

Berichte aus der Bauinformatik

Sebastian Bindick

Ein integrierter Ansatz zur interaktiven dreidimensionalen Simulation gekoppelter thermischer Prozesse

Shaker Verlag
Aachen 2011

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.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2011

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9856-2

ISSN 1612-6262

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

Ein integrierter Ansatz zur interaktiven dreidimensionalen Simulation gekoppelter thermischer Prozesse

Dissertation

von

Sebastian Bindick

Institut für rechnergestützte Modellierung im Bauingenieurwesen

Technische Universität Braunschweig

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit werden neuartige Ansätze zur interaktiven Simulation thermischer Transportprozesse vorgestellt, wie sie für Ingenieur Anwendungen insbesondere im Bauingenieurwesen typisch sind. Besonderer Fokus wird hierbei auf die Strahlungs-Struktur-Wechselwirkung gelegt, die für viele bauphysikalische Fragestellungen von großer Bedeutung ist.

Zur Lösung des Wärmestrahlungsproblems wird ein numerischer Ansatz basierend auf der hierarchischen Radiosity-Methode entwickelt, die den Strahlungsaustausch zwischen diffusen Oberflächen in einer abgeschlossenen Umgebung simuliert. Durch die Verwendung von optimierten Kd-Bäumen zur Speicherung der an der Strahlung beteiligten Objekte und der Verwendung eines adaptiven hierarchischen Ansatzes zur Berechnung des Strahlungsaustausches wird deren Komplexität deutlich reduziert. Die Strahlungssimulation ist direkt an die Berechnung der Wärmeleitung in der Struktur gekoppelt. Hierbei wird der Energietransport in wärmeleitenden Materialien für instationäre Temperaturfelder mit einem Finite-Differenzen-Verfahren (FDM) berechnet. Dieses wird aufgrund seiner besonderen Struktur effizient zur parallelen Berechnung auf Grafikkarten (GPGPUs) implementiert, um die typische Laufzeit um mehr als eine Größenordnung zu reduzieren.

Neben den modernen numerischen Ansätzen zur Lösung des physikalischen Problems werden auch Methoden des Computational Steering angewendet, die eine direkte Interaktion mit dem Simulationssystem zur Laufzeit (d.h. ohne die laufende Simulation zu unterbrechen) erlauben. Hierbei können innerhalb eines CAD-basierten virtuellen Entwurfsraumes komplexe Problemstellungen nicht nur transient simuliert werden, vielmehr ist es möglich, das Systemverhalten interaktiv zu optimieren. Die Konstruktion des Gebäudemodells, sowie die Vorgabe von zusätzlichen bauteilspezifischen Parametern, wie Randbedingungen und Materialkennwerte, werden über das CAD-Werkzeug vorgegeben und können ebenfalls interaktiv verändert werden. Die Visualisierung der in jedem Zeitschritt anfallenden Simulationsergebnisse erfolgt verteilt innerhalb einer Tiled-Display-Umgebung bestehend aus vielen zusammengeschalteten Bildschirmen, die von einem Rendercluster angesteuert werden. Dieser verteilte Renderansatz erlaubt eine schnelle Ausgabe und Manipulation großer Datenmengen und stellt eine ideale Plattform für kooperative Planungsprozesse dar.

Der vorgestellte Prototyp wurde an Systemen, zu denen eine analytische Lösung existiert, validiert. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die implementierten numerischen Verfahren für die Ankopplung der Strahlung an die Temperaturdynamik der Struktur asymptotisch die korrekte Lösung liefern. Außerdem zeigen mehrere bauphysikalische Anwendungsbeispiele mögliche Einsatzgebiete.