

06. Februar 2020

# PtX in industriellen Produktionsprozessen

## Projekte und Anlagentechnik am IUTA

M. Vogt, S. Meschede, S. Haep

Associated Institute at the

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN



**AF** Member

## Anlass

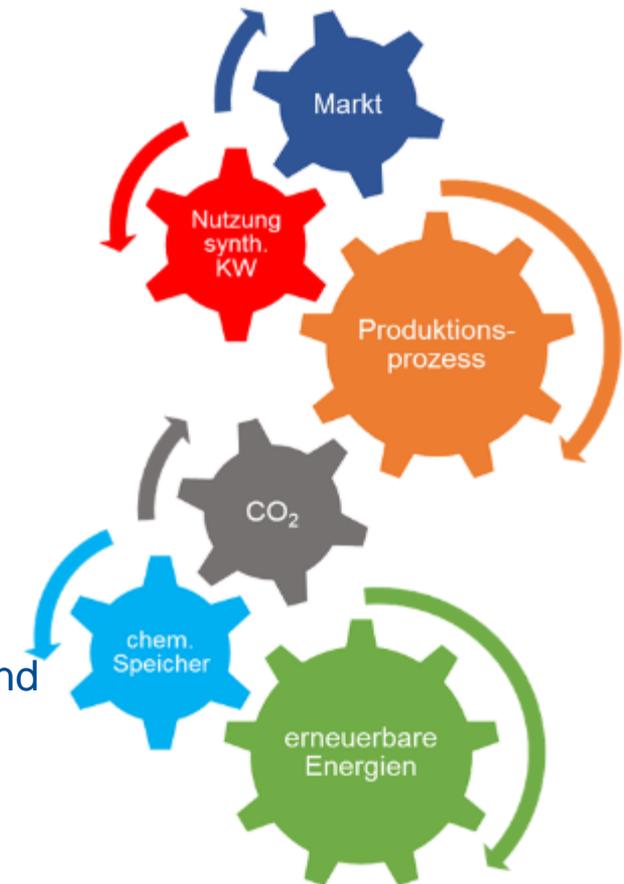
- Produktivität und Produktqualität erhalten
  - Volatile Stromerzeugung erfordert Speichertechnologien
  - Minderung des CO<sub>2</sub> - Ausstosses
- Wie können Chemische Speichertechnologien in industrielle Produktionsprozesse integriert werden?

## Methodik

- Analyse von Energiedaten verschiedener Industriebetriebe
- Definition von Szenarien zur Dimensionierung der chemischen Speicher
- Prozesssimulationen verschiedener Speichertechnologien und ihrer Integration in Produktionsprozesse

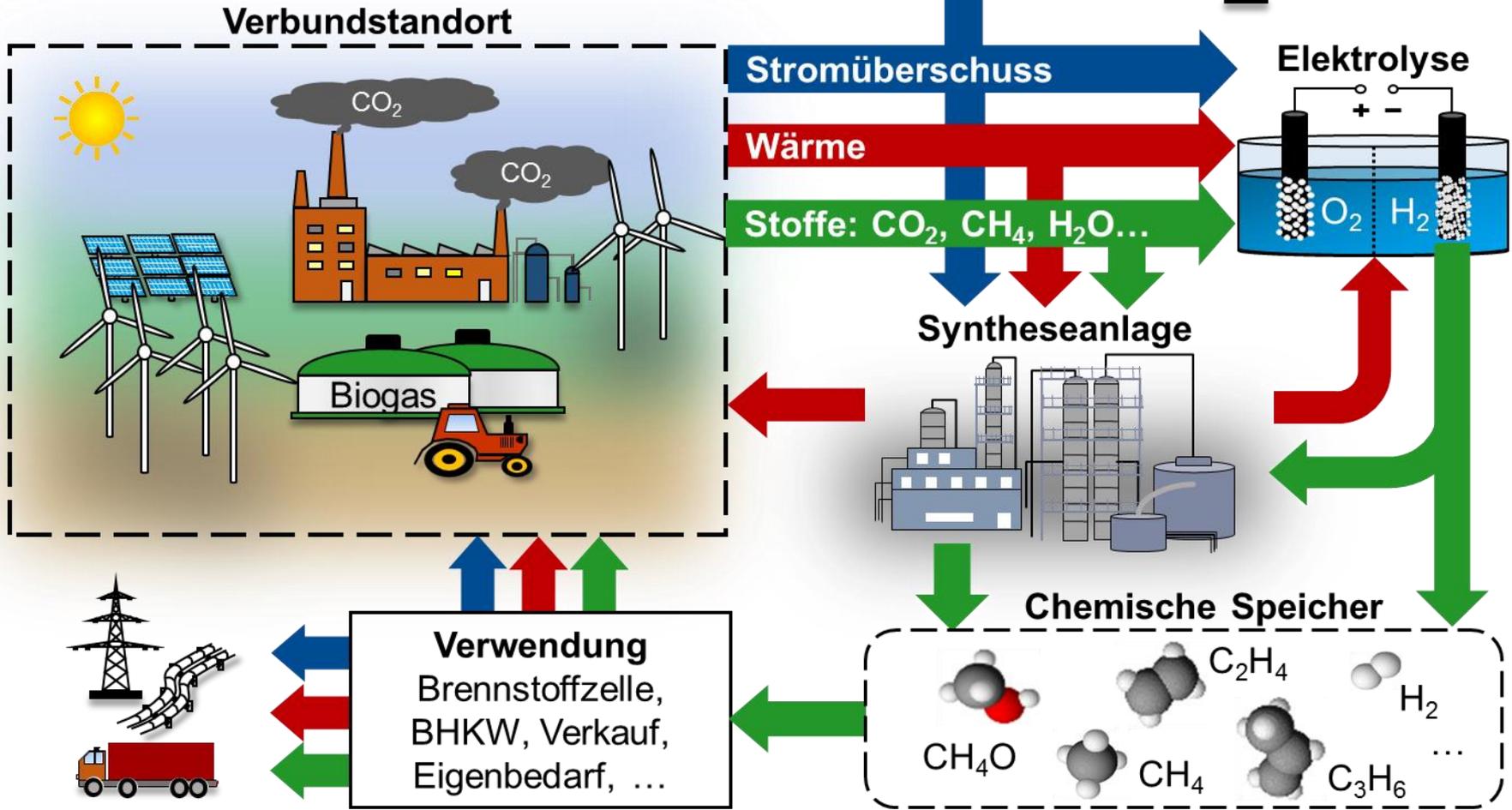
## Ziele

- Technische Machbarkeit und ökologische Auswirkungen
- Ökonomisches Potenzial und Rechtsrahmen
- Empfehlungen für die Mineralstoff-, Chemie- und Stahlindustrie

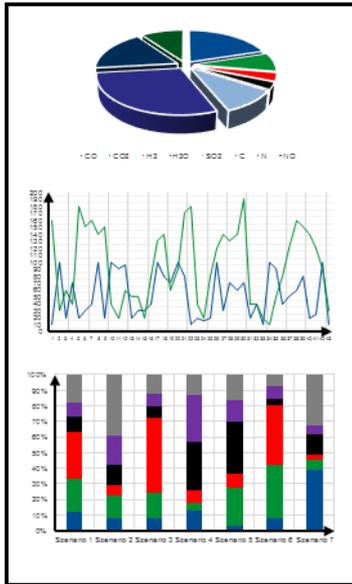


# Motivation: Power-to-X im Verbund

„Im Verbund werden Produktionsanlagen, Energiefluss, Logistik und Infrastruktur intelligent miteinander vernetzt“ - BASF

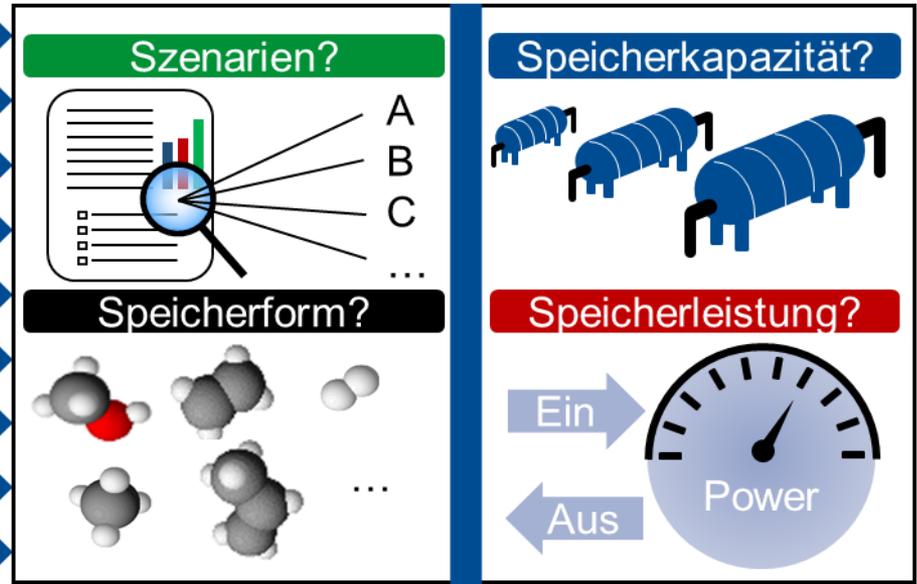


## Datenerhebung



- ✓ Stromlastprofile
- ✓ Wärmebilanz
- ✓ Brennstoffmix
- ✓ Abgasemissionen
- ✓ Erlöse / Kosten
- ...

## Anforderungsprofile chemischer Speicher



## Techno-ökonomische Bewertung

- Technische Durchführbarkeit
- Wirtschaftliches Potenzial
- Ökologischer Einfluss
- Empfehlungen

