

Fachbeispiel

Mehrphasenströmungen mit VoF

Simulation von Mehrphasenströmungen mit Volume of Fluid (VOF)

In der Technik haben wir es ständig mit den verschiedensten Mehrphasenströmungen zu tun: mischbare/nicht mischbare Phasen, Strömungen mit freien Oberflächen, partikelbeladene Strömungen...

Um die damit verbundenen strömungsmechanischen Fragestellungen mittels CFD effizient zu bearbeiten, bedarf es verschiedener Modelle.



Man teilt die Strömungen daher in 2 Klassen ein:

- Strömungen, die mit einer dispersen Phase beladen sind und
- Strömungen mit verschiedenen kontinuierlichen Phasen.

Erstere werden mit Euler-Lagrange-Methoden (disperse Partikel werden einzeln verfolgt) oder Eulerschen Mehrphasenmodellen (disperse Phase wird als Quasi-Kontinuum behandelt) berechnet.

Für Letztere kommen u.a. die sog. VOF-Methode oder Level-Set-Methoden zum Einsatz. Der Bereich der mit VOF-Methoden

bearbeitbaren Fragestellungen ist groß, hat jedoch folgende Gemeinsamkeiten:

- die Fluide sind nicht mischbar
- große Trennflächen zwischen Fluiden gegenüber der Gittergeometrie

Die Grundidee bei VOF ist, jeder Phase i in jeder Zelle einen Volumenanteil f_i zuzuordnen, so dass gilt:

$$\sum_i f_i = 1 \text{ und } 0 \leq f_i \leq 1.$$

I.d.R. werden für jede Zelle die Erhaltungsgleichungen nur einmal gelöst und nicht für jede einzelne Phase. Das Verfahren ist somit für die praktische Anwendung äußerst attraktiv, da die Rechenzeit überschaubar bleibt. Aus den Volumenanteilen wird dann die Grenzfläche der Fluide berechnet. Um unphysikalische Effekte zu vermeiden, werden i. d. R. Glättungsalgorithmen eingesetzt. Auf eine ausreichende Glättung ist insb. im Hinblick auf die Berechnung von Oberflächenspannungen zu achten, da sonst zu große Krümmungen entstehen, die hohe Spannungen und damit parasitäre Geschwindigkeiten verursachen.

Typische Anwendungsfälle für VOF sind z. B.:

- Befüll- und Entleerungsvorgänge wie z. B. beim Tanken
- Bewegung teileingetauchter Körper in Flüssigkeiten, z. B. Schiffe & Wellenschlag oder Rührvorgänge
- Bewegung von – relativ zum Rechengitter- großen Gasblasen durch Flüssigkeiten.