



## **Diplomarbeit**

# **Wie ich darauf achte, dass zumindest auf der Titelseite keine Fehler sind**

vorgelegt zur Erlangung des akademischen Grades "Diplomingenieur"

geboren am

in

eingereicht am

**Henry Torsten Korb**

02. März 1996

Ratingen

00. Monat 2020

1. Gutachter

2. Gutachter

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Fröhlich

Dipl.-Ing. R. Jain



# Kurzfassung

## **Validierung eines Wandmodells für Large Eddy Simulationen auf Basis der Lattice-Boltzmann Methode**

In dieser Arbeit wurde eine Sammlung von Testfällen zusammengestellt, die darauf ausgelegt ist, das Wandmodell einer wandmodellierten Large Eddy Simulation mit der Lattice Boltzmann Methode zu untersuchen. Unter den Testfällen sind die turbulente Kanalströmung, mit zusätzlichen Modifikationen der Geometrie um auch den Einfluss des Wandabstands und Winkels zum Gitter zu untersuchen. Zusätzlich gehören auch die Kanalströmung mit geschlossenen Seiten, die turbulente Couette-Strömung und der periodische Hügel zu den Testfällen. Zudem wurde das Wandmodell im LBM-Code ultraFluidX™ der Altair Engineering GmbH mit diesen Testfällen untersucht. Es wurde gezeigt, dass das Wandmodell nur einen geringen, aber meist negativen Einfluss auf die mittleren Geschwindigkeit nahe der Wand hat, jedoch zu deutlichen Verbesserungen bei den Werten der Geschwindigkeitsfluktuationen führt. Ausserdem wurde herausgefunden, dass der Einfluss des Wandmodells mit steigender Reynoldszahl und gröberer Auflösung zunimmt. Zudem reagierte das Wandmodell sensitiv auf die Inklination und den Wandabstand zum Gitter.

## Abstract

### **Validation of a wall model for Large Eddy Simulations based on the Lattice Boltzmann Method**

In this work, a collection of test cases was assembled, that is suited to analyze the wall model of wall modeled Large Eddy Simulation of Lattice Boltzmann method. The test cases include a turbulent Channel Flow, with additional modifications of geometry, to also examine the influence the distance and the angle to the lattice have. Furthermore, a Duct Flow, a turbulent Couette Flow and the Periodic Hill are included. Additionally, the wall model implemented in the LBM code ultraFluidX™ was analyzed with the test case collection. It was found that the application of the wall model has a small negative effect on the mean velocity in the vicinity of the wall, but improves the results for the velocity fluctuations significantly. It was also found, that the influence of the wall model increases with Reynolds number and coarser resolution. Furthermore, the wall models results were sensitive to inclination and distance from wall to node.



# Contents

Nomenclature . . . . . III



# Nomenclature

Latin Symbols	Unit	Description
$\mathbf{c}$	m/s	Constant Velocity vector
$c$	m/s	Constant Velocity
$f$	$\text{kg s}^3/\text{m}^6$	Distribution function
$E$	$\text{J}/\text{m}^3$	Energy Density
$H$	m	Channel half-height
Ma	-	Mach Number
$p$	Pa	Pressure
$R$	$\text{J}/\text{kg}/\text{K}$	Specific gas Constant
$Re$	-	Reynolds Number
$t$	s	Time
$T$	K	Temperature
$\mathbf{u}$	m/s	Macroscopic Velocity Vector
$u$	m/s	Velocity in streamwise Direction
$v$	m/s	Velocity in wallnormal Direction
$w$	m/s	Velocity in spanwise Direction
$\mathbf{x}$	m	Vector of position
$x$	m	Coordinate in streamwise Direction
$y$	m	Coordinate in wallnormal Direction
$z$	m	Coordinate in spanwise Direction

Greek Symbols	Unit	Description
$\kappa$	-	Adiabatic Index
$\mu$	kg/m/s	Dynamic Viscosity
$\nu$	m <sup>2</sup> /s	kinematic Viscosity
$\xi$	m/s	Microscopic Velocity
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Density
$\Omega$	kgs <sup>2</sup> /m <sup>6</sup>	Collision Operator

Indices	Description
$\tau$	Friction
$b$	Bulk
$cp$	Centerplane
$f$	Fluid
$m$	Mean
$pwm$	Plane-wise mean
$rms$	Root-mean square
$s$	Solid, Sound
$w$	Wall

Additional Symbols	Description
$\ \mathbf{a}\ $	Euclidian Norm
$\nabla$	Nabla Operator
$\Delta$	Step
$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$	Scalar Product, Matrix multiplication
$a'$	Fluctuation



Abbreviations	Description
BGK	Bhatnagar-Gross-Krook
DNS	Direct numerical Simulation
ERCOTAC	European Research Community On Flow, Turbulence And Combustion
LBM	Lattice-Boltzmann-Method
LBE	Lattice-Boltzmann Equation
LES	Large-Eddy Simulation
MRT	Multiple Relaxation Times Operator
NSE	Navier-Stokes-Equations
pdf	Particle-distribution Function
rms	Root mean square
WM-LES	Wall modelled Large-Eddy Simulation



# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir am heutigen Tag der Professur für Strömungsmechanik eingereichte Interdisziplinäre Projektarbeit zum Thema

*Validierung eines Wandmodels für Large Eddy Simulationen auf der Basis der Lattice-Boltzmann  
Methode*

vollkommen selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Dresden, 06. Januar 2020

Henry Korb