

BEWERTUNG UNTERSCHIEDLICHER DATENTYPEN ZUR UNTERSUCHUNG TURBULENTER STRÖMUNGSSIMULATIONEN MIT DER LATTICE BOLTZMANN METHODE

Fachrichtung(en): Maschinenbau und Informatik

Kontakt: Prof. Dr. Holger Foysi – holger.foysi@uni-siegen.de

Mario Bedrunka – mario.bedrunka@uni-siegen.de

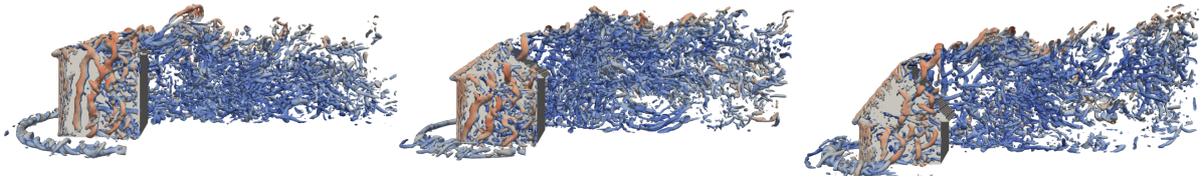


Abbildung 1: Exemplarische dreidimensionale Simulationsergebnisse aus vorausgegangen Abschlussarbeiten, die mit Hilfe von Lettuce berechnet wurden. (Quelle: Masterarbeit Martin Kliemank)

Computersimulationen von Strömungen (Computational Fluid Dynamics - CFD) spielen eine entscheidende Rolle in vielen ingenieurwissenschaftlichen und physikalischen Anwendungen. Die Lattice-Boltzmann Methode (LBM) ist in diesem komplexen Fachgebiet ein modernes Verfahren zur numerischen Strömungsberechnung. Sie zeichnet sich durch ein hohes Maß an Parallelisierbarkeit aus und gewinnt daher zunehmend an Beachtung. Die LBM-Arbeitsgruppe der Universität Siegen ist im Institut für Fluid- und Thermodynamik am Lehrstuhl für Strömungsmechanik angesiedelt und forscht seit 2012 zusammen mit der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg an der Weiterentwicklung der Methode.

Wir, die Arbeitsgruppe, entwickeln dazu Software und Methoden, um solche Simulationen effizient auf Hochleistungsrechnern und Grafikkarten durchzuführen. Dazu haben wir in das Framework 'Lettuce' entwickelt (<https://github.com/lettucecf/lettuce>). Dieses ist in Python geschrieben und setzt auf Facebooks Machine-Learning Framework PyTorch auf. Im Hintergrund nutzt der Code jedoch effiziente und vektorisierte Subroutinen, die in C++ und CUDA implementiert sind, sodass GPU beschleunigte Rechnungen durchführbar sind.

Zielgruppe dieser Arbeit sind Studentinnen und Studenten, die Interesse im interdisziplinären Bereich der numerischen Simulation - bestehend aus Elementen des Maschinenbaus, der Physik und Informatik - besitzen. Im Rahmen dieses Projekts sollen verbreitete und übliche Datentypen (Single / Double Precision) hinsichtlich ihrer Genauigkeit bewertet werden. Hierzu sollen turbulente Strömungen simuliert und ausgewertet und die

Ergebnisse der Datentypen gegenübergestellt werden. Es soll herausgearbeitet werden, für welche Einsätze sich Single Precision eignet, um Speicher und Rechenzeit zu sparen, und ab welchen Bedingungen Double Precision notwendig ist, um weiterhin akkurate Ergebnisse zu erzielen. Die Schwierigkeit dieser Arbeit liegt in der Erfassung und Gegenüberstellung von relevanten Observablen. Diese gilt es geeignet zu bewerten. Hierfür kann folgende Leitfrage gestellt werden: Welcher Datentyp eignet sich für definierte Strömungsanwendungen unter Berücksichtigung von bekannten Strömungsgrößen?

Den Studentinnen und Studenten wird im Rahmen der Arbeit die Möglichkeit gegeben, die Lattice-Boltzmann-Methode zu erlernen und gezielt an die Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet herangeführt zu werden. Darüber hinaus werden Kenntnisse in der Programmierung, Strömungsmechanik und Softwareentwicklung vermittelt. Die Studierenden sollten bereits Programmiererfahrung in Python mitbringen und in der Lage sein, selbstständig zu arbeiten. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen anschließend in das Lettuce-Framework einfließen, wodurch sich die Studentinnen und Studenten an aktuellen wissenschaftlichen Entwicklungen beteiligen.

english

MPI PARALLELIZATION OF A CFD FRAMEWORK BASED ON PYTORCH

Computer simulations of flows (Computational Fluid Dynamics - CFD) play a crucial role in many engineering and physical applications. The lattice-Boltzmann Method (LBM) is a modern method for numerical flow computation in this complex field. It is characterized by a high degree of parallelizability and is gaining increasing attention. The LBM working group at the University of Siegen is located in the Institute of Fluid Dynamics and Thermodynamics at the Chair of Fluid Mechanics and has been researching the further development of the method together with the Bonn-Rhein-Sieg University of Applied Sciences since 2012.

We, the working group, are developing software and methods for this purpose in order to perform such simulations efficiently on high-performance computers and graphics cards. For this purpose, we have developed the framework 'Lettuce' (<https://github.com/lettucecf/lettuce>), which is written in Python and relies on Facebook's machine learning framework PyTorch. However, in the background, the code uses efficient and vectorized subroutines implemented in C++ and CUDA to make GPU accelerated computations feasible.

The target audience for this work is students interested in the interdisciplinary field of numerical simulation - consisting of elements of mechanical engineering, physics and computer science. Within this project's scope, widespread data types (single/double precision) will be evaluated for accuracy. For this purpose, turbulent flows will be simulated and assessed, and the results of the data types will be compared. It is to be worked out for which applications single precision is suitable to save memory and computing time and from which conditions double precision is necessary to obtain further accurate results. The difficulty of this work lies in collecting and comparing relevant observables, which must be evaluated appropriately. For this project, the following guiding question can be asked: Which data type is suitable for defined flow applications considering known flow variables?

The students will be allowed to learn the lattice-Boltzmann method and be introduced to research and development in this field. In addition, knowledge of programming, fluid mechanics, and software development will be taught. Students should already have

programming experience in Python and be able to work independently. The compiled results will subsequently be incorporated into the Lettuce framework, allowing the students to participate in current scientific developments.