← Fließbilder

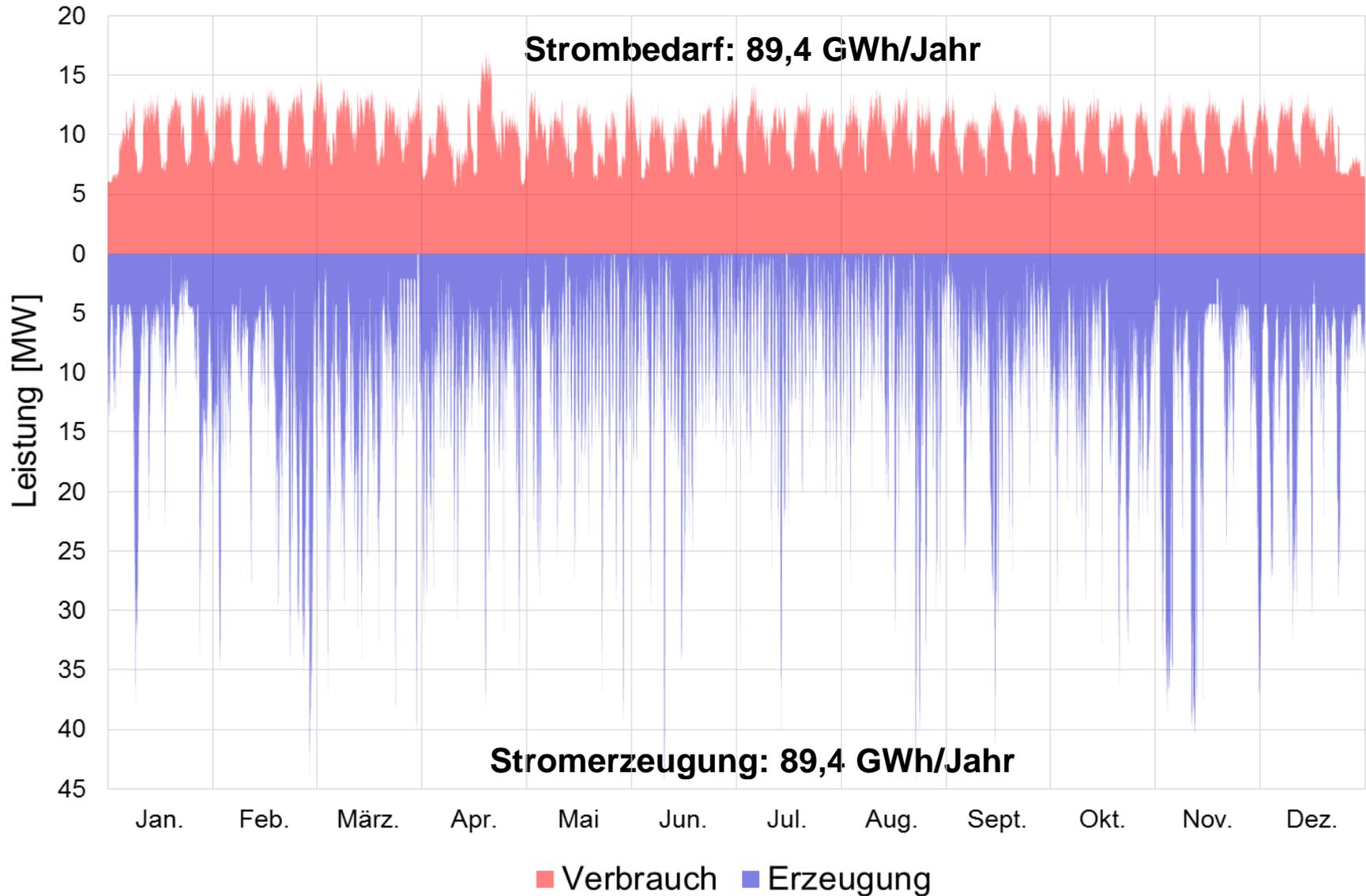
← Kennzahlen



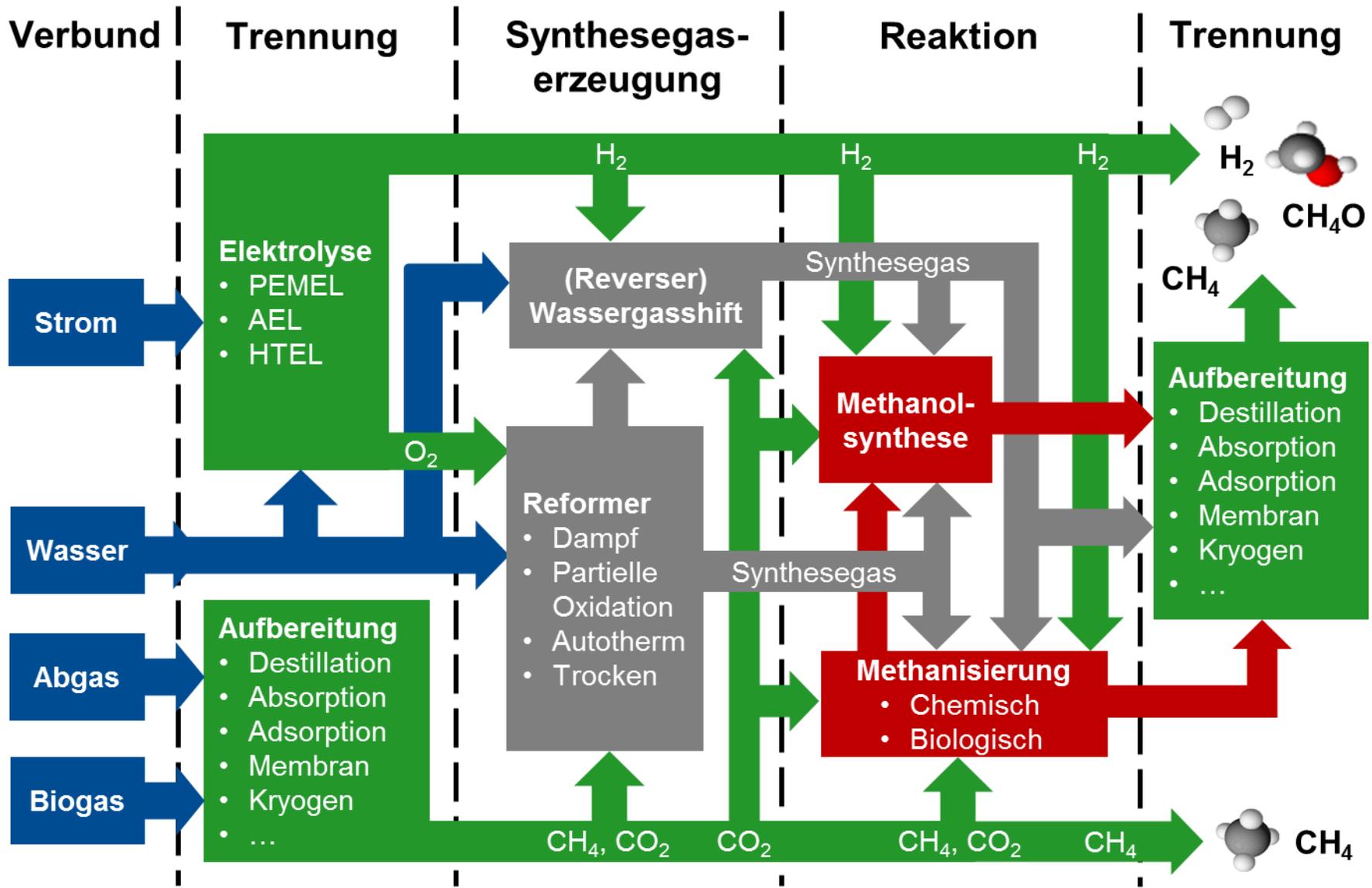
Aspen Plus®

- Prozessanalyse
- Optimierung
- Wärmeintegration

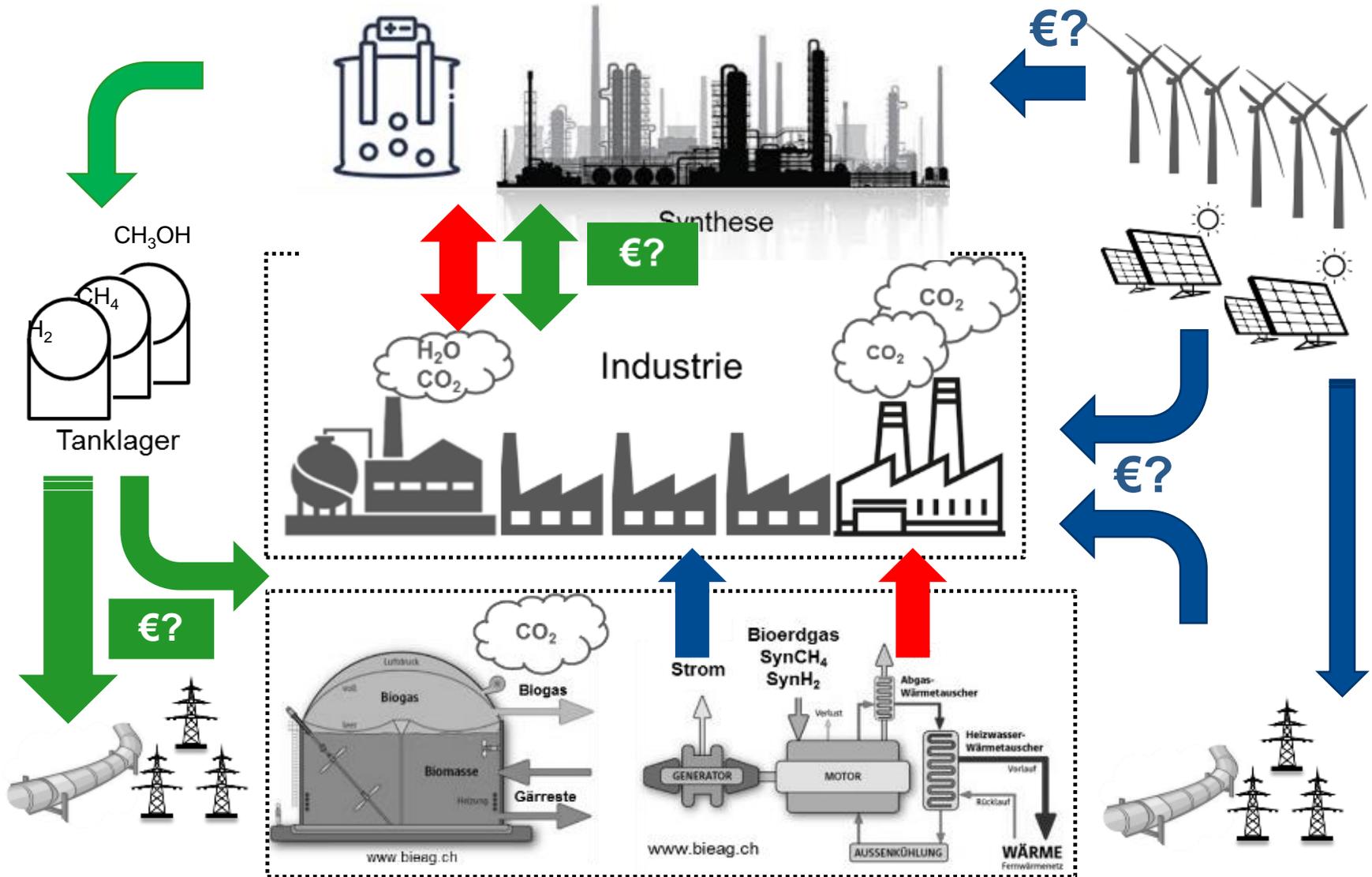
# Stromlastprofile Verbund



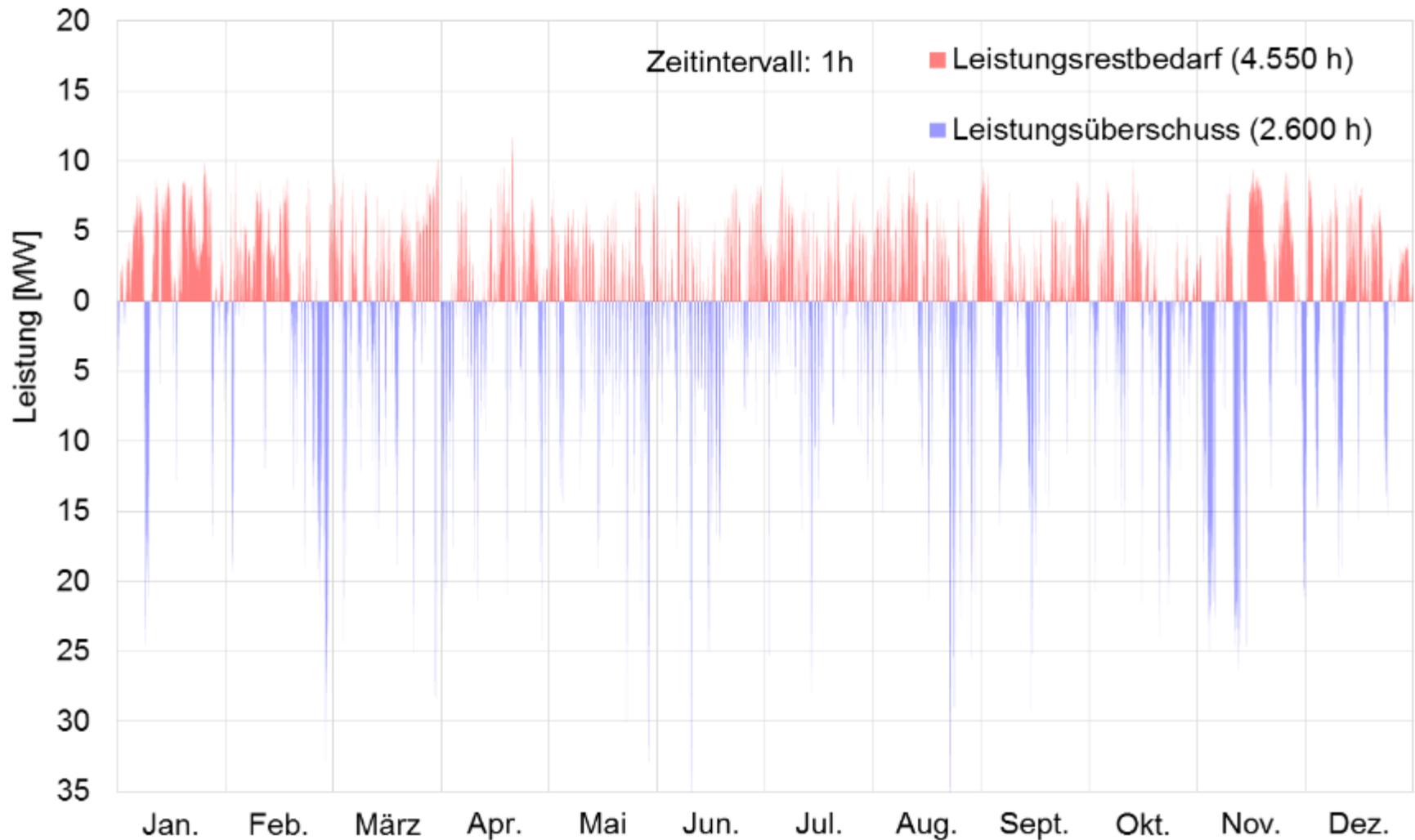
