

GUSSTEILE

Kleine konstruktive Änderungen führen zu großen Qualitätsverbesserungen

Häufig genügen kleine Konstruktionsänderungen, um bei Gussteilen deutliche Funktions- und Fertigungsverbesserungen zu erzielen. Der Ansatz dazu liegt in der Anwendung moderner, computergestützter Verfahren, wie der Topologieoptimierung, die Simulation der Formfüllung und Gussteilerstarrung. Werden mit der einen Methode lokale Spannungsspitzen im Bauteil abgebaut, erhöht die andere die Fertigungssicherheit. Das Gussteil wird robuster.



Bild 1:
Topologie- und fertigungsoptimierter Lenker aus EN-GJS-500-7. Kennzeichnend für dieses Gussteil ist ein gleichmäßig niedriges Spannungsniveau im Bauteilinnern.

CHRISTINE BARTELS
UND JOHANNES BECKMANN

Moderne Systeme der computergestützten Produktentwicklung bieten eine Vielzahl von Verfahren zur Erzeugung eines robusten Bauteildesigns, das insbesondere zwei Anforderungen erfüllen muss: Erstens muss das Bauteil seine Funktion erfüllen, auch unter widrigen Bedingungen. Das setzt zweitens die Einhaltung der Qualitätsanforderungen durch den Lieferanten voraus. Allerdings ermöglicht nur ein fertigungs-

technisch robustes Design, dass dies mit vertretbarem Fertigungsaufwand geschieht. Bei beiden Herausforderungen können Top-Lieferanten ihren Kunden wertvolle Unterstützung liefern. Insbesondere bei komplexen Fertigungsverfahren wie dem Gießen ist das der Fall. Das Ergebnis ist eine neue Bauteilqualität. Häufig sind nur kleine Änderungen notwendig, um eine große Wirkung zu erzielen.

Robuste Auslegung sichert Bauteilfunktion

Die große Stärke des Gießens als Fertigungsverfahren liegt in der hohen Gestaltungsfreiheit für Konstrukteure. Aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten für Wanddickenübergänge, Freiformgeometrien, Hohlräume und Wanddurchbrüche kann eine optimal lastfallangepasste Bauteilform erreicht werden. Programme zur Topologieoptimierung sind heutzutage dazu ein sehr nützliches Werkzeug. Sie helfen, dieses Ziel auf der Basis eines gegebenen

Bauraums sowie der angreifenden Lasten und der bekannten Lagerung zu erreichen. Jedoch liefern diese Programme nur einen Designvorschlag, der im nächsten Entwicklungsschritt in ein fertigungsgerichtetes Design umgesetzt werden muss.

Für diesen Schritt ist viel Fertigungs-Know-how notwendig. Daher ist es sinnvoll, die Topologieoptimierung und die darauf basierende Bauteilgestaltung von der Gießerei durchführen zu lassen. Das sichert die Qualität der Bauteile, die wie der

Dr. Christine Bartels ist F&E-Leiterin bei der Claas Guss GmbH am Standort Gütersloh; Johannes Beckmann ist Projektingenieur im Bereich Product Engineering im selben Unternehmen. Weitere Informationen: Claas Guss GmbH, 33609 Bielefeld, Tel. (0 52 41) 9 38-2 34, Fax (0 52 41) 9 38-2 41, c.bartels@claasguss.de

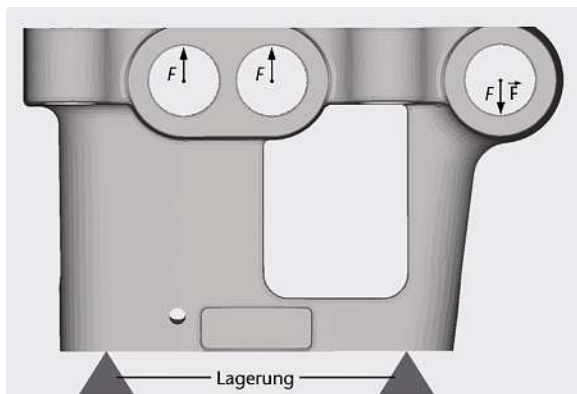


Bild 2: Simuliertes Bauteil, das einer Wechselbelastung im Kilonewton-Bereich ausgesetzt wird. Vor der Gestaltoptimierung kam es bei Feldversuchen immer wieder zu Bauteilbrüchen.

in Bild 1 gezeigte Lenker eines Wendepfluges auf Basis von Topologieoptimierungen entstanden sind. Kennzeichnend für diese Bauteile ist ein gleichmäßiges, niedriges Spannungsniveau in ihrem Innern. Dazu muss allerdings ein ausreichend großer Bauraum für die Optimierung verfügbar sein.

Lokale Spannungsspitzen können zu Rissen führen

Oft reichen jedoch schon kleinere Änderungen an gegebenen Konstruktionen aus, um eine überaus eindrucksvolle Reduzierung lokaler Bauteilspannungen zu erreichen. Ein Beispiel dafür ist das in Bild 2 gezeigte Bauteil, das Wechsellasten im Kilonewton-Bereich ausgesetzt wird. Dazu wirken Kräfte in senkrechter Richtung nach oben sowie senkrecht zur dargestellten Projektionsebene. Die Lagerung ist ebenfalls im Bild zu sehen. Vor der Shape- oder Gestaltoptimierung waren in Feldversuchen immer wieder einzelne Bauteile aufgrund von Brüchen ausgefallen.

Charakteristisch für die Ausfälle war der Rissbeginn am Auslauf des großen Radius im Durchbruchbereich. Nachträglich durchgeführte

FEM-Berechnungen zeigen, dass das generelle mechanische Spannungsniveau im Bauteil nicht zu hoch ist, es unter den angreifenden Lasten jedoch ganz lokal zu erheblichen Spannungsspitzen kommt (Bild 3a). Um diese zu beseitigen, wurde von der Gießerei eine Gestaltoptimierung durchgeführt.

Eine Shape- oder Gestaltoptimierung eignet sich zur nachträglichen belastungsgerechten Optimierung von Bauteilbereichen. Dabei wird insbesondere eine erhebliche Reduzierung der Kerbspannungen bei minimalen Geometrieänderungen angestrebt. Hierzu verschiebt das Programm automatisch die Knoten des FE-Netzes so, dass sich die Außenkontur des Bauteils leicht verändert und lokale Spannungsspitzen im Bauteil abgebaut werden.

Bild 3b zeigt das Ergebnis der Optimierung. Deutlich ist erkennbar, wie sich infolge einer nur geringfügigen Veränderung der Kontur des Durchbruchs die Spannungen im gefährdeten Bauteilbereich verringern lassen. Für das untersuchte Bauteil kann die Spannungsspitze um etwa 35% reduziert werden, ohne dass die Bauteilmasse signifikant zu-

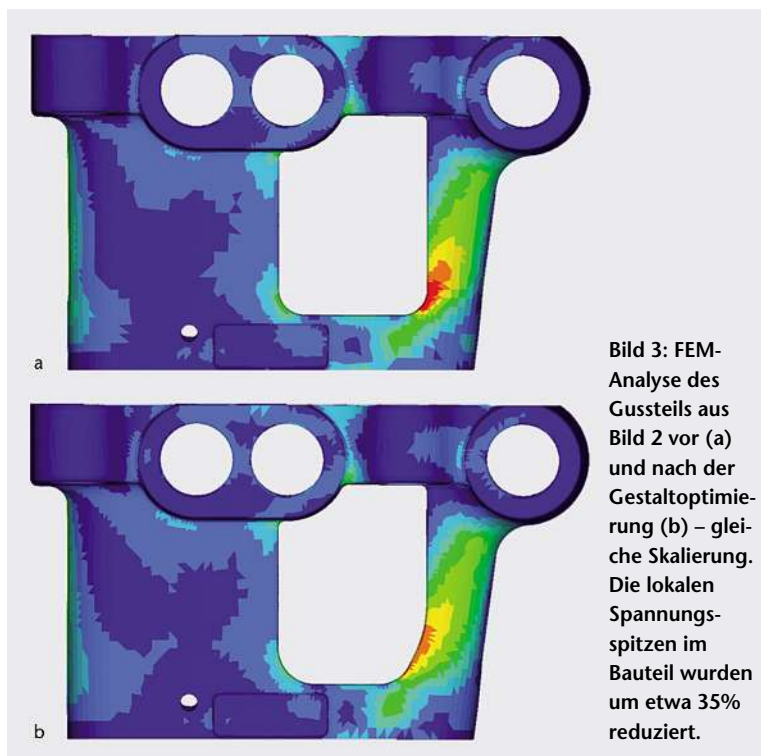
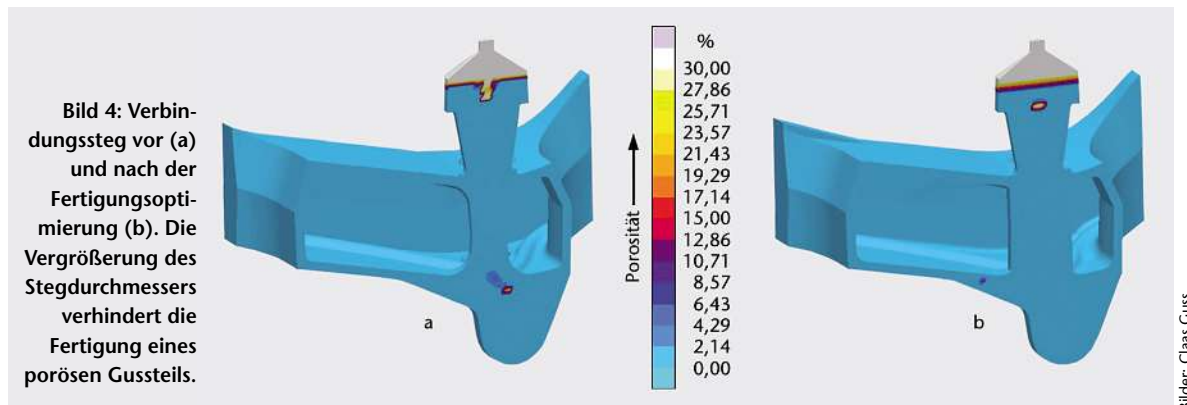


Bild 3: FEM-Analyse des Gussteils aus Bild 2 vor (a) und nach der Gestaltoptimierung (b) – gleiche Skalierung. Die lokalen Spannungsspitzen im Bauteil wurden um etwa 35% reduziert.



nimmt. Das Bauteilgewicht steigt nur von 22 auf 22,3 kg. Die Änderung kann mit einem geringen Modelländerungsaufwand umgesetzt werden. Es ist lediglich eine konstruktive Änderung des Kerns notwendig. Die Außenkontur kann bei dem gewählten Formkonzept unverändert bleiben. Auch angrenzende Kompo-

nenten werden von dieser Veränderung nicht tangiert.

Für dynamisch belastete Teile ist die Optimierung von Vorteil

Eine Reduzierung der Kerbspannungen wirkt sich bei schwingend belasteten Bauteilen stark auf die Lebensdauer aus. Auch vereinzelt

Schwingungen mit einer größeren Amplitude führen nicht mehr zu so drastischen Spannungsspitzen, wie es bei der Ausgangsgeometrie der Fall ist. Das Bauteil wird insgesamt „robuster“.

Damit die Bauteilfunktion erfüllt wird, ist selbstverständlich die Einhaltung der geforderten Bauteilspe-

zifikationen erforderlich. Die Kunst ist es, ein Bauteil so zu gestalten, dass dies mit einem Minimum an Fertigungsaufwand bei einem Maximum an Prozesssicherheit möglich ist. Kleinere Schwankungen einzelner Prozessparameter dürfen sich nicht in Qualitätsunterschieden des Produkts niederschlagen. Trotzdem darf der Prozess nicht zu aufwändig werden, damit Gussteile auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ihre volle Stärke ausspielen können. Dazu sollte die Gießerei bereits zu einem frühen Zeitpunkt in den Konstruktionsprozess eingebunden werden, weil für eine optimale Gussteilgestaltung viel Wissen über den Fertigungsprozess notwendig ist.

Wie bei der funktionsgerechten Konstruktion spielen auch bei der fertigungsgerechten Bauteilgestaltung häufig scheinbare Kleinigkeiten eine entscheidende Rolle. Beispielhaft ist dazu in Bild 4 die Auswirkung der Dimensionierung eines Verbindungsstegs zwischen Ober- und Unterseite in dem in Bild 1 gezeigten hohlen Bauteil dargestellt. Dieser Steg wurde aus Fertigungsgründen dicker ausgeführt, als es aus Funktionssicht notwendig wäre.

Simulation gibt Aufschluss über Machbarkeit

Hintergrund dieser Entscheidung ist die Tatsache, dass oben auf dem Gussteil ein Speiser positioniert wird, der den Steg und die Befestigungslasche für das Spannschloss „dichtspeisen“ soll. Um einen Transport von flüssigem Metall in diese Lasche bis zum Ende der Erstarrung zu gewährleisten, darf der Steg nicht zu früh erstarren. Sonst entstehen in der Lasche Lunker (Bild 4a). Wird der Steg mit größerem Querschnitt ausgeführt, werden porenfreie Gussteile gefertigt (Bild 4b).

Die Simulation der Formfüllung und der Gussteilerstarrung hilft heute, kritische Designmerkmale an einem Gussteil zu identifizieren und unter Berücksichtigung der

Bauteilfunktion gemeinsam mit dem Kunden entsprechende Alternativen zu entwickeln. So kann ein Bauteil nicht nur bezüglich der Funktion, sondern auch im Hinblick auf einen rationellen Fertigungsprozess optimal gestaltet werden.

Von einer engen Zusammenarbeit zwischen Kunden und Gießerei profitieren beide Seiten. Änderungswünsche des Lieferanten werden zu einem Zeitpunkt berücksichtigt, zu

dem sie sich noch mit vertretbarem Aufwand umsetzen lassen, ohne dass eine Änderungskette die nachfolgenden Prozessschritte durchzieht. Die Gießerei wird im Gegenzug mit einem Bauteil konfrontiert, bei dem bereits bei der Konstruktion die Fragen der Fertigungstechnik berücksichtigt wurden, was einen deutlich reibungsloseren Serienstart und ein stabileres Qualitätsniveau ermöglicht. **MM**