Institut für
Technische Thermodynamik

Reaktorkonzept zur Untersuchung der reversen Wassergas-Shift Reaktion (rWGS) bei Hochtemperatur und erhöhtem Druck

Sandra Adelung, Fabian Klein, Torsten Ascher, Ralph-Uwe Dietrich
sandra.adelung@dlr.de

Motivation

- Ermittlung der techno-ökonomisch optimalen Betriebsbedingungen der rWGS im Power-to-Liquid (PtL) Gesamtprozess (Abbildung 1)
- Betriebsfenster rWGS in PtL: 700-900 °C & 1-25 bar (Abbildung 2)
- Experimentelle Ermittlung der Katalysatorperformance erforderlich für:
  - Modellvalidierung der Prozesssimulation (Verkokung)
  - Sensitivität der Kosten in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen (Reaktorkosten)

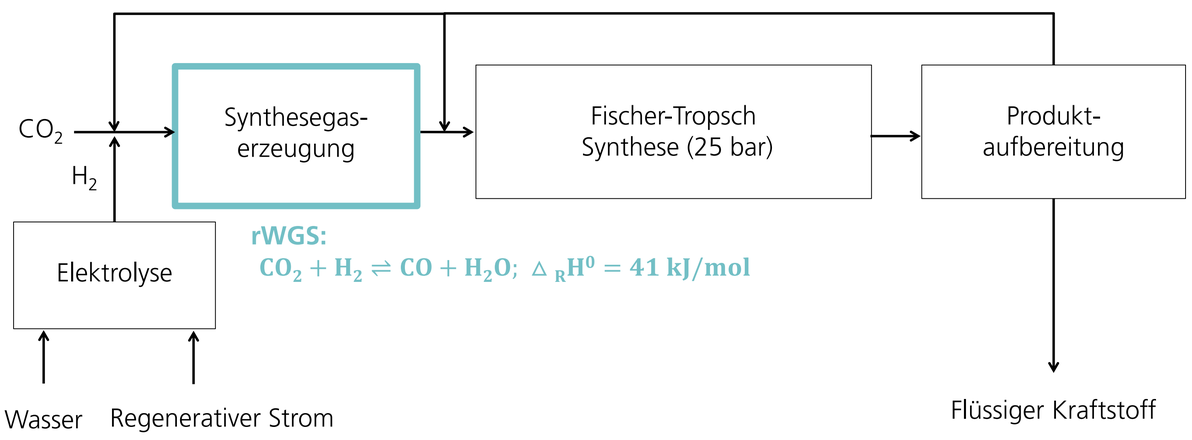

Abbildung 1: Vereinfachtes Prozessschema des Power-to-Liquid Verfahrens

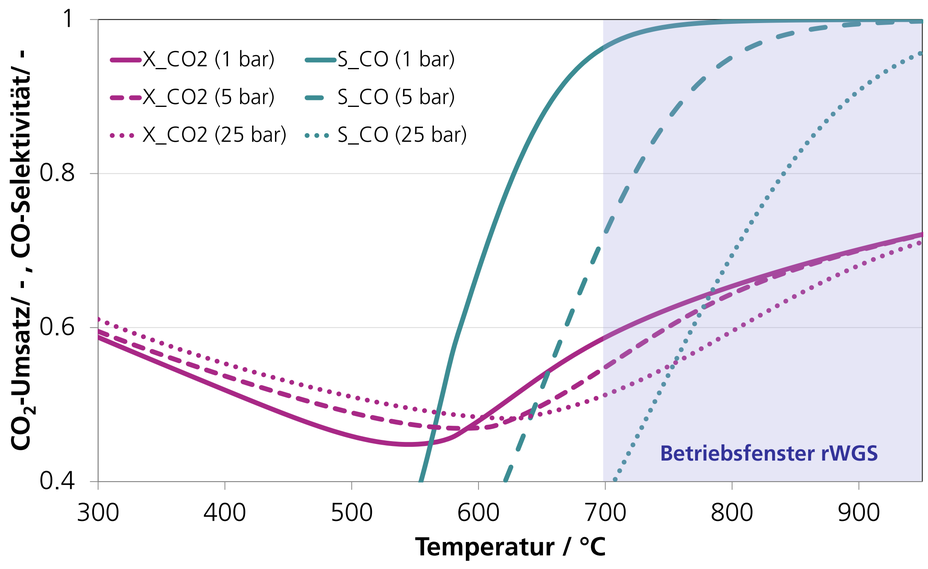

Abbildung 2: Gibbs Reaktor (Thermodynamisches Gleichgewicht) in Aspen Plus® für H_2/CO_2 = 2
→ Selektivität und Umsatz steigen mit sinkendem Druck und steigender Temperatur (T > 630 °C)

Teststand

Features:

- Flexible Gasdosierung (CO_2, H_2, CO, N_2, CH_4, syn. Luft) & Wasserdampfdosierung
- Verweilzeit am Katalysator 10^{-4}-10^{-2} s
- Druckbereich zwischen 1-25 bar
- Temperatur bis 900 °C
- Produktgasaufbereitung: Kühlfalle mit kontinuierlicher Entleerungsfunktion
- Kontinuierliche Erfassung des Produktgasvolumenstroms
- Online-Gasanalyse (NDIR, WLD) und Offline-Gaschromatographie

