

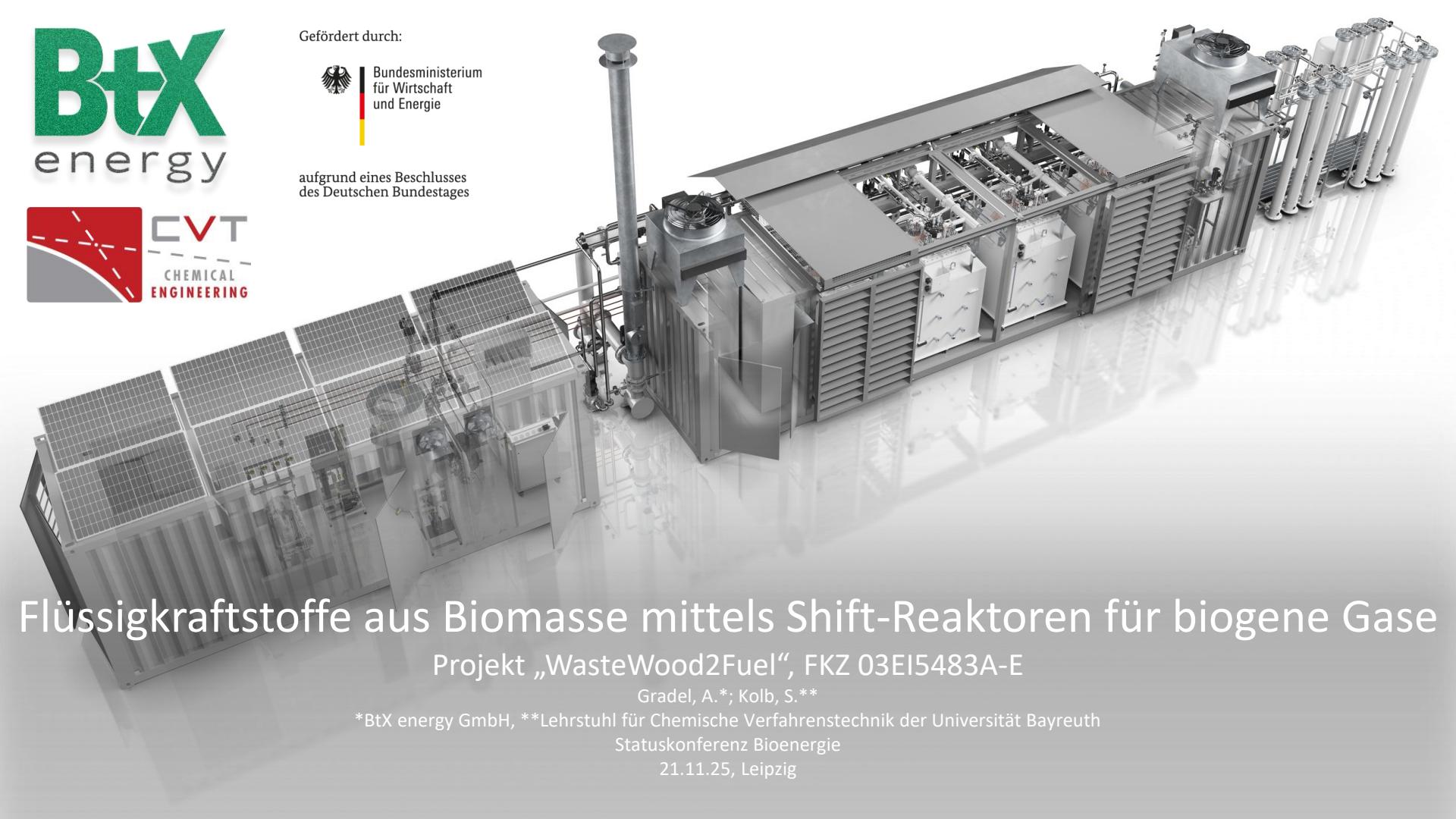


Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Flüssigkraftstoffe aus Biomasse mittels Shift-Reaktoren für biogene Gase

Projekt „WasteWood2Fuel“, FKZ 03EI5483A-E

Gradel, A.*; Kolb, S.**

*BtX energy GmbH, **Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik der Universität Bayreuth
Statuskonferenz Bioenergie

21.11.25, Leipzig

Agenda



Wer sind wir?



Technologie & Projekt



Projektablauf und Struktur



Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



Fazit & Ausblick

Wer sind wir?



WS FLOX®
REFORMER

 **eflox**

BtX
energy



- **WS Wärme prozesstechnik GmbH**
Gegründet 1982
Erfinder der FLOX®-Technologie
Industriebrennertechnik

- **WS Reformer GmbH**
2003 aus der WS ausgegründet
Reformertechnologien

- **e-flox GmbH**
2006 aus der WS ausgegründet
Anlagenbau

- **BtX energy GmbH**
2020 aus der WS ausgegründet
Prozess- und Projektengineering
Komponenten- und Reaktorbau



Wer sind wir?