# Technologieübersicht



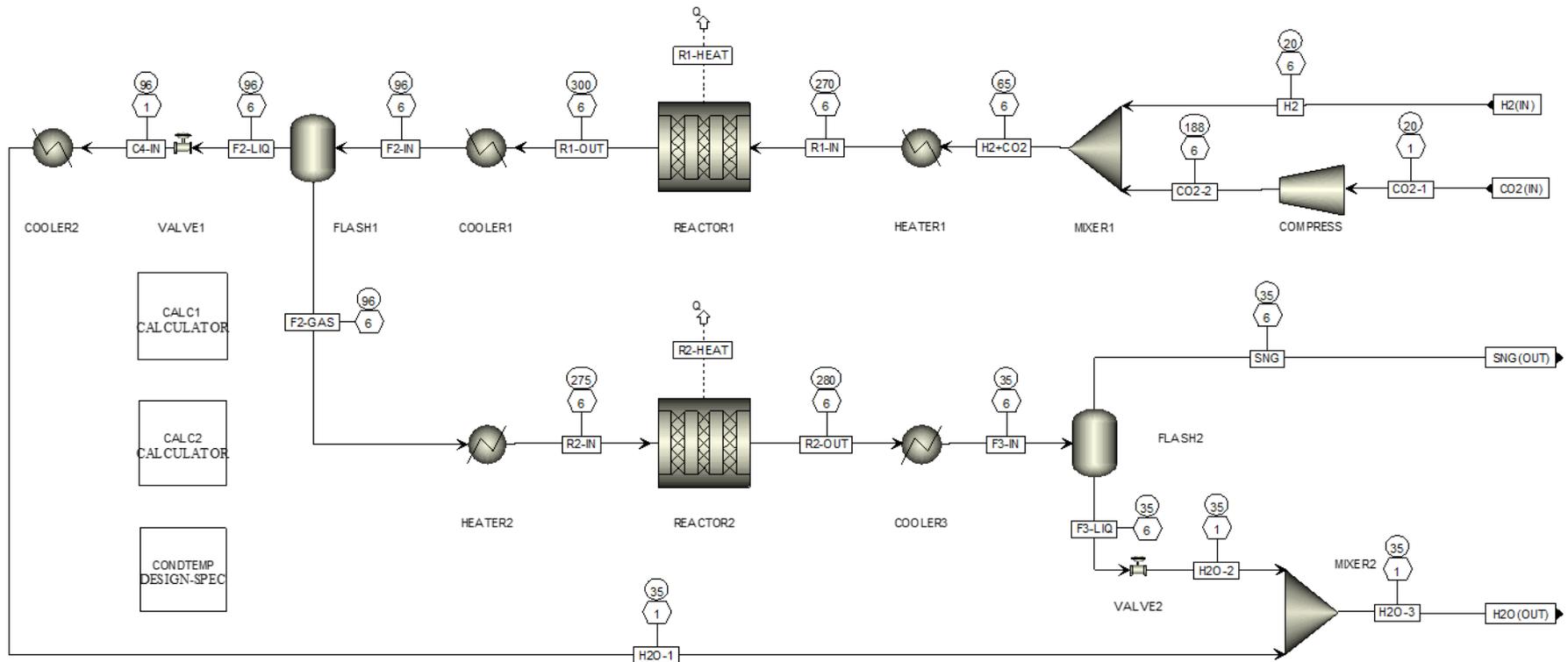
# Szenariientwicklung



# Residuallast Verbund



# Methanisierung: ETOGAS - Prozess



## SNG

$x_{\text{CH}_4}$ : 95,6%  
 $x_{\text{CO}_2}$ : 1,70%  
 $x_{\text{H}_2}$ : 1,70%  
 $x_{\text{H}_2\text{O}}$ : 1,00%

