

Detaillierte Modellierung der Vergasung eines Holzpartikels

Projektleiter: Prof. Dr. Frank Behrendt

Bearbeiter: Birgit Wilmes

Motivation

Im Rahmen der forcierten Nutzung regenerativer Energien stellt die thermochemische Gaserzeugung aus fester Biomasse eine attraktive Technologie mit guten Zukunftsaussichten dar. In Kombination mit Verbrennungskraftmaschinen ist i. A. eine Stromerzeugung mit sehr viel höheren Wirkungsgraden als mit dem konventionellen Dampfkraftprozess im gleichen Leistungsbereich möglich.

Das Produktgas ist allerdings mit Ruß, Teer und Aschen verunreinigt. Eine Aufbereitung des Rohgases ist unabdingbar, wenn das Gas in Gasmotoren und Gasturbinen eingesetzt werden soll. Ein detailliertes Verständnis der während der Vergasung ablaufenden Prozesse ist die Voraussetzung, wenn es darum geht, Maßnahmen zur Schadstoffreduktion zu untersuchen. Besonders die Mechanismen der Rußbildung und Teerentstehung bilden Gebiete, die noch stets viel Forschungspotential bieten.

Problemstellung

Die meisten derzeitigen Modellierungsansätze von Vergasungsprozessen ignorieren die Details, die von den Prozessen im Partikel ausgehen. Ungeklärt ist dabei, wie groß der daraus resultierende Fehler ist. Deshalb ist die Beschreibung der Vergasung eines einzelnen Holzpartikel unter Verwendung von detaillierten Modellen, unabhängig vom Gesamtprozess, das Ziel dieses Projektes. Damit hält man ein vielseitig einsetzbares Werkzeug in den Händen, das an unterschiedlichste Gesamtprozesse gekoppelt werden kann.

Einem anderen Teilgebiet, nämlich der experimentellen Untersuchung eines Einzelpartikels, kommt dabei eine große Bedeutung zu, da nur durch die enge Verknüpfung von Experiment und mathematischer Simulation eine Validierung der in Simulationen gewonnenen Ergebnisse möglich ist. Aus diesem Grund wurde an unserem Institut ein Versuchsstand aufgebaut, in dem Holzpartikel im Abgas eines McKenna-Brenners vergast werden können. Dieser soll mit optischen Meßmethoden (Raman, LIF) versehen werden, mit denen die Bestimmung zeitaufgelöster Temperatur- und Konzentrationsprofile in der Umgebung der Kugel ermöglicht wird. Besonders interessant ist dabei der Bereich der Grenzschicht unterhalb der Kugel, da dieser auch mit dem Modell abgebildet werden soll.

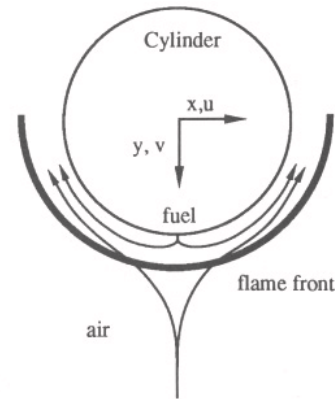
Lösungsansatz

Es wird ein mathematisches Modell für die Vergasung von festen Brennstoffpartikeln entwickelt, das in der Lage ist, Temperatur- und Konzentrationsprofile im Innern eines Partikels wie auch die Freisetzung von flüchtigen Bestandteilen zu berechnen. Die Basis bilden die bei der Vergasung von Feststoffen ablaufenden Phänomene Trocknung und Pyrolyse sowie homogene und heterogene Reaktionen. Anders als bei den meisten Ansätzen werden hier die Gasphasenreaktionen und die Oxidation von Holzkohle mittels detaillierter Mechanismen beschrieben. Problematisch ist die Beschreibung der Pyrolyse.

Es handelt sich bei dem betrachteten Partikel um ein poröses Medium, das in seiner Struktur nicht im Detail bekannt ist. Aus diesem Grund werden die mikroskopischen Gleichungen für die einzelnen Phasen samt aller Randbedingungen über ein repräsentatives Kontrollvolumen gemittelt, um somit makroskopische Gleichungen zu erhalten. In den Poren findet molekulare und Knudsendiffusion statt, die im Modell entsprechend berücksichtigt wird. Es werden Bilanzen für Masse, Impuls, Energie und Speziesmassen aufgestellt, die auf ein eindimensionales, zeitabhängiges System von partiellen Differentialgleichungen führen.

Um wohl definierte Randbedingungen am äusseren Rand zu erhalten, wird die umgebene Gasphase als Staupunktströmung mittels einer Grenzschichtnäherung modelliert. Der resultierende Satz von Gleichungen muss mit dem Partikelmodell gekoppelt werden.

Das Gleichungssystem wird unter Berücksichtigung der Anfangs- und Randbedingungen mit dem Extrapolationslöser LIMEX gelöst.



Gegenstromkonfiguration