

Topologieoptimierung – Ein Werkzeug zur treffsicheren Bestimmung belastungsgerechter Gestaltvorschläge

Dr.-Ing. Th. Schmidt, Mölln

Topologie-Optimierung in Natur und Technik

Programme zur Topologie- oder Gestaltoptimierung sind Werkzeuge, die bei der Heidenreich & Harbeck AG (**h u. h**) in einer sehr frühen Phase des Entwicklungsprozesses zur Generierung von kraftflussgerechten Gestaltvorschlägen eingesetzt werden. Sie geben dem Konstrukteur schnell entscheidende Hinweise bzgl. einer optimalen Masseverteilung im zukünftigen Gussstück und tragen so zu einer weiteren Verkürzung der Entwicklungszeiten für funktional überlegene Bauteile bei.

Die hierbei zum Einsatz kommenden Algorithmen orientieren sich an Vorbildern aus der Natur. In der Fauna finden sich Beispiele von mikroskopisch kleinen Strukturen bis hin zum Elefantenschädel (Abb. 1, links), der durch die zwischen oberer und unterer Deckmembran befindlichen Knochenlamellen eine hohe Steifigkeit erlangt. Trotzdem hat der Dickhäuter nicht schwer daran zu tragen, denn das weitaus größte Volumen ist mit Luft gefüllt. Auch in der Pflanzenwelt hat die Evolution viele gestaltoptimierte Strukturen wie beispielsweise die Halme von Binsengewächsen (Abb. 1, rechts) hervorgebracht. Hier erhöht das Sterngewebe die Biegesteifigkeit der meterlangen Halme ebenfalls mit minimalem Materialeinsatz.

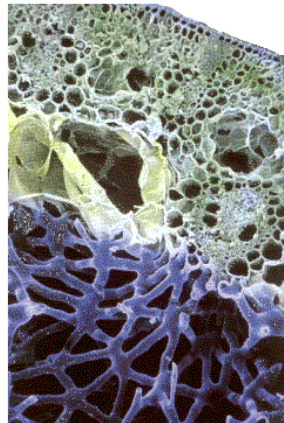


Abbildung 1 Natürliche Vorbilder für beanspruchungsgerechten Leichtbau

Mit derselben Anforderung wird die Entwicklungsabteilung bei **h u. h** im Tagesgeschäft konfrontiert. Hier gilt es – besonders bei Entwicklungen für den Werkzeugmaschinenbau- eine äußere Hülle durch eine geschickte Verrippung auszusteuern.

Aufgrund des sich verschärfenden internationalen Wettbewerbs sind dabei sowohl die funktionalen Anforderungen als auch die wirtschaftlichen Ziele hoch, der Materialeinsatz ist folglich gering zu halten. Dafür, dass dieses in der Vergangenheit gut gelungen ist, gibt es viele Beispiele.

Wie z.B. das Maschinengestell einer Vertikaldrehmaschine aus dem Werkstoff EN-GJS-500 (GGG 50), für das unser Kunde bei vorgegebener Steifigkeit ein

minimales Gewicht forderte. Ein Maschinengestell aus Vollmaterial des gleichen Werkstoffs hätte zwar die Steifigkeitsvorgabe erfüllt, wäre aber –abgesehen von der gießtechnischen Problematik- eindeutig zu schwer gewesen. Das unverrippete Bauteil hingegen markiert das Idealgewicht, ließe aufgrund der hohen Nachgiebigkeit die Bearbeitung von Präzisionsteilen aber nicht zu. Das bei Heidenreich & Harbeck entwickelte Bauteil verbindet die Stärken beider Konstruktionen –hohe Steifigkeit und geringen Metalleinsatz- bei geringsten Herstellkosten (Abb. 2).

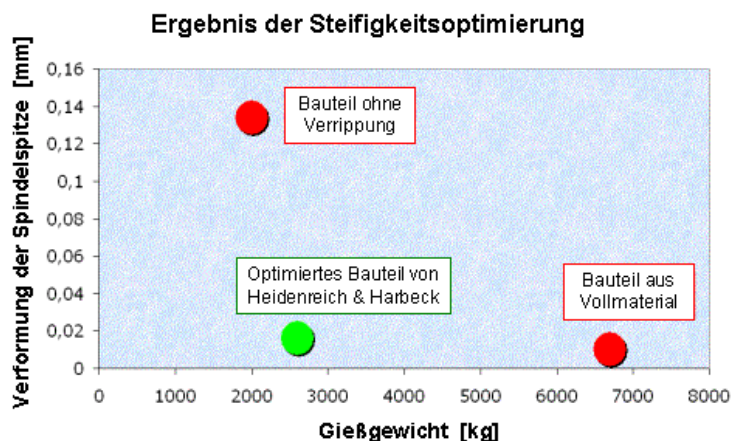
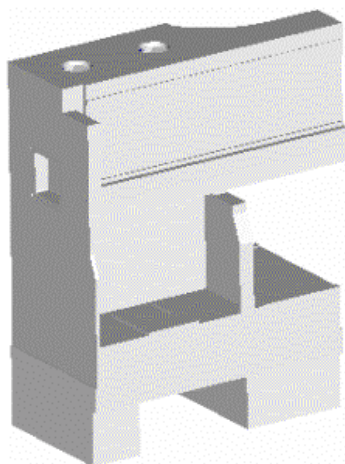


Abbildung 2 Steifigkeitsoptimiertes Maschinengestell

2D-Topologieoptimierung am Beispiel eines Drehmaschinenbettes

Um im internationalen Wettbewerb mit immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen bestehen zu können, müssen die Maschinenbauer funktional überlegene Konstruktionen in kürzester Zeit auf den Markt bringen können. Zunehmend wird –wie im Automobilbau bereits üblich– das Know How kompetenter Zulieferer bereits während der Entwicklungsphase genutzt. Die Bauteil-Berechnung und -Optimierung ist ein Prozessschritt innerhalb der Prototypen-Entwicklungskette, an dem aufgrund seiner Dauer und der Beeinflussung nachfolgender Prozesse hinsichtlich der Beschleunigung des Entwicklungsprozesses anzusetzen ist.

Dieses ist die Domäne der Topologie-Optimierung, verspricht Sie doch während der Optimierungsphase eine Reduzierung der manuellen Eingriffe am CAD-System, verbunden mit nicht zu vernachlässigenden Aufwänden für das Einlesen in die FEM-Software und zeitraubendem Pre- und Postprocessing.

Im Rahmen eines kürzlich abgeschlossenen Forschungsvorhabens wurde entsprechende Software im Entwicklungsbereich von **h u. h** mit Erfolg zum Einsatz gebracht. Eines der ersten industriellen Projekte, über das wir berichten dürfen, war das Bett einer großen Vertikaldrehmaschine (Bauraum s. Abb. 3). Die Entscheidung gegen eine aufwändige Überholung einer älteren Modelleinrichtung und zugunsten einer neuen Modelleinrichtung traf der Kunde, um sich eine kostengünstigere Produktion bei funktionalen Vorteilen zu sichern. Für die Erreichung der wirtschaftlichen Ziele war eine erhebliche Gewichtseinsparung zu realisieren. An funktionalen Kundenwünschen umfasste die Anforderungsliste neben der Integration der Energiezuführung in das Maschinenbett auch die Befestigung der Führungsbahnen von hinten. Da die Steifigkeit sich jedoch gegenüber der Vorgängerkonstruktion nicht verschlechtern durfte, stand das Möllner Entwicklungsteam vor einer großen Herausforderung, die nur dank Einsatz eines Werkzeugs zur Topologie-Optimierung in kürzester Zeit bewältigt werden konnte.

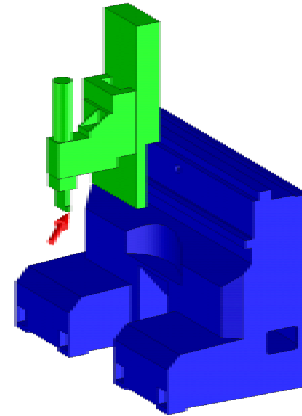


Abb. 3: Außenkontur des zu optimierenden Maschinenbettes

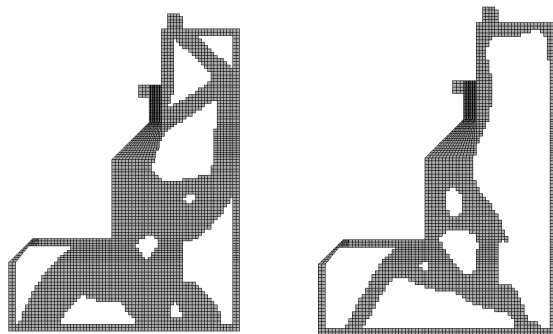


Abb. 4: Gestaltvorschläge

Die bisher eingesetzte Modelleinrichtung umfasste rund 80 Kernkästen, die in Kernmacherei und Instandhaltung zu Buche schlugen. Die im Pflichtenheft festgeschriebenen geringeren Herstellkosten erforderten neben dem reduzierten Materialaufwand auch kostengünstigere Produktionsmittel. Hier bot sich die Verwendung von Großkernen an, welche die Vorzüge engerer Toleranzen mit denen der kostengünstigen Herstellung verbinden. Für die Topologie-Optimierung genügt in diesem Fall ein 2-dimensionales Optimierungsmodell, da die kaufmännischen Anforderungen nur mit einer über

die Bettlänge konstanten Verrippung zu erfüllen waren.

Je nach vorgegebenem Restvolumen liefert die Topologieoptimierung unterschiedliche Vorschläge für die Gestaltung der Innengeometrie (Abb. 4), die den Konstrukteur bei der Festlegung einer kraftflussgerechten und damit steifen Geometrie inspirieren. Trotz der hohen Anforderungen konnten nicht zuletzt durch den Einsatz der BIOCAST®-Optimierung alle Entwicklungsziele treffsicher erreicht und so das gemeinsame Optimum aus Wirtschaftlichkeit und Funktionalität werden:

- Hohe Steifigkeit wie beim Vorgängermodell
- Verbesserte Montagemöglichkeiten (Kabeldurchführung, rückseitige Führungsleistenmontage)
- Flexible Variantenfertigung
- Gewichtsreduzierung von 13,5 t auf 9t (- 30%)
- Halbierung der Herstellkosten des Rohteils durch Materialeinsparung und Modelleinrichtung mit von ca. 80 auf 16 verringerter Kernanzahl