Abbildung 3: rWGS-Teststand

Herausforderungen Reaktorkonzept:

- Diffizile Reaktionsbedingungen (bis 25 bar und 900 °C) → innenliegende elektrische Beheizung: Trennung von thermischer und mechanischer Belastung
- Inertisierung des Reaktionsraumes → Quarzglasrohr
- Abdichtung und Ausdehnung versch. Materialien → Flexibles Hochtemperatursilikon

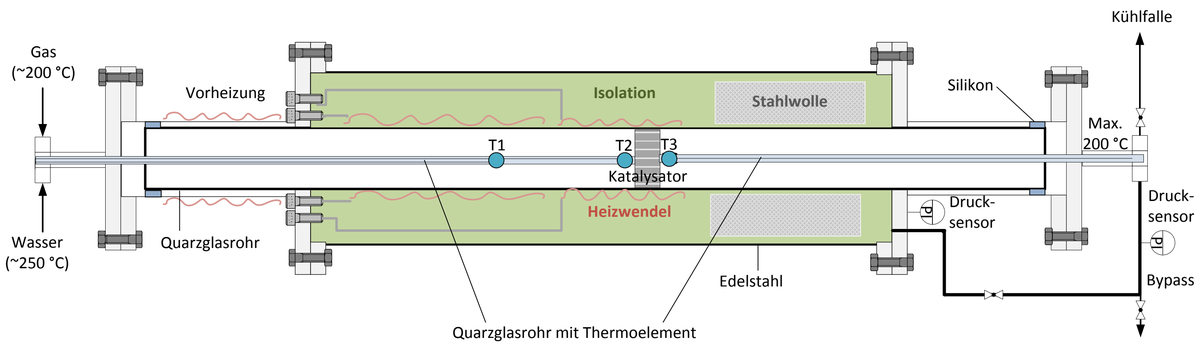

Abbildung 4: Schematische Skizze des Reaktorkonzeptes mit innenliegender Beheizung

Ergebnisse

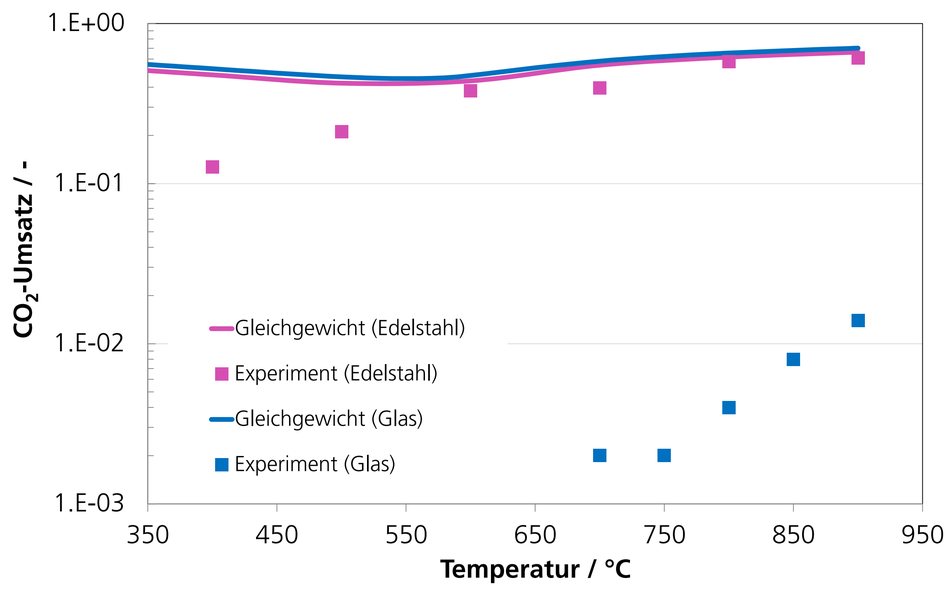

Abbildung 5: Leerrohrversuche im Edelstahlreaktor (Edelstahl) und Quarzglasreaktor (Glas) im Vergleich zur Gleichgewichtszusammensetzung (Gibbs Reaktor in Aspen Plus®)

Edelstahl ■ :
H_2/CO_2 = 1.7; τ ≈ 5 s; p = 1.5 bar
Gleichgewicht erreicht für T > 600 °C

Glas ■ :
H_2/CO_2 = 2; τ ≈ 2 s; p = 25 bar
Umsatz im Leerrohr unter 2 %

→ **Parasitäre Blindreaktionen im Quarzglasreaktor vernachlässigbar**

Fazit und Ausblick

- Vorgestelltes Reaktorkonzept ermöglicht die Untersuchung der heterogen katalysierten rWGS bei erhöhter Temperatur (bis 900 °C) und Druck (bis 25 bar) ohne parasitäre Wandkatalyse
- Ausblick: Katalysatorperformance bezüglich Prozessstabilität (Verkokung), Selektivität und Umsatz zur Modellvalidierung und zur Ermittlung prozess-bedingungsabhängiger Reaktorkosten

Knowledge for Tomorrow

Wissen für Morgen

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt