

Von der Natur lernen – kraftflussgerechte, neuartige Gestaltung gegossener Komponenten

Ernst du Maire, Dr. Thorsten Schmidt

Die Heidenreich & Harbeck AG in Mölln bei Hamburg stellt mit 190 Mitarbeitern gegossene Komponenten für den allgemeinen Maschinenbau her. Neben der eigentlichen Gießerei mit Modellbau, Formerei und Schmelzbetrieb unterhält das Unternehmen auch einen umfangreichen Maschinenpark zur flexibel automatisierten Großteilebearbeitung, der das Unternehmen zur einbaufertigen Herstellung von Bauteilen mit höchsten Qualitätsansprüchen befähigt.

Bereits vor mehr als 15 Jahren wurde mit dem Auf- und Ausbau einer eigenen Entwicklungsabteilung begonnen. Durch das Zusammenführen von Expertenwissen zur Bauteilberechnung und fertigungstechnischem Know How unter einem Firmendach hat sich Heidenreich & Harbeck zum Innovationspartner für den Maschinenbau mit einem umfangreichen Dienstleistungs-Portfolio entwickelt (Abbildung 1). Der zunehmende Auftragseingang in diesem Bereich zeigt, dass großer Bedarf für Entwicklungs-Dienstleistungen, bei der gleichzeitig funktionale als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden, besteht. Dieses ist damit zu erklären, dass in vielen Kundenunternehmen die Fertigungskennnisse, die zur Entwicklung wirtschaftlich herstellbarer Komponenten benötigt werden, zunehmend zurückgehen, während der Kostendruck aufgrund des internationalen Wettbewerbs weiter zunimmt. Die bei vielen Produkten gleichzeitig steigenden Anforderungen hinsichtlich Dynamik und Präzision machen zudem temporäre Zugriffsmöglichkeiten auf Berechnungsressourcen erforderlich, über welche die Entwicklungsabteilungen unserer Kunden häufig nicht verfügen und deren Installation für einzelne Projekte auch nicht wirtschaftlich wäre.

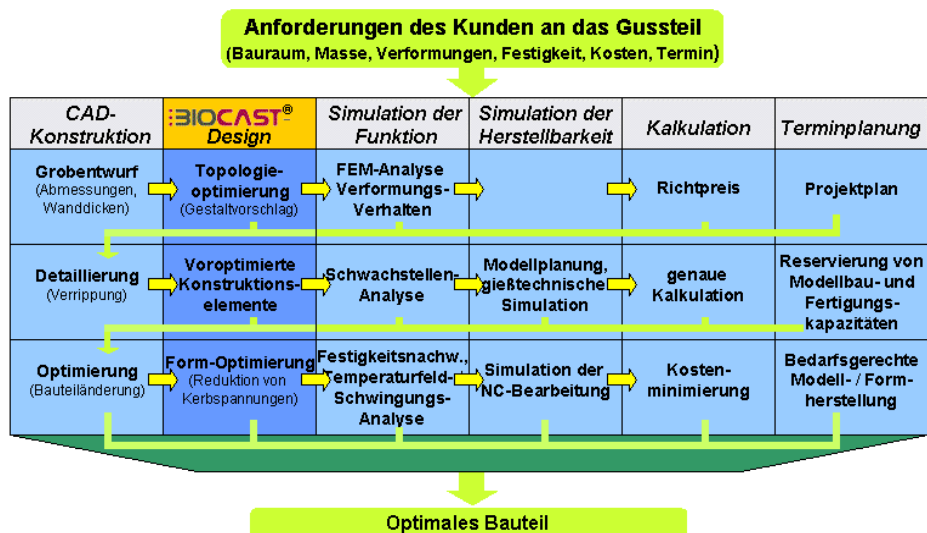


Abbildung 1 Dienstleistungsportfolio mit neuartigem Bestandteil BIOCAST®

Das durch organisatorische und räumliche Nähe von Bauteilentwicklung und –herstellung praktizierbare Simultaneous Engineering macht das Möllner Unternehmen zu einer der ersten Adressen für die schnelle Prototypenherstellung

und die überlappte Nullserienfertigung bis hin zur Fertigung mittlerer Serien großer, einbaufertig bearbeiteter Strukturkomponenten. Änderungen, die sich vor allem im Serienanlauf aufgrund von in Montage und Inbetriebnahme gewonnenen Erkenntnissen ergeben, können dank durchgängiger Datenmodelle zeitnah umgesetzt werden, ohne die Teileversorgung beim Kunden zu unterbrechen. Die Befähigung des Zulieferers zur Entwicklungspartnerschaft trägt so entscheidend zur Standortsicherung beider Partner in Zeiten von Globalisierung und sich verschärfendem Wettbewerb bei.

