

Untersuchung der Dynamik fluider Partikel auf Basis der Volume of Fluid Methode

Zusammenfassung der Dissertation von Martin Schmidtke

In vielen natürlichen und verfahrenstechnischen Prozessen treten zweiphasige Strömungen auf. Ein Beispiel einer zweiphasigen Strömung ist der freie Aufstieg von fluiden Partikeln (Blasen oder Tropfen) in einer Flüssigkeit, etwa in Blasensäulen oder Extraktionsanlagen. Für Simulationen derartiger Apparaturen, in denen sich eine Vielzahl von fluiden Partikeln bewegt, werden Modelle für den Impulsaustausch zwischen den Partikeln und der umgebenden Flüssigkeit benötigt. Diese können durch experimentelle Beobachtung oder durch die Simulation einzelner fluider Partikel gewonnen werden.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Simulationen aufsteigender fluider Partikel wurden mit dem CFD-Programm *FS3D* durchgeführt, welches auf der Volume-of-Fluid (VoF) Methode basiert. Die Validierung des Codes erfolgt durch Vergleich der numerischen Lösungen für schleichende Strömungen mit analytischen Lösungen, wobei eine gute Übereinstimmung festgestellt wird.

Im ersten Teil der Dissertation werden Simulationen für den freien Aufstieg von Öltropfen in Wasser mit experimentellen Beobachtungen hinsichtlich der Aufstiegsgeschwindigkeit, der Tropfenform und der Bewegungsbahn verglichen. Die Aufstiegsgeschwindigkeiten und Widerstandsbeiwerte sind vergleichbar, die simulierten Tropfen sind jedoch deutlich flacher. Dieser Unterschied kann durch Verunreinigungen der Grenzfläche im Experiment verursacht sein.

Der Übergang von einem gradlinigen Aufstieg zu zickzack-förmigen Aufstiegsbahnen kann mit Hilfe der Simulationen auf Instabilitäten im Nachlauf der Blasen zurückgeführt werden, die zu einer periodischen Wirbelablösung führen.

Im zweiten Teil der Dissertation wird der Aufstieg von Blasen in linearen Scherströmungen untersucht. Steigen die Blasen in einer vertikalen Scherströmung auf, so beobachtet man eine seitliche Migration. Diese seitliche Migration der Blasen wird durch die sogenannte Liftkraft verursacht, deren Vorzeichen und Betrag von der Blasengröße und den Stoffeigenschaften der Flüssigkeit abhängt. Die Simulationen zeigen, daß das Vorzeichen der Liftkraft für eher sphärische Blasen durch den Bernoulli-Effekt erklärt werden kann. An stark deformierten Blasen hingegen wirkt die Liftkraft in umgekehrter Richtung. Dieses Phänomen tritt auch in den Simulationen auf. Verschiedene Hypothesen für die Ursache dieses Phänomens werden überprüft.

Die bekannteste experimentelle Korrelation für die Liftkraft von Tomiyama u.a. (2002) wird durch Simulation von realen Flüssigkeiten mit bekannten Stoffeigenschaften wie auch von Modellfluiden mit willkürlichen Stoffeigenschaften validiert und weitgehend bestätigt. Die Lift-Korrelation hat demnach hinsichtlich der Stoffeigenschaften der Flüssigkeit einen größeren Geltungsbereich, als bisher experimentell überprüft wurde.