

Ausschreibung für Abschlussarbeiten (BA/MA)

„Numerische Simulation eines Wirbelschichtreaktors für die Pyrolyse von Kunststoffabfällen“

Motivation

In den letzten Jahren ist das Recycling von Kunststoffabfällen aufgrund hoher Anforderungen an einer Kreislaufwirtschaft sowie der Umweltprobleme, die durch herkömmliche Behandlungsmethoden wie die Deponierung und die Verbrennung verursacht wurden, populär geworden. Es wird davon ausgegangen, dass 100 % der Kunststoffverpackungen bis 2040 in Europa recycelt werden könnten. Das chemische Recycling über die Hochtemperaturverfahrenstechnik hat in diesem Rahmen als eine vielversprechende Technologie mit einem hohen Potenzial für die heterogenen und kontaminierten Kunststoffabfälle nachgewiesen, während ein mechanisches Recycling weder wirtschaftlich noch vollständig technisch machbar ist. Chemisches Recycling basiert auf dem Zersetzen der Polymere in kurzketzige Moleküle, die anschließend für die Herstellung von Chemikalien, Kraftstoffen und neuen Kunststoffen mit identischer Leistung wie das ursprüngliche Material verwendet werden können. Der Pyrolyseprozess ist so effizient zu gestalten, dass die Produktionsrate steigt, während das Ausrüstungsvolumen und die Umweltbelastung sinken (Prozessintensivierung). Das Wirbelschichtreaktor für die Pyrolyse von Kunststoffabfällen am Institut für Technische Chemie (ITC) wird in dieser Arbeit mittels der CFD (Computational Fluid Dynamics) untersucht, um ein tiefgreifendes Verständnis der unterliegenden Prozesse wie die Strömungszustände, Dispersion, Durchmischung, zu gewinnen und die optimalen Betriebsbedingungen zu finden.

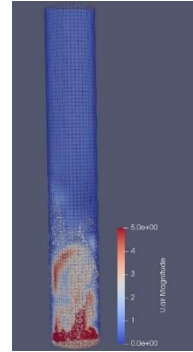


Abb. 1: Simulation eines Wirbelschichtreaktors.

Ziel der Arbeit

Die Arbeit befasst sich mit der CFD Simulation eines Wirbelschicht-Pyrolysereaktors im Labormaßstab, welches am ITC entwickelt und für die Pyrolyse von Kunststoffabfällen, in diesem Fall von Polyurethan, eingesetzt wird. Ziel der Arbeit ist die Erstellung eines funktionstüchtigen numerischen Setups für die Gesamtsimulation des Pyrolyseprozesses, welches zu einem detaillierten Verständnis der Prozesse und die Optimierung des Pyrolyse-Reaktors führen kann.

Die Rechnungen sind zuerst für die kalten (nicht-reagierenden) Strömungen mit Feststoffpartikeln aus Kunststoffabfällen zu simulieren und die Ergebnisse anhand vorhanden Messdaten zu validieren. Die innere Geometrie des Reaktors ist vereinfacht als Zylinder anzunehmen und das zugehörige Rechengitter soll darauf basierend erstellt werden. Danach sollen passende physikalische-chemische Modelle sowie die Lösungsverfahren eingestellt werden. Die benötigten Stoffeigenschaften der Eingangsstoffe werden durch vorhandene Literaturdaten bereitgestellt. Die Simulationen sind unter Variationen der Gasgeschwindigkeiten und Partikelgrößen durchzuführen, um die Wechselwirkung des Gas- und Partikelströmungen zu charakterisieren sowie die Korrelation der Wirbelschichteigenschaften mit den Einflussparametern zu identifizieren.

Anschließend sind die Rechnungen für die reagierenden Partikelströmungen inklusive der Pyrolysereaktionen durchführen. Dabei soll ein vorhandenes vereinfachtes Reaktionsmodell verwendet und die Genauigkeit des Modells für die Simulation der Pyrolyse von Kunststoff verifiziert werden.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt bei der Bereitstellung des numerischen Setups, inklusive der geeigneten Auswahl von Methoden/Modellen für reagierende Mehrphasenströmungen, z.B. Euler-Euler oder Euler-Lagrange, der Beschreibung von den Wechselwirkungen zwischen dispersen und kontinuierlichen Phasen im Sinne der Impuls-/Wärme-/Stofftransporte. Der Vergleich der Ergebnisse mit vorhanden Messungen dienen als Grundlage für die Validierung der Simulationsmethode sowie die weitere Optimierung des Pyrolyseprozesses.

Gewünschte (kein Zwang) Vorkenntnisse für die Arbeit sind Strömungsmechanik, Thermodynamik, Reaktionskinetik und Programmierung in C++. Vorteilhaft sind weitere Erfahrungen mit Linux, OpenFOAM, Ansys-Fluent und CAD Programmen.

Die konkreten Aufgabenstellungen sowie der Umfang der Arbeit werden nach Interessen und Qualifikationen der Studierenden sowie nach Absprache mit Betreuern und Aufgabensteller festgelegt.

Als Perspektive werden durch die Arbeit umfassende Kenntnisse für die Anwendung von der CFD Methode sowie der Programmierertechnik für die Lösungen von spannenden Aufgabenstellungen im Bereich der Hochtemperaturverfahrenstechnik vermittelt.

Sprache: Deutsch oder Englisch
Arbeitsbeginn: Ab sofort bzw. nach Vereinbarung
Aufgabensteller: Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf
Betreuer: Dr.-Ing. Feichi Zhang, Dr.-Ing. Salar Tavakkol
E-Mail: feichi.zhang@kit.edu, salar.tavakkol@kit.edu