Einen Schwachpunkt hat das Wirken als Entwicklungspartner allerdings: einmal erarbeitete und der Öffentlichkeit zugänglich gemachte Konstruktionsprinzipien lassen sich nicht vor Nachahmung schützen. Der Ideenklau zwingt zu permanenter Innovation, um als Entwicklungspartner eine der ersten Adressen zu bleiben. Die Herausforderung ist extrem, denn es gilt mit noch bezahlbarem Aufwand und somit immer schneller immer bessere Lösungen bzw. ganz neue Realisierungsideen zu finden und so den Maßanzug zu schaffen, der die Aufgabenstellung in idealer Weise erfüllt.

BioCast®-Design

Der Blick über den eigenen Tellerrand hilft hier weiter. Die Natur führt uns täglich vor Augen, dass es keineswegs utopisch ist, extrem anspruchsvolle Aufgabenstellungen mit einem Minimum an Material, Energie und Betriebskosten zu erfüllen. So ist der Entwickler von Strukturkomponenten gut darin beraten, sich vom Wachstum der Bäume und Knochen inspirieren zu lassen. Dass die Bauformen der Natur nicht von ebenen Flächen und rechten Winkeln dominiert werden, muss ihn dabei nicht schrecken. Ganz im Gegenteil, denn mit dem Gießen steht ein Fertigungsverfahren bereit, mit dem sich kraftflussgerechte Konturen ohne großen Aufwand herstellen lassen. Und es lässt sich bereits erahnen, dass es sich bei diesen Konturen gleichzeitig um gieß- und abkühlgerechte Formen handelt.

So wurden mit dem Ziel, in der Entwicklung gegossener Komponenten schneller und besser zu werden, in einem Forschungsvorhaben neuartige Software für die Shape- und die Topologieoptimierung zur Anwendungsreife gebracht und in das Dienstleistungsportfolio integriert. Die Anwendung der bionischen Verfahren bei der Gussteilentwicklung und die Verwendung der damit geschaffenen voroptimierten und in Werknormen hinterlegten Konstruktionselemente in komplexen Konstruktionen ist unter der geschützten Wortmarke BIOCAST® zusammengefasst (Abbildung 1).

Durch den Einsatz von Topologie- und Form-Optimierung entstehen entweder leichtere Bauteile, die bei vorgegebener Steifigkeit schneller bewegt werden können oder aber bei nahezu unverändertem Bauteilgewicht steifere bzw. tragfähigere Strukturen. So werden mit der Annäherung an das Funktionsoptimum durch Anwendung moderner Optimierungs-Software bisherige Leistungsgrenzen überwunden.

Als einer der erster industriellen Anwender setzt Heidenreich & Harbeck diese Verfahren routiniert im Rahmen der Bauteilentwicklung für den allgemeinen Maschinenbau ein und kombiniert damit in idealer Form die Belange der beanspruchungs- und der fertigungsgerechten Konstruktion.

Wachstumsvorgänge der Natur nachempfunden: Die Formoptimierung ...

dient der Erhöhung der Tragfähigkeit hoch belasteter Strukturen durch moderate Geometrieänderungen. Sie wird an weitgehend auskonstruierten Bauteilen

angewendet und reduziert Spannungsspitzen an der Bauteiloberfläche. Die zugrunde liegenden Computeralgorithmen gehen auf den in Karlsruhe wirkenden Prof. Mattheck zurück. Seine Studien zum Wachstum von Bäumen und zum Aufbau von Knochen (Abbildung 2, links) führten zu der Einsicht, dass in der Natur äußerst ökonomisch mit den Baumaterialien umgegangen wird, indem Material nur dort angelagert wird, wo die Belastungen besonders hoch sind. Da die resultierenden Geometrien dem Axiom der konstanten Oberflächenspannung folgen, werden Schwachstellen mit erhöhter Kerbwirkung, wie sie in technischen Systemen häufig anzutreffen sind, vermieden.

Im Zuge des genannten Forschungsvorhabens wurden wiederkehrende Konstruktionselemente hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit im kritischen Lastfall per Formoptimierung voroptimiert. Vor der Dokumentation in Werknormen flossen noch unter Einsatz der Gießsimulation erarbeitete fertigungsbegünstigende Geometrieänderungen ein (Abbildung 2, rechts). Diese voroptimierten Elemente werden heute in vielen Konstruktionen zur Verringerung von Kerbwirkungen und zur Erhöhung der Steifigkeit eingesetzt und tragen damit zur idealen Werkstoffausnutzung bei.

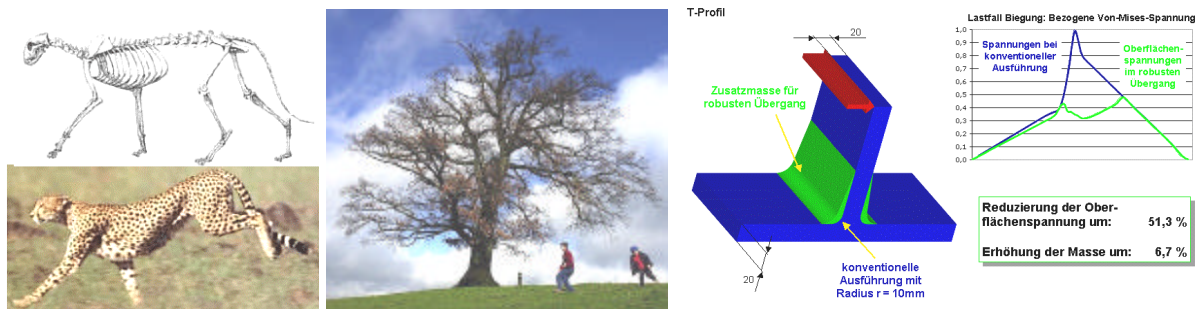


Abbildung 2 Links: Wachstumsvorgänge in der Natur sind Vorbilder der Formoptimierung
 Rechts: Unter Nutzung der Formoptimierung entwickelte BIOCAST®-Profile werden in **h**-Konstruktionen quasi als Konfektionsware eingesetzt

Leicht und trotzdem steif ? Die Topologieoptimierung ...

kommt bereits in einer sehr frühen Entwicklungsphase zum Einsatz. Vorbilder für die Topologie-Optimierung finden sich wiederum in der Flora und in der Fauna, wo Gewebe- bzw. Knochenstrukturen mit geringem Materialeinsatz die eigentlichen Funktionsträger erheblich aussteifen (Abbildung 3).

Die Anforderungen, die an die bei Heidenreich & Harbeck zu entwickelnden Komponenten gestellt werden, decken sich oftmals mit den Eigenschaften der aus der Natur bekannten tragenden Strukturen: Häufig ist eine funktional bedingte, äußere Hülle sehr steif zu gestalten, insbesondere wenn es sich bei Komponenten für den Werkzeugmaschinenbau handelt, wo bekanntlich jedes Mikrometer Verformung zählt. Gleichzeitig muss diese Struktur kostengünstig – also mit geringem Materialeinsatz – ausgeführt werden, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen.



Abbildung 3

Das lamellenartige Knochengewebe im Elefantenschädel (links) versteift die äußere Struktur erheblich.

Ein schönes Beispiel für eine gelungene Verrippung stellt das Blatt der Riesenseerose dar (rechts).



(Quelle: Nachtigall, Blüchel: Das große Buch der Bionik)

Die Topologieoptimierung zum automatischen Auffinden der diese Anforderungen erfüllenden Strukturen wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens bei Heidenreich & Harbeck zum Einsatz gebracht. Bereits in einer der ersten industriellen Anwendungen, bei der die Optimierung auf ein vereinfachtes 2-dimensionales Modell angewendet wurde, wurden beachtliche Erfolge erzielt (Abbildung 4). Basierend auf einem Finite-Element-Modell des den verfügbaren Bauraum ausfüllenden massiven Körpers und den darauf wirkenden Lasten wird vollautomatisch die ideale, kraftflussgerechte Gestalt des Bauteils ermittelt. Durch den per Topologieoptimierung gefundenen kraftflussgerechten Gestaltungsvorschlag, der mit dem vorhandenen Produktions-Know-how in eine fertigungsgerechte Verrippung umgesetzt wurde, verringerte sich das Gewicht des Maschinengestells um 30% gegenüber der Vorgängerkonstruktion. Da zudem die Anzahl der benötigten Kerne von etwa 80 auf 16 (also um 80% !) gesenkt werden konnte, reduzierten sich die Fertigungskosten für das Rohteil immens, ohne dass Kompromisse bei der Steifigkeit eingegangen wurden.

