



# School of Engineering

IEFE Institut für Energiesysteme  
und Fluid-Engineering

## Numerical Simulations Based on the Navier-Stokes Equations Compared with Solutions of the Lattice Boltzmann Method

Die Lattice Boltzmann Methode basiert auf einem alternativen Ansatz zur Lösung von CFD-Simulationen, welcher im Gegensatz zu den traditionellen Finiten Elemente Methoden keine Vernetzung des Strömungsgebiets erfordert. Die vorliegende Arbeit untersucht in einer ersten Analyse, ob die Resultate von CFD-Programmen, basierend auf der Lattice Boltzmann Methode, über eine ausreichende Qualität verfügen, um in modernen Engineeringaufgaben genutzt werden zu können.

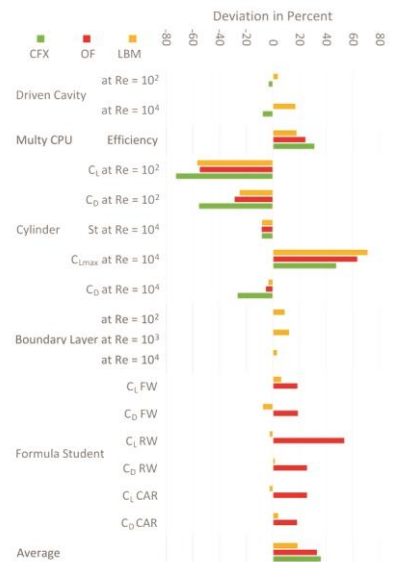
In der vorliegenden Arbeit wurde erforscht, wie die Resultate der Lattice Boltzmann Methode gegenüber Referenzwerten und den Simulationsergebnissen, berechnet in OpenFOAM und ANSYS CFX, abweichen. Auch wurde der Arbeitsaufwand des Bediener bei beiden Methoden verglichen. Die Daten wurden mithilfe von fünf Tests erhoben: Dem Fluss in einer Kavität mit  $Re = 10^2$  und  $10^4$ , einem Multi-Prozessor-Test, einem laminar umströmten Zylinder mit  $Re = 20$  und  $100$ , einer Analyse der aufgelösten Grenzschicht und mit einem 3D-Formula Student Rennwagen in einem Windkanal. Es wurden ausschliesslich Referenzwerte von extern validierten Quellen verwendet. Um die Fähigkeit der Methode möglichst ohne andere Einflüsse untersuchen zu können, wurden Turbulenzmodelle und Wandfunktionen grösstenteils weggelassen.

Die Lattice Boltzmann Methode zeigt verschiedene Vor- und nur wenige Nachteile. In den durchgeführten Simulationen waren die Ergebnisse von mindestens äquivalenter Qualität wie jene aus OpenFOAM oder ANSYS CFX. Ein Vorteil ist die Kompatibilität mit allen getesteten Geometriedateien, ohne dass dabei die Geometrie zuvor vereinfacht werden musste, wie es für die Finite Volume Methode der Fall ist. Über die gesamte Arbeit hinweg benötigten die Simulationen mittels Lattice Boltzmann Methode weitaus weniger Arbeitsaufwand als mit den beiden traditionellen CFD-Programmen. Der grösste Nachteil der Methode zeigt sich in den höheren Ansprüchen an die Computerhardware aufgrund der geometrischen Aufteilung des Strömungsfelds. Aus der Analyse geht hervor, dass es sinnvoll wäre, weitere und genauere Untersuchungen durchzuführen.



Diplomand  
Cyril Brunner

Dozentin  
Nicoleta Herzog



Im Rahmen dieser Bachelor Arbeit erzielte die Lattice Boltzmann Methode bei den untersuchten Strömungsproblemen ähnliche Resultate wie gebräuchliche CFD-Simulationssoftware. Die tiefen Abweichungen der Simulationsergebnisse zu den Referenzwerten sind ein Indiz für eine fähige Methode für das Lösen von inkompressiblen Strömungsproblemen.