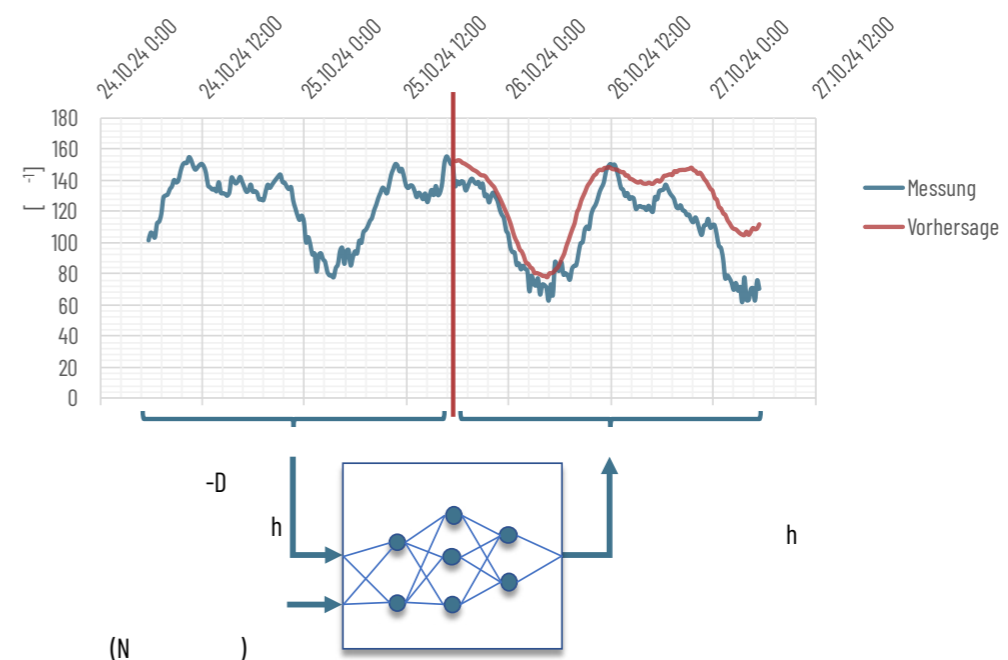


Abbildung 1:  
Vorhersage des Abwasserzuflusses mit Hilfe neuronaler Netze

## WEITERE INFORMATIONEN

- <https://www.evt.tf.fau.de/forschung/schwerpunktekart/ag-energiesysteme/bmwk-projekt-klaeffizienter/>
- <https://www.energetische-biomassenutzung.de/de/projekte/03EI5477>

- [1] 1. Richtlinie (EU) 2024/3019 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2024 über die Behandlung von kommunalem Abwasser.
- [2] DWA - Kommunalabwasserrichtlinie (KARL). <https://de.dwa.de/de/kommunalabwasserrichtlinie-karl.html#neuerungen>. Accessed 27 Jun 2025
- [3] Santos E, Albuquerque A, Lisboa I, Murray P, Ermis H (2022) Economic Assessment of Energy Consumption in Wastewater Treatment Plants: Applicability of Alternative Nature-Based Technologies in Portugal. Water (Switzerland). <https://doi.org/10.3390/w14132042>

## Literatur

Constantin Heim\*, Jonas Miederer, Lukas Frank, Nora Elhaus, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg, Deutschland

constantin.heim@fau.de

## Dynamische Modellierung und Validierung des Wärmemanagements flexibler Biogasanlagen

### FKZ-Nr. 03EI5467:

Optimierung des Wärmemanagements flexibler Biogasanlagen - Entwicklung und Umsetzung adaptiver Lösungskonzepte zur effizienten Wärmenutzung bei hoher strommarktorientierter Flexibilität und vermehrtem Rest- und Abfallstoffeinsatz



### HINTERGRUND UND ZIEL

Die zukünftige klimaneutrale Energieversorgung in Deutschland wird maßgeblich auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basieren. Um die damit verbundenen prognostizierten und unvorhersehbaren Schwankungen von Energienachfrage und -angebot auszugleichen, sind Flexibilitätsoptionen wie Biogasanlagen (BGA) unerlässlich. Der langfristige Erhalt der steuerbaren Bioenergie ist dabei allerdings von einer nachhaltigen und wirtschaftlichen Energiebereitstellung abhängig. Im Forschungsprojekt FlexWasteHeat wird daher untersucht, wie drei zentrale Anforderungen an die Integration flexibler BGA in ein CO<sub>2</sub>-neutrales Energiesystem gleichzeitig erfüllt werden können:

- Strommarktorientierter Betrieb zur Maximierung von Stromerlösen
- Hoher Wärmenutzungsgrad zur Steigerung der Gesamteffizienz
- Erhöhter Reststoffeinsatz zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und Substratkosten

Dabei soll ein besonderer Fokus auf das Wärmemanagement gelegt werden.

Die zentralen methodischen Werkzeuge zur Untersuchung dieser Wechselwirkungen sind dynamische, realitätsnahe Modelle von acht ausgewählten Praxisanlagen. Diese werden im Projekt entwickelt, validiert und angewendet, um relevante Einflussgrößen sowie Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren. Durch die Verknüpfung mit praktischen Erfahrungswerten aus Betrieb und Industrie lassen sich daraus gezielt übertragbare steuerungs- und regelungstechnische Maßnahmen sowie technische Systemanpassungen ableiten.

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Für eine ganzheitliche Optimierung werden aufgabenspezifische Teilmodelle in ein gekoppeltes Gesamtmodell der BGA integriert. Die Modellarchitektur folgt einem Bottom-up-Ansatz und wird in MATLAB/Simulink [1] implementiert (siehe Abbildung 1).

Die thermische Bilanzierung des Fermenters (Modell 1) erfolgt über ein Differentialgleichungssystem [2, 3]. Der Fermenter wird hierbei vertikal in vier Bilanzregionen eingeteilt, um Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung innerhalb des Reaktors detaillierter zu erfassen. Zusätzlich werden Wärmeverluste über die Fermenterhülle, das Gebläse des Tragluftdachs sowie durch Zu- und Abfuhr von Frischmasse modelliert.

Die anaerobe Fermentation wird basierend auf dem ADM1-R4 [4] abgebildet (Modell 2). Entsprechende Anpassungen ermöglichen hierbei die Anwendung auf seriell verschaltete Systeme mit flexiblem Gasvolumen. Die Modelle für die Wärmeübertragung und -Verluste sowie die anaerobe Fermentation werden über die Gastemperatur und Substratzufuhr miteinander gekoppelt (Modell 3). Dieses wird hydraulisch und thermisch über einen Wärmetauscher an das Wärmeverteilsystem der BGA angebunden (Modell 5). Die Darstellung der entsprechenden Komponenten, z. B. Wärmespeicher, Pumpen und Rohrleitungen, basiert auf der Carnot-Toolbox [5] in MATLAB/Simulink [1]. Ebenfalls modelliert sind Blockheizkraftwerke und Wärmesenken, z. B. ein Wärmenetz, sowie die entsprechende Regelung aller Komponenten (Modell 4).

### Keywords

Wärmenutzung, Flexibilisierung, Dynamische Modellierung, Lineare Optimierung, Validierung

Der flexible Anlagenbetrieb wird durch Integration einer gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung dargestellt (Modell 6). Basierend auf Eingangsdaten wie Wetter, Strompreisen, Wärmelasten und dem Speicherfüllstand wird den Erzeugungseinheiten ein Leistungssollwert vorgegeben. In regelmäßigen Abständen wird der Algorithmus erneut unter aktualisierten Randbedingungen durchgeführt. Ein objektorientierter Aufbau ermöglicht eine automatisierte und anlagenspezifische Adaption.

### ERGEBNISSE

Die Validierung der gekoppelten Teilmodelle erfolgt anhand von Betriebsdaten mehrerer landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Im Rahmen des Konferenzbeitrags werden erste Ergebnisse der Bewertung der Modellgenauigkeit unter realen Betriebsbedingungen vorgestellt. Zudem wird die Aussagekraft der Validierung analysiert, insbesondere vor dem Hintergrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit infolge begrenzter Messstellen in landwirtschaftlichen Praxisanlagen.

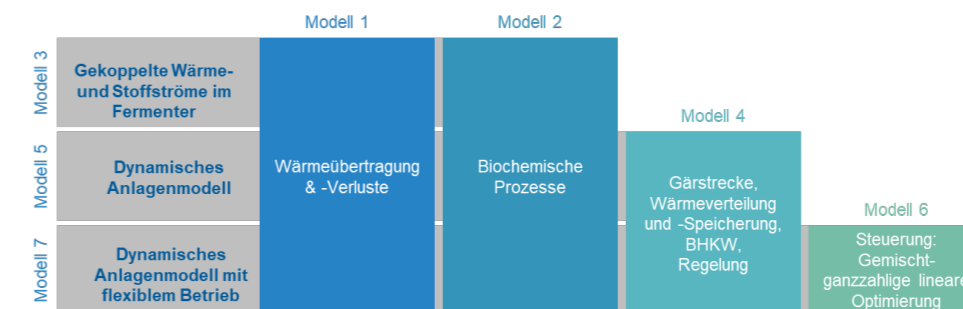


Abbildung 1: Schematische Darstellung der gekoppelten Teilmodelle

[1] MATHWORKS (2024): MATLAB. Version R2024b.

[2] AHMADI, A.; AVILA, M.; BARNA, L. (2023): Pathways for the thermally optimal design and practice of anaerobic digestion in large-scale biogas plants: Heat transfer modeling and energy analysis. In: Chemical Engineering Research and Design, 197, 884-907. doi: 10.1016/j.cherd.2023.08.024

[3] HREIZ, R., et al. (2017): Modeling and simulation of heat transfer phenomena in a semi-buried anaerobic digester. In: Chemical Engineering Research and Design, 119, 101-116. doi: 10.1016/j.cherd.2017.01.007

[4] WEINRICH, S.; NELLES, M. (2021): Systematic simplification of the Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1) - Model development and stoichiometric analysis. In: Bioresource Technology, 333, 125124. doi: 10.1016/j.biortech.2021.125124

[5] SOLAR-INSTITUT JÜLICH DER FH AACHEN: CARNOT Toolbox. Version 8.0.2 (MATLAB 2021b).

### Literatur

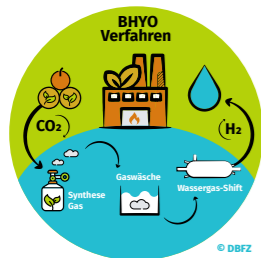
Tobias Baldauf\*, Prof. Dr.-Ing. Markus Goldbrunner  
Institut für neue Energie-Systeme, Technische Hochschule Ingolstadt  
Esplanade 10, 85049 Ingolstadt, Deutschland, [www.thi.de/go/energie](http://www.thi.de/go/energie)

tobias.baldauf@thi.de

## Organischer Wasserstoff aus biogenen Reststoffen – Aufbau, Inbetriebnahme und erste Ergebnisse aus der bhyo-Pilotanlage

FKZ-Nr. 03EI5472:

Klimaneutrale Wärmenutzung  
und Wasserstoffherzeugung aus  
biogenen Rest- und Abfallstoffen



### HINTERGRUND UND ZIEL

Die Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe für die klimaneutrale Energieversorgung ist ein zentrales Element einer nachhaltigen Transformation. Das vom BMWK geförderte Verbundvorhaben BioH2 verfolgt das Ziel, organischen Wasserstoff – also CO<sub>2</sub>-negativen H<sub>2</sub> aus lokal verfügbaren biogenen Reststoffen – technisch und wirtschaftlich zu demonstrieren. Das Kernstück bildet eine modulare Pilotanlage, die in Speyer aufgebaut, erweitert und aktuell im Probebetrieb gefahren wird.

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Nach der baulichen Umsetzung und dem mechanischen Aufbau wurde die Prozesanlage stufenweise in Betrieb genommen. Die wesentlichen Teilschritte umfassten:

- Medien-Inbetriebnahme (Stickstoff, Dampf, Propan)
- Aufbau der Gasreinigung (inkl. Zyklone, Wärmetauscher, Filter)
- Sicherheitskonzepte, Brandschutzmaßnahmen, HAZOP
- Integration der Prozessleittechnik (WinCC, SPS, Sensorik)
- Erste Testkampagne mit heißem Probebetrieb inkl. Synthesegas-Produktion

### ERGEBNISSE

In der ersten 48h-Testkampagne wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Erfolgreiche Produktion von Synthesegas bei >800°C
- Nachweis der hybriden (allo+autothermen) Betriebsweise
- Wasserstoffgehalt im Gas von 30–40 Vol.-%
- Erfassung charakteristischer Druckdifferenzkurven der Wirbelschicht
- Erste Gasanalyse durch Projektpartner DBFZ & TH Bingen
- Flammenbildbeobachtung an der Fackel und Checklisten zur Betriebssicherheit

### Keywords

organischer Wasserstoff,  
Reststoffe, Reforming,  
Synthesegas,  
Kreislaufwirtschaft

Parallel wurde die Dokumentation aller Schritte (An- & Abfahrbeschreibung, IBN-Checklisten, Betriebsanweisungen) abgeschlossen. Die Anlage ist nun bereit für mehrtägige Betriebskampagnen mit unterschiedlichen Reststoffen.

Martin Karch\*, Rolf Schmitt, Stefan Rössler  
bhyo. GmbH, Ostring 128, 67069 Ludwigshafen, Deutschland

[martin.karch@bhyo.de](mailto:martin.karch@bhyo.de)





Philipp Knötig, Karin Naumann, Philipp Wilker, Bomin Yuan, Dr. Marcel Pohl

## Betrieb einer Bioraffinerie im Pilotmaßstab zur Herstellung von erneuerbarem Methan aus biogenem CO<sub>2</sub> sowie weiterer wertschöpfender Produkte aus Nebenströmen

**Pilot-SBG:**  
Bioressourcen und Wasserstoff zu Methan als Kraftstoff – Forschungsbetrieb und Konzeptoptimierung einer Anlage im Pilotmaßstab



Im Projekt Pilot-SBG wurde eine Bioraffinerie im Pilot-Maßstab entwickelt und errichtet. Zur Statuskonferenz 2025 werden wir Daten aus dem kontinuierlichen Betrieb präsentieren. Diese Daten fließen u.a. in die Entwicklung wettbewerbsfähiger, kommerzieller Bioraffineriekonzepte. Ein Einblick in deren Bewertung wird Teil der Präsentation sein. Die Pilotanlage besteht aus miteinander verschalteten, innovativen und dem Stand der Technik entsprechenden Modulen, wie: Methanisierung, anaerobe Vergärung, hydrothermale Prozessen sowie Aufreinigungs- und Separationstechnologien. Es handelt sich um eine integrierte, intensiv überwachte und hochautomatisierte kontinuierliche Anlage mit umfangreicher Datenerfassung. Sie wird in einer 1.000 m<sup>2</sup> großen Versuchshalle am DBFZ in Leipzig betrieben.

Vielversprechende Substrate (RED II ANNEX IX A) – wie Weizenstroh, Rindermist sowie Grünschnitt und biogene Abfälle – werden zur Erzeugung von erneuerbarem Methan und wertschöpfenden Nebenprodukten eingesetzt.

Derzeit wird eine Mischung aus Weizenstroh und Rindermist verarbeitet. Bei Spitzenbetrieb werden etwa 1 Tonne Frischmasse pro Woche zugeführt, wodurch 21–28 m<sup>3</sup>/Woche Biogas entstehen. Dessen Zusammensetzung liegt bei ca. 50–55 % CH<sub>4</sub>, 45–50 % CO<sub>2</sub> und 250–500 ppm H<sub>2</sub>S. In der Methanisierungsstufe wird ein CO<sub>2</sub>-Umsatz von 98 % erreicht. Aufgrund von diffusen N<sub>2</sub>-Verunreinigungen, liegt der Anteil an erneuerbarem Methan im Produktgas derzeit bei 90%; in zukünftigen Kampagnen wird ein Gehalt von 95–99% angestrebt. Im Sinne einer ganzheitlichen Bioraffinerie werden, neben dem Methan, weitere Nebenprodukte (aus dem Gärrest) betrachtet – insbesondere Dünger und Hydrokohle. Ein erstes kommerzielles Bioraffinerie-Konzept (analog der Pilotanlage) zur Verwertung landwirtschaftlicher Reststoffe basierend auf Labordaten konnte zeigen, dass das erzeugte erneuerbare LNG mit Produktionskosten von 2,18 EUR/kg [1] und anschließender Berücksichtigung der THG Quote, auf dem deutschen Kraftstoffmarkt wettbewerbsfähig sein kann.

### Keywords

Bioraffinerie, E-Fuel, Bio-Methan, LNG, Nährstoffe

Das Projekt adressiert zentrale Themen wie Kaskadennutzung von Biomasse, Kreislaufwirtschaft, Sektorkopplung, CO<sub>2</sub>-Minderung durch Power-to-X (Biogas-Methanisierung) sowie die dezentrale und regionale Energieversorgung. Ein besonderer Schwerpunkt unseres Konzepts ist die Nutzung von grünem Wasserstoff in Kombination mit biogenem CO<sub>2</sub>. Diese Technologie begegnet, neben der Bereitstellung erneuerbarer Chemikalien

und Kraftstoffen, weiteren Herausforderungen der Energiewende. Zu nennen sind hier vor allem die Speicherung von grünem Wasserstoff in Form des Trägermoleküls Methan und dessen einfacher Verteilung über das bestehende Erdgasnetz sowie die Minderung industrieller CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit die Reduktion der entsprechenden Vermeidungskosten. Darüber hinaus bietet dieses Bioraffineriekonzept eine flexible Lösung, die es ermöglicht, dynamisch zwischen Energieerzeugung – je nach Marktlage – und der Produktion von Chemikalien zu wechseln, wenn die Strom- und Wasserstoffpreise günstig sind. Das Ziel ist es in Folgeprojekten die Machbarkeit dieser Fahrweise zu demonstrieren.

### WEITERE INFORMATIONEN

- <https://www.dbfz.de/pilot-sbg>
- Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr unter Aktenzeichen 3552.1 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich bei den Autor:innen.

[1] Röder, L. S.; Nitzsche, R.; Etzold, H.; Oehmichen, K. (2024). Beispielkonzept zur Bereitstellung von erneuerbarem LNG aus biogenen Rest- und Abfallstoffen und erneuerbarem Wasserstoff im kommerziellen Maßstab: Fokusheft im Projekt Pilot-SBG. Leipzig: DBFZ. 31 S. ISBN: 978-3-949807-06-0. DOI: 10.48480/jsct-z879. (<https://www.dbfz.de/pressemediathek/weitere-publikationen/broschueren/pilot-sbg-beispielkonzept>)

### Literatur

Philipp Knötig\*, Karin Naumann, Philipp Wilker, Bomin Yuan, Dr. Marcel Pohl  
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, Deutschland

Philipp.knoetig@dbfz.de



Lena Hanik, Dr.-Ing. Andy Gradel

## BioMeSyn – Methanol aus Biogas

13BDB60032

Dezentrale Bio-Methanol-Herstellung als Substituent in der fossilen Synthesegaschemie und Wertschöpfungsalternative zur Biogasverstromung

### HINTERGRUND ODER ZIEL

Die Substitution fossiler Energieträger ist ein zentrales Element der Energiewende. Bio-Methanol spielt dabei eine wichtige Rolle, sowohl als Plattformchemikalie in der chemischen Industrie als auch als klimafreundlicher Energieträger im Verkehrssektor. Der jährliche Methanolbedarf in Deutschland beläuft sich auf ca. 1,1 Mio. Tonnen und wird bislang nahezu vollständig durch fossile Quellen gedeckt.

Ein vielversprechender Ansatz zur Dekarbonisierung dieser Sektoren ist die Herstellung von Methanol aus biogenen Quellen. Genau hier setzt das Projekt BioMeSyn an und zielt darauf ab, die bereits in einer Versuchsanlage erfolgreich erprobte Technologie zur dezentralen Methanolherstellung aus Biogas in den Realmaßstab zu überführen. An zwei konkreten Biogasanlagenstandorten wird die technische Umsetzung sowie die wirtschaftliche Betrachtung geprüft, um tragfähige Geschäftsmodellen für eine nachhaltige Methanolproduktion zu entwickeln. Damit eröffnet das Projekt neue Wertschöpfungsalternativen für Betreiber von Biogasanlagen, die perspektivisch aus der EEG-Förderung fallen. Abbildung 1 zeigt den groben Prozessablauf der Methanolherstellung.

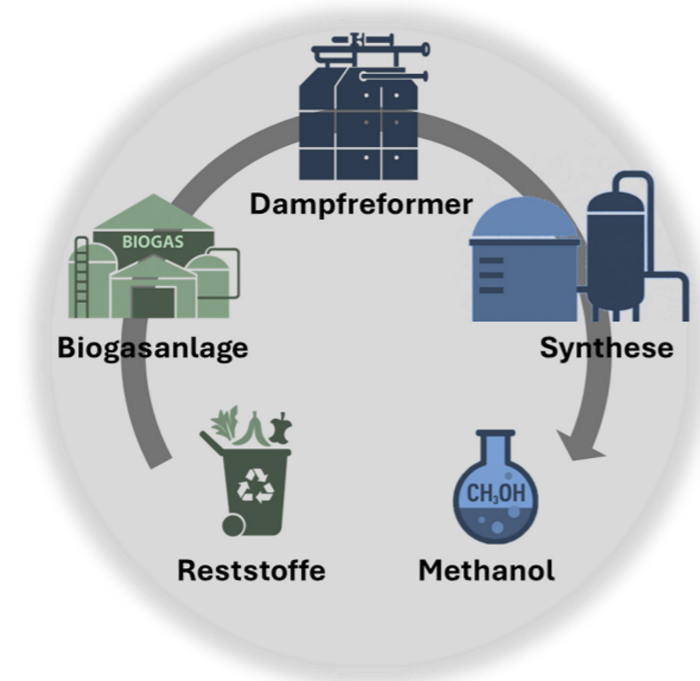


Abbildung 1:  
Prozessablauf  
Methanolherstellung

### Keywords

Methanol, Synthese,  
Biokraftstoffe

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Im Teilvorhaben „Technisches Engineering und Kostenanalyse für einen Biogasreformer mit Methanolsynthese und Destillation“ wird auf Basis des Vorgängerprojekts GREEN-BEE, das die technische Machbarkeit der Methanolsynthese aus Biogas erstmals nachwies,

die Umsetzung in drei möglichen Szenarien weiterentwickelt. Neben der Auslegung von dem Biogaseingang über die Dampfreformierung bis hin zur Destillation gehören zu den zentralen Aktivitäten:

- die verfahrenstechnische Simulation und Bewertung verschiedener Anlagenkonzepte
- die detaillierte Ausarbeitung eines ausgewählten Konzepts bis zur Ausführungsreife
- Standortanalysen an zwei Biogasanlagen sowie eine umfassende techno-ökonomische Bewertung einschließlich Investitions- und Betriebskosten, Erlösmodellen und Vermarktungsoptionen.

### ERGEBNISSE

Der Vortrag zeigt die zentralen Grundlagen, Herausforderungen und technischen Zusammenhänge der Methanolsynthese aus Biogas und stellt Lösungsansätze für bestehende Hürden vor. Ein besonderer Fokus liegt auf der modellgestützten Auslegung des Verfahrens und den bisherigen Ergebnissen aus dem Projekt. Darüber hinaus werden potenzielle Zertifizierungswege für das erzeugte Bio-Methanol aufgezeigt sowie ein Ausblick auf die weiteren Schritte im Gesamtprojekt gegeben.

### WEITERE INFORMATIONEN

- [www.btx-energy.de](http://www.btx-energy.de)

- [1] GERES, R., KOHN, A., AUSFELDER, F., AND BAZZANELLA, A. M. (2019): Roadmap Chemie 2050: Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland, München.
- [2] GROMKE, J. AND RENSBERG, N. (2020): Optionen für Biogas-Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht.

### Literatur

Lena Hanik\*, Dr.-Ing. Andy Gradel  
BtX energy GmbH, Esbachgraben 1, 95463 Bindlach

[Lena.hanik@btx-energy.de](mailto:Lena.hanik@btx-energy.de)

Ursula Roth, Bernd Wirth, Dr. Ievgeniia Morozova, Mark Paterson, Tino Sperk,  
Jens Strahl, Dirk Bonse, Dr. Stefan Rauh



## Biokraftstoffkonzepte für landwirtschaftliche Biogasanlagen

Derzeit stehen viele Betreibende von Biogasanlagen vor der Frage, ob sich für ihre Anlage nach Ablauf der 20-jährigen Laufzeit der EEG-Vergütung eine Perspektive für den Weiterbetrieb bietet – und welche. Die Bereitstellung von Biomethan für den Verkehrssektor, unter Umständen auch in Kombination mit Strom und Wärmeerzeugung, kann hier eine zukunftsfähige Option darstellen.

Die zielgerichtete Aufbereitung von Informationen zur Erschließung von Post-EEG-Geschäftsfeldern, wie sie im FNR-Verbundvorhaben „BIOKRAFT“ (Wirth et al. 2025) stattfand, ist Grundvoraussetzung dafür, dass Anlagenbetreibende und Beratende Entscheidungen über einen möglichen Weiterbetrieb fällen können. Für diese Zielgruppen wurden im Vorhaben ein umfangreicher Leitfaden erstellt und eine praxisnahe Web-Anwendung entwickelt.

Wichtiger Bestandteil des Leitfadens (KTBL 2025) sind Modellberechnungen, in denen ausgewählte Kraftstoffbereitstellungspfade für typische Biogasanlagengrößen (Tabelle 1) berechnet und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet werden.

### Keywords

Biokraftstoff, BioCNG,  
BioLNG, THG-Quote,  
Post-EEG-Option

**Tabelle 1:**  
Betrachtete  
Kraftstoffbereit-  
stellungspfade

Konzepte und Pfade	Biokraftstoff	Tankstellengröße	Biokraftstoff-menge* t/Monat	Maximale BGAA-Leistung Nm <sup>3</sup> /h Rohgas	Betrachtete BGA-Größen ursprüngliche HBM
<b>KONZEPT 1: TANKSTELLE AM BGA-STANDORT</b>					
1.1	BioCNG	mikro	3	10	200 kW
1.2		klein	7	25	
1.3		mittel	13	50	
1.4		groß	50	190	500, 1.000 kW
<b>KONZEPT 2: TANKSTELLE GETRENNT VOM BGA-STANDORT, BGA MIT GASNETZANSCHLUSS</b>					
2.1	BioCNG	mittel	13	50	200 kW
2.2		groß	50	190	500, 1.000 kW
<b>KONZEPT 3: TANKSTELLE GETRENNT VOM BGA-STANDORT, OHNE GASNETZANSCHLUSS „MOBILE BRÜCKE“ (LKW)</b>					
3.1	BioCNG	groß	50	190	500,
3.2	BioLNG	groß	50	190	1.000 kW
3.3		sehr groß	100	390	1.000 kW

BGAA: Biogasaufbereitungsanlage; BGA: Biogasanlage; HBM: Höchstbemessungsleistung  
\* Biomethan für die Biokraftstoffe stammt ausschließlich aus Wirtschaftsdünger und Reststoffen.

Allerdings ist für kleine Anlagen ein wirtschaftlicher Betrieb nur bedingt zu erreichen – trotz der möglichen zusätzlichen Erlöse aus dem Treibhausgasquotenhandel im Verkehrssektor. Aufgrund von Skaleneffekten sind kleindimensionierte Aufbereitungsanlagen vergleichsweise teuer.

Umso wichtiger ist in diesen Fällen eine sorgfältige Analyse des Absatzpotenzials: Ist z.B. durch eine Kooperation mit einem Logistikunternehmen, die Nähe zu einem Fernverkehrsweg oder eigene Biomethantraktoren ein ausreichend stabiler Absatz gesichert? Oder macht bei einem Standort in der Nähe des Erdgasnetzes ein anlagenferner Tankstellenstandort mit einer Durchleitung durch das Gasnetz Sinn?

Vor allem aber sollten Betreibende kleiner Biogasanlagen den Zusammenschluss mit anderen Anlagen in einem Biomethancluster in Erwägung ziehen, in dem die Rohgasmen-gen mehrerer Anlagen zentral in einer gemeinsamen Biogasaufbereitungsanlage verwertet werden. So lassen sich Skaleneffekte sowohl für die Aufbereitung als auch auf Seiten der Vermarktung nutzen und so für die einzelnen Anlagen eine Wirtschaftlichkeit erreichen. Aktuell stehen viele Betreiber jedoch vor der Herausforderung, Entscheidungen auf Basis unsicherer Rahmenbedingungen treffen zu müssen. So steht zum einen die Umsetzung der RED III in nationales Recht noch immer aus, so dass u.a. die Erlöse aus dem THG-Quotenhandel nicht sicher abgeschätzt werden können. Zum anderen ist mit dem Auslaufen der Gasnetzzugangsverordnung zum 31.12.2025 die zukünftige Beteiligung des Anschlussnehmers an den Anschlusskosten völlig unklar. Bisher war diese bei Entfernungen unter 1 Kilometer auf 250.000 € gedeckelt. Trotz dieser mangelnden Planungssicherheit erfordern lange Vorlaufzeiten insbesondere bei der Realisierung des Netzanschlusses eine baldige Festlegung des Weiterbetriebskonzepts, gerade für Anlagen mit begrenzter Restlaufzeit. Aufgrund der zahlreichen Möglichkeiten zur Anpassung auch in den ökonomischen Kenndaten erlaubt die Web-Anwendung „Bestandsanlagen“ die Berechnung paralleler Szenarien für die individuelle Anlagenkonfiguration. Auf diese Weise können mögliche finanzielle Risiken beispielhaft dargestellt und die Abwägung zwischen verschiedenen Weiterbetriebsoptionen unterstützt werden.

### WEITERE INFORMATIONEN

- KTBL-Homepage: [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)
- Post-EEG-Fachportal Zukunft Biogas: <https://www.zukunftbiogas.de/post-eeeg-projekte>

[1] WIRTH, B.; BONSE, D.; MOROZOVA, I.; PATERSON, M.; RAUH, S.; ROTH, U.; SPERK, T.; STRAHL, J. (2025): Leitfaden und Online-Anwendung zur Produktion und Bereitstellung erneuerbarer Kraftstoffe als Geschäftsfeld für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Schlussbericht zum Verbundvorhaben BIOKRAFT, FKZ 2220NR280A-C. Fachagentur Wachsende Rohstoffe e.V., Gülzow; URL: <https://www.fnr.de/fileadmin/projektdateibank/2220NR280A.pdf> (Stand 15.07.2025).  
KTBL (2025): Biomethan als Kraftstoff aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt; unveröffentlicht

### Literatur

Ursula Roth<sup>1\*</sup>, Bernd Wirth<sup>1</sup>, Dr. Ievgeniia Morozova<sup>1</sup>, Mark Paterson<sup>1</sup>, Tino Sperk<sup>2</sup>, Jens Strahl<sup>2</sup>, Dirk Bonse<sup>3</sup>, Dr. Stefan Rauh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL),  
Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt

<sup>2</sup> Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie, Steubenstraße 23, 99423 Weimar

<sup>3</sup> Fachverband Biogas e.V., Angerbrunnenstrasse 12, 85356 Freising

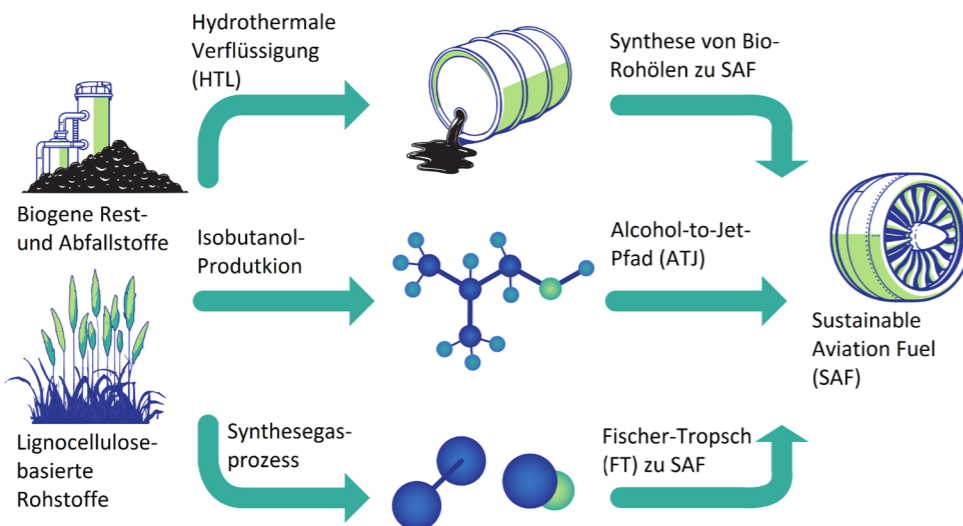
[u.roth@ktbl.de](mailto:u.roth@ktbl.de)

Niels Dögnitz, Max John Müller, Madhumita Gogoi Saikia

**Bereitstellung von Biokraftstoffen**

## Bieten sich ökonomische Chancen für Flugkraftstoffe aus biobasierten Rest- und Abfallstoffen?

Der Ausbau der Produktion nachhaltiger Biokraftstoffe für die Luftfahrt (sog. SAF – Sustainable Aviation Fuels) muss beschleunigt werden, um die für den Klimaschutz bis 2030 und 2050 und somit die durch das „ReFuelEU Aviation“-Luftfahrtprogramm gesteckten EU-Ziele zu erreichen. Gleichzeitig ist das Potenzial an Rest- und Abfallstoffen, welche bevorzugt für SAF eingesetzt werden sollen, begrenzt und die Bereitstellungstechnologien bedürfen teilweise noch essentieller, kostensenkender Entwicklungsschritte. Das Horizont-Europa-Projekt ICARUS (Internationale Zusammenarbeit für nachhaltige Biokraftstoffe für die Luftfahrt) zielt darauf ab, die gesamten Wertschöpfungsketten von drei vielversprechenden Produktionsrouten für SAF aus Rest- und Abfallstoffen zu untersuchen. Die betrachteten Bereitstellungsrouten umfassten die Hydrothermale Verflüssigung (HTL – Hydrothermal Liquefaction), einen Alcohol-to-Jet-Prozess (ATJ) sowie ein Fischer-Tropsch-basiertes Verfahren (FT), welche in Abbildung 1 in ICARUS betrachtete SAF-Routen dargestellt sind.



**Abbildung 1:** In ICARUS betrachtete nachhaltige Bereitstellungsrouten für Biokraftstoffe für die Luftfahrt (SAF - Sustainable Aviation Fuels) [1]

Die technische und wirtschaftliche Bewertung der drei ICARUS-Wertschöpfungsketten soll im Mittelpunkt dieser Veröffentlichung stehen. Hierzu wird der Fokus auf fortschrittlichen Biomassen nach Definition der Erneuerbaren-Energien-Direktive gelegt. Ziel ist dabei, die technische und wirtschaftliche Leistung der jeweiligen Routen über die Analyse von Schlüsselprozessindikatoren zu bewerten.

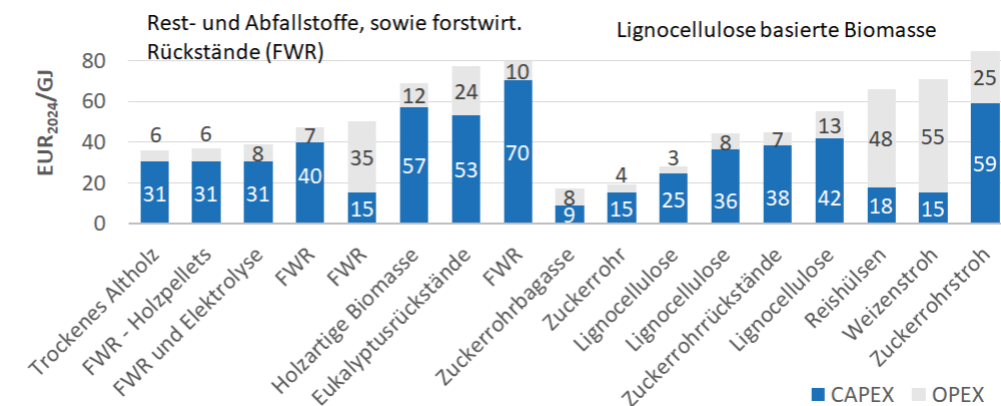
Im Rahmen der durchgeführten Literaturstudie [2] wurden 95 wissenschaftliche Arbeiten ausgewählt und analysiert. Der Schwerpunkt lag für den HTL-Prozess auf Algen und Klärschlamm, für den ATJ-Pfad auf lignocellulose-basierten Stoffen und für das FT-Verfahren auf Siedlungsabfällen sowie forst- und landwirtschaftlichen Abfällen. Der verfolgte Ansatz beinhaltete die Bewertung der Aspekte anhand von Schlüsselprozessindikatoren (KPIs – Key Performance Indicator), die sowohl technische als auch wirtschaftliche Faktoren umfassen. Diese KPIs wurden im Hinblick auf ihre Relevanz für die untersuchten spezifischen Wertschöpfungsketten definiert.

**Keywords**

Power-to-Liquid, Alcohol-to-Jet, Biocrude zu SAF, ökonomische Bewertung, technische Bewertung

Da die Unterschiede zwischen den betrachteten Prozessketten erheblich sind, wurde auf eine vergleichende oder übergreifende Bewertung verzichtet. An dieser Stelle soll beispielhaft auf den FT-Pfad eingegangen werden, wohingegen auf der Konferenz auch auf die Ergebnisse der beiden anderen Pfade präsentiert werden.

Die Vergasung von Biomasse und Abfällen mit anschließender FT-Synthese hat bemerkenswerte Fortschritte gemacht, wobei aktuell die Skalierung auf FT-SAF im Vordergrund steht. Die Datenanalyse zeigt, dass der zukünftige Preis von FT-SAF vor allem stark durch die Kapitalkosten (CAPEX), sowie die Kosten von Biomasse und Katalysatoren beeinflusst wird. Wie Abbildung 2 Aufteilung der CAPEX und OPEX für die FT-SAF-Pfade in der Analyse verschiedener Rohstoffe zeigt, spielen die Kapitalkosten die größte Rolle, wobei die Komplexität der Anlagen und die Gesamtkostenstruktur die Investitionsentscheidung erheblich beeinflussen. Für die Betriebskosten (OPEX) des Prozesses sind die wichtigsten Einflussfaktoren die Bereitstellung, der Transport und die Aufbereitung der biogenen Rest- und Abfallstoffe. Katalysatoren, die für die FT-Synthese und andere Reaktionen unverzichtbar sind, erhöhen die Betriebskosten aufgrund ihrer begrenzten Lebensdauer und der Notwendigkeit eines regelmäßigen Austauschs.



**Abbildung 2:** Aufteilung der Kapitalkosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) für die FT-SAF-Pfade in der Analyse verschiedener Rohstoffe [2]

Insgesamt befinden sich die Kosten von FT-SAF im Vergleich zur fossilen Referenz je nach Studie bereits in ähnlichen Größenordnungen. Zukünftige Skalierungen lassen erwarten, dass die n-te Anlage marktfähige Preise bereitstellen kann. Langfristig aufgestellte fördernde Maßnahmen und verlässliche (politische) Rahmenbedingungen können die Markteinführung und -etablierung maßgeblich unterstützen.

**WEITERE INFORMATIONEN**

<https://www.icarus-biojet.eu/>

[1] <https://www.icarus-biojet.eu/> (Stand 21.05.2025).

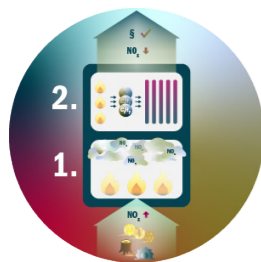
[2] DÖGNITZ N., MÜLLER, M. J., GOGOI SAIKIA M. (2025): Economic analysis of selected SAF options. <https://www.icarus-biojet.eu/project-outputs/public-deliverables/ICARUS-D3.2.pdf> (Stand 21.05.2025).

**Literatur**

Niels Dögnitz<sup>\*1</sup>, Max John Müller<sup>1</sup>, Madhumita Gogoi Saikia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
 Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig Deutschland  
<sup>2</sup> Freie Universität Bozen, Italien  
 niels.doegnitz@dbfz.de

**FlexNOx**

Niklas Gebhard, Dr.-Ing. Martin Meiller, Markus Heese, Andreas Hamberger, Dr.-Ing. Peter Treiber

**Emissionsarme Verbrennung****Entwicklung einer neuen Feuerungsanlage mit Brennstoffstufung zur Stickoxidminderung****FKZ-Nr. 03EI5426:****Entwicklung einer Feuerung mit Brennstoffstufung – Stickoxidminderung und Flexibilisierung von Biomassefeuerungsanlagen****HINTERGRUND UND ZIEL**

Im Vortrag werden Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt FlexNOx, welches im Januar 2021 gestartet und im Juli 2024 abgeschlossen wurde, vorgestellt. Ziel des Projektes war die Reduzierung von  $\text{NO}_x$ -Emissionen in dezentralen Feuerungsanlagen, insbesondere im Leistungsbereich unter einem MW und bei der Verwendung von Brennstoffen aus der Holzverarbeitung. Hierfür wurde im Rahmen des Projektes eine neue Feuerung entwickelt und erprobt, die die  $\text{NO}_x$ -Emissionen aus der Verbrennung biogener Festbrennstoffe im Vergleich zum Stand der Technik um mindestens 50 % senken sollte. Die Reduzierung der Emissionen erfolgte dabei durch Brennstoffstufung. Die neu entwickelte Feuerung verfügt über eine zusätzliche Reduktionszone, bei welcher durch Zugabe eines Sekundärbrennstoffes die Stickoxide abgebaut werden. Als Sekundärbrennstoff wurde in FlexNOx Erdgas verwendet, in einem Folgeprojekt soll aber auch die Nutzung weiterer Sekundärbrennstoffe wie beispielsweise Holzstaub untersucht werden. Der fokussierte Leistungsbereich liegt zwischen 100 kW und 2 MW, die verwendete Anlage weist eine Nennleistung von 250 kW auf.

Bislang gibt es noch keine adäquate technische, marktverfügbare Lösung für die Stickoxidminderung in dezentralen Feuerungsanlagen. Mittelfristig ist zudem zu erwarten, dass in der 1. BImSchV, die bislang keinen Grenzwert für Stickoxide aufführt, ein Grenzwert eingeführt wird, wodurch für viele Anlagenbetreiber eine Reduktion der  $\text{NO}_x$ -Emissionen zwingend notwendig wäre.

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Nach Projektstart wurden Messreihen durchgeführt, bei welchen die  $\text{NO}_x$ -Emissionen im Ist-Zustand ermittelt wurden. Als Brennstoff wurden dabei Briketts aus Spanplattenresten mit einem hohen Stickstoffanteil (4,75 %) verwendet. Dabei wurden  $\text{NO}_x$ -Emissionen von ungefähr  $1.900 \text{ mg/m}^3$  (bei 6 Vol.-%  $\text{O}_2$ ) gemessen.

Anschließend fand das Engineering des Prototyps statt, wofür an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Lehrstuhl Energieverfahrenstechnik) CFD-Simulationen durchgeführt wurden. Nach Abschluss des Engineerings erfolgten die Konstruktion und Fertigung des Prototyps durch die Endress Holzfeuerungsanlagen GmbH sowie der Aufbau im Technikum von Fraunhofer UMSICHT. Der Prototyp orientierte sich an einer Bestandsanlage der Firma Endress, die aus zwei Modulen (Gewölbe bzw. Wärmeübertrager und Kessel) besteht. Im Gegensatz dazu wurde der Prototyp zwischen den beiden Modulen um eine Reduktionszone erweitert, in der die Integration des Reduktionsbrennstoffs und der Abbau der  $\text{NO}_x$ -Emissionen stattfinden.

An der Versuchsanlage wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, bei denen die Primär- und Reduktionsbrennstoffzufuhr, die Lufteinstellung sowie die Positionierung der Gas- und Tertiärlufteindüsung variiert wurden. Dadurch konnten die optimalen Einstellungen für die Brennstoffstufung ermittelt werden. Mit diesen Einstellungen wurden die  $\text{NO}_x$ -Emissionen um über 80 % reduziert und die Grenzwerte der 44. BImSchV ( $370 \text{ mg/m}^3 \text{ NO}_x$  bei 6 Vol.-%  $\text{O}_2$ ) zuverlässig unterschritten. Das zuvor festgelegte Projektziel einer  $\text{NO}_x$ -Reduktion um 50 % wurde somit deutlich übertroffen.

**Keywords**Brennstoffstufung, Stickoxidminderung,  $\text{NO}_x$ -Emissionen, Emissionsminderung**ERGEBNISSE**

Auf der Statuskonferenz wird eine kurze Zusammenfassung des Projekts FlexNOx präsentiert. Dabei wird zunächst auf die Brennstoffstufung eingegangen und der Aufbau der entwickelten Anlage erläutert. Anschließend werden einige Versuchsergebnisse vorgestellt, wobei insbesondere die bereits erwähnte Reduktionsrate von über 80 % hervorgehoben wird.

Die Projektpartner haben sich für eine Fortsetzung der Arbeit entschieden. In einem Folgeprojekt sollen einerseits in weiteren Technikumsversuchen die Brennstoffflexibilität durch den Einsatz zusätzlicher Primär- und Reduktionsbrennstoffe verbessert werden. Andererseits soll die Langzeitstabilität des Systems in Feldversuchen nachgewiesen werden. Der Antrag hierfür wurde am 15. Mai 2025 eingereicht. Sollte auch das Folgeprojekt erfolgreich verlaufen, wäre der nächste Schritt die Markteinführung der entwickelten Feuerungsanlage.

**WEITERE INFORMATIONEN**

- Webseite: <https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/>
- [Pressemittteilung](#) FlexNOx
- [Pressemittteilung](#) Projektabschluss FlexNOx: Holzfeuerungen mit bis zu 80 % weniger  $\text{NO}_x$ -Emissionen

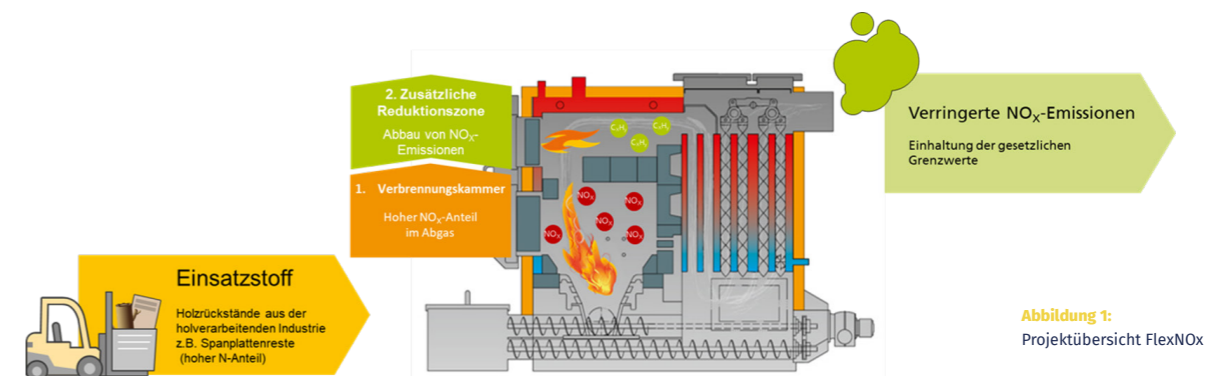


Abbildung 1: Projektübersicht FlexNOx

[1] Meiller et al (2017): Boiler design with solid-gaseous fuel staging to reduce nox emissions and optimize load flexibility; Chemical Engineering Technology. 40/2. pp. 289-297. DOI: 10.1002/CEAT.201600199

**Literatur**

Niklas Gebhard<sup>1\*</sup>, Dr.-Ing. Martin Meiller<sup>1</sup>, Markus Heese<sup>2</sup>, Andreas Hamberger<sup>2</sup>, Dr.-Ing. Peter Treiber<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institut UMSICHT, Standort Sulzbach-Rosenberg  
An der Maxhütte 1, 92237 Sulzbach-Rosenberg, Deutschland

<sup>2</sup> Endress Holzfeuerungsanlagen GmbH, Industriestr. 18, 91593 Burgbernheim

<sup>3</sup> Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg

niklas.gebhard@umsicht.fraunhofer.de  
martin.meiller@umsicht.fraunhofer.de

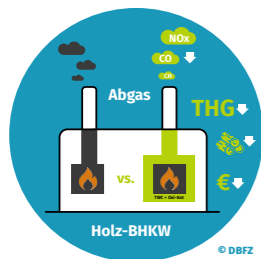
**TWOx**

Thomas Schliermann, René Bindig, Bettina Stolze, Lukas Lange, Felix Öffner, Giuliano Ercolano

## Entwicklung eines kostengünstigen, robusten und ressourcenschonenden Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-Blockheizkraftwerke

FKZ-Nr. 03EI5470:

Entwicklung eines preisgünstigen und ressourceneffizienten Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-BHKW

**HINTERGRUND UND ZIEL**

Holzsortimente minderer Qualität wie verschiedene Resthölzer bieten ein großes Potenzial für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Holzgas-BHKW-Anlagen, stellen aber gleichzeitig eine große Herausforderung bezüglich erhöhter Schadstoffemissionen dar. Beispielsweise werden in der Schweiz strengere Emissionsgrenzwerte diskutiert oder sind bereits in Kraft, wodurch der Markteintritt von kleinen bis mittelgroßen Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlagen erheblich erschwert wird. Ziel des vom BMWF geförderten TWOx-Projekts ist daher die Entwicklung eines kostengünstigen und ressourcenschonenden Abgasnachbehandlungssystems für Holzgas-KWK-Anlagen im mittleren und kleinen Leistungsbereich, um die Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit dieser Holzgas-KWK-Anlagen auch in Zukunft sicherzustellen.

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Es wird ein Katalysatorsystem basierend auf Dreiwegekatalysatoren (TWC) und optionalem Oxidationskatalysator entwickelt. Durch Optimierung der Betriebsweise des BHKW bei an den Brennstoff angepasster Betriebsweise des Holzvergasers sollen durch Einsatz geeigneter TWC-Katalysatorsysteme stabil niedrige Emissionen an Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffen (VOC) erreicht werden. Mithilfe einer für das Katalysatorsystem adaptierten mobilen Katalysatoranlage (MoKatTA) wurden zunächst kleinformige Laborkatalysatoren im realen Abgas eines Holzgas-BHKW des Projektpartners LiPRO Energy untersucht und dadurch geeignete Katalysatoren bzw. Katalysatorkombinationen für einen optimierten Betrieb ermittelt. Darauf aufbauend wurden in der MoKatTA vor Ort im realen Abgas des BHKW Alterungsuntersuchungen an den ausgewählten Katalysatoren durchgeführt. Nach der Entwicklung des Katalysatorsystems in Originalgröße und der Installation auf einem Holzgas-BHKW (LiPRO HKW 50) des Projektpartners LiPRO Energy erfolgte ein Dauertestbetrieb zur Ermittlung von Standzeiten. Abschließend wurden für eine Gesamtbewertung Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt. Zu Projektende ist abschließend ein Workshop zur effektiven Wissensdurchleitung an Marktbegleiter und Markteinführung geplant.

**ERGEBNISSE**

Im Vortrag werden die zentralen Endergebnisse des Ende 2025 auslaufenden Projektes mit Schwerpunktsetzung auf die Leistungsdaten der Katalysatoren im Anwendungsmaßstab vorgestellt.

Das Projekt TWOx wird gefördert durch das BMWF (FKZ: 03EI5470, Projektträger: PtJ).

**WEITERE INFORMATIONEN**

- Projektwebsite: <https://www.energetische-biomassenutzung.de/de/projekte/03EI5470>

Thomas Schliermann<sup>1\*</sup>, René Bindig<sup>1</sup>, Bettina Stolze<sup>1</sup>, Lukas Lange<sup>2</sup>, Felix Öffner<sup>2</sup>, Giuliano Ercolano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig

<sup>2</sup> LiPRO Energy GmbH & Co. KG, Schottweg 31, 27798 Wüstring (Hude), Deutschland

<sup>3</sup> Emission Partner GmbH & Co. KG, Bürgermeister-Schröder-Str. 9-11, 26683 Saterland-Strücklingen

thomas.schliermann@dbfz.de

Andreas Fuchs, Dr. Ulrich Vogt

## Der Zwei-in-Eins-Lösungsansatz des DeNOx-DePM Projekts für eine kombinierte Entstickung und Entstaubung an einem Gewebefilter

Biomasse stellt mit einem Anteil von 83% in Deutschland die wichtigste erneuerbare Energiequelle für die Wärmeerzeugung dar [1]. Um die klimafreundliche Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen langfristig zu sichern und den Anforderungen der Luftreinhaltung gerecht zu werden, müssen daher neue Technologien erforscht werden, die zu einer deutlichen Reduzierung der in den Rauchgasen enthaltenen Schadstoffe führen. Die Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen stellt aufgrund ihrer komplexen und fluktuierenden Zusammensetzung ein bisher unerschlossenes Potenzial zur energetischen Nutzung dar. In der Diskussion um die Umrüstung von Kohlekraftwerken auf Biomasse wird lediglich ein geringfügiger Anteil der biogenen Rest- und Abfallstoffe, z.B. aus der Getreideindustrie, thematisiert. Altholz der Kategorie A III wird dagegen kaum thematisiert und in wissenschaftlichen Studien nur selten untersucht. Diese Brennstoffe erfordern aufgrund ihres Zusammensetzungs- und Emissionsprofils einen erhöhten Wartungsaufwand durch Halogenverbindungen oder Katalysatorgifte, um nur einige Gründe zu nennen [2, 3].

Das DeNOx-DePM Projekt zielt auf die simultane Entstickung und Entstaubung bei der Verbrennung von biogenen Rest- und Abfallstoffen ab. Zu diesem Zweck wird ein katalytisch aktives Additiv zur Entstickung entwickelt, das einerseits dem Rauchgas zugesetzt wird und andererseits als Precoat für den eingesetzten Gewebefilter dient. Dieses katalytisch aktive Additiv dient zur Bildung eines katalytisch aktiven Filterkuchens, der bei Bedarf, z.B. bei Katalysatorvergiftung, durch einen Druckluftimpuls entfernt und erneuert werden kann. Das Precoating unterstützt den schnellen Aufbau des Filterkuchens, was sich wiederum positiv auf die Entstaubung auswirkt. Bei dem katalytisch wirksamen Additiv soll es sich um einen pulverförmigen NH<sub>3</sub>-SCR-Katalysator mit einer Betriebstemperatur von 120 bis maximal 300 °C handeln, der mittels Mikrowellentechnik hergestellt wird.

Erste Katalysatortests im Labor mit einem trockenen Rauchgasgemisch haben bereits sehr vielversprechende NO-Umsatzraten auch bei recht niedrigen Temperaturen gezeigt. Entstaubungsversuche an einer Rostfeuerungsanlage ohne Zusatz von Additiven haben bereits den Einfluss des Gewebefilters und des Filterkuchens auf die Entstaubung des Rauchgases gezeigt.

**DeNOx-DePM**

FKZ-Nr. 03EI5455:

Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur kombinierten Stickstoffoxid- und Staubabscheidung mithilfe von katalytisch wirksamen Additiven an einem Holzheizkraftwerk

**Keywords**

Biomasse, Katalyse, Schadstoffreduktion, Gewebefilter

**Literatur**

[1] Umweltbundesamt, Erneuerbare Energien in Deutschland: Daten zur Entwicklung im Jahr 2023, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erneuerbare-energien-in-deutschland-2023>, 2024.

[2] DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum, Umrüstung von Kohlekraftwerken auf Biomasse: Positionspapier. Juni 2021, [https://www.dbfz.de/fileadmin/user\\_upload/Referenzen/Statements/2021\\_Position\\_Kohlekraftwerke.pdf](https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/2021_Position_Kohlekraftwerke.pdf), 2021.

[3] J.D. Sterman et. al., Does replacing coal with wood lower CO<sub>2</sub> emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy, Environ. Res. Lett. 13 (1) (2018) 15007.

M. Sc. Andreas Fuchs\*, Dr. Ulrich Vogt

Universität Stuttgart, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK),

Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart, Deutschland

andreas.fuchs@ifk.uni-stuttgart.de

OxyGreenCO<sub>2</sub>

Hannah Cortnum, Simon Markthaler, Maximilian Weitzer, Kevin Stephan, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl



## Bereitstellung von erneuerbarem CO<sub>2</sub> aus biogenen Festbrennstoffen mittels Oxyfuel-Verbrennung

**FKZ-Nr. 03EI5480:**  
**Bereitstellung von erneuerbarem CO<sub>2</sub> aus biogenen Festbrennstoffen mittels Oxyfuel-Verbrennung**

Das Projekt OxyGreenCO<sub>2</sub> demonstriert die Oxyfuel-Wirbelschichtverbrennung biogener Festbrennstoffe unter Nutzung des bei der Elektrolyse anfallenden Sauerstoffs. Durch die gezielte Partialkondensation des dabei entstehenden CO<sub>2</sub>-Wasser-Gemischs kann grünes CO<sub>2</sub> effizient abgeschieden und zur stofflichen Nutzung bereitgestellt werden – etwa als Kohlenstoffquelle für Power-to-X-Prozesse oder zur CO<sub>2</sub>-Düngung in Gewächshäusern. Auf diese Weise lässt sich fossiles CO<sub>2</sub> in chemischen Synthesen durch erneuerbares CO<sub>2</sub> ersetzen. Zusätzlich kann die Abwärme und Kondensationswärme der Anlage zur Beheizung von Gewächshäusern genutzt werden. Das System bietet gute Voraussetzungen für einen vollintegrierten Bioenergiestandort, an welchem neben Strom und Wärme auch Wasserstoff und grünes CO<sub>2</sub> produziert werden.

Bei der Oxyfuel-Verbrennung stellen hohe Verbrennungstemperaturen die Hauptherausforderung dar. Zur Kühlung der Wirbelschicht soll anstelle der klassischen Rauchgasrezirkulation das Kondensat rezirkuliert werden. So wird der elektrische Eigenbedarf verringert. Durch die Partialkondensation des stark wasserdampfhaltigen Rauchgases bei Kondensatzirkulation und dem Einsatz feuchter Brennstoffe kann der Brennwerteffekt optimal genutzt und ein hoher Wärmewirkungsgrad erreicht werden.

Thermodynamische Prozesssimulationen des Gesamtprozesses untersuchen in einem ersten Schritt verschiedene Arten des Kondensateintrags in die Wirbelschicht und bewerten die Effizienz der Partialkondensation im Vergleich mit Rauchgasrezirkulation bei der Oxyfuel-Verbrennung. Erste Ergebnisse zeigen hier eine Effizienzsteigerung von 96 % bei konventioneller Rauchgasrezirkulation ohne Partialkondensation bis 120 % bei Kondensatzirkulation mit Partialkondensation. Die Oxyfuel-Verbrennung erreicht aufgrund geringerer Rauchgasverluste wegen des fehlenden Stickstoffs auch bei der konventionellen

### Keywords

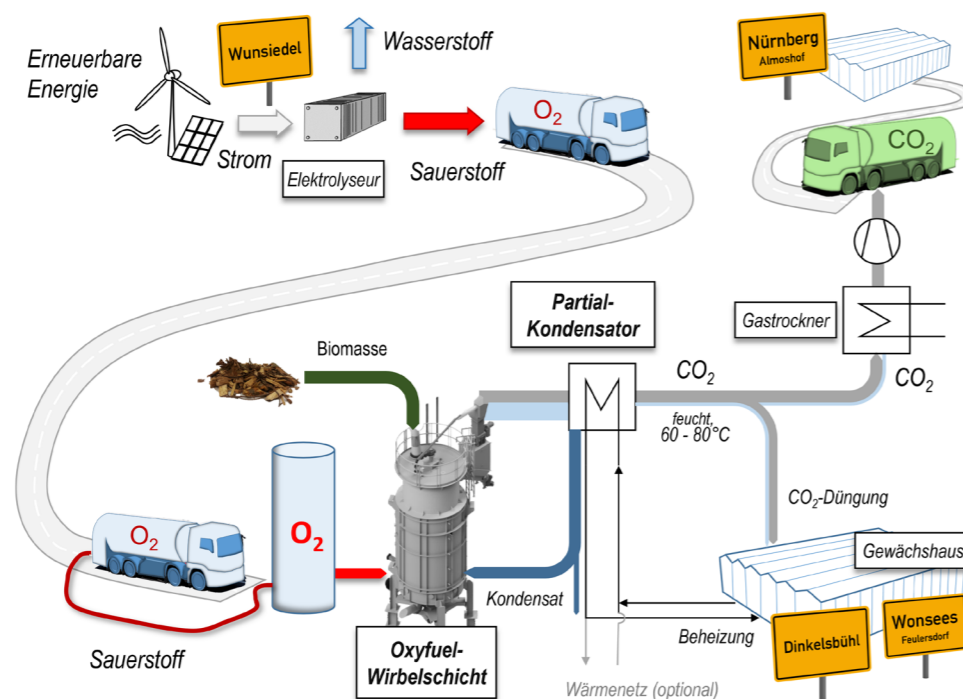
Oxyfuel-Verbrennung,  
 erneuerbares CO<sub>2</sub>,  
 Wirbelschichtfeuerung

Rauchgasrezirkulation höhere Wirkungsgrade als die Luftverbrennung. Auf Grundlage der Prozesssimulationen designt der Projektpartner Steinmüller Engineering GmbH eine Wirbelschichtfeuerung im industriellen Maßstab und entwirft eine Prozesskette zur Aufbereitung des CO<sub>2</sub> für Syntheseanwendungen. An der FAU Erlangen-Nürnberg wird eine 100 kW-Wirbelschichtfeuerung im Labor auf den Oxyfuel-Betrieb umgerüstet und ein Partialkondensator integriert, um das System experimentell zu untersuchen. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Zusammenspiels von CO<sub>2</sub>- und Wärmebedarf eines Gewächshauses mit strompreisabhängiger Bereitstellung von Sauerstoff aus der Elektrolyse wird ein agentenbasiertes Anlagenmodell entwickelt.

### WEITERE INFORMATIONEN

- <https://www.evt.tf.fau.de/>

**Abbildung 1:**  
 Prozessschema des Projektes  
 OxyGreenCO<sub>2</sub>



Hannah Cortnum<sup>\*1</sup>, Simon Markthaler<sup>1</sup>, Maximilian Weitzer<sup>1</sup>,  
 Kevin Stephan<sup>2</sup>, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für  
 Energieverfahrenstechnik, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg, Deutschland

<sup>2</sup> Steinmüller Engineering GmbH, IHI Group Company, Fabrikstr. 5, 51643 Gummersbach

[hannah.cortnum@fau.de](mailto:hannah.cortnum@fau.de)

Prof. Dr. rer. nat. Ingo Hartmann, Dr. rer. nat. Mirjam Müller, Mario König, Thomas Zander



## Umweltfreundliche häusliche Wärmebereitstellung mit handwerklich errichteten Grundöfen

Die Verbrennung von regional verfügbaren Biomassesortimenten trägt im erheblichen Maße zur regenerativen Wärmeversorgung in Deutschland bei und kann zusätzlich aufgrund der Speicherbarkeit zur bedarfsgerechten Energieversorgung eingesetzt werden. Überdies trägt die Substitution von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas durch nachwachsende Biomasse zur Minderung der Abhängigkeit Europas von den genannten Energieträgern bei, deren Lagerstätten überwiegend außerhalb Europas liegen. Die verfügbaren Biomassen zur Verbrennung im häuslichen Bereich sind jedoch sehr begrenzt und sollten unter Erhaltung bzw. Vergrößerung des Naturraums Wald als CO<sub>2</sub>-Speicher und der Artenvielfalt nur in hocheffizienten und schadstoffarmen Feuerungsanlagen eingesetzt werden.

Grundöfen bzw. sogenannte Speicherfeuerstätten bieten aufgrund der Bauweise und der Betriebsart die Möglichkeit, emissionsarme Wärmeenergie bei hoher Effizienz für häusliche Zwecke bereitzustellen zu können. 850° Handwerklicher Grundofen e.V. und DBFZ ermitteln durch Literaturstudien und experimentelle Untersuchungen gemeinsam den Stand von Wissenschaft und Technik von Grund- und Speicheröfen und treiben auf dieser Basis die Weiterentwicklung von handwerklich erstellten Holzfeuerstätten als nachhaltige häusliche Wärmeversorgung voran.

Die schon seit Jahrhunderten bekannte Verbrennung von Holz in Grundöfen mit großer Wärmespeichermasse und damit die Raumbeheizung bei vergleichsweise geringen Oberflächentemperaturen und langsamer Wärmeabgabe (niedrige Wärmeleistung und viele Stunden) ist heute in modernen und gut wärmedämmten Gebäuden eine sehr vielversprechende Technologie zur Stabilisierung des Energiesystems und Aufrechterhaltung einer erneuerbaren Wärmeversorgung. Gerade bei kalter Witterung können Grundöfen in bivalenten Heizsystemen einen relevanten Teil der Wärmeversorgung erbringen und damit andere erneuerbare strombasierte Wärmequellen wie Wärmepumpen ersetzen bzw. ergänzen und damit das Stromnetz im Winter entlasten. Die damit gewünschte Unabhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern wie Öl und Erdgas ist mit holzbefeuerten Grundöfen in modernen Gebäuden realisierbar. Das Grundofenprinzip wurde in den letzten Jahrzehnten wiederentdeckt und durch das darauf spezialisierte Ofensetzerhandwerk weiterentwickelt. Bei Grundöfen steht eindeutig die effiziente Wärmeversorgung von Wohngebäuden im Vordergrund. Der ansonsten vorherrschende und dominierende Wunsch der Kundinnen und Kunden nach Feuerambiente im Segment der handbeschickten Scheitholzeinzelraumfeuerungen ist von geringer Relevanz bei der Anschaffung und dem Betrieb von Grundöfen. Das Grundofenprinzip bietet durch den typischen Betrieb mit wenigen Abbränden pro Tag eine komfortable und als besonders behaglich empfundene Wärmeversorgung, da entsprechend ausgelegte und durch Berechnung an den Raum und Schornstein angepasste Grundöfen je nach Witterung nur ein- bis zweimal pro Tag mit einer größeren Scheitholzaufgabe beschickt werden müssen, um den Aufstellraum kontinuierlich mit Wärme bei geringen Oberflächentemperaturen zu versorgen. Auch heute noch bzw. sogar viel mehr erneut stellt das Grundofenprinzip ein wichtiges Element einer erneuerbaren und von fossilen Energieträgern unabhängigen sowie sicheren Raumwärmeversorgung dar und kann dazu beitragen, den Verbrauch von naturbelassenem Holz im

privaten Sektor durch hohe Nutzungsgrade im Realbetrieb zu senken. Eine Überheizung des Aufstellraumes kann bei richtiger Betriebsweise grundsätzlich auch im Bereich von Niedrigenergie- und Passivhäusern sicher vermieden werden.

Grundöfen haben bisher wegen des geringen Bestandanteils in Deutschland und den zu erwartenden geringeren Emissionen im Realbetrieb unter Praxisbedingungen bisher weniger Beachtung in Politik und Forschung erfahren haben. Das Ziel zukünftiger Arbeiten kann daher eindeutig beschrieben werden:

- Grundöfen mit sehr geringen Luftschadstoffen und hohem Nutzungsgrad müssen und können mittelfristig in wenigen Jahren entwickelt und am Markt angeboten werden und sollten die entsprechende gebotene Relevanz in der Raumwärmeversorgung in Deutschland erhalten, damit die weitgehend erneuerbare und exportunabhängige Wärmeversorgung in Deutschland mit geringen Luftschadstoffemissionen ermöglicht wird.
- Auch der Aspekt der Brennstoffeinsparung durch möglichst effiziente Holzfeuerungen wie moderne Grundöfen mit hohen Nutzungsgraden im Realbetrieb in Kombination mit anderen erneuerbaren Wärmeversorgungstechnologien muss in Regelwerken, gesetzlichen Anforderungen und Fördermaßnahmen durch öffentliche Fördermaßnahmen sichergestellt werden, um den Naturraum Wald unter den zwingend benötigten Biodiversitätsanforderungen durch weniger Holzeinschlag in Deutschland zu erhalten und sogar auch den Druck durch Holzimporte aus naturnahen Waldgebiete im Ausland zu vermindern.

Grundöfen sind bereits vom Handwerk, aber auch industriellen Anbietern (Brunner, Ofen Innovativ, Ortner), entwickelt worden und werden am Markt angeboten. Durch Emissionsminderungsmaßnahmen können die Emissionen im Zusammenspiel mit dem geringen Verbrauch der Öfen auf ein Minimum, deutlich unterhalb der Grenzwerte reduziert werden.

### WEITERE INFORMATIONEN

- DBFZ: <https://www.dbfz.de>
- 850° Handwerklicher Grundofen e.V.: <https://www.850grad.org/>

### Keywords

Grundöfen, Scheitholz, Nutzungsgrad, Kleinfeuerungsanlagen, Emissionen

Prof. Dr. rer. nat. Ingo Hartmann<sup>1\*</sup>, Dr. rer. nat. Mirjam Müller<sup>1</sup>, Mario König<sup>1</sup>, Thomas Zander<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

<sup>2</sup> 850° Handwerklicher Grundofen e.V., Edwin-Oppler-Weg 13, 30167 Hannover

[ingo.hartmann@dbfz.de](mailto:ingo.hartmann@dbfz.de)

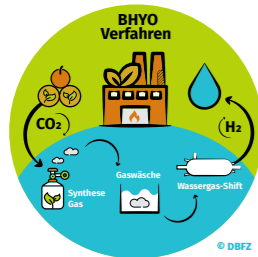


## BioH2

Simon Brinkmann, Martin Karch, Prof. Dr.-Ing. Thomas Grützner, Prof. Dr. Bernhard C. Seyfang

## Wasserstoffgewinnung aus Biomasse: Pilotanlage, Messkampagnen und verfahrenstechnische Modellierung

FKZ-Nr. 03EI5472:  
Klimaneutrale  
Wärmenutzung und  
Wasserstoffherzeugung  
aus biogenen  
Rest- und Abfallstoffen



Die energetische Verwertung biogener Rest- und Abfallstoffe wie Grünschnitt, Klärschlamm oder organische Fraktionen des Siedlungsabfalls stellt nach wie vor eine große Herausforderung für Kommunen und Entsorgungsträger dar. Gleichzeitig wächst der Bedarf an nachhaltig erzeugtem Wasserstoff als klimafreundlicher Energieträger und Rohstoff für Industrie, Mobilität und Wärmewende. Um beiden Anforderungen gerecht zu werden, entwickelt die BHYO GmbH eine hybride Vergasungstechnologie, die eine dezentrale Wasserstoffproduktion aus biogenen Reststoffen ermöglicht. Ziel ist es, neben einer hohen Flexibilität hinsichtlich der Einsatzstoffe insbesondere die Nebenproduktbildung zu minimieren und wirtschaftlichen Wasserstoff im lokal umsetzbaren Maßstab bereitzustellen.

In Kooperation mit der Technischen Hochschule Bingen werden aktuell die prozesstechnischen Grundlagen vertieft und das Anlagenkonzept weiterentwickelt. Eine Pilotanlage in Speyer dient dabei als zentrale Versuchsplattform, um durch gezielte Messkampagnen das Prozessverhalten unter realen Bedingungen zu analysieren und Strategien für den Betrieb und die Prozessoptimierung zu erarbeiten. Ergänzend wird ein umfassendes Simulationsmodell des Gesamtsystems aufgebaut, das sowohl zur Validierung der verfahrenstechnischen Konzepte als auch als Instrument für weiterführende Optimierungsansätze dient. Ergänzend zur Fließbildsimulation des Gesamtprozesses wird der Reaktor detailliert durch ein CFD-Modell (Computational Fluid Dynamics) abgebildet, das insbesondere zur Optimierung der Strömungs- und Reaktionsbedingungen sowie zur Ableitung von Scale-up-Strategien für größere Anlagendimensionen eingesetzt wird.

### Keywords

Hybride Vergasungstechnologie,  
Dezentrale Wasserstoff-  
produktion, biogene  
Rest- und Abfallstoffe,  
Prozessmodellierung und  
Simulation, Bioenergiesysteme

Die Kombination aus praktischen Betriebserfahrungen und theoretischer Modellierung bildet die Grundlage für die Übertragung der Technologie auf größere Maßstäbe. Auf Basis der Ergebnisse aus dem Pilotbetrieb ist bereits die Planung einer Demonstrationsanlage in fortgeschrittenem Stadium, mit dem Ziel, die Technologie zeitnah in den kommunalen und regionalen Energiesektor zu integrieren.

## Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand der hybriden Vergasungstechnologie und zeigt auf, wie dezentrale, biogene Wasserstoffproduktion in die kommunale Wertschöpfung eingebunden werden kann. Damit leistet das Vorhaben einen wichtigen Beitrag zur Transformation regionaler Energiesysteme und zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft. Ein Aspekt, der auch im Fokus der Statuskonferenz Bioenergie 2025 steht. Der Austausch zu technologischen Innovationen und praktischen Umsetzungserfahrungen bietet hierbei wertvolle Impulse für eine beschleunigte Markteinführung nachhaltiger Bioenergiesysteme.

*Passend zu diesem Vortrag wird ebenso ein Poster auf der Koferenz parallel gezeigt.*

Simon Brinkmann<sup>1\*</sup>, Martin Karch<sup>2</sup>, Prof. Dr.-Ing. Thomas Grützner<sup>3</sup>,  
Prof. Dr. Bernhard C. Seyfang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Hochschule Bingen, Berlinstraße 109, 55411 Bingen am Rhein

<sup>2</sup> Bhyo GmbH, Donnersbergweg 1, 67059 Ludwigshafen

<sup>3</sup> Universität Ulm, Laboratory of Thermal Process Engineering Institute  
of Chemical Engineering, Albert-Einstein-Allee 47, 89081 Ulm

s.brinkmann@th-bingen.de

Lennart Mirko Föhlisch, Filipe Torres-Rivera, Dr. Patrick Beuel, Prof. Dr. Christina Werner, Prof. Dr. Christian Malek, Prof. Peter Stenzel

## Wasserstoffherzeugung durch Oxy-Dampf-Vergasung von Biomasse in Kombination mit Elektrolyse und Wassergas-Shift

Die Nachfrage nach CO<sub>2</sub>-neutralem Wasserstoff steigt zukünftig in den Sektoren Industrie (etwa Stahlherstellung, Raffinerien, chemische Grundstoffe), Wärme (Gebäudewärme) und Verkehr (Schwerlast-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr) deutlich an [1, 2]. In urbanen Ballungsräumen und Industriezentren, zum Beispiel im Ruhrgebiet, ist geplant, die Versorgung über das Wasserstoff-Kernnetz sicherzustellen. Dieses Netz verbindet große Erzeugungs- und Verbrauchsstandorte und bildet das Rückgrat der zukünftigen Wasserstoffinfrastruktur. [3, 4]

Für ländliche Regionen außerhalb der Hauptachsen des Kernnetzes ist jedoch unklar, ob sie zukünftig angeschlossen werden. Aktuelle Szenarien prognostizieren, dass bis 2030 bereits 4% bis 13% des deutschen Wasserstoffbedarfs in Landkreisen ohne Pipeline anfallen. [2] Dezentrale Verbraucher müssen daher auf Trailer-Versorgung per Lkw zurückgreifen oder eigene Produktionsanlagen zur lokalen Erzeugung aufbauen, da eine flächendeckende Pipelineinfrastruktur im ländlichen Raum vielfach fehlt oder erst verzögert realisiert wird. [5]

CO<sub>2</sub>-neutraler Wasserstoff kann sowohl durch Elektrolyse mit erneuerbaren Energien als auch durch thermochemische Verfahren wie die Vergasung [6] von Biomasse erzeugt werden – auch in dezentralen Regionen. Das Projekt „SYNELGAS“ der TH Köln kombiniert beide Ansätze mit einem Wassergas-Shift-Reaktor zur Erhöhung der H<sub>2</sub>-Ausbeute. Der bei der Elektrolyse entstehende Sauerstoffstrom dient dabei zur Versorgung des Vergasungsprozesses mit reinem Sauerstoff. Die Oxy-Dampf-Vergasung erzeugt ein stickstofffreies Gas mit höherem Wasserstoffanteil als die luftbasierte Variante. Dieser Wasserstoff kann separiert, gereinigt oder als Bestandteil eines wasserstoffreichen Synthesegases weiterverwertet werden.

### Keywords

Wasserstoff, Elektrolyse, Wassergas-Shift, Vergasung, dezentrale Regionen

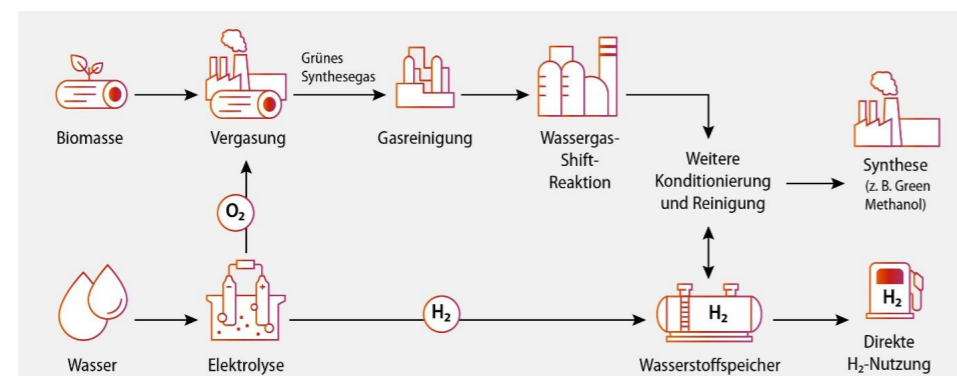


Abbildung 1: Prozessschema des Projektes

Am Lehr- und Forschungszentrum :metabolon in Lindlar besteht bereits eine luftbasierte Biomassevergasungsanlage, die im Projektverlauf auf einen Oxy-Dampf-Betrieb umgestellt wird. Zu Beginn wird im Rahmen einer Null-Kampagne ein Referenzversuch mit ausgewählter Biomasse durchgeführt.

## Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse

Der Beitrag präsentiert erste Ergebnisse der Null-Kampagne sowie eines thermodynamischen Modells zur Oxy-Dampf-Vergasung von Biomasse mit integriertem Wassergas-Shift-Reaktor. Im Fokus stehen die Charakterisierung des Synthesegases und die Bestimmung zentraler Parameter – darunter Lambda-Wert, erforderliche Dampfmenge und Systemwirkungsgrad – mit dem Ziel, die Wasserstoffausbeute zu maximieren. Das entwickelte Modell wird validiert und erlaubt anschließend erste Projektionen zur geplanten Prozessintegration. Darüber hinaus ermöglicht es, die Auswirkungen weiterer Biomassen wie biogener Rest- und Abfallstoffe auf die Prozessführung zu analysieren.

Diese Ergebnisse bilden die Grundlage der Präsentation / des Posters, und ihre Relevanz sowie ihr Innovationswert liegt in der Verknüpfung experimenteller Daten mit thermodynamischer Simulation. So lassen sich nicht nur zukünftige Betriebszustände gezielt vorhersagen, sondern auch verschiedene Biomassen strategisch bewerten, ohne für jede einen vollständigen Versuch durchführen zu müssen. Die Ergebnisse schaffen damit eine fundierte Basis für modulare, ressourcensparende Wasserstoffsysteme im ländlichen Raum – unabhängig von zentraler Infrastruktur und spezifischer Brennstoffbindung.

- [1] Peters, C.: Wie viel grünen Wasserstoff benötigt Europas Industrie im Jahr 2050? - Fraunhofer ISI, 2025. <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/2023/europa-energiesystem-2050-wasserstoff-industrie.html>, abgerufen am: 11.07.2025
- [2] EWI: Wasserstoffnetz könnte in 2030 rund 90% der Nachfrage bedienen – EWI, 2025. <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/wasserstoffnetz-koennte-in-2030-rund-90-der-nachfrage-bedienen/>, abgerufen am: 11.07.2025
- [3] FNB Gas: Wasserstoffnetz 2050: für ein klimaneutrales Deutschland, 2025. <https://fnb-gas.de/news/wasserstoffnetz-2050-fuer-ein-klimaneutrales-deutschland/>, abgerufen am: 10.06.2025
- [4] Bundesnetzagentur: Bundesnetzagentur - Wasserstoff-Kernnetz, 2025. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>, abgerufen am: 11.07.2025
- [5] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO: Leitlinien zum Einsatz von Wasserstoff im ländlichen Raum, 2025. <https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/leitlinien-zum-einsatz-von-wasserstoff-im-laendlichen-raum.html>, abgerufen am: 11.07.2025
- [6] Müller, C., Graf, F., Lehnert, F. u. Erler, R.: Technologien und Potenziale der Biomassevergasung in Deutschland. In: Forschung & Entwicklung, S. 36–42

### Literatur

Lennart Mirko Föhlisch<sup>1\*</sup>, Filipe Torres-Rivera<sup>2</sup>, Dr. Patrick Beuel<sup>2</sup>, Prof. Dr. Christina Werner<sup>3</sup>, Prof. Dr. Christian Malek<sup>1</sup>, Prof. Peter Stenzel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TH Köln, :metabolon Institute (metabolon), Am Berkebach 1, 51789 Lindlar

<sup>2</sup> TH Köln, Cologne Institute for Renewable Energy (CIRe), Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln

<sup>3</sup> TH Köln, Institute for Business Administration and Leadership (IBAL), Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach

lfoehlis@th-koeln.de

**BiDRoGen**

Andreas Molle, Dr.-Ing. Andy Gradel

**Wasserstoff aus fester Biomasse**

**FKZ-Nr. 03EI5438:**  
Wirtschaftliche, dezentrale und mobile Herstellung von Grünem Wasserstoff aus dem Unterkorn (<20mm) von der pelletierten Industrie-restholzverwertung in einer Containerlösung

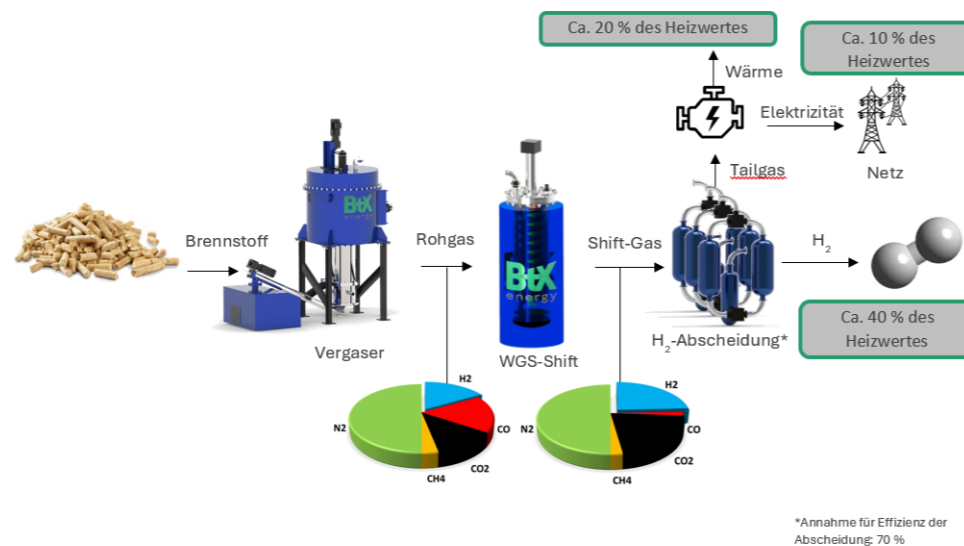


Im Projekt BiDRoGen wurde auf der Grundlage der bestehenden Vergasertechnologie der BtX, welche nachgewiesen ein sehr sauberes Produktgas produziert, ein Reaktor zur Erhöhung des Wasserstoffanteils im Holzgas entwickelt, gebaut, getestet und optimiert. Je nach Gasqualität kann dann aus 12–15 kg Holz ein Kilogramm reiner Wasserstoff gewonnen werden. Technologien zur Herstellung von Wasserstoff aus fester Biomasse sind als gesamte Prozesskette jedoch noch im Forschungsstadium [1]. Eine Wassergas-Shift-Reaktortechnologie zur Aufrüstung von Holzgasanlagen, der den speziellen Anforderungen dieser Anwendung entspricht, war zu Beginn des Projektes ebenfalls noch nicht kommerziell verfügbar und wurde daher im ersten Projektjahr entwickelt.

Ziel im Teilprojekt war es hierbei, den Wasserstoffgehalt im Holzgas zu maximieren, die nötige Gasreinheit für den Folgeprozess zu garantieren und die Abspaltung aus dem Produktgasstrom zu ermöglichen, um wirtschaftlich hochreinen Wasserstoff aus pelletiertem Restholz gewinnen zu können. Die Abspaltung aus dem Produktgasstrom soll hierbei durch die Technologie des Projektpartners A.H.T. Syngas Technology N.V. erfolgen. Dieser entwickelt den sog. Ferro-Hy-Tunnel (FHT) zur Wasserstoff-Separation zur Abscheidung von reinem Wasserstoff aus Mischgasen. Das Verfahren basiert auf der Möglichkeit der Nutzung von Reineisen als Membran, das bereits im Labor erprobt aber noch nicht auf einen technischen Maßstab skaliert wurde [2].

In Abbildung 1 ist der im Zuge des Projekts entwickelte Wassergas-Shift-Reaktor im eingebauten Zustand zu sehen.

Abbildung 1:  
Eingebauter Wassergas-Shift-Reaktor

**Keywords**

Biomassevergasung,  
Wasserstoff, Holzgas,  
Biomasse, Shiftreaktoren

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Zu Beginn des Projekts wurden zunächst Modelle auf Basis des chemischen Gleichgewichts sowie kinetische Modelle der Wassergas-Shift-Reaktion mit Holzgas erstellt und anschließend für die Entwicklung eines modularen Reaktors eingesetzt. Der Prototyp wurde im Laufe des Projektes gebaut und anschließend im Versuchsbetrieb mehrfach erfolgreich getestet. Die Vorgehensweise im Projekt war wie folgt:

**Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse**

- Teilziel (BtX energy): Entwicklung einer wasserstoffreichen Gasproduktion aus Restholz
- Maßnahme: Erprobung der chemischen Nachnutzung des Holzgases aus bestehender Anlagentechnologie zur Biomassevergasung in einer Wassergas-Shift-Stufe
- Maßnahme: Maximierung des Wirkungsgrades der Wasserstoffproduktion bzw. der Wasserstoffausbeute aus der bestehenden Anlagentechnologie zur Biomassevergasung
- Ergebnisse: Zusammensetzung und energetische Bilanzen von Edukt- und Produktströmen sowie bisher erreichter Wirkungsgrad, Ausblick für das Gesamtprojekt

**ERGEBNISSE**

Es wurde im Projekt eine spezielle und dezentral einsetzbare Shiftreaktortechnik zur Aufrüstung von Holzgasen entwickelt. Die Herausforderungen hierbei waren die Identifikation eines geeigneten Katalysators und ein inneres Wärmemanagement, das eine Auskühlung sowie eine Überhitzung bei gleichzeitig maximaler Ausbeute verhindert. Diese Arbeiten konnten im Verlauf des Projektes so weit optimiert werden, dass die Marktreife für die Reaktortechnologie erreicht ist. Seit 2024 werden erste Reaktoren, welche modular und skalierbar auf die spezifische Anwendung bzw. das Gas ausgelegt werden können, kommerziell errichtet und vertrieben.

Der Vortrag gibt Einblicke in den Projektverlauf über die Forschung und Entwicklung an der Wassergas-Shift-Reaktortechnologie sowie Erfahrungen aus dessen Betrieb. Zudem werden Anwendungen aus der wirtschaftlichen Verwertung der Technologie gezeigt und ein Ausblick auf die wissenschaftliche Verwertung im 01/25 begonnenen Folgeprojekt WasteWood2Fuel gegeben.

**WEITERE INFORMATIONEN**

- [www.btx-energy.de](http://www.btx-energy.de)

[1] DÖGNITZ, N.; HAUSCHILD, S.; CYFFKA, K.-F.; MEISEL, K.; DIETRICH, S.; MÜLLER-LANGER, F.; MAJER, S.; KRETZSCHMAR, J.; SCHMIDT, C.; REINHOLZ, T.; GRAMANN, J. (2022): DBFZ-Report Nr. 46: Wasserstoff aus Biomasse, Leipzig  
[2] GÜNTHERSCHULZE, A.; BETZ, H.; KLEINWÄCHTER, H. (1939): Die Diffusion von Wasserstoff und Deuterium durch Eisen. Zeitschrift für Physik, 111, S. 657–679

**Literatur**

Andreas Molle\*, Dr.-Ing. Andy Gradel  
BtX energy GmbH, Esbachgraben 1, 95463 Bindlach

[andreas.molle@btx-energy.de](mailto:andreas.molle@btx-energy.de)

## WasteWood2Fuel

Dr.-Ing. Andy Gradel, Leon Müller-Noell, Simon Kolb

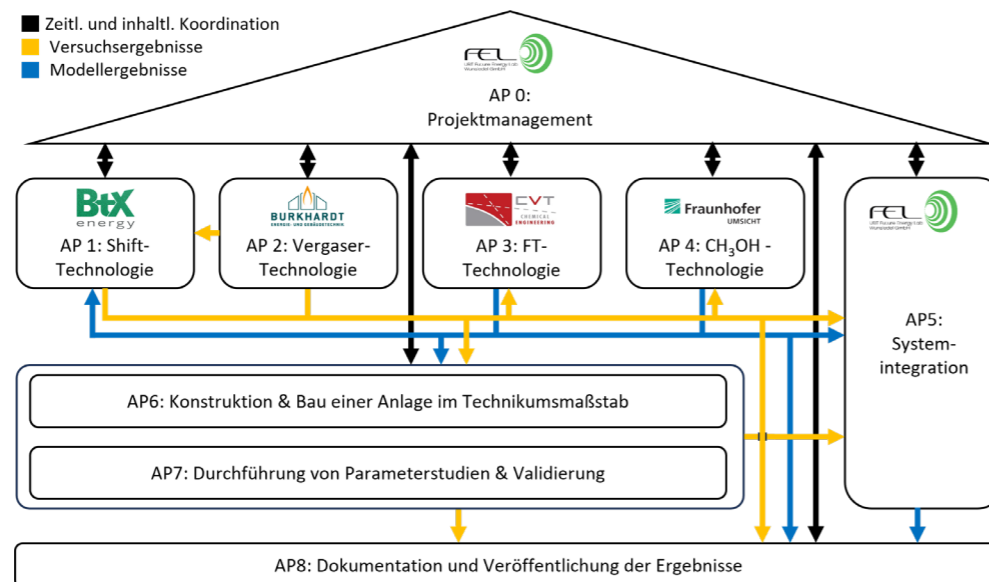
## Flüssigkraftstoffe aus Biomasse mittels Shift-Reaktoren für biogene Gase

**FKZ-Nr. 03EI5483:**  
**Entwicklung einer Technologie zur dezentralen Synthese von Flüssigkraftstoffen aus festen biogenen Reststoffen**

### HINTERGRUND ODER ZIEL

Vor allem im Flugverkehr und in der Schifffahrt wird eine Elektrifizierung in näherer Zeit nicht möglich sein, daher sind diese und weitere Sektoren auf eine schnelle Entwicklung von Lösung zur Erzeugung nachhaltiger Kraftstoffe angewiesen<sup>1</sup>. Eine Lösung kann hier synthetischer Treibstoff aus abgespaltenem CO<sub>2</sub> und Elektrolysewasserstoff (PtL) sein, diese ist jedoch sehr energie- und kostenintensiv. Biogene Synthesegasquellen können z.B. mittels Vergasung bereits den notwendigen Wasserstoff und Kohlenstoff bereitstellen, was den Prozess der Synthesegasgewinnung deutlich vereinfacht (BtL)<sup>2</sup>. Das Vorhaben „WasteWood2Fuel“ zielt daher darauf ab, eine Technologie im Technikumsmaßstab zu errichten, die reales Holzgas über einen Shift-Reaktor für die dezentrale Methanol- und Fischer-Tropsch-Synthese einstellt, um am Ort des Reststoffpotenzials Roh-Kraftstoffe herzustellen. Diese können dann zur Aufbereitung bzw. Fraktionierung in Raffinerien weiterverarbeitet werden. Abbildung 1 zeigt die Arbeitspakete und Projektpartner sowie die Zusammenhänge im Verbundprojekt.

**Abbildung 1:**  
 Projektstruktur (Quelle: BtX energy GmbH)



### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Im Teilprojekt „Entwicklung einer neuartigen Aufbereitungstechnologie für biogene Synthesegase zur Verwendung für die Flüssigkraftstoffsynthese“ wird die notwendige Gasreinigung und Einstellung mittels Wasser-Gas-Shift für die Anwendung der Kraftstoffsynthese(n) modelliert, ausgelegt und errichtet. Dabei wird auf Erfahrungen des Projektes BiDroGen (03EI5438A) aufgebaut, in dem die Shiftreaktion von Holzgas mit dem Fokus der maximalen Wasserstoffausbeute erprobt wurde. Die Arbeiten im laufenden Projekt belaufen sich auf:

### Keywords

Biomassevergasung, Wasserstoff, Synthese, Methanol, Biokraftstoffe (Fischer-Tropsch-Synthese)

## Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse

- Modellierung und Auslegung eines Shiftreaktors für die Synthesegaseinstellung
- Modellierung und Auslegung einer Grob- und Feinreinigung für das Roh- und Synthesegas
- Bau und Erprobung im Technikumsmaßstab

Im Teilprojekt zur Fischer-Tropsch-Synthese (FTS) wird ein modularer Einzelrohrreaktor im Technikumsmaßstab entwickelt, um die Umwandlung von biogenem Synthesegas in flüssige Kohlenwasserstoffe experimentell zu untersuchen. Grundlage ist ein detailliertes 2D-Reaktormodell, das neben Stoff- und Wärmebilanzen auch Druckverlust, molare Flussänderung und Dampfinhibition berücksichtigt. Ziel ist die Validierung und Optimierung des Modells unter realen Bedingungen mit radialen und axialen Temperaturprofilen sowie Gasanalyse. Darauf aufbauend wird ein digitales Reaktormodul für die Systemintegration entworfen, welches die Basis für eine skalierbare, dezentrale FT-Kraftstoffproduktion bildet.

### ERGEBNISSE

Der Vortrag zeigt die wesentlichen Grundlagen, Herausforderungen und Zusammenhänge der Flüssigkraftstoffsynthese aus biogenen Gasen – mit Fokus auf die Gasaufbereitung einschließlich der Wassergas-Shift-Reaktion sowie der anschließenden Synthese flüssiger Kohlenwasserstoffe mittels Fischer-Tropsch-Reaktion. Zudem wird die Modellierung der Wassergas-Shiftreaktion und deren Einbindung im Gesamtsystem mit den aktuellen Ergebnissen aus dem Projekt dargestellt.

Darüber hinaus wird der geplante experimentelle und modellgestützte Zugang zur Fischer-Tropsch-Synthese vorgestellt – mit Fokus auf Reaktorauslegung, Validierung und der Einbindung in das integrierte Prozesskonzept sowie die bevorstehenden Versuchsreihen.

[1] DINGFELD, F.; FITZ, A.; SHAGHAYEGH, K. E.; SCHWEDT, T.; SIMON-SCHULTZ, M. J.; TESKE, T. (2025): Grünes Methanol als alternativer Schiffskraftstoff. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) im Auftrag von Greenpeace e.V.  
 [2] ZECH, K.; NAUMANN, K.; MÜLLER-LANGER, F.; PONITKA, J.; MAJER, S.; SCHMIDT, P.; WEINDORF, W.; ALTMANN, M.; MICHALSKI, J.; NIKLAß, M.; MEYER, H.; LISCHTKE, A.; FEHRENBACH, H.; JÖHRENS, J.; MARKWARDT, S. (2016): Biokerosin und EE-Kerosin für die Luftfahrt der Zukunft – von der Theorie zu Pilotvorhaben, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) im Auftrag des BMVI

### Literatur

Dr.-Ing. Andy Gradel<sup>1\*</sup>, Leon Müller-Noell<sup>1</sup>, Simon Kolb<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BtX energy GmbH

<sup>2</sup> Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik

andy.gradel@btX-energy.de

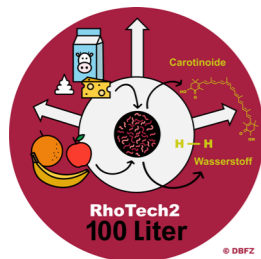
## RhoTech2

Dr. Caroline Autenrieth, Prof. Dr. Robin Ghosh

## Dezentrale Biowasserstoff-Produktion in regionalen Fruchtsaftbetrieben mit Hilfe von Purpurbakterien: der Sprung vom 100-Liter-Pilotmaßstab zum 3.000-Liter-Maßstab

FKZ-Nr. 03E15475:

Industrielle Umsetzung von Wasserstoff-Produktion aus Fruchtsaft-Abfällen mit Hilfe von Purpurbakterien



### HINTERGRUND

Die biogene Wasserstoffproduktion aus Lebensmittelreststoffströmen in Form von Frucht- und Gemüsesaftresten kann einen wichtigen Beitrag zu Energiewende liefern. In Deutschland fallen jedes Jahr riesige Mengen an Frucht- und Gemüse(saft)abfällen an. Der Trester aus der Saftproduktion enthält immer noch viele wertvolle Inhaltsstoffe (v.a. Zucker und organische Säuren), die weiter verwertet werden können. Oft wird der Trester an Landwirte abgegeben, die ihn auf ihren Feldern unterpflügen. Aber vor allem während der Erntesaison im Herbst sind die Trester-Mengen einfach zu groß – und letzten Endes muss dieser wertvolle Rohstoff teuer entsorgt werden.

Hier setzt unser Projekt an: Wir verwenden wässrige Extrakte aus zerkleinertem Trester als Nährsubstrat für die bakterielle Produktion von Wasserstoff und anderen hochwertigen Produkten. Das hierbei eingesetzte Purpurbakterium *Rhodospirillum rubrum* ist als photosynthetischer Organismus ein natürlicher Überproduzent an Wasserstoff [1]: die Wasserstoffproduktion ist hier eigentlich ein „Sicherheitsventil“, wenn die Bakterien zu viel Licht haben und dadurch in einen über-reduzierten Zustand kommen. Mit Hilfe spezieller Enzyme werden dann die überschüssigen Elektronen auf Protonen übertragen und so als Wasserstoff an die Umgebung abgegeben. Dieser Mechanismus kann bei *R. rubrum* allerdings auch im Dunkeln eingeschaltet werden, wenn ein spezielles Nährmedium (M2SF, [2]), das eine hohe Konzentration an Fruktose enthält, verwendet wird. Die Verstoffwechslung des chemischen Energieträgers Fruktose führt hierbei zum gleichen über-reduzierten Zustand, wie es sonst nur mit intensiver Lichteinstrahlung möglich ist, und löst dadurch „photosynthetische“ Wasserstoffproduktion aus [3,4]. Da nun Licht nicht mehr benötigt wird, sind einem Scale-Up in den Industriemaßstab mit herkömmlichen Edelstahl-Bioreaktoren keine Grenzen mehr gesetzt.

Dieser „Dunkel-Photosynthese“ Stoffwechselzustand entsteht auch bei der Verwendung Fruktose-haltiger Trester-Extrakte, und so können diese biogenen Rest- und Abfallstoffe in einen nachhaltigen Wertstoffkreislauf integriert werden.

Im laufenden RhoTech2-Projekt wird auf dem Gelände der Firma Bayer Gemüse- und Fruchtsaft GmbH eine 100-Liter Biowasserstoff-Produktionsanlage aufgestellt, die Energie- und Stoff-autark arbeiten soll, und mit diesem Pilotmaßstab technische Herausforderungen des Scale-Up identifiziert und Lösungswege entwickelt. Gegen Ende der Projektlaufzeit soll ein weiterer Scale-Up in den 3.000-Liter-Maßstab evaluiert werden.

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Für den 100-Liter Pilotmaßstab wird ein Bioreaktor-Typ verwendet, welcher üblicherweise in der Chemie- und Pharmaindustrie verwendet wird. Ergänzt wird er durch ein modernes Prozessleitsystem und die Peripherie zum Detektieren, Komprimieren und Sammeln von Wasserstoff. Mit dieser „High-Tech-Lösung“ sollen alle relevanten Prozessparameter erfasst und der Produktionsprozess optimiert werden.

Letzten Endes muss die entwickelte Technologie aber so benutzerfreundlich sein, dass die Biowasserstoffproduktion aus Trester-Extrakten vor Ort bei den Fruchtsaftherstellern ohne größeren Aufwand und ohne biotechnologisches Fachwissen anwendbar ist.



### Optimale Verwertung von Reststoffen

Desweiteren stehen die aus der 100-Liter-Skala gewonnenen Wasserstoffausbeuten noch in keiner Relation zum Aufwand, und somit muss ein Scale-Up mindestens in den 3.000-Liter-Maßstab erfolgen.

Somit planen wir einen vorhandenen 3.000-Liter-Kefir-Kessel umzurüsten. Kessel in dieser Größe sind Standard in Fruchtsaftbetrieben (für eher kleinere Ansätze), die benötigte Infrastruktur (zum Sterilisieren und Befüllen) ist vorhanden, und diese Edelstahlkessel kosten nur einen Bruchteil von dem, was für einen Bioreaktor investiert werden müsste. So soll eine unkomplizierte „Low-Tech“-Variante etabliert werden (in die allerdings das gesamte „High-Tech-Know-How“ aus unserer mehrjährigen Forschungstätigkeit eingeflossen ist), die flächendeckend anwendbar ist.

### ERGEBNISSE

Welche Ergebnisse werden Sie auf der Statuskonferenz präsentieren? (Was ist Ihre Erfolgsgeschichte? Was haben Sie gelernt? Wann kann die Technologie genutzt werden?)

Auf der Statuskonferenz wollen wir die Fortschritte bezüglich der 100-Liter-Pilotanlage vorstellen und die ersten Arbeiten zur Umrüstung des 3.000-Liter-Kessels präsentieren. Wir möchten unsere Erfahrungen, die wir während der technischen Umsetzung vor Ort gesammelt haben, teilen. Ein wichtiger Punkt zur Gewinnung einer allgemeinen Akzeptanz für einen zunächst kompliziert aussehenden Prozess, ist auch eine engagierte Öffentlichkeitsarbeit und die Einbettung in regionale Strukturen, worüber wir auch berichten möchten. Wir hoffen unsere Technologie im Laufe der nächsten zwei bis drei Jahre etablieren zu können, und somit den Fruchtsaftherstellern - aber auch den Bewirtschaftern der Streuobstwiesen - eine zusätzliche Einkommensquelle zu eröffnen.

[1] BMWi-Forschungsnetzwerk Bioenergie (62 Autoren) (2021): Stellungnahme: Biomasse und Bioenergie als Teil der Wasserstoffwirtschaft. URL: <https://www.energetische-biomassenutzung.de/de/node/72> (Stand 01.07.2025).

[2] Ghosh, R.; Hardmeyer, A.; Thoenen, I.; Bachofen, R. (1994): Optimization of Sistro medium for the semi-aerobic growth of *Rhodospirillum rubrum* with the maximal yield of photosynthetic membranes. In: Appl. Environ. Microbiol. 60, pp. 1698-1700.

[3] Autenrieth, C.; Shaw, S.; Ghosh, R. (2021): New approach for the construction and calibration of gas-tight setups for biohydrogen production at the small laboratory scale. In: Metabolites 11, 667.

[4] Autenrieth, C.; Ghosh, R. (2023) In: Thrän D., Händler T. (Hrsg.): Focus on: Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt: Projektergebnisse 2021-2022. Fokusheft Energetische Biomassenutzung, Leipzig, ISSN (online): 2701-1860, ISBN: 978-3-946629-94-8, DOI: 10.48480/hvyq-3t55. pp. 154-161: RhoTech: Neue Strategie zur Wasserstoff-Produktion aus Frucht- und Molkerei-Abfällen mit Hilfe von Purpurbakterien.

### Literatur

Dr. Caroline Autenrieth<sup>1\*</sup>, Prof. Dr. Robin Ghosh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

<sup>2</sup> Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

caroline.autenrieth@ipa.fraunhofer.de  
robin.ghosh@eep.uni-stuttgart.de

### Keywords

Biowasserstoff,  
Purpurbakterien,  
„Dunkel-Photosynthese“,  
Trester, Scale-Up

**HanfNRG**

Harald Wedwitschka, Rafiandy Dwi Putra, Prof. Dr. Marco Klemm, Rainer Nowotny

## Untersuchungen der energetischen Nutzungsoptionen von Hanffaserreststoffen zur exemplarischen Einbindung in das Energiekonzept eines Verarbeitungsstandorts

**FKZ-Nr. 03EI5448:**

Untersuchungen der energetischen Nutzungsoptionen von Hanffaserreststoffen zur exemplarischen Einbindung in das Energiekonzept eines Verarbeitungsstandorts

**ZIEL**

Ziel des Vorhabens HanfNRG ist die Erschließung von Reststoffen der hanfverarbeitenden Industrie als kostengünstige Rohstoffe für die Bioenergieerzeugung und die Identifizierung ökonomisch und ökologisch vorteilhafter Prozessketten für eine anschließende Überführung in die Praxisanwendung.

**HINTERGRUND**

Die Hanfindustrie hat sich in den vergangenen Jahren aufgrund neuer politischer Rahmenbedingungen und innovativer Produktfelder zu einem stark wachsenden Wirtschaftsbereich entwickelt. Im Hinblick auf eine zunehmende regenerative Energieversorgung sowie knapper werdender Ressourcen bzw. der kritischen Diskussion um den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur Energiegewinnung kommt der Erschließung biogener Rest- und Abfallstoffe für die Erzeugung effizienter, Speicherbarer, flexibler und dezentraler Bioenergieträger zunehmende Bedeutung zu. Als Schwerpunkt wird im Vorhaben der Dämmstoffherstellungsprozess betrachtet. In der industriellen Hanffaserproduktion werden aus getrocknetem Hanfstroh hochwertige Naturfasern gewonnen, die zur Herstellung von ökologischen Dämmstoffmaterialien eingesetzt werden. Hanfdämmstoffe zeichnen sich durch eine bessere CO<sub>2</sub> Bilanz gegenüber konventionellen Dämmstoffmaterialien wie Mineralwolle oder Styropor aus und bieten die Möglichkeit CO<sub>2</sub> über mehrere Jahrzehnte im Dämmstoff zu fixieren. Im Dämmstoffherstellungsverfahren fallen neben dem Hauptprodukt Hanffasern im etwa gleichen Umfang zellulosehaltige Reststoffe an, die derzeit nur zu einem geringen Teil wirtschaftlich genutzt werden. Eine effiziente Vernetzung der Bioenergieerzeugung aus Reststoffen der Hanfverarbeitung mit der Hanffaserproduktion birgt das Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz bei gleichzeitiger Verbesserung der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit der Hanffaserdämmstoffprodukte. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen zu einer gesteigerten Kaskadennutzung faserreicher biogener Reststoffe und zur Stärkung der Wertschöpfung im ländlichen Raum beitragen sowie die Entwicklung einer Circular Bioeconomy unterstützen.