Vorreiter für biogenen Wasserstoff



Certificate

EU-REDcert-548-271089923

By means of an audit on 18.03.2024, documented in a report

Normec Zertifizierung Umweltgutachter GmbH
Kapellenweg 8, 48683 Ahaus, Germany

confirms to

BtX energy GmbH
REDcert-ID: 4570
Am Lefkeshof 22, 47839 Krefeld
Latitude 51.3874162; longitude 6.5003028

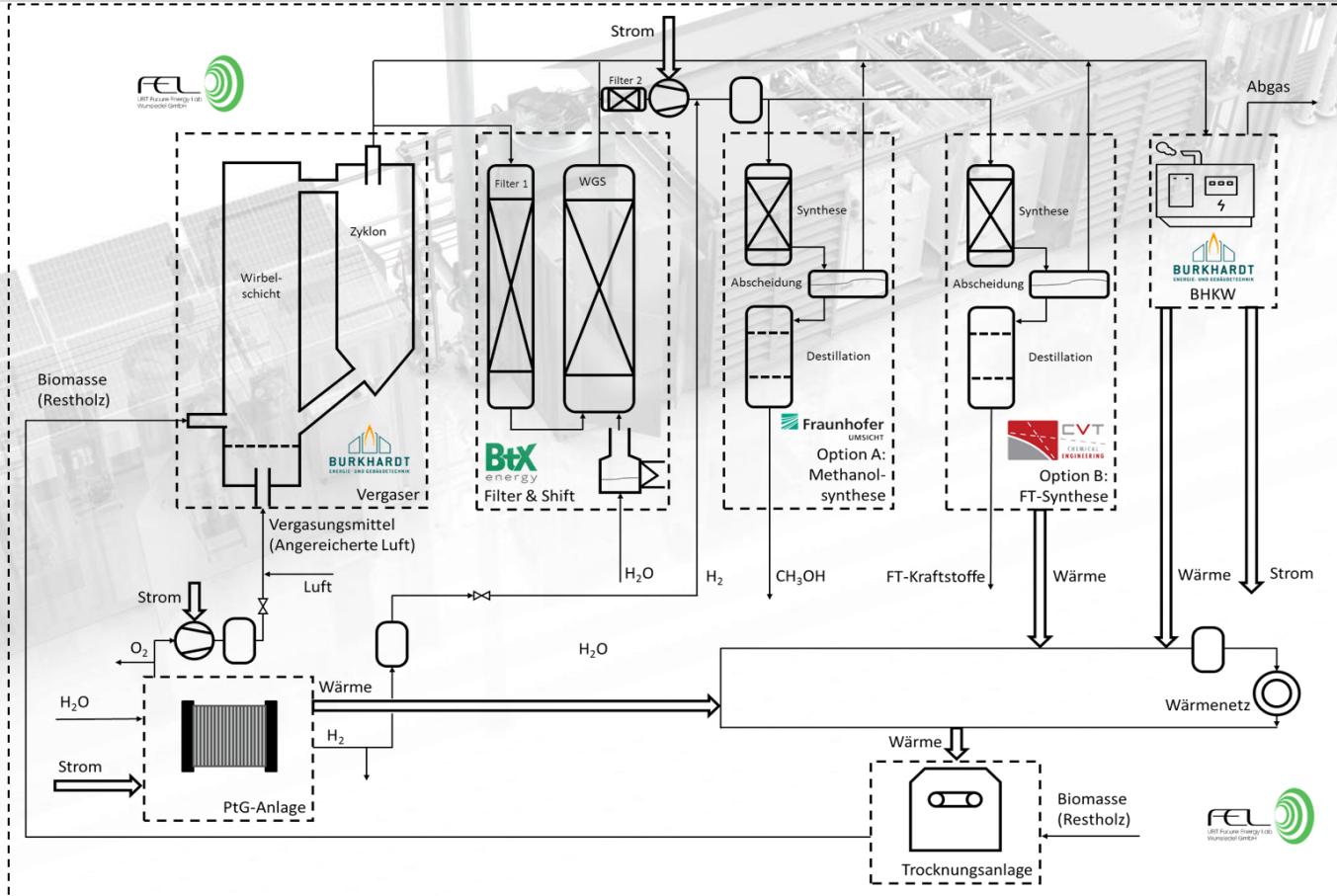
the compliance with the requirements of the certification scheme

REDcert-EU

a scheme for demonstrating compliance with the sustainability criteria under the Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council

This certificate serves as proof of compliance with the requirements of Directive (EU) 2018/2001 for the following scope(s):
(420) Plant for the production of biogenic hydrogen / (502) supplier (dealer/warehouse/logistic center - after the last interface)