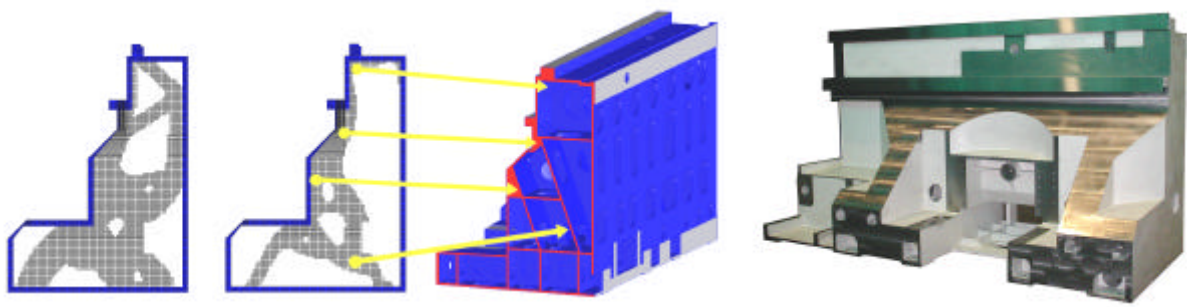


Abbildung 4 Maschinenbett einer großen Vertikaldrehmaschine (v.l.n.r.: Gestaltungsvorschläge, umgesetzte 3D-CAD-Konstruktion, einbaufertig bearbeitetes Bauteil; (Material: EN-GJL-250 (GG 25), Abmessungen: 3.600 x 1.950 x 1.430 mm, Gewicht: 7.400 kg)

Die Investition in extrem leistungsfähige Arbeitsplatzrechner erlaubt mittlerweile die Topologieoptimierung auf Basis dreidimensionaler Modelle mit mehreren Lastfällen. Hierzu wird lediglich das Volumenmodell des verfügbaren Bauraums benötigt, das in ein FEM-Modell umzusetzen und dort mit den relevanten Kräften der einzelnen Lastfälle zu beaufschlagen ist. (Abbildung 5, links oben). In mehreren Iterationen werden Gestaltungsvorschläge erzeugt, die für das jeweilige Restgewicht eine maximale Steifigkeit bzgl. der Belastung aufweisen. (Abbildung 5, rechts). Mit dem

produktionstechnischen Know how des Entwicklers entsteht hieraus eine gleichzeitig fertigungs- als auch kraftflussgerechte Konstruktion (Abbildung 5, links unten).

Gegenüber der konventionellen Vorgehensweise unterscheidet sich der Entwicklungsprozess mit integrierter Topologieoptimierung darin, dass nicht mit einer fertigungsgerechten Konstruktion eines komplexen Gussteils begonnen wird, die meist nach der ersten FEM-Berechnung wieder verworfen oder zumindest in vielen nachfolgenden Iterationen stark modifiziert werden muss. Statt dessen wird mit einem einfach zu erstellenden Modell des Bauraums gestartet. Die Topologieoptimierung liefert ohne weitere manuelle Eingriffe je nach Bauteilgröße und Anzahl der Lastfälle in wenigen Stunden oder Tagen eine Vorstellung von der optimalen Bauteil-Gestalt.

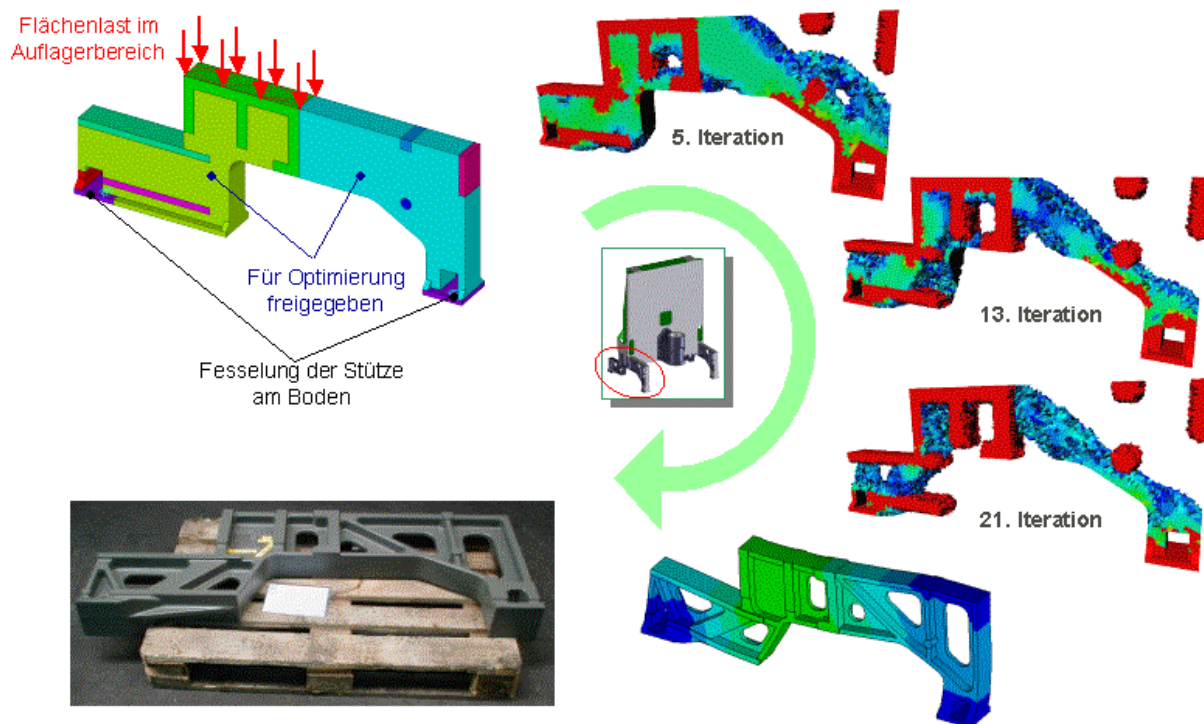


Abbildung 5 Entwicklungsprozess für Stütze mit integrierter Topologieoptimierung (Material: EN-GJL-250 (GG 25), Abmessungen: 1.460 x 550 x 150 mm, Gewicht: 170 kg)

Produktionserhöhung beim Blasformen durch Topologieoptimierung

Dass die Kombination von aktuellem Produktions-Know-How mit routiniertem Einsatz spezieller, auf die Entwicklungsaufgaben zugeschnittener Berechnungsprogramme beim Entwicklungspartner in oftmals verblüffend kurzer Zeit zu maßgeschneiderten Lösungen führt, erlebte auch ein Hersteller von Blasformmaschinen.

So wurde Heidenreich & Harbeck bei der Neuentwicklung aller Gusskomponenten einer größeren Maschine beauftragt. Besondere Herausforderungen stellten der begrenzte Bauraum sowie die Gewichts- und die Qualitätsanforderungen dar, denn das neue Produkt sollte kompakt bauen und eine hohe Produktivität erreichen. Der Einsatz eines Topologieoptimierungs-Programms war also naheliegend.

Um die späteren Kosten für Modelleinrichtung und Fertigung, die natürlich auch im Fokus standen, durch einen kernlosen Formaufbau gering halten zu können, wurden Fertigungsrestriktionen bei der Optimierung berücksichtigt. Folglich weist der

Gestaltungsvorschlag für die Schließplatte keine Hinterschneidungen auf. Für das auf dieser Basis mit vergleichsweise geringem Aufwand entwickelte Bauteil wurden Fertigungssimulationen und der rechnerische Festigkeitsnachweis geführt. Zusätzlich zur Absicherung der Bauteilfunktionen wurde das Verformungsverhalten der gesamten Baugruppe analysiert, um Gratbildung auf den blasgeformten Endprodukten auszuschließen. Die berechneten, hervorragenden Steifigkeitseigenschaften wurden durch Messungen während der Inbetriebnahme bestätigt.

