

Masterarbeit

Kinetik der Umwandlung biogener Festbrennstoffe unter Reaktionsbedingungen technischer Flugstromvergaser

Hintergrund

Ein mögliches Verfahren zur energetischen und stofflichen Nutzung von bisher ungenutzter Rest- oder Abfallbiomasse, sowie fossiler Festbrennstoffe mit geringer Energiedichte stellt die Hochdruckflugstromvergasung dar. Sie ermöglicht die Erzeugung eines qualitativ hochwertigen Synthesegases, das anschließend in Chemikalien oder flüssige Kraftstoffe umgewandelt werden kann. Ein weiterer Vorteil der Flugstromvergasung liegt in der hohen Brennstoffflexibilität, da trockene feste, flüssige und suspendierte Einsatzstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften verwendet werden können. Als Beispiel für ein Vergasungsverfahren im Flugstrom ist der am KIT entwickelte und derzeit betriebene Pilotflugstromvergaser bioliq[®] zu nennen (s. Abbildung 1). In diesem Prozess wird eine Suspension aus biomassestämmigem Pyrolyseöl und Biokoks („bio-synchrude“) zu Synthesegas umgewandelt. Durch die Verbrennung eines Teils der eingesetzten Biomasse mit Sauerstoff versorgt sich der Prozess selbst mit Energie (autotherme Prozessführung). Dabei herrschen im Reaktor Drücke von bis zu 80 bar und Temperaturen weit über 1200 °C.

Die Brennstoffsuspension wird dem Vergaser mitsamt dem Vergasungsmittel (O_2/H_2O) zugeführt. Nach der Zerstäubung durchläuft der Brennstoff mehrere, aufeinander folgende thermochemische Prozesse (s. Abbildung 2): Verdampfung der flüssigen Phase, schnelle Aufheizung des Koks-korns ($>> 1000\text{ K s}^{-1}$), Sekundärpyrolyse des Koks-es und schließlich die Vergasung in einer CO_2 - und H_2O -reichen Atmosphäre. Die heterogenen Koks- CO_2 und Koks- H_2O Reaktionen (endotherm) sind die geschwindigkeitsbestimmenden Schritte und beeinflussen den Kaltgaswirkungsgrad des gesamten Prozesses. Um einen vollständigen Ausbrand der Partikel und damit verbunden einen hohen Kaltgaswirkungsgrad zu erreichen, ist es notwendig, die Kinetik der heterogenen Gas-Feststoff-Reaktionen zu kennen. Die Reaktionskinetik kann in Laborexperimenten ermittelt werden.

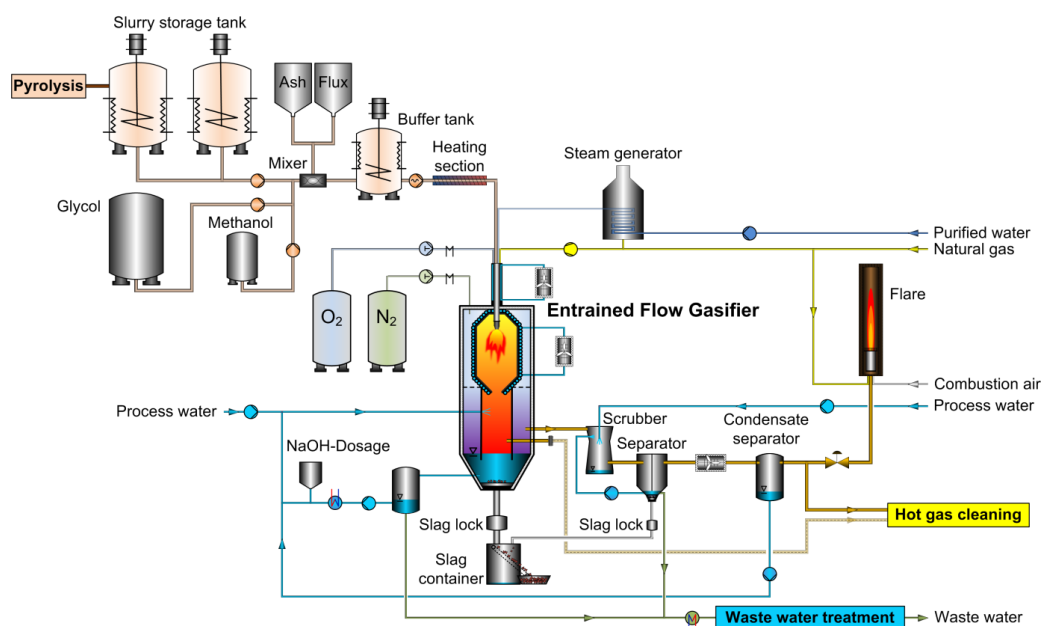


Abb. 1: Prozessschema des bioliq[®] Flugstromvergasers

Aufgabenstellung Bestimmung der Reaktionskinetik für die Vergasung biogener Festbrennstoffe bei erhöhtem Druck

Die Kenntnis der intrinsischen Reaktionskinetik für die Vergasungsreaktionen von Festbrennstoffen mit CO_2 und H_2O zu den Produkten CO und H_2 ist essentiell für die Auslegung von Flugstromreaktoren. Die Reaktionsgeschwindigkeit wird in Abhängigkeit der Temperatur sowie des Partialdrucks des jeweiligen Reaktionsgases ermittelt. Hierzu stehen am Engler-Bunte-Institut (EBI) mehrere Laborapparaturen zur Verfügung, mit denen die Reaktionsgeschwindigkeit der Vergasung bei erhöhtem Druck (pTGA, Druckfestbettreaktor) bestimmt werden kann. Mithilfe der experimentell ermittelten Reaktionsgeschwindigkeiten, wird die Reaktionskinetik in Form eines Potenzansatzes oder Langmuir-Hinshelwood-Ansatzes modelliert. Zur Beschreibung des Gesamtprozesses werden die experimentell generierten Daten zudem in eine CFD Simulation implementiert (s. Abbildung 2). Aufgrund der hohen Porosität der Biomassepyrolysate stehen die Vergasungsreaktionen mit der zur Verfügung stehenden Oberfläche des Feststoffs in direkter Verbindung. Darüber hinaus spielt der Aktivierungsgrad der Oberfläche eine entscheidende Rolle, da dieser die Anzahl an aktiven Reaktionszentren und damit maßgeblich die Reaktivität des Brennstoffs bestimmt (s. Abbildung 3).

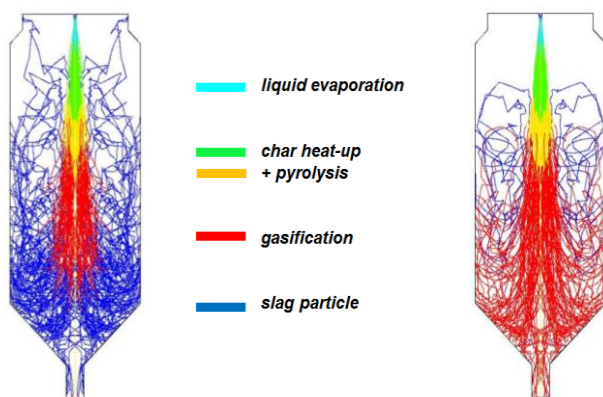


Abb. 2: CFD Simulation der Partikel-Flugbahnen bei der Flugstromvergasung von „bio-syn crude“: Kohlenstoffumsatz $X_C = 100\%$ (links), $X_C = 60\%$ (rechts)

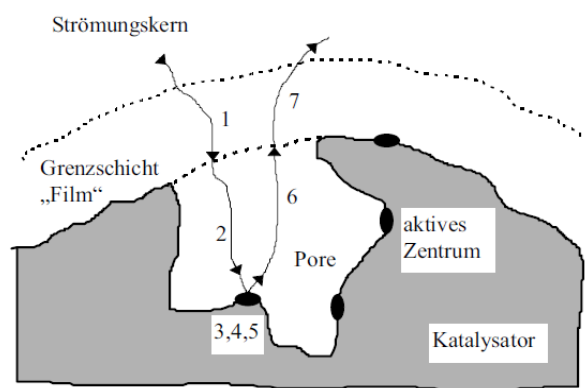


Abb. 3: Teilschritte der Gas-Feststoff Heterogenreaktionen, Chem. Reaktionstechnik, E. Müller-Erlwein



Abb. 4: Festbettreaktor zur Bestimmung der Reaktionskinetik für die Vergasung biogener Festbrennstoffe bei erhöhtem Druck

Beginn der Arbeit:
Betreuer:

01.10.2019
Christoph Schneider (ch.schneider@kit.edu)