

CFD Modellierung im Bereich Strömungstechnik / Sicherheitstechnik für Ein- und Mehrphasenströmungen

Thomas Frank

ANSYS Germany GmbH, Staudenfeldweg 12, D-83624 Otterfing

Thomas.Frank@ansys.com

Kurzfassung

Gegenstand des Vortrages sind die Möglichkeiten einer numerischen Berechnung von Strömungen durch Apparate und Sicherheitseinrichtung wie z.B. Sicherheitsventile in Chemieanlagen. Von besonderem Interesse sind hierbei dynamische/transiente Simulationen zur Bewertung von Störungsszenarien und zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen.

Der Vortrag gibt zunächst eine Produktübersicht über ANSYS Workbench und ANSYS CFX in der derzeit aktuellen Version 10. Mit ANSYS CFX steht ein leistungsfähiges CFD¹-Programmsystem zur dreidimensionalen, stationären oder transienten numerischen Simulation von Ein- oder Mehrphasenströmungen zur Verfügung. Einsatzgebiete von ANSYS CFX sind die Strömungsberechnung in Turbomaschinen, im Automobilbau, in der Luft- und Raumfahrt, der Kernreaktorsicherheitsforschung, der Energieindustrie (fossile Energieträger, Wasser- und Windkraftanlagen), der Verfahrenstechnik, der Raumklimatisierung und Brandsimulation sowie vielen anderen Anwendungsgebieten.

Im Folgenden wird auf die mit ANSYS CFX zur Verfügung stehenden Modellansätze eingegangen, die für CFD-Simulationen im Bereich der Strömungs- und Sicherheitstechnik für Chemiereaktoren von besonderer Bedeutung sind. Hierzu zählen insbesondere die mit ANSYS CFX zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Turbulenzmodellierung, die Bereitstellung von Materialeigenschaften von Fluiden und Realgasen bzw. Möglichkeiten zu deren Beschreibung und die Behandlung von aus mehreren Fluiden bestehenden Mehrkomponentengemischen mit chemischen Reaktionen. Neben der Betrachtung von rein einphasigen Strömungen kommt es in Chemieanlagen bei Durchgehreaktionen oder Druckentlastungsprozessen auch zur Bildung von Mehrphasenströmungen. Der Vortrag gibt einen systematischen Überblick über die verschiedenen Modellierungsansätze für CFD-Simulationen von Mehrphasenströmungen und geht auf Details der Modellierung von Masse-, Impuls- und Energieaustausch zwischen den beteiligten Phasen z.B. bei Strömungen mit Phasenübergängen (Verdampfung, Kondensation) ein. Besondere Bedeutung bei der Modellierung von Mehrphasenströmungen kommt i.a.R. der Beschreibung der Strömungsmorphologie zu. Neben der Betrachtung von Modellen für Mehrphasengemische werden auch die Modellierungsansätze zur Berechnung von Strömungen mit freier Oberfläche vorgestellt.

Abschließend werden im Vortrag drei Beispiele von CFD-Simulationen mit Relevanz für die Sicherheitstechnik gezeigt:

- Der Edwards-Test; Simulation des Flashings von Wasser in einem Rohr bei plötzlicher Druckentlastung; Vergleich von CFD-Ergebnissen mit dem Experiment;
- Einphasige Durchströmung eines Stellventils bei gegebener Öffnung und Berechnung des Massenstroms; Untersuchung nach den Best Practice Guidelines (BPG) für CFD;

¹ CFD – Computational Fluid Dynamics

- Dynamische Simulation der Öffnung eines Ventils mittels Fluid-Struktur-Wechselwirkung (FSI)

Anhand dieser Beispiele wird auf weitere Details der Modellierung, der dynamischen Netzgenerierung und der verschiedenen Möglichkeiten der FSI-Kopplung eingegangen. Am Beispiel der dynamischen Ventilsimulation wird exemplarisch die Kopplung von ANSYS CFX mit dem 1D-Simulationscode AMESim gezeigt, die es ermöglicht, eine detaillierte CFD-Simulation als Teil einer größeren Anlagen- oder Komponentensimulation in gekoppelter Weise auszuführen.

Der Autor ist bei ANSYS Germany (CFX) in Otterfing Leiter der CFX-Entwicklung in national und EU-geförderten Forschungsprojekten und verfügt über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Euler-Euler- und Euler-Lagrange-Mehrphasenströmungssimulation.