

Leichtbau mit Gusseisen

Topologieoptimierung hilft gewichtsoptimiert zu konstruieren

Christine Bartels, Johannes Beckmann

Noch nie war die Bedeutung von Energieeffizienz und Ressourcenschonung größer als heute. Längst beschäftigt sich nicht mehr nur die Automobilindustrie mit der Frage, wie Energie durch Gewichtsreduzierung gespart werden kann. Überall dort, wo beschleunigte Massen in technischen Anlagen arbeiten, hat Leichtbau Einzug gehalten. Die Topologieoptimierung, die auf Erkenntnissen der Strukturbionik basiert, erlaubt auch mit klassischen Konstruktionswerkstoffen wie Gusseisen Leichtbau zu realisieren.

Im Leichtbau ist die Verwendung von Werkstoffen mit geringer Dichte zunächst nahe liegend. Allerdings stoßen klassische Leichtbauwerkstoffe wie Aluminium, Magnesium und Kunststoffe an ihre Grenzen, wenn sehr große Kräfte übertragen werden müssen. Auch müssen Konstruktionen aus Werkstoffen mit einer höheren Dichte nicht

Dr. Christine Bartels und
Dipl.-Ing. (FH) Johannes Beckmann,
CLAAS GUSS GmbH, Bielefeld

schwerer sein als solche aus Leichtmetallen, wie beispielsweise eine Vielzahl von gewichtsoptimierten Fahrwerkskomponenten aus Gusseisen mit Kugelgraphit zeigt.

Der Knochenaufbau als Vorbild

Die hohe Kunst der Realisierung von Leichtbaukonstruktionen besteht darin, Material nur dort zu verwenden, wo es auch zur Übertragung von Lasten benötigt wird. Hierbei hilft heute die Topologieoptimierung. Sie basiert auf den Erkenntnissen der Strukturbionik, die grundlegenden Kons-

truktionsregeln der Last tragenden Strukturen der belebten Natur auf technische Produkte überträgt. Ideale Studienobjekte für technischen Leichtbau sind Knochen. Hier wird vom Organismus gezielt dort Material aufgebaut, wo es besonders benötigt wird, und Material abtragen, wo es unnötig ist.

Ganz ähnlich funktioniert auch die Topologieoptimierung. Innerhalb eines vorgegebenen Bauraums wird eine für die gestellte Aufgabe optimal belastungsgerechte Materialverteilung ermittelt, wobei neben der Gewichtsreduzierung auch eine Optimierung der elastischen Verformung oder die Eigenfrequenz ein Optimierungsziel sein kann. Gestaltungsvorschläge können so schnell und systematisch ermittelt werden.

Gewichtsoptimiert und fertigungsgerecht

Gerade das gießende Fertigungsverfahren erlaubt in nahezu idealer Weise die Übernahme der charakteristischen Merkmale von Designvorschlägen aus der Topologieoptimierung. Freiformgeometrien, komplexe Hohlräume oder variierende Wandstärken lassen sich problemlos abbilden. Als Ergebnis liefert eine Topologieoptimie-



rung jedoch noch kein fertigungsgerechtes Gussbauteil, auch wenn einige Fertigungsrestriktionen, wie die Ausformrichtung, bereits von der Software berücksichtigt werden können. Bei einer Umsetzung des Designvorschlages aus der Topologieoptimierung in einen optimal fertigungsgerechten Bauteilentwurf ist umfangreiches Detailwissen zum Gießprozess notwendig, aber auch zu weiteren Fertigungsschritten wie Farbgebung oder mechanischer Bearbeitung.

Vor diesem Hintergrund ist die Topologieoptimierung auch für solche Gießereien, die sich als Entwicklungspartner für ihre

Konstruktionen aus Werkstoffen mit einer höheren Dichte müssen nicht schwerer sein als solche aus Leichtmetallen

Kunden einen Namen gemacht haben, ein interessantes Werkzeug. Für die Bielefelder Claas Guss GmbH war der Einstieg in dieses Thema eine konsequente Weiterentwicklung im Bestreben, ihren Kunden schon während der Phase der Produktentwicklung best mögliche Unterstützung anbieten zu können. Die Topologieoptimierung als Werkzeug in der Konstruktionsunterstützung rundet neben der gießtechnischen Beratung und der Werkstoffberatung das Portfolio des Product Engineerings ab.



Bild 1: Sockel für Hydraulikmotor: Freiformkonturen ermöglichen ein gleichmäßig niedriges Spannungsniveau im Bauteil



Bildquelle: arkadius neumann/pixelio.de

Guss- statt Schweißkonstruktionen

Aus der Zusammenarbeit zwischen der Gießerei und ihren Kunden ist mittlerweile eine Reihe von Bauteilen für unterschiedlichste Anwendungen hervorheben. Vielfach wurden Schweißkonstruktionen substituiert. In diesen Fällen können Gusskonstruktionen eine Reihe von Vorteilen ausspielen.

Schweißkonstruktionen basieren häufig auf Halbzeugen „von der Stange“, was die Möglichkeiten einer optimalen Anpassung an auftretende Lastfälle erschwert. So entstehen Steifigkeitssprünge und dadurch unnötig hohe Kerbspannungen, die zum vorzeitigen Versagen von schwingend belasteten Bauteilen führen können. Zusätzlich werden die Bauteile durch die Schweißnähte selbst auf Grund der Gefügeveränderung in der Wärmeeinflusszone geschwächt.

In weit verbreiteten Konstruktionsrichtlinien wie z.B. der FKM Richtlinie sind die Wechselfestigkeiten von Schweißnähten unabhängig vom Grundwerkstoff auf 92 MPa für Zug/Druck-Belastung limitiert. Gusskonstruktionen besitzen keine derartigen „eingebauten“, werkstoffbedingten Schwachstellen. Die Wechselfestigkeiten liegen zwar unterhalb derer von hochfesten Stählen, aber weit oberhalb derer von Schweißnähten (nach FKM). So besitzt beispielsweise der Sphärogusswerk-

stoff EN-GJS-500-7 eine Wechselfestigkeit von ca. 180 MPa für Zug/Druck-Belastung, die damit doppelt so hoch wie die einer Schweißnaht liegt.

Das Sandgussverfahren bietet darüber hinaus eine hohe Gestaltungsfreiheit, die in unterschiedlicher Weise ausgenutzt werden kann, um optimal an die jeweilige Belastung angepasste Konturen zu fertigen. Der in Bild 1 gezeigte Sockel zur Befestigung eines Hydraulik-Motors in einer Erntemaschine wird beispielsweise stark dynamisch beansprucht. Die gegossene Variante ist im Hinblick auf die Lebensdauer ihrem geschweißten Vorgänger deutlich überlegen. Die geschwungenen Freiformkonturen der Beine, auf denen das gleichmäßig niedrige Spannungsniveau und damit die hohe Lebensdauer beruhen, sind das Ergebnis einer Topologieoptimierung.

Auch innerhalb von engen Bauräumen kann mit Hilfe der Topologieoptimierung die Bauteilgestalt perfekt an die jeweilige Belastung angepasst werden. Gusseisen bietet die Möglichkeit solche Konstruktionen im Sandgussverfahren wirtschaftlich zu realisieren. Dies nutzt die Entwicklung des Querlenkers zur Befestigung des Schneidwerks einer Erntemaschine geschickt aus (Bild 2).

Optimierte Strukturen können auch im Verborgenen liegen. Bei dem mechanisch stark beanspruchten Lenker für einen Wendepflug (Bild 3) wurde mit Hilfe der Topo-



Bild 2: Querlenker in einer Erntemaschine: Hier wird eine optimale Funktionserfüllung auf engem Bauraum erreicht



Bild 3: Lenker für einen Wendepflug: Durch lastgerechte Ausführung der Verrippung im Bauteilinneren wird Gewicht reduziert

gieoptimierung die Anordnung der Verstärkungsrippen im Inneren so ermittelt, dass sie für den Kraftfluss optimal gestaltet sind. Das Gewicht des Bauteils konnte so signifikant reduziert werden.

Diese Beispiele zeigen, dass Leichtbau mit Gusseisen keine Utopie sondern heute längst gängige Konstruktionspraxis ist, die noch viel Potenzial bietet. Der Schlüssel hierzu ist die Kombination aus dem Werkzeug der Topologieoptimierung, das heißt dem Blick auf das Konstruktionsprinzip der Natur, und dem Wissen um den Fertigungsprozess des Sandgusses.

CLAAS GUSS 28318740
www.vfv1.de/28318740

Topologieoptimierung

Die Natur macht es uns vor. Sie verbaut nicht mehr Material in ihren Bauteilen – seien es Knochen oder Grashalme – als es die in der Anwendung anfallenden Belastungen bzw. Kräfte verlangen. Die Natur führt uns Bauteiloptimierung und Leichtbau, Ressourcenschonung und Energieeffizienz vor. Neben diesen Vorbildern stehen der Konstruktion heute moderne Berechnungsmethoden wie FEM-Software zur Verfügung, mit denen bereits in der Entwurfsphase Bauteile auf ihre Belastbarkeit geprüft, Schwachstellen erkannt und Überdimensionierungen eliminiert werden können. Diese Topologieoptimierungen können zudem nicht nur im virtuellen Bauteil sondern auch in der virtuellen Baugruppe bzw. der Gesamtkonstruktion mittels kinematischer Simulationen weiter verbessert oder abgesichert werden.