## Wärmeerzeugung

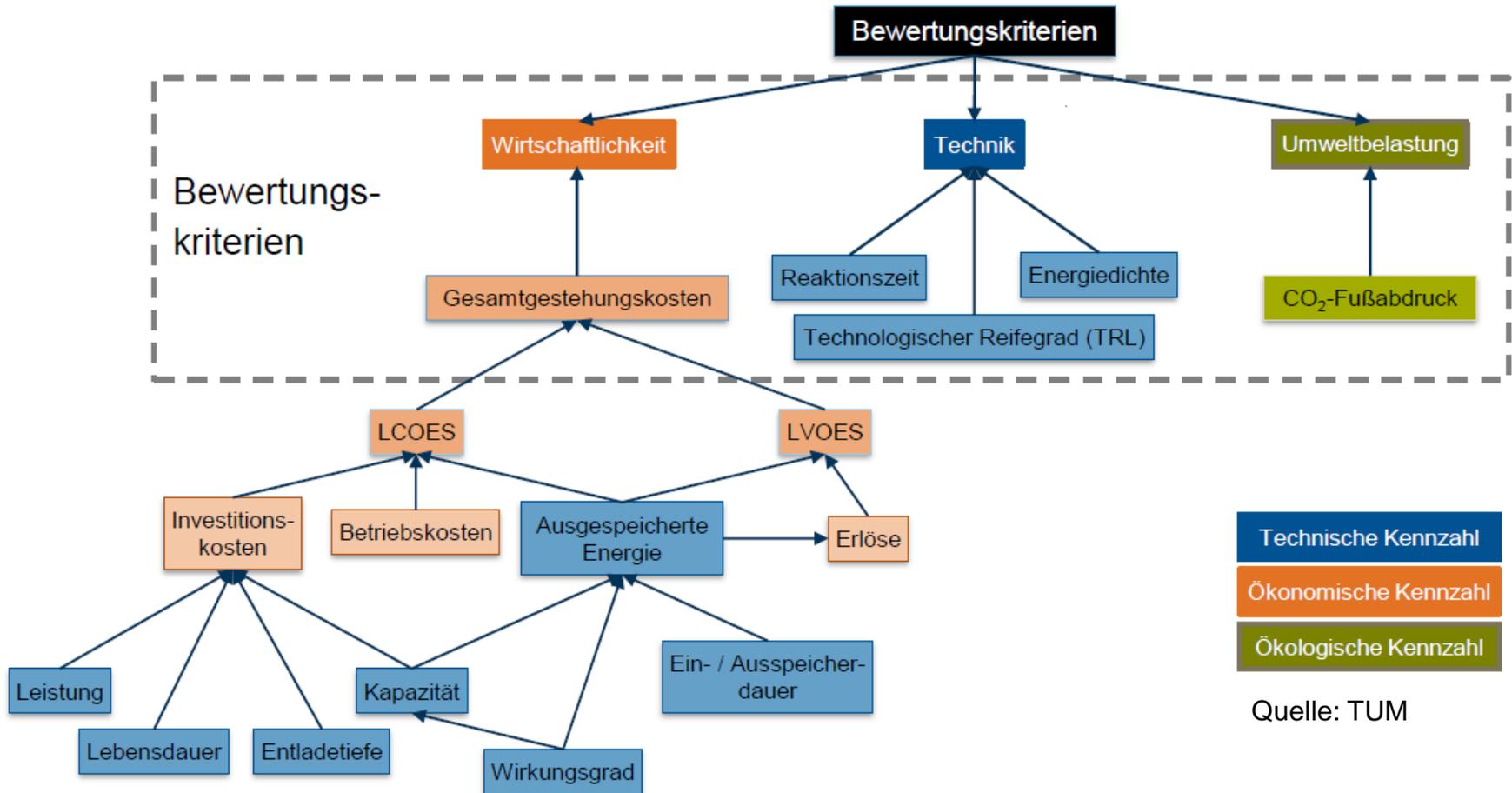
7,38 MJ/Nm<sup>3</sup><sub>SNG</sub>

## Verdichter

0,082 kWh//Nm<sup>3</sup><sub>SNG</sub>

Solar Fuel GmbH (2011): Hocheffizientes Verfahren zur katalytischen Methanisierung von Kohlendioxid und Wasserstoff enthaltenden Gasgemischen. Veröffentlichungsnr: DE102009059310A1.

Neubert, Michael; Widzgowski, Jonas; Rönsch, Stefan; Treiber, Peter; Dillig, Marius; Karl, Jörgen (2017): Simulation-Based Evaluation of a Two-Stage Small-Scale Methanation Unit for Decentralized Applications. In: Energy & Fuels 31 (2), S. 2076ö2086. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.6b02793



IGF-Vorhaben 19742 N „Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund“, Laufzeit 2018 - 2020

06. Februar 2020

# Insitu-Analytik bei der katalytische CO<sub>2</sub>-Reduktion

M. Vogt

An-Institut der

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN



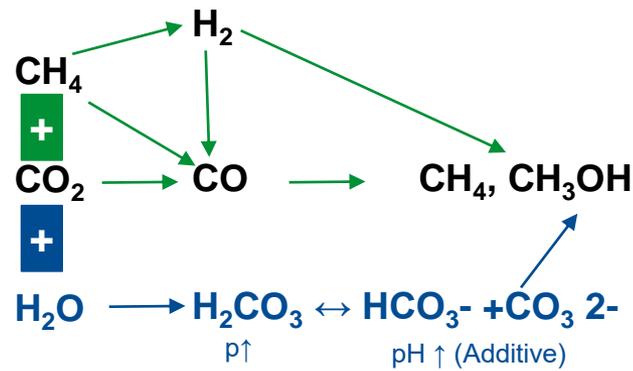
JRF  
MITGLIED Johannes-Rau-  
DER Forschungsgemeinschaft



