

Berichte aus der Mechanik

Saim Yigit

**Phänomene der Fluid-Struktur-Wechselwirkung
und deren numerische Berechnung**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2008

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2008

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6998-2

ISSN 1616-0126

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Phänomene der Fluid-Struktur-Wechselwirkung und deren numerische Berechnung

Dissertation

Saim Yigit

In der vorliegenden Arbeit wurden Phänomene und Mechanismen der Fluid-Struktur-Wechselwirkung numerisch untersucht. Das verwendete partitionierte Lösungskonzept umfasste den blockstrukturierten Finite-Volumen-Strömungslöser FASTEST3D, das Finite-Elemente-Programm FEAP sowie die Kopplungsbibliothek MpCCI. Die zur Simulation notwendigen Erweiterungen und Quellcodeänderungen wurden in die beiden Programme implementiert und getestet.

Zur Beschleunigung der gekoppelten Rechnungen wurde auf der Strömungsseite das bestehende geometrische Mehrgitterverfahren von feststehenden auf bewegte Gitter erweitert. Dabei mussten im Rahmen der Flusskorrekturmethode die Massenflüsse in einer bestimmten Reihenfolge behandelt werden. Eine Effizienzanalyse zeigte im Vergleich zwischen Eingitter- und Mehrgitterverfahren einen Beschleunigungsfaktor von mehr als 12. Das entwickelte Verfahren besitzt damit ein ähnliches Beschleunigungsverhalten wie bei reinen laminaren Strömungsberechnungen.

Bei den untersuchten Mechanismen traten meist sehr große Strukturdeformationen auf. Hierfür wurden im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche Gitterbewegungskonzepte implementiert, getestet und systematisch analysiert. Neben der 2-dimensionalen bzw. 3-dimensionalen linearen transfiniten Interpolation, wurden elliptische Methoden für den 2-dimensionalen und den 3-dimensionalen Fall in FASTEST3D implementiert. Die 2-dimensionale Gitterglättung wurde zusätzlich auf orthogonale Ränder erweitert.

Systematische Untersuchungen zeigten, dass bei kleinen Strukturdeformationen die algebraischen Methoden, insbesondere die transfinite Interpolation, den elliptischen Methoden vorzuziehen sind, aufgrund geringerer Rechenzeiten bei annähernd gleicher Genauigkeit. Im Fall großer Deformationen versagten jedoch die algebraischen Verfahren, aufgrund von Gitterüberschneidungen. Besonders bewährt hat sich die gemischte Methode, die um die Struktur herum algebraische Verfahren verwendet und darauf aufbauend das Gitter elliptisch glättet.

Alle diese entwickelten und implementierten Routinen wurden anschließend zur numerischen Berechnung der zu untersuchenden Phänomene herangezogen. Innerhalb einer Parameterstudie traten stationäre Strukturdeformationen, gedämpfte und periodische Oszillationen sowie nicht-periodische Schwingungen auf. Bei dem Vergleich zwischen einem Experiment und der entsprechenden Simulation, wies die Struktur verschiedene Schwingungsformen bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten auf. Dieses Phänomen konnte durch die Simulation wiedergegeben werden. Die Schwingungsamplituden- und frequenzen waren in sehr guter Übereinstimmung.

Zur numerischen Berechnung turbulenter Fluid-Struktur-Interaktion wurde in der vorliegenden Arbeit auf das $k - \epsilon$ -Modell zurückgegriffen. Bei den Voruntersuchungen stellte sich heraus, dass es generell möglich ist, $k - \epsilon$ -Modelle für turbulente FSI einzusetzen. Das LoRe-Modell wies jedoch so viele Konvergenzprobleme auf, dass es mit dem vorliegenden blockstrukturierten Gitter als nicht sinnvoll einsetzbar erscheint. Mit dem HiRe-Modell ergaben sich hingegen keine Probleme, die Rechnungen blieben über mehrere Schwingungsperioden stabil.