

Entwicklung optimaler Strukturkomponenten in Rekordzeit

E. du Maire, O. Grumpelt u. Th. Schmidt, Mölln

Die Wahl des Fertigungsverfahrens für komplexe Strukturkomponenten erfolgt aufgrund vermeintlicher Zeitvorteile bei terminkritischen Neuentwicklungen häufig zugunsten von Schweißkonstruktionen. Der Einsatz modernster Optimierungs- und Berechnungssoftware beim Entwicklungspartner für anspruchsvolle gegossene Komponenten ermöglicht jedoch eine erhebliche Verkürzung von Entwicklungszeiten, die den gegenüber der Schweißkonstruktion aus der Herstellung der Modelleinrichtung resultierenden zeitlichen Mehraufwand bei der Prototypenherstellung kompensieren kann. Durch die partnerschaftliche Bauteilentwicklung sichert sich der Maschinenbauer gleichzeitig optimale Funktionalität und wirtschaftliche Fertigung ab dem ersten Stück.

Im Spätherbst letzten Jahres erhielt der Drehmaschinenhersteller Hessapp einen eng terminierten Auftrag über mehrere Doppelspindel-Vertikaldrehmaschinen, die das bekannte Bauprogramm unter Ausbau der Plattformstrategie sinnvoll ergänzte.

Die auf den Namen DVH 250 getaufte Maschine bietet technologie-interessierten Anwendern durch die beiden nebeneinander angeordneten und getrennt in Z-Richtung verfahrbaren 27kW-Motorspindeln (Abb. 1) neue Möglichkeiten z.B. bei der Bearbeitung von Bremscheiben oder von Kegelrädern. Weil es unter der Prämisse kurzer Taktzeiten sinnvoller ist, bei den kleinen Werkstücken mit max. 250mm Drehdurchmesser das zu bearbeitende Teil zur Spindel statt den gesamten Schlitten zum Werkstück zu bewegen, verlässt Hessapp bei dieser Maschine das bei Pick-Up-Maschinen sonst übliche Ladeprinzip.

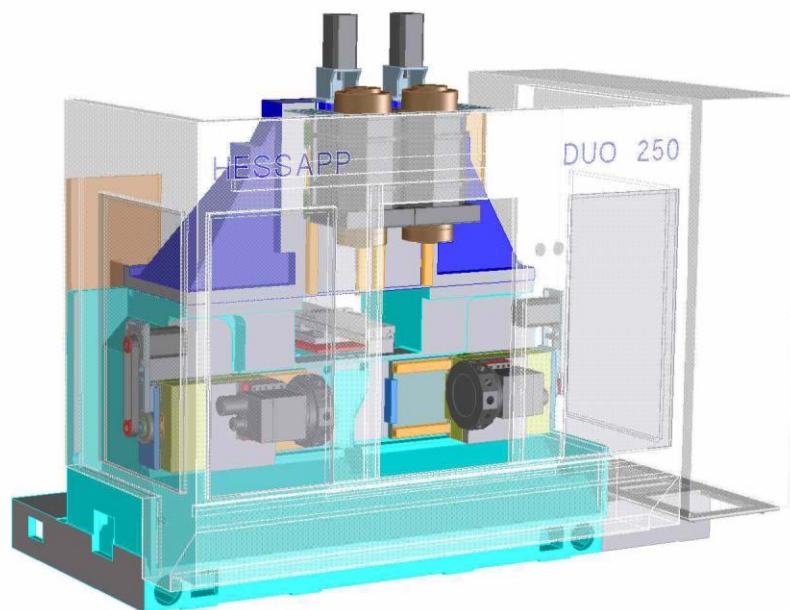


Abb. 1 Schematische Darstellung der Hessapp DVH 250 duo

Die Werkstücke werden statt dessen mit einem Ladeschieber vom hinter der Maschine angeordneten Zentralband an die Bearbeitungsstationen übergeben, wo die vielfältigen Operationen wie Drehen, Bohren oder Glattwalzen mit den auf X-Schlitteneinheiten montierten Werkzeugrevolvern durchgeführt werden.

Da die Maschine zum Zeitpunkt der Auftragserteilung nur auf dem Papier existierte, war besondere Eile bei der Festlegung des Fertigungsverfahrens für das Maschinengestell, dessen Auslegung und die Erstellung der Fertigungsunterlagen geboten.

Aus Termingründen schien zunächst nur eine Schweißkonstruktion realisierbar zu sein - angesichts der projektierten Stückzahl die weniger wirtschaftliche Lösung. Aufgrund der langjährigen Zusammenarbeit in den Bereichen Entwicklung und Produktion ist das Unternehmen Heidenreich & Harbeck Casting GmbH beim Drehmaschinenhersteller Hessapp als schneller Partner für die Prototypenentwicklung und -herstellung bekannt. So lag es nahe, zumindest die Machbarkeit der kurzfristigen Entwicklung und Fertigung eines gegossenen Maschinengestells zu diskutieren.

Die aufgezeigte Zeitschiene von 14 Wochen ab Entwicklungsstart bis zur Auslieferung des einbaufertigen Gestells war zwar nicht rekordverdächtig, angesichts der in diesem Zeitraum liegenden Festtage und des

Jahreswechsels aber auch nicht anspruchslos, zumal im Vorfeld der METAV-Messen in München und Düsseldorf weitere Projekte hoher Priorität dieselben Entwicklungs- und Produktionskapazitäten des Möllner Innovationspartners belegten.

Um einen reibungslosen Durchlauf ohne Verzug beim Endtermin zu gewährleisten, wies der Projektplan bereits nach 3 Wochen einen Meilenstein zur Abgabe der Fertigungsunterlagen für den Modellbau aus. Doch innerhalb dieses Zeitraums war nicht nur die eigentliche Zeichnungserstellung, sondern unmittelbar davor auch die funktions- und fertigungsgerechte Gestaltung der Gestellkomponenten zu erbringen.

Um die anspruchsvollen Steifigkeitsvorgaben des Kunden zu erfüllen, setzt die Heidenreich & Harbeck Casting GmbH in allen Entwicklungsprojekten, die eine Gussteilauslegung oder –optimierung umfassen, modernste Software zur Topologieoptimierung ein.

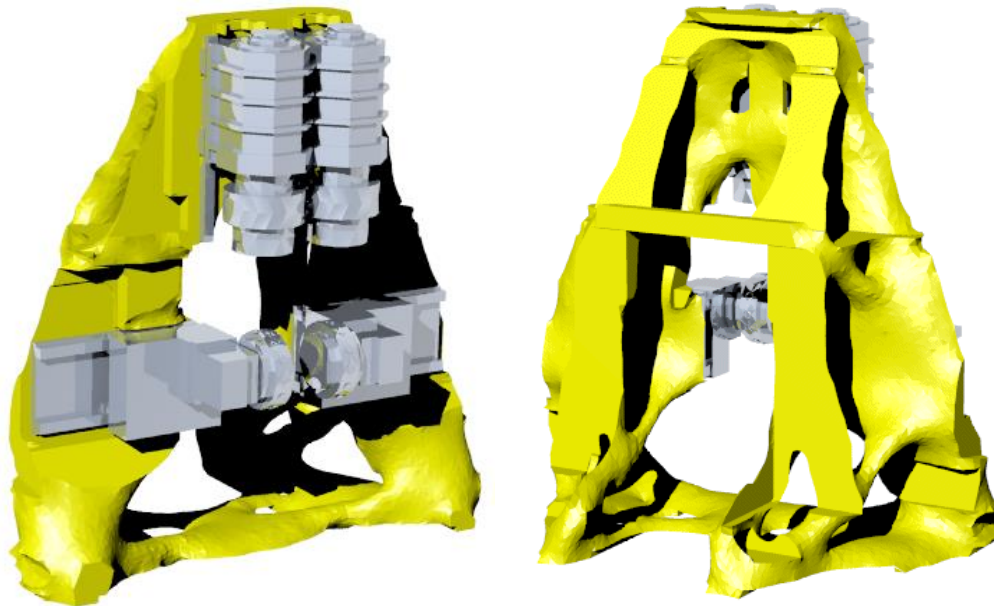


Abb. 2 Gestaltungsvorschlag aus der Topologie-Optimierung

Als Eingabe für die automatische Ermittlung der funktionsgerechten, steifen Struktur werden der verfügbare Bauraum sowie die vom Bauteil aufzunehmenden Lasten und Randbedingungen benötigt. Diese wurden den vom Kunden bei Projektstart übergebenen 2D-Entwürfen entnommen und in ein FEM-Modell übertragen.

Bei der Topologieoptimierung werden nicht oder nur unwesentlich zum Kraftfluss beitragende Elemente des FEM-Modells sukzessive ausgeblendet, bis das vom Entwickler vorzugebende Restvolumen erreicht ist. Eine nachgeschaltete Glättungsprozedur erzeugt dann aus den Flächen der verbliebenen Elemente eine wie organisch gewachsene Struktur (Abb. 2), die in 3D-CAD-Umgebungen importierbar ist und als Vorlage für die weitere Ausgestaltung dient.

Diese automatische Erzeugung von kraftflussgerechten Entwürfen auf Basis des in der Regel einfach zu beschreibenden verfügbaren Bauraums erlaubt den versierten Anwendern bei Heidenreich & Harbeck GmbH, insbesondere bei Bauteilen mit überlagerten Lastfällen, eine immense Beschleunigung Ihrer Entwicklungstätigkeit.

Gegenüber der früheren Vorgehensweise, bei der zunächst ein fertigungsgerechter Entwurf entsteht, anschließend berechnet und bei anspruchsvollen Projekten in einer Vielzahl von Iterationen weiter optimiert wird, liefert sie sehr schnell Vorschläge für Geometrien, welche die funktionalen Vorgaben in idealer Weise erfüllen.

Durch Diskussion dieser wie organisch gewachsenen Entwürfe mit den Experten aus Arbeitsvorbereitung und Gießerei werden die funktionalen und wirtschaftlichen Ziele miteinander in Einklang gebracht. Das anschließend erstellte 3D-Modell (Abb. 3) der gegossenen Komponente wird schließlich per FEM-Analyse hinsichtlich der Kundenvorgaben überprüft.

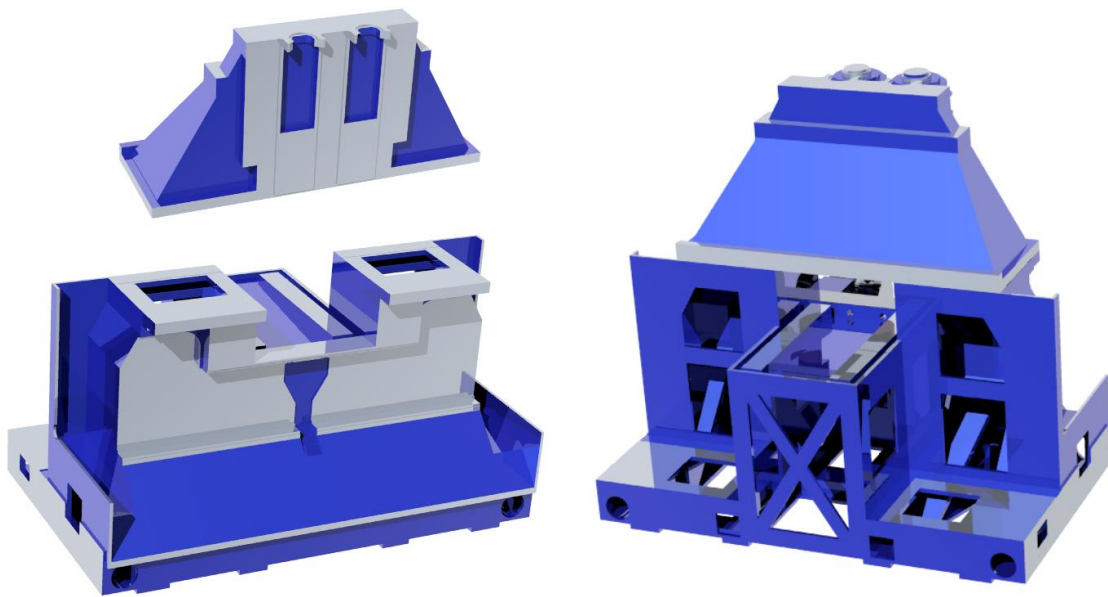


Abb. 3 Gestaltungsvorschlag umgesetzt in eine fertigungsgerechte Konstruktion
(Gestellabmessungen: 3600 x 2260 x 1450 mm; Gestellgewicht: 4.700 kg)

Im Falle dieses Gestells war nur noch eine Iteration mit angepassten Wandstärken erforderlich, um die im Lastenheft beschriebenen anspruchsvollen Zielvorgaben zu erreichen. Dadurch konnte die anschließende Erstellung der Fertigungsunterlagen fristgerecht 3 Wochen nach Projektstart abgeschlossen werden. Bei konventioneller Vorgehensweise wäre für den gesamten Entwicklungsprozess etwa die doppelte Zeitdauer zu veranschlagen gewesen.

Dass durch die Integration der Topologie-Optimierung in den Entwicklungsprozess bei Heidenreich & Harbeck GmbH nicht 'nur' schnelle, sondern unter wirtschaftlichen und funktionalen Aspekten ebenfalls sehr gute Lösungen entstehen, verdeutlicht das Diagramm (Abb. 4). Hier spannen die berechneten Verformungen und Gewichte eines massiven und eines hohlen Gestells ein Dreieck auf, dessen linke untere Ecke die theoretischen Werte eines optimalen Bauteils mit maximaler Steifigkeit bei minimalem Gewicht darstellen. In der Praxis sind diese Werte allerdings nicht erreichbar.

Wie das Diagramm (Abb. 4) zeigt, kommen die Eigenschaften des bei Heidenreich & Harbeck Casting GmbH entwickelten Bauteils dem theoretischen Optimum sehr nahe. Durch angewandtes Simultaneous Engineering wurde dabei ein verhältnismäßig einfacher Formaufbau realisiert, um auch die Produktionskosten minimal zu halten. Denn diese werden nur zum Teil durch das benötigte Eisengewicht bestimmt.

Durch die beim Zulieferer Heidenreich & Harbeck Casting GmbH in den Entwicklungsprozess integrierte Bauteiloptimierung erhält der Kunde bereits für die Prototyp-Maschine fertigungsgerechte, materialsparende Strukturkomponenten mit hoher Steifigkeit. Sie tragen aufgrund ihres kraftflussgerechten Designs und dem Einsatz geeigneter FERROCAST-Werkstoffe sowohl zur Verbesserung der Genauigkeiten als auch zur Verkürzung von Taktzeiten bei. erschließen Über ihre wirtschaftliche Herstellung erschließen die vom Innovationspartner entwickelten Gusskomponenten zudem erhebliche Stückkostensenkungen..

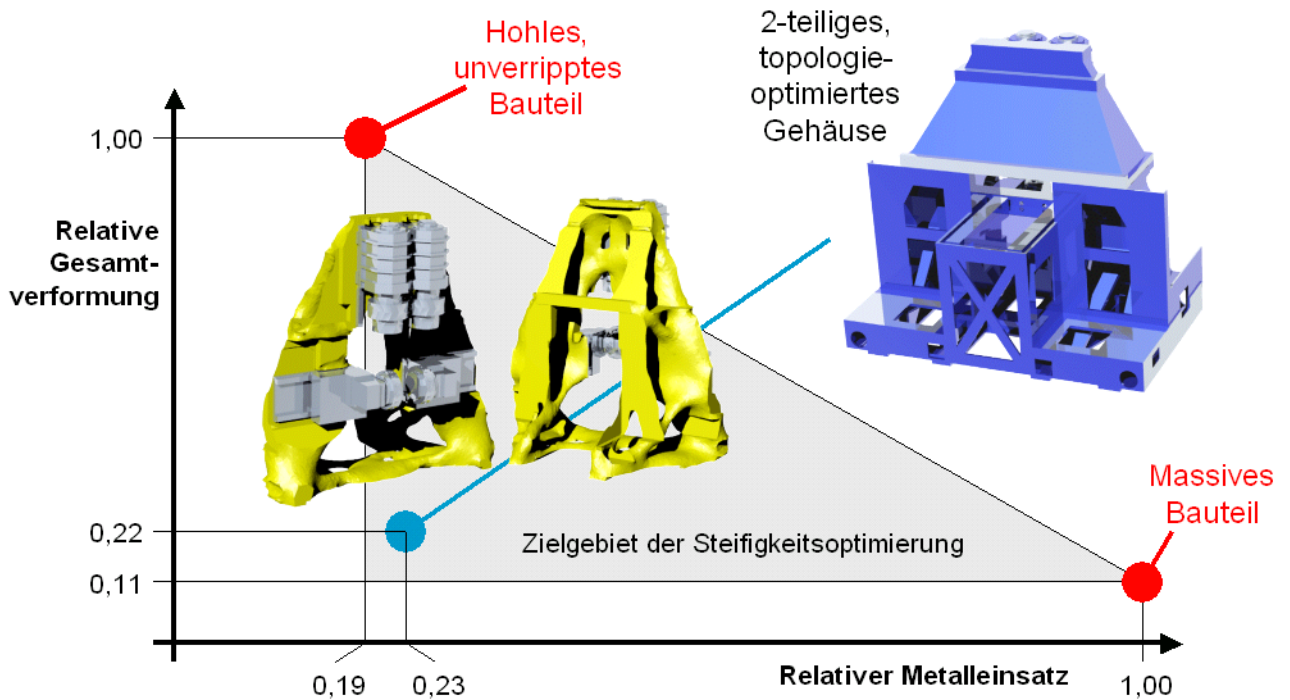


Abb. 4 Gegenüberstellung von Bauteilgewicht und -steifigkeit

Bei Heidenreich & Harbeck Casting GmbH sind alle für die Prototypenherstellung benötigten Teilprozesse beginnend von der Entwicklung bis hin zur einbaufertigen Bearbeitung (Abb. 5) unter einem Firmendach zusammengefasst. Dieses erlaubt der Projektleitung eine kontinuierliche Verfolgung des Projektstatus und die Einhaltung der für die Prototypen vereinbarten Liefertermine.



Abb. 5 Fertigbearbeitung beim Innovationspartner Heidenreich & Harbeck Casting GmbH (links: Sockel, rechts: Oberteil)

Die beschriebene Entwicklungsdienstleistung führt Heidenreich & Harbeck Casting GmbH auch für Bauteile durch, die aufgrund der Bauteilgröße oder Werkstoffwahl nicht im eigenen Haus gefertigt werden können.