Hessisches Kompetenzzentrum
für Hochleistungsrechnen

Effiziente Berechnung von Fluid-Struktur-Interaktion mit Hilfe adaptiver Gitterverschiebung

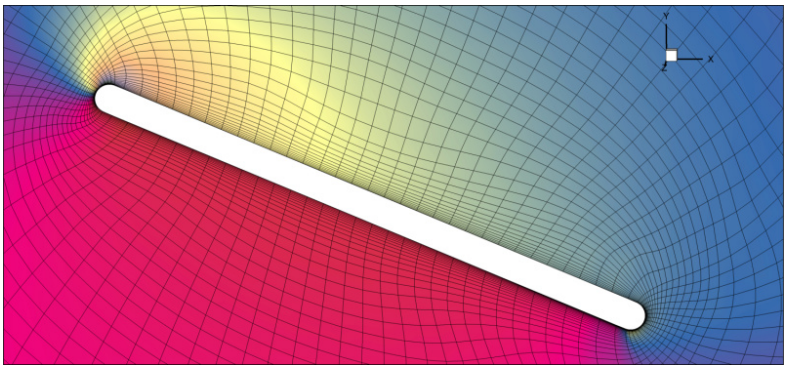


Abb. 1: Qualitative Druckverteilung und Gitter einer abklappenden Platte.

Researchers
Dr.-Ing. Dörte Sternel and Dr.-Ing. Stefan Kneißl

Principal Investigator
Prof. Dr. Michael Schäfer

Project Term
2015 - 2015

Project Areas
Heat Energy Technology, Thermal Machines, Fluid Mechanics

Clusters
Lichtenberg Cluster Darmstadt

Institute
Fachgebiet Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau

University
Technische Universität Darmstadt

Introduction

Beim Flattern einer Fahne im Wind beeinflussen sich Strömung und Fahne gegenseitig. Man spricht allgemein von Fluid-Struktur-Interaktion (FSI). Sie ist in Natur und Technik ein wichtiges Phänomen. Es gibt erwünschte Eigenschaften wie beispielsweise den verringerten Strömungswiderstand, den ein Delfin aufgrund seines elastischen Unterhautgewebes erfährt, aber auch unerwünschte, wie Lärm oder Strukturversagen technischer Konstruktionen. Dementsprechend sind Ingenieure sehr an der Untersuchung solcher Phänomene interessiert. Viele FSI Szenarien sind jedoch experimentell aus technischen oder finanziellen Gründen nur schwer zu untersuchen.

Methods

Numerische Berechnungsverfahren können hier Abhilfe schaffen, ihr praktischer Nutzwert hängt jedoch stark von der benötigten Berechnungsdauer ab. Insbesondere in Bezug auf die Kopplung von bewegter Struktur mit ihrer Umströmung ergeben sich neue Fragen der Effizienz. Maßgeblich für die Berechnungsdauer ist unter anderem die Anzahl der Freiheitsgrade des zu lösenden Systems. Hier dominiert in der Regel die Fluid Diskretisierung aufgrund der hohen Anforderungen turbulenter Strömungen. A priori sind die Auflösungsanforderungen bezüglich des numerischen Gitters nicht bekannt. Abschätzungen sind schwierig, da das Strömungsfeld von der Strukturbewegung abhängt. Eine zu grobe Auflösung führt zu unbrauchbaren Simulationen, die wiederholt werden müssen. Eine zu feine Auflösung verbraucht mehr Ressourcen als notwendig. Ideal ist es, das Gitter laufend der Lösung anzupassen.

Im Rahmen dieses Projekts war es das Ziel, eine Methode zu entwickeln, die in der Lage ist das Gitter entsprechend der sich verändernden Berechnungsdomäne unter Berücksichtigung des sich ändernden Strömungsfelds zu verschieben. Hierzu wurde ein Optimierungsansatz gewählt. Die Güte des Gitters wird als Funktion von Gitterpunktverschiebungen formuliert. So kann ein Trust-Region-Verfahren zur Maximierung genutzt werden. Eine effiziente Parallelisierung auf Basis der Gebietszerlegung (engl. domain decomposition) des Strömungslösers kommt dabei zum Einsatz.

Results

Abbildung 1 zeigt die Momentaufnahme einer Strömung um eine schnell abklappende Platte und dem dazugehörigem Gitter. Es lässt sich ein deutlich Verfeinerung des Gitters an Vorder- und Hinterkanten erkennen. Sie wurden erst durch die Abklappbewegung notwendig. Zur Berechnung des Strömungsfelds wird der FiniteVolumen-Löser FASTEST [1] und zur Berechnung der Strukturdeformation der Finite-Elemente-Löser FEAP [2] verwendet. Der Austausch und die Interpolation der wechselseitigen Randbedingungen in Form von Kraft und Verschiebung wird von PRECICE [3] durchgeführt. Sowohl die Kommunikation innerhalb als auch zwischen den Lösern erfolgt mittels MPI [4].

Discussion

Die hier vorgestellte Gitteradaptivität für FSI Berechnungen konnte erfolgreich auf dem Lichtenbergcluster in Darmstadt getestet werden. Es zeigten sich sowohl die prinzipielle Machbarkeit des Konzepts als auch die Effizienz der Parallelisierung. Auch in weiteren FSI bezogenen Projekten des Fachgebiets kann die entwickelte Methode zur Gitterverschiebung für effizientere Berechnungen eingesetzt werden.

Reference

http://www.fnb.tu-darmstadt.de/forschung_fnb/software_fnb/software_fnb.de.jsp

http://projects.ce.berkeley.edu/feap/

https://www5.in.tum.de/wiki/index.php/PreCICE_Webpage

https://www.open-mpi.org/

Last Update: 2020-03-05 14:30