



Institut für Wärmetechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, [www.iwt.tugraz.at](http://www.iwt.tugraz.at)



Graz University of Technology



# *Substitute Natural Gas (SNG)*

## *Theoretische Grundlagen, Forschung am IWT*

Thomas Kienberger  
Institut für Wärmetechnik, TU Graz  
[thomas.kienberger@tugraz.at](mailto:thomas.kienberger@tugraz.at)



## Überblick

### Motivation

### Grundlagen

### Forschung

### Fazit

## 1. *Motivation für die Untersuchung des Energieträgers SNG*

## 2. *Grundlagen*

- Prozesskette der SNG–Erzeugung aus fester Biomasse
- Grundlagen der allothermen Vergasung
- Grundlagen der Methanierung

## 3. *Forschung am Insitut für Wärmetechnik*

- *Versuchsanlagen: allothermer Vergaser, Methanierungsprüfstand*
- *Versuchsergebnisse*

## 4. *Zusammenfassung*



## Vorteile von Substitute Natural Gas (SNG)

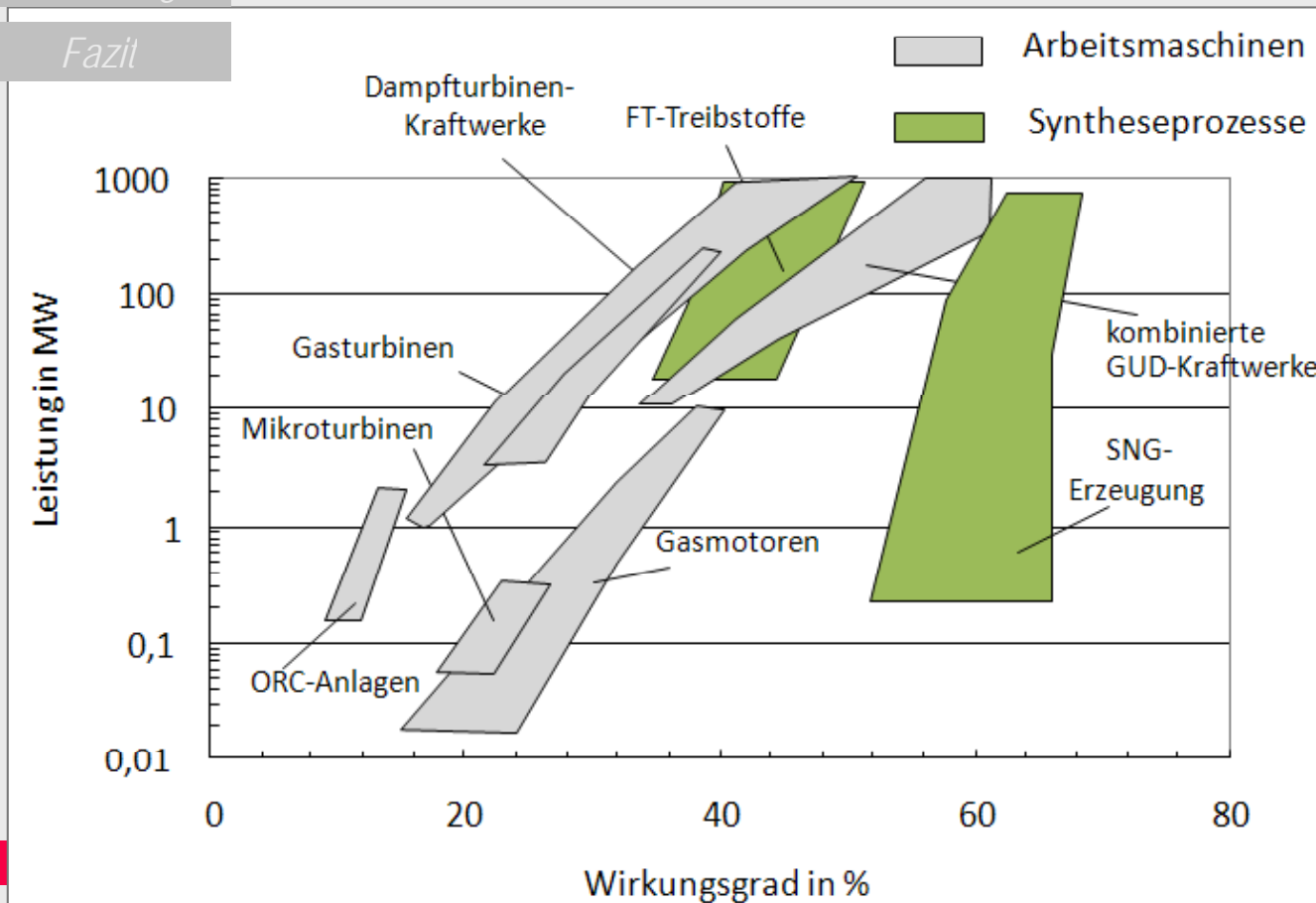
### Motivation

- Biomasse muss nicht mehr dezentral verstromt werden – Besonders bei festen Brennstoffen oft mit geringen elektrischen Wirkungsgraden verbunden
- Hocheffiziente, langerprobte Erdgastechnologie. Vorhandene Netzinfrastruktur

### Grundlagen

### Forschung

### Fazit

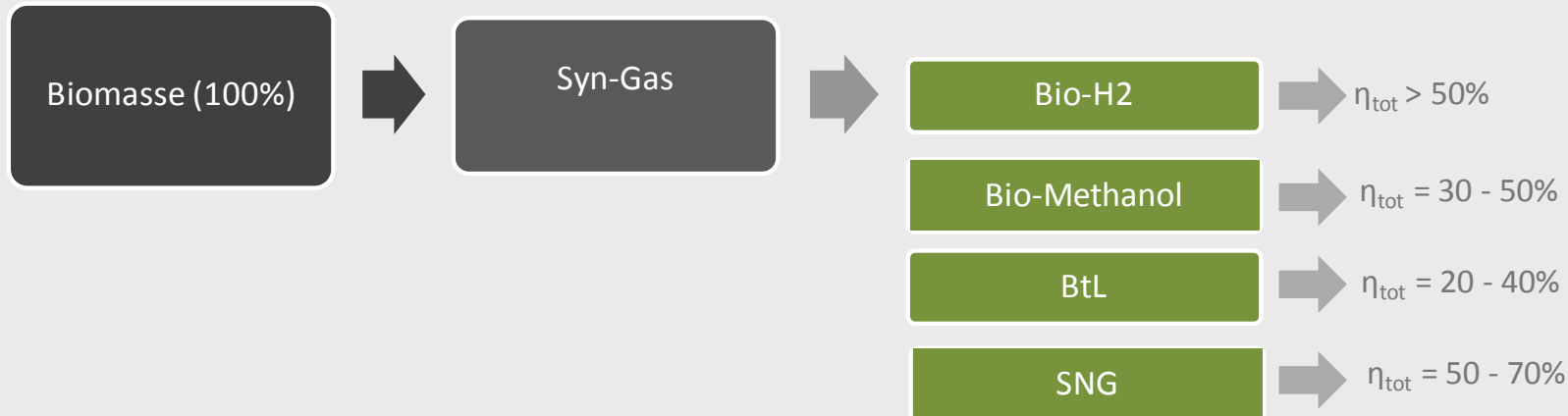


- Durch Konvertierung in einen gasförmigen Energieträger: Feinstaubfreie Biomasse-nutzung in Ballungszentren
- Verringerung der Abhängigkeit von Ergas-Importen

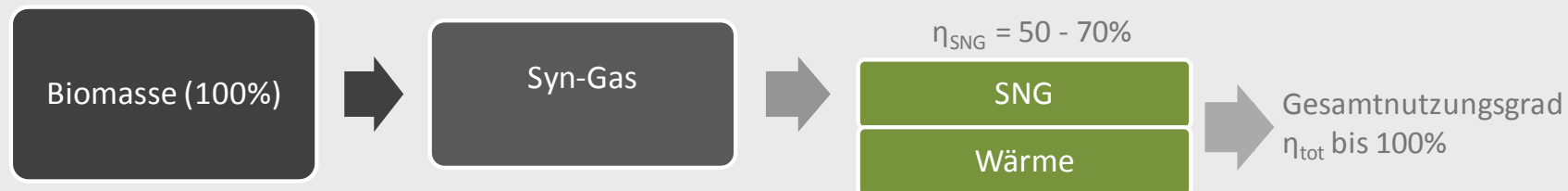


## Wirkungsgradsteigerung mithilfe von Polygeneration am Beispiel SNG

### Getrennte Erzeugung



### Polygeneration



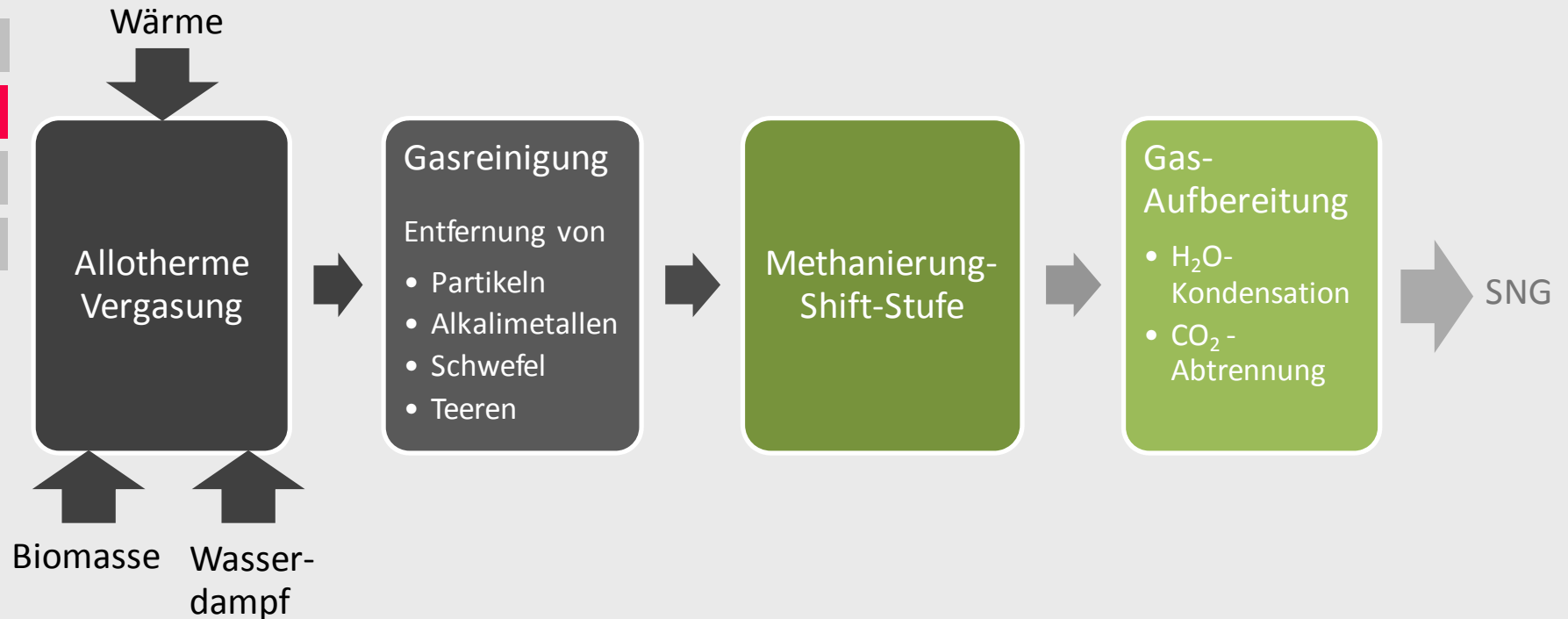
Quelle: Karl J., Distributed generation of substitute natural gas from biomass

- Wirkungsgrad SNG ~ 60%; im Vergleich zur dezentralen KWK geringerer Abwärmeanteil
- Nutzung der Brennwerttechnik – Wirkungsgrade über 100% möglich – Bei druckaufgeladener SNG-Herstellung: Kondensationswärme auf hohem Temperaturniveau



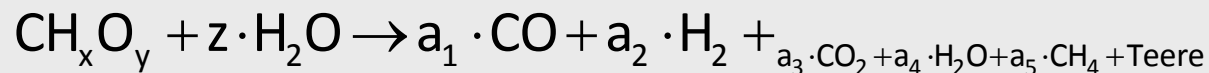
## Prozesskette zur Erzeugung von SNG aus fester Biomasse:

- Motivation
- Grundlagen**
- Forschung
- Fazit



### Allotherme Vergasung:

- Vergasung mit externem Wärmeeintrag
- Wasserdampf als Vergasungsmedium
- Nahezu N<sub>2</sub>-freies Produktgas
- Verhältnis H<sub>2</sub> zu CO für Synthesen ideal





## Theoretische Betrachtung der Methan-Synthese:

Motivation

Grundlagen

Forschung

Fazit



Synthesegas

Raw-SNG

- 1902 Entdeckung der Methanierung durch Sabatier und Senderens

Parallelreaktion:



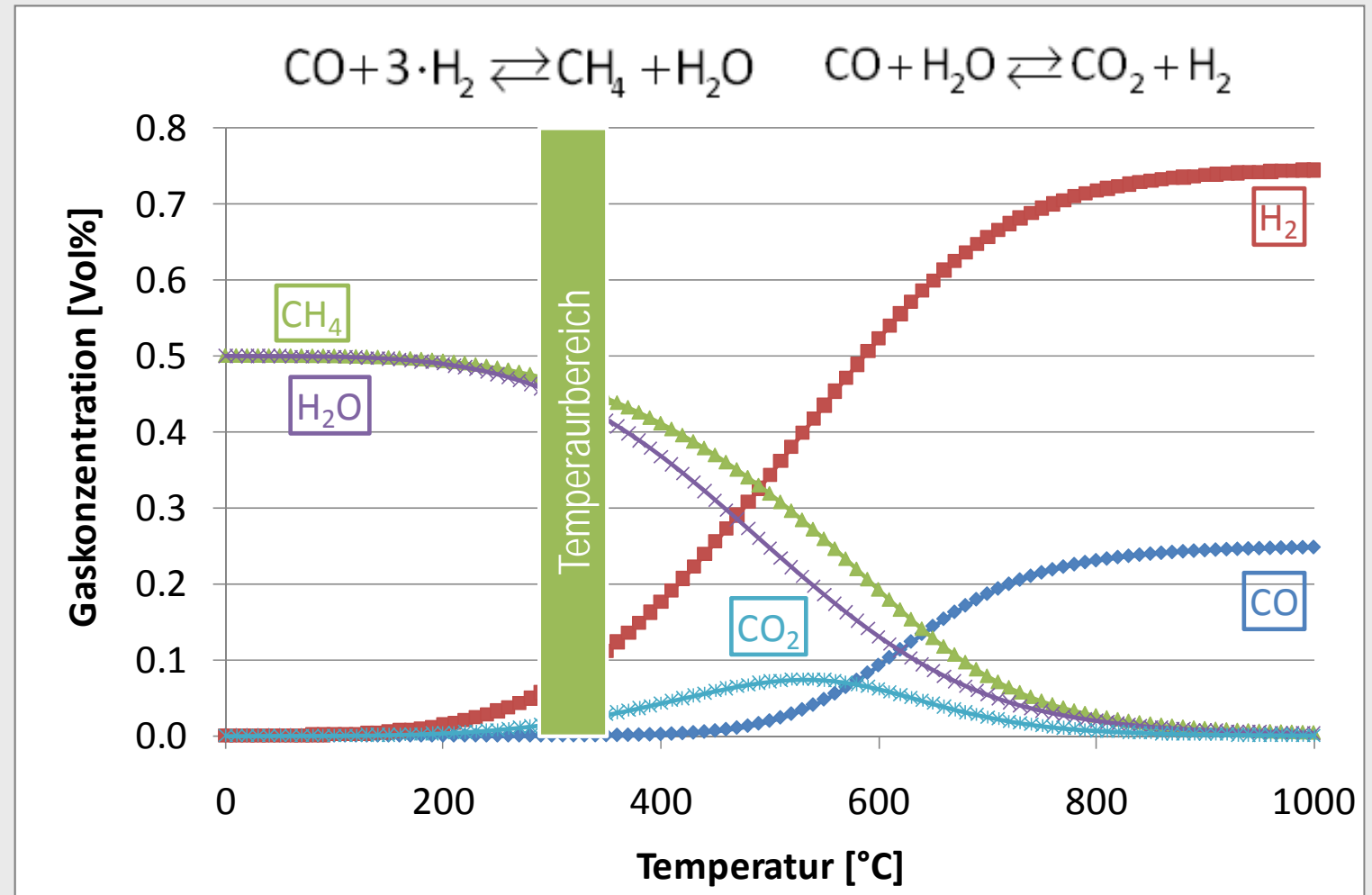
*Paul Sabatier (1854-1941)  
Nobelpreis für Chemie 1912*

- Stark exothermer Prozess
- Homogen katalysierte Reaktionen; in diesem Fall kommen Ni-Katalysatoren zum Einsatz



## Temperatureinfluss auf die Methan-Konvertierung:

- Untersuchung eines idealen SynGases mit  $H_2/CO = 3/1$
- Bei geringen Temperaturen : GGW auf der Produkt-Seite
- Zu geringe Temperatur → keine Aktivität des Kats
- Temp.  $< 160^\circ C$   
 $Ni(CO)_4$   
!!Nervengift!!
- Temperaturfenster:  
 $200^\circ C - 300^\circ C$



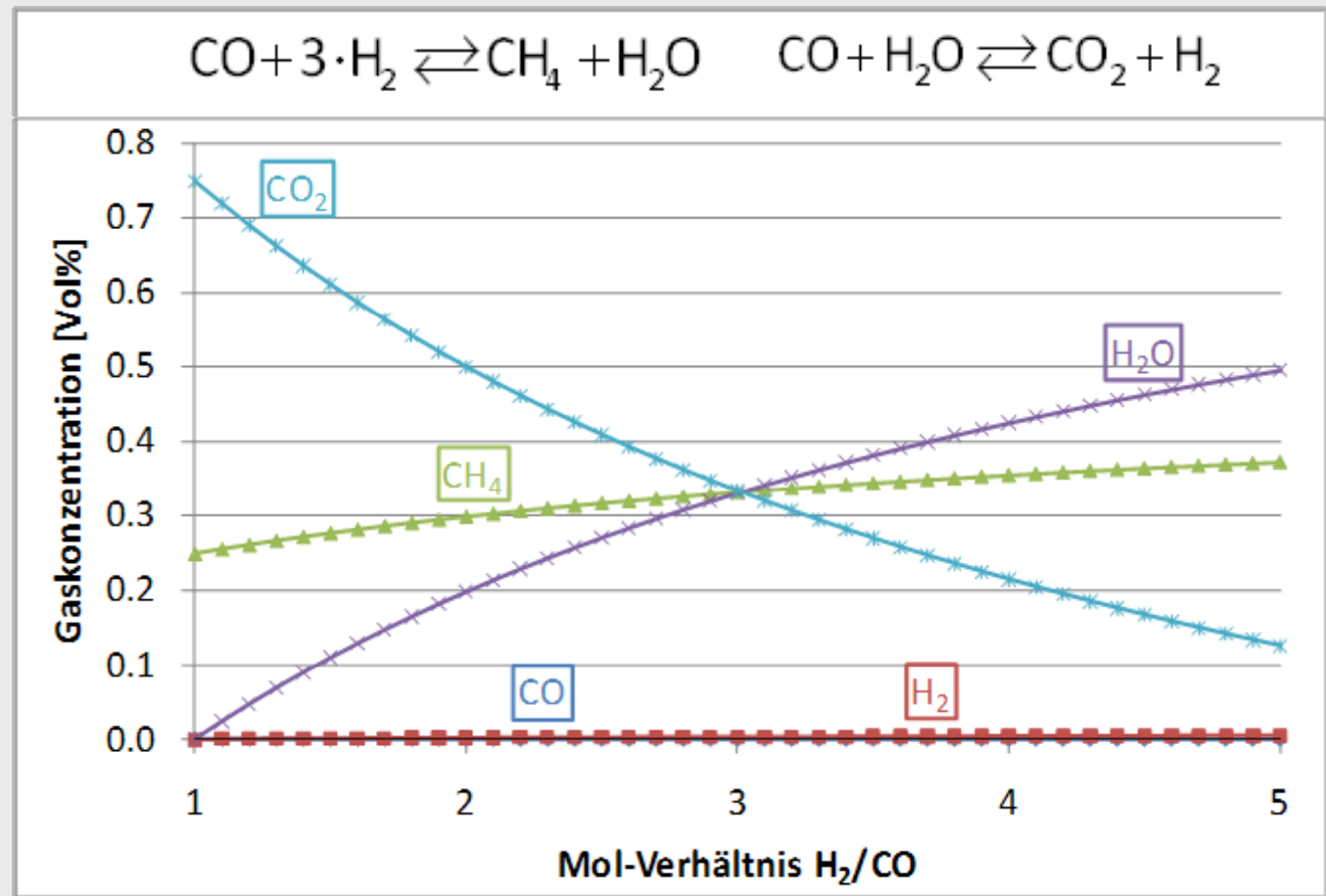




## Einfluss des H<sub>2</sub>/CO-Verhältnisses auf die Methan-Konvertierung:

- Variation des H<sub>2</sub>/CO-Verhältnisses eines idealen SynGas
- Unterstöchiometrische H<sub>2</sub>/CO-Verhältnisse: GGW auf Produktseite – H<sub>2</sub> wird über Shift Reaktion gebildet ..aber Kohlenstoffablagerungen möglich
- Überstöchiometrische H<sub>2</sub>/CO -Verhältnisse: Wasserstoffschlupf: ..Kohlenstoffanteil im Gas muss erhöht werden

Simulationsbedingungen: t = 200°C, p = 1bar<sub>abs</sub>







## Praktische Betrachtung der Methan-Synthese:

Motivation

Grundlagen

Forschung

Fazit



Synthesegas

Raw-SNG

Herausforderungen bei der Methanierung von SynGasen aus der allothermen Biomassevergasung:

- Methanierung ist stark exotherm: Einfluss der Reaktionstemperatur auf die Gaszusammensetzung. Geeignetes Wärmemanagement
- Vermeidung von Katalysatordeaktivierung aufgrund von Verkokung durch falsche Synthesgaszusammensetzung
- Methanerzeugung ohne CO, bzw. H<sub>2</sub> Schlupf → Einhalten von Einspeiseverordnungen (ÖVGW G31)
- Vermeidung von Katalysatordeaktivierung aufgrund von Verunreinigungen im Synthesegas – Schwefel, Alkalimetalle, höheren Kohlenwasserstoffe (Teere)



Motivation

Grundlagen

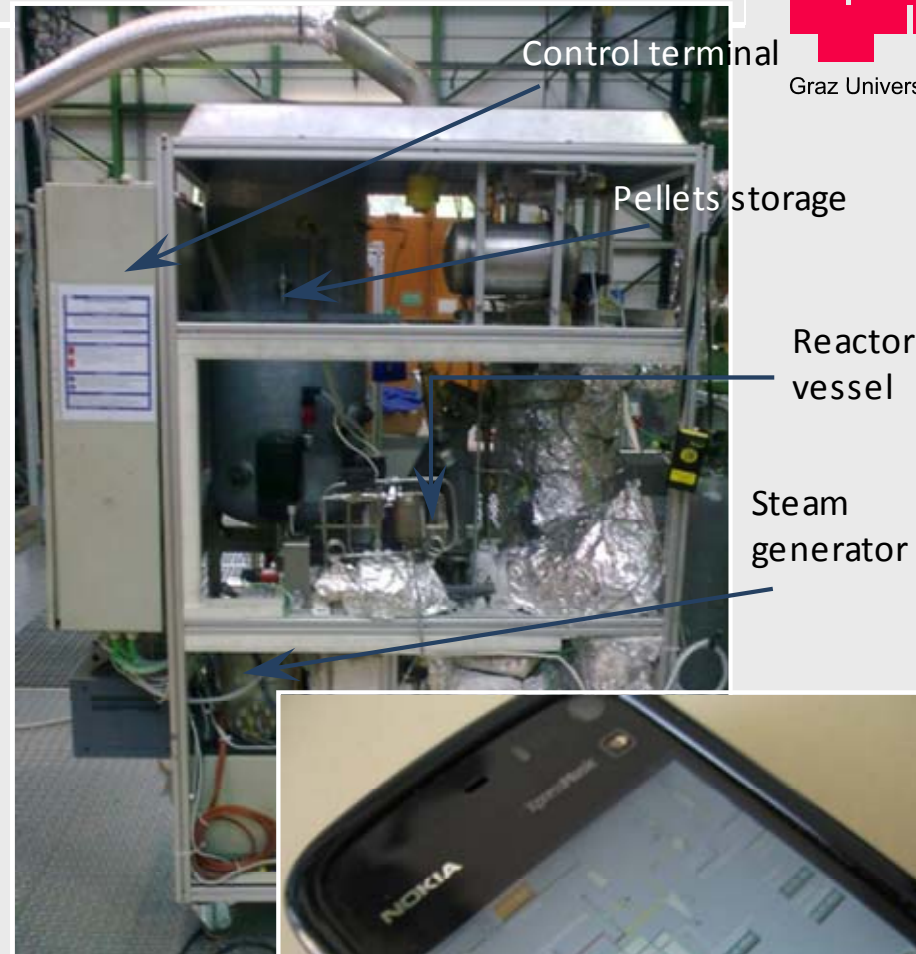
Forschung

Fazit

## Allotherme Labor- Vergasungsanlage

- Vergasung in stationärer WS  
·  $P_{FWL} = 5\text{kW}$
- Wärmeeintrag mit Hilfe eines elektrischen Rohrofens;  $P_{el} = 3\text{kW}$

- Brennstoff: Pellets nach ÖNorm 7135
- Überhitzter Dampf dient als Vergasungs- sowie als Fluidisierungsmedium
- Beeinflussung der Gasqualität durch  $\text{CO}_2$ -Zudosierung (Shift und Boudouard Reaktion)
- Druckaufgeladener Betrieb möglich  
 $p_{abs} = 4\text{bar}$
- Fernsteuerung ohne Anlagenpersonal



Remote controlled  
operation





Motivation

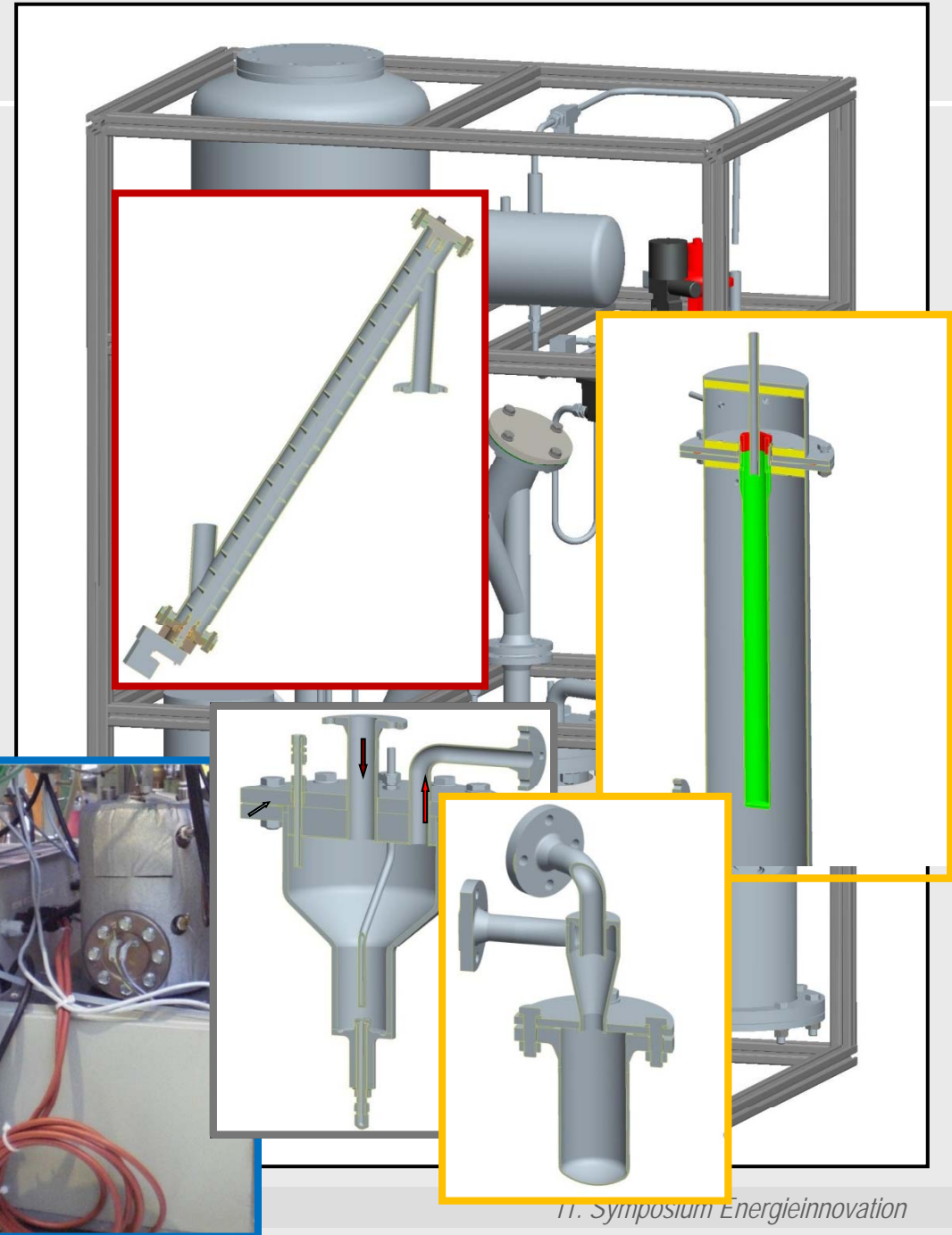
Grundlagen

Forschung

Fazit

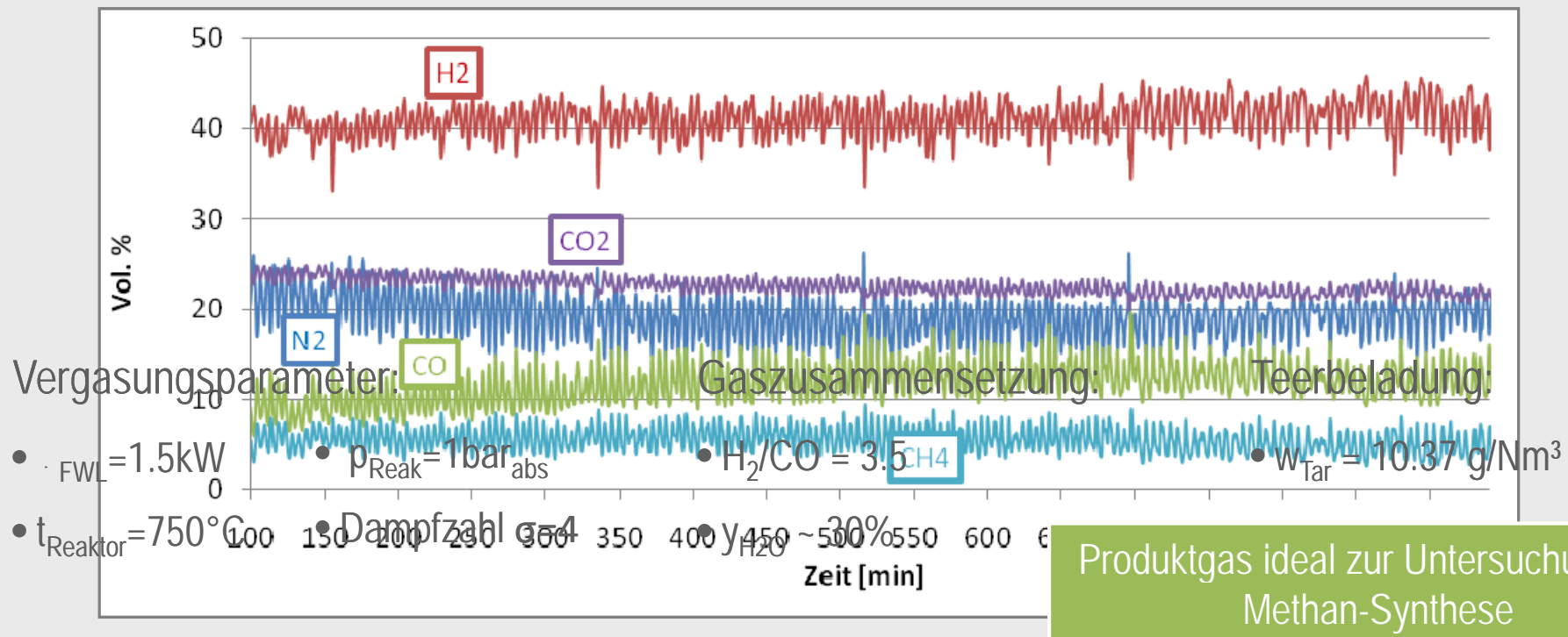
## Allotherme Labor- Vergasungsanlage

- 150l Brennstoffbunker:  
Im für die Methanierung idealen  
Betriebspunkt: 500h ohne Nachfüllen
- Brennstoffeintrag über  
Schneckenförderer
- Dampfversorgung mit Hilfe eines  
Sattdampferzeugers für Bügelstationen
  - $\dot{m}_{FD\_max} = 2\text{kg/h}$ ,  $p_{FD} = 6\text{bar}$
- Wirbelschichtreaktor mit Freeboard-Erweiterung:  
Vergrößerung der Gasverweilzeit: Vollständiger  
Kohlenstoffumsatz
- Hochtemperatur (350°C) Partikel  
Alkaliabscheidung mit Hilfe eines Zyklons  
und eines Sintermetall-Filters





- Gaszusammensetzung des Vergasers entscheidend für die nachgeschaltete Methanierung
  - Vermeidung von Verkokung des eingesetzten Katalysators durch Wasserdampfanteil im Produktgas
  - Methanerzeugung ohne CO, bzw. H<sub>2</sub> Schlupf







## Methanierungsprüfstand

Motivation

Grundlagen

Versuche

Conclusio

- Einstufiger Festbettreaktor
  - Reaktorvolumen an den Produktgasvolumenstrom des Vergasers angepasst.
  - Veränderung der Feuerungswärmeleistung des Vergasers verändert die Raumgeschwindigkeit im Methanierreaktor. Anpassung der Verweilzeit an die Reaktionskinetik
- Ni basierender Methanierungskatalysator auf  $\text{AlO}_3$  Träger
- Kühl-Heizstrecke
  - Methanierung ist stark exotherm
  - Die Temperatur an der Produktgasseite bestimmt die Gaszusammensetzung.
  - Mit Hilfe von Luftkühlung kann die Produktgastemperatur und damit die Gaszusammensetzung beeinflusst werden.

Productgas line (to flare)

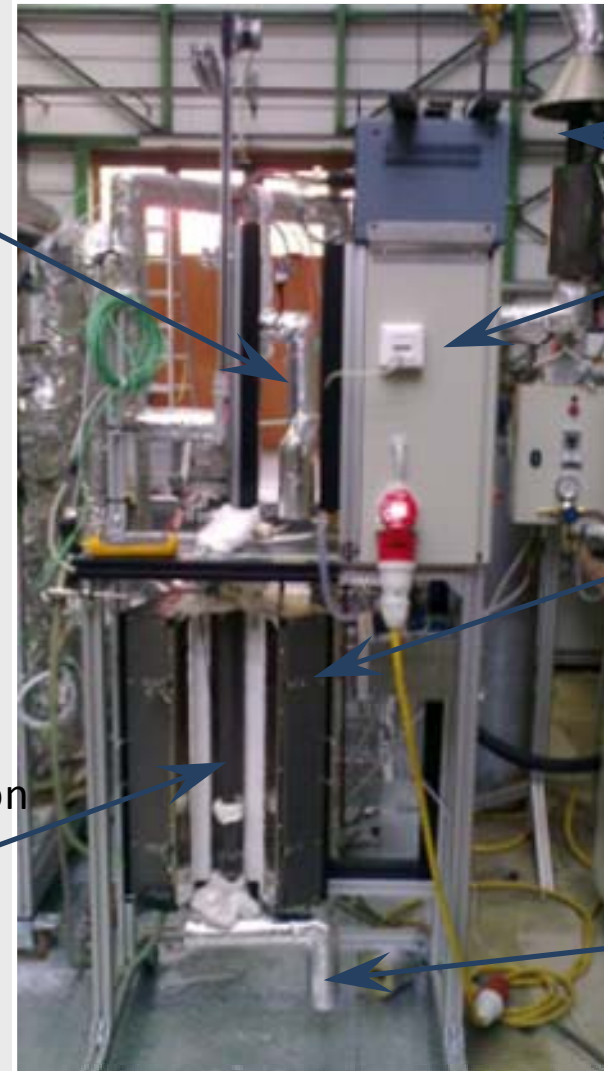
Methanation reactor

flare

Control terminal

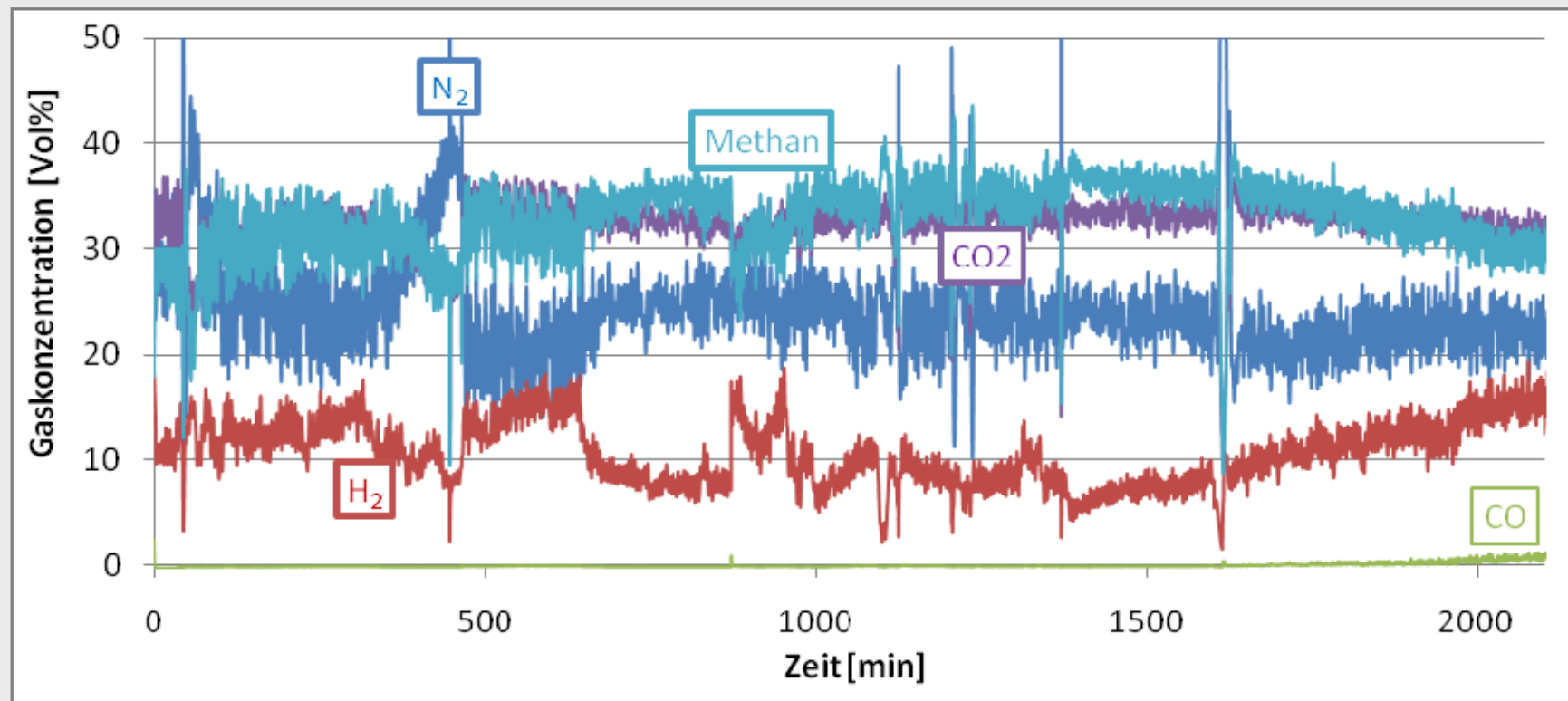
Tube furnace

Eduktgas line (from gasifier)





■ Gaszusammensetzung nach der Methanierung: Langzeitversuch 35h



Versuchsparameter:

- GHSV = 3000 h<sup>-1</sup>
- t<sub>meth</sub> = 250°C

Gaszusammensetzung:

- CH<sub>4</sub> ~32%
- H<sub>2</sub>-Schlupf ~ 12%

Teerbeladung:

- w<sub>Tar</sub> nach Tar-Protocol gravimetrisch nicht nachweisbar!



## Zusammenfassung

Motivation

Grundlagen

Versuche

Conclusio

- Die Grundlagen der Methan-Synthese wurden hergeleitet.
- Mit der Laborvergasungsanlage kann eine Gasqualität optimal für den Prozess der Methanierung erreicht werden.
- Die Gasqualität, die mit dem Methanierungsprüfstand erreicht wird, kann mit einem Kühlluftstrom beeinflusst werden
- Erste Versuche zur Realgasmethanierung wurden bereits erfolgreich durchgeführt

## Ausblick

- Untersuchung des Einflusses der Verweilzeit im Methanierreaktor auf die Deaktivierung des Kats; Verringerung des H<sub>2</sub>-Schlupfs
- Weitere Langzeit Methanierungs-Tests.
- Detaillierte Untersuchungen, den Einfluss der Teere auf die Methanierung betreffend

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit*