

Optimierung der Topologie einer Aktorplatte mit genetischen Algorithmen auf Basis physiknaher Simulationsmodelle

A. Quinte, W. Jakob, H. Eggert, K.P. Scherer
Institut für Angewandte Informatik
Forschungszentrum Karlsruhe
Postfach 3640
D-76021 Karlsruhe, Germany
E-Mail: quinte@iai.fzk.de

Kurzbeschreibung

Der Einsatz von Optimierungsverfahren unter Verwendung genetischer Algorithmen erfordert für die Evaluierung in der Regel kurze Simulationszeiten (bis zu 10 min pro Simulation), so dass bislang physiknahe Simulationsmodelle auf Basis diskreter Elemente Methoden aufgrund ihrer üblicherweise hohen Rechenzeiten (im Vergleich zu höheren Modellen) hierfür nicht eingesetzt werden konnten. Die an unserem Institut entwickelte Parallelversion des Optimierungswerkzeuges GADO (Genetische Algorithmen zur Design Optimierung) ermöglicht nun die Verwendung von physiknahen Simulationsmodellen bei der Optimierung mit einer globalen Suchstrategie.

In diesem Beitrag wird die Topologieoptimierung mit genetischen Algorithmen am Beispiel einer fluidisch getriebenen Aktorplatte (Bild 1) unter Verwendung eines parametrisierbaren FEM-Simulationsmodelles vorgestellt. Die Entwicklung der Aktorplatte erfolgt dabei im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens OMID (1999-2002) in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Bartels Mikrotechnik GmbH und SIMEC GmbH. Sie ist als integraler Bestandteil eines fluidischen Mikrosystems für die Umwandlung fluidischer Energie in translatorisch mechanische Energie zuständig und soll später z.B. in taktile Arrays eingesetzt werden.

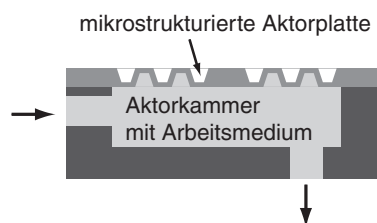


Bild 1: Schema der Aktorplatte

Die Aktorplatte besteht aus einer ca. 100 μm dicken Kunststoffolie, in die mit einem Excimerlaser Mikrostrukturen in Form von ringförmigen und konzentrisch angeordneten Kerben eingebracht sind. Durch eine entsprechende Anzahl, Anordnung und Dimensionierung der Kerben kann das mechanische Verhalten der Aktorplatte gezielt beeinflusst werden. Ein wichtiges

Optimierungsziel besteht darin, bei einem gegebenen Arbeitsdruck eine möglichst große Auslenkung der Aktorplatte zu erreichen. Als Randbedingung dürfen dabei mechanische Spannungen, die in der Aktorplatte bei der Auslenkung auftreten können, gewisse Werte nicht überschreiten, um so eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.

Die Optimierungsaufgabe beschränkt sich dabei nicht auf die numerische Optimierung bei einer festen Anzahl von Geometrieparametern, sondern sie umfaßt zusätzlich auch die Optimierung der Topologie, die über die Anzahl und Anordnung der Kerben in der Aktorplatte bestimmt wird. Die Optimierungsaufgabe führt somit zu einem Parametervektor mit dynamischer Länge in Verbindung mit einer hohen Parameterzahl. Durch die diskrete Anzahl der Kerben ist der Lösungsraum zudem multimodal. Aufgrund der Topologievariabilität ist der Einsatz von FEM-Modellen bei der Lösung der Optimierungsaufgabe unumgänglich.

Lokale Suchverfahren sind bei dieser Problemstellung in der Regel überfordert. Allein schon die Multimodalität und die hohe Parameterzahl bilden für viele herkömmliche Suchverfahren eine große Hürde. Unter diesen Voraussetzungen sind globale Suchverfahren, wie die hier eingesetzten evolutionären Suchstrategien, besser geeignet.

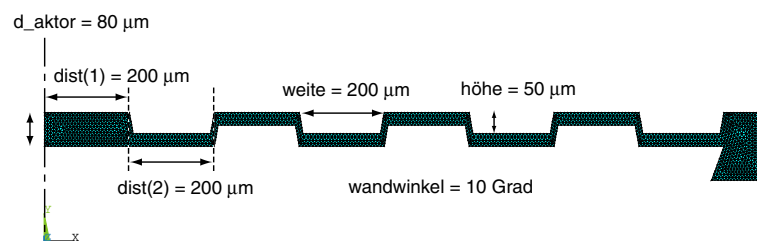


Bild 2: Erster manueller Entwurf der Aktorplattenstrukturierung

Mit dem Optimierungswerkzeug GADO wurden mit einem parametrisierbaren rotationssymmetrischen FEM-Modell der Aktorplatte erste Optimierungsläufe durchgeführt, bei denen auch verschiedene fertigungs- und materialbedingte Randbedingungen mit berücksichtigt wurden.

Die Optimierung lieferte unter den zuvor genannten Rahmenbedingungen als Ergebnis eine Aktorplatte der Dicke von $100 \mu\text{m}$ mit zwei Kerben (Bild 3). Gegenüber der manuell entworfenen Aktorplatte (Bild 2) erreicht die optimierte Aktorplatte eine mehr als doppelt so große Auslenkung.

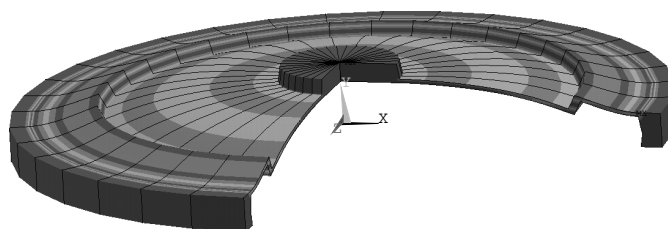


Bild 3: Mit GADO optimierte Aktorplattenstrukturierung