

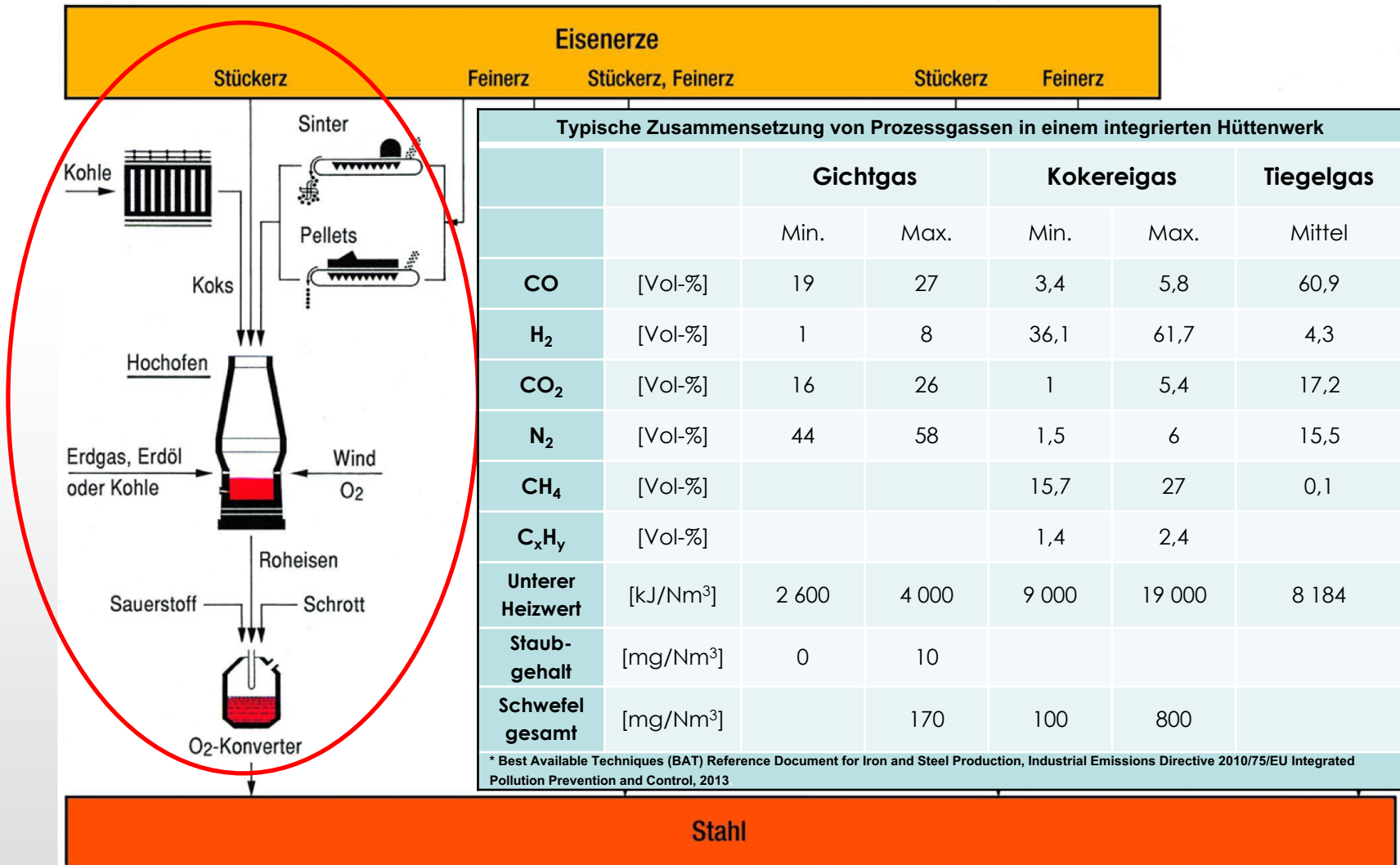
Integration einer Power-to-Gas Anlage in ein integriertes Stahlwerk

