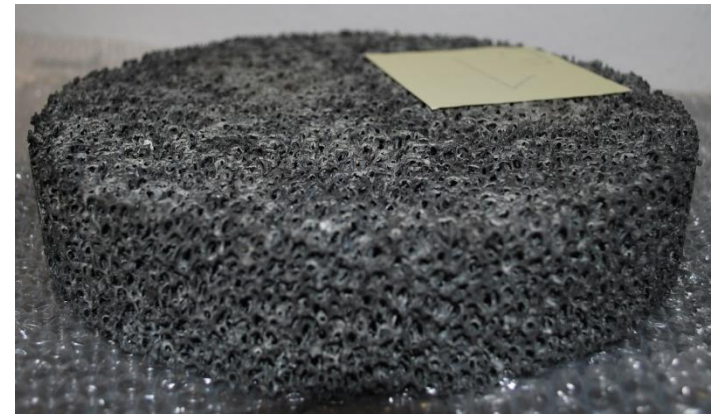


Entwicklung eines autothermen Biogasreformers zur Herstellung von Wasserstoff



Florian Rau, TU Bergakademie Freiberg/ Deutschland

14. Symposium Energieinnovation EnInnov2016, Graz/ Österreich,
10.-12.02.2016

1. Einführung
2. Anlagenbeschreibung
3. Prozessmodellierung
4. Voruntersuchung der Katalysatoren
5. Zusammenfassung

1. EINFÜHRUNG



1. EINFÜHRUNG

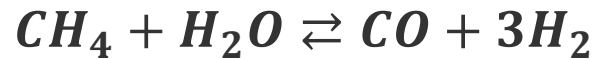
Projektpartner



1	POLITECNICO DI TORINO	POLITO	Italy
2	TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG	TU-BAF	Germany
3	SCUOLA UNIVERSITARIA PROFESSIONALE DELLA SVIZZERA ITALIANA (SUPSI)	SUPSI	Switzerland
4	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	IRCE	France
5	CENTRE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY HELLAS	CPERI	Greece
6	Erbicol SA	ERBICOL	Switzerland
7	HYSYTECH S.R.L.	HST	Italy
8	UAB MODERNIOS E-TECHNOLOGIJOS	MET	Lithuania

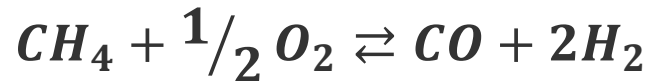
Reformierung von Methan

Dampfreformierung (SR)



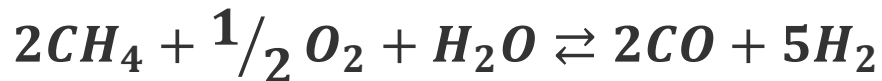
$$\Delta H_{298\,K} = +206,2\,kJ \cdot mol^{-1}$$

Partielle Oxidation (POX)



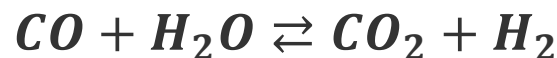
$$\Delta H_{298\,K} = -35,6\,kJ \cdot mol^{-1}$$

Autotherme Reformierung (ATR)



$$\Delta H_{298\,K} = 0\,kJ \cdot mol^{-1}$$

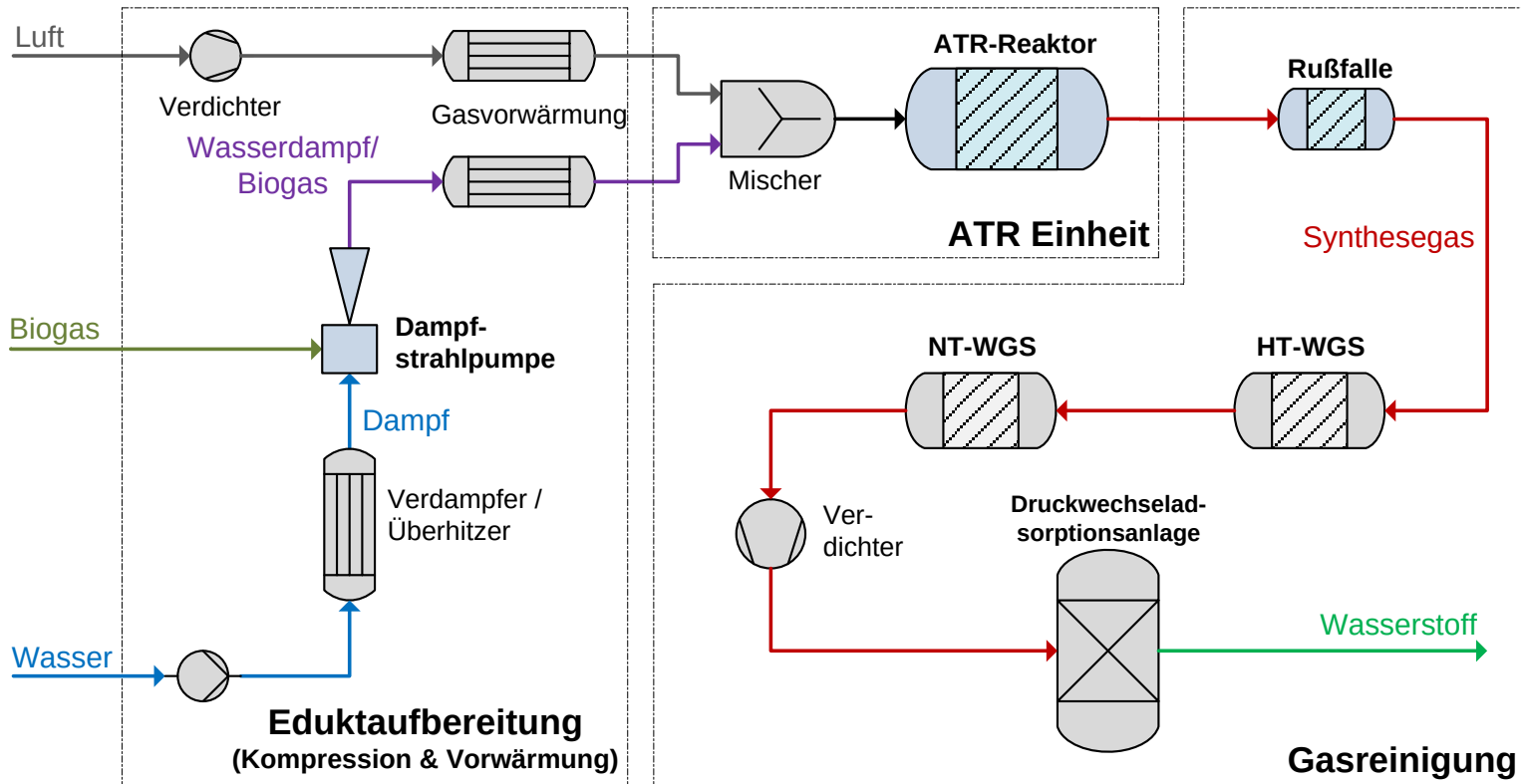
Wassergas-Shift-Reaktion (WGS)



$$\Delta H_{298\,K} = -41,2\,kJ \cdot mol^{-1}$$

2. ANLAGENBESCHREIBUNG

Vereinfachtes Fließbild



Gesamtansicht



Container 1 - Dampferzeuger



2. ANLAGENBESCHREIBUNG

Container 2 - ATR



Container 4 – ATR II



Grundlagen

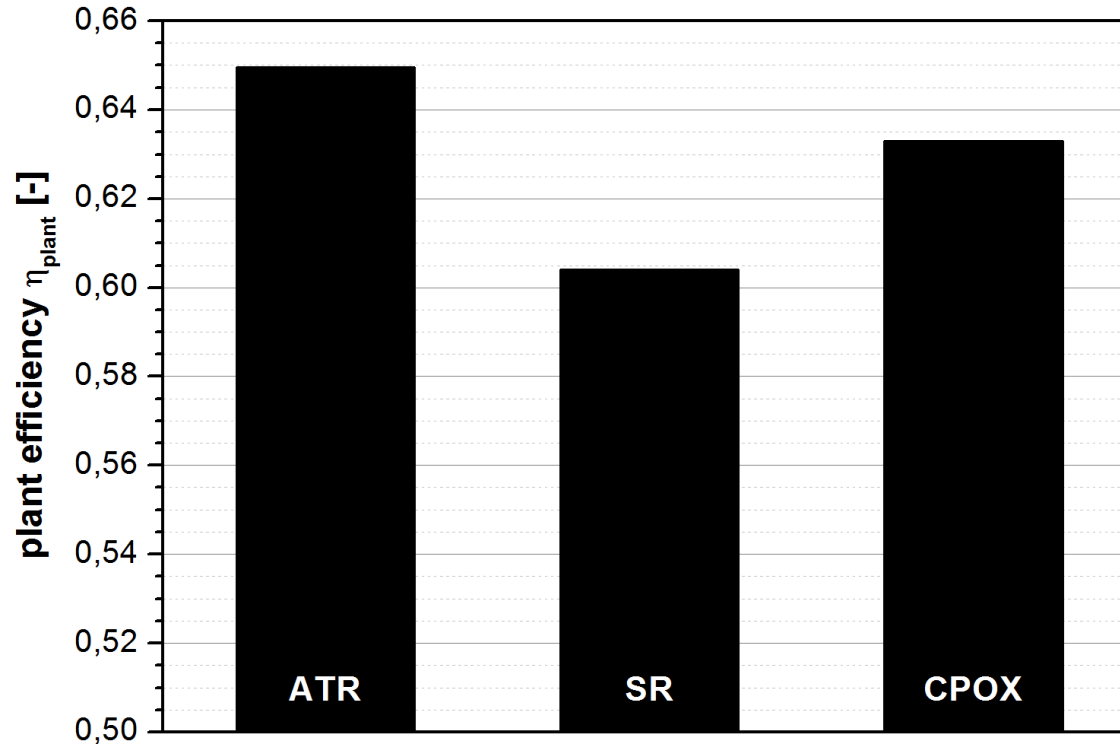
- ASPEN PLUS®
- Idealer Prozess mit Wärmeintegration (Synthesegas, WGS)
- 60 Mol.-% Methan und 40 Mol.-% Kohlendioxid
- Wärmeintegration++
- Anlagenprozessführung & -parameter

- Gütekriterium:
$$\eta_{\text{plant}} = \frac{\dot{n}_{\text{H}_2} \cdot H_{\text{u,H}_2}}{\dot{n}_{\text{biogas}} \cdot H_{\text{u,biogas}} + \dot{Q}_i + P_i}$$

- S/C-Verhältnis:
$$\frac{S}{C} = \frac{\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}}{\dot{n}_{\text{CH}_4}}$$

- O/C-Verhältnis:
$$\frac{O}{C} = \frac{\dot{n}_O}{\dot{n}_{\text{CH}_4}} = \frac{2 \cdot \dot{n}_{\text{O}_2}}{\dot{n}_{\text{CH}_4}}$$

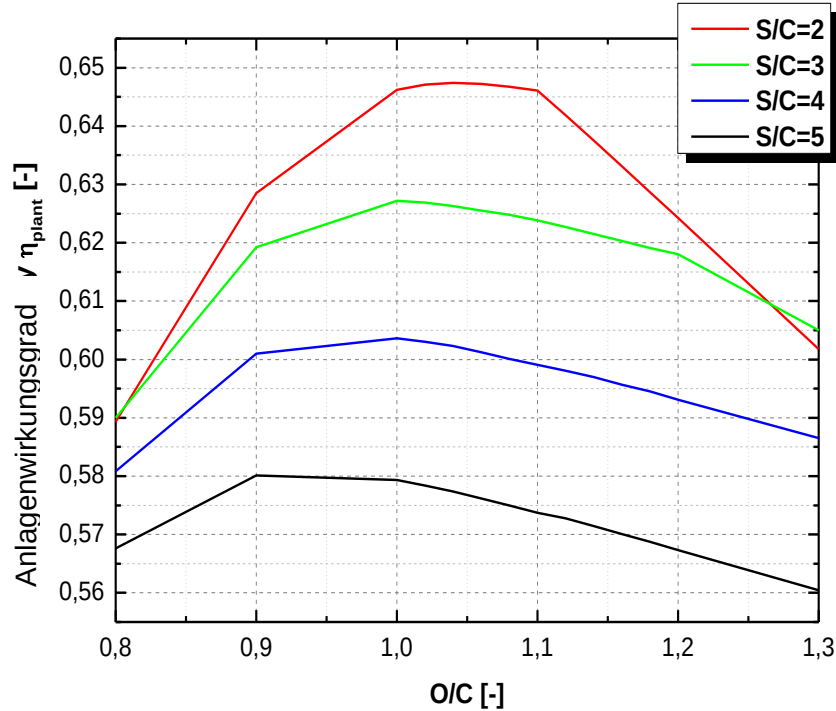
Anlagenprozessführung



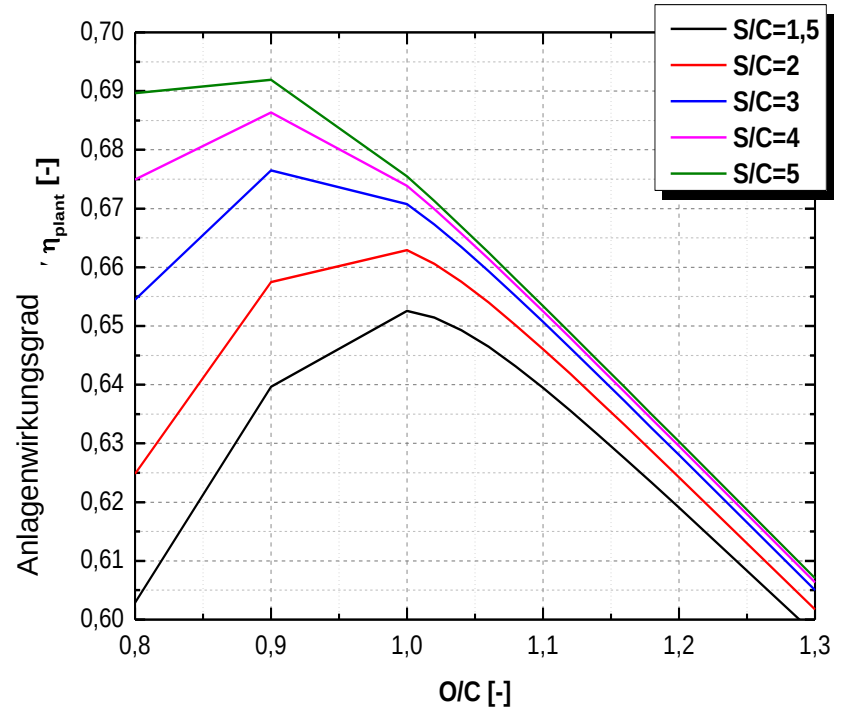
Maximaler Anlagenwirkungsgrad für verschiedene Anlagenkonfigurationen zur Biogasreformierung bei einer maximalen Wärmeintegration

Anlagenparameter

a) Ohne Nutzung von DWA-Restgas



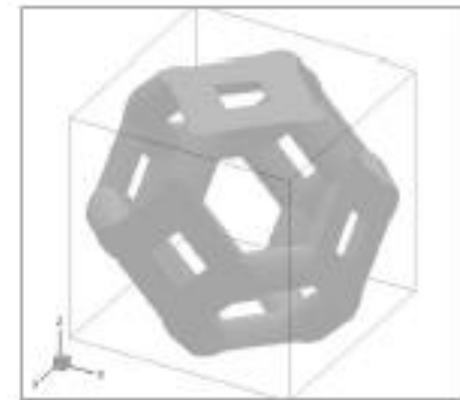
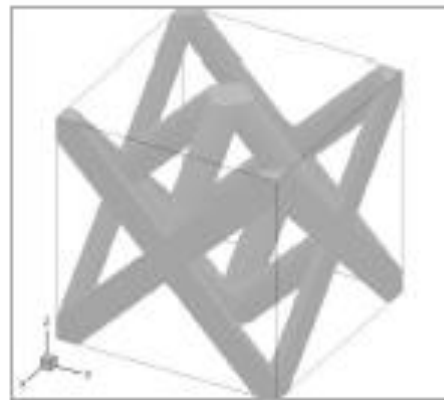
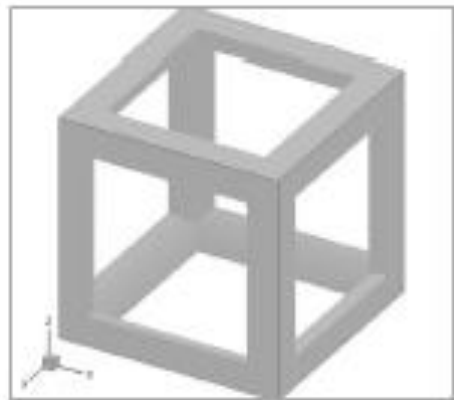
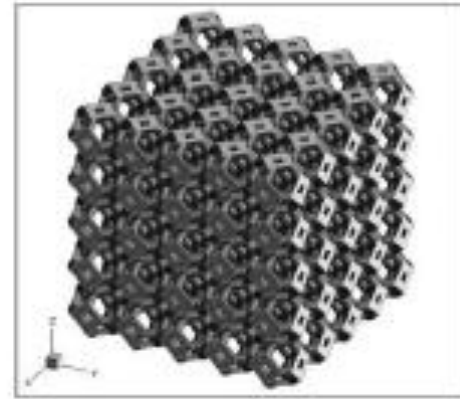
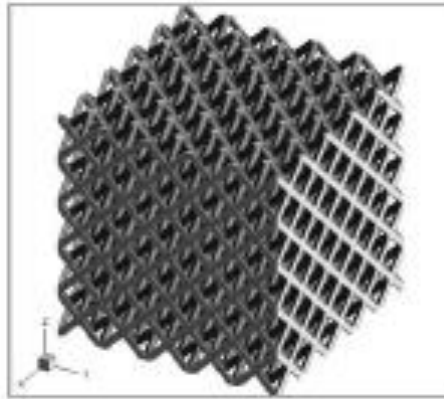
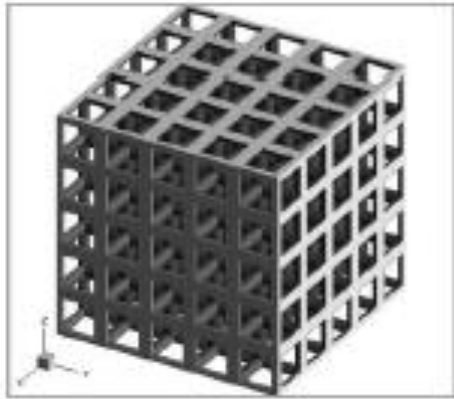
b) Mit Nutzung von DWA-Restgas



Effizienzanalyse (600°C ATR-Eintrittstemperatur)

4. VORUNTERSUCHUNG DER KATALYSATOREN

Katalysatorstrukturen



Würfelgitter

Oktettgitter

Kelvinzelle

Katalysatorstrukturen

Oktettzelle



Kelvinzelle



**Konventioneller
Schaum**

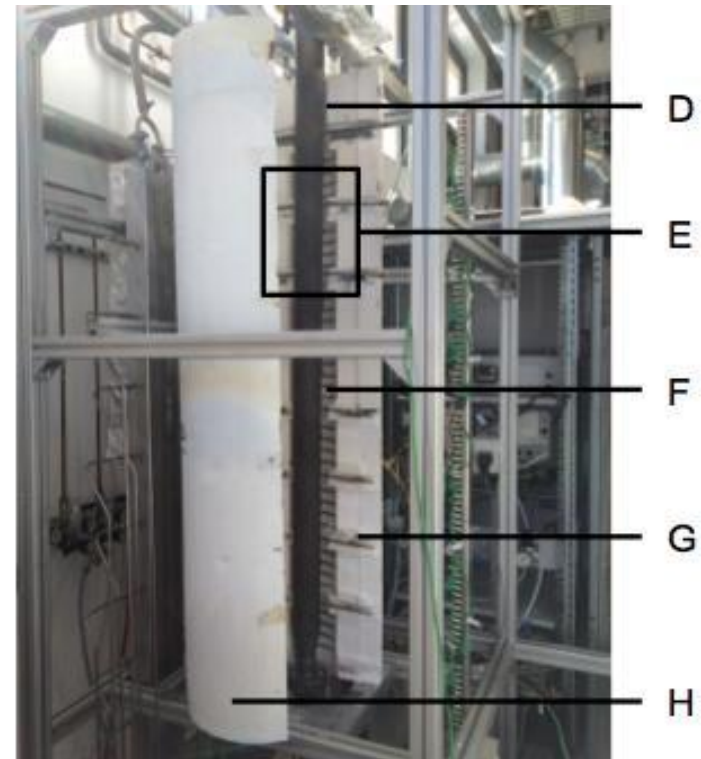
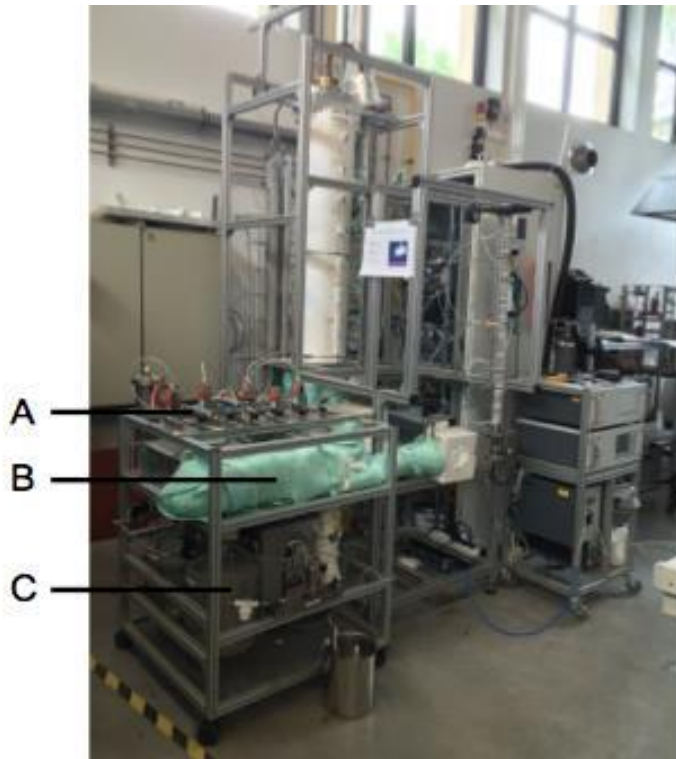


**Gedrehte
Würfelzelle**



4. VORUNTERSUCHUNG DER KATALYSATOREN

Katalysatorerteststand



A Massendurchflussregler
D Reaktorrohr
G Thermoelement

B Gasmischstrecke
E Katalysator
H Dämmmaterial

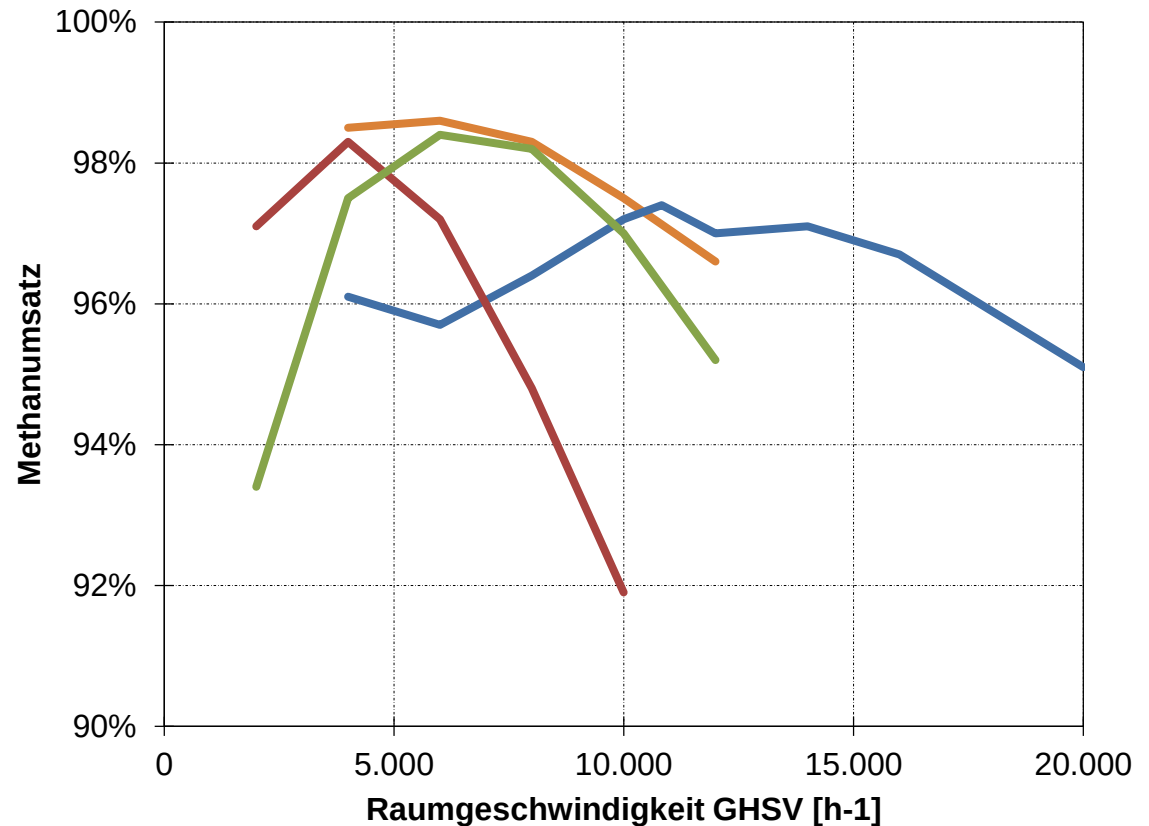
C Druckwasserbehälter
F Beheizungseinrichtung

4. VORUNTERSUCHUNG DER KATALYSATOREN

Ergebnisse - Methanumsatz

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{\dot{n}_{\text{CH}_4,0} - \dot{n}_{\text{CH}_4,1}}{\dot{n}_{\text{CH}_4,0}}$$

$$\text{GHSV} = \frac{\dot{V}_0}{V_{\text{Kat}}}$$



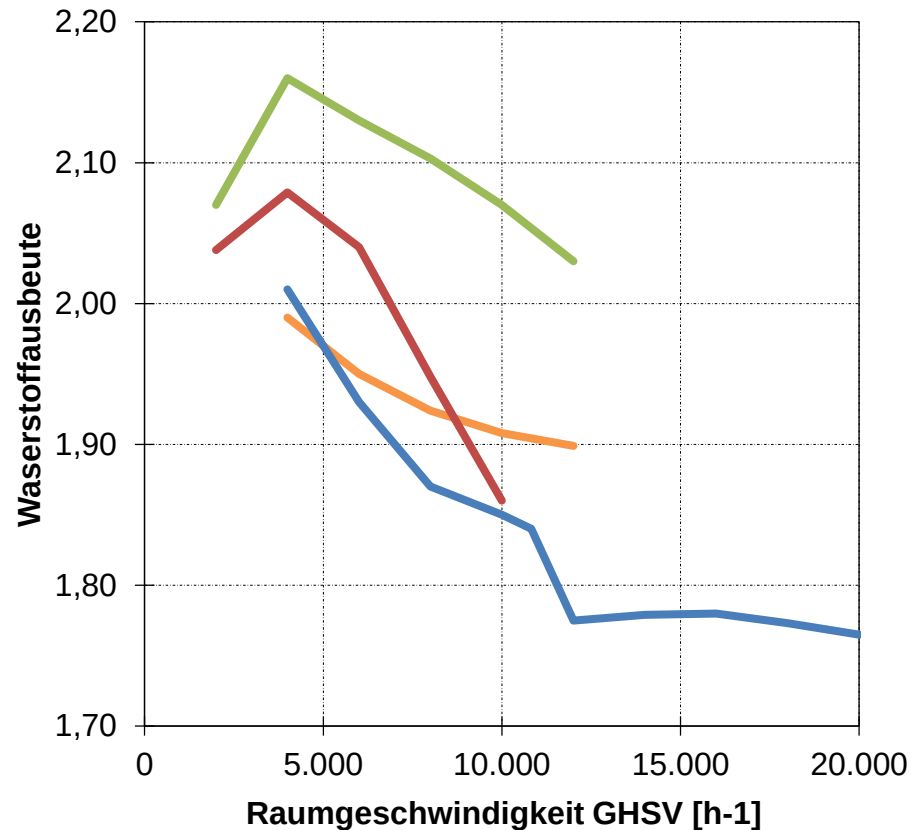
— E5 (Kelvin cell): TV=600°C, O/C=1,2 — E7 (konv. Str.): TV=600°C, O/C=1,2
 — E4 (Octett Str.): TV=600°C, O/C=1,2 — E9 (rotated cube cell): TV=600°C, O/C=1,2

4. VORUNTERSUCHUNG DER KATALYSATOREN

Ergebnisse - Wasserstoffausbeute

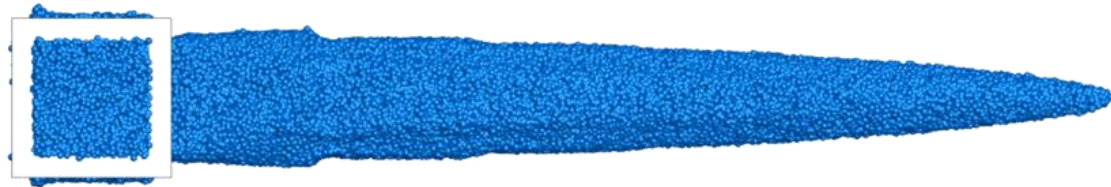
$$Y_{H_2} = \frac{\dot{n}_{H_2}}{\dot{n}_{CH_{4,0}}}$$

$$GHSV = \frac{\dot{V}_0}{V_{Kat}}$$

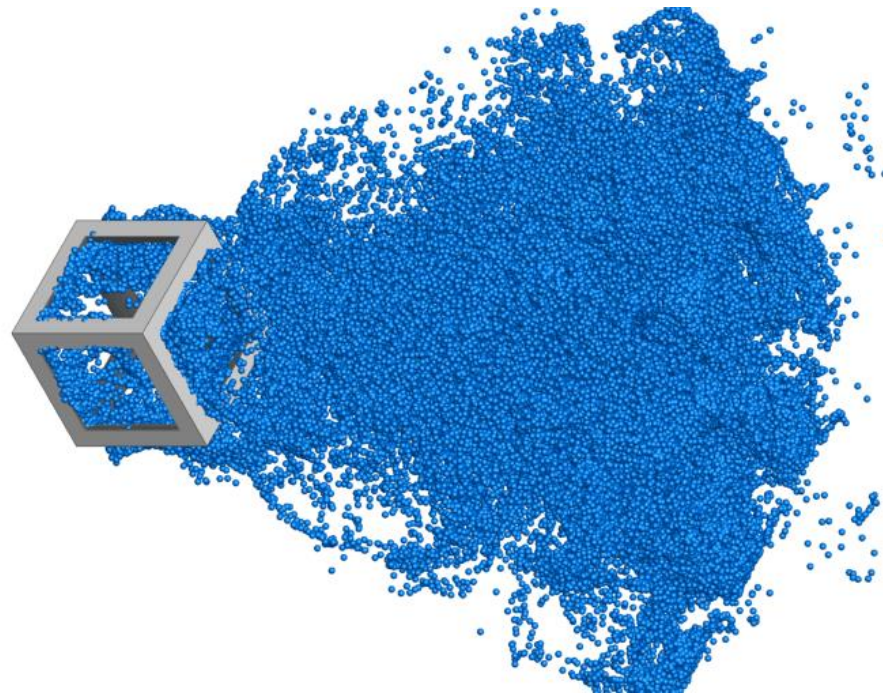


Ergebnisse - Wasserstoffausbeute

1 (CUBE 100)



2 (CUBE 111)



5. ZUSAMMENFASSUNG & AUSBLICK

- Autotherme Reformierung zeigt Vorteile
- Anlagenparameter über Prozesssimulation bestimmt
- Geringer Druckverlust der regelmäßige Strukturen
- Methanumsatz und Wasserstoffausbeute besser als Referenz (Schaum) in den Voruntersuchungen
- Erster Katalysator bereits eingetroffen
- Test beginnen im März 2016

Vielen Dank!



Dipl.-Ing. Florian Rau

**TU Bergakademie Freiberg
Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
Gustav-Zeuner-Str. 7
09599 Freiberg**

Florian.Rau@iwtt.tu-freiberg.de