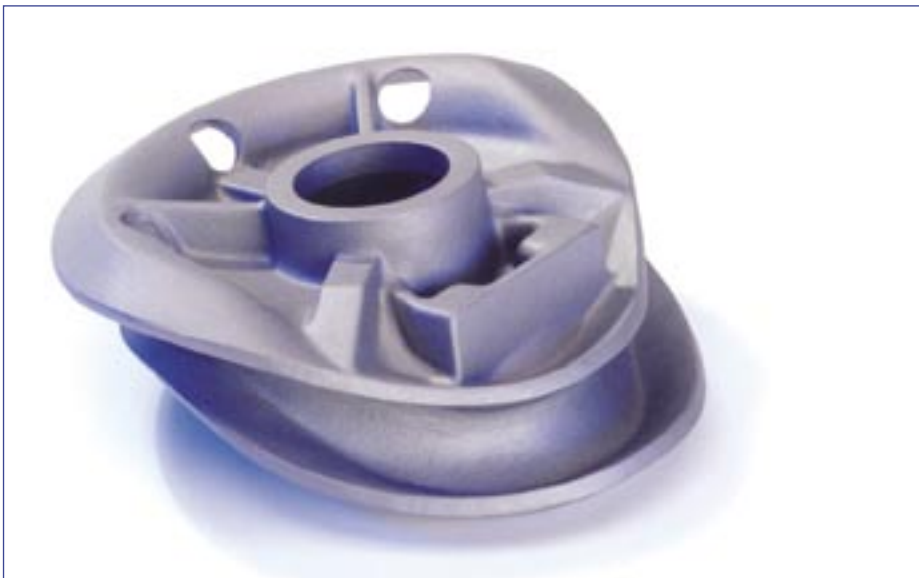


# Konstruieren wie die Natur

## Gießereien unterstützen bei der bionischen Bauteiloptimierung



*Was hat eine Gießerei mit Bäumen und Knochen zu tun? Auf den ersten Blick haben der Fertigungsprozess „Gießen“ und biologisch gewachsene Strukturen überhaupt nichts gemeinsam. Wie also kann man nur auf diese Frage kommen? Und wieso wird eine solche Frage in einer Zeitschrift gestellt, die sich an Konstrukteure wendet? Erfahren Sie die Antwort!*

Der Entwicklungsprozess mechanischer Systeme beginnt in der Konzeptphase zunächst mit der Festlegung der prinzipiellen Bau- und Funktionsweise. Die resultierenden ersten Entwürfe beruhen dabei in hohem Maße auf Erfahrung,

### ■ Die Chancen in Guss liegen in der Freiheit der Formgebung ■

Intuition und Wissen des Konstrukteurs. Erst im nächsten Schritt werden in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase Methoden zur Optimierung eingesetzt, um hiermit einzelne optimale Parameter des Designs zu ermitteln. Fehler, die in der Konzeptphase gemacht werden, werden in nachfolgenden Schritten jedoch nicht mehr grundsätzlich beseitigt. Suboptimale Entwürfe in der Konzeptphase führen trotz Optimierung zwangsweise zu suboptimalen Endergebnissen.

### Strukturbionik zeigt den Weg

Genau diese Schwachstelle wird von neuen Werkzeugen in der Bauteilentwicklung aufgegriffen, die seit einiger Zeit von sich Reden machen. Sie basieren auf den Erkenntnissen der Strukturbionik. Die Strukturbionik ist ein Teilgebiet der Bionik. Dieser Begriff setzt sich als Kunstwort aus „Biologie“ und „Technik“ zusammen. Die Bionik beschäftigt sich mit der Entschlüsselung von „Erfindungen der belebten Natur“ und ihrer innovative Umsetzung in der Technik. Der Forschungsbereich der Strukturbionik zielt dabei auf die Frage ab, auf welchen grundlegenden Konstruktionsregeln die lasttragenden Strukturen der belebten Natur basieren und wie diese Konstruktionsregeln auf technische Produkte übertragbar sind. Ideale Studienobjekte hierfür sind Bäume und Knochen.

Bei Bäumen registriert so z. B. das Kambium, die Wachstumsschicht zwischen Rinde und Holz, das Vorhandensein lokaler, z. B. windinduzierter Spannungskonzentrationen. Zur Beseitigung dieses Zustandes setzt in höher belasteten Bereichen ein verstärktes Wachstum ein. Dieser

Mechanismus der Selbstoptimierung führt in seiner Konsequenz zum Abbau einer lokalen Spannungsüberhöhung auf der Oberfläche und damit zu einer Vergleichmäßigung der Spannungsverteilung. Dieses lastangepasste, sogenannte „adaptive Wachstum“ kann als ein grundlegendes Prinzip natürlicher Konstruktionen beobachtet werden. Als allgemeine Designregel für natürliche Konstruktionen ist das Axiom konstanter Oberflächenspannungen gültig.

### Gießerei-Wissen nutzen

Um die Vorteile der Formgebung durch Gießen in wettbewerbsfähige Produkte umsetzen zu können, ist ein umfassendes Wissen über die Möglichkeiten von Werkstoff und Formgebung entscheidend. Dieses „Spezialwissen“ existiert häufig nur beim Gießer und steht dem Konstrukteur des Gesamtapparates aufgrund der Vielfalt seiner Aufgaben nur bedingt zur Verfügung. Durch parallele, rechnergestützte Entwicklungsprozesse, die den Gießer von der Designphase an am Konstruktionsprozess beteiligt, lässt sich dieses Spezialwissen einbinden. In diesem Umfeld bietet die Topologieoptimierung auf der Basis strukturbionischer Erkenntnisse neue Möglichkeiten und Chancen, innerhalb kurzer Zeit optimal an die Lasten angepasste Konstruktionen zu entwickeln. Das Fertigungsverfahren Gießen ist hervorragend geeignet, die entstehenden Konstruktionen in reale Bauteile umzusetzen. Daher engagieren sich innovative Gießereien in diesem Bereich und erweitern ihr Dienstleistungsangebot.



Bild 2: Topologieoptimierung anhand eines einfachen Beispiels, des Teils eines Kurbeltriebs

Bei Knochen als Bestandteil von Lebewesen spielt nicht nur ein Abbau von lokalen Spannungsspitzen eine Rolle. Bei Jägern und Gejagten ist neben der Stabilität auch das Gewicht wichtig. Daher können Knochen im Gegensatz zu Bäumen nicht nur gezielt dort Material aufbauen, wo es besonders benötigt wird, sondern auch dort Material abtragen, wo es unnötig ist. Die auf diese Art gestalteten Strukturen befinden sich also annähernd im Zustand gleichmäßiger Lastverteilung. Es existieren weder lokal hohe Spannungen (Sollbruchstellen) noch Bereiche mit lokal niedrigen Spannungswerten (Materialverschwendung).

Über Jahrmillionen hat es die Natur geschafft, optimal an die jeweiligen Bedingungen angepasste Strukturen zu entwickeln, indem nur die am besten an die äußeren Bedingungen angepasste Struktur überlebt. Moderne Software Tools erlauben nun, die Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Evolution für die Bauteilgestaltung nutzbar zu machen.

### Topologieoptimierung unterstützt den Entwicklungsprozess

Die Topologieoptimierung unterstützt dabei den Entwicklungsprozess schon in der Konzeptphase und ist deshalb als Entwicklungswerkzeug zu verstehen. Sie ergänzt die auf Erfahrung, Intuition und Wissen basierende Entstehung mechanischer Systeme durch systematische Optimie-

rungsansätze. Ziel der Topologieoptimierung ist es, unter Berücksichtigung definierter Optimierungsziele geeignete oder optimale Entwürfe zu generieren. Innerhalb eines vorgegebenen Bauraums wird eine optimale, belastungsgerechte Materialverteilung ermittelt.

Die Zielsetzungen dieser Optimierung können dabei durchaus unterschiedlich sein. So kann eine Optimierung der Steifigkeit ebenso ein Ziel sein wie eine Gewichtsreduzierung oder eine Frage der Eigenfrequenz. Anwendungsgebiete der Topologieoptimierung sind z. B. die konzeptionelle Ermittlung von optimalen Bauteilgeometrien, Rahmenstrukturen oder Rippenanordnungen hinsichtlich maximaler Steifigkeit oder minimalen Gewichtes. Bild 2 veranschaulicht anhand eines einfachen Beispiels die Vorgehensweise bei der Topologieoptimierung. Ziel war hierbei die Minimierung des Gewichtes.

### Gießerei als Entwicklungspartner

Was aber fasziniert Gießereien nun an diesen neuen Produktentwicklungswerkzeugen so, dass sie sich in diesem Bereich engagieren? Zunächst verstehen sich moderne Gießereiunternehmen als vollwertige Produktentwicklungspartner. Das Dienstleistungsspektrum reicht vielfach bereits weit über eine reine Bewertung der fertigungstechnischen Realisierbarkeit von Bauteilen hinaus. Daher ist ein Engagement im Bereich der bionischen Bauteiloptimierung nur eine konse-

quente Weiterentwicklung, um schon sehr frühzeitig im Produktentstehungsprozess tätig werden und Unterstützung anbieten zu können. Der Einsatz von Topologieoptimierungssoftware beschleunigt die Phase der Konzeptfindung erheblich, so dass für den Kunden hier ein deutlicher Zeitvorteil geschaffen werden kann. Voraussetzung ist natürlich, dass der Bauraum sowie die angreifenden Lasten und Lagerungen bekannt sind.

Hinzu kommt die Tatsache, dass sich häufig herausstellt, dass bei komplexeren Lastfällen den angreifenden Lasten am besten eine komplexe dreidimensionale Bauteilgeometrie gerecht wird. Kein anderes Fertigungsverfahren bietet nun ähnliche geometrische Flexibilität wie das des Gießens. Ein Beispiel für die Designfreiheit, die der Konstrukteur bei der Gestaltung von Bauteilen durch Gießen hat, zeigt die Steuerscheibe für einen Heuschwader in Bild 1. Daher ist das Fertigungsverfahren Gießen hervorragend geeignet, auch die teilweise recht komplexen Vorschläge aus der Topologieoptimierung in geeigneter Form umzusetzen. Die Topologieoptimierung liefert dabei jedoch nur einen ersten Designentwurf. Dieser muss in einem weiteren Schritt von Hand in einen fertigungsgerechten Bauteilentwurf umgesetzt werden.

Zwar können durch Gießen auch komplexe dreidimensionale Geometrien und komplizierte Innengeometrien dargestellt werden. Ganz ohne die Berücksichtigung gewisser Fertigungsrestriktionen wie Mindestwandstärken, Ausformrichtungen oder Speisung kommt jedoch auch das Gießen nicht aus. Einige dieser Restriktionen können bereits in der Topologieoptimierung von der Software berücksichtigt werden. Bei einer Umsetzung des Designvorschlags aus der Topologieoptimierung in einen optimal fertigungsgerechten Bauteilentwurf ist jedoch das Detailwissen des Gießers von entscheidender Wichtigkeit. Der unter Berücksichtigung des Wissens um den Fertigungsprozess umgesetzte Bauteilentwurf wird in einer abschließenden FEM-Analyse verifiziert.

Mit diesem Werkzeug können innovative Gießereien ihren Kunden noch weiterreichendere Unterstützung bieten als bisher. Wird die Topologieoptimierung frühzeitig im Produktentwicklungsprozess eingesetzt, können erhebliche Vorteile realisiert werden, sowohl was die Entwicklungszeit als auch was die Produktqualität angeht. Die Chancen, die das Sandgussverfahren in Bezug auf Umsetzung von Geometrien bietet, können in diesem Umfeld optimal genutzt werden.

Ausführliche Informationen zum Fertigungs- und Dienstleistungsspektrum der Gießerei

CLASS GUSS ..... 356  
[www.vfmz.de/113569](http://www.vfmz.de/113569)