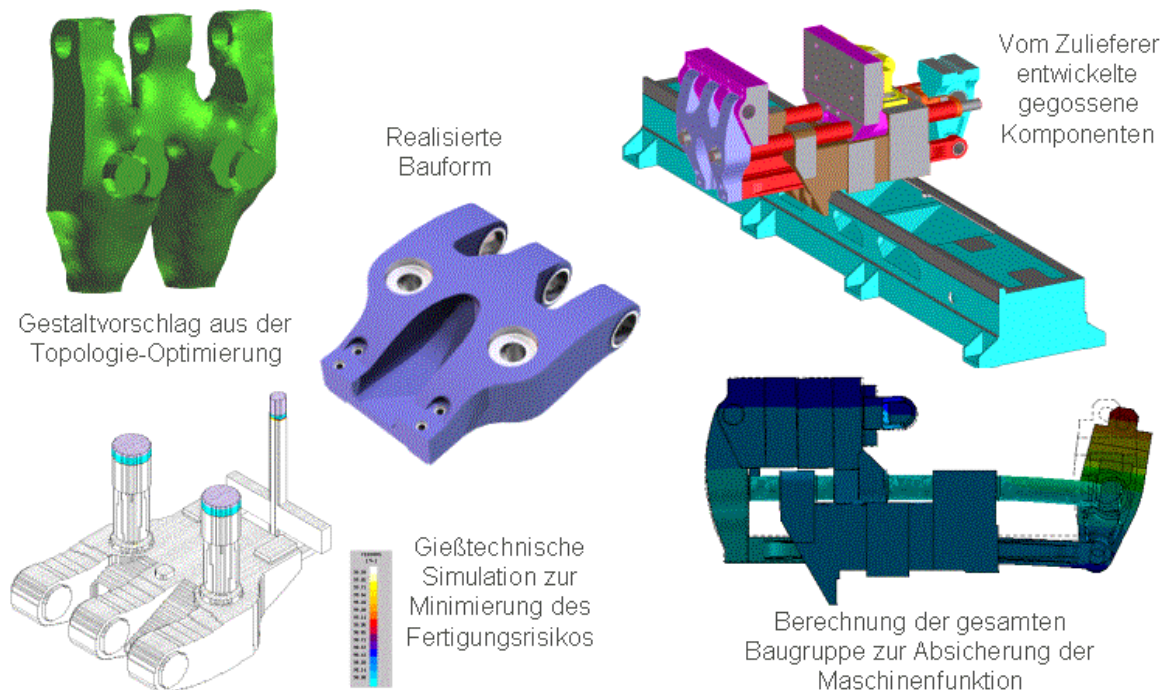


Abbildung 6 Topologieoptimierter Schließhebel einer Blasformmaschine
(Material: EN-GJS-400-18 (GGG 40), Abmessungen: 770 x 640 x 200 mm, Gewicht: 350 kg)

Belastungsgerechte Gestaltung eines Tragarms per Topologieoptimierung

Im Rahmen eines Wertanalyseprojektes eines Kunden wurde der Komponentenhersteller Heidenreich & Harbeck mit der Neuentwicklung eines Tragarms beauftragt.

Ausgehend von dem vom Kunden modellierten maximal verfügbaren Bauraum galt es, ein wirtschaftlich herstellbares, steifes Sicherheits-Bauteil zu entwickeln. Dabei waren Montagegesichtspunkte, insbesondere die Anbindung der Führungswagen, zu berücksichtigen.

Angesichts der Freiheitsgrade bei der Designfindung lag der Einsatz der Topologieoptimierung nahe. Aufgrund einer seitlich versetzt angreifenden Vertikallast und der daraus resultierenden Torsionsbeanspruchung führt diese auf ein Hohlprofil (Abbildung 7, links), das allerdings den Zugang zu den Befestigungsschrauben verwehrt. Eine mit vernachlässigbarem personellen Aufwand durchgeführte zweite Rechnung mit Fertigungsrandbedingungen führt zu einem unter Montageaspekten optimalen Designvorschlag (Abbildung 7, rechts).

Die realisierte Lösung verbindet die Vorteile beider Varianten (Zugänglichkeit der Befestigungsschrauben, Zusatzfunktion des torsionssteifen Hohlprofils: Kabelkanal). Auch wenn keiner der beiden Lösungsvorschläge exakt umgesetzt wurde, so

fungierte die Topologieoptimierung doch als der entscheidende Ideengeber für neue Lösungsansätze.

Gegenüber der mehrteiligen Vorgängerkonstruktion konnte eine Gewichtseinsparung von 30% bei gleichzeitig deutlicher Steifigkeitszunahme realisiert werden. Der Entwicklungsaufwand amortisierte sich bereits innerhalb weniger Monate.

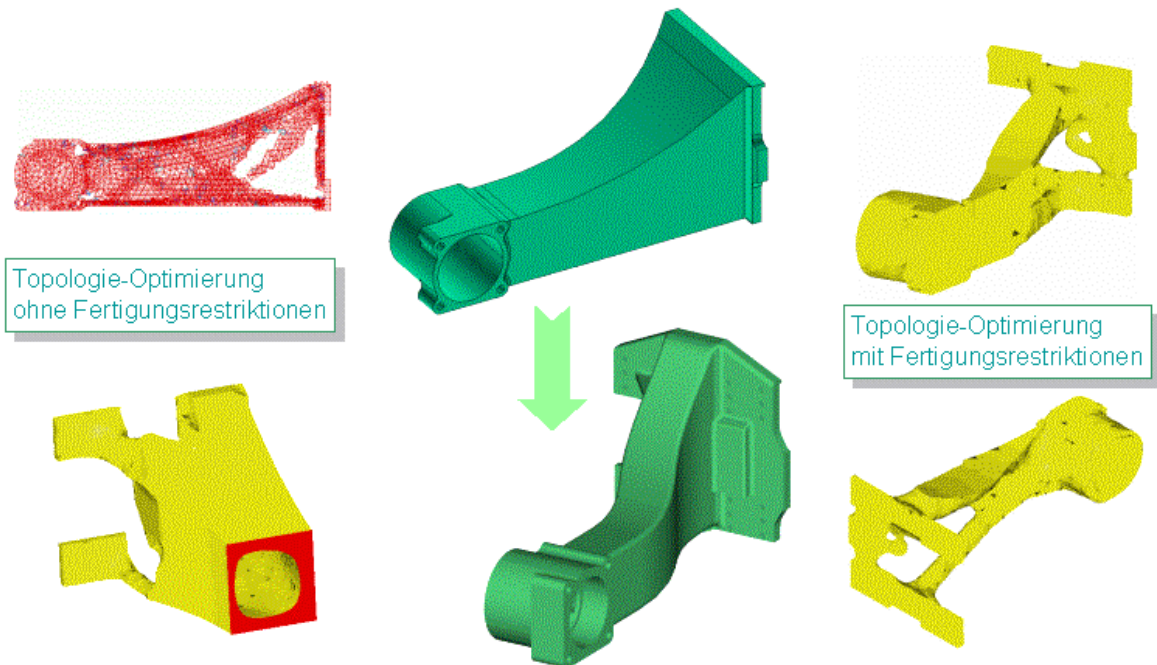


Abbildung 7 Tragarm einer Wickelstation:
vom Bauraum (oben) zum Integralbauteil (unten) unter Nutzung der Topologieoptimierung
(Material: EN-GJS-400 (GGG 40), Abmessungen: 1.015 x 495 x 490 mm, Gewicht: 155 kg)

Immenses Beschleunigungspotenzial: Die Topologieoptimierung ...

zeigte sowohl bei Benchmark-Beispielen als auch in realen Entwicklungsprojekten ein erhebliches Potenzial zur Beschleunigung von Entwicklungsprozessen. Nach Umsetzung des Gestaltungsvorschlags in ein fertigungsgerechtes Design ist –wenn überhaupt - meist nur eine weitere Iteration mit modifizierten Wandstärken erforderlich, um die Kundenvorgaben hinsichtlich Bauteilsteifigkeit und -gewicht zu erfüllen.

So konnte die eigentliche Entwicklung des zweiteiligen Gehäuses einer Doppelspindel-Vertikaldrehmaschine (Abbildung 8) von vier (Schätzung für konventionelle Vorgehensweise) auf eine Woche reduziert und so die Gesamtdauer ab Entwicklungsbeginn bis zur Abgabe der Fertigungsunterlagen von 6 auf 3 Wochen abgekürzt werden.

Trotz dieser extremen Beschleunigung bei der Bauteilentwicklung müssen keine Kompromisse in Bezug auf die Funktionalität der Bauteile eingegangen werden. Im Gegenteil: das Diagramm (Abbildung 8) zeigt, dass das Entwicklungsergebnis in dem von den theoretischen Extremen (massives Bauteil und hohles, unverripptes Bauteil mit fertigungsgerechten Wandstärken) aufgespannten Zielgebiet der Optimierung ein hervorragendes Verhältnis von Steifigkeit zu Materialeinsatz erreicht. Mit nur 20% Gewichtszunahme gegenüber dem hohlen Bauteil erhöht sich die Steifigkeit um 350%, so dass die im Lastenheft festgeschriebene Verformungsgrenze eingehalten wird.

