



<b>Diplomand</b>	Schlunegger Jorian
<b>Dozent</b>	Prof. Dr. Mangani Luca
<b>Projektpartner</b>	Institut IME, CC Fluidmechanik und numerische Methoden
<b>Experte</b>	Dr. Schlienger Joel
<b>Themengebiet</b>	Energien, Fluide und Prozesse

## Simulation von turbulenten Strömungen in hydraulischen Anwendungen mit der Lattice-Boltzmann-Methode

### Ausgangslage

Die numerische Strömungsmechanik (CFD) ist essenziell für die Entwicklung komplexer Strömungsanwendungen. Die Ergebnisse der klassischen Reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Methode (RANS) hängen stark vom gewählten Turbulenzmodell ab. Skalenauflösende Simulationen sind jedoch mit impliziten Finite-Volumen-basierten CFD-Solvern noch zu teuer für die breite Anwendung. Die Lattice-Boltzmann-Methode (LBM) bietet einen alternativen Ansatz für die Simulation von transienten turbulenten Strömungen, indem sie die mesoskopischen Transportphänomene in einem Fluid simuliert. Anstatt die traditionellen Navier-Stokes-Gleichungen zu lösen, modelliert sie das Verhalten von Teilchen und ihre Interaktionen über ein Gitter auf der Grundlage der Boltzmann-Gleichung, die eine Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion beschreibt. Sie bietet aufgrund seines expliziten Berechnungsverfahrens in paralleler Ausführung eine hohe Genauigkeit bei geringen Rechenzeiten. Dies ermöglicht Berechnungen mit GPUs, was viel schneller ist als das Verfahren mit herkömmlichen CPU-basierten Solvern. Dieser Ansatz ermöglicht es, instationäre Strömungen innerhalb kürzester Zeit zu simulieren und zu visualisieren. Das CC FNUM entwickelt einen solchen Hochleistungscode, der im Kontext der Turbulenzmodellierung validiert und um das Sigma-Modell (Turbulenzmodell) erweitert werden musste.

### Vorgehen

Um den Solver und die verschiedenen Turbulenzmodelle zu testen, wurde der Backward-facing step simuliert, welcher als Standardtestfall häufig herangezogen wird bei der Verwendung von CFD. Damit konnte festgestellt werden, welches der Turbulenzmodelle am geeignetsten ist und ob die Resultate zufriedenstellend sind. Ein Resultat dieser Simulation ist in Abb. 1 ersichtlich. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurde in einem nächsten Schritt der Rotating Stall-Prüfstand aus dem Fluidlabor des CC FNUM nachsimuliert (Abb. 2). Dieser dient dazu Strömungsablösungen bei Turbinen zu visualisieren und ist aufgrund der instationären Strömung für den vorliegenden Solver ein äußerst interessanter Testfall. Eine Lösung einer solchen Simulation ist in Abb. 3 ersichtlich, in welchem das Geschwindigkeitsfeld im Diffusor visualisiert ist.

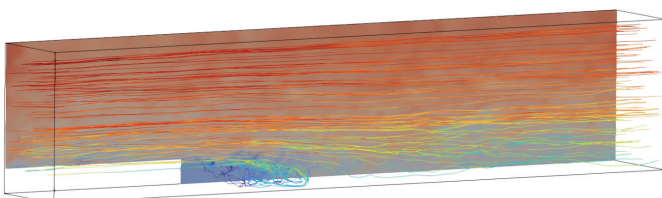


Abb. 1: Strömungslinien in der Simulation des Backward-facing steps

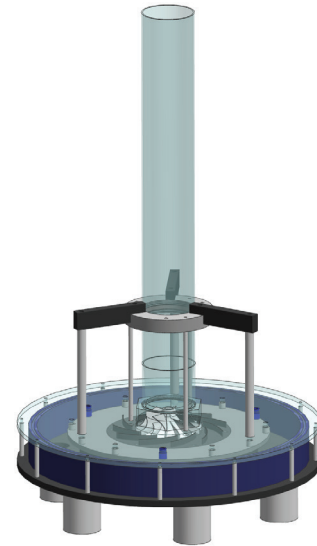


Abb. 2: Prüfstand zur Visualisierung von rotierendem Strömungsabriss

### Ergebnis

Die in dieser Arbeit neu implementierte Variante des Sigma-modells, sowie die anderen Turbulenzmodelle konnten getestet werden. Die Resultate des Backward-facing steps zeigten, dass beim Simulieren ohne jegliche Verwendung eines Turbulenzmodells, also die DNS, die besten Ergebnisse liefert. Mit dem daraus gewonnenen Wissen stellte sich beim Simulieren des Rotating Stalls heraus, dass die rotierende Ablösefrequenz um 24 % höher ist als die aus den Messungen. Aus diesem Grund wird empfohlen, an der optimalen Parameterfindung für solche instationäre Strömungen weiter zu forschen.

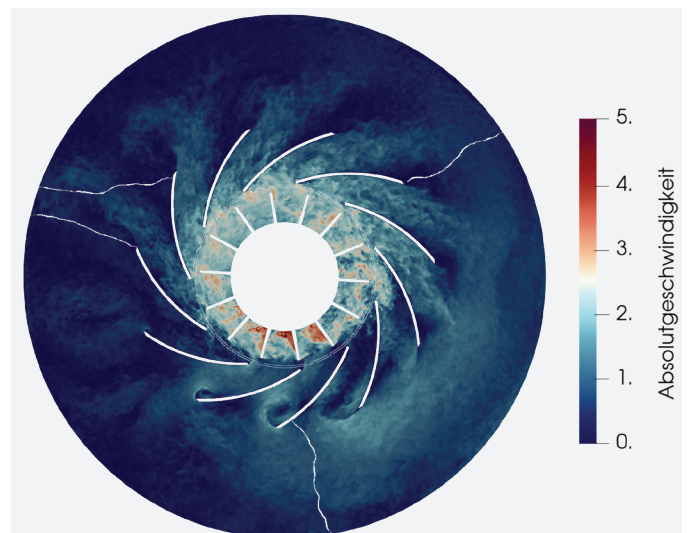


Abb. 3: Geschwindigkeitsfeld und sichtbare Strömungsablösungen im Diffusor