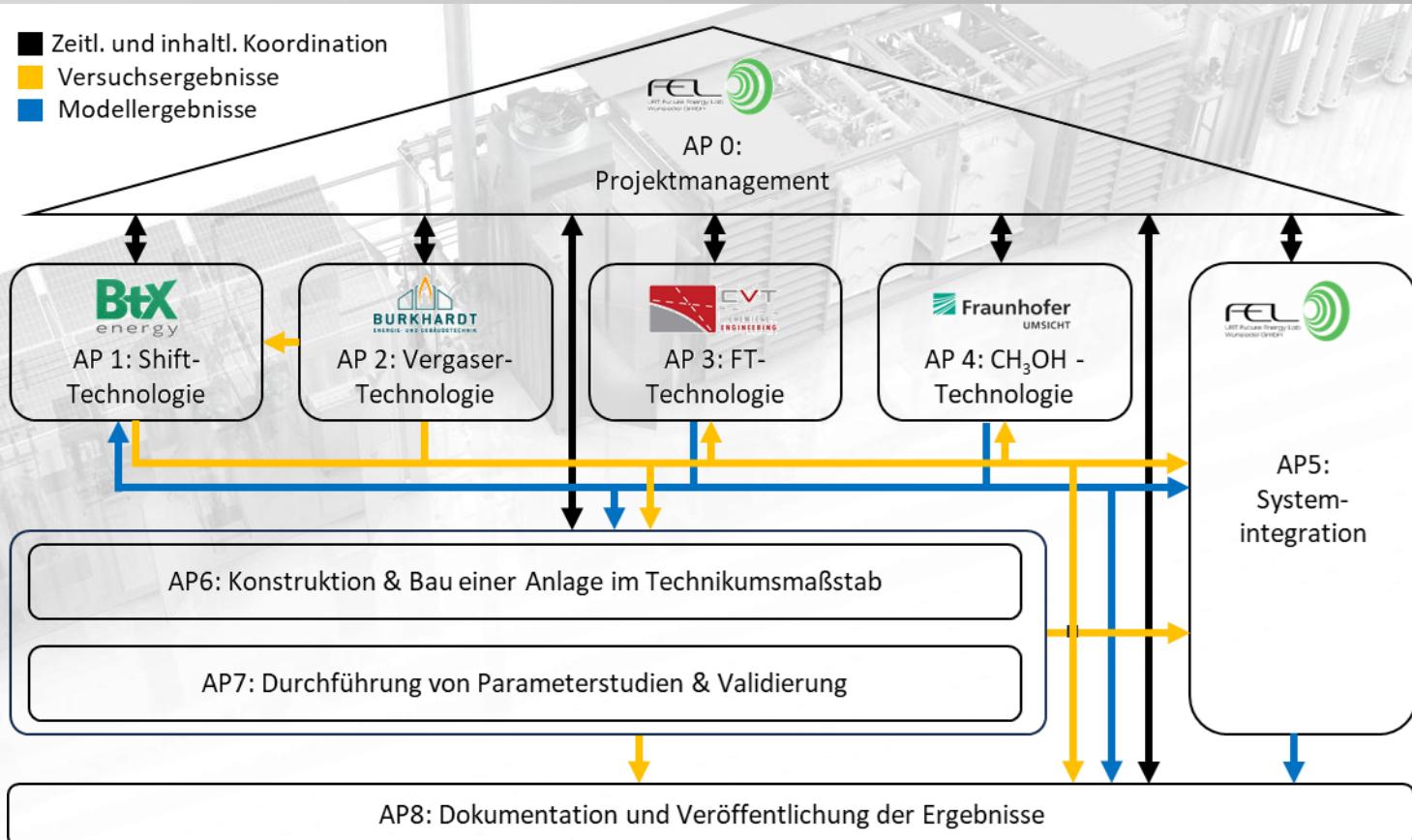
Technologie & Projekt



Projektablauf WasteWood2Fuel



- Zeitl. und inhaltl. Koordination
- Versuchsergebnisse
- Modellergebnisse



AP 1.1: Simulationsmodell – Shiftreaktor: Transportgleichungen

- Kinetisches 1D-Modell mit 8 Bilanzen für vier Stoffströme (3 x Wärmetauscher + Schüttung) und vier reaktive Stoffe in der Schüttung

Wärmetauscher:

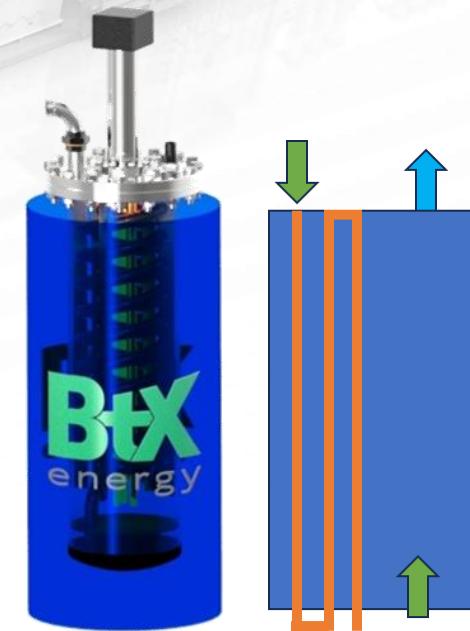
$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = - \frac{\partial (u_g c_i)}{\partial z}$$

$$c_{p,g} \rho_g \frac{\partial T}{\partial t} = -u_g c_{p,g} \rho_g \frac{\partial (T)}{\partial z} + \dot{q}_{wt}$$

Schüttung:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = - \frac{\partial (u_g c_i)}{\partial z} + \sum_n r_n v_{i,n}$$

$$c_{p,g} \rho_g \frac{\partial T}{\partial t} = -u_g c_{p,g} \rho_g \frac{\partial (T)}{\partial z} + \sum_n r_n \Delta_{H,n} + \sum_n \dot{q}_{wt}$$

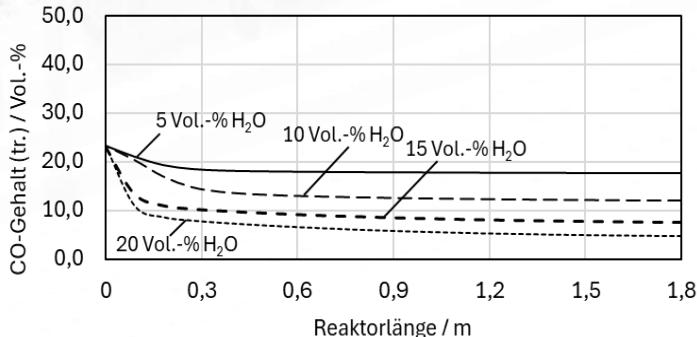
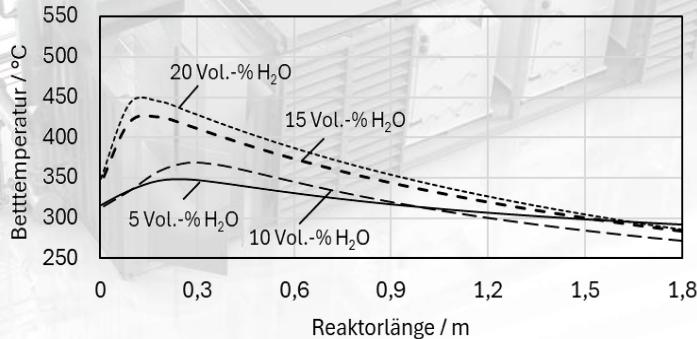


Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



AP 1.1: Simulationsmodell – 3 x Shiftreaktor mit Holzgas aus der Luftvergasung

- 23,3 Vol.-% CO, 18,4 Vol.-% H₂, 10,1 Vol.-% CO₂, 1,6 Vol.-% CH₄, 45,2 % N₂ (SN = 0,55)

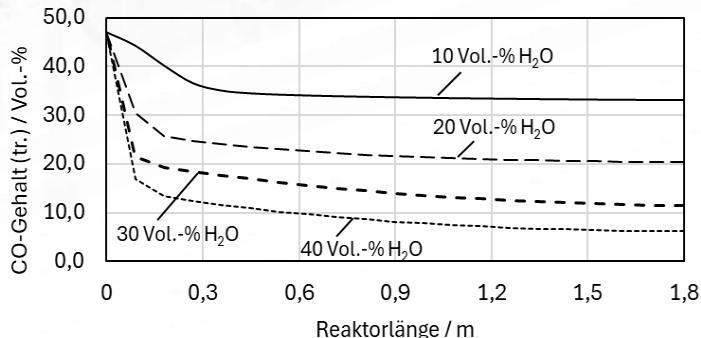
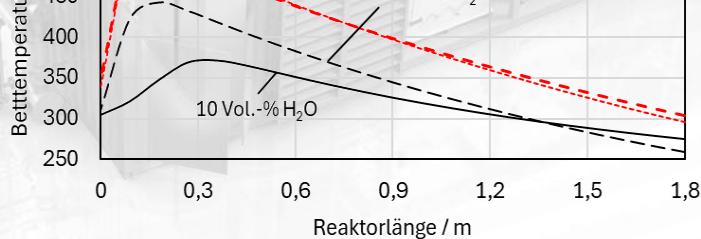


Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



AP 1.1: Simulationsmodell – 1 x Shiftreaktor mit Holzgas aus der Sauerstoffvergasung

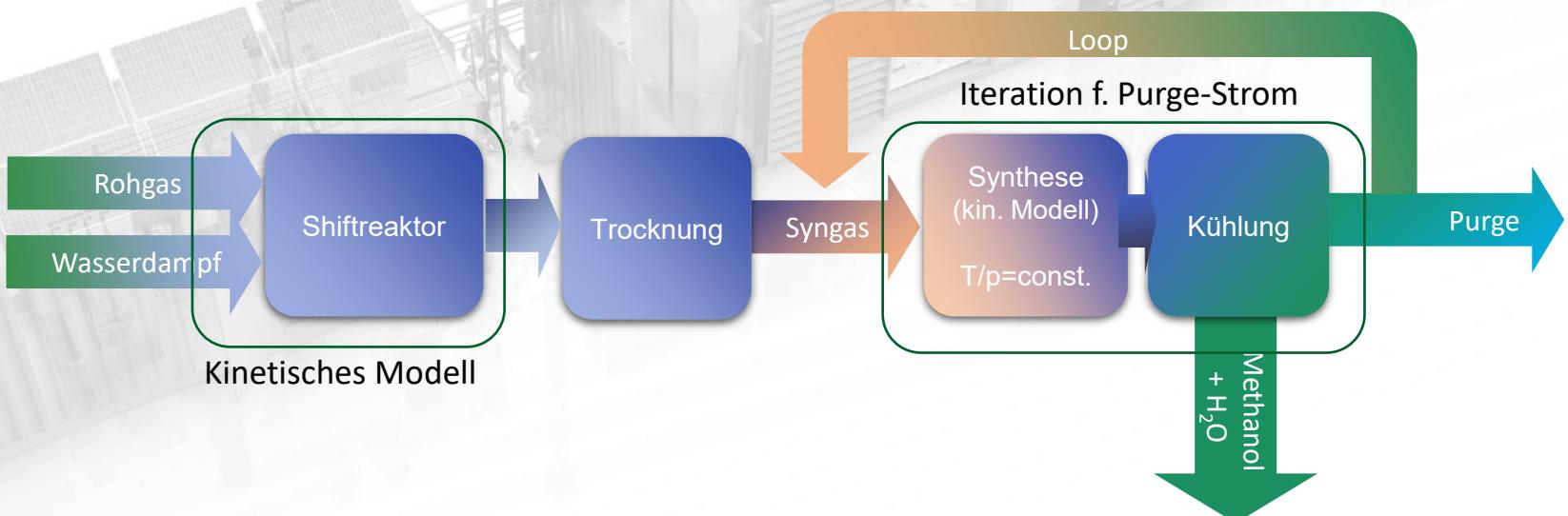
- 45,0 Vol.-% CO, 35,0 Vol.-% H₂, 14,5 Vol.-% CO₂, 1,7 Vol.-% CH₄ (SN = 0,59)



Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



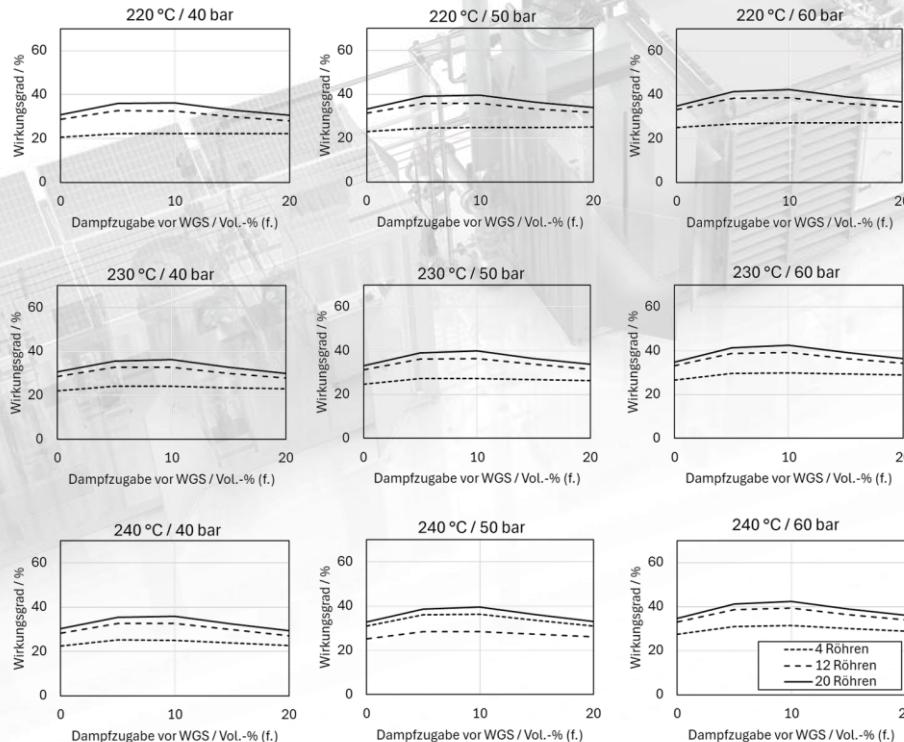
AP 1.1: Simulationsmodell – Aufbau in klassischer Manier



Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



AP 1.1: Simulationsmodell – Ergebnisse der Gesamtkette mit Recycling



Eingangsgas aus Luftvergasung:

- 23,3 Vol.-% CO
- 18,4 Vol.-% H₂
- 10,1 Vol.-% CO₂
- 1,6 Vol.-% CH₄
- 45,2 % N₂

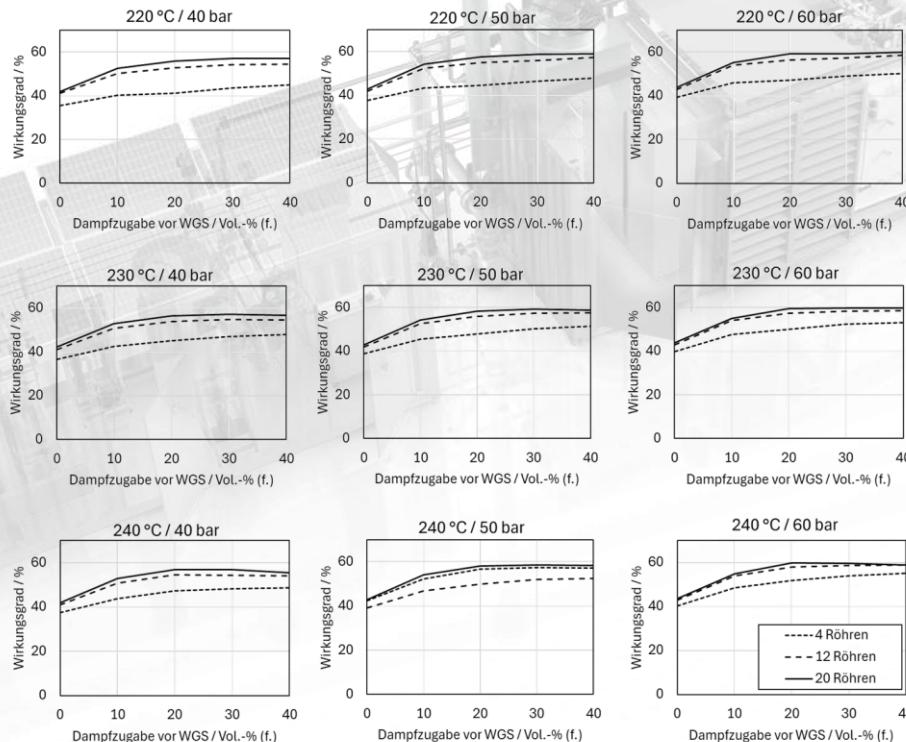
Interpretation:

- Kaltgaswirkungsgrad von knapp unter 40 % möglich
- Hoher Druck und niedrige Temperatur sind GGW-technisch optimal
- Beste Ausbeute bei ca. 10 Vol.-% Dampfzugabe vor der Shift

Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse



AP 1.1: Simulationsmodell – Ergebnisse der Gesamtkette mit Recycling



Eingangsgas aus Sauerstoffvergasung:

- 45,0 Vol.-% CO
- 35,0 Vol.-% H₂
- 14,5 Vol.-% CO₂
- 1,7 Vol.-% CH₄
- 0 Vol.-% N₂

Interpretation:

- Kaltgaswirkungsgrad von kapp 60 % möglich
- Hoher Druck und niedrige Temperatur sind GGW-technisch optimal
- Beste Ausbeute ab ca. 20 Vol.-% Dampfzugabe vor der Shift aufwärts