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Zu diesem Zweck wurden Nebenprodukte der Faserhanfproduktion sowie Extraktionsreste der CBD- und Hanfölpfproduktion im Biogaslabor des DBFZ auf ihre Lagerfähigkeit und ihr Biogasbildungspotenzial untersucht. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt war die Erweiterung des Einsatzspektrums für Biomasseheizkraftanlagen und thermische Konversionsverfahren wie die Vergasung und Pyrolyse. Dabei wurde die Erzeugung hochwertiger erneuerbarer Brennstoffe, Synthesegase und Biokohle untersucht. Hierzu erfolgte eine Bewertung der chemischen Materialeigenschaften der Reststoffe, gefolgt von Brennstofftests, Biomassevergasungstests und Versuchen zur Brennstoffkonditionierung. Auf Grundlage der Messergebnisse wurde in Zusammenarbeit mit der Hanffaser Uckermark ein KWK-Konzept zur Bereitstellung von Prozesswärme für das Hanffaser-

**Optimale Verwertung von Reststoffen**

produktionsverfahren durch die Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen bzw. der thermischen Reststoffverwertung entwickelt. Darüber hinaus wurden weitere Nutzungsoptionen für die Koppelprodukte der energetischen Reststoffnutzung untersucht, um die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und die Klimabilanz der ökologischen Hanfdämmstoffe weiter zu verbessern.

**ERGEBNISSE**

In praktischen Labortests wurden die Materialeigenschaften der folgenden faserreichen Reststofffraktionen untersucht: Hanfschäben, Ultrakurzfasern, der Inhalt von Staubaabscheidern, grünes Blattmaterial sowie Extraktionsreste aus der Hanfölgewinnung. Lagerungsversuche haben gezeigt, dass eine offene Lagerung der Reststoffe zu Qualitäts- und Energieverlusten führt. Durch eine trockene Lagerung können eine ungewollte Materialkompostierung und ein Befall mit Insekten verhindert werden.

**EIGNUNG DES BIOGASVERFAHRENS FÜR DIE ENERGETISCHE RESTSTOFFVERWERTUNG**

Die Biogaspotenzialtests haben eine generelle Eignung als Biogassubstrat gezeigt. Allerdings ist eine Materialvorbehandlung der Reststoffe durch Vorzerkleinerung erforderlich, um die Pumpen- und Rührwerkstechnik vor längeren Pflanzenfasern zu schützen. Es wurde beobachtet, dass schwer abbaubare Fasern im Vergärungsprozess die Bildung einer Schwimmschicht begünstigen können. In Langzeitgärversuchen musste ein flüssiges Co-Substrat eingesetzt werden, um eine langfristige Durchmischung des Fermenters zu gewährleisten. Die gemessenen Biogaspotenziale der faserhaltigen Reststoffe fielen im Vergleich zu anderen faserhaltigen Einsatzstoffen wie Getreidestroh geringer aus. Vor dem Hintergrund der notwendigen Materialkonditionierung und der geringen Energieausbeute scheint die Verwertung der faserhaltigen Reststoffe der Hanfverarbeitung mit Hilfe des Biogasverfahrens herausfordernd. Eine hochwertige Gärrestnutzung könnte die Chancen für das Biogasverfahren jedoch steigern.

**EIGNUNG DER RESTSTOFFE ALS FESTBRENNSTOFF ALS EINSATZSTOFF FÜR DIE THERMO-CHEMISCHE BIOMASSEVERGASUNG**

Reststoffmischungen der Hanffaserproduktion wurden mit und ohne Hilfsstoffe zu Pellets verarbeitet und anschließend in Brennstoff- und Vergasungstests untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Materialkonditionierung herausfordernd sein kann. Es muss geeignete Förder- und Zerkleinerungstechnik eingesetzt werden, da die enthaltenen Fasern sonst zu Verstopfungen in der Zubringtechnik führen können. Die Aschebildung in den Verbrennungstests war zwar deutlich höher als bei holzähnlichen Einsatzstoffen, doch bei ausreichender Sauerstoffzufuhr konnten alle Grenzwerte der Abgasvorgaben eingehalten werden. Ein Additiveinsatz zur Verbesserung der Abgaswerte war nicht notwendig.

**Keywords**

Faserpflanzen,  
Hanfstroh,  
Schäben, Reststoffe,  
Bioenergie

Harald Wedwitschka<sup>1\*</sup>, Rafiandy Dwi Putra<sup>1</sup>, Marco Klemm<sup>1</sup>, Rainer Nowotny<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, Deutschland

<sup>2</sup> Hanffaser Uckermark eG, Brüssower Allee 88a, 17291 Prenzlau, Deutschland

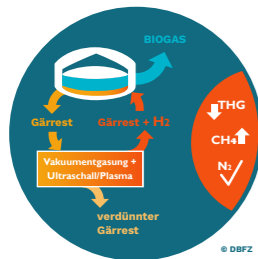
harald.wedwitschka@dbfz.de

## VakUPlas

Dr. Volker Brüser, Norbert Rossow, Dr. Bruno Honnorat, Sepideh Mousazadeh Borghei, Eric Timmermann, Prof. Dr. Jürgen. F. Kolb

## Plasma und Ultraschall – ein synergistischer Ansatz für die Vorbehandlung von Biomasse

**FKZ-Nr. 03E15473:**  
Entwicklung eines emissionsfreien Vakuum-trenn-Ultraschall/Plasma-Aufschlussverfahrens zur Erschließung ungenutzter Potentiale von Fermentationsresten zur zusätzlichen Biogaserzeugung aus Biogasanlagen



Das Ziel des Projektes liegt in der Effizienzsteigerung von Biogasanlagen durch die Erschließung bislang ungenutzte Potentiale von Fermentationsresten aus dem Biogasprozess, die zu einer erhöhten Methanausbeute führt. Dazu soll ein modular aufgebautes emissionsfreies Ultraschall/Plasma-Aufschlussverfahren entwickelt werden zur Behandlung von Gärresten und deren Wiederverwendung im Gärprozess. Mit diesem Verfahren können bestehende und neu zu errichtende Biogasanlagen nach- bzw. ausgerüstet werden. Dieser Teilprozess soll die Effizienz der Biogasanlage hinsichtlich der Methanausbeute erhöhen und zusätzlich ein weiteres verwertbares Produkt in Form von Wasserstoff zur Verfügung stellen und Emissionen reduzieren. Ein wesentlicher Punkt für die Anlagenbetreiber ist in Moment das Einsparpotential an Energiepflanzen. Gleichzeitig bleibt dem Landwirt mehr Futter für seine Tiere oder den Markt. In Fokus stehen vor allem Biogasanlagen, die Wirtschaftsdünger vergären.

Der innovative Charakter des Projektes zeigt sich in der physikalisch-chemischen Behandlung der Gärreste aus der Biogasanlage. Dabei geht es um die Interaktion des eines Abtrennverfahrens mit einem Ultraschall-Plasma-System.<sup>1</sup> Letzteres bewirkt einen Aufschluss des aus dem Trennverfahren abgeführten Feststoffes und führt diesen in den Fermentationsprozess zurück. Als besonderes innovatives Element erweist sich auch die Plasmaquelle.

Die technische Lösung besteht damit in der Entwicklung eines zusätzlichen Teilprozesses für Biogasanlagen. Der flüssige Gärrest mit seinem im normalen biologischen Prozess nicht abgebauten Biogas-Potential bezogen auf den verbliebenen organische Trockensubstanz Gehalt wird einer Behandlung mit dem neuen Verfahren unterzogen.

Die Vorbehandlung von Biomasse-Substraten wie Gülle und Zuckerrübenschnitzeln ist entscheidend für die Optimierung der Biogasproduktion während der anaeroben Vergärung. Ziel ist es, die Nährstoffverfügbarkeit für Bakterienpopulationen zu verbessern, indem komplexe und schwer abbaubare Polymerstrukturen aufgebrochen werden. In diesem Zusammenhang ist die Ultraschallbehandlung eine bewährte Methode zur Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit und zur Zerkleinerung von Biomasse-Substraten. Die zusätzliche Behandlung mit Plasma fördert die Bildung reaktiver Spezies und erzeugt chemische und physikalische Bedingungen, die denen anderer fortschrittlicher Oxidationsverfahren ähneln, die nachweislich die Vergärung von Biomasse erleichtern.

Es wurden eine gepulste Unterwasser-Mikrowellenentladung mit einer Spitzenleistung von 6 kW mit einer Ultraschallbehandlung kombiniert. Die Behandlungen wurden auf Biomasse-Substrate wie Zuckerrübenrückstände oder Modellsubstanzen angewendet, die die Viskosität und elektrische Leitfähigkeit der Substrate entsprechen. Unsere Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung des löslichen chemischen Sauerstoffbedarfs ( $CSB_{\text{gelöst}}$ ) sowohl für ein Modell als auch für Zuckerrübenrückstände von 2,5 g/l auf 3,8 g/l (+53%), was eine Verbesserung der Biogasausbeute erwarten lässt. Die Viskosität wurde von 1250 auf 250 mPa·s verringert, was zusätzlich auf eine Desintegration schließen lässt.

### Keywords

Biomasse, Biogas, Mikrowellenplasma, Ultraschall, Gärreste



### Optimale Verwertung von Reststoffen

Das kombinierte Verfahren stellt eine Technologieentwicklung dar, dessen Reifegrad zwischen TRL 5 und 6 einzuordnen ist. Mit dem derzeitigen Aufbau ist eine Durchflussrate von bis zu 1 m<sup>3</sup>/h möglich. Das Verfahren wird derzeit an 300 L Versuchsfermentern getestet.

#### WEITERE INFORMATIONEN

- <https://www.inp-greifswald.de>

[1] Patentschrift »Device and method for chemo-physical modification of particles of a suspension« EP3603812A1

### Literatur

Dr. Volker Brüser<sup>1\*</sup>, Norbert Rossow<sup>2</sup>, Dr. Bruno Honnorat<sup>1</sup>,  
Sepideh Mousazadeh Borghei<sup>1</sup>, Eric Timmermann<sup>1</sup>, Prof. Dr. Jürgen. F. Kolb<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

<sup>2</sup> Power Recycling Energyservice GmbH, Lindenhof 2c, 17033 Neubrandenburg

[brueser@inp-greifswald.de](mailto:brueser@inp-greifswald.de)

Bomin Yuan, Dr.-Ing. Nils Engler, Arne Gröngroft

## Simulation und experimentelle Validierung des Einflusses einer Gärrestrückführung auf den Biogasertrag und die Prozessstabilität



### HINTERGRUND ODER ZIEL

Die Gärrestaufbereitung kann wesentlich zur Senkung von Transport-, Lager- und Ausbringungskosten beitragen, indem Wasser zurückgewonnen und Nährstoffe zu Düngemitteln verarbeitet werden. Aufgrund des hohen Energie- und Kostenaufwands konventioneller Aufbereitungsverfahren wird in dieser Studie ein alternativer, effizienterer Ansatz untersucht: die Rückführung von flüssigem Gärrest (Liquid Digestate Recirculation, LDR) in den anaeroben Vergärungsprozess. Die LDR fördert eine nachhaltigere und wirtschaftlichere Biogasproduktion, indem die Biogasausbeute gesteigert und der Verbrauch von Ressourcen reduziert wird [1,2]. Ziel ist es, die Auswirkungen von LDR auf die Biogasausbeute, Prozessstabilität und Ressourceneffizienz zu quantifizieren und zu bewerten – auch mit Blick auf Übertragbarkeit und Wirtschaftlichkeit.

### BISHERIGE AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Die Forschungsarbeit kombiniert ein theoriebasiertes Simulationsmodell (basierend auf ADM1) [3] mit einem mehrmonatigen Langzeitversuch an sechs Laborreaktoren. Als Substrat wurde eine Mischung aus Weizenstroh und Rindergülle im Verhältnis 1:1 eingesetzt. Drei Reaktoren wurden mit flüssigem Gärrest rückgeführt, während drei Kontrollreaktoren unverändert betrieben wurden. Die Prozessparameter wurden kontinuierlich überwacht, die Biogas- und Methanproduktion regelmäßig analysiert und die Ergebnisse statistisch ausgewertet. Parallel dazu wurde ein Modell zur prädiktiven Bewertung der LDR-Strategie entwickelt, um deren Auswirkungen auf verschiedene Vergärungsprozesse zu simulieren und auf unterschiedliche Rohstoffe übertragbar zu machen.

Das Thema wird in Abbildung 1 veranschaulicht, die die wesentlichen Schritte und das Konzept der Forschung zusammenfasst.

### ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Die erste Versuchskampagne zeigt, dass durch LDR eine Steigerung der Biogasausbeute um 9,5% und der Methanproduktion um 8,2% erreicht werden konnte. Die gemessenen Werte stimmen gut mit den Simulationsergebnissen überein. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von LDR, die Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit in Biogasanlagen zu verbessern.

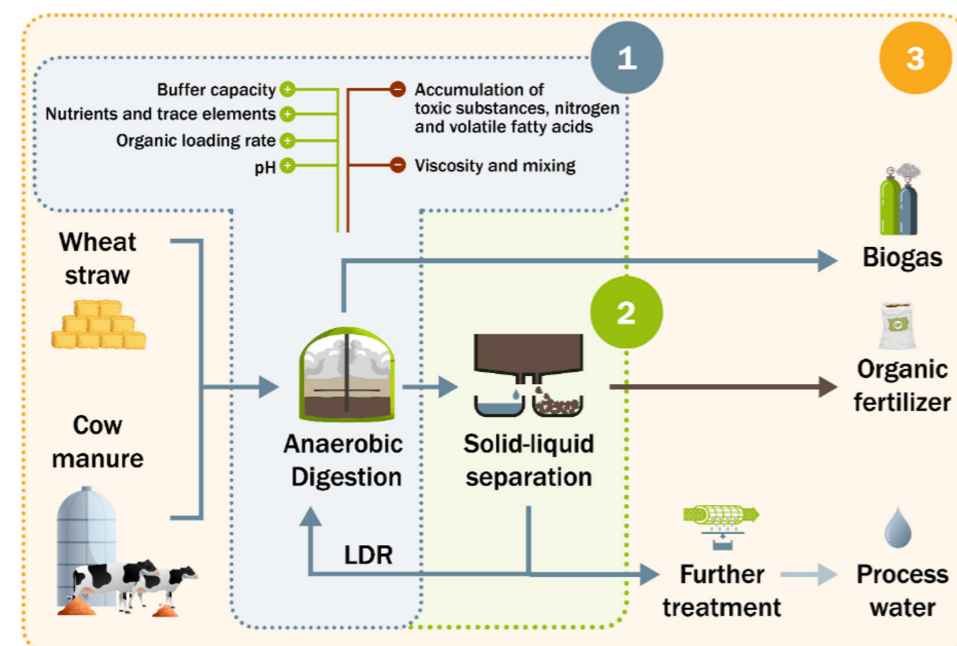
Aktuell wird ein zweiter Langzeitlaborversuch unter thermophilen Bedingungen mit Bioabfall als Substrat durchgeführt, um ein urbanes Einsatzszenario abzubilden. Dabei werden die Effekte der LDR erneut untersucht und mit denen der ersten Kampagne verglichen. Zudem wird das Simulationsmodell validiert und bei Bedarf angepasst.

In weiteren Schritten soll anhand des Modells eine LDR-Strategie für den Betrieb in einer Pilotanlage entwickelt. Parallel dazu wird das Modell für eine breitere Anwendung weiterentwickelt.

### WEITERE INFORMATIONEN

- Projektwebseite: [www.dbfz.de/projektseiten/pilot-sbg](http://www.dbfz.de/projektseiten/pilot-sbg)

**Abbildung 1:**  
Konzept und Vorgehensweise der Rückführung von flüssigem Gärrest (LDR) in den anaeroben Vergärungsprozess zur Optimierung der Biogasproduktion.  
1: Anaerobe Vergärung mit möglichen Einflussparametern; 2: Gärrestseparation; 3: Prozesssimulation und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung



### Keywords

Gärrestrückführung,  
Anaerobe Vergärung,  
Prozesssimulation

### Literatur

- [1] Gahlot, P.; Aboudi, K.; Tyagi, V. K. (2022): Effect of digestate recirculation on anaerobic digestion performance. In *Anaerobic Digestate Management*, pp. 247-264.
- [2] Zheng, Z.; Cai, Y.; Zhao, Y.; Meng, X.; Zhang, Y.; Lu, C. et al. (2020): Achieve clean and efficient biomethane production by matching between digestate recirculation and straw-to-manure feeding ratios. In: *Journal of Cleaner Production* 263 (10), S. 121414. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121414
- [3] Yuan, B.; Etzold, H.; Gröngroft, A. (2025): Simulation and Optimization of Liquid Digestate Recirculation in Co-Digestion of Wheat Straw with Cattle Manure. [Preprint]. DOI: 10.2139/ssrn.5271801

Bomin Yuan\*, Dr.-Ing. Nils Engler, Arne Gröngroft  
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, Deutschland

[bomin.yuan@dbfz.de](mailto:bomin.yuan@dbfz.de)



**KLISCHGA2**

Michael Meiler, Dr.-Ing. Martin Meiller, Felix Kugler

**BioBrick2**

## Industrielle Hochtemperatur-Prozesswärme aus Biomassevergasung

**FKZ-Nr. 03EI5449:** Klimaschutzgas aus Holz und biogenen Reststoffen – Schritte zur ganzheitlichen Prozessintegration in den Keramikherstellungsprozess

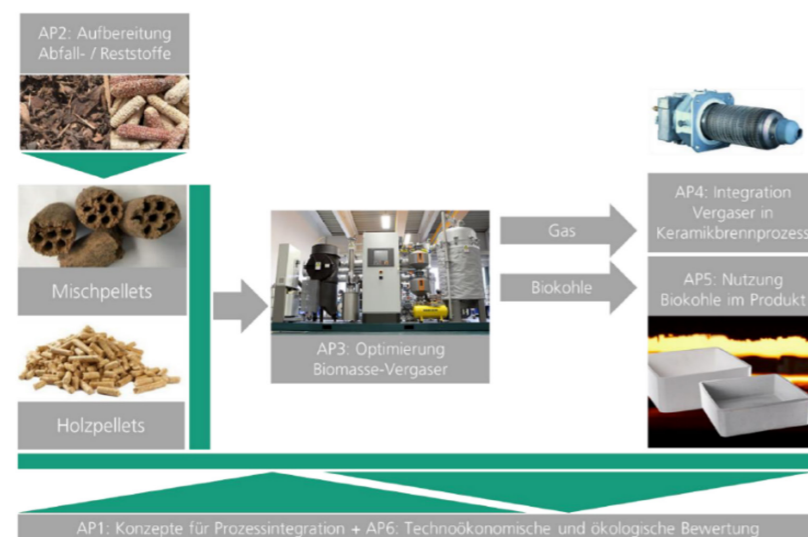
**FKZ-Nr. 03EI5461:** CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion von Ziegeln – Ganzheitliche Integration eines Holzvergaser in die Ziegelproduktion



In Deutschland werden von der industriell benötigten Prozesswärme (440 TWh) nur 6% aus Erneuerbaren Energien und 8% mit Strom bereitgestellt [1]. Während es niedrigen Temperaturbereich eine Vielzahl marktverfügbarer Lösungen gibt, sind die Möglichkeiten für höhere Temperaturen (> 300°C) begrenzt. Die Umstellung auf Wasserstoff ist derzeit aufgrund unklarer Verfügbarkeiten und Kostenabschätzungen mit großen Unsicherheiten behaftet, die Elektrifizierung bestehender Prozesse meist mit enormen Investitions- und Umbaukosten verbunden, sofern Anschluss- oder Prozesstechnisch möglich. Kurzfristig umsetzbare Alternativen kann hier der Bioenergiesektor liefern, durch die direkte Substitution von Erdgas durch lokale Holzgas erzeugung und -nutzung im Betrieb.

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Ziel des abgeschlossenen Projektes KliSchGa2 war es, den Einsatz von Biomasse und biogenen Reststoffen im Bereich der Prozesswärmebereitstellung für Hochtemperaturprozesse zu forcieren und so fossile Energieträger zu verdrängen, die Importabhängigkeit zu reduzieren und CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Einerseits wurde an einem bestehenden, erdgasbefeuerten Schnellbrandofen ein Teil der Hochtemperatur-Prozesswärme aus dem Synthesegas eines im Projekt am Standort integrierten Holzvergaser über leicht modifizierte Brenner bereitgestellt. Die anfallenden Rückstände des Vergaser (Holzkohle) wiederum wurden als nachhaltiges Porosierungsmaterial für spezifische Keramikprodukte eingesetzt, um diese leichter zu machen und so beispielsweise bei Brennkassetten auch langfristig Energie zu sparen. Zudem wird damit der Zukauf von herkömmlichen Porosierungsmitteln eingespart. Ziel war die Überführung dieser Innovationen in die Anwendung, um zu einer Stärkung der Bioenergie in der industriellen Hochtemperaturprozesstechnik beizutragen und die Entwicklung einer Strategie hin zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Produktion in der Keramikbranche. Die detaillierten Ergebnisse des Projektes werden auf der Status-



**Keywords**

Prozesswärmeerzeugung, Defossilisierung, Reststoffnutzung

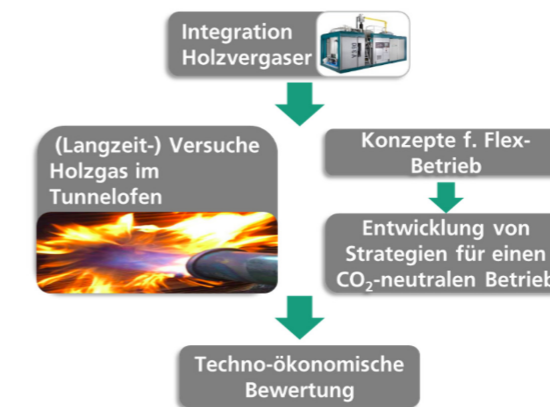
konferenz vorgestellt. Zu diesen zählen neben der Vorstellung der erfolgreichen Konzeptentwicklung und Integration des Holzvergaser an den Schnellbrandofen der Firma Rösler CeramInno auch die erprobten Möglichkeiten und Resultate der Nutzung der Biokohle in

technischen Keramiken sowie die Ergebnisse der technoökonomischen und ökologischen Bewertung des Konzeptes, anhand der gewonnenen Resultate.

Im aktuell noch laufenden Forschungsprojekt BioBrick2 wird der Einsatz eines Holzvergaser zur Substitution von Erdgas für die Hochtemperaturerzeugung im Tunnelofen (>800°C) direkt im Klinker- bzw. Ziegelwerk demonstriert, untersucht und bewertet.

Nach den erfolgreichen Technikumsversuchen mit für Holzgas modifizierten Brennern, der Integrationsplanung des Vergaser am Tunnelofen der ABC-Klinkergruppe am Standort Schüttorf und der Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde konnte im Projekt der Vergaser direkt am Ziegelwerk aufgebaut und installiert werden.

Seit der schrittweisen Inbetriebnahme der Holzgasbrenner am Tunnelofen im Mai 2024 konnten viele wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden. Die Holzgasbereitstellung und der Brennerbetrieb laufen seitdem nahezu problemlos. Negative Einflüsse auf die Produktqualität und -optik (entscheidend bei Klinkern) konnten bislang nicht festgestellt werden. Die messtechnischen Untersuchungen auf die Auswirkungen bzgl. der Emissionszusammensetzung und den Einfluss auf das Temperaturprofil im Ofen stehen im Herbst 2025 an.



Auf der Statuskonferenz können sowohl die im Projekt gewählte Lösungsvariante, die Herausforderungen und Erkenntnisse bei der Umsetzung und im Betrieb, als auch die bisher erzielten Resultate im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Umsetzung vorgestellt. Ebenso wird das Potential der CO<sub>2</sub>-Einsparung und die Übertragbarkeit auf die Ziegelbranche sowie weitere Industrien mit der Anforderung an hohe Prozesstemperaturen aufgezeigt. Dadurch wird demonstriert, dass durch die Förderung von Innovationen die Transformation mithilfe der Bioenergie (mit)gestaltet werden kann.

[1] IN4CLIMATE.NRW (HRSG.) 2022: Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie. Impulspapier der Initiative In4climate.nrw. Düsseldorf

**Literatur**

Michael Meiler\*, Dr.-Ing. Martin Meiller, Felix Kugler  
 Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, An der Maxhütte 1, 92237 Sulzbach-Rosenberg, www.umsicht-suro.fraunhofer.de

michael.meiler@umsicht.fraunhofer.de



## Oxyfuel-Vergasung biogener Reststoffe zur Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme

**FKZ-Nr. 03EI5478:**  
**Prozesswärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen mittels Oxyfuel-Vergasung und Gaskonditionierung für den optimierten Einsatz in industriellen Brennersystemen**

### HINTERGRUND UND ZIEL

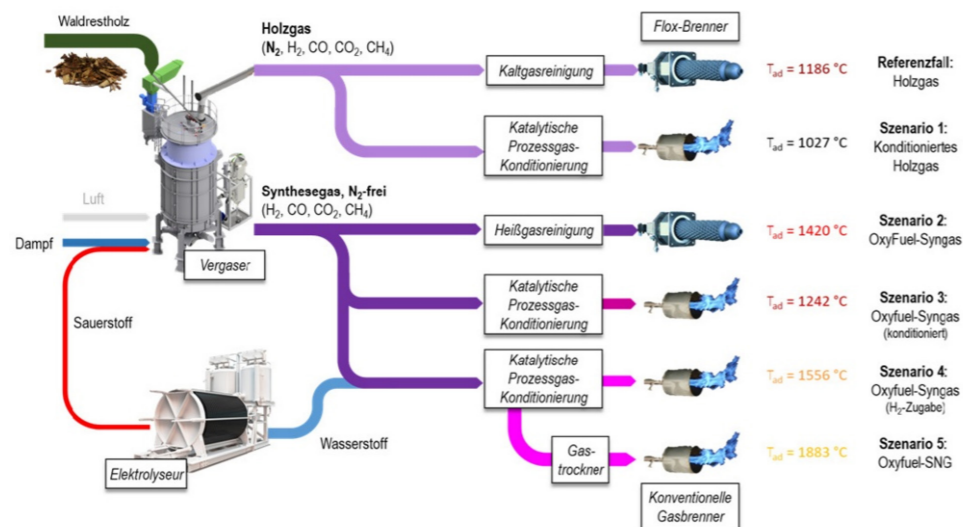
Noch immer werden rund 72% der industriellen Prozesswärme in Deutschland durch fossile Energieträger erzeugt [1]. Eine Dekarbonisierung in diesem Bereich ist daher essentiell für das Erreichen der Klimaziele der Bundesregierung.

Zwar nimmt der Anteil von strombasierter Prozesswärmeerzeugung zu, doch gibt es zahlreiche industrielle Anwendungen, bei denen prozessbedingt die Nutzung gasförmiger Brennstoffe erforderlich bleiben. Wasserstoff gilt dabei als vielversprechender Energieträger, dessen Verfügbarkeit über Elektrolyse perspektivisch steigen wird. Allerdings ist davon auszugehen, dass insbesondere Großverbraucher aus der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie den Großteil des marktfähigen Wasserstoffs beanspruchen werden [2]. In Kombination mit einer zunächst nur punktuellen Pipeline-Infrastruktur ergeben sich dadurch Engpässe und hohe Kosten für eine flächendeckende dezentrale Nutzung.

Eine realistische alternative stellt die Vergasung von Biomasse zur Erzeugung brennbarer Synthesegase dar. Diese können prozessspezifisch konditioniert und an bestehende Brennertechnologien angepasst werden. Damit eröffnet sich ein Weg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Prozesswärmeerzeugung auch für Temperaturbereiche von 1000 bis 1800°C.

Im Rahmen des Forschungsprojekts BioProcessHeat soll die Erzeugung von Hochtemperaturprozesswärme mittels Biomassevergasung und Gaskonditionierung untersucht werden. Abschließendes Ziel des Projektes ist es, im Feldtest die CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion von Hochtemperaturprozesswärme für einen Industriestandort zu demonstrieren.

**Abbildung 1:**  
 Skizze möglicher Prozesswege  
 (je nach Anwendung bzw.  
 erforderlicher Flammentemperatur)



### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Zentrale Aktivitäten des Projekts sind der Aufbau und die Inbetriebnahme einer Pilotanlage der gesamten Prozesskette. Ein innovativer Gegenstromvergaser, der sowohl luft- als auch sauerstoffgeführte Betriebsweisen (Oxyfuel) ermöglicht, liefert unterschiedliche Brenngase. Ein Schwerpunkt liegt auf der Erprobung der Oxyfuel-Vergasung unter realen Bedingungen und Charakterisierung der erzeugten Synthesegase.

### Keywords

Oxyfuel-Vergasung,  
 Hochtemperaturprozesswärme,  
 Synthesegas, Pilotanlage

Perspektivisch soll die Prozesskette durch eine Methanisierungsanlage und einen industriellen Brenner erweitert werden. Die Versuchskampagnen dienen der systematischen Untersuchung unterschiedlicher Betriebsmodi, insbesondere im Vergleich zur konventionellen Luftvergasung.

### ERGEBNISSE

Im Rahmen einer ersten Versuchskampagne konnte der modifizierte Gegenstromvergaser am Standort Senden erfolgreich 28 Stunden im Oxyfuelbetrieb gefahren werden. Dabei wurden vier unterschiedliche Betriebspunkte realisiert und hinsichtlich Temperaturverlauf, Gaszusammensetzung und Teerbelastung untersucht.

Die kontinuierlich aufgezeichneten Prozessdaten zeigen, dass das System ein träges thermisches Verhalten aufweist und Temperaturschwankungen selbst nach längeren Betriebszeiten auftreten können. Die Temperaturprofile im Reaktor deuten auf eine ausgeprägte Oxidationszone mit über 1.000°C über große Bereiche hin. Der Dampfeintrag hatte dabei, wie erwartet, einen kühlenden Effekt.

Die analysierten Produktgase zeigten eine insgesamt stabile Zusammensetzung mit typischen Schwankungen zwischen den Betriebspunkten. Höhere Dampfdraten führten zu erhöhter Wasserstoffbildung, während der CO-Gehalt stärker temperaturabhängig war. Im Vergleich zur Luftvergasung wurde im Oxyfuelbetrieb eine geringere Teerbildung beobachtet, allerdings mit einer Zusammensetzung (v. a. BTX), die sich weniger effizient mit der vorhandenen Gasreinigung entfernen ließ.

Zusätzlich wurden Rückstände und Anbackungen im Reaktor analysiert. Diese lassen auf zu hohe lokale Temperaturen und ein Überschreiten der Ascheerweichungstemperatur schließen. Eine zukünftige Betriebsweise mit moderat reduzierter Temperatur erscheint daher sinnvoll – auch mit Blick auf eine gewünschte Gaszusammensetzung zur nachgeschalteten Methanisierung.

[1] AG Energiebilanzen e.V., Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2023 – Auswertung zur Energiebilanz Deutschland 2023, Apr. 2024. [Online]. Available: [https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/11/AGEB\\_23e.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/11/AGEB_23e.pdf)  
 [2] IN4climate.NRW, "Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie. Impulspapier der Initiative IN4climate.NRW," Düsseldorf, 2022.

### Literatur

Sabine Reiß<sup>1\*</sup>, Christian Wondra<sup>1</sup>, Julian Moffit<sup>2</sup>, Dr.-Ing. Peter Treiber<sup>1</sup>,  
 Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg, Deutschland

<sup>2</sup> ReGaWatt GmbH, Kagrastraße 30, 93326 Abensberg, Deutschland

sabine.reiss@fau.de

## biovolatil

Johannes Michael Voß

## Resiliente kommunale Energiesysteme mit bedarfsgerechter Biomassevergasung und mitteltiefer Geothermie

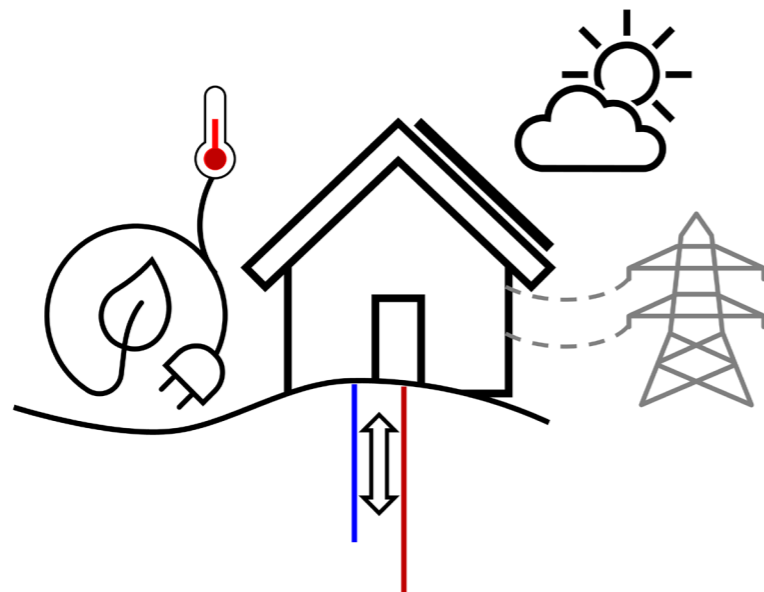
**FKZ-Nr. 03EI5488:**  
**Resiliente kommunale Energiesysteme mit bedarfsgerechter Vergasung nachhaltiger Biomasse und mitteltiefer Geothermie**

Das am 01.08.2025 gestartete Projekt biovolatil untersucht die Erhöhung der energiebezogenen Resilienz von Kommunen durch eine möglichst autarke, klimaneutrale Energiegewinnung und -speicherung unter Einbeziehung nachhaltiger Biomasse und geothermischer Speicher.

Der fluktuierenden Energiegewinnung aus Sonne und Wind steht ein fluktuierender Leistungsbedarf an elektrischer und thermischer Energie gegenüber, wobei diese Schwankungen nicht deckungsgleich sind. Dies kann durch regionale und überregionale Netze ausgeglichen werden. Im Sinne einer resilienten Volkswirtschaft ist es jedoch sinnvoll, einen Ausgleich bereits lokal zu ermöglichen.

Kurzfristige Engpässe an elektrischer Energie können durch bekannte Systeme kompensiert werden. Für den mittel- und langfristigen Ausgleich stellen Biomassevergaser mit Blockheizkraftwerke (BHKW) und Geothermiesysteme (UTES) eine wenig genutzte, aber wegweisende Ergänzung dar. Die Vergasertechnologie ermöglicht es bisher kaum anders genutzte Potenziale nachhaltiger Biomasse für die energetische Nutzung zu erschließen. Unterschiedliche Biomassevergaser-BHKW (BV-BHKW) können je nach Typ entweder mit kurzen Vorlaufzeiten komplett ein- und ausgeschaltet oder dynamisch geregelt werden. Die Kopplung mit der Geothermie sorgt für einen saisonalen Ausgleich. Mitteltiefe geothermische Speicher bieten dabei ein hohes Potenzial für Forschung und Entwicklung, da sie die Effizienz der beteiligten Anlagen und damit deren Wirtschaftlichkeit deutlich erhöhen.

**Abbildung 1:**  
 Bei Dunkelflauten nutzt biovolatil zugeschaltete BV BHKW + mitteltiefe UTES zur Versorgung; Wärmeüberschuss wird geothermisch gespeichert. So wird das überregionale Stromnetz entlastet.



### Keywords

Biomassevergasung, Geothermiespeicher, Flexibilisierung, Resilienz

Schaltstelle eines solchen integrierten Systems ist ein Prognosetool, das auf Basis von Verbrauchs- und Erzeugungsvorhersagen den zu erwartenden Bedarf ermittelt. Auf dieser Grundlage kann der Anlagenbetrieb im Energieversorgungssystem optimiert werden. Für die zentralen Technologien dieses Vorhabens werden Modelle der Systemkomponenten



## Wärme aus Biomasse für Industrie & Kommunen

erstellt oder weiterentwickelt. Im Fall der BV-BHKW werden zusätzlich umfangreiche Experimente im kommerziellen Maßstab zur Erhöhung der Flexibilität durchgeführt. Diese Ergebnisse werden ebenfalls für die Verbesserung der Modelle verwendet. Zur sektorübergreifenden Akteursverknüpfung werden standortspezifische Kopplungspotenziale identifiziert und bewertet. Auf Basis einer Akteursanalyse werden bestehende Infrastrukturen und Potenzialflächen miteinander korreliert und Potenziale für die jeweilige Subregion identifiziert. Um das Geothermiepotenzial abzubilden, werden synthetische geologische und hydrogeologische Unterkategorien anhand einer großräumigen Gliederung Deutschlands erstellt. Dies ist notwendig, da es derzeit eine unzureichende Datenlage für die mitteltiefe Geothermie in Deutschland gibt. Ebenso wird die technische Erschließung des Untergrundes in Referenzsystemen betrachtet. Aus diesen Varianten werden die Leistungsfähigkeit des Systems und der direkte Einfluss geologischer und technischer Gegebenheiten auf die Wirtschaftlichkeit abgeleitet.

Direktes Ziel des Vorhabens ist die Konzeption einer flexiblen Energiegewinnung und -speicherung beispielhaft für einen urbanen Raum und eine ländliche Kommune mit nennenswerter Industrieansiedlung mit dem Ziel einer höheren Wärme- und Elektrizitätsresilienz. Hierbei sollen ausschließlich erneuerbare Energieträger unter Einbeziehung nachhaltiger Biomasse eingesetzt und durch die Einbindung geothermischer Speicher ergänzt werden. Ein Schwerpunkt ist dabei die Erhöhung der Flexibilität von BV-BHKW. Das kann durch den Einsatz von fortschrittlichen Mess- und Regelungsstrategien und durch die Einbindung von Speichern erreicht werden. Hierzu werden entsprechende Anpassungen eines exemplarischen Biomassevergasers durchgeführt. Darauf aufbauend erfolgt die dynamische Modellierung der Anlagen in Bezug auf die Bereitstellung von Strom und Wärme und eine Bewertung der ökologischen und ökonomischen Effekte. Das bestehende Energienetz der untersuchten Kommunen wird modelliert. Dies wird durch die Einbindung der zusätzlichen Energiequellen und -senken ergänzt. So kann der neue Ansatz optimiert und der konkrete Nutzen und die Komptabilität mit dem bestehenden System dargestellt werden. Langfristige Ziele über die Projektlaufzeit hinaus sind der Aufbau eines klimaneutralen, resilienten Energiesystems für möglichst viele großstädtische und größere ländliche Kommunen sowie die Realisierung und Einbindung von BV-BHKW und mitteltiefen Geothermiesystemen zur flexiblen Energieerzeugung und mittelfristigen Energiespeicherung.

### WEITERE INFORMATIONEN

[www.biovolatil.de](http://www.biovolatil.de)

Johannes Michael Voß

Fraunhofer UMSICHT, Osterfelder Str.3, 46047 Oberhausen, Deutschland

[johannes.voss@umsicht.fraunhofer.de](mailto:johannes.voss@umsicht.fraunhofer.de)

Dr.-Ing. Eric Mauky, Dr. Burkhard Wilske, Sebastian Semella, Maximilian Sergel, Dr.-Ing. Robert Pohl, Falko Windisch, Dr. Romy Brödner, Prof. Walter Stinner

## Wärmebereitstellung aus heterogenen Biomassen mittels Biomeilertechnologie

Zukunftsfähige Agrarsysteme und Kommunen müssen sowohl ihre Anpassungsstrategien an den Klimawandel als auch ihren Beitrag zum Klimaschutz weiterentwickeln.

Grüngut stellt auf nationaler Ebene nach Altpapier die zweitgrößte Sekundärbiomasse [1]. Angesichts der klimaresilienten Umgestaltung urbaner, peri-urbaner und ruraler Flächen (z.B. Langgraswiesen, Blühstreifen, Schattenbäume, Dach- und Wandbegrünung oder Feldheckenstrukturen) ist mit einem weiteren Anstieg an Grüngut zu rechnen. Dessen sinnvolle Nutzung kann zu Klimawandelanpassung und zu Klimaschutz beitragen. Bei derzeitigen Verwertungskonzepten bestehen nicht selten erhebliche Zielkonflikte. Oft verursacht die Verwertung Kosten, die die Produktpalette der Entsorger aus ökonomischen Gründen einschränkt. Transportkosten spielen dabei eine wesentliche Rolle. Insgesamt ist das heterogene Material wegen des periodischen sowie dezentralen Anfalls, des gemischt krautig - holzigen Anteils, teilweise mineralischer Störstoffe (Pflanzen mit Erdanhang) in der Regel nicht mit vertretbarem Aufwand stofflich nutzbar. Auch die energetische Nutzung mittels anaerober Verfahren oder mittels Verbrennung ist zumeist nicht mit vertretbarem Aufwand geeignet. Zum Beispiel eignet sich nur die grobe Holzfraktion gut zur emissionsarmen thermischen Energieerzeugung.

Das Biomeiler-Verfahren kann eine wertschöpfende Alternative für die lokale Grüngutnutzung bieten, wo Stoffstromheterogenitäten, ungünstige economies of scale, lange Transportwege und hohe Investitionskosten andere Nutzungspfade infrage stellen (Abb. 1). Biomeiler können (i) die Nutzung der kompletten Stoffströme zur zukünftig wirtschaftlich tragfähigen Erzeugung erneuerbarer Wärme aus der biologischen Oxidation der Kompostierung ermöglichen, dabei gleichzeitig (ii) hochwertigen Kompost als Torfersatz oder zur Humusreproduktion produzieren und (iii) auf Basis der bisherigen Ergebnisse eine Minimierung der Emissionen gegenüber üblicher Kompostierung ermöglichen [2]. Durch die wärmeseitige Wertschöpfung wird die Erschließung der heterogenen organischen Stoffströme erheblich verbessert, weil diese Wertschöpfung zum Wert des Kompostes hinzukommt. Dies kann dazu beitragen, höhere holzige Anteile in der Biomeiler-Kompostierung zu halten und damit strukturmateriale und daher emissionslastige Kompostierung ohne zusätzliche Wärmenutzung zu ersetzen. Das Biomeiler-Verfahren kann damit das Instrumentarium kommunaler Wärmepläne für eine zukünftige, klimaneutrale Wärmeversorgung ergänzen.

Durch Standortanalysen von Grüngutpotenzialen, welche über öffentlich verfügbare Abfallstatistiken und Geodaten in hoher räumlicher Auflösung darstellbar sind, können die erforderliche Einzugsbereiche für einen Biomeilerbetrieb bzw. Standorte und Dimension der Biomeiler besser abgeschätzt werden. An Fallbeispielen geschätzter Grüngutpotenziale einiger ländlicher Kommunen wird demonstriert, unter welchen Bedingungen Biomeiler, einen wertvollen Beitrag zu Klimawandelanpassung und Klimaschutz leisten können.

### Keywords

Biomeiler,  
Geregelte Kompostierung,  
Emissionsvermeidung, Aerob,  
Reststoffpotenziale

## Wärme aus Biomasse für Industrie & Kommunen

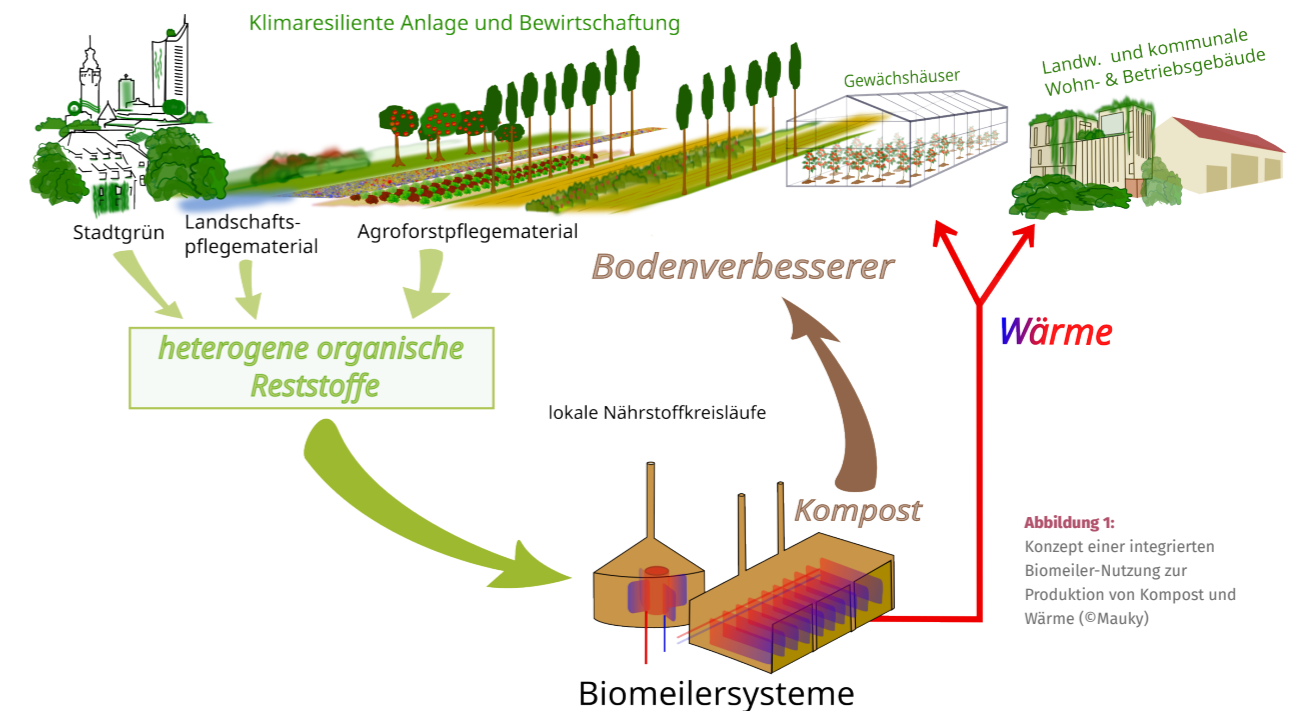


Abbildung 1:  
Konzept einer integrierten  
Biomeiler-Nutzung zur  
Produktion von Kompost und  
Wärme (©Mauky)

[1] WILSKE, B., CYFFKA, K.-F., KALCHER, J., et. al. (2025) Schlussbericht zum Projekt MoBi II: Aufbau eines systematischen Monitorings der Bioökonomie – Konsolidierungsphase, Teilvorhaben 2: Aktualisierung Reststoffmonitoring. TIB-Archiv, <https://doi.org/10.2314/KXP:192896544X>

[2] SCHMIDBAUM, T., JASCHKE, N. (2020) Mehrkammer-Biomeiler – Neue Möglichkeiten zur Schließung regionaler Energie- und Stoffkreisläufe durch flammenlose energetische Nutzung von Reststoffen, 14. Rostocker Bioenergieforum, Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, [https://doi.org/10.18453/rosdok\\_id00002650](https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002650)

### Literatur

Dr.-Ing. Eric Mauky<sup>1\*</sup>, Dr. Burkhard Wilske<sup>1</sup>, Sebastian Semella<sup>1</sup>, Maximilian Sergel<sup>1</sup>,  
Dr.-Ing. Robert Pohl<sup>3</sup>, Falko Windisch<sup>2</sup>, Dr. Romy Brödner<sup>1</sup>, Prof. Walter Stinner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DBFZ - Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig

<sup>2</sup> LAV Erdenwerke GmbH, Nordstraße 15, 04420 Markranstädt

<sup>3</sup> Ingenieurbüro Regenerative Versorgungslösungen, Karl-Heine-Str. 85, 04229 Leipzig

eric.mauky@dbfz.de

**BioH2Ref**

Leon Müller-Noell, Dr.-Ing. Andy Gradel

## Wasserstoff aus Biogas

FKZ-Nr. 03E15440:

**Dezentrale Wasserstoffaufbereitung von Biogas durch Dampfreformierung****HINTERGRUND ODER ZIEL**

Der Großteil der in Deutschland installierten Biogasanlagen verliert in den kommenden Jahren seine über 20 Jahre gesicherte EEG-Vergütung, viele davon haben noch keine konkreten Pläne für den Fortbetrieb, einige rechnen bereits mit der Stilllegung. [1]. Neben der flexibilisierten Stromerzeugung oder der Biomethaneinspeisung kann hier auch die Wasserstoffproduktion ein wirtschaftliches Folgemodell, v. a. für Anlagen mit hohem Reststoffeinsatz, darstellen. Anders als bei der Elektrolyseroute wird hier nicht der Umweg über die Stromerzeugung genommen, daher steigt der Wirkungsgrad des Primärproduktes der Biogasanlage von 40 % in der Stromerzeugung auf 60 % in der Wasserstoffherstellung, der Gesamtwirkungsgrad inkl. Wärmenutzung bleibt bei ca. 80 % [2]. Grüner Wasserstoff aus Biogas ist ein idealer Hebel, um schnell eine klimafreundliche Wasserstoffinfrastruktur aufzubauen, solange erneuerbarer Strom nicht im Überfluss zur Verfügung steht. Ziel des Projektes BioH2Ref war neben dem Aufbau und Betrieb der Pilotanlage zur Wasserstoffherstellung die Untersuchung des Einflusses der Rohbiogasqualität auf die Wasserstoffqualität, die real erreichbaren Wirkungsgrade des Prozesses, die Abwärmeintegration der Wasserstoffaufbereitung in die Gesamtanlage, sowie die konstruktiven und verfahrenstechnischen Optimierungen der Rohbiogasaufbereitung und Reformerdimensionierung. Außerdem wird eine ganzheitliche Betrachtung der THG-Emissionen durchgeführt und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes bewertet. Abbildung 1 zeigt die im Rahmen des Projektes installierte Pilotanlage auf dem Lefkeshof in Krefeld.

**Abbildung 1:**

Pilotanlage zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biogas am Standort Krefeld

**Keywords**

Dampfreformierung, Wasserstoff, Biogas, Biokraftstoffe, biogene Reststoffe

**AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN**

Im Projekt wurde die Pilotanlage, deren zentrale Reaktoreinheit eine Weiterentwicklung eines dezentralen Dampfreformers für Erdgas darstellt, aufgebaut und in Form von Kurz- und Langzeitversuchen getestet. Die zentralen Aktivitäten im Projekt waren folgende:

## Umwandlung biogener Reststoffe in Wasserstoff

- Aufbau, Installation, Inbetriebnahme und Betrieb der Pilotanlage (BtX energy GmbH)
- Erzeugung und Bilanzierung des Eduktgases und Überwachung des Versuchsbetriebes der Pilotanlage (Werner Schleupen Stromerzeugung)
- Prozessanalyse und Treibhausgas- / Ökobilanzierung der Wasserstoffaufbereitung und Zertifizierung des Wasserstoffes nach REDcert (IOB / RWTH Aachen)

**ERGEBNISSE**

Das im Dezember 2024 erfolgreich abgeschlossene Projekt hat seine technischen Ziele vollumfänglich erreicht bzw. teilweise überschritten. So konnte eine Anlagenleistung von 113% der Auslegung bei dem als Ziel gesetzten Kaltgaswirkungsgrad von 60% erreicht werden. Zudem wurde eine Produktqualität nach DIN 17124 sowie nach technischer Reinheit 5.0 (99,999%) nachgewiesen. Die im Projekt betrachtete Technologie wurde parallel zum Projektabschluss in die Marktreife überführt und derzeit skaliert.

Der Vortrag präsentiert die Erkenntnisse aus dem Projekt und zeigt, dass die dezentrale Wasserstoffproduktion aus Biogas eine vielversprechende Technologie zur Reduktion von Treibhausgasemissionen darstellt und wirtschaftlich tragfähig sein kann. Hierzu werden Ergebnisse zur Bilanzierung der Edukt- und Produktgasströme sowie zum Betriebsverhalten und Wirkungsgrad des Reformers und dazugehörige Modellergebnisse von numerischen Simulationen der BtX energy vorgestellt, die zur Optimierung der Betriebsweisen geführt haben. Es wird zudem ein Ausblick über die derzeit im Gange befindliche Verwertung gegeben.

**WEITERE INFORMATIONEN**

- [www.btx-energy.de](http://www.btx-energy.de)

[1] Daniel-Gromke, J.; Rensberg, N.; Denysenko, V. (2021): Biogas – Status quo und Anlagenentwicklung, Biogasfachgespräche Leipzig  
 [1] Dögnitz, N.; Hauschild, S.; Cyffka, K.-F.; Meisel, K.; Dietrich, S.; Müller-Langer, F.; Majer, S.; Kretzschmar, J.; Schmidt, C.; Reinholz, T.; Gramann, J. (2022): DBFZ-Report Nr. 46: Wasserstoff aus Biomasse, Leipzig

**Literatur**

Leon Müller-Noell\*, Dr.-Ing. Andy Gradel  
 BtX energy GmbH, Esbachgraben 1, 95463 Bindlach

Leon.mueller-noell@btx-energy.de

## HyCS-Biomass

Julien Göthel, Dr.-Ing. Thorsten Lutsch, Lena Hensch, Uwe Pahl, Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova

## Direkte Nutzung von Biomassevergasungsgasen für die Wasserstoffproduktion auf der Grundlage von Eisenoxidspeichermodulen

FKZ-Nr. 03EI5479:  
Nutzung eisenbasierter Module zur Versorgung mit hochreinem Wasserstoff unter Druck auf der Basis der Luftvergasung biogener Reststoffe, Teilvorhaben: Reinigung wasserstoffhaltiger Gase aus der Biomassevergasung, Speicherung und Generierung hochreinen Wasserstoffes



Der Einsatz von grünem Wasserstoff ist eine zentrale Säule der energetischen Umstrukturierung der Energiewirtschaft. Die thermochemische Vergasung von Biomasse stellt neben der Elektrolyse eine vielversprechende alternative Wasserstoffquelle dar. Im Vergleich zu Wasserstoff, der durch Elektrolyse mit Photovoltaik-Anlagen erzeugt wird, deuten Studien darauf hin, dass die Produktion über Biomassevergasung mit deutlich geringeren Treibhausgasemissionen verbunden ist. Dabei sollte Wasserstoff aus biogenem Synthesegas bevorzugt in der organisch-chemischen Industrie verwendet werden, da hier der anfallende Kohlenstoff in das Produkt integriert wird. Für geeignete Anlagengrößen ergeben sich dezentralisierbare und höherwertige Anwendungen wie der Wasserstoffproduktion, Versorgung von Wohnquartieren und eine zeitlich entkoppelte Stromversorgung. Die thermochemische Vergasung liefert ein feuchtes Multigasgemisch aus Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid, das zudem brennstoff- und prozessspezifische Störstoffe enthält. Durch die Nutzung des Eisen-Wasserdampf-Kreisprozesses wird das Produktgas aus der Biomassevergasung genutzt, um die Metalloxidformkörper zu Eisen zu reduzieren und anschließend mit Wasserdampf unter der Bildung von Wasserstoff wieder zu oxidieren. Das häufig enthaltene Kohlenstoffmonoxid in den Vergasergasen kann neben dem Wasserstoff zur Reduktion von Eisenoxid genutzt werden, wodurch eine Shift-Reaktion unnötig wird. Thermodynamische Analysen zeigen, dass die Beladung des Eisen-Wasserdampf-Prozesses weitgehend unabhängig von der Qualität des Reduktionsgases ist. Dies ermöglicht die Nutzung verschiedenster biogener Rest- und Abfallstoffe sowie die Umrüstung bestehender Vergasungsanlagen.

Die Technologie ermöglicht die Beladung bei Umgebungsdruck und die Entladung bei einem Betriebsdruck von bis zu 100 bar. Dies sichert eine bedarfsgerechte und zeitlich sowie örtlich flexible Versorgung mit hochqualitativem Wasserstoff (bis zu 99,95%) aus biogenen Reststoffen.

Bisher wurde dieser Prozess in Verbindung mit Biomasse primär in grundlegenden Laborkontrolluntersuchungen betrachtet. [1-6] Durch die Nutzung standardisierter 20-Fuß-Containermodule der Firma AMBARtec AG (HyCS®-Technologie: Hydrogen Compact Storage) wird im Projekt eine Erhöhung des Technologie-Reifelevels für die gekoppelte Wasserstoffherzeugung aus Biomassevergasungsgas von 3-4 auf 6 angestrebt. Die Prozesswärme soll durch Kopplung mit dem Vergaser oder durch die Koppelung eines zu beladenden mit einem zu entladenden Modul genutzt werden. Die Kombination aus Biomassevergasung und dem Eisen-Wasserdampf-Kreisprozess ermöglicht die Nutzung stickstoffreicher Produktgases, die Reduzierung der Synthesegasreinigung auf Entstaubung und Grobentfernung und die Einbindung dezentraler Vergasungsanlagen mit geringer Komplexität in die Wasserstoffwirtschaft. Die inhärente Verknüpfung der Wasserstoffproduktion mit einer Logistikköpfung durch die Containermodule stellt einen Differenzierungspunkt dar, um für die Systemintegration der Bioenergieanlagen eine Sektorenkopplung voranzutreiben. Dies verspricht eine signifikante Vereinfachung der Prozesskette von Biomasse zu Wasserstoff, ermöglicht eine bessere Verfügbarkeit von Wasserstoff und hebt Kosteneinsparungspotentiale.

### Keywords

Biogener Wasserstoff, Reinigung von Synthesegas, Aufwertung biogener Rest- und Abfallstoffe, dezentrale Energieversorgung

## Umwandlung biogener Reststoffe in Wasserstoff

Das Vorhaben umfasst Untersuchungen im Technikums- und Demonstrationsmaßstab für die spezifischen Prozesseffizienzen unter Verwendung eines realen Vergasergases. Wesentliche Forschungs- und Entwicklungsfragen betreffen den Gesamtwirkungsgrad der Wasserstoffherzeugung, die optimale Nutzung der Abwärme, Betriebsparameter für verschiedene Schwachgasqualitäten, die Ausnutzung des Reduktionspotenzials in Abhängigkeit des Stickstoffanteils, das Verhalten von Spurenstoffen und Begleitgasen, thermochemischen und kristallographischen Veränderung der Eisenformkörper, die Effektivität des Prozesses als Brenngasreinigung, die Notwendigkeit zusätzlicher Abgasreinigungsschritte, Regenerationszyklen, maximal generierbare Durchsatzverläufe, die theoretische Gestaltung von dynamischen Be- und Entladezyklen eines Multireaktorenkonzeptes sowie das THG-Minderungspotenzial und optimale Logistikkonzepte. Die Bilanzierung erfolgt nach dem Methodenhandbuch zur stoffstromorientierten Bilanzierung der Klimagaseffekte und die Messungen orientieren sich am Handbuch „Messen und Bilanzieren an Holzvergasungsanlagen“. [7] [8] Erste Untersuchungsergebnisse fokussieren sich auf die erreichbaren Gasumwandlungsgrade eines synthetischen Holzvergasergases und die summierte Wasserstoffherzeugung aus beiden Prozessschritten (vgl. Abbildung 1).

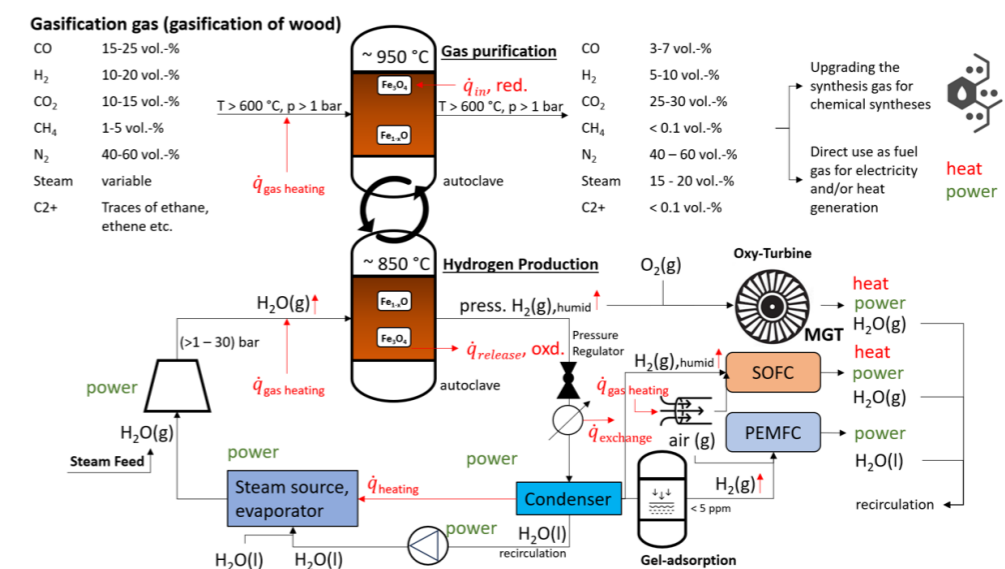


Abbildung 1: Energetische Aufwertung und Reinigung von biogenen Schwachgasen für die Wasserstoffproduktion am Beispiel von Holzvergasergas durch Eisenmodule: Die vorhandene Reduktionswirkung des Holzvergasergases wird für den Beladungsprozess genutzt, um anschließend über die Oxidation der reduzierten Eisenoxide mit Wasserdampf, Wasserstoff in einer Reinheit von > 99,9 % zu generieren (Betrachtete Nebenreaktionen für die erwartbaren Gasumwandlungsgrade des Holzvergasergases durch die Reduktion des Magnetits zu Wüstiten: Wassergas-Shift-Reaktion, Dampfreformierung von Methan, Boudouard-Reaktion).

- [1] Hacker, V.; Faleschini, G.; Fuchs, H.; Frankhauser, R.; Simader, G.; Ghaemi, M.; Spreitz, B.; Friedrich, K.: Usage of biomass gas for fuel cells by the SIR process. In: Journal of Power Sources 71 (1998), S. 226-230
- [2] Hacker, V.; Frankhauser, R.; Faleschini, G.; Fuchs, H.; Friedrich, K.; Muhr, M.; Kordesch, K.: Hydrogen production by steam-iron process. In: Journal of Power Sources 86 (2000), S. 531-535
- [3] Qiu, Y.; Zeng, D.; Xiao, R.: Hydrogen Production from Biomass-Based Chemical Looping: A Critical Review and Perspectives. In: Energy & Fuels 38 (2024), S. 13819-13836.
- [4] Bleeker, M.F.; Kersten, S.R.A.; Veringa, H.J.: Pure Hydrogen from pyrolysis oil using the steam-iron process. In: Catalysis today 127 (2007), S. 278-290
- [5] Sime, R.; Kuehni, J.; D'Souza, L.; Elizondo, E.; Biollaz, S.: The redox process for producing hydrogen from woody biomass. In: International Journal of Hydrogen Energy 28 (2003), S. 491-498
- [6] Zacharias et al.: High-pressure hydrogen production with inherent sequestration of a pure carbon dioxide stream via fixed bed chemical looping, International Journal of Hydrogen Energy 44, 7943-7957, 2019
- [7] Thrän, D.; Pfeiffer, D.: Methodenhandbuch Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte; Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH; 2021
- [8] Zeymer, M.; Herrmann, A.; Thrän, D.: Messen und Bilanzieren an Holzvergasungsanlagen. Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ Band 14

### Literatur

Julien Göthel<sup>1,2\*</sup>, Dr.-Ing. Thorsten Lutsch<sup>1</sup>, Lena Hensch<sup>1</sup>, Uwe Pahl<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AMBARtec AG, Erna-Berger-Straße 17, 01097 Dresden, Deutschland

<sup>2</sup> Institut für Eisen- und Stahltechnologie, Leipziger-Straße 34, 09599 Freiberg, Deutschland

Julien.Goethel1@doktorand.tu-freiberg.de, Julien.Goethel@ambartec.de

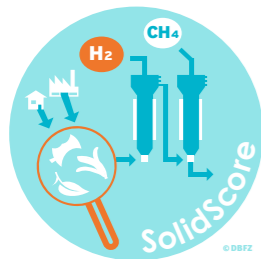
**SolidScore**

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

## Biologische Wasserstoffproduktion aus Biomassefeststoffen

FKZ-Nr. 03EI5465:

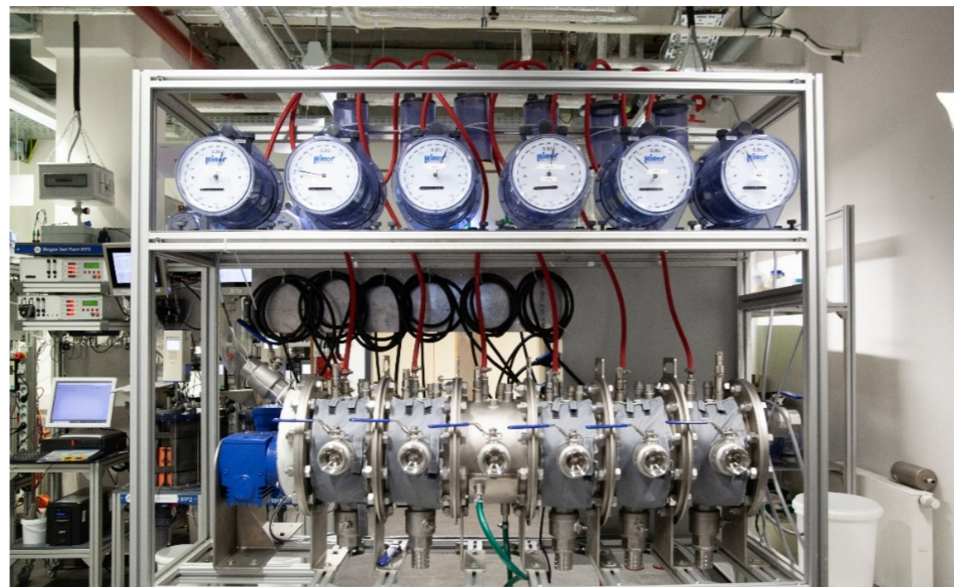
**Biologische Wasserstoffproduktion aus Biomassefeststoffen**



Wasserstoff gilt als Schlüsselement der Energiewende. Das Projekt SolidScore verfolgt das Ziel, die biologische Wasserstoffproduktion über dunkle Fermentation auf feste Biomasse mit einem Trockenrückstand (>10%) auszuweiten. Dies umfasst landwirtschaftliche und industrielle Rest- und Abfallstoffe. Das Verfahren soll so in bestehende Biogastechnik integriert werden und fossile Energieträger ersetzen. Ziel ist es, durch innovative Reaktorkonzepte und Prozesssteuerung eine wirtschaftlich und ökologisch tragfähige Alternative zu fossilen Wasserstoffquellen zu entwickeln.

Das Verbundprojekt wird gemeinsam von der FH Münster, PlanET Biogastechnik GmbH und EMCEL GmbH durchgeführt. Zu den zentralen Arbeitsschritten gehören die Auswahl und Charakterisierung geeigneter Reststoffe inklusive Vorbehandlung, die Entwicklung und der Bau eines zweistufigen halbertechnischen Reaktors mit 50 l Volumen, kontinuierliche Fermentationsversuche mit unterschiedlichen Substratmischungen, eine umfassende analytische Begleitung, eine Wirtschaftlichkeitsanalyse mit dynamischem Business-Case-Tool und Szenarien-Datenbank, ein Life Cycle Assessment zur Bewertung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale sowie Öffentlichkeitsarbeit, Vernetzung und Wissenstransfer.

Abbildung 1: Versuchsanlage zur biologischen Wasserstoffherzeugung



**Keywords**

Biowasserstoff, Dunkle Fermentation, Abfall- und Reststoffe, Anaerobe Vergärung

Um die ausgewählten Feststoffe besser beurteilen zu können, wurden Laborversuche zur Wasserstoffpotentialbestimmung durchgeführt. Dazu wurde ein Versuchsstand genutzt, der die Wasserstoffpotentialerfassung ermöglicht. Der im Labor der FH Münster aufgebaute Versuchsstand richtet sich nach den Vorgaben der Richtlinie VDI 4630 „Vergärung organischer Stoffe“. In Abbildung 2 werden ausgewählte Ergebnisse dargestellt. Eine zweistufige halbertechnische Reaktoranlage mit einem Volumen von etwa 50l wurde erfolgreich gebaut und in Betrieb genommen. Die Anlage ist für den Betrieb bei 65°C in der Wasserstoffstufe und 40°C in der Methanstufe ausgelegt und ermöglicht eine modulare Anpassung an verschiedene Substrate.

## Umwandlung biogener Reststoffe in Wasserstoff

Zur Verbesserung der Rührereigenschaften und zur Vermeidung von Rückvermischung wurden optimale Trockenrückstände im Bereich von 30–35% ermittelt. Verschiedene Prozessparameter wie Fütterungsraten (2–5 kg/d), Verweilzeiten für die Wasserstoffproduktion (4–10 d), Rührgeschwindigkeit (20 rpm) und der Anstellwinkel der Paddel (20°) wurden definiert und getestet. Erste kontinuierliche Testläufe mit Substratmischungen aus Milchpulver und gemahlenem Mais führten erfolgreich zur Wasserstoffproduktion unter kontinuierlichen Bedingungen. Zudem wurde das Wellendichtungssystem angepasst und der Dichtring ersetzt, um Abrasion zu reduzieren und die Betriebsstabilität zu verbessern. Das Funktionsprinzip der Versuchsanlage konnte durch ein stabiles Temperaturprofil und einstellbare pH-Werte entlang des Plug-Flow-Reaktors erfolgreich nachgewiesen werden. Erste messbare Wasserstoffträge aus Biomassefeststoffen wurden im kontinuierlichen Betrieb erzielt, nachdem bereits Batch-Versuche im Vorfeld ein signifikantes Wasserstoffpotential, insbesondere für Milchpulver, gezeigt hatten. Derzeit werden weitere Optimierungen der Prozessparameter und Substratmischungen durchgeführt, um die Wasserstoffausbeute und die Prozessstabilität weiter zu maximieren.

**WEITERE INFORMATIONEN**

<https://www.fh-muenster.de/en/team-bruegging-wetter/forschung/projekte/solidscore>

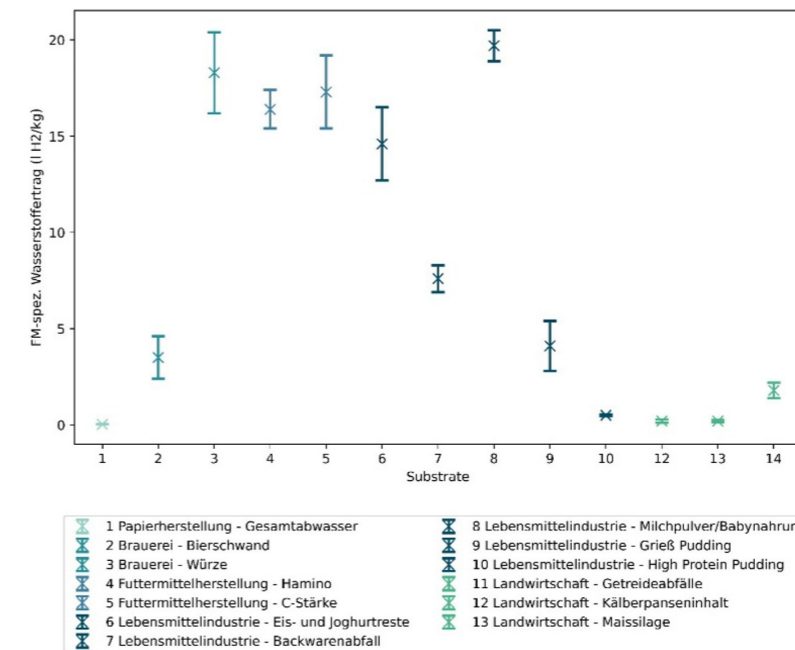


Abbildung 2: Vorversuche zur Bestimmung des Biowasserstoffpotentials

Juliana Rolf<sup>1\*</sup>, Sören Kamphus<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Elmar Brüggling<sup>1</sup>  
 FH Münster, Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt

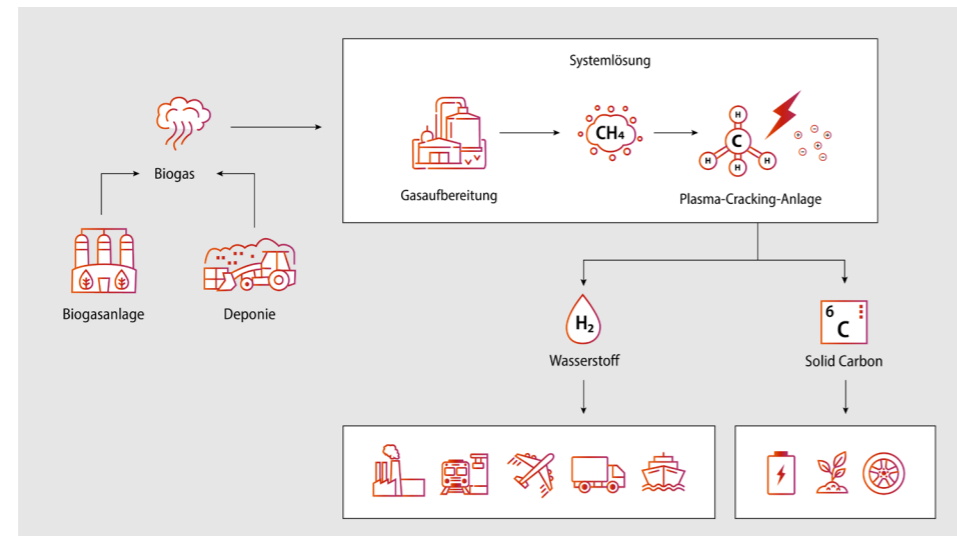
juliana.rolf@fh-muenster.de

Konrad Empacher, Dr. Patrick Beuel, Prof. Dr. Peter Stenzel

## H2MikroPlas – Erzeugung von THG-negativem Wasserstoff aus biogenen Reststoffen mittels Mikrowellen-Plasma-Cracking

Wasserstoff aus biogenen Reststoffen erzeugen, und dabei noch der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entziehen: Mit diesem ambitionierten Vorhaben beschäftigt sich das hier vorgestellte Forschungsprojekt „H2MikroPlas“ der Technischen Hochschule Köln. Gemeinsam mit den Projektpartnern iplas GmbH, Brockhaus Group, ayxesis GmbH, der AVEA GmbH & Co. KG und dem Bergischen Abfallwirtschaftsverband (BAV) soll der Entwurf, Aufbau und Dauerbetrieb einer Testanlage realisiert werden, bei der mithilfe von Mikrowellen-Plasma-Cracking Biomethan in seine Bestandteile Wasserstoff und Kohlenstoff gespalten wird [1]. Durch die Transformation hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft wird der Bedarf nach Wasserstoff in den kommenden Jahren deutlich steigen [2]. Hier können Projekte zur Gewinnung von Wasserstoff aus biogenen Reststoffen einen wertvollen Beitrag leisten. Um in der Zukunft sogenannte „unvermeidbare Emissionen“ ausgleichen zu können, sind außerdem CO<sub>2</sub>-negative Emissionen im Energiesystem notwendig [3]. Der vorgeschlagene Beitrag stellt das Projekt, sowie erste Ergebnisse vor.

Abbildung 1:  
Prozessdarstellung  
von H2MikroPlas



Die Testanlage soll am Lehr- und Forschungszentrum :metablon im oberbergischen Lindlar aufgebaut werden, wo neben Deponiegas auch Biogas aus der Verwertung von Abfallstoffen zu Verfügung steht. Auf diese Weise kann das Verfahren in einem realen Umfeld erprobt werden. Im ersten Prozessschritt, der Gasaufbereitung, werden unerwünschte Gasbestandteile aus dem Rohbiogas abgeschieden. Das entstehende Biomethan wird anschließend in die Plasma-Cracking-Anlage geleitet. Dort wird mithilfe eines strombetriebenen Mikrowellen-Generators ein Plasmafeld erzeugt, wodurch das Methan gespalten wird. Der entstehende feste Kohlenstoff (Solid Carbon) wird vom Gasstrom getrennt und separat ausgeschleust. Das Solid Carbon tritt dabei als feines Pulver auf und eignet sich für eine Vielzahl industrieller Anwendungen – beispielsweise in der Reifenproduktion, als Pigment in Farben und Kunststoffen oder als leitfähiger Zusatzstoff in Batterien und Elektrodenmaterialien [4]. Der Wasserstoff kann im Verkehrssektor und in der Industrie als klimafreundlicher Energieträger genutzt werden.

### Keywords

Wasserstoff, Biogas,  
CO<sub>2</sub>-negativ,  
Plasma-Cracking,  
Solid Carbon

## Umwandlung biogener Reststoffe in Wasserstoff

Im Rahmen des Projekts wird ein umfassender Proof-of-Concept für den Dauerbetrieb einer solchen Anlage angestrebt. Ziel ist es, die Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu evaluieren sowie Optimierungspotenziale in Betrieb und Energieeffizienz zu identifizieren. Ein zentrales Anliegen ist die Durchführung einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment), um die Treibhausgas-Bilanz des Prozesses zu bestimmen und dessen Umweltwirkungen zu bewerten. Dabei soll insbesondere untersucht werden, unter welchen Bedingungen das Verfahren THG-negativ werden kann und damit der mögliche Beitrag dieser Technologie im Kontext THG-neutraler Energiesysteme bewertet werden. Ein weiterer Fokus liegt auf der Analyse und Bewertung möglicher Verwertungspfade für das zurückgewonnene Solid Carbon in verschiedenen industriellen Anwendungen. Die ersten Ergebnisse umfassen unter anderem den aktuellen Stand der Planung des verfahrenstechnischen Aufbaus der Containeranlage. Zentrale Komponenten, wie die Gasaufbereitung, der Plasma-Cracker oder der Gas-Feed-In werden im Rahmen der Auslegung definiert und dimensioniert.

Parallel dazu wird ein Tool zur wirtschaftlichen Bewertung des Anlagenkonzeptes entwickelt, mit dem wesentliche Einflussfaktoren auf die Wasserstoffgestehungskosten (Levelized Cost of Hydrogen, LCOH) identifiziert und quantifiziert werden können. Erste Ergebnisse einer Szenarienanalyse zur Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zeigen die Abhängigkeit der LCOH von relevanten Parametern, etwa potenziellen Erlösen durch den Verkauf des anfallenden Solid Carbons.

### WEITERE INFORMATIONEN

- Projektseite: [https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/h2mikroplas\\_125409.php](https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/h2mikroplas_125409.php)
- Pressemitteilung zum Projekt: [https://www.th-koeln.de/hochschule/produktion-von-co2-negativem-wasserstoff--forschungsprojekt-optimiert-verfahren\\_125433.php](https://www.th-koeln.de/hochschule/produktion-von-co2-negativem-wasserstoff--forschungsprojekt-optimiert-verfahren_125433.php)

[1] M. Scapinello, E. Delikonstantis, und G. D. Stefanidis, „The panorama of plasma-assisted non-oxidative methane reforming“, Chem. Eng. Process. Process Intensif., Bd. 117, S. 120–140, Juli 2017, doi: 10.1016/j.cep.2017.03.024.

[2] Nationaler Wasserstoffrat, „Informations- und Grundlagenpapier: Update 2024: Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland“. 2024.

[3] Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045. Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralbibliothek, Verlag, 2022.

[4] C. M. Long, M. A. Nascarella, und P. A. Valberg, „Carbon black vs. black carbon and other airborne materials containing elemental carbon: Physical and chemical distinctions“, Environ. Pollut., Bd. 181, S. 271–286, Okt. 2013, doi: 10.1016/j.envpol.2013.06.009.

### Literatur

Konrad Empacher<sup>1,2\*</sup>, Dr. Patrick Beuel<sup>1,2</sup>, Prof. Dr. Peter Stenzel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Technische Hochschule Köln, CIRE, Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln

<sup>2</sup> :metablon Institute, Am Berkebach 1, 51789 Lindlar

konrad.empacher@th-koeln.de, patrick.beuel@th-koeln.de,  
peter.stenzel@th-koeln.de



Statuskonferenz Bioenergie // 20. November 2025

# POSTER AUSSTELLUNG

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p><b>1</b> </p>   | <p><b>82</b> <b>Biomasseheizsystem mit Sorptionswärmepumpe zur Brennwertnutzung – Projektvorstellung</b></p> <p>Vinzenz Götz, Christian Schweigler</p>  | <p><b>6</b> </p>    | <p><b>92</b> <b>Zuckerbasierte mesoporöse Kohlenstoffe als Katalysatorträger und Adsorbentien für Naturstoffprozesse</b></p> <p>Dr.-Ing. Volker Heil, Martin Peters, Dr.-Ing. Axel Kraft, Dr. Eva Schieferstein, Nuh Avcı und Seyma Süme</p>                               |
| <p><b>2</b> </p>   | <p><b>84</b> <b>Einsatz von (hybriden) Bioenergiekonzepten für die Industriewärme</b></p> <p>Dr. Matthias Jordan, Jan Böttner, Frederico Gomes Fonseca, Lukas Richter, Tom Lorenz, Malgorzata Borschers, Kai Sven Radtke, Prof. Dr. Volker Lenz, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän</p>                           | <p><b>7</b> </p>    | <p><b>94</b> <b>DBFZ Biomasseatlas Deutschland</b></p> <p>Dr. Fabian-Constantin Sittaro, Dr. Friederike Naegeli de Torres</p>  |
| <p><b>3</b> </p>   | <p><b>86</b> <b>Bewertung und Optimierung der kombinierten Wärme-, Strom- und Kraftstofferzeugung aus festen biogenen Reststoffen</b></p> <p>Aliena Lamberty, Dr.-Ing. Matthias Welzl, Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann</p>   | <p><b>8</b> </p>    | <p><b>95</b> <b>Optimierung der physikalischen Oberflächeneigenschaften von biogenem Silica für den Einsatz als Katalysatorträger</b></p> <p>Dr. Bettina Stolze, René Bindig, Prof. Dr. Ingo Hartmann</p>  |
| <p><b>4</b> </p> | <p><b>88</b> <b>Sauberer Bioabfall, grüne Energie: Hydrothermale Carbonisierung von Bioabfall im Projekt MaxBioAbf</b></p> <p>Christian Klüpfel, Dr.-Ing. Benjamin Herklotz, Björn Schwarz</p>  | <p><b>9</b> </p>   | <p><b>96</b> <b>Trommelreakorttechnologie zur Abfallvergärung</b></p> <p>Mathias Stur, Prof. Dr. Walter Stinner, Alicia Linz, René Rödenbeck</p>   |
| <p><b>5</b> </p> | <p><b>90</b> <b>Brennkammer- und Kesselprofile von Biomasseheizkraftwerken als Bewertungsbasis für das Bildungspotential von Anbackungen im Verbrennungsraum und Belägen im Kesselbereich</b></p> <p>Dr.-Ing. Jürgen Reichelt, Dr. Sabyasachi Chattopadhyay, Prof. Dr. Jochen Kolb, Dr. Elisabeth Eiche</p> | <p><b>10</b> </p> | <p><b>98</b> <b>Syntrophe Bakterien als neuer Biomarker zur besseren Überwachung und Steuerung von Biogasfermentern mit Rest- und Abfallstoffen</b></p> <p>Dr. Sabine Peters, Ulrich Krause, Dr. Nils Engler, Svenja Nathalie Weber, Alissa Grüttner, Dr. Stefan Dröge</p> |
|   |   | <p><b>10</b> </p> | <p><b>99</b> <b>CircEcon - Verfahrenstechnische Entwicklung und Erprobung von Technologien für die Kreislaufwirtschaft im Industriepark Schwarze Pump</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke</p>   |



Wärme aus Biomass



Digitalisierung und Flexibilisierung



Wasserstoff aus Biomasse



Nachhaltige kreisläufe



Markttransfer und Geschäftsmodelle



Biogas und Biokraftstoffe



Erschließen von Rest- und Abfallstoffen



**BioSorB**

Vinzenz Götz, Christian Schweigler

## Biomasseheizsystem mit Sorptionswärmepumpe zur Brennwertnutzung – Projektvorstellung

**FKZ-Nr. 03EI5486:**  
Biomasseheizsystem mit Sorptionswärmepumpe zur Brennwertnutzung

Im Projekt BioSorB soll eine mit Lithiumbromidlösung betriebene Sorptionswärmepumpe entwickelt werden, welche die Brennwertnutzung an Biomasseheizkesseln im Leistungsbereich von 50 kW bis 500 kW ermöglicht. So soll die Energieeffizienz der Wärmebereitstellung für Nahwärmenetze mit Rücklauftemperaturen von ca. 50 °C gesteigert werden. Die Wärme aus dem heißen Rauchgas der Biomassefeuerung wird dem Verdampfer der Wärmepumpe zugeführt. Der Austreiber der Sorptionswärmepumpe bezieht Antriebswärme aus dem Vorlauf des Nahwärmenetzes. Die im Kondensator und Absorber wird auf den Rücklauf des Wärmenetzes übertragen. Der Lösungsumlauf wird mittels eines Thermosiphon-Generators sichergestellt und erfolgt somit ohne zusätzliche elektrische Hilfsenergie. Um eine praxisnahe Entwicklung sicherzustellen, werden besonders die Aspekte der Schnittstelle zwischen Wärmepumpe und Kessel, der Umgang mit dem Rauchgas, dessen Kondensat und den anfallenden Feststoffpartikeln, sowie die praxisgerechte Konstruktion der Wärmepumpe genauer betrachtet.

**Keywords**

Brennwertnutzung,  
Sorptionswärmepumpe,  
Thermosiphon

Die grundlegende thermische Funktion der Sorptionswärmepumpe wurde im vorangehenden Projekt „BreBiSorp“ [7] nachgewiesen. Die aktuellen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Dimensionierung und Wirkungsweise des Thermosiphon-Austreibers, da die bestehende Literatur [1-6] keine allgemeingültige Grundlage für die thermische und strömungsmechanische Auslegung bildet.

**WEITERE INFORMATIONEN**

- <https://cenergie.hm.edu/>

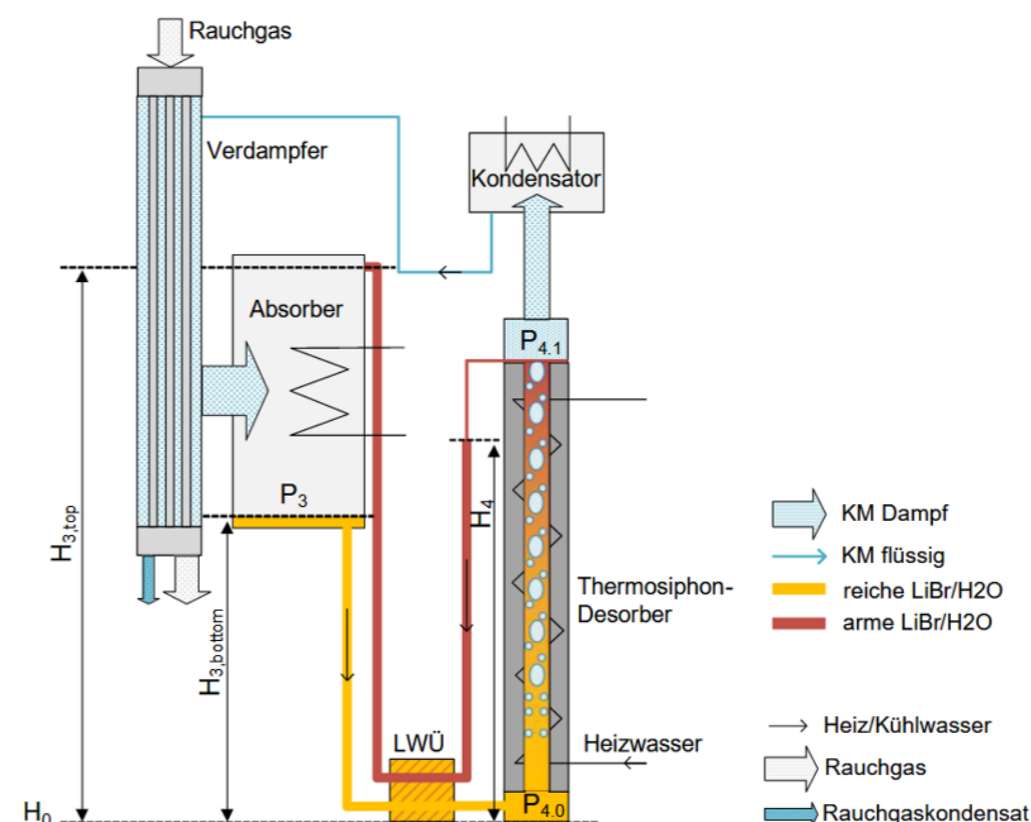
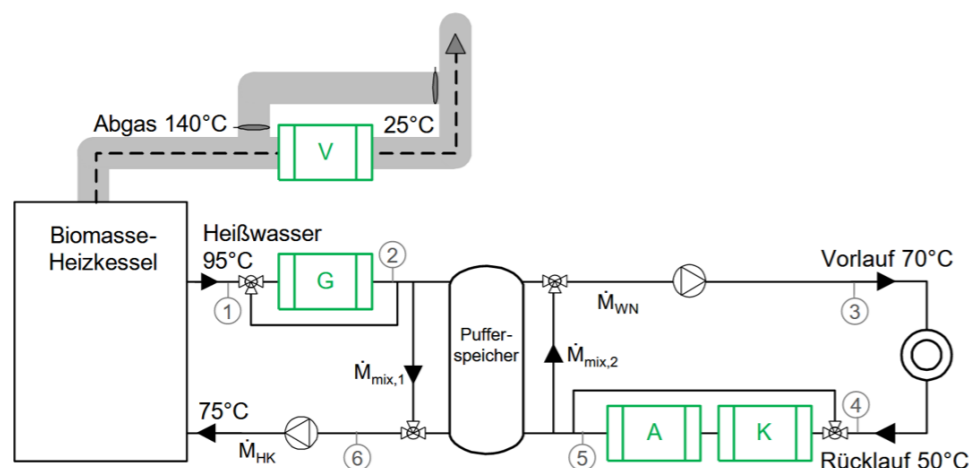


Abbildung 2: Diagramm des Kreislaufs der Wärmepumpe [7]

Abbildung 1: Hydraulische Anbindung der Absorptionswärmepumpe an den Heizkessel [7]



**Literatur**

[1] Aman, P. Henshaw, and D. S.-K. Ting, "Bubble-pump-driven LiBr-H<sub>2</sub>O and LiCl-H<sub>2</sub>O absorption air-conditioning systems," Thermal Science and Engineering Progress, vol. 6, pp. 316–322, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.tsep.2017.10.022.  
 [2] M. Pfaff, R. Saravanan, M. Prakash Maiya, and S. Srinivasa Murthy, "Studies on bubble pump for a water–lithium bromide vapour absorption refrigerator," International Journal of Refrigeration, vol. 21, no. 6, Art. no. 6, Sep. 1998, doi: 10.1016/S0140-7007(98)00006-1.  
 [3] A. Benhmidene, B. Chauouchi, and S. Gabsi, "A Review of Bubble Pump Technologies," J. of Applied Sciences, vol. 10, no. 16, Art. no. 16, Aug. 2010, doi: 10.3923/jas.2010.1806.1813.  
 [4] B. Gurevich, "Theoretical Prediction of the Mass Flow Rates in the Bubble Pump," International Journal of Thermodynamics, vol. 22, no. 4, Art. no. 4, Nov. 2019, doi: 10.5541/ijot.637318.  
 [5] S. J. White, "Bubble pump design and performance," Master's Thesis, Georgia Tech, Atlanta, GA, 2001. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1853/16914>  
 [6] B. Bierling, "Untersuchung des thermohydraulischen Förderverhaltens einer Thermosiphonpumpe bei unterschiedlichen Beheizungsarten," Dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2019. Accessed: Jun. 16, 2025. [Online]. Available: [https://www.igte.uni-stuttgart.de/veroeffentlichungen/dissertationen/pdf-ige-igte/2019\\_2\\_Dissertation\\_Bierling.pdf](https://www.igte.uni-stuttgart.de/veroeffentlichungen/dissertationen/pdf-ige-igte/2019_2_Dissertation_Bierling.pdf)  
 [7] T. M. Hermann, "Absorptionswärmepumpe für die Brennwertnutzung an Biomassekesseln," Dissertation, Technische Universität München, München, 2024. [Online]. Available: <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1743903>

Vinzenz Götz\*, Christian Schweigler  
 Hochschule für angewandte Wissenschaften München, CENERGIE – Forschungsinstitut für energieeffiziente Gebäude und Quartiere, Lothstraße 34, 80335 München

goetz.vinzenz@hm.edu

## MoBioInd

Dr. Matthias Jordan, Jan Böttner, Frederico Gomes Fonseca, Lukas Richter, Tom Lorenz, Malgorzata Borschers, Kai Sven Radtke, Prof. Dr. Volker Lenz, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

## Einsatz von (hybriden) Bioenergiekonzepten für die Industriewärme

## FKZ-Nr. 03EI5492:

Analyse zum zukünftigen Einsatz von (hybriden) Bioenergiekonzepten für die Industriewärme in Konkurrenz zu anderen erneuerbaren Energien im Rahmen einer Energiesystemmodellierung mit BENOPTex

## HINTERGRUND

Im Rahmen der Energiewende stellt die Transformation der deutschen Mittel- und Hochtemperatur Prozesswärmebereitstellung in der Industrie eine besondere Herausforderung dar. Für die Bewältigung dieser Herausforderung stehen einige vielversprechende Lösungsansätze zur Verfügung, von denen jedoch bislang keiner als unangefochten ökonomisch und ökologisch bewertet werden kann. Die unterschiedlichen Industrieprozesse haben diverse Anforderungen an die Energiebereitstellung und nicht jeder Energieträger kann in jedem Prozess eingesetzt werden. Manche technisch machbaren erneuerbaren Lösungen können wiederum wirtschaftlich für die Unternehmen sehr herausfordernd sein, insbesondere wenn der Wechsel auf einige der erneuerbaren Optionen ein komplett umgestelltes Design des Industrieprozesses und damit einen kompletten oder zumindest teilweisen Neubau der Anlagen erfordert.

Zielbilder und Szenarioanalysen aus aktuellen Untersuchungen zeigen ein geteiltes Bild für den Industriesektor. In einigen Szenarien ist der Einsatz von Biomasse aus Rest- und Abfallstoffen in der Industrie die effizienteste, kostenoptimale Lösung (Jordan et al. (2023), dena (2021)). In anderen Untersuchungen dominieren hingegen synthetische Brennstoffe aus erneuerbarem Strom diesen Markt (Fraunhofer ISI und Consentec GmbH (2021)). Politisch werden aktuell vor allem die Direktelektrifizierung von Prozessen und Wasserstofftechnologien bevorzugt und gefördert (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2024)). Regenerativer Strom steht derzeit jedoch nur begrenzt zur Verfügung. Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur steht erst am Anfang und die Kapazitäten werden kurz- und mittelfristig begrenzt sein. Langfristig werden diese voraussichtlich steigen, wobei die Kosten noch nicht eindeutig abzusehen sind (Ariadne Kopernikus Projekte (2021)). Es gilt, die effizientesten Defossilisierungsoptionen zu wählen, wobei auch der Einsatz von Biomasse als Option berücksichtigt werden muss ( Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz et al. (2022)).

## ZIEL UND METHODE

Das Hauptziel von MoBioInd ist es, die Transformation der deutschen Industrie mit Mittel- und Hochtemperaturwärmebedarfen durch gezielte Analysen von Industrieprozessen und der optimalen Integration von Bioenergie sowie deren möglichen Beiträgen zu negativen Emissionen in modellierten Energieszenarien zu unterstützen und wirtschaftliche Transformationslösungen zu identifizieren. Dabei sollen insbesondere diejenigen Industriebranchen und -prozesse ermittelt werden, bei denen eine Transformation hin zu biogenen Brennstoffen aus Rest- und Abfallstoffen die wirtschaftlichste Option ist, in denen Biomasse eine kurzfristig verfügbare Übergangslösung auf dem Weg zur Elektrifizierung bzw. zu PtX-Lösungen darstellt oder eine Direktelektrifizierung technisch nicht möglich ist. Dazu sollen die Industrieprozesse mit Mittel- und Hochtemperaturwärmebedarf, sowie mögliche erneuerbare monovalente als auch hybride technische Bioenergiekonzepte detaillierter, als es bisher geschehen ist, in einem Energiesystemmodell abgebildet werden. Es wird nicht nur der Wettbewerb zwischen verschiedenen technologischen Lösungen abgebildet, sondern auch der Wettbewerb um die limitierte Biomasse innerhalb des Energiesystems zur (1) Deckung des Energiebedarfs in schwer zu elektrifizierenden Bereichen und (2) Nutzung der biogenen Ressourcen zur Erzeugung neutraler oder sogar negativer Emissionen (BECCUS). Mögliche Synergien aus der Abscheidung von CO<sub>2</sub> und

dessen Nutzung in Industrieprozessen sollen berücksichtigt werden, wie auch der Einfluss der künftigen Gestaltung des Kohlenstoffmarktes, der gegenwärtig im Rahmen der Langfriststrategie Negative Emissionen vorbereitet wird ( Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024)). Basierend auf den Modellierungsergebnissen sollen zusätzlich ausgewählte, wettbewerbsfähige Technologien einer umfassenden Bewertung unterzogen werden, die neben technischen und ökonomischen Aspekten auch ökologische, soziale, gesellschaftliche, systemische und institutionelle Dimensionen adressiert.

Im Ergebnis sollen, aus einer Gesamtsystemperspektive, sowohl die Industriebranchen bzw. Temperaturbereiche identifiziert werden, welche sich besonders für die Transformation hin zu biogenen Brennstoffen aus Rest- und Abfallstoffen eignen als auch die Branchen, welche besser für den Einsatz von Wärmepumpen oder synthetischen Brennstoffen geeignet sind. Das Projekt wird zukünftige Entwicklungen in Technologien und Marktdynamiken berücksichtigen, um die Relevanz der Ergebnisse über einen längeren Zeitraum sicherzustellen. Damit sollen wirtschaftliche Transformationslösungen und Richtungsweiser für die Industrie und zukünftige Technologieentwicklungen bereitgestellt werden.

[1] Ariadne Kopernikus Projekte (Hg.) (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Online verfügbar unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/>.

[2] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hg.) (2024): Modul 2 - Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien Anlage zum Merkblatt Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Online verfügbar unter [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew\\_modul2\\_pw\\_merkblatt\\_2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_modul2_pw_merkblatt_2024.pdf?__blob=publicationFile&v=3).

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hg.) (2024): Langfriststrategie Negative Emissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen (LNe). Eckpunkte. Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-negativemissionen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-negativemissionen.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

[4] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2022): Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie. NABIS. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/nabis-eckpunktepapier-nationale-biomassestrategie.html>.

[5] dena (Hg.) (2021): dena-Leitstudie. Aufbruch Klimaneutralität. Online verfügbar unter [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht\\_dena-Leitstudie\\_Aufbruch\\_Klimaneutralitaet.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf).

[6] Fraunhofer ISI; Consentec GmbH (Hg.) (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Online verfügbar unter <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>.

[7] Jordan, Matthias; Meisel, Kathleen; Dotzauer, Martin; Schröder, Jörg; Cyffka, Karl-Friedrich; Dögnitz, Niels et al. (2023): The controversial role of energy crops in the future German energy system: The trade offs of a phase-out and allocation priorities of the remaining biomass residues. In: Energy Reports 10, S. 3848-3858. DOI: 10.1016/j.egyr.2023.10.055.

## Literatur

Dr. Matthias Jordan<sup>1\*</sup>, Jan Böttner<sup>2</sup>, Dr. Frederico Gomes Fonseca<sup>3</sup>, Lukas Richter<sup>2</sup>,  
Dr. Tom Lorenz<sup>3</sup>, Dr. Malgorzata Borschers<sup>1</sup>, Dr. Kai Sven Radtke<sup>2</sup>, Prof. Dr. Volker Lenz<sup>2</sup>,  
Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig, Deutschland

<sup>2</sup> DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, Deutschland

<sup>3</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR e.V. - Standort Cottbus-Ströbitz, Walther-Pauer-Straße 5, 03046 Cottbus, Deutschland

<sup>4</sup> University Leipzig, Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement, Grimmische Str. 12, 04109 Leipzig, Deutschland

matthias.jordan@ufz.de

## Keywords

Bioenergie,  
Industriewärme,  
Modellierung,  
Hybride Konzepte



#2 Poster

## Bewertung und Optimierung der kombinierten Wärme-, Strom- und Kraftstofferzeugung aus festen biogenen Reststoffen



**FKZ-Nr. 03EI5483:**  
Entwicklung einer Technologie zur dezentralen Synthese von Flüssigkraftstoffen aus festen biogenen Reststoffen

Für viele Bereiche des Transportsektors werden in Zukunft weiterhin Kraftstoffe mit hoher volumetrischer Energiedichte benötigt. Eine Option stellt die Nutzung synthetischer Kraftstoffe, wie Methanol und Fischer-Tropsch Derivate dar. Diese können aus biogenen Reststoffen, insbesondere aus Rest- und Abfallhölzern, weitestgehend klimaneutral hergestellt werden. Im Rahmen des Projekts WasteWood2Fuel sollen bestehende Holzvergaser zur Nutzung von Elektrolyse-Sauerstoff als Vergasungsmittel weiterentwickelt werden, um Synthesegas für die anschließende Umsetzung in Methanol oder Fischer-Tropsch-Kraftstoffe bereitzustellen. Ziel ist die Bewertung und Analyse des Gesamtsystems im Hinblick auf die kostenoptimierte Dimensionierung des gekoppelten dezentralen Energiesystems. Zur Modellierung des Systems erfolgt zunächst die Definition möglicher Szenarien zur Systemintegration sowie die Festlegung von Systemgrenzen, welche sich aus den jeweiligen Anwendungsbereichen der Eingangs- sowie Ausgangsstoffen erschließen. Ausgehend davon wird ein Modell des Gesamtsystems mithilfe der Prozesssimulationssoftware Aspen Plus erstellt, welches die Berechnung von Stoff- und Energieströmen zur technischen und ökonomischen Analyse ermöglicht. Auf Basis dessen folgt die szenariobasierte Simulation mit dem Schwerpunkt auf der Auslegung und Optimierung von Speichern und der Prozessflexibilisierung. Ziel ist es, offene Fragestellungen bei der Integration des entwickelten dezentralen Systems in verschiedenen Szenarien zu beantworten und allgemeine Handlungsempfehlungen und Strategien für deren Dimensionierung und Betrieb zu geben. Ein mögliches Szenario zur kombinierten Erzeugung von Wärme, Strom und Flüssigkraftstoffen aus biogenen Reststoffen ist in Abbildung 1 dargestellt.

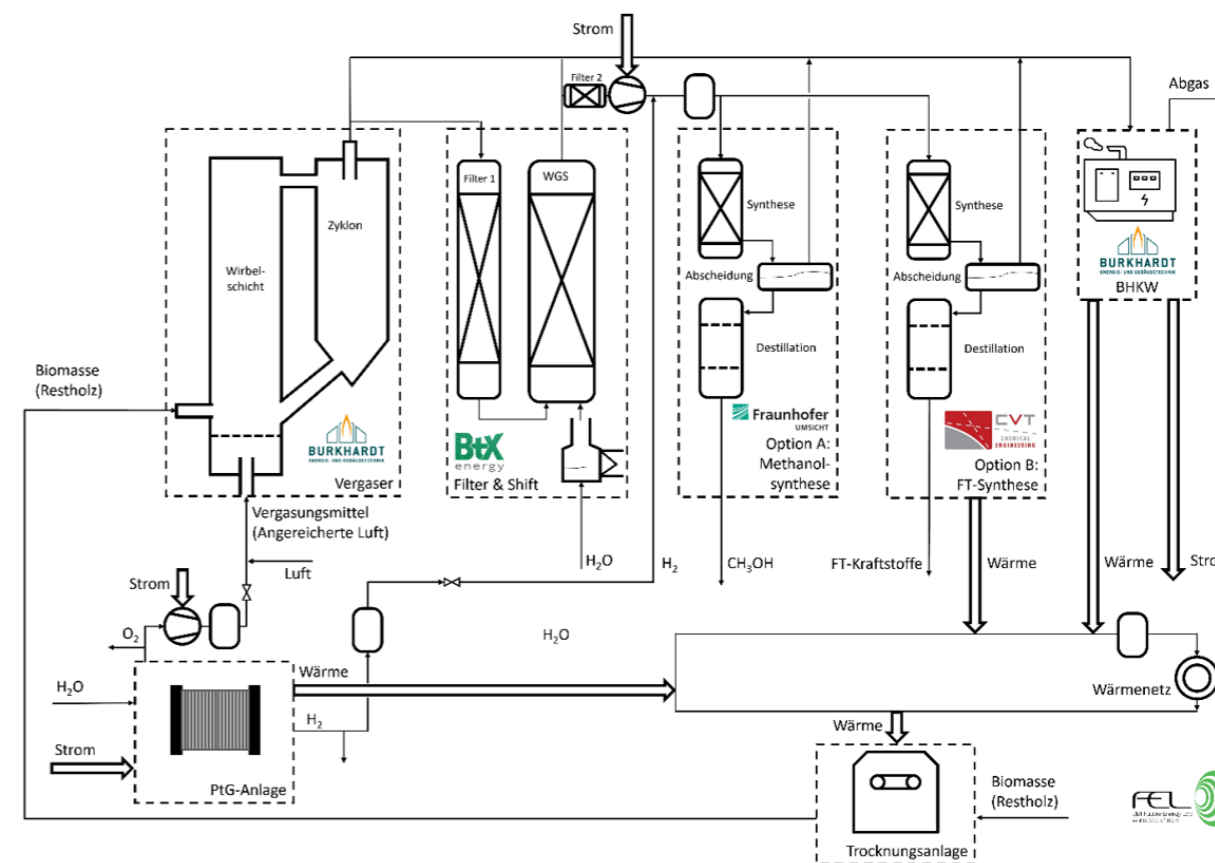
Dieses Szenario basiert auf den Rahmenbedingungen im Energiepark Wunsiedel, der aufgrund der vorhandenen Elektrolyseanlage und des Restholzaufkommens einen potenziell geeigneten Standort für die Umsetzung eines solchen Konzepts darstellt. Die weitere Szenarioentwicklung setzt eine Bewertung insbesondere hinsichtlich des Potenzials der einzelnen Eingangs- und Ausgangsstoffströme voraus. Darunter fallen eingangsseitig die Bewertung der Standorte in Bezug auf regional verfügbare Holzvorräte, sowie holzverarbeitender Industrie als auch die Betrachtung potenzieller Standorte für Elektrolyseanlagen. Darüber hinaus muss der Bedarf an Wärme, Strom sowie Methanol oder Fischer-Tropsch Kraftstoffen evaluiert werden. Der Energiepark Wunsiedel sowie weitere Regionen im Süden Deutschlands fallen hier aufgrund ihres großen Holzvorrats [2] sowie der starken Ausprägung holzverarbeitender Industrie [3] besonders in den Fokus. Die Wärme aus dem Blockheizkraftwerk (BHKW) lässt sich hierbei in Nahwärmenetzen effizient einbinden. Auf der anderen Seite gelten Regionen wie das Rhein-Main-Gebiet oder Nordrhein-Westfalen als vielversprechend im Hinblick auf das Elektrolysepotenzial [4]. Die Abwärme des BHKW bietet zudem ein Temperaturniveau welches die Nutzung als Prozesswärme in den industriestarken Regionen ermöglicht. Des Weiteren bieten diese Standorte ein großes Spektrum an Abnehmern wie Chemieparcs, Frachtverkehr und Flughäfen. Methanol als Treibstoff rückt insbesondere im maritimen Sektor zunehmend in den Fokus, während bei der Fischer-Tropsch-Synthese ein breites Spektrum an Kohlenwasserstoffen anfällt. Für diese Kohlenwasserstoffe bestehen bereits Absatzmärkte, was eine produktübergreifende Betrachtung wirtschaftlich sinnvoll erscheinen lässt [5]. Im bisherigen

### Keywords

Sektorkopplung,  
Systemintegration,  
dezentrale Energiesysteme,  
Prozesssimulation

Projektverlauf wird der Gesamtprozess zunächst ohne die Betrachtung der zusätzlichen Sauerstoffzugabe modelliert, um eine erste technische und ökonomische Bewertung zu ermöglichen. Erste Ergebnisse der Simulationen ermöglichen die weitere Auswahl und Konkretisierung geeigneter Szenarien.

**Abbildung 1:**  
Schema der kombinierten Erzeugung von Wärme, Strom und Flüssigkraftstoffen aus biogenen Reststoffen mit den Produktionsoptionen Methanol und FT-Kraftstoff [1]



- [1] Welzl, M. et al. (2025): WasteWood2Fuel – Entwicklung einer Technologie zur dezentralen Synthese von Flüssigkraftstoffen aus festen biogenen Reststoffen. In: Händler, T.; Röbisch, J. (Hrsg): Focus on: Bioenergie und Wasserstoff, 02/2025. Konferenzbeiträge des Status-seminars 29. & 30.04.2025. Fokusheft Energetische Biomassenutzung. DOI: 10.48480/g25p-6q02
- [2] BMEL (2024): Der Wald in Deutschland: Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur. URL: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/vierte-bundeswaldinventur.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=17](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/vierte-bundeswaldinventur.pdf?__blob=publicationFile&v=17) (Stand 02.07.2025).
- [3] Holzkurier (2024/2025): Größte Sägewerke Deutschlands. URL: <https://www.holzkurier.com/blog/groesste-saegewerke-deutschland.html>.
- [4] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2024): H2 PoWerD. URL: <https://www.h2-power.de> (Stand 02.07.2025).
- [5] Dechema (2024): Wasserstoff-Kompass – Raffinerien. URL: [https://dechema.de/Themen/Studien+und+Positionspapiere/2024+03+H2+Kompass/\\_/H2K\\_IND\\_Raffinieren.pdf](https://dechema.de/Themen/Studien+und+Positionspapiere/2024+03+H2+Kompass/_/H2K_IND_Raffinieren.pdf) (Stand 15.07.2025).

### Literatur

Aliena Lamberty\*, Dr.-Ing. Matthias Welzl, Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann  
UBT Future Energy Lab Wunsiedel GmbH, Rot-Kreuz-Str. 6, 95632 Wunsiedel

[aliena.lamberty@fel-wunsiedel.de](mailto:aliena.lamberty@fel-wunsiedel.de)

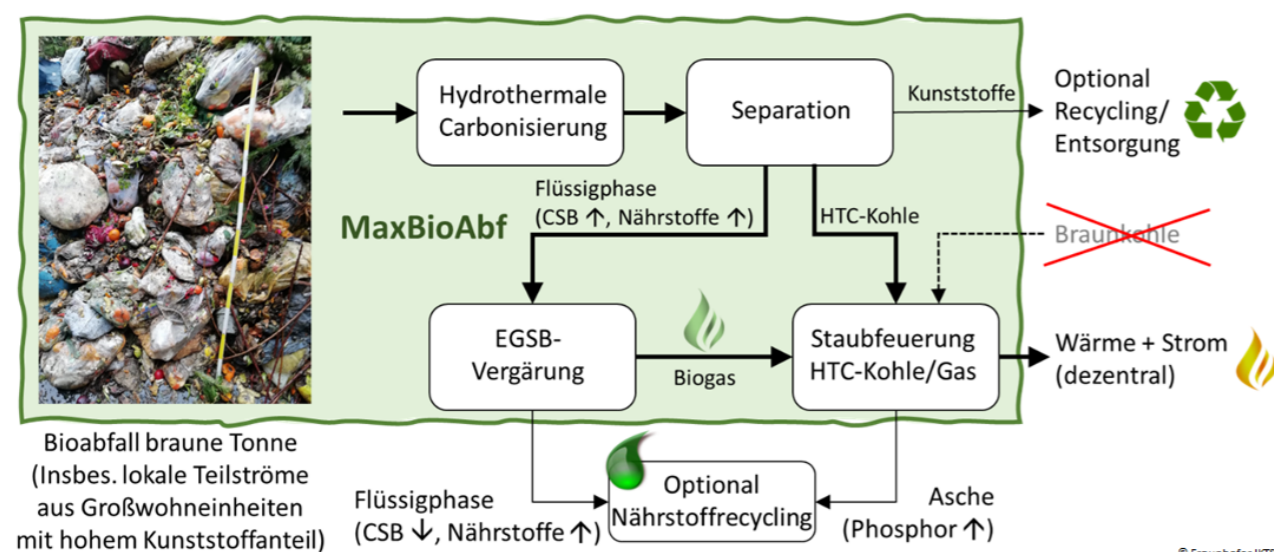
## MaxBioAbf

Christian Klüpfel, Dr.-Ing. Benjamin Herklotz, Björn Schwarz

## Sauberer Bioabfall, grüne Energie: Hydrothermale Carbonisierung von Bioabfall im Projekt MaxBioAbf

**FKZ-Nr. 03EI5482:**  
**Neue Verfahrenskombination für die maximierte Energiegewinnung aus Bioabfällen mit Nährstoffrecycling**

Bioabfälle sind eine wertvolle Ressource, die aktuell zumeist durch Sammlung in der braunen Tonne und folgender Verwertung in Biogas- und Kompostierungsanlagen gehoben werden. Leider sind Bioabfälle in Deutschland durch Fehlwürfe teils stark mit Kunststoffabfällen verunreinigt, was diesen Verwertungspfad in Zukunft vor Probleme stellt. Nach einer Novellierung der Bioabfallverordnung muss der Anteil von Kunststoff im Kompost unter 0,5Ma. % liegen. In bisherigen Verfahren ist eine Behandlung oder Abtrennung von Kunststoffen nicht möglich, wodurch diese auf landwirtschaftlichen Flächen landen.



**Abbildung 1:**  
 Verfahrensschema des Projekts MaxBioAbf

Das Projekt MaxBioAbf hat das Ziel, einen innovativen Verfahrensansatz (siehe Abbildung 1) zu entwickeln, um die störstoffreiche und möglicherweise hygienisch bedenkliche Bioabfallfraktion sicher in Biogas, Hydrokohle und Nährstoffe umzuwandeln. Der Bioabfall wird zunächst hydrothermal carbonisiert. Die in der Flüssigphase enthaltene Organik wird mittels EGSB-Vergärung in Biogas umgewandelt. Der Feststoff wird in Hydrokohle und Kunststoffe getrennt und die Hydrokohle einer Staubfeuerung zugeführt. So soll ein Maximum an Bioenergie in Form von Wärme und/oder Strom erzeugt werden und gleichzeitig die Nährstoffe für die landwirtschaftliche Nutzung erhalten bleiben.

Die Entwicklung der hydrothermalen Prozessstufe erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird das Verhalten typischer Kunststoffe in der HTC untersucht. Dazu wurden 6 typische Verpackungsmaterialien (PP, PET, Ecovio, CPLA, zwei Verbundfolien) ausgewählt und der Einfluss von Temperatur, Reaktionszeit und pH-Wert auf deren Degradation betrachtet. Es zeigt sich, dass insbesondere Ecovio und CPLA unter hydrothermalen Bedingungen abgebaut werden, während PP und PET erhalten bleiben. Im nächsten Schritt werden die Prozessparameter unter Variation von Temperatur, Zeit und pH hinsichtlich 1) der Vergärbarkeit der Flüssigphase und 2) der Brennstoffeigenschaften der HTC-Kohle optimiert. Dazu wurde ein stark mit Kunststoffen verunreinigter Bioabfall im Raum Leipzig gesammelt.

### Keywords

Bioabfall, Hydrokohle,  
 Vergärung,  
 Staubfeuerung, Wärme

Durch den Einsatz eines hydrothermalen Prozesses trennen wir Kunststoffe zuverlässig ab und gewinnen Hydrokohle sowie Prozesswasser. Die Hydrokohle kann anschließend als Bioenergie genutzt werden, während das Prozesswasser durch anaerobe Vergärung zu Biogas verarbeitet wird. Unser integrierter Prozess schafft so eine Win-Win-Situation: sauberer Bioabfall, weniger Umweltbelastung und mehr erneuerbare Energie. Dieser Beitrag beleuchtet, wie unsere Technologie die Kreislaufwirtschaft für Bioabfälle revolutionieren kann und damit einen wichtigen Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Zukunft ermöglicht.

### WEITERE INFORMATIONEN

- [www.dbfz.de/http](http://www.dbfz.de/http)
- <https://www.energetische-biomassenutzung.de/de/projekte/03EI5482>

Christian Klüpfel<sup>1\*</sup>, Dr.-Ing. Benjamin Herklotz<sup>1</sup>, Björn Schwarz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, Deutschland

<sup>2</sup> Fraunhofer Institut für keramische Technologie und Systeme, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

Christian.kluepfel@dbfz.de



## ResOpt

Dr.-Ing. Jürgen Reichelt, Dr. Sabyasachi Chattopadhyay, Prof. Dr. Jochen Kolb, Dr. Elisabeth Eiche

## Brennkammer- und Kesselprofile von Biomasseheizkraftwerken als Bewertungsbasis für das Bildungspotential von Anbackungen im Verbrennungsraum und Belägen im Kesselbereich

FKZ-Nr. 03EI5482:

### HINTERGRUND/ZIEL

Bei der thermischen Behandlung von biogenen Rest- und Abfallstoffen in Biomasseheizkraftwerken (BMHKW) bilden sich Anbackungen im Verbrennungsraum sowie Beläge auf Wärmetauscherflächen im konvektiven Kesselbereich, die die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Anlagen aufgrund häufiger Stillstandszeiten für Reinigungs- und Revisionsarbeiten stark vermindert. Das Ziel des Projektes ist die Bewertung der verbrennungstechnischen Eigenschaften von biogenen Rest- und Abfallstoffen auf Basis eines Biobrennstoffkataloges im Hinblick auf eine erweiterte Ressourcennutzung und Erhöhung der Energieeffizienz von BMHKW. Die Steigerung der Energieeffizienz soll durch den Einsatz anlagenspezifisch optimierter Brennstoffgemische mit einem reduzierten Potential zur Bildung von Anbackungen sowie von Belägen ermöglicht werden. Durch erfolgreiche Optimierungsmaßnahmen soll eine erweiterte Ressourcennutzung technisch schwieriger biogener Rest- und Abfallstoffe erreicht und die Energieeffizienz durch eine Erhöhung der Strom- und Wärmeleistung gesteigert werden. Dies wird durch eine Verlängerung der Laufzeiten aufgrund minimierter Stillstandszeiten für Reinigungsmaßnahmen und einer Ausweitung der geplanten Revisionsintervalle erreicht.

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Es werden großtechnische Versuche im Regelbetrieb in vier BMHKW durchgeführt, die unterschiedliche Biobrennstoffgemische thermisch behandeln, die sich aus unterschiedlichsten biogenen Rest- und Abfallstoffen zusammensetzen. Der Beobachtungszeitraum beträgt 4-6 Monate. Während regulärer Revisionszeiten werden Anbackungen im Verbrennungsraum und Beläge aus dem Kessel beprobt sowie geochemisch und mineralogisch charakterisiert. Die Ergebnisse werden mit brennstofftechnischen, geochemischen und mineralogischen Untersuchungen der eingesetzten Brennstoffe korreliert, um Informationen über das Bildungspotential von Anbackungen und Belägen der Biobrennstoffgemische zu erhalten. Weiterhin werden Sinterversuche im Labormaßstab durchgeführt, um geochemisch-mineralogische Bildungsmechanismen sowie kritische Sinteremperaturen während der Bildung von Anbackungen zu definieren und thermodynamische Beschreibungen und Modellierungen von Bildungsbedingungen von kritischen Phasen durchzuführen. Abschließend erfolgt eine Erarbeitung von Brennkammer- und Kesselprofilen sowie eine Datendokumentation in Form eines Biobrennstoffkataloges. Dies dient als Basis zur Erarbeitung von anlagenspezifischen optimalen Brennstoffzusammensetzungen.

### ERGEBNISSE

Die beispielhaft dargestellten Ergebnisse eines technischen Großversuches in einem BMHKW, das ein Brennstoffgemisch aus Altholz (ca. 51%) sowie hausmüllähnlichen Brennstoffen (ca. 49%) einsetzt, zeigen, dass sich im Bereich der Brennkammerdecken über dem Biomasseeintrag, an den hinteren Seitenwänden in der Rostebene sowie im Bereich des Überganges in den horizontalen Bereich der Brennkammer punktuell und flächig sehr stark versinterte Anbackungen im Zentimeter- bis Dezimeterbereich bilden. Die harten

und voluminösen Anbackungen bestehen hauptsächlich aus neu entstandenen Silikatmineralen wie Akermanit/Gehlenit ( $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7/\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ), Diopsid ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ), Hedenbergit ( $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ), Andradit ( $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) und Wollastonit ( $\text{CaSiO}_3$ ) sowie einer Schmelzphase. Die Charakterisierung der Beläge im Kesselbereich zeigt, dass die voluminösen und teilweise harten zentimeter- bis dezimeterdicken Beläge am Kesseleintritt im Bereich der Verdampfer und Überhitzer in erster Linie aus dem Sulfat Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) bestehen. Anhydrit kann sich bereits während der Verbrennung auf dem Rost, im Rauchgas oder in situ an den Rohroberflächen bilden und trifft als festes oder klebriges Partikel auf die Rohrsysteme auf. Weiterhin sind dezimetergroße Verblockungen zwischen den Rohren im Überhitzerbereich feststellbar, die ebenfalls aus Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) bestehen. Daneben treten direkt auf der Rohroberfläche vorwiegend kalium- und natriumreiche Sulfate, wie  $\text{KNaSO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaZn}(\text{SO}_4)_2$  sowie  $\text{K}_2\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$  und  $\text{K}_2\text{Zn}(\text{SO}_4)$ . Akzessorisch und in Spuren sind die Chloride Halit ( $\text{NaCl}$ ) und Sylvit ( $\text{KCl}$ ) und silikatisch-oxidische Rauchgaspartikel anzutreffen. Auf Basis der geochemisch-mineralogischen Zusammensetzung und dem makroskopischen Erscheinungsbild wurden die Anbackungen und die Beläge in die Klassen I (sehr kritisch) bis IV (unbedenklich) eingeteilt und in Form von Brennkammer- und Kesselprofilen graphisch dargestellt (Abb. 1).

### WEITERE INFORMATIONEN

[www.ibr-kva.de](http://www.ibr-kva.de)

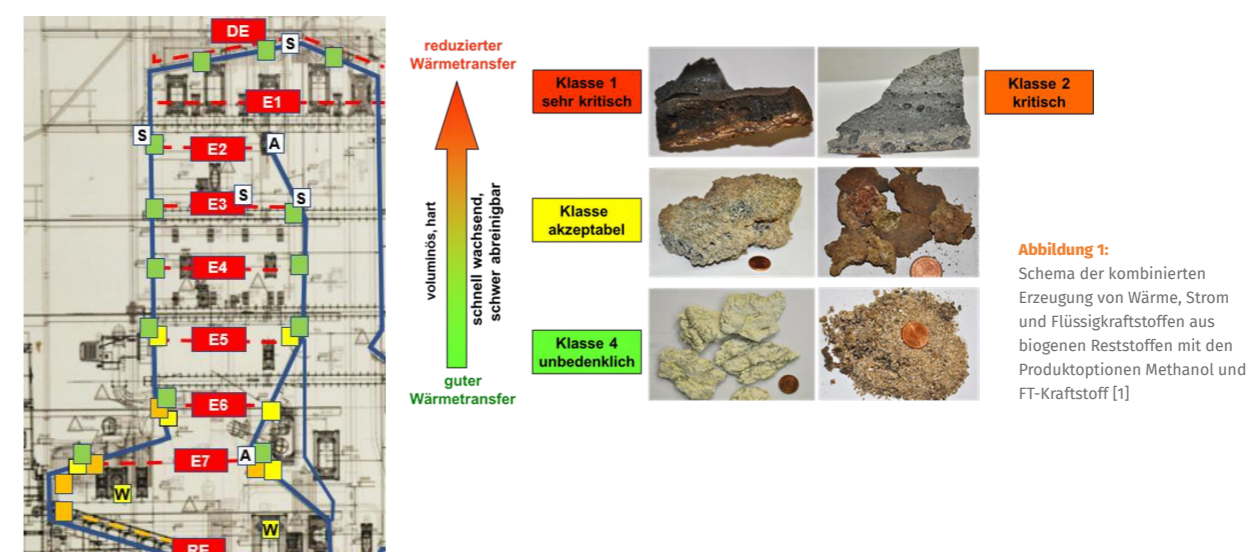


Abbildung 1: Schema der kombinierten Erzeugung von Wärme, Strom und Flüssigkraftstoffen aus biogenen Reststoffen mit den Produktionsoptionen Methanol und FT-Kraftstoff [1]

[1] Reichelt, J., Pfrang-Stotz, G., Bergfeld, B., Karrer, E., Ricker, M. (2021): Effizienzsteigerung bei der Energiegewinnung in Biomassekraftwerken durch die technische Anwendung eines Biobrennstoffkataloges. BMWi-Förderprogramm: Energetische Biomassenutzung, Verbundvorhaben BiotAB (03KB125A-C), Abschlussbericht, S. 214.

### Literatur

### Keywords

Biomassefeuerung, Energieeffizienzsteigerung, Minderung THG, Rest- und Abfallstoffe

Dr.-Ing. Jürgen Reichelt<sup>1\*</sup>, Dr. Sabyasachi Chattopadhyay<sup>2,3</sup>, Prof. Dr. Jochen Kolb<sup>2,3</sup>, PD Dr. Elisabeth Eiche<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Institut für angewandte Bau- und Reststoff-Forschung, Obergrombacher Str. 29, 76646 Bruchsal

<sup>2</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften

<sup>3</sup> Labor für Umwelt- und Rohstoffanalytik (LURA), Institut für Angewandte Geowissenschaften Adenauer Ring 20b, 76131 Karlsruhe

[IBR.Reichelt@t-online.de](mailto:IBR.Reichelt@t-online.de)

Dr.-Ing. Volker Heil, Martin Peters, Dr.-Ing. Axel Kraft, Dr. Eva Schieferstein, Nuh Avci und Seyma Süme

## Zuckerbasierte mesoporöse Kohlenstoffe als Katalysatorträger und Adsorbentien für Naturstoffprozesse

Kohlenstoffmaterialien mit hohen spezifischen Porenvolumina im Bereich größerer Mikroporen sowie Mesoporen (Porendurchmesser etwa 1-50 nm) haben in letzter Zeit als Matrixmaterialien in elektrochemischen Anwendungen an Interesse gewonnen [1]. Sie bieten jedoch auch ein hohes Potenzial als Trägermaterialien der heterogenen Katalyse [2], wobei sie gleichzeitig als integriertes In-situ-Heizelement in direkt widerstandsbeheizten Reaktoren (Ohmschen Reaktoren) [3] fungieren können. Damit stellen sie ein interessantes Werkzeug für katalytische Prozesse zur Umwandlung größerer Moleküle dar, wie sie gerade in Naturstoffen nicht selten sind. Auch für Adsorptionsprozesse zur Abtrennung größerer Moleküle bieten sie sich an [4], wobei sie gleichzeitig als integriertes Heizelement in Temperaturwechseladsorbern [5] eingesetzt werden können.

Mesoporöse Kohlenstoffe können beispielsweise durch ein Sol-Gel-Verfahren gewonnen werden, das normalerweise Resorcin als kostentreibendes Edukt erfordert [6].

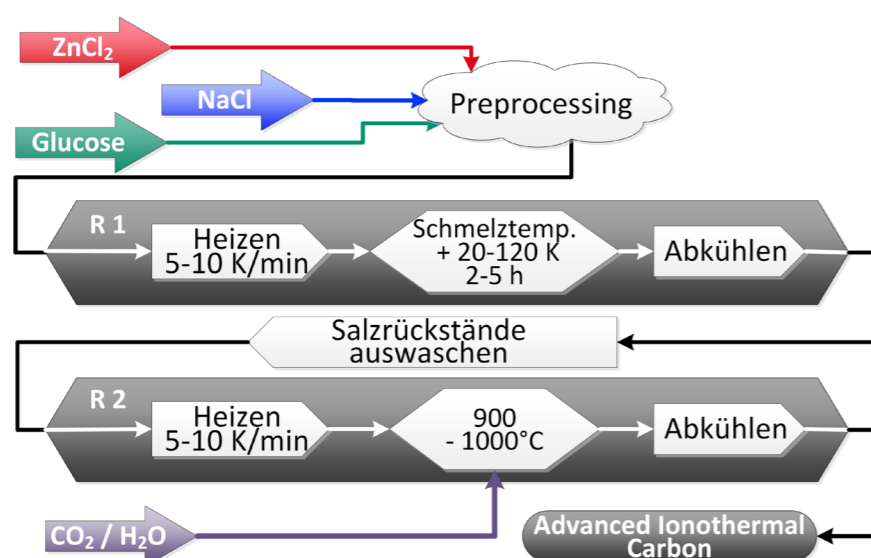
Eine vielversprechende alternative, biobasierte Methode für die Herstellung dieser Materialien ist der von Pampel et al. vorgestellte „Ionothermal Carbons“-Ansatz. Hier werden Zucker oder ähnliche aschefreie Kohlenstoffprecursoren in Gegenwart einer eutektischen oder nahezu eutektischen, zinkchloridhaltigen Salzmischung, verkohlt, und das Zinkchlorid dient nachfolgend bei erhöhten Temperaturen von bis zu 900°C als chemisches Aktivierungsmittel. Die Reaktionsfolge wird durchgehend als Ein-Reaktor Prozess realisiert. Die resultierenden Ionothermal Carbons, die mit Kaliumchlorid als zweiter Salzkomponente erzeugt wurden, erreichten spezifische Oberflächen bis zu 2.160 m<sup>2</sup>/g und spezifische Porenvolumina von bis zu 1,74 cm<sup>3</sup>/g [7].

Auf Grundlage dieses Ansatzes wurde in der hier vorgestellten Arbeit eine Multi-Reaktor-Routine („Advanced Ionothermal Carbons“) entwickelt, welche die spätere technische Umsetzung deutlich vereinfacht, indem korrosive Bedingungen bei 900°C vermieden werden. Wie bei der Originalroute findet die Mesoporenbildung bei Temperaturen leicht oberhalb des eutektischen Schmelzpunkts statt. Allerdings werden die Salze dann ausgewaschen, und die erhaltenen Zwischenprodukte werden bei 900°C durch Wasser oder CO<sub>2</sub> zum Endprodukt aktiviert (Abb. 1) [8].

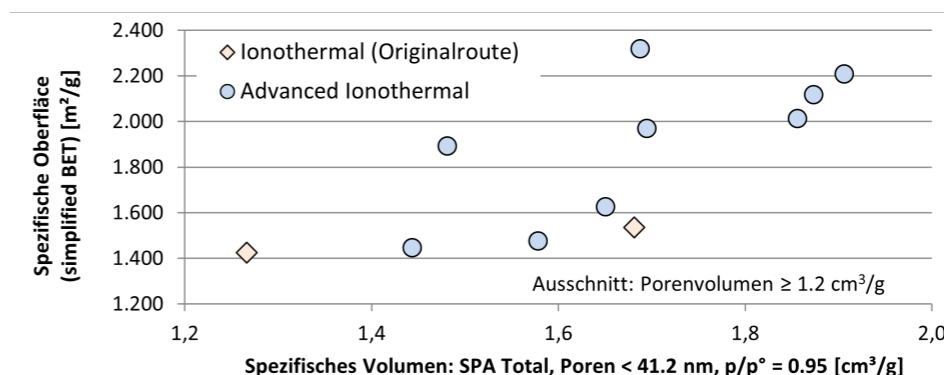
### Keywords

Mesoporöse Kohlenstoffe,  
Ionothermal Carbons,  
Heterogene Katalyse,  
Adsorption,  
Ohmscher Reaktor

**Abbildung 1:**  
Prozessschema zur ionothermalen  
Herstellung mesoporöser Kohlenstoffe  
mit Gasaktivierung im externen Reaktor.  
R1: ionothermal Reaktor  
R2: Aktivierungsreaktor



Mit einer eutektischen Salzmischung aus NaCl und ZnCl<sub>2</sub> wurden spezifische Porenvolumina von bis zu 1,9 cm<sup>3</sup>/g erreicht, wie Abbildung 2 zeigt. Vergleichend sind Ergebnisse eigener Synthesen mit demselben Salzmischung nach der Originalroute dargestellt.



**Abbildung 1:**  
Spezifische Oberflächen (vereinfachte BET-Auswertung) und Porenvolumina (SPA-Auswertung) von „Ionothermal Carbons“ und „Advanced Ionothermal Carbons“ nach Abb. 1

Aktuell darstellbar sind maßgeschneiderte Produktproben im 10 g-Maßstab zur Prozessentwicklung beispielsweise in der heterogenen Katalyse. Derzeit laufen Arbeiten zur Rückführung der ausgewaschenen Salze in den Prozess zur Vorbereitung der Maßstabsvergrößerung.

### WEITERE INFORMATIONEN

<https://www.umsicht.fraunhofer.de>

- [1] Wang, F. et al. (2023): Mesoporous Carbon-Based Materials for Enhancing the Performance of Lithium-Sulfur Batteries. In: International journal of molecular sciences, 24(8).
- [2] Mao, H. et al. (2014): Facile synthesis of highly stable heterogeneous catalysts by entrapping metal nanoparticles within mesoporous carbon. In: Journal of Materials Chemistry A, 2(16), S. 5847.
- [3] Greuel, M. et al. (2024): Catalytic Conversion of Ethanol with Conventional and Ohmic Heating in Comparison. In: Chemie Ingenieur Technik - CIT, 96(5), S. 671–678.
- [4] Mehdipour-Ataei, S.; Aram, E. (2023): Mesoporous Carbon-Based Materials: A Review of Synthesis, Modification, and Applications. In: Catalysts, 13(1), S. 2.
- [5] Peters, Martin et al. (2022): Experimental Investigation of Electrothermal Desorption of Steel Mill Gases from Activated Carbon. In: Chemie Ingenieur Technik - CIT, 94(10), S. 1458–1465.
- [6] Bilican, A. et al. (2023): Superfast Synthesis of Carbon Xerogels. In: ACS omega, 8(48), S. 45599–45605.
- [7] Pampel, J. et al. (2016): Glucose derived ionothermal carbons with tailor-made porosity. In: Carbon, 107, S. 288–296.
- [8] Kraft, A. et al. (2020): Verfahren zur Herstellung von mesoporöser Aktivkohle, DE102020105236A1

### Literatur

Dr.-Ing. Volker Heil\*, Martin Peters, Dr.-Ing. Axel Kraft, Dr. Eva Schieferstein, Nuh Avci, Seyma Süme  
Fraunhofer UMSICHT, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik  
Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen

[volker.heil@umsicht.fraunhofer.de](mailto:volker.heil@umsicht.fraunhofer.de)



#6 Poster



### Keywords

Webkarten,  
Biomassennutzung, GIS,  
Wissenschaftskommunikation

### Literatur

[1] NAEGELI DE TORRES, F.; BRÖDNER, R.; CYFFKA, K.-F.; FAIS, A.; KALCHER, J.; KAZMIN, S.; MEYER, R.; RADKE, K.-S.; RICHTER, F.; SELIG, M.; WILSKE, B. AND THRÄN, D. (2023). DBFZ Resource Database. Biomass Potentials in Germany 2010-2020. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10370137>

[2] NAEGELI DE TORRES, F., KALCHER, J., KARRAS, T., SITTARO, F., & CYFFKA, K.-F. (2024). Biogene Abfälle und Reststoffe in Deutschland: technisches Biomassepotenzial auf Landkreisebene in Deutschland 2010-2020 [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10562074>

[3] BRÖDNER, R.; CYFFKA, K.-F.; FAIS, A.; GÜNTHER, S.; KALCHER, J.; KAZMIN, S.; NAEGELI DE TORRES, F.; RADTKE, K.-S.; SELIG, M.; SITTARO, F.; THRÄN, D.; AND WILSKE, B. (2024). Biomassepotenziale aus Abfällen und Reststoffen (Version v1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10404436>

Dr. Fabian-Constantin Sittaro, Dr. Friederike Naegeli de Torres

## DBFZ Biomasseatlas Deutschland

Es existiert eine Vielzahl von räumlich aufgelösten Daten zum Potenzial bestimmter biogener Ressourcen in Deutschland. Diese liegen jedoch häufig nur vereinzelt vor und werden von verschiedensten Akteuren erfasst, weshalb sie sich hinsichtlich der Methodik ihrer Erhebung unterscheiden und oft unterschiedliche räumliche Auflösungen besitzen. Die **Ressourcendatenbank** des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) [1] hat die Potenzialebenen vielfältiger biogener Rest- und Abfallstoffe quantifiziert; allerdings liegen diese nicht räumlich aufgelöst vor. Um das Potenzial biogener Ressourcen auch auf räumlicher Ebene darzustellen, arbeiten wir an der Erstellung einer Website mit interaktiver Webkarte (DBFZ Biomasseatlas), in der Biomassepotenziale in Deutschland räumlich auf Landkreisebene dargestellt werden.

Ein vergleichbares Vorhaben bilden die DBFZ Dashboards **Biomassepotenziale** [2], in denen technische Potenziale für vier Biomassen (Getreidestroh, Rindergülle, Bioabfall sowie Garten- und Parkabfälle) für jeden Landkreis dargestellt werden. Im geplanten DBFZ Biomasseatlas wird die Anzahl der Biomassen und der dazugehörigen Daten deutlich erhöht, sowie die Kartenanwendung modernisiert und in einer eigenen Website eingebettet. Darin sollen neben den Karten auch Hintergrundinformationen zu den einzelnen Rest- und Abfallstoffen dargestellt werden, etwa potenzielle und aktuelle stoffliche Nutzungen sowie Treiber für Zu- oder Abnahmen der verwertbaren Mengen, die auf vergangenen Projekten des DBFZ basieren. Die Datengrundlage bilden sowohl bereits existierende wie auch neue Potenzialberechnungen die teils intern am DBFZ, teils von anderen Akteuren erhoben wurden, und die für jeden Landkreis aggregiert werden. Das Innovative am Biomasseatlas besteht daher zwar auch in einer Aktualisierung der Methodik und der verwendeten Daten, aber vor allem in der Bündelung verstreut vorliegender Ergebnisse und Informationen in einer praktikablen Anwendung, die öffentlichkeitswirksam das Potenzial energetischer Biomassennutzung vorstellt. Die Zielgruppen stellen Investoren, Verbände sowie die interessierte Öffentlichkeit dar, die durch die Anwendung mit Informationen zu Menge, Verfügbarkeit und Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Biomassen versorgt werden.

Die anvisierten Biomassepotenziale umfassen neben agrarischen Reststoffen diverser Anbaufrüchte unter anderem Getreidestroh, Rindergülle, Bioabfall, Grüngut, Klärschlamm, Agri-Photovoltaik, Schadholz, Schlachtabfälle und tierische Exkrememente. Relevante Zusatzinformationen zum jeweiligen Biomassepotenzial werden ebenfalls kartographisch dargestellt. So können weitere räumlich aufgelöste Daten in Form themenspezifischer Karten vom Nutzer ausgewählt und angezeigt werden. Beispiele hierfür sind die Darstellung der Anschlussquote an die Biotonne beim Bioabfallpotenzial oder die Forstwirtschaftsintensität beim Schadholzpotenzial. Der Biomasseatlas soll am DBFZ entwickelt und veröffentlicht werden.

Derzeit werden Partner zur Aktualisierung und Weiterentwicklung des Atlas gesucht. Parallel wird an Möglichkeiten der Monetarisierung gearbeitet, die auf genaueren räumlichen Potenzialberechnungen für Nutzer basiert. Dafür wird die Möglichkeit erarbeitet, über nutzerbasierte Kriterien wie Standort, Einzugsradius und Technologiepfad, das technische Biomassepotenzial ausgesuchter Rest- und Abfallstoffe der Region zu ermitteln.

Dr. Fabian-Constantin Sittaro\*, Dr. Friederike Naegeli de Torres  
Deutsches Biomasseforschungszentrum, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Fabian.sittaro@dbfz.de

Dr. Bettina Stolze, René Bindig, Prof. Dr. Ingo Hartmann

## Optimierung der physikalischen Oberflächeneigenschaften von biogenem Silica für den Einsatz als Katalysatorträger

Das Vorhaben „Entwicklung eines Methanoxidationskatalysators auf Basis von biogenem Silica für die Entfernung von Methan im Abgas von Biogas-BHKW (MeKat)“ hat die Entwicklung und Untersuchung eines hinreichend aktiven sowie langzeitstabilen Katalysators zur Oxidation von Methan im Abgas von Biogas-BHKW zum Ziel. Die Basis dafür bildet pulverförmiges biogenes Silica, welches aus der energetischen Verwertung von biogenen Rest- und Abfallstoffen gewonnen wird. Der Fokus liegt hierbei auf der Nutzung von Reisspelzen. Um das biogene Silica als Trägermaterial für Katalysatoren nutzen zu können, sollte dies eine hohe spezifische Oberfläche sowie mittleres Porenvolumen aufweisen, um ausreichend Aktivkomponente aufbringen zu können. Dies ist eine wichtige Teilkomponente, die die Aktivität des Katalysators beeinflusst. In vergangenen und laufenden Projekten am DBFZ hat sich gezeigt, dass Reisspelzen in dieser Hinsicht am geeignetsten sind. Zudem weisen sie den höchsten Siliziumanteil in der Asche auf, wodurch weniger Fremdelemente Einfluss auf die Katalysatoraktivität haben und die Matrixeffekte damit reduziert werden. Ein weiterer Aspekt ist das Entsorgungsproblem von Reisspelzen in den Erzeugerländern. So werden diese oft unkontrolliert auf den Feldern verbrannt, wodurch Umwelt und Gesundheit durch die erhöhten Emissionen geschädigt wird. Neben den organischen Bestandteilen Zellulose, Hemizellulose und Lignin beinhalten Reisspelzen eine Vielzahl an anorganischen Bestandteilen, welche nach der Verbrennung als Asche zurückbleiben. Dabei hat die Herkunft des Rohmaterials einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Asche, da sich diverse Faktoren wie Klima, Bodenbeschaffenheit, Düngernutzung und Umweltaspekte unterscheiden. Das Hauptelement dieser Reisspelzenasche ist Silizium (ca. 90Ma.-%). In deutlich geringeren Mengen sind Elemente wie Ca, Mg, K, Na, P, S, Cl und Al enthalten. Diese Elemente beeinflussen das Ascheschmelzverhalten, Kristallinität sowie Reinheit und Qualität des biogenen Silica. Unter den Aschebildenden Elementen gehören die Alkalimetalle zu den wasserlöslichen, Erdalkalimetalle zu den säurelöslichen und Silizium-, Aluminium- und Eisenspezies zu den unlöslichen Elementen. Die Zusammensetzung dieser Elemente im Brennstoff beeinflusst die Eigenschaften des biogenen Silicas. So korreliert die Tendenz zur Kristallisation der Reisspelzenasche mit dem Alkalimetallgehalt des Brennstoffs, da diese Elemente die Cristoballitbildung begünstigen. Die Kristallisationstemperatur unbehandelter Reisspelzen liegt je nach Elementzusammensetzung bei 600–900 °C, wohingegen mit Wasser vorbehandelte Reisspelzen bis zu Temperaturen um 1000 °C amorph bleiben. Je nach Brennstoffvor- bzw. Aschenachbereitung variieren die Eigenschaften des biogenen Silicas. Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurden verschiedene Reisspelzenaschen als potentielle Katalysatorträger hergestellt. Zur Herstellung des biogenen Silica wurden zwei verschiedene Methoden gewählt. Ein Kammerofen diente zur batchweisen Produktion im Labormaßstab. Eine kontinuierliche Produktion konnte in einem Kessel demonstriert werden, wodurch größere Mengen in kürzerer Zeit erhalten wurden. Zudem kann auf diese Weise Energie in Form von Wärme gewonnen werden im Gegensatz zum Ofen, der für den Veraschungsprozess Energie benötigt. Durch Variation der Reisspelzenvor- und Aschenachbehandlung konnte biogenes Silica mit einer spezifischen Oberfläche zwischen 87 und 251 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> gewonnen werden.

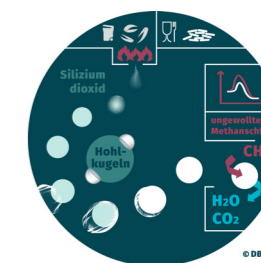
Dr. Bettina Stolze\*, René Bindig, Prof. Dr. Ingo Hartmann  
Deutsches Biomasseforschungszentrum, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

bettina.stolze@dbfz.de

### MeKat

FKZ-Nr. 03EI5456:

Entwicklung eines  
Methanoxidations-  
katalysators auf Basis  
von biogenem Silica  
für die Entfernung von  
Methan im Abgas von  
Biogas-BHKW



### Keywords

Biogenes Silica;  
Katalysatorträger;  
Reststoffnutzung;  
katalytische  
Emissionsminderung



Mathias Stur, Prof. Dr. Walter Stinner, Alicia Linz, René Rödenbeck

MuTro

## Trommelreakorttechnologie zur Abfallvergärung



#9 Poster

FKZ-Nr. 03EI5484:

Entwicklung einer  
störstofftoleranten  
Mehrzweck-Trommelreaktor-  
technologie (MTR)

### HINTERGRUND UND ZIEL

Mit dem geplanten Vorhaben sollen Stoffströme zur Vergärung erschlossen werden, die derzeit auf Grund von Störstoffen, dezentralem Anfall, Heterogenität ungenutzt sind. Heterogenität bezieht sich hier darauf, dass verschiedene Teilfraktionen nur mit verfahrenstechnischem Aufwand zu einem homogenen Gärsubstrat kombiniert werden können, was bei dezentralem Anfall/kleineren Anlagen wirtschaftlich nicht darstellbar ist. Dazu soll eine störstoff-tolerante Mehrzweck-Trommelreakorttechnologie - MTR bis zu einem TRL von 5 entwickelt und intensiv geprüft werden, dann auf der Basis die technische Planung zur Erreichung eines TRL 6-7 in einem Folgevorhaben erarbeitet werden. So soll ein erhebliches Biogaspotential mit besonders hoher Klimaschutzwirkung und ohne Stromstromkonkurrenz erschlossen werden, dass für die flexible, versorgungssichere, sektorübergreifende Energiebereitstellung zur Verfügung steht.

Mit der störstofftoleranten Technologieentwicklung sollen v.a. organische Siedlungsabfälle sowie heterogene landwirtschaftliche Reststoffe erschlossen werden. Wichtig ist, dass sowohl feste, als auch flüssige und pastöse Substrate oder Mischungen daraus vergoren werden können. Dies soll die Nutzung verschiedener Stoffströme in einer Anlage mit geringem Aufwand für Transport und Voraufbereitung ermöglichen. Angestrebt ist ein technischer Reifegrad von TRL 5 im Technikumsmaßstab und die Erarbeitung der Grundlagen bis hin zur Konstruktion und Detailplanung eines TRL von 6-7.

Der zur Patentierung angemeldete innovative Ansatz der MTR Mehrzwecktrommel-Reaktorttechnologie liegt in der technisch einfach gestalteten Ausführung sowie in dem niedrigen Technologiegrad zur Handhabung eines breiten Substratspektrums, des Gärmediums und des Gärrests, d. h., es erfolgt eine schwerkraftgestützte Substrateinspeisung, eine schwerkraftgestützte Umwälzung und Förderung des Gärmediums sowie eine schwerkraftgestützte Gärrestausspeisung ohne den Einsatz verschleißintensiver und störanfälliger Komponenten wie Pumpen oder Förder- bzw. Durchmischungsaggregate. Es sind keine angetriebenen beweglichen Teile im schwer zugänglichen Innenbereich des MTR erforderlich, auch keine weiteren, als Hindernis für den Förderstrom des Gärmediums wirkenden Bauteile im gesamten Förderungsbereich des Innenraumes des MTR vorhanden. Dies vermeidet die Gefahr von Ablagerung und Zusetzen, Querschnittsverengung oder Verstopfung und sorgt für geringen Wartungsaufwand. Somit wird die Anfälligkeit des Trommelreaktors gegenüber Störstoffen bzw. potenzielle Störquellen für den Betrieb des Trommelreaktors auf ein Minimum reduziert. Dadurch wird ein energieeffizienter, emissionsarmer Anlagenbetrieb mit hoher Leistungsfähigkeit bei sehr geringem Wartungsaufwand und Verschleiß erwartet. Durch diese Maßnahmen soll ein robuster, prozesssicherer und kosteneffizienter Betrieb ggü. dem Stand der Technik sichergestellt werden sowie bisher technisch schwer nutzbare Stoffströme erschlossen werden. Die schonende und großräumige Umwälzung und andauernde Durchmischung mit hohem Durchmischungsgrad im Reaktorinnenraum des MTR lässt einen hohen Abbaugrad erwarten. Es ist ein kostengünstiger Aufbau ermöglicht, da leicht verfügbare Bau- und Normteile mit niedrigem Technologiegrad und einfachem Aufbau verwendet werden können. Der einfache Aufbau, die Nutzung von Normbauteilen, sowie die Robustheit, die Störstofftoleranz und der einfache Betrieb bei hoher Substratflexibilität sollen über die Anwendung in Deutschland und Europa hinaus besondere Eignung zur Nutzung in peripheren Gebieten weltweit und damit gute Exportmöglichkeiten bieten.

### Keywords

Biogas, Substratflexibilität,  
Rest- und Abfallstoffe,  
Störstofftoleranz,  
Mehrzweck-Trommelreaktor

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

Die Entwicklung erfolgt durch das DBFZ (Leipzig) sowie den Praxispartner STC-Engineering GmbH (Waldenburg) in 7 Arbeitspaketen, wobei AP 1 die Projektkoordination und Öffentlichkeitsarbeit beinhaltet. In den AP 2-4 wird ein technischer Reifegrad von TRL 5 im Technikumsmaßstab mit ca. 500 l Arbeitsvolumen entwickelt. Darüber hinaus soll ein Normalbetrieb in AP 5 untersucht werden, um das Betriebsverhalten unter verschiedenen Einsatzbedingungen zu evaluieren. Durch die intensive Prüfung und den Variantenvergleich relevanter Komponenten sollen erstens belastbare Voraussetzungen für die Weiterentwicklung geschaffen werden. Zweitens werden in zwei intensiven Versuchsphasen für relevante Stoffströme die Einsatzbereiche als Haupt- oder Vorgärer geprüft, um bei einer nachfolgenden Weiterentwicklung zur Marktreife schon auf die zunächst zu priorisierenden Marktsegmente und Anwendungsbereiche hin orientieren zu können.

Die Untersuchungsergebnisse dienen als Basis für die Planung bis hin zur Konstruktion im Realmaßstab in AP 6. Dies stellt die Vorarbeit für ein Folgevorhaben dar, das einen vorkommerziellen Prototyp mit TRL 6 bis 7 erreichen soll. Die in AP 6 geplante umsetzbare Konstruktion ist die Voraussetzung, um in einem 3jährigen Folgeprojekt eine Anlage im Realmaßstab nicht nur zu errichten (TRL 6), sondern bis zu 2 Jahre testen zu können (TRL 7). Die Untersuchungsergebnisse aus AP 5 sollen außerdem die Ableitung von Geschäftsmodellen zum optimalen Einsatz ermöglichen und die ökonomische und ökologische Bewertung sowie die technische Bewertung ggü. dem Stand der Technik ermöglichen, was in AP 7 bearbeitet wird.

### PRÄSENTATION AUF DER STATUSKONFERENZ, ANWENDUNGSAUSSICHTEN

Das Projekt wurde erst kürzlich begonnen, es werden die oben stehenden Ziele, Aktivitäten und Maßnahmen dargestellt, ergänzt um Abbildungen relevanter Stoffströme und zugehöriger economies of scale, die das Marktpotential verdeutlichen. Die Darstellung von Abbildungen der Konstruktion und ggf. Fotos eines ersten Aufbaus werden bzgl. des Risikos der unlizenzierter Nutzung geprüft.

Mathias Stur<sup>1\*</sup>, Prof. Dr. Walter Stinner<sup>1</sup>, Alicia Linz<sup>1</sup>, René Rödenbeck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Deutsches Biomasseforschungszentrum, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

<sup>2</sup> STC-Engineering GmbH, Altenburger Straße 63a, 08396 Waldenburg

mathias.stur@dbfz.de, walter.stinner@dbfz.de, alicia.victoria.linz@dbfz.de,  
r.roedenbeck@stc-engineering.de

## SynControl

Dr. Sabine Peters, Ulrich Krause, Dr. Nils Engler, Svenja Nathalie Weber, Alissa Grüttner, Dr. Stefan Dröge

## Syntrophe Bakterien als neuer Biomarker zur besseren Überwachung und Steuerung von Biogasfermentern mit Rest- und Abfallstoffen

### AUSGANGSSITUATION

Im Vorläuferprojekt »FerMiQ« (1,2) wurde mittels molekularbiologischer Methoden ein neuer Biomarker entdeckt: Die ASG-Syntrophen (ASG: AMODIA Syntrophic Group). Dieser Biomarker reagiert in klassischen Biogasanlagen genau so früh wie der FOS/TAC-Wert, weist jedoch eindeutig auf das Problem der abnehmenden Konzentration dieser wichtigen Mikroorganismen hin.

### ZIELE

- Untersuchung von Biogasanlagen, die nicht mit Energiepflanzen, sondern überwiegend mit Rest- und Abfallstoffen gefüttert werden.
- Validierung des syntrophen Biomarkers in Abfall-Biogasanlagen
- Suche nach und Validierung von neuen Biomarkern
- Etablierung von Schwellenwerten für diese Biomarker zur Überwachung und Steuerung von Biogasanlagen

### AKTIVITÄTEN UND MASSNAHMEN

- Monitoring von Praxisanlagen zur Abfallverwertung mit molekularen Methoden
- Gärtests mit Rest- und Nebenprodukten unter Simulation hoher Raumbelastungen und Stickstofffrachten
- Vergärungsversuche mit Rest- und Nebenprodukten unter Simulation schneller Substratwechsel und verkürzter Verweilzeiten

### ERGEBNISSE

- Der syntrophe Biomarker wurde in jeder untersuchten Praxisanlage nachgewiesen.
- In den Praxisanlagen wurden keine strikt acetoklastischen methanogenen Mikroorganismen nachgewiesen.
- Die Zusammensetzung der methanogenen Archaeen ist gekennzeichnet durch hydrogentrophe Methanogene, deren Zusammensetzung ständig schwankt.
- In den Abfallvergärungsanlagen, aber auch in den Gärtests mit Rest- und Abfallstoffen, dominieren Bakterien der Ordnung Bacteroidales. Darunter sind viele Spezies, die in klassischen Biogasanlagen bisher nicht identifiziert wurden.

Dr. Sabine Peters<sup>1\*</sup>, Ulrich Krause<sup>1</sup>, Dr. Nils Engler<sup>2</sup>, Svenja Nathalie Weber<sup>2</sup>, Alissa Grüttner<sup>2</sup>, Dr. Stefan Dröge<sup>3</sup>

<sup>1</sup> AMODIA Bioservice GmbH, Rebenring 31, 38106 Braunschweig

<sup>2</sup> Deutsches Biomasseforschungszentrum, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

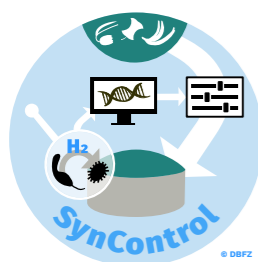
<sup>3</sup> Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V., Marie-Curie-Straße 19, 66953 Pirmasens

ulrich.krause@amodia.de, sabine.peters@amodia.de, nils.engler@dbfz.de, svenja.nathalie.weber@dbfz.de, stefan.droege@pfi-biotechnology.de

#10 Poster



FKZ-Nr. 03EI5476:  
**Syntrophe Bakterien als neuer Biomarker zur besseren Überwachung und Steuerung von Biogasfermentern mit Rest- und Abfallstoffen**



### Literatur

- [1] Abschlussbericht zum Projekt »FerMiQ« (ZF4611201AK8)  
 [2] Peters, S.; Krause, U.; Dröge, S.: Quantifizierung von Mikroorganismen in Biogasfermentern, in: KTBL [2021]: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. 7. FNR/KTBL-Kongress, Onlinetagung 29.-30.09.2021, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.; S. 203-205

### Keywords

Biomarker, Syntroph, Fermenterbiologie

### WEITERE INFORMATIONEN

www.amodia.de  
 www.dbfz.de  
 www.pfi-germany.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

## CircEcon - Verfahrenstechnische Entwicklung und Erprobung von Technologien für die Kreislaufwirtschaft im Industriepark Schwarze Pumpe

Die Technischen Universitäten Chemnitz, Dresden und Freiberg sowie die Hochschule Zittau/Görlitz errichten gemeinsam einen Forschungscampus zur treibhausgasneutralen Kreislaufwirtschaft (CircEcon) im Industriepark "Schwarze Pumpe". In dieser interdisziplinären Forschungseinrichtung bündeln die Forschenden ihre besonderen Expertisen in den Gebieten Recycling und Kreislaufführung zu einer europaweit einzigartigen Demonstrationsfabrik, mit dem Anspruch, neue wirtschaftliche Perspektiven für die Lausitz zu schaffen.

Mit gemeinsamen Pilotlinien, Versuchsanlagen und Demonstrationssystemen wird erstmalig die gezielte Verknüpfung der sächsischen Forschungskompetenzen vorangetrieben und innovative Ansätze zur effizienten Kreislaufwirtschaft entwickelt und gemeinsam mit Firmen zur Marktreife gebracht. Moderne Methoden wie Künstliche Intelligenz, Digitalisierung und Energiemanagement werden den gesamten Wertschöpfungskreislauf von der Rohstoffgewinnung und Aufbereitung der Wert- und Werkstoffe bis hin zur Re-Produktion abbilden und in industrierelevanter Skalierung treibhausgasneutral schließen.

Die Bereiche Chemie, Verfahrenstechnik und Maschinenbau müssen synergistisch zusammenarbeiten, um Produktteile und -bestandteile im Kreislauf zu halten. Das Projekt CIRCCECON hat sich dieser anspruchsvollen Integrationsaufgabe verschrieben. Dieses Engagement hebt es von anderen Vorhaben zur Kreislaufwirtschaft ab. Die Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) bringt ihre langjährige Expertise und spezielle Problemlösungskompetenz in den Verbund ein, insbesondere im maschinellen Sortieren von Reststoffgemischen. Dies ist jedoch nur ein Teil ihres Beitrags.

Die Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) ist eine forschungsstarke Fachhochschule in der Region, deren Wurzeln in der „Energiehochschule“ liegen und die sich im Lauf von Jahrzehnten immer wieder den aktuellen Fragestellungen der Zeit gewidmet hat. Im Jahr 1992 wurden den Ingenieurwissenschaften die Sozialwissenschaften hinzugefügt, da erkannt wurde, dass zahlreiche Transformationsprozesse nicht allein technisch bewältigt werden können. Dadurch hat sich das Forschungs- und Studienfeld der HSZG fortlaufend verändert und angepasst, wobei auch Fragestellungen aus den Bereichen Gesellschaft und Wirtschaft integriert wurden.

Frühzeitig wurde auch der notwendige Schritt von der linearen Produktionskette hin zu Kreisläufen erkannt, in Lehre und Forschung der HSZG berücksichtigt und bereits im Labor- und Pilotmaßstab vor Ort getestet. Im Projekt CIRCCECON wird nun die Möglichkeit geschaffen, zukünftige Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an einem weltweit einmaligen Technologiepool für Kreislauf-Ökonomie im Industriepark Schwarze Pumpe zu konzentrieren. Die HSZG widmet sich hier insbesondere der Demontage, der Sortierung und der thermischen Konversion und arbeitet dabei eng mit den Kolleginnen und Kollegen der Technischen Universitäten in Chemnitz, Dresden und Freiberg zusammen.

Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke  
 Hochschule Zittau/Görlitz, Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau

t.zschunke(at)hszg.de



#11 Poster

### Keywords

Kreislaufwirtschaft, Sortieren, Energieeffizienz, Pilotanlagen, Bilanzierung,

Statuskonferenz Bioenergie // 20.–21. September 2025

# WORKSHOPS

Niels Dögnitz, Dr. Andy Gradel, Prof. Dr. Torsten Birth-Reichert,  
Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

**102 Der Beitrag von Biowasserstoff zum Wasserstoffhochlauf**

Dr. Martin Dotzauer, Annemarie Kronhardt, Christian Hubert

**103 Variable Strompreise und flexible Bioenergie**

Kim Schmidt, Dr. Marco Selig

**104 Wie Linked Data die Nutzung biogener Reststoffe optimieren kann**

Dr. Annett Pollex

**105 Best-Practice-Sammlung zur Homogenisierung von Brennstoffen**

Ronja Wollnik, Prof. Dr.-Ing. Jakob Hildebrandt, Dr. Daniela Siedschlag,  
Dr. Malgorzata Borchers, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

**106 CO<sub>2</sub> runter, Mehrwert rauf: Biomasse-Kaskaden für CO<sub>2</sub>-Entnahme mit System**

Prof. Dr. Volker Lenz, Jan Böttner, Tobias Ulbricht

**107 Wie gelingt der Markteintritt? Nutzung von hybriden, auf Biomasse basierenden Heizungssystemen**



**Workshop**

Niels Dögnitz, Dr. Andy Gradel, Prof. Dr. Torsten Birth-Reichert, Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

## Der Beitrag von Biowasserstoff zum Wasserstoffhochlauf

Freitag, 11:15 – 12:45 Uhr  
ca. 20–30 Teilnehmer:innen

Im Europäischen Regulativ ist Biowasserstoff umfänglich anerkannt. Der Workshop behandelt die Rolle von erneuerbarem Wasserstoff aus Biomasse und bietet eine aktuelle Bestandsaufnahme der technischen Möglichkeiten und deren Entwicklungsstand. Dabei wird auch die Frage nach den weiterhin erforderlichen Randbedingungen gestellt, um einen nachhaltigen Beitrag zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu leisten. Dieser Workshop richtet sich an Akteure aus Wissenschaft und Praxis, die ihre Erfahrungen von erfolgreichen Demonstrationsprojekten teilen und diskutieren möchten. Dabei sollen auch die Randbedingungen erörtert werden, die erfüllt sein müssen, damit weitere Projekte realisiert werden können. Die Ergebnisse des Workshops werden von den Organisatoren zusammenfasst und – wo möglich – forschungsnetzwerkübergreifend z. B. in das Forschungsnetzwerk Wasserstoff weitergegeben. Mit diesem Workshop bieten wir eine einzigartige Gelegenheit, sich mit führenden Experten auf diesem Gebiet auszutauschen und Ihr Wissen zu erweitern. Teilnehmende haben die Chance, Teil einer dynamischen Community zu werden, die sich für die Zukunft der Wasserstoffwirtschaft einsetzt.

*Der Workshop hat Bezug zu den >30 Vorhaben mit Bezug zu Wasserstoff im FN Bioenergie, beispielhaft zu nennen sind H2Verg – Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse, FKZ 03E15445 (2022–2026), BioH2 – Grüner Wasserstoff aus der Vergasung biogener Rest- und Abfallstoffe, FKZ 03E15472D (2024–2026) und HYCS – Nutzung eisenbasierter Module zur Versorgung mit hochreinem Wasserstoff unter Druck auf der Basis der Luftvergasung biogener Reststoffe, FKZ 03E15479B (2024–2027)*

*Niels Dögnitz, DBFZ, niels.doegnitz@dbfz.de*

*Dr.-Ing. Andy Gradel, BtX energy GmbH, andy.gradel@btx-energy.de*

*Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert, HAW/CC4E, torsten.birth-reichert@haw-hamburg.de*

*Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer, DBFZ, franziska.mueller-langer@dbfz.de*

Dr. Martin Dotzauer, Annemarie Kronhardt, Christian Hubert

## Variable Strompreise und flexible Bioenergie

Der Zubau erneuerbarer Energien wie Solar und Wind verstärkt Strompreisschwankungen, mit flexibel bereitstellbarer Bioenergie können diese ausgeglichen werden. Im Workshop wird aufgezeigt, wie Bioenergie die Strompreise auf dem deutschen Markt beeinflusst, und ein Ansatz zur Vorhersage von Strompreisen mit Machine Learning präsentiert.

Anschließend berichten Partner:innen des Projektes FLXsynErgy aus der Praxis, wie die Flexibilität von Faulgasanlagen mit optimaler Kosten-Nutzen-Effizienz auf variable Strompreise eingestellt werden kann. In der Diskussion soll ergründet werden, welche Flexibilisierungsoptionen von Bioenergieanlagen möglich und sinnvoll sind.

*Annemarie Kronhardt, DBFZ, annemarie.kronhardt@dbfz.de*

**Workshop**

Freitag, 11:15 – 12:45 Uhr  
ca. 10–15 Teilnehmer:innen

## Workshop

Kim Schmidt, Dr. Marco Selig

## Wie Linked Data die Nutzung biogener Reststoffe optimieren kann

Freitag, 11:15 – 12:45 Uhr  
ca. 20–30 Teilnehmer:innen

Wir wollen für das Thema Linked Data sensibilisieren und aufzeigen, dass die Optimierung der energetischen Nutzung biogener Reststoffe davon profitieren kann. In vielen Forschungsprojekten im Bereich der energetischen Biomassenutzung fallen Informationen und Labordaten zu biogenen Rest- und Abfallstoffen an, die der Öffentlichkeit nach den FAIR-Prinzipien zur Verfügung gestellt werden sollten. Gerade in Zeiten von generativer KI und den enormen Datenmengen ist es jedoch wichtig, dass nicht nur Menschen Daten und deren Metadaten verstehen, sondern auch Maschinen, um uns diese Vielzahl an Informationen zugänglich zu machen. Dabei sollten Daten und Erkenntnisse jedoch nicht nur maschinenlesbar, sondern vor allem auch maschinenverstehbar veröffentlicht werden. So kann das Potential von Sprachmodellen, die diese Informationen daraufhin in den richtigen Kontext setzen können, besser ausgeschöpft werden.

Im Workshop geben wir zunächst eine kleine Einführung in die Thematik von FAIR-Prinzipien, Linked Data und Sprachmodellen, um Grundlagen zu schaffen oder aufzufrischen. Danach zeigen wir auf, wie diese Konzepte miteinander verknüpft sind und warum Ontologien als Wissensdatenbanken Sprachmodelle verbessern können. Diese sehr allgemeinen Informationen werden anschließend in den Kontext der Nutzung biogener Reststoffe gesetzt. Hierfür stellen wir eine Ontologie zur Identifizierung biogener Rest- und Abfallstoffe vor und zeigen die Benutzung dieser an mehreren Beispielen, u.a. unter Berücksichtigung des Digitalen Produktpasses. Zuletzt zeigen wir auf, wie jeder einzelne Daten- und Wissensproduzierende einen Beitrag leisten und Linked (Open) Data bereitstellen kann. Die Teilnehmenden sollen über den gesamten Workshop hinweg via Smartphone an Umfragen teilnehmen und Fragen stellen können, um auch spielerische ein besseres Gefühl für FAIR-Prinzipien und Linked Data zu bekommen. Die vorgegebenen Beispiele für die Ontologie werden mit Teilnehmenden gemeinsam bearbeitet und möglichst durch weitere, eigene Beispiele erweitert. Wir planen viel Raum für Fragen und Diskussion ein, da bei diesem wichtigen Thema häufig noch viele Fragen offen sind.

*Kim Schmidt, DBFZ, [kim.schmidt@dbfz.de](mailto:kim.schmidt@dbfz.de)  
Dr. Marco Selig, DBFZ, [datalab@dbfz.de](mailto:datalab@dbfz.de)*

Dr. Annett Pollex

## Best-Practice-Sammlung zur Homogenisierung von Brennstoffen

## Workshop

Freitag, 11:15 – 12:45 Uhr  
ca. 10–15 Teilnehmer:innen

Für die Bioenergieerzeugung und für Bioraffinerieprozesse werden zunehmend biogene Rest- und Abfallstoffe (z.B. Holzsortimente niedriger Qualität und nichtholzartige Biomassereststoffe) mobilisiert und genutzt. Diese weisen nicht nur eine kritischere Brennstoffzusammensetzung mit einem höheren Gehalt an emissions- und verschlackungsrelevanten Inhaltstoffen auf, sondern sind selbst innerhalb einer Charge deutlich heterogener. Dadurch werden wissenschaftliche Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und Konversionsverhalten erschwert, bei denen eine homogene Brennstoffzusammensetzung für die Interpretation der Ergebnisse unabdingbar ist. Diese Thematik wurde in der 10. Statuskonferenz in einem Workshop mit der Zielstellung diskutiert, die gesammelten Erfahrungen aus verschiedenen Vorhaben des Förderprogramms in einem Homogenisierungshandbuch zusammenzuführen. Im Anschluss formierte sich eine Arbeitsgruppe mit Experten des Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), der HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, der Hochschule Rottenburg, der Universität Kassel, der BEA Institut für Bioenergie GmbH, des Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und des DBFZ. Diese Arbeitsgruppe hat in den letzten Jahren das Wissen zu Heterogenitäten in Biomassensortimenten und die Expertise zum Umgang mit diesen im Rahmen von Untersuchungen im Technikums- und Labormaßstab zusammengetragen und zu einem Methodenhandbuch / einer Best-Practice-Sammlung zur Homogenisierung aufbereitet. Dabei sind die u.a. die Erfahrungen aus den Projekten StROhgas (FKZ: 03KB085) zu Stroh, VergaOpt (FKZ: 03KB135), OptiChip (FKZ: 22018114), LagerungStMELF (FKZ: EW/13/53) und QualiS (FKZ: 22035714) zu Holzhackschnitzeln, Ebaholz (FKZ: 22042618 / 2219NR294/2219NR292) zu Altholz, Mobifuels (FKZ: 03KB136) und SET-Laub (FKZ: 03KB111A) zu Laub, FNR8 (FKZ: 22403112) zu Halmgut und Körnern, Bio-RestBrennstoff (FKZ: 03EI5427) zu Kompostier-Siebüberlauf und Grünlandreststoffen sowie Erfahrungen aus der Standardisierung und Ringversuchsprobenherstellung eingeflossen. Der Workshop dient zum Erfahrungsaustausch im Umgang mit heterogenen Sortimenten und der Vorstellung des Methodenhandbuches. Im ersten Teil des Homogenisierungsworkshops wird der Inhalt und der Aufbau des Methodenhandbuches mit zwei Vorträgen vorgestellt. Im Anschluss sollen anhand der Best-Practice-Beispiele des Handbuches sowie des Wissensschatzes der Workshop-Teilnehmer:innen Erfahrungen ausgetauscht, unterschiedliche Herausforderung beim Umgang mit verschiedenen Sortimenten adressiert und Strategien für unterschiedliche Fragestellungen diskutiert werden.

*Dr. Annett Pollex, DBFZ, [annett.pollex@dbfz.de](mailto:annett.pollex@dbfz.de)*

## Workshop

Ronja Wollnik, Prof. Dr.-Ing. Jakob Hildebrandt, Dr. Daniela Siedschlag,  
Dr. Malgorzata Borchers, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

## CO<sub>2</sub> runter, Mehrwert rauf: Biomasse-Kaskaden für CO<sub>2</sub>-Entnahme mit System

Freitag, 14:00 – 15:35 Uhr  
ca. 30 Teilnehmer:innen

Um im Jahr 2045 eine Netto-Null-Bilanz zu erreichen, wird erwartet, dass bioCDR – einschließlich landbasierter und technischer Ansätze wie die Stärkung natürlicher Senken, Biokohle und Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) – den größten Teil der erforderlichen Kohlenstoffentnahme aus der Atmosphäre leisten wird. Eine der zentralen Herausforderungen bei der Umsetzung von bioCDR ist die Verfügbarkeit von Biomasseressourcen. Diese Herausforderung könnte durch die Kaskadennutzung angegangen werden, wobei zusätzliche Potenziale zur Reduzierung der Umweltbelastung, Steigerung der Wirtschafts- und Ressourceneffizienz, sowie Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz erwartet werden. So kann der begrenzte Rohstoff Biomasse möglichst effizient und multifunktional eingesetzt werden. Der Ansatz der Kaskadenwirtschaft, der Wertschöpfungsketten und Warenströme kombiniert, wird bislang relativ wenig erforscht.

Im Workshop soll die Frage bearbeitet werden, wo bioCDR-Kaskaden einen sinnvollen Systembeitrag leisten können. Der Fokus soll dabei auf regionalen Potenzialen innerhalb von Deutschland liegen. Der Workshop dreht sich um Kontextfaktoren für Kaskadennutzung, um zu diskutieren, welche Kaskaden eher als Problemlöser bzw. Problemverursacher fungieren.

Ronja Wollnik\*, DBFZ, [ronja.wollnik@dbfz.de](mailto:ronja.wollnik@dbfz.de)

Prof. Dr.-Ing. Jakob Hildebrandt, HSZG, [jakob.hildebrandt@hszg.de](mailto:jakob.hildebrandt@hszg.de)

Dr. Daniela Siedschlag, UFZ, [daniela.siedschlag@ufz.de](mailto:daniela.siedschlag@ufz.de)

Dr. Malgorzata Borchers, UFZ, [malgorzata.borchers@ufz.de](mailto:malgorzata.borchers@ufz.de)

Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän, UFZ, [daniela.thraen@ufz.de](mailto:daniela.thraen@ufz.de)

Prof. Dr. Volker Lenz, Jan Böttner, Tobias Ulbricht

## Workshop

## Wie gelingt der Markteintritt? Nutzung von hybriden, auf Biomasse basierenden Heizungssystemen

Freitag, 14:00 – 15:35 Uhr  
ca. 10–15 Teilnehmer:innen

*Was ist notwendig, damit hybride, erneuerbare Heizkonzepten mit Biomasse einen breiten Markteintritt schaffen können?*

Übergeordnetes Ziel ist es, aus diesem sowie aus den vorherigen Veranstaltungen/Workshops zum Thema *hybride Wärmebereitstellung* am 11. und 12. November ein Positionspapier zum Forschungsbedarf und zur Anpassung der politischen Rahmenbedingungen zu erstellen und über das Forschungsnetzwerk in den Diskurs einzubringen.

*Warum ist das Thema relevant?*

Biomasse ist eine der wenigen Energieoptionen, die sich auch über längere Zeiträume vergleichsweise einfach speichern lässt. Aufgrund der vielfältigen Nutzungskonkurrenz ist das Einsatzpotenzial für die energetische Nutzung jedoch begrenzt. Künftig sollte Biomasse eine zentrale Rolle für die Systemstabilität und Versorgungssicherheit übernehmen. Sie sollte also gezielter zur Spitzen- und Residuallastabdeckung in kombinierten erneuerbaren Wärmekonzepten eingesetzt werden. Es besteht somit dringender Handlungsbedarf, um die Marktdurchdringung von hybriden, erneuerbaren Heizkonzepten mit Biomasse kurzfristig zu steigern. Wie dies gelingen kann, soll unter anderem in diesem Workshop diskutiert und erarbeitet werden.

*Zum Start gibt es einen Impuls-/Kurzvortrag zum Thema Hybridsysteme sowie den Erkenntnissen aus den vorherigen Workshops. Anschließend werden an 3-4 Tischen/Stellwänden vorbereitete Themen/Thesen bearbeitet. Die Teilnehmenden werden in entsprechend viele Gruppen aufgeteilt und bleiben pro Thema ca. 10-15 Minuten am Tisch. Die Gruppen rotieren anschließend und bearbeiten das nächste Thema, basierend auf den bereits erarbeiteten Inhalten.*

Jan Böttner\*, DBFZ, [jan.boettner@dbfz.de](mailto:jan.boettner@dbfz.de)

Volker Lenz, DBFZ, [volker.lenz@dbfz.de](mailto:volker.lenz@dbfz.de)

Tobias Ulbricht, DBFZ, [tobias.ulbricht@dbfz.de](mailto:tobias.ulbricht@dbfz.de)

Statuskonferenz Bioenergie // 20.–21. November 2025

# ORGANISATIONSTEAM



**Tina Händler**

Projektkoordination  
E-Mail: [tina.haendler@dbfz.de](mailto:tina.haendler@dbfz.de)  
Telefon: +49 (0)341 2434 554



**Anna Flora Schade**

Kommunikation und Wissenstransfer  
E-Mail: [anna.flora.schade@dbfz.de](mailto:anna.flora.schade@dbfz.de)  
Telefon: +49 (0)341 2434 597



**Joshua Röbisch**

Satz & Layout & Grafiken  
E-Mail: [joshua.roebisch@dbfz.de](mailto:joshua.roebisch@dbfz.de)  
Telefon: +49 (0)341 2434 599

# IMPRESSUM

## Herausgeber:innen

Dr. Tina Händler, Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

## Kontakt

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig  
Telefon: +49 (0)341 2434-112  
E-Mail: [begleitforschung@dbfz.de](mailto:begleitforschung@dbfz.de)  
[www.energetische-biomassenutzung.de](http://www.energetische-biomassenutzung.de)

## Geschäftsführung

Wissenschaftlicher Geschäftsführer: Prof. Dr. mont. Michael Nelles  
Administrativer Geschäftsführer: Dr. Christoph Krukenkamp

## Bildnachweise

Titel: Joshua Röbisch  
Grafiken und Icons: Joshua Röbisch, weitere sind individuell ausgewiesen  
Bei jedem Beitrag sind die Autor:innen für die korrekte und rechtskonforme Verwendung ihrer Darstellungen und Bilder selbst verantwortlich.

## Layout, Satz

Joshua Röbisch

## Förderung

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

ISSN (online) 2698-6809  
ISBN 978-3-946629-98-6  
DOI: 10.48480/kbm5-ta86

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne die schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere auch die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf anderen digitalen Datenträgern.

© 2025 DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH



**Energetische  
Biomassenutzung**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**ptj** projektträger  
jülich



[www.energetische-biomassenutzung.de](http://www.energetische-biomassenutzung.de)