Ana Roza Medved

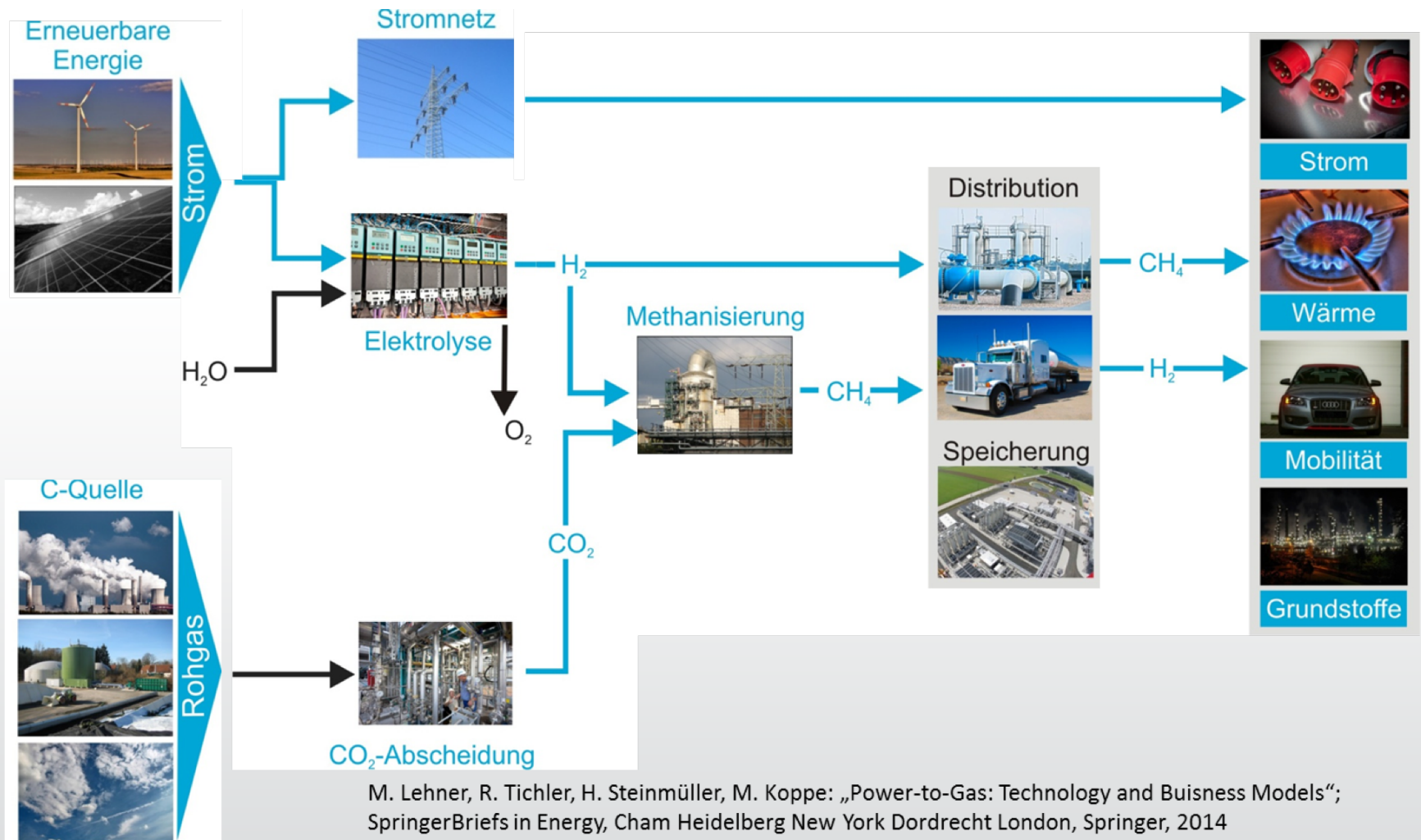
15. Symposium Energieinnovation, 14.-16.2.2018, Graz

1. Stahlerzeugung/integriertes Hüttenwerk
2. Power-to-Gas
3. Projekt: „Renewable Steel Gases“
4. Methanisierung:
 - Simulation möglicher Prozessketten
 - Experimentelle Untersuchung
5. Zusammenfassung und Ausblick

1. Integriertes Hüttenwerk



2. Power-to-Gas



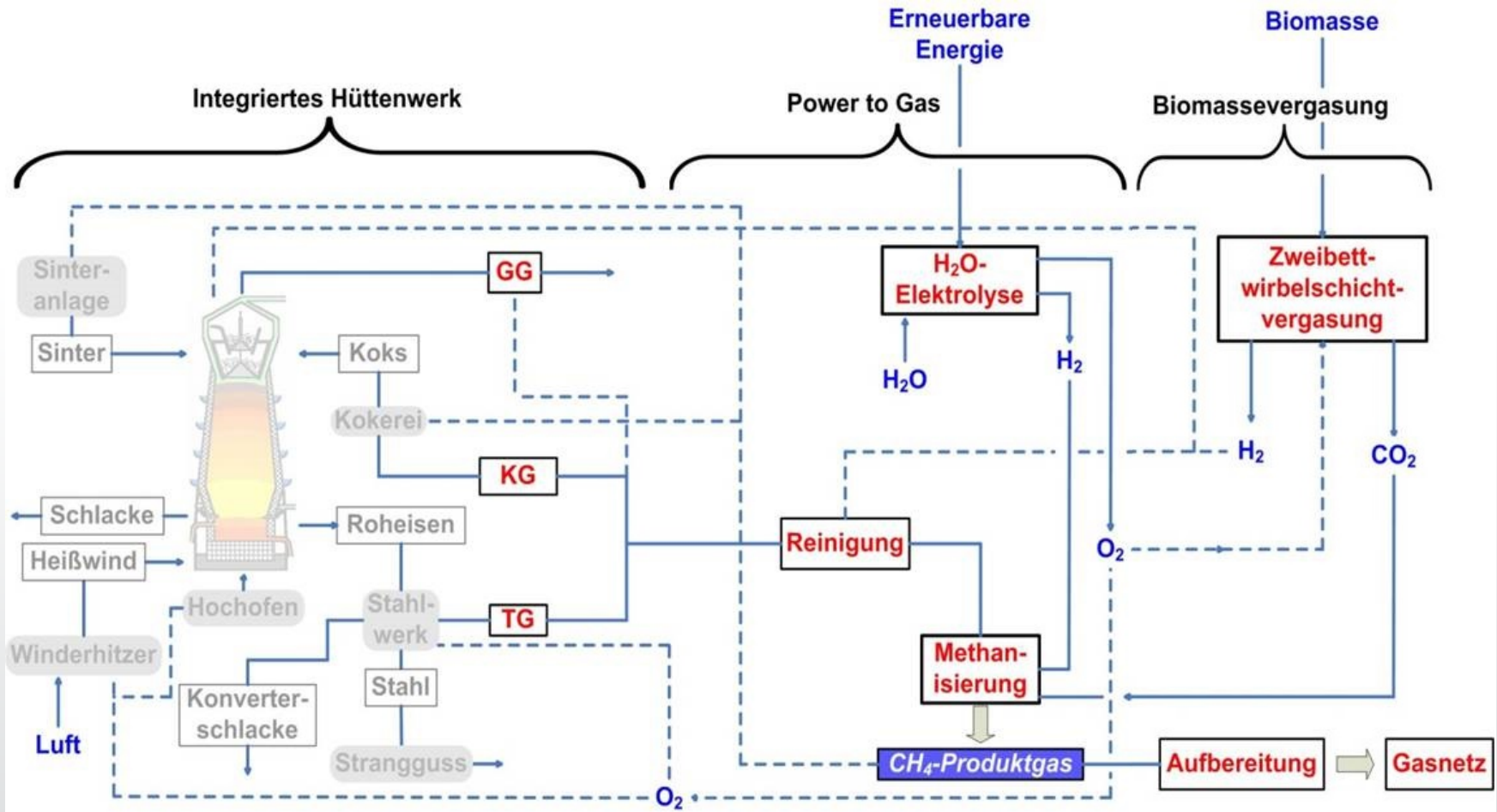
3. Projekt: „Renewable Steel Gases“

- Einbindung erneuerbarer Energie in die Stahlproduktion zur Energieeffizienzsteigerung und Reduktion der CO₂-Emissionen
- Laufzeit: März 2017- Februar 2020
- Projektpartner:



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Energieforschungsprogramms 2016 durchgeführt.

3. Projekt: „Renewable Steel Gases“



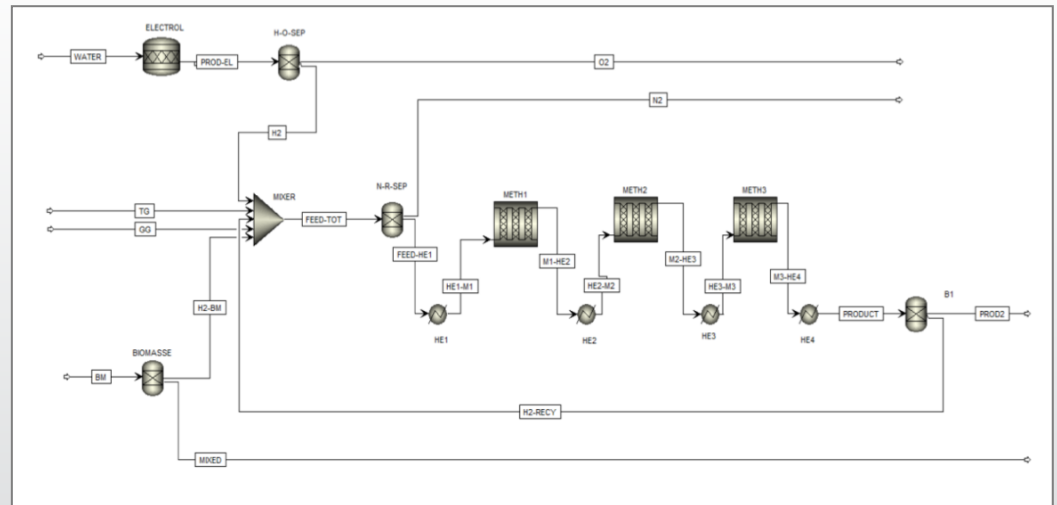
Zielsetzungen:

- Maximale CO₂ Reduktion
- Einbindung Erneuerbare Energien
- Steigerung der Energieeffizienz

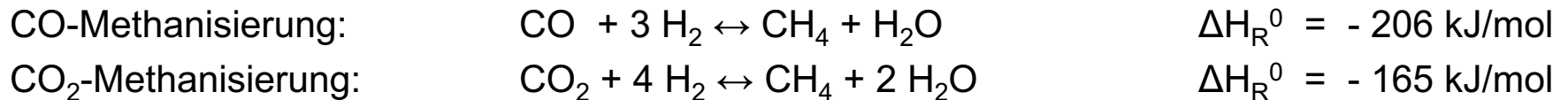
Experimentelle Untersuchung



Simulation möglicher Prozessketten



- **Sabatier-Prozess**



- **Wassergas-Shift-Reaktion**



- **Exotherme Reaktionen**

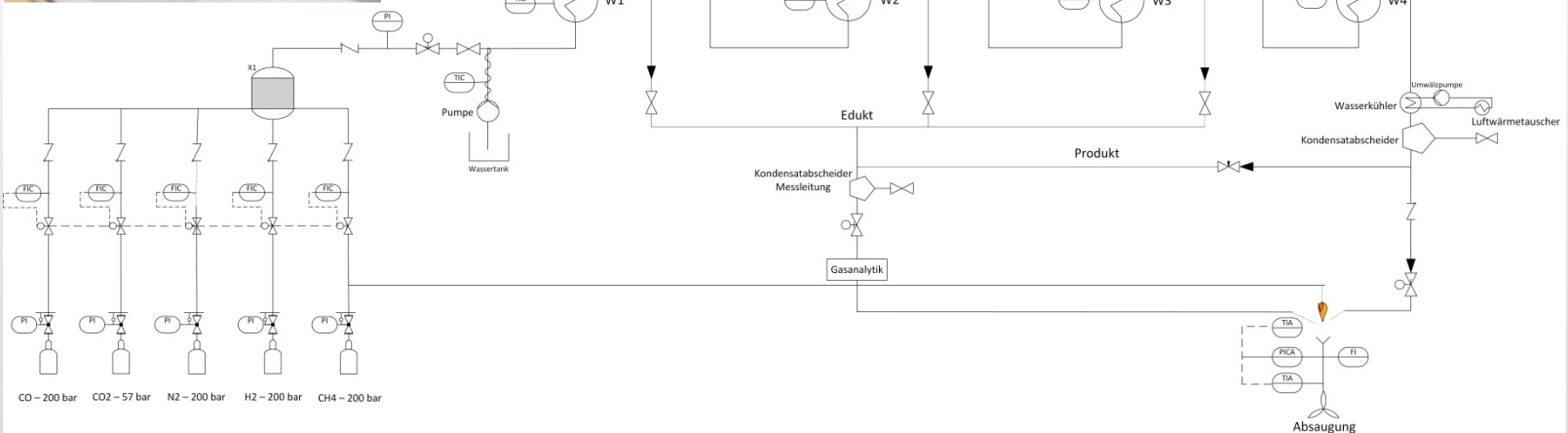
- **Katalysator:**

Ni, Ru, Fe, Co, Rh

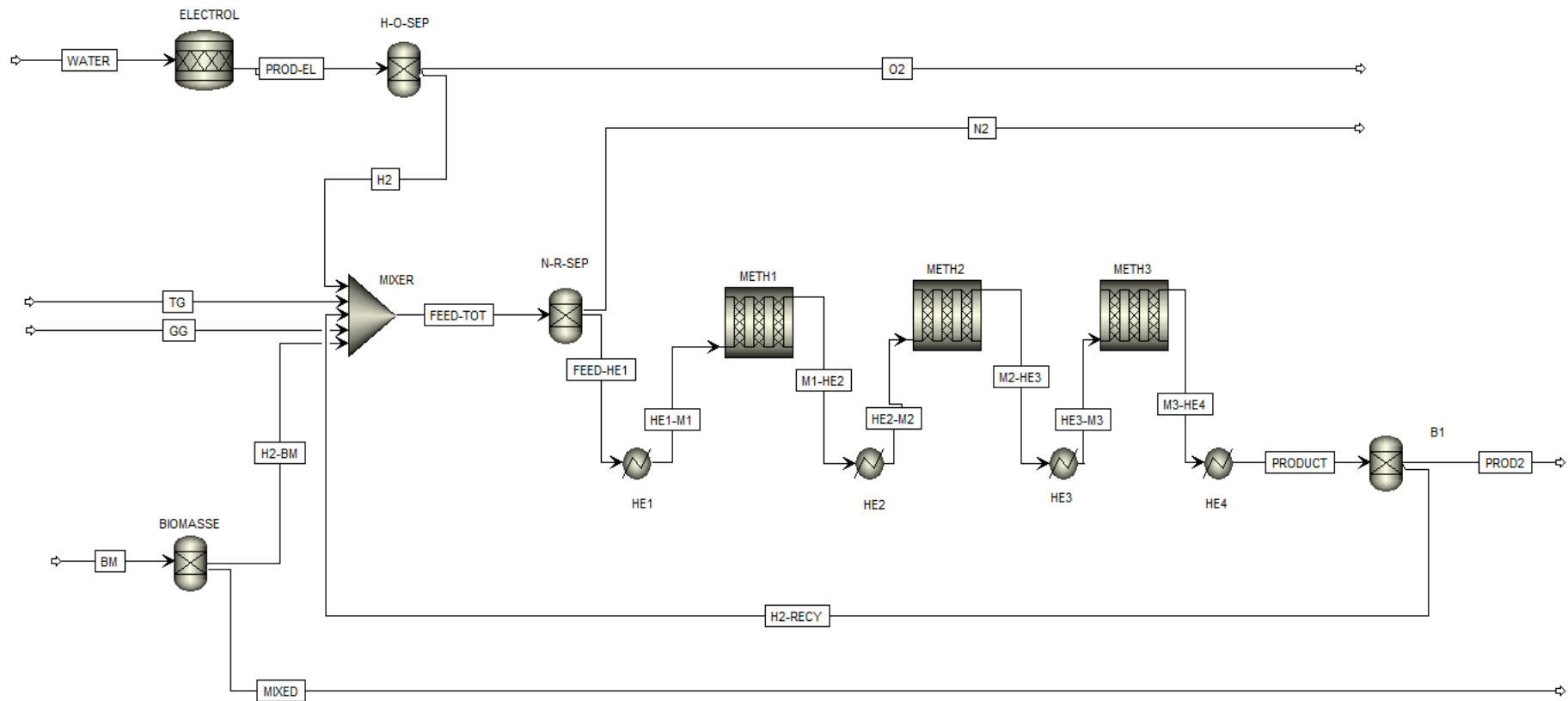
4. Methanisierung/Laboranlage



- 3 Festbettreaktoren in Serie
- Durchflüsse bis 50 NL/min
- $p = 1 - 20 \text{ bar(a)}$
- $T \text{ bis } 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$



4. Simulation mit Aspen Plus



4. Simulation mit Aspen Plus

Kinetikmodell nach Kopyscinski et al. / Er-rbib and Bouallou :

Gültigkeit: T = 200 °C - 400 °C

$$r_{Meth}[kmol/kg_{Katalysator}] = \frac{k_1 \cdot 10^{-3} \cdot K_1 \cdot p_{CO}^{0.5} \cdot p_{H_2}^{0.5}}{\left(K_1 \cdot p_{CO} + K_2 \cdot p_{H_2O} \cdot p_{H_2}^{-0.5} + 1\right)^2}$$

$$r_{WGS}[kmol/kg_{Katalysator}] = \frac{k_2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(K_3 \cdot p_{CO} \cdot p_{H_2O} \cdot p_{H_2}^{-0.5} - K_4 \cdot p_{CO_2} \cdot p_{H_2}^{0.5}\right)}{\left(K_1 \cdot p_{CO} + K_2 \cdot p_{H_2O} \cdot p_{H_2}^{-0.5} + 1\right)^2}$$

- Kopyscinski, Jan: Production of synthetic natural gas in a fluidized bed reactor, E.T.H., Zürich, Dissertation, 2010.
- Hanaâ Er-rbib and Chakib Bouallou: Modeling and simulation of CO methanation process for renewable electricity storage. Energy, 75:81–88, 2014.

4. Simulationsergebnisse

GICHTGAS		GHSV [1/h]				
		2000	3000	4000	5000	6000
GG	Nm ³ /h	1,12	1,67	2,23	2,79	3,35
N ₂	Nm ³ /h	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62
O ₂ elektrolyse	Nm ³ /h	0,78	1,17	1,56	1,95	2,35
H ₂ input	Nm ³ /h	1,44	2,16	2,88	3,6	4,32
Produkt						
CH ₄	Nm ³ /h	0,43	0,65	0,87	1,09	1,31
	vol-% trocken	75,4	74,7	75,0	75,2	75,3
H ₂ recycle	Nm ³ /h	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43
CO ₂	Nm ³ /h	0	0	0	0	0
CO	Nm ³ /h	0	0	0	0	0
H ₂ O	Nm ³ /h	0,48	0,71	0,95	1,19	1,43

- p= 10 bar
- T= 350 °C
- H₂-Überschuss
- Ohne N₂ in Methanisierung

→ 74,7 - 75,4 vol-% CH₄

$$GHSV \left[\frac{1}{h} \right] = \frac{\dot{V}_{Gas} \left[\frac{Nm^3}{h} \right]}{V_{Katalysator} [m^3]}$$

TIEGELGAS		GHSV [1/h]				
		2000	3000	4000	5000	6000
TG	Nm ³ /h	0,81	1,21	1,61	2,02	2,42
N ₂	Nm ³ /h	0,22	0,33	0,45	0,56	0,67
O ₂ elektrolyse	Nm ³ /h	0,9	1,35	1,81	2,26	2,71
H ₂ input	Nm ³ /h	1,66	2,48	3,33	4,16	4,99
Produkt						
CH ₄	Nm ³ /h	0,52	0,78	1,03	1,29	1,55
	vol-% trocken	76,5	76,5	75,7	75,9	76,0
H ₂ recycle	Nm ³ /h	0,16	0,24	0,33	0,41	0,49
CO ₂	Nm ³ /h	0	0	0	0	0
CO	Nm ³ /h	0	0	0	0	0
H ₂ O	Nm ³ /h	0,49	0,74	0,99	1,23	1,48

→ 75,7 – 76,5 vol-% CH₄

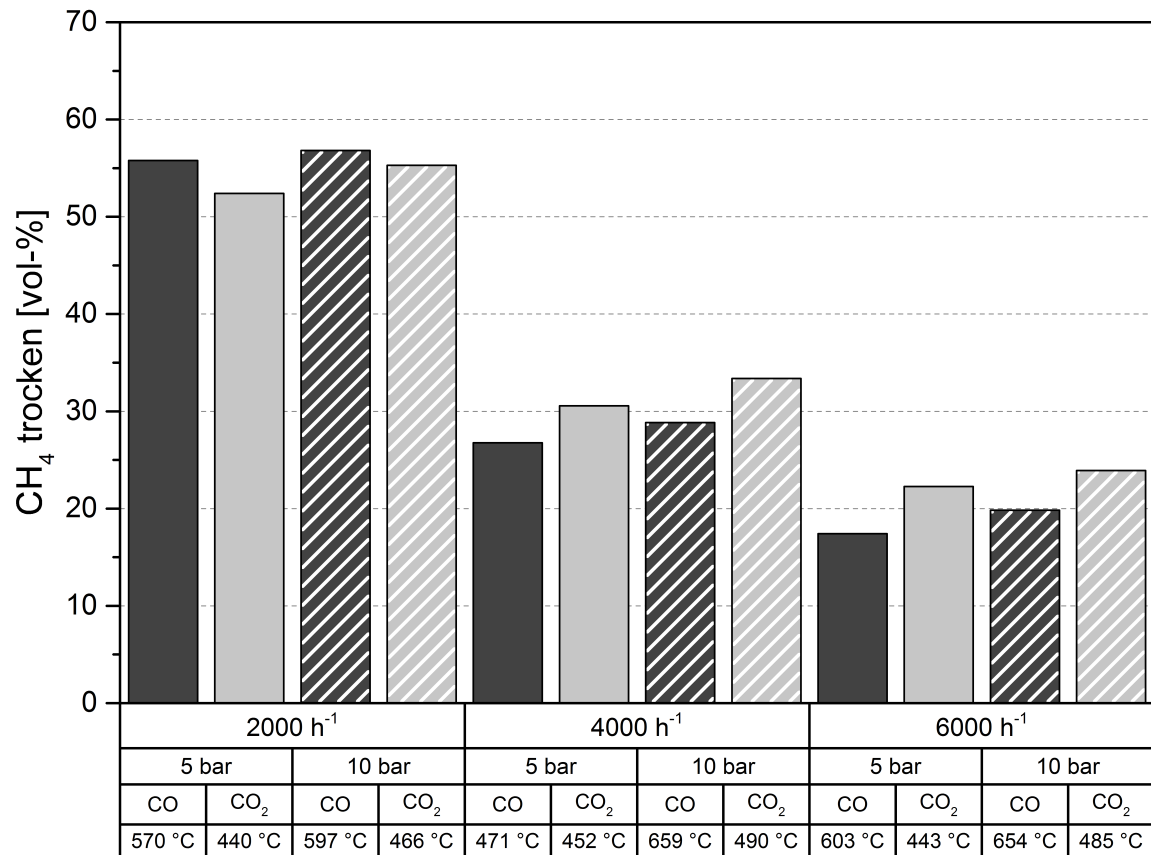
Versuchsreihen:

- Erste Versuche nur mit CO und CO₂
 - Einfluss der Wasserdampfdosierung
-
- 1 stufig
 - GHSV = 2000, 4000, 6000 1/h
 - Druck= 5 und 10 bar
 - Kommerzieller Nickelkatalysator in Schüttung
 - 10 % H₂-Überschuss
 - Konstante Eintrittstemperatur



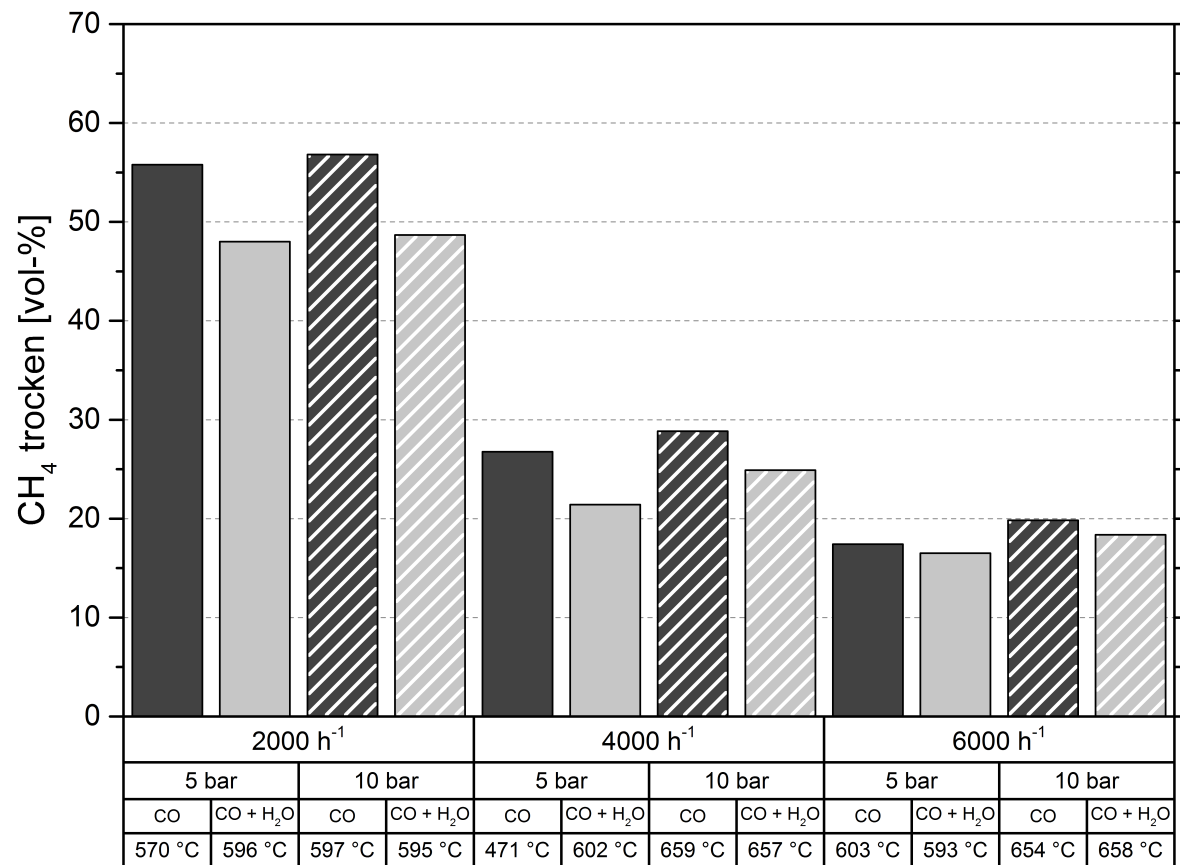
4. Experimentelle Untersuchung

- Vergleich zwischen CO und CO₂ Methanisierung



4. Experimentelle Untersuchung

- Einfluss der Wasserdampf dosierung mit dem CO und CO + 10 % H₂O_(g) verglichen
- Boudouard-Reaktion: $2 \text{CO}_{(g)} \leftrightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)}$ $\Delta H_R^0 = + 172,5 \text{ kJ/mol}$



- Zusammenfassung:
 - Erste Simulations- und Versuchsergebnisse dienen als Grundlage für weitere experimentelle Untersuchung des Kuppelgases.
 - Starke Abhängigkeit von GHSV und Druck bei den CO und CO₂ Versuchen in Hinblick des erreichbaren CH₄-Gehalts.
- Ausblick:
 - Vergleich zwischen Simulationsergebnissen und Laborversuchen mit synthetischem Gichtgas und Tiegelgas.

Kontakt:

Ana Roza Medved, univ. dipl. inž. kem. Inž



Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes
Departement Energie- und Umweltverfahrenstechnik Montanuniversität Leoben

Mail: ana.medved@unileoben.ac.at

Tel: +43 (0) 6842 402 5007