Fazit und Ausblick



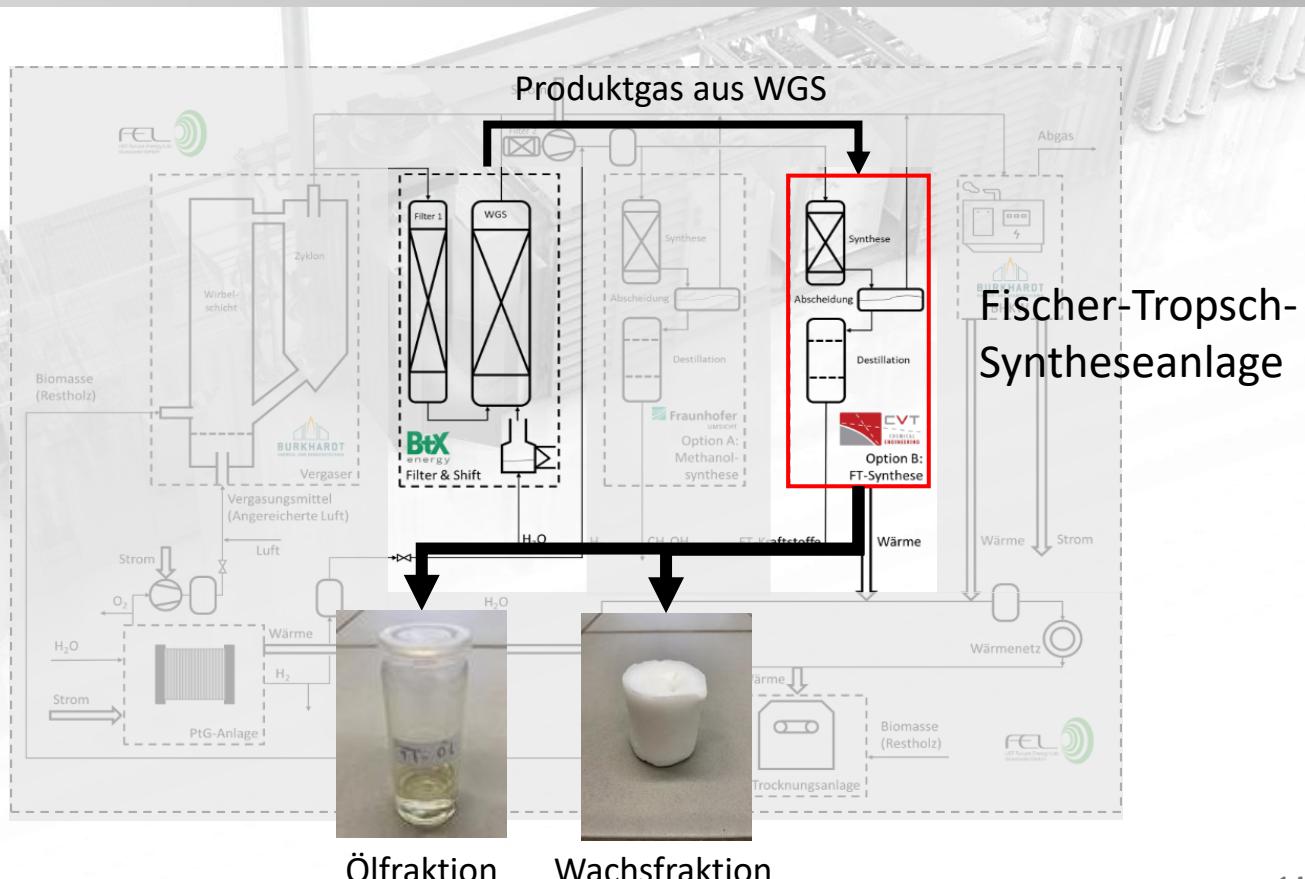
Aktueller Stand

- Ein thermisch aufgelöstes, kinetisches Shiftreaktormodell wurde erstellt
- Ein detailliertes Modell bis zur Methanolsynthese wurde erstellt, um Zusammenhänge zu identifizieren
- Die klassische Recycling-Purge-Strategie führt zu brauchbaren, aber geringen Wirkungsgraden
- Die Sauerstoffanreicherung bringt merkliche Verbesserungen
- Es kann eine Zwischenkondensation angestrebt werden für höhere Ausbeuten und geringere Stromverbräuche

Nächste Schritte

- Weitere Messdaten müssen erstellt und eingepflegt bzw. zur Validierung verwendet werden
- Ggf. kann ein Gesamtprozessmodell mit FT-Synthese angeflanscht werden
- Behälter und Filter sind in Arbeit

Teilvorhaben: Fischer-Tropsch-Synthese



Die Fischer-Tropsch-Synthese

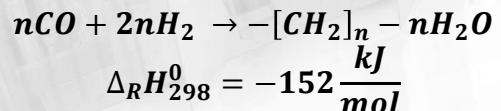


Franz Fischer
* 19.03.1877
† 01.12.1947



Hans Tropsch
* 07.10.1889
† 08.10.1935

Oberflächenpolymerisation von CO mit H₂ zu paraffinischen Kohlenwasserstoffen an festen Katalysatoren (Co, Fe)

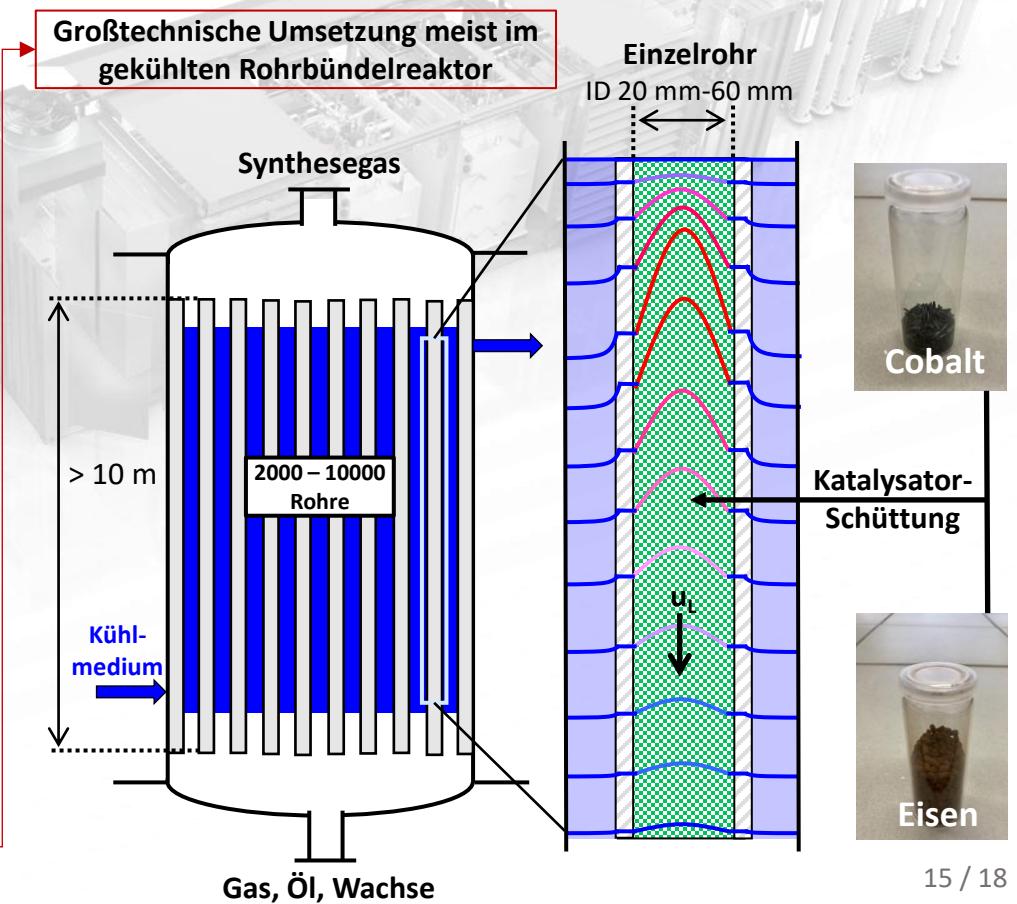


stark exotherme Reaktion

Problem:

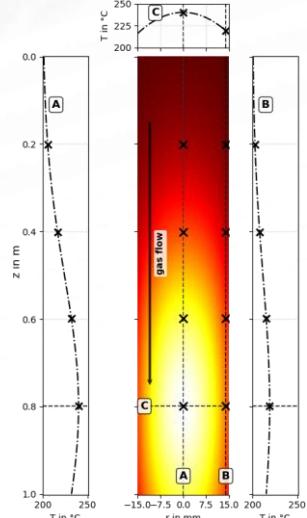
thermische Reaktorstabilität

Großtechnische Umsetzung meist im gekühlten Rohrbündelreaktor

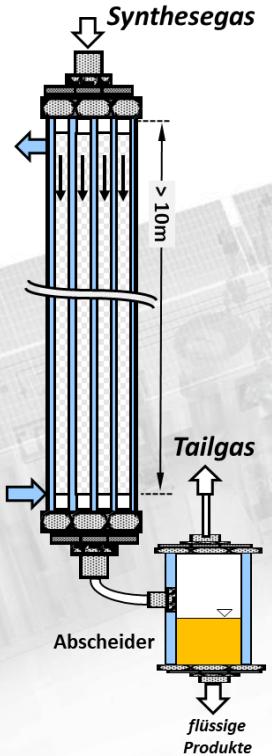


Arbeitspakete CVT



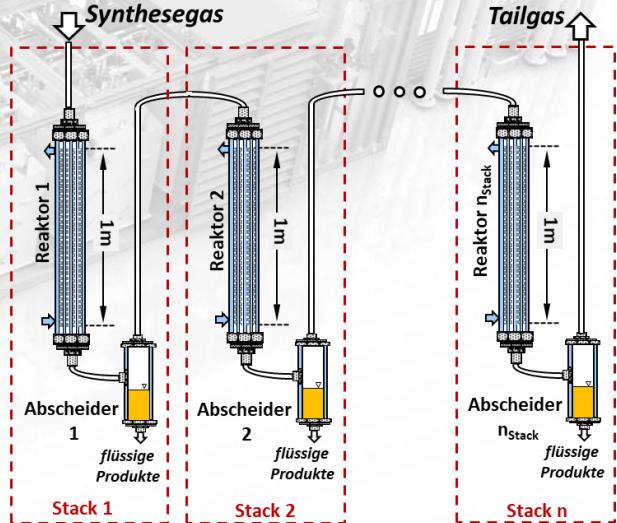
1	2	3
<p>Aufbau und Betrieb eines FTS-Einzelrohrreaktors im Technikumsmaßstab Stand 11/25: im Aufbau</p> 	<p>Physikalische und chemische Modellierung des FTS-Reaktors Stand 11/25: funktionsfähiges Modell</p>	<p>Simulation der FTS-Anlage unter realen Bedingungen Stand 11/25: erste Simulationen</p>
	<p>Auslegung und Optimierung</p> <p>2D-Reaktormodell gekoppeltes partielles DGL-System basierend auf den Wärme- und Stoffbilanzen im differentiellen Reaktorsegment</p> <p>Validierung</p> 	

Konzept der FTS im Projekt

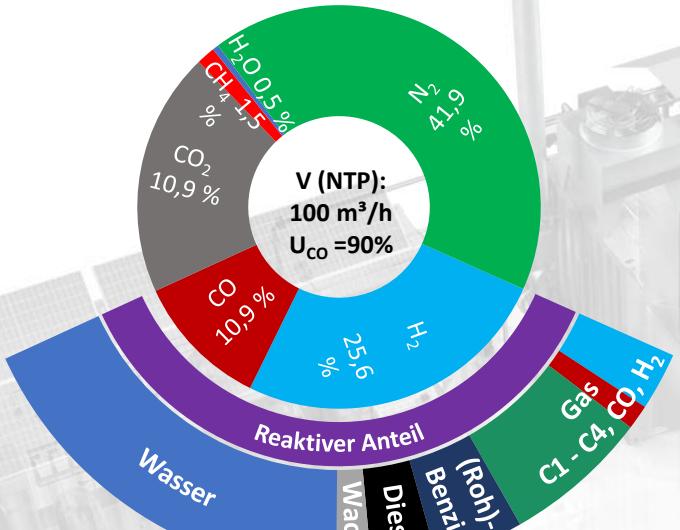


(Erwartete) Vorteile:

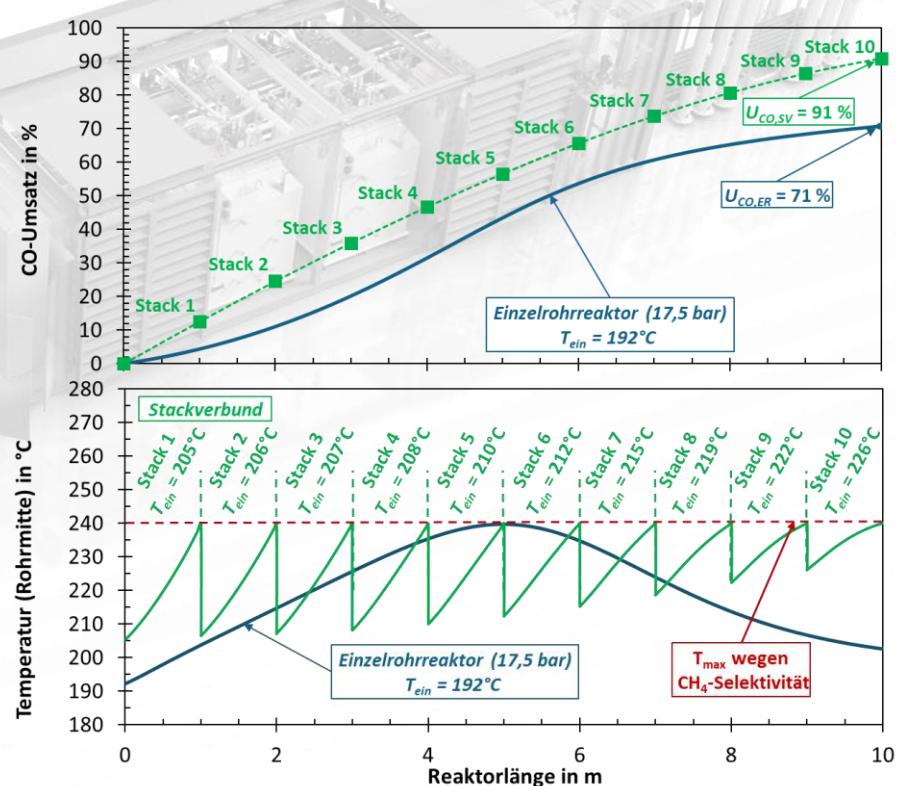
- Kompakte Bauweise für dezentrale Anwendung (Container)
- Optimierte Temperaturführung für jeden Teilreaktor
- Keine Tailgas-Rückführung
- Vermeidung von Aktivitätsverlust durch Wasserabscheidung
- Optimierung der Rohrdurchmesser
- Ölkühlung statt Siedewasserkühlung



Erste Simulationsergebnisse



8,21 l/h Wasser
0,68 kg/h Wachs
2,33 l/h (Roh)-Benzin
1,62 l/h Diesel (Kerosin)
73,57 m³/h Tailgas ($H_i = 7 \text{ MJ/m}^3$)



Weitere Simulationsparameter:

$$\bar{r}' = 20 \frac{\text{kg}_{\text{Kat}} \text{h}}{\text{m}_\text{Gas}^3}$$

$$d_{R,i} = 60 \text{ mm} \quad d_{R,o} = 66 \text{ mm}$$

$$u_{0,l} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Kühlmedium: Thermoöl}$$

Kontaktdaten



Dr.-Ing. Andy Gradel
Geschäftsführer

Btx energy GmbH
Esbachgraben 1
95463 Bindlach

Tel.: +49 171/264-2839
Email: andy.gradel@btx-energy.de

Simon Kolb M.Eng
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth

Tel.: +49 921 / 55-7456
Email: simon.kolb@uni-bayreuth.de

UNTERSTÜTZER

TEAM
ENERGIEWENDE
BAYERN

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages