

Die wasserstoffintensivierte Methansynthese als Möglichkeit der stofflichen Verwertung von Kuppelgasen der Stahlindustrie – das Projekt i³upgrade

Alexander Hauser, Maximilian Weitzer, Michael Neubert, Jürgen Karl

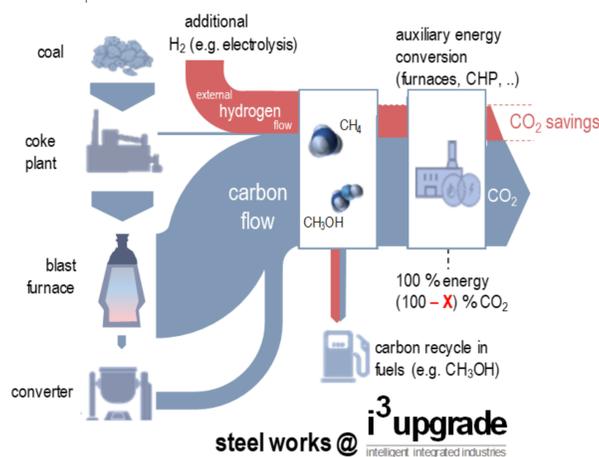
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik (EVT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg

Projektziel i³upgrade

Bei der Stahlproduktion in einem integrierten Stahlwerk werden prozessbedingt energie- und kohlenstoffreiche Nebenproduktgase freigesetzt. Diese entstehen bei der Koksherstellung in der Kokerei (Koksofengas, COG), der Roheisenherstellung im Hochofen (Gichtgas, BFG) und der Stahlherstellung im Konverter (Konvertergas, BOFG). Heutzutage werden diese Gase zusammen mit zusätzlichen fossilen Brennstoffen genutzt, um den Energiebedarf des Stahlwerks zu decken. So kommt es, dass 27-30 % der gesamten industriellen CO₂-Emissionen aus Stahlwerken stammen^(1,2). Das Ziel des Projekts i³upgrade ist die Eingliederung erneuerbarer Energien in den Stahlerstellungsprozess und eine Verringerung der CO₂-Emissionen durch die Integration von dynamischen, wasserstoffintensivierten Methan- und Methanolsynthesen.

Zusammensetzungen der Nebenproduktgase der Stahlindustrie⁽³⁾

Vol.-%	N ₂	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	C _n H _m
COG	3,8	3,2	4,6	21,4	48,9	1,9
BFG	51,0	21,0	23,0	-	4,5	-
BOFG	15,5	17,2	60,9	0,1	4,3	-



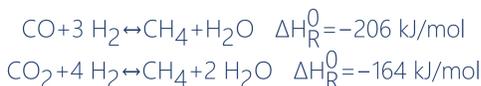
Schematische Kohlenstoffströme in einem integrierten Stahlwerk mit wasserstoffintensivierter Methan- und Methanolsynthese

Eckdaten und Konsortium

Das Projekt hat ein Gesamtvolumen von 3,3 Mio. €. Der Projektstart war im Juni 2018, die Laufzeit beträgt 42 Monate. Neben der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) sind weitere fünf Forschungsinstitute sowie die voestalpine Stahl GmbH und die AirLiquide Forschung und Entwicklung GmbH als Industriepartner in das EU-Projekt involviert. Die Projektwebsite ist unter www.i3upgrade.eu erreichbar.

i³upgrade am EVT

Der Schwerpunkt der experimentellen Untersuchungen am Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik liegt im Bereich der Methanisierung.

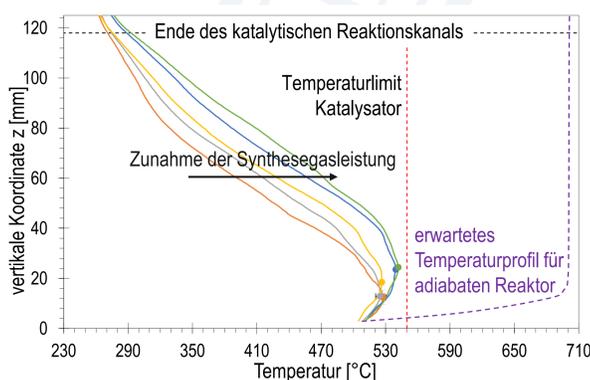


Die bereits erwähnten Nebenproduktgase, besonders das BFG und das BOFG, dienen als Kohlenstoffquelle. Um einen hohen Kohlenstoffumsatz zu erreichen und den Katalysator vor Deaktivierung zu schützen, wird den Stahlgasen Wasserstoff zugegeben.

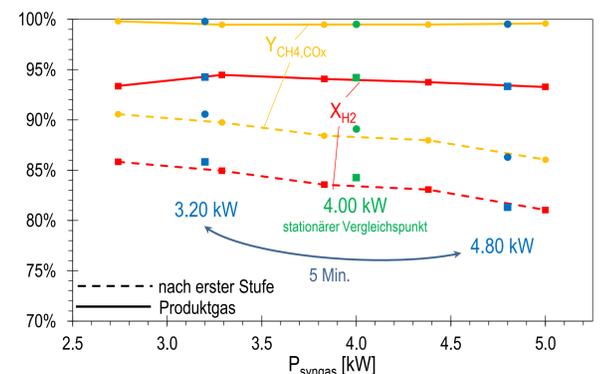
Die Methanisierung wird zunächst mit synthetischen Gasmischungen durchgeführt, die den Stahlgasgaszusammensetzungen entsprechen. Im Verlauf des Projekts sind zudem Untersuchungen mit echten, in Flaschen abgefüllten Stahlgasgasen geplant.

Der Methanisierungsprüfstand am EVT besteht aus zwei Reaktoren, die in Reihe betrieben werden können. Ein Kondensator ermöglicht die Wasserabscheidung zwischen den beiden Stufen. Der erste Reaktor ist als heatpipe-gekühlter strukturierter Festbettreaktor ausgeführt, während die zweite Stufe ein klassisches Festbett enthält⁽⁴⁾. Beide Reaktoren verwenden denselben kommerziellen Nickel-Katalysator.

Stationäre Versuche bei unterschiedlichen Synthesegasleistungen zeigten, dass das strukturierte Reaktorkonzept in der Lage ist, die auftretende Maximaltemperatur in einem weiten Leistungsbereich um ca. 150 K unter die adiabate Synthesetemperatur abzusenken. Hierzu war eine Adaption der Kühlleistung an den jeweiligen Betriebspunkt notwendig. Weiterhin war eine reversible Verschiebung des Temperaturmaximums zu beobachten.

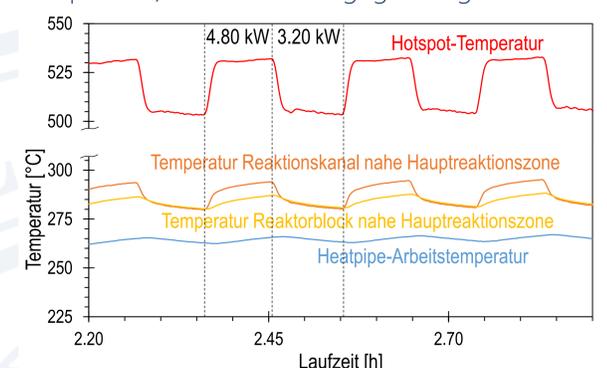


Axiale Temperaturprofile im strukturierten Reaktor für verschiedene stationäre Synthesegasleistungen (syn. BFG, $\sigma_{\text{H}_2} = 1,04$, $p = 4$ bar)



Wasserstoffumsatz und Methanausbeute für stationäre (rot/gelb/grün) und instationäre (blau) Betriebspunkte bei verschiedenen Gasleistungen (syn. BFG, $\sigma_{\text{H}_2} = 1,04$, $p = 4$ bar)

Es wurden sowohl bei den stationären als auch bei durchgeführten instationären Versuchen gleichbleibende Gasqualitäten im Produktgas erreicht. Die Methanausbeute lag im gesamten untersuchten Leistungsbereich bei 100 %. Die Dynamik durch Sprungversuche hatte keine Auswirkungen auf die Gaszusammensetzung. Das Temperaturverhalten der ersten Stufe zeigte dabei deutliche und prompte Sprünge der Hotspot-Temperatur. Das mittlere Temperaturniveau (repräsentiert durch die Heatpipe-Arbeits-temperatur) antwortete hingegen träge.



Zeitaufgelöste Temperaturprofile (strukturierter Reaktor) für Leistungssprünge um 1,6 kW im 5-min-Takt ($\sigma_{\text{H}_2} = 1,04$, $p = 4$ bar)

Danksagung

Dieses Projekt wird durch den Research Fund for Coal and Steel (RfCS) unter der Grant Agreement Nummer 800659 gefördert.

(1) Sarker, T., et al. (2012). Energy sources and carbon emissions in the iron and steel industry sector in south Asia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(1), p. 30-42.

(2) Hasanbeigi, A. (2017). <https://www.globalefficiencyintel.com/new-blog/2017/infographic-steel-industry-energy-emissions>.

(3) Remus, R., et al. (2013). Best available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production.

(4) Neubert, M., et al. (2018). Experimental evaluation of a heat pipe cooled structured reactor as part of a two-stage catalytic methanation process in power-to-gas applications. *Applied Energy*, 229, p. 289-298.



Alexander Hauser, M. Sc.

+49 911 5302-9029

alexander.hauser@fau.de

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl

