

Strukturbionik: Topologieoptimierung in der gießtechnischen Bauteilentwicklung

Von Bäumen und Knochen lernen

Schneller, leichter, kompakter und auch noch preiswerter – das sind die Herausforderungen, mit denen Konstrukteure heute bei ihrer täglichen Arbeit konfrontiert werden. Gleichzeitig sollen Konstruktionen immer höheren Anforderungen gerecht werden. Hier liefert die Topologieoptimierung wertvolle Unterstützung, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

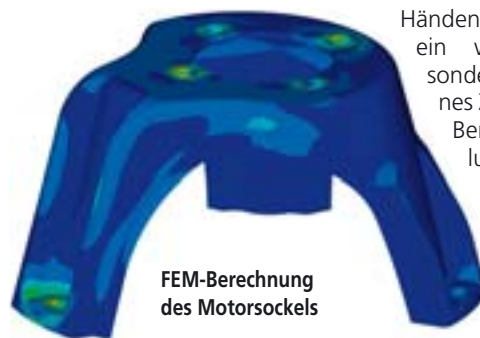
Als Teilbereich der Strukturbionik zielt die Topologieoptimierung darauf ab, grundlegende Gesetzmäßigkeiten, nach denen lasttragende Strukturen der belebten Natur entstanden sind, auf technische Produkte zu übertragen. Ideale Studienobjekte, von denen solche elementaren Konstruktionsregeln abgeleitet werden können, sind Bäume und Knochen [1]. Moderne Software-Tools erlauben es nun, diese Regeln für die Bauteilgestaltung zu nutzen.

Optimal belastungsgerechte Materialverteilung

Mit der Topologieoptimierung wird innerhalb eines vorgegebenen Bauraums eine optimal belastungsgerechte Materialverteilung ermittelt. Die Ziele können durchaus unterschiedlich sein. Die Optimierung der elastischen Verformung kann ebenso Ziel sein wie Gewichtsreduzie-



Gewinner des Newcast Award 2007, Kategorie „Beste Substitution eines anderen Fertigungsverfahrens“: Ergebnis der Topologieoptimierung für einen Motorsockel eines Hydraulikmotors (links) sowie das abgeleitete Gussrohsteil aus EN-GJS-400-15 (rechts)



FEM-Berechnung des Motorsockels

rung oder die Frage der Eigenfrequenz. Damit können Gestaltungsvorschläge schnell und treffsicher ermittelt werden. Der Vorteil besteht zum einen darin, dass ein systematischer Optimierungsansatz bereits in der frühen Phase der Konzeptfindung Eingang in den Konstruktionsprozess findet; die Qualität des grundsätzlichen Konzepts hängt nun nicht mehr allein von Erfahrung, Intuition und Wissen des Konstrukteurs ab. Zum anderen wird die Konzeptphase deutlich verkürzt.

Allerdings liefert die Topologieoptimierung lediglich eine Designidee. In der fertigungsgerechten Entwurf ist das Ergebnis im Allgemeinen weit entfernt. Somit hat das Ergebnis allein wenig Wert ohne das Wissen, wie aus dem Designvorschlag ein fertigungsgerechtes Bauteil entstehen kann. Die Topologieoptimierung ist daher nicht nur in den

Händen eines Konstrukteurs ein wichtiges Werkzeug, sondern auch in denen eines Zulieferers, der sich im Bereich Produktentwicklung etabliert hat, denn bei ihm ist das Wissen zum Fertigungsprozess besonders ausgeprägt.

Gerade gießende Verfahren erlauben nahezu ideal die Übernahme der charakteristischen Merkmale von Designvorschlägen aus der Topologieoptimierung: Freiformgeometrien, komplexe Hohlräume oder variierende Wandstärken lassen sich problemlos abbilden. Allerdings erfordert dieser Fertigungsprozess spezielles Know-how, das bei der Bauteilgestaltung berücksichtigt werden muss. Daher bieten moderne Gießereien heutzutage umfangreiche Unterstützung bei der Entwicklung von Gussbauteilen. Dieses Angebot umfasst bei Claas Guss seit einiger Zeit auch die Topologieoptimierung.

An zwei Beispielen soll im Folgenden der Weg vom Ergebnis der Topologieoptimierung bis zu einem fertigungsgerechten Bauteilentwurf gezeigt werden. Unterschiedliche Gründe können dabei dazu führen, dass die Ergebnisse nicht uneingeschränkt umgesetzt werden.

Beispiel: Optimierung eines Motorsockels

Ein zunächst geschweißter Motorsockel für einen Hydraulikmotor wurde durch ein Gussbauteil ersetzt. Die ursprüngliche Konstruktion bestand aus zehn Brennteilen, die teilweise vorbearbeitet und dann aufwändig miteinander verschweißt werden mussten. Die Notwendigkeit einer anschließenden Nachbearbeitung erforderte einen zusätzlichen Fertigungsschritt. Bei dem Gussbauteil, das auf der Basis eines Vorschlags aus der Topologieoptimierung entwickelt wurde, wurde bewusst der Ansatz einer kernlosen Fertigung verfolgt, um sowohl die Werkzeug- als auch die Stückkosten des Bauteils zu reduzieren. Daher wurden die Freiformgeometrie sowie die variierende Wandstärke übernommen, nicht jedoch die filigrane Struktur. Das entwickelte Gussteil muss nun nur noch auf Maß bearbeitet werden.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen zeigt das Gussbauteil im Vergleich zum scharfkantig ausgeführten Schweißteil eine weit höhere Lebensdauer. Diese basiert auf dem äußerst gleichmäßigen Spannungsniveau im Bauteil, das durch Übernahme der charakteristischen Merkmale des Designvorschlags aus der Topologieoptimierung erreicht wer-

EXKLUSIV IN KEM

Die Autoren: Dr. Ing. Christine Bartels ist Leiterin, Johannes Beckmann Mitarbeiter der Abteilung Product Engineering der Claas Guss GmbH, Bielefeld

den konnte. So entstand eine Geometrie, die eine hervorragend lastangepasste Struktur bei gleichzeitig geringen Fertigungskosten erlaubt. Das Bauteil wurde im Juni 2007 mit dem „Newcast Award 2007“ in der Kategorie „Beste Substitution eines anderen Fertigungsverfahrens“ ausgezeichnet.

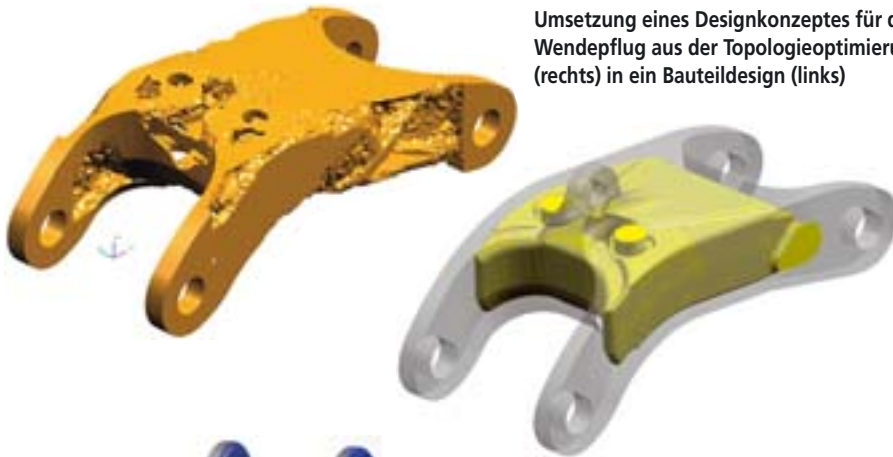
Beispiel: Optimierung eines Lenkers

Auch bei einem Lenker für einen Wendeflug wurde mittels Topologieoptimierung ein erstes Konzept entwickelt. Es wurde jedoch nicht der Entwurf umgesetzt, der das Optimum im Hinblick auf Spannungsniveau und Gewicht darstellte, sondern einer, der in besonderem Maße prozesssicher und wirtschaftlich zu fertigen ist.



den Seitenwänden auf Ober- und Unterseite des Bauteils verlagert. Insgesamt wurde die Bauteilmasse durch die Anpassung an die unterschiedlichen Schritte um etwa 6,5 % höher. Diese Erhöhung sowie ein geringfügig höheres Spannungsniveau wurden in Kauf genommen, um eine problemlose, kostengünstige Fertigung sicherzustellen. Die Geometrie der Rippen im Bauteilinnenraum spiegelt jedoch die Ergebnisse der Topologieoptimierung wieder.

Umsetzung eines Designkonzeptes für den Wendeflug aus der Topologieoptimierung (rechts) in ein Bauteildesign (links)



Tatsächlich realisiertes Bauteildesign



Um ein prozesssicheres Gießen sicherzustellen, wurde das Design in einem Bereich lokal aufgedickt, um eine ausreichende Speisung eines dahinter liegenden Bereichs zu gewährleisten. Darüber hinaus wurde ein weiterer Kompromiss gemacht: Um bei der anschließenden Farbgebung die Öffnungen in der Geometrie einfach verschließen zu können, damit keine Farbe ins Innere gelangen kann, wurden bei der tatsächlich umgesetzten Geometrie die Kernaustritte von

Die Topologieoptimierung ist also ein ideales Werkzeug, um innerhalb kurzer Zeit einen Designvorschlag zu erhalten, der für eine gestellte Optimierungsaufgabe eine optimale Materialverteilung in einem gegebenen Bauraum darstellt. Das Fertigungsverfahren Gießen erlaubt grundsätzlich die notwendigen Freiheiten für die Umsetzung solcher teilweise sehr komplexen Designvorschläge. Um aus dem Designvorschlag einen fertigungsgerechten Bauteilentwurf zu erstellen, ist jedoch zusätzliches Fachwissen zum Fertigungsverfahren notwendig.

[1] Claus Mattheck: Design in der Natur: Der Baum als Lehrmeister, Rombach Verlag 1997

www.kem.de
Online-Info

Topologieoptimierung **KEM 592**