

„Untersuchungen grundlegender tropfendynamischer Vorgänge mit Hilfe der direkten numerischen Simulation (DNS)“

Abstract

Die numerische Berechnung von Mehrphasenströmungen ist generell schwierig. Normalerweise werden eine Menge von Annahmen und Vereinfachungen gemacht, um solche Strömungsprobleme zu lösen. Auf der anderen Seite spielen in unserem täglichen Leben und in vielen technischen Prozessen einzelne Tropfen und deren Interaktion mit umgebenden Wänden und anderen Tropfen eine herausragende Rolle (z. B. Kraftstoffeinbringung, Verdampfung, Regentropfen, Luftverschmutzungen,...). Am ITLR wird seit mehr als 15 Jahren das Programm FS3D (Free Surface 3D) für solche einfachen Tropfeninteraktionsprozesse entwickelt. Das Programm basiert auf der Direkten Numerischen Simulation (DNS) von Mehrphasenströmungen. Es werden also keine zusätzlichen Modelle für die Mehrphasenströmungen benötigt. Das heißt, dass die Phasengrenze durch alle relevanten Vorgänge aufgelöst werden und keine Modelle, wie z.B. bei Euler-Lagrange Simulationen von Sprays benötigt werden. Dies bedeutet allerdings auch einen erheblichen numerischen Aufwand, so dass die Rechnungen auf den Supercomputern in Stuttgart am HLRS durchgeführt werden müssen. Hierbei wurden schon Rechnungen mit bis zu 250 Mio. Gitterzellen erfolgreich durchgeführt.

FS3D löst die Kontinuitätsgleichung, die Navier-Stokes Gleichungen und die Energiegleichung für inkompressible Strömungen. Zur Beschreibung der Phasengrenze wird die Volume-of-Fluid Methode (VOF) verwendet. Hierbei wird eine zusätzliche Transportgleichung für den Volumenanteil f (VOF Variable) der dispersen Phase gelöst. Zur Erhaltung einer scharfen Phasengrenze zu jedem Zeitpunkt, wird die Phasengrenze mittels der PLIC-Methode (Piecewise Linear Interface Reconstruction) berechnet. Die räumliche Diskretisierung wird mittels der Finite Volumen Methode auf einem versetzten Gitter durchgeführt. Das Programm verwendet einen effektiven Multigrid Löser zur Lösung der Poisson Gleichung für die Druckverteilung.

Der Vortrag wird sich mit verschiedenen Anwendungen des Programms FS3D beschäftigen. Hierbei werden zunächst sehr grundlegende Anwendungen, wie z.B. Tropfenkollisionen und Tropfen-Wand-Kollisionen vorgestellt. Anschließend wird die Anwendung auf verdampfende Tropfen gezeigt. Danach zeigt der Vortrag eine Anwendung des Programms auf komplexe Strahlerfallprozesse und Kühlungsvorgänge in Motorventilen. Zum Abschluss werden dann noch Beispiele aus dem Automobilbau und der Verfahrenstechnik diskutiert und es wird gezeigt, wie eine detaillierte DNS Modellierung für „reale technische Probleme“ benutzt werden kann.