

Ausgewählte Maßnahmen für ökoeffiziente Energiesysteme

Neda Djordjevic

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)

Institut für Technische Chemie, Vergasungstechnologie

Die Hochdruckflugstromvergasung stellt ein Verfahren zur energetischen und stofflichen Nutzung von biogenen und minderwertigen, fossilen Energierohstoffen dar. Dabei wird der Brennstoff (fest, suspendiert, flüssig) im Flugstrom bei kurzen Verweilzeiten und hohen Reaktortemperaturen und -drücken mit einem gasförmigen Vergasungsmittel zu Synthesegas umgesetzt. Das erzeugte Synthesegas wird anschließend in einer Synthese weiter zu Methan (SNG), flüssigen Kraftstoffen (BtL / CtL) und chemische Grundstoffe umgewandelt oder als Brennstoff für eine Gasturbine im Kraftwerk (IGCC) zur Stromerzeugung mit sehr hohem Wirkungsgrad eingesetzt. Solche Poly-Generation Systeme bieten eine hohe betriebliche Flexibilität kombiniert mit variablem Brennstoffeinsatz und hoher energetischer Effizienz. Dies ermöglicht ein Ausgleich der Diskrepanz zwischen Energieangebot und -verbrauch, die durch einen hohen Anteil fluktuierender erneuerbaren Energien hervorgerufen wird, mit gleichzeitiger Minderung des CO₂-Außstosses durch den Einsatz biogener Energierohstoffe und/oder hohe Prozesseffizienz. Um das fundamentale Verständnis der reagierenden Mehrphasenströmung bei hohem Druck im Flugstromvergaser zu gewinnen wird ein Multiskalen-Ansatz verfolgt. Dabei wird eine reaktionskinetische Charakterisierung von Brennstoffen im Labormaßstab durchgeführt; die Vorgänge im Partikelkollektiv, wie sie im Spray eines mit Suspensionsbrennstoff betriebenen Flugstromvergasers stattfinden, werden in Bench-Scale-Anlagen simuliert. Ein Transfer der fundamentalen Kenntnisse auf technische Systeme erfolgt durch Experimente an einem Hochdruck-Flugstromvergaser im Pilot-Maßstab (bioliq[®]-Vergaser, 5 MW_{th} / 80 bar).

Die während der Verbrennung in stationären Gasturbinen zur Stromerzeugung freigesetzten Emissionen sind eine bedeutende Quelle für die Luftschadstoffe wie z. B. Stickstoffoxide (NO_x). Zur Minderung dieser Emissionen wurde das Potential der Porenbrennertechnologie zum Einsatz in Pilotbrenner der Gasturbinen untersucht. Die bei der Vormischverbrennung im Porenbrenner auftretenden vergleichsweise tiefen Temperaturspitzen gegenüber konventionell angewandten Diffusionsflammen sorgen für Verhinderung der NO_x – Bildung nach dem thermischen Mechanismus. Gleichzeitig wird durch diese Art der Verbrennungsausführung eine ausgezeichnete Flammenstabilität gewährleistet. Eine fundamentale experimentelle Studie mit dem Ziel das Verständnis über den Flammenstabilisierungsmechanismus innerhalb eines porösen Körpers zu gewinnen wurde durch eine systematische Variation der relevanten makroskopischen Porenkörpereigenschaften durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche keramische Schwammstrukturen eingesetzt.

Darüber hinaus wurde ein 1D Modell der Verbrennung in keramischen Schwämmen definiert. Der größte Unterschied ist dabei im Vergleich zu anderen Modelle aus der Literatur die Berücksichtigung des Effektes der Strömungsdispersion auf Wärme- und Stofftransport, wobei die Dispersionskoeffizienten aus 3D numerischen Simulationen der Mikroströmung in realen Schwammstrukturen gewonnen wurden. Das Modell ermöglicht eine Klärung der relativen Wichtigkeit unterschiedlicher Transportmechanismen für Flammenstabilisierung im Porenbrenner und bittet eine Basis für Auslegung und Optimierung solcher Systeme.