

Publikationsreihe des Fachgebiets Maschinenelemente und
Maschinenakustik der Technischen Universität Darmstadt

Band 1/99

Eckhard Kirchner

**Ein Beitrag zur Formoptimierung
in der nichtlinearen Strukturmechanik**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Kirchner, Eckhard:

Ein Beitrag zur Formoptimierung in der nichtlinearen Strukturmechanik/
Eckhard Kirchner. - Als Ms. gedr. -

Aachen : Shaker, 1999

(Publikationsreihe des Fachgebiets Maschinenelemente und Maschinen-
akustik der Technischen Universität Darmstadt ; Bd. 99, 1)

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6520-7

Copyright Shaker Verlag 1999

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

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6520-7

ISSN 1435-4292

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung der eingereichten Dissertation

“Ein Beitrag zur Formoptimierung in der nichtlinearen Strukturmechanik”

von Eckhard Kirchner

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung sowohl theoretischer als auch algorithmischer Aspekte der Formoptimierung in der Strukturmechanik mit Anwendungen auf Werkstoffe mit inelastischem Materialverhalten. Hierbei wird durchweg die Notation der nichtlinearen Kontinuumsmechanik verwendet. Ein eigenes Kapitel befasst sich mit der kontinuumsmechanischen Modellierung ein- und polykristalliner Materialien. Dabei wird den Einkristallwerkstoffen auf Nickelbasis und ihren Haupt-Deformationsmechanismen sowie zwei vom Typ her verschiedenen Ansätzen zur Beschreibung des mechanischen isothermen Verhaltens besondere Bedeutung zugemessen.

Die Zeitintegration, die auch die Berechnung der Spannungssensitivitäten bei inelastischem Werkstoffverhalten beeinflusst, orientiert sich am aktuellen Stand der Forschung. Ein implizites Integrationsverfahren höherer Ordnung für die Viskoplastizität wurde im Laufe dieser Dissertation entwickelt und bereits erfolgreich veröffentlicht.

Bei der kontinuierlichen und diskreten Formulierung des Formoptimierungsproblems finden sowohl die Auswahl geeigneter Zielfunktionen als auch die Berechnung zugehöriger Gradienten im Designparameterraum spezielle Beachtung. Die Geometrie der untersuchten Strukturen wird durch Design-Elemente approximiert. Eine weitere Unterteilung führt auf das Finite-Element-Netz zur Durchführung der Strukturanalyse. Dieser Ansatz der Formbeschreibung wird aus einer Analogiebetrachtung zur Methode der Finiten Elemente motiviert. Dabei können einfache Transformationen für den Übergang vom Entwurfs-Netz zum Finite-Element-Netz der Strukturanalyse angegeben werden. Die algorithmische Behandlung des Formoptimierungsproblems baut auf Design-Elementen vom Lagrange-Typ und dem isoparametrischen Konzept in der Strukturanalyse auf, so daß für alle benötigten Ableitungen explizite und effizient berechenbare Ausdrücke angegeben werden können.

Für die Berechnung des Gradienten der Zielfunktion, die als Doppelintegral über Raum und Zeit erklärt ist, wird ein Verfahren zur synchronen Struktur- und Sensitivitätsanalyse vorgestellt. Mehrfache Berechnungen der Lastgeschichte zur Approximation des Gradienten mit Differenzenapproximationen werden so vermieden. Der Gradient der Zielfunktion wird dabei aus einer Rekursionsvorschrift aufbauend auf dem gewählten Zeitintegrationsverfahren am Strukturpunkt gewonnen. Für die inelastischen Konstitutivmodelle wird somit der gesamte Geschichteinfluss konsistent zur Zeitintegration in der Strukturanalyse erfaßt. Der verwendete Optimierungsalgorithmus¹, der in der Lage ist, zu groß gewählte Designveränderungen zu erkennen und zu korrigieren, baut auf dem Gradienten der Zielfunktion als primärer Informationsquelle zur Formveränderung auf.

Vier verschiedene Beispiele steigender Schwierigkeit zeigen die Funktionsfähigkeit der Finite Element Formulierung und des Formoptimierungsverfahrens. Der Entwurf von Kreuzproben für biachbiale Versuche an Einkristallen als Hauptschwerpunkt der vorliegenden Arbeit wird umfassend erläutert. Im Abschlussbeispiel wird ein Dissipationselement betrachtet, bei dem die physikalischen Phänomene endlicher inelastischer Deformationen und Kontakt zweier Körper in der Optimierungsrechnung berücksichtigt werden.