

BestMasters

Florian Martin

Formoptimierung elastischer Bauteile mit gewichteten B-Splines



Springer Spektrum

BestMasters

Mit „BestMasters“ zeichnet Springer die besten Masterarbeiten aus, die an renommierten Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz entstanden sind. Die mit Höchstnote ausgezeichneten Arbeiten wurden durch Gutachter zur Veröffentlichung empfohlen und behandeln aktuelle Themen aus unterschiedlichen Fachgebieten der Naturwissenschaften, Psychologie, Technik und Wirtschaftswissenschaften.

Die Reihe wendet sich an Praktiker und Wissenschaftler gleichermaßen und soll insbesondere auch Nachwuchswissenschaftlern Orientierung geben

Florian Martin

Formoptimierung elastischer Bauteile mit gewichteten B-Splines

Florian Martin
Stuttgart, Deutschland

BestMasters
ISBN 978-3-658-13293-4 ISBN 978-3-658-13294-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-13294-1

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

Springer Spektrum
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Vorwort

In vielen Bereichen der Naturwissenschaften und ihren zahlreichen Anwendungsgebieten, wie beispielsweise Computergrafik, geometrische Modellierung, numerische Simulation oder Approximation, spielen B-Splines eine fundamentale Rolle. Insbesondere bei Finite-Elemente-Verfahren bieten diese gegenüber klassischen Methoden zahlreiche Vorteile, unter anderem reguläre, gebietsunabhängige Gitter, flexible Wahl von Ordnung und Glattheit sowie einfache Datenstrukturen.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde ein Verfahren zur Formoptimierung elastischer Bauteile entwickelt, das eine Variante des Algorithmus von Nelder und Mead mit einem B-Spline-Löser für die Lamé-Navier-Differentialgleichungen verknüpft. Approximationen mit B-Splines sind bereits für eine relativ geringe Parameterzahl sehr genau. Dies führt gerade bei einem iterativen Verfahren, bei dem in jedem Schritt ein elliptisches Randwertproblem zu lösen ist, zu einer außerordentlich effizienten Implementierung. Damit lassen sich auch Bauteile mit komplizierter topologischer Form mit moderatem Rechenaufwand optimieren.

Die in der Masterarbeit vorgestellten neuen Methoden sind Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung von B-Spline-Techniken in der Elastizitätstheorie. Zum einen kann die Modellierung lokaler Details durch hierarchische Basen entscheidend verbessert werden; dies ist unter anderem Gegenstand meines laufenden Dissertationsprojektes [30]. Zum anderen bieten sich die kürzlich konzipierten Kollokationsmethoden [24, 30] als Alternative zu der üblichen Ritz-Galerkin-Diskretisierung an. Durch den Wegfall der numerischen Integration ist eine weitere Effizienzsteigerung bei den Lösern für die auftretenden Randwertprobleme zu erwarten.

Ein besonderer Dank geht an dieser Stelle an den Springer Verlag, dessen »BestMasters« Programm die Veröffentlichung dieser Masterarbeit ermöglicht hat. Dadurch werden meine Ergebnisse einem breiten Publikum zugänglich, und ich hoffe, dass Anwender die entwickelten Methoden nutzen werden und Studierende bei verwandten Projekten von den vorgestellten B-Spline-Techniken profitieren können.

Florian Martin
Bietigheim-Bissingen, Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
2 Gewichtete Splines	5
2.1 B-Splines	5
2.2 Gewichtsfunktionen	9
2.2.1 Konstruktion von Gewichtsfunktionen	9
2.2.2 R-Funktionen	13
2.3 Finite Elemente	15
3 Lineare Elastizität	17
3.1 Grundlagen	17
3.2 Lamé-Navier-Gleichungen	19
3.3 Spezialfall: Ebener Dehnungs- und Spannungszustand	21
3.3.1 Ebener Dehnungszustand	21
3.3.2 Ebener Spannungszustand	23
3.4 Finite-Elemente Approximation	24
3.4.1 Finite-Elemente mit gewichteten B-Splines	25
3.4.2 Implementierung	26
3.4.3 Modifikation der Implementierung	27
4 Optimierungsverfahren	31
4.1 ableitungsfreie Optimierungsverfahren	31
4.1.1 Verfahren von Nelder und Mead	32
4.1.2 flexible tolerance Verfahren	38
4.2 Optimierung mit MATLAB	42
4.3 Verknüpfung von Optimierungsverfahren und FEMB-Toolbox	44
5 Beispiele	47
5.1 Brücke	47
5.2 Ellipse	53
5.3 Bézier-Kurve	54