Af Mitglied

## Ziele

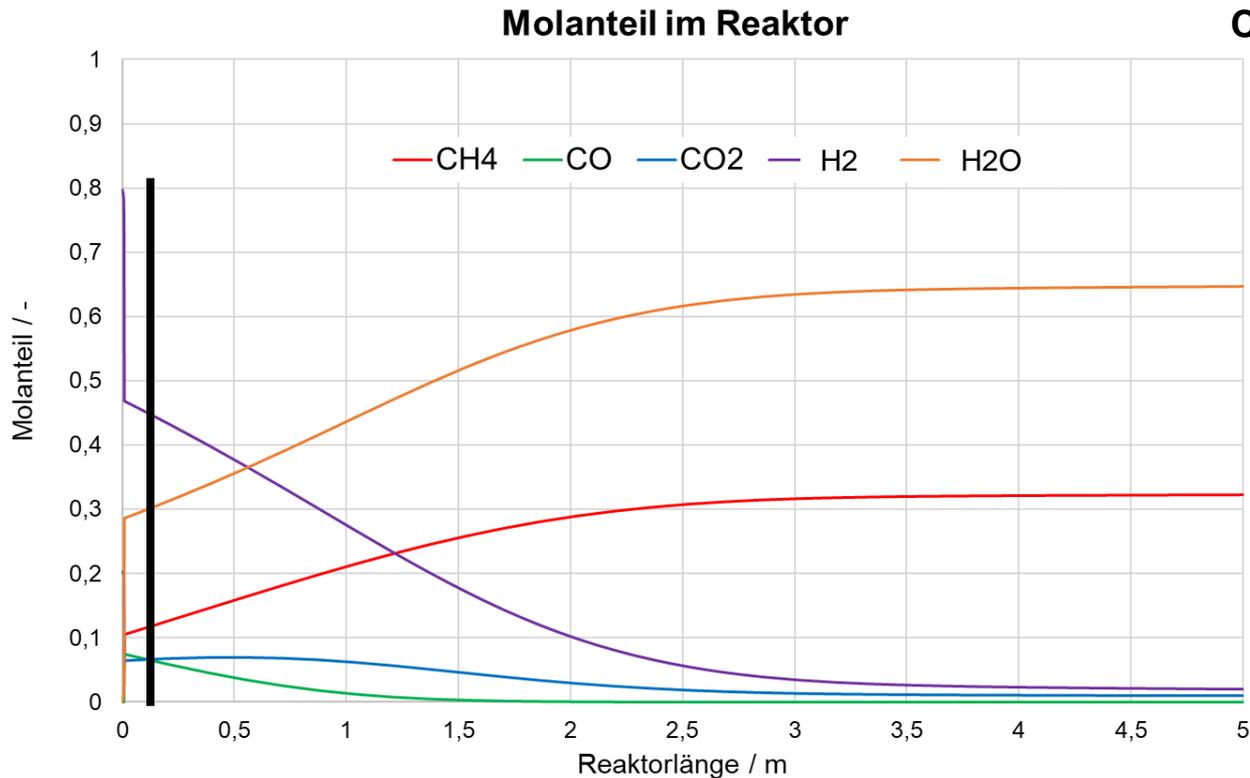
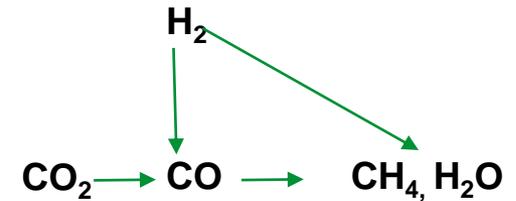
- Reaktionsmechanismen bei CO<sub>2</sub>-Reduktion aufklären
  - Optimierungspotenzial hinsichtlich Prozessbedingungen heben
  - Integration von Synthesen in Biogaserzeugung bzw. –reinigung
- Kann die Raman-Spektroskopie zur in situ - Verfolgung der Reaktionen genutzt werden?



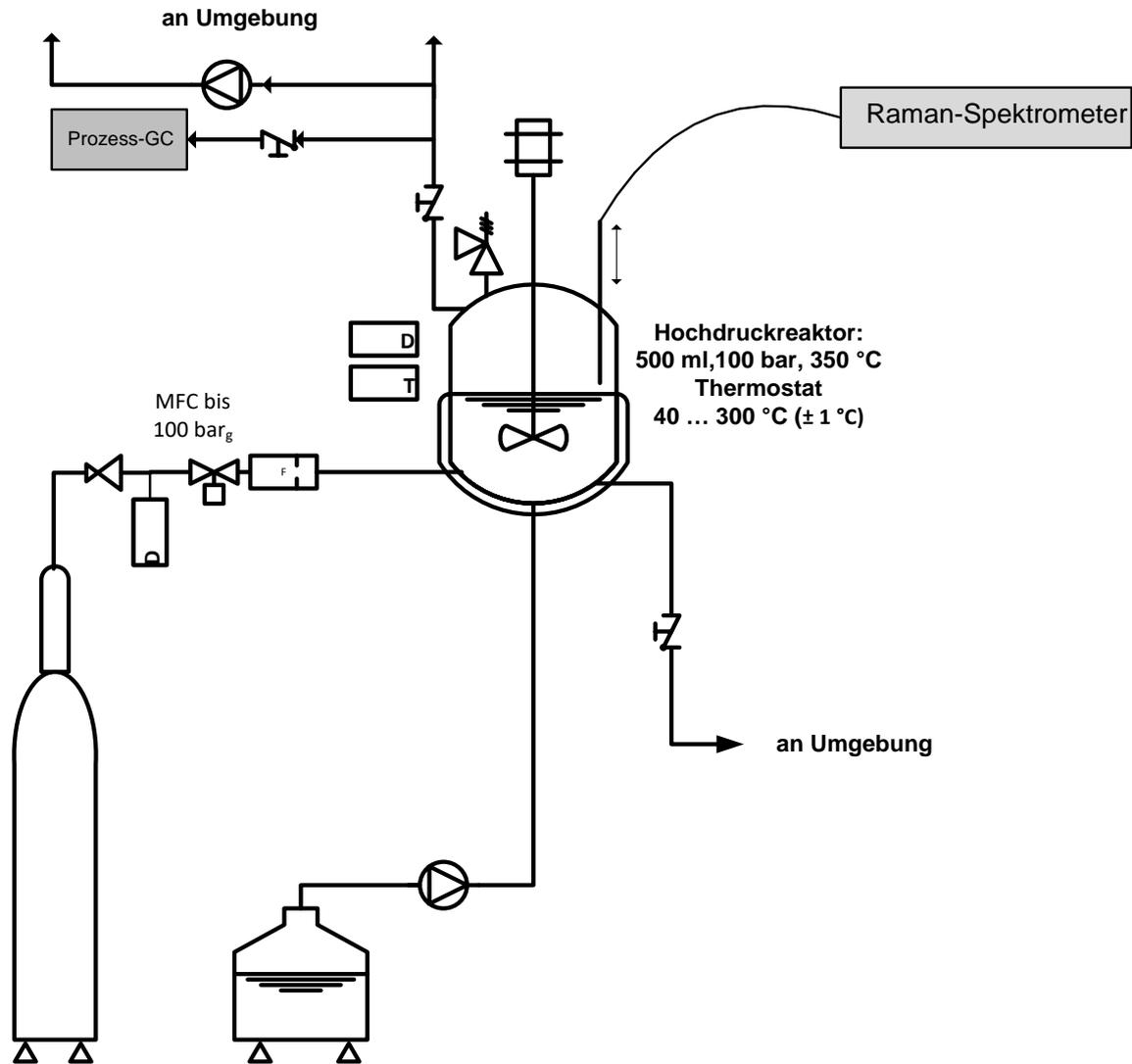
## Methodik

- Prozesssimulationen zur Gleichgewichtszusammensetzung (Gas- und Flüssigphase)
- Spektrenaufzeichnung in Druckreaktor
- Korrektur der Raman-Spektren (Druck, Temperatur und Zusammensetzung)
- Kalibration, Validierung und Anwendungstest

## Methanisierung @ 1 MPa und 300 °C



- Monitoring der Edukt- und Produktkonzentration
- Messung unter Reaktionsbedingungen



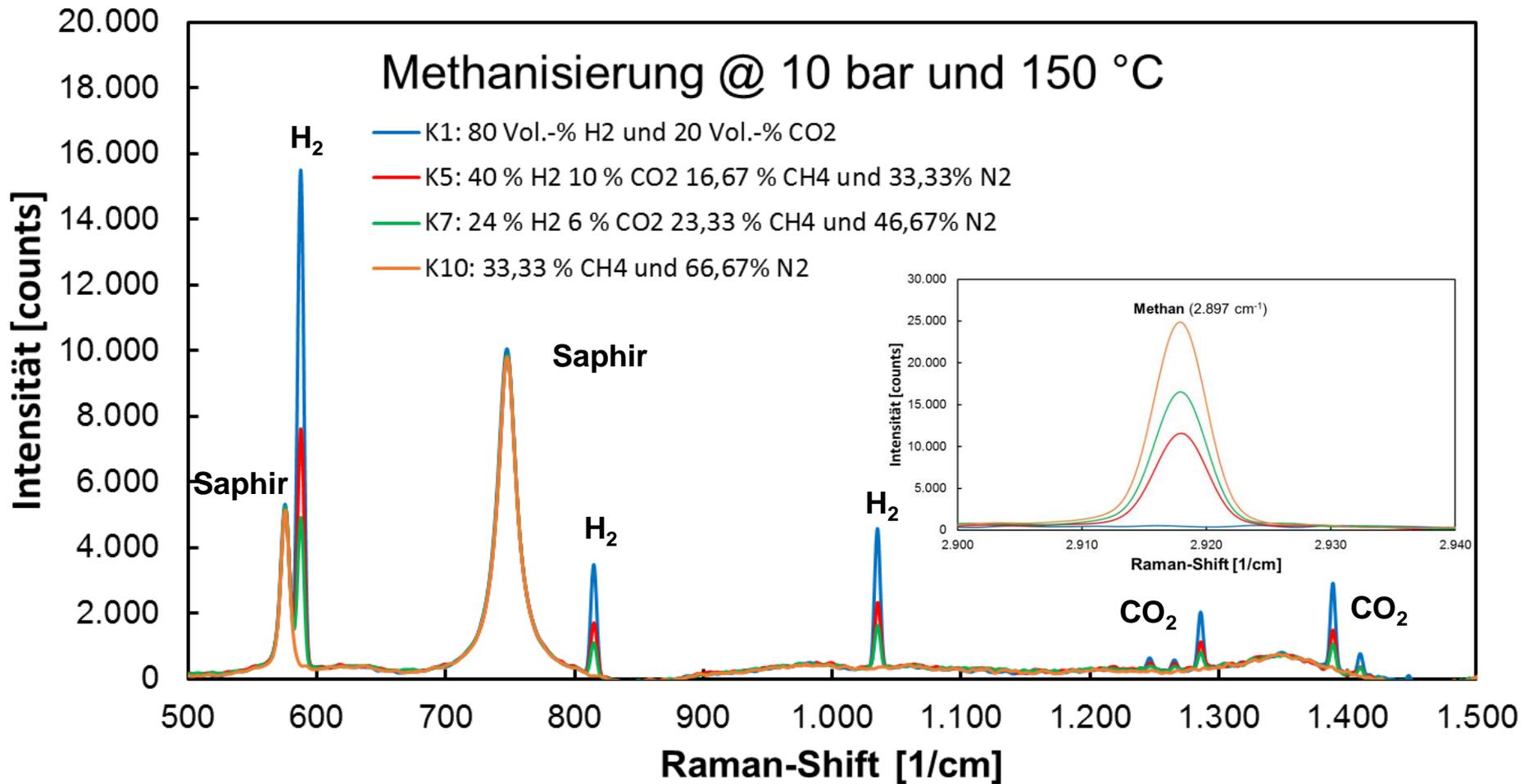
Raman-Spektrometer	GC-WLD
Diodenlaser 785 nm	Kompakt-GC
10 – 400 mW	3 WLD
Immersionssonden	direkter Anschluss an Reaktor
bis 200 bar	bis 20 bar
bis 400 °C	bis 150 °C



(Bild: RXN4 Kaiser Optical Systems)



(Bild: Axel Semrau)

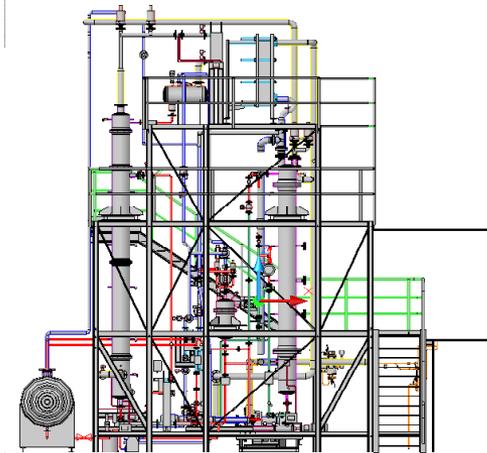


Inno-KOM 49VF170028 „Entwicklung einer auf Raman-Spektroskopie beruhenden in situ Analyse von Gas- und Flüssigphase bei der katalytischen und photokatalytischen Reduktion von CO<sub>2</sub> zur Synthese von Kohlenwasserstoffen“; Laufzeit: 2018 - 2020

06. Februar 2020

# CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus industriellen Abgasen

R. Goldschmidt, A. Berry, M. Vogt, S. Meschede, S. Haep



Absorber	Sulzer MellapakPlus 252.Y 50 m <sup>2</sup> Austauschfläche 0 bis 25 bar <sub>ü</sub> T <sub>Zulauf</sub> regelbar: 20 bis 70 °C
Gase	CO <sub>2</sub> (Tank) sowie O <sub>2</sub> in N <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , ... Druckgasflaschen / Gasmischstation maximal 500 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h
Waschmittel-Massenstrom	maximal 2.000 kg/h
Desorption	Sulzer MellapakPlus 752.Y 0,1-3 bar <sub>ü</sub> Kopftemperatur und Dampfmenge regelbar Wärmezufuhr über Thermoölanlage
Gasanalyse	vor und nach Absorber über Multigasanalytoren
Waschmittel-analytik	Raman-Sonden vor und nach Absorber Probenahme aus Ab- und Desorbersumpf Titration, CO <sub>2</sub> -Austreibversuch, ...

## Motivation

- Alternative zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung mit flüssigen Aminwäschen
- Verfügbarkeit aminfunktionalisierter Adsorbentien

## • Status

- Demonstration des neuen Verfahrens im Zementwerk in 2015/16
- Versuche unter realen Betriebsbedingungen (Zementwerks-Abgas)

## Durchgeführte Arbeiten

- Entwickl. & Erprobung neuer & kommerziell erhältlicher Adsorbentien
- Konstruktion und Bau der zyklisch betriebenen PTSA Festbettanlage
- Untersuchungen bzgl. erzielbarer Arbeitsbeladung, Selektivität, Ad-/Desorptionsbedingungen, Feuchtigkeitseinfluss, Degradation, etc.
- Stabiler Versuchsbetrieb mit annähernd 10-minütigen Taktzeiten
- Mehrmonatiger Versuchsbetrieb mit > 1000 Ad-/Desorptionszyklen

Typ	Verbundprojekt (Demonstrationsanlage)
Partner	  
Förderung	National: 0,7 Mill EUR  ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG
Projektlaufzeit	12.2013 - 02.2016
TRL	Technologiereifegrad Technology Readiness Level - TRL 6 - 7



## Motivation

- Entwicklung einer CCS-Alternative mit gesellschaftl. Akzeptanz
- Umwandlung von anthropogenem CO<sub>2</sub> zu Hydrogencarbonat  
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$
- Verwendung des mineralisierten Wassers als natürlicher Puffer

## Status

- Erste Demonstration in einer Kläranlage 2012
- Folgeprojekt am Kohlekraftwerk Wilhelmshaven bis 2018
- Versuche mit Rauchgas, Meerwasser und Kreidesuspension

## Durchgeführte Arbeiten

- Optimierung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit einem Kaskadenwäscher
- Nachweis ökologischer Unbedenklichkeit der Einleitung ins Meer
- Modellierung der biologischen und ökologischen Auswirkungen
- Quantifizierung des Verfahrens unter wirtschaftlichen Kriterien

Typ	Verbundprojekt (Demonstrationsanlage)
Partner	  
Förderung	National: 1,2 Mill EUR  ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG
Projektlaufzeit	1. Periode: 05.2010 - 09.2012 2. Periode: 01.2015 - 05.2018
TRL	Technologiereifegrad Technology Readiness Level - TRL 7



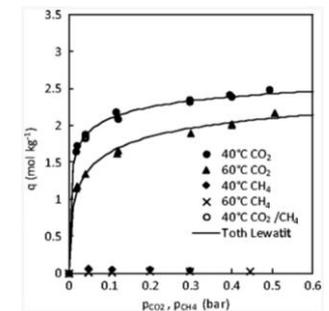
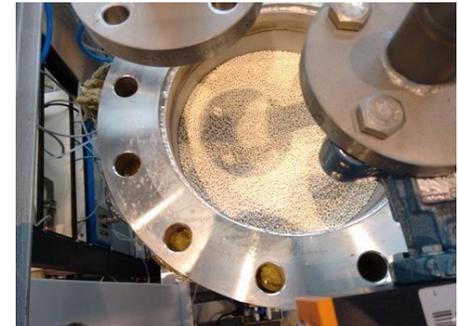
## Motivation

- CO<sub>2</sub>-Feinreinigung als Vorstufe zur Erzeugung von Liquefied Biogas
- Energieeffizientes Verfahren mit aminfunktionalisierten Adsorbentien
- Hohe CO<sub>2</sub> / CH<sub>4</sub> Selektivität
- Energiespeicherung in Gebieten ohne Erdgasnetz-Zugang
- Bereitstellung von Regelenergie durch Wiederverdampfung
- Ausweitung des Biogaseinsatzes auf Mobilitätssektor

## Status

- Einreichung des Antrags im Oktober 2019
- Gesucht: Interessierte Unternehmen zur Teilnahme am projektbegleitenden Ausschuss des Vorhabens!

Typ	Demonstrationsanlage
Partner	
Förderung	National: ca. 250 TEUR 
Projektlaufzeit	ab 2020
TRL	Technologiereifegrad Technology Readiness Level - TRL 7



Quelle: E. Sonnleiter et al., Biomass Convers. Biorefin 2017

## Motivation

- Power-to-Heat: Überschüssiger Ökostrom zum Laden des Speichers
- Vorteile thermochem. versus sensiblen u. latenten Wärmespeichern
- $MgH_2$  weist hohe volumetrische u. gravimetrische Energiedichten auf
- Hohe Zyklenstabilität des Systems  $Mg/MgH_2$

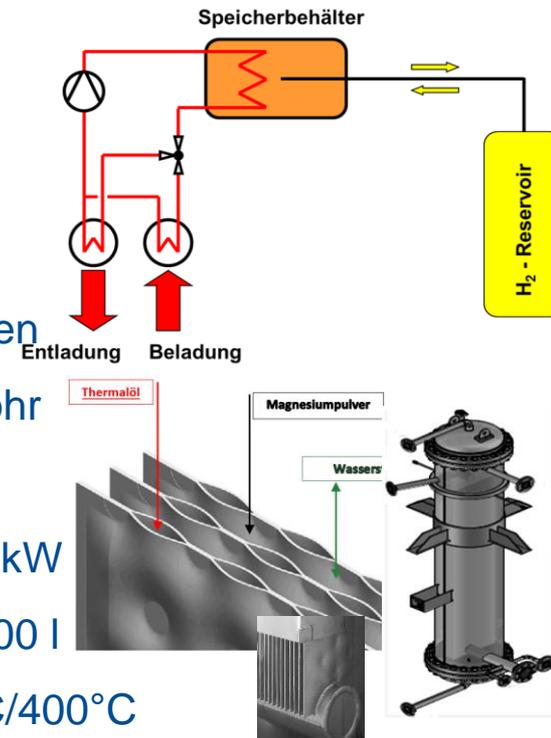
## Status

- Projektstart im Mai 2019
- Kick off Meeting erfolgte im Juli im  $H_2$ -Anwenderzentrum Herten
- Erstes R+I-Schema des Gesamtsystems erstellt
- Untersuchungen bzgl. der effekt. Wärmeleitfähigkeit u. kinet. Studien
- Experimentelle Untersuchungen an einem  $MgH_2$ -Wärmespeicherrohr

## Angestrebte Kenndaten:

- Wärmespeicherkapaz.: 250 kWh, Wärmeübertragungsleistung: 50 kW
- Masse bzw. Volumen des Wärmespeichermaterials: 400 kg bzw. 500 l
- Temperaturdifferenzen: Beladung  $400^\circ C/350^\circ C$  - Entladung:  $350^\circ C/400^\circ C$

Typ	Verbundprojekt (Demonstrationsanlage)
Partner	   
Förderung	NRW + EU: 2,4 Mill. EUR  EFRE.NRW Investitionen in Wachstum und Beschäftigung
Projektlaufzeit	05.2019 - 04.2022
TRL	Technologiereifegrad Technology Readiness Level - TRL 6



---

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**