

Modellierung einer dezentralen Coal-to-SNG Prozesskette in IPSEpro zur Untersuchung der Abhängigkeit der Prozesseffizienz von Betriebsparametern bei Methanisierung und Gaswäsche

M. Neubert, J. Karl

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg, michael.fw.neubert@fau.de

Motivation

Steigende Gaspreise und Importabhängigkeit führt in der EU zu erhöhtem Interesse an synthetischem Erdgas (SNG) aus Kohle und Biomasse. Dabei hilft eine simulationsbasierte Untersuchung der SNG-Prozesskette die Prozesseffizienz zu erhöhen.

Simulationsergebnisse

Die Parametervariationen wurden auf ihren Einfluss auf folgende Kenngrößen untersucht:

$$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{SNG} = \frac{P_{el,brutto}}{\dot{m}_{fuel} * \dot{H}_{u,fuel}} + \frac{\dot{m}_{SNG} * \dot{H}_{u,SNG}}{\dot{m}_{fuel} * \dot{H}_{u,fuel}}$$

$$y_{CH_4} = \frac{\dot{n}_{CH_4}}{\dot{n}_{SNG}}$$

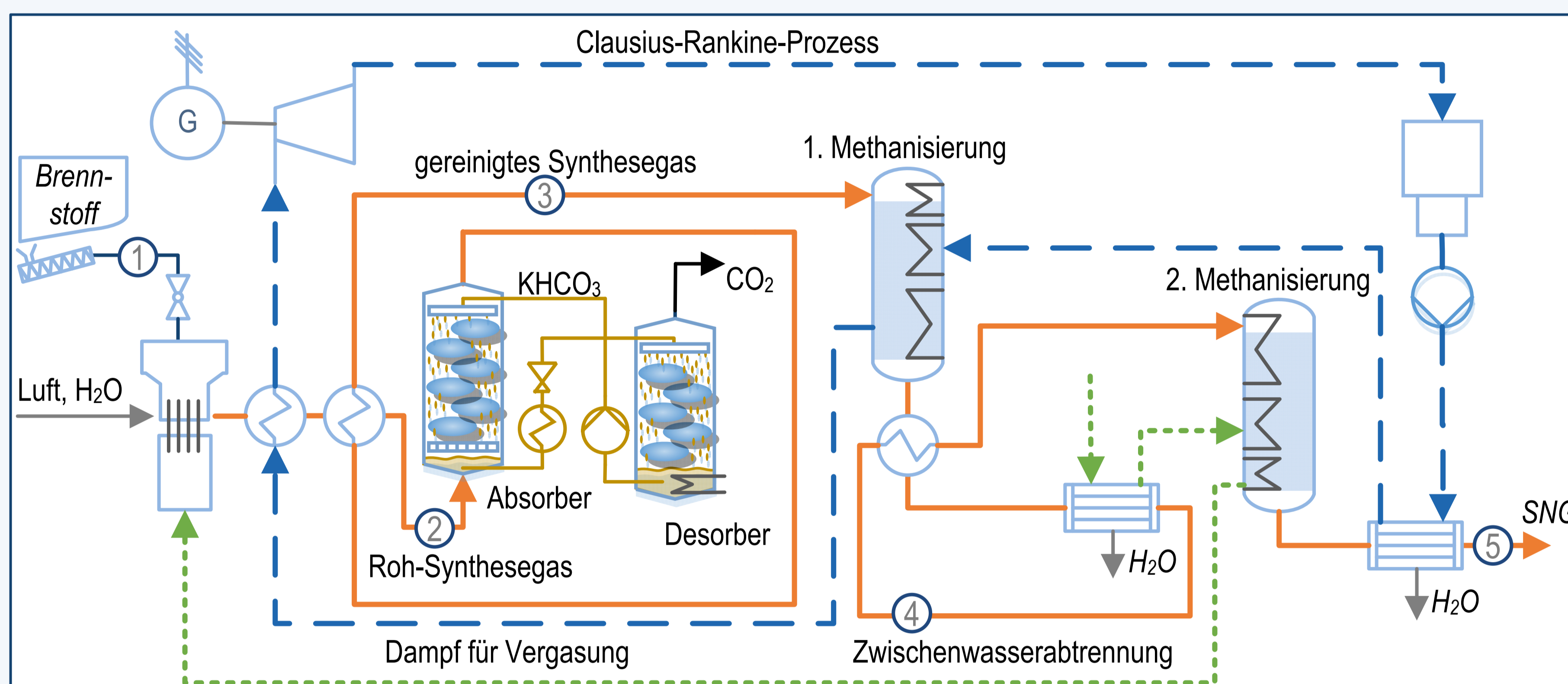


Abb. 1: vereinfachtes Schema der simulierten Verschaltung der SNG-Prozesskette in IPSEpro

Modellbeschreibung

Ein vereinfachtes Prozessschema der IPSEpro Simulation ist in Abbildung 1 gezeigt. Im Fokus dieses Beitrages steht der Einfluss der Austrittstemperatur des ersten Methanisierungsreaktors $T_{aus,meth1}$, sowie der Temperatur am Austritt der Gaswäsche $T_{Wäsche}$ auf die SNG-Zusammensetzung und den Prozesswirkungsgrad. Die allotherme Vergasung ist identisch zum Vorgehen in [1] als Heatpipe-Reformer modelliert. Die chemische Wäsche ist als Benfield-Prozess modelliert, der K_2CO_3 als Absorbens verwendet. Für die korrekte Berechnung des Partialdruckes von CO_2 über der Waschlösung wurde das Gleichgewichtsmodell aus [2] implementiert, das die experimentellen Daten von Tosh et. al aus [3] empirisch korreliert. Im momentanen Entwicklungsstand wird die Absorptionsenthalpie nicht berücksichtigt, der Waschmittelkreislauf und der Stripdampf sind als offener Prozess betrachtet. Das Verhältnis von Waschmittel- zu Synthesegasmassenstrom wurde gemäß dem Optimum aus [4] zu 17,5 festgelegt. Das Modell für die Methanisierung berechnet die Gleichgewichtszusammensetzung nach der Relaxationsmethode. Hierbei sind die Wassergas-Shift-Reaktion, die CO-Methanisierung und wahlweise die Boudouardreaktion implementiert.

η_{el} bezeichnet dabei die auf die zugeführte Feuerungsleistung bezogene Bruttostromerzeugung in einem einfachen Dampfkraftprozess mit den in Tabelle 1 zusammengefassten Frischdampfparametern. Sowohl bei der Variation von $T_{Wäsche}$ als auch von $T_{aus,meth1}$ führt eine Temperaturerhöhung zu einer Erniedrigung von η_{ges} bedingt durch eine geringere Bruttostromerzeugung. Ein höheres $T_{aus,meth1}$ führt zu einem verringerten übertragenen Wärmestrom an das Kühlmittel im

Tab. 1: Simulationsrandbedingungen

Enthalpiestrom Synthesegas	37.83 MW
Temperatur Synthesegas	800 °C
Austrittstemperatur 2. Methanisierung	260 °C
Waschmittelkreislauf	offen
Verhältnis Waschmittel- zu Synthesegasmassenstrom	17,5
Frischdampfparameter Dampfkraftprozess	20.5 bar 530 °C
varierte Parameter	
Austrittstemperatur Absorberkolonne $T_{Wäsche}$	110–128 °C
Austrittstemperatur 1. Methanisierung $T_{aus,meth1}$	435–675 °C

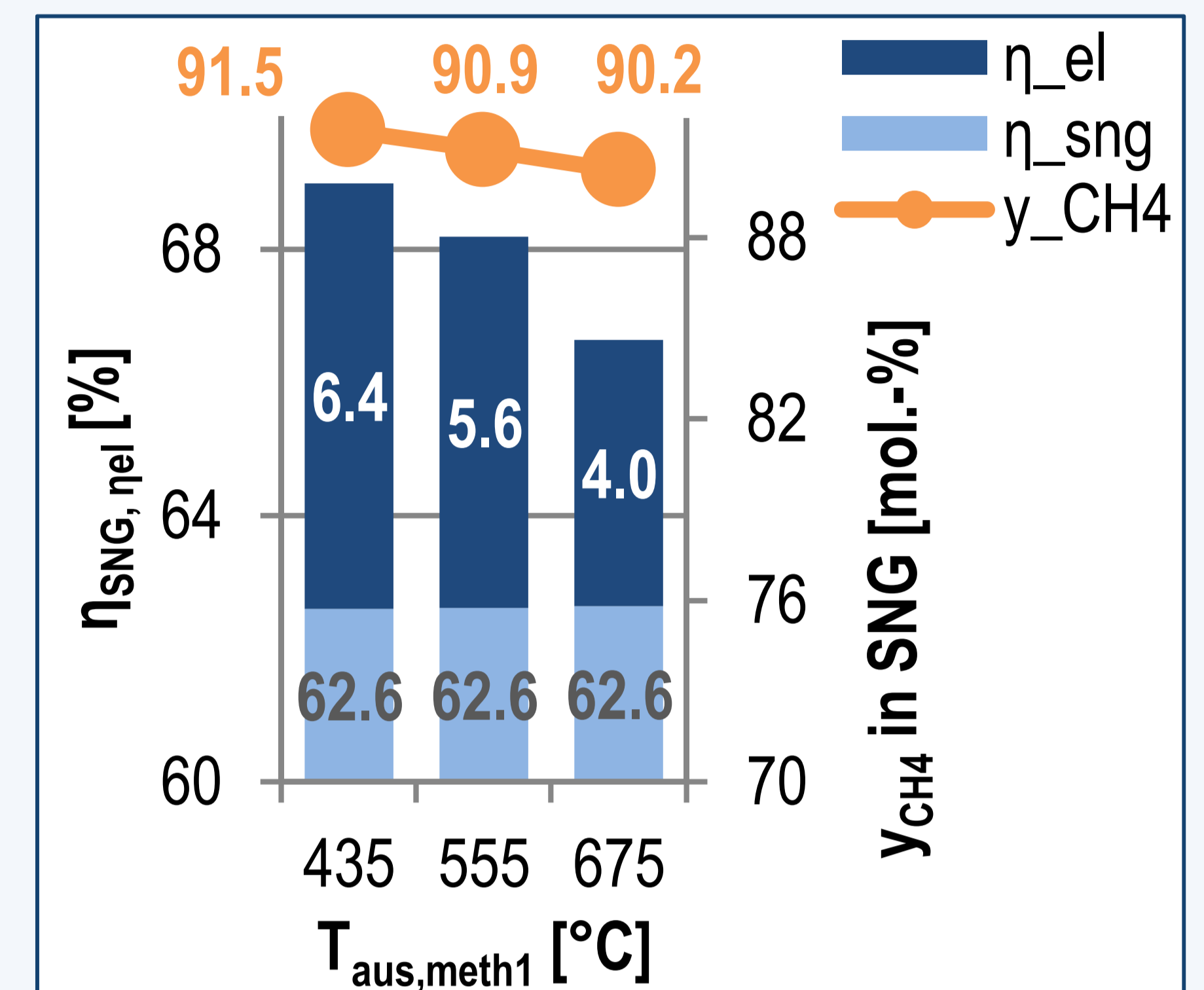


Abb. 2: Einfluss der Austrittstemperatur 1. Methanisierungsreaktor

1. Methanisierungsreaktor und damit einem geringeren verdampfbaren Frischdampfmassestrom. Gleichzeitig führt eine Erhöhung von $T_{Wäsche}$ zu einem höheren H_2O -Anteil im gereinigten Synthesegas, der das chemische Gleichgewicht auf die Eduktseite verschiebt und weniger Reaktionswärme im 1. Methanisierungsreaktor anfällt.

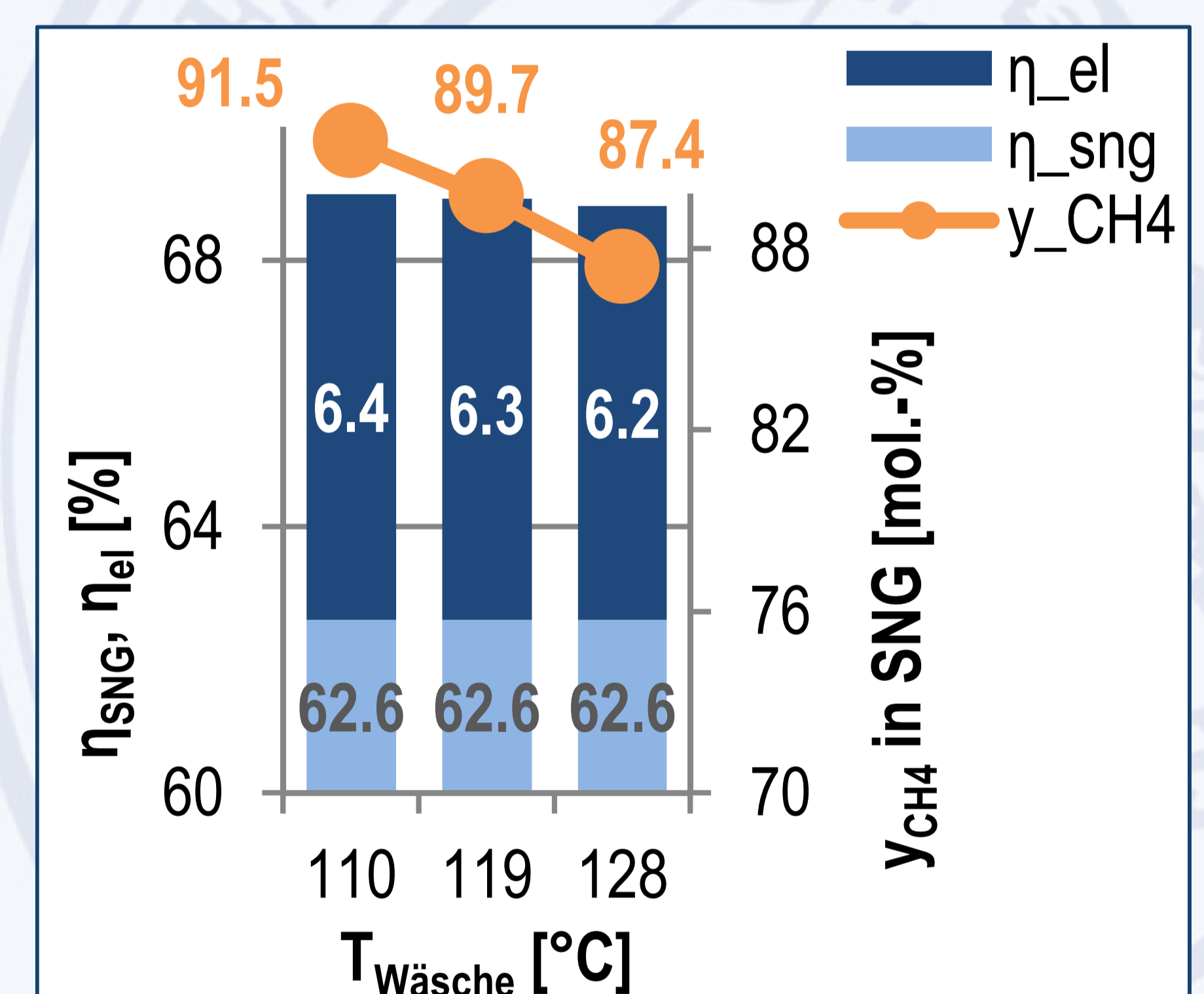


Abb. 3: Einfluss der Austrittstemperatur Gaswäsche

Besonderer Dank gilt dem Research Fund for Coal and Steel der EU für die finanzielle Förderung des Forschungsprojekts RFCR-CT-2013-00008.

Literatur

- [1] C. Baumhagl, „Deliverable Report D23 - Thermodynamic evaluation of a 50 MW SNG plant.“, project CO2freeSNG, 2012.
- [2] H. A. Al-Ramadhan, A Rate-Based Model for the Design and Simulation of a Carbon Dioxide Absorber Using the Hot Potassium Carbonate Process, PhD Thesis, Colorado School of Mines, 2001.
- [3] J. S. Tosh, J. H. Field, H. E. Benson and W. P. Haynes, „Equilibrium study of the system potassium carbonate, potassium bicarbonate, carbon dioxide and water.“, Bureau of Mines, Report of Investigations (5484), 1959.
- [4] P. Treiber and J. Karl, „Deliverable Report D21 - 50 MW Scrubber layout.“, project CO2freeSNG2.0, 2014.



Kontakt:

Dipl.-Ing. Michael Neubert
Michael.fw.neubert@fau.de

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg
www.evt.cbi.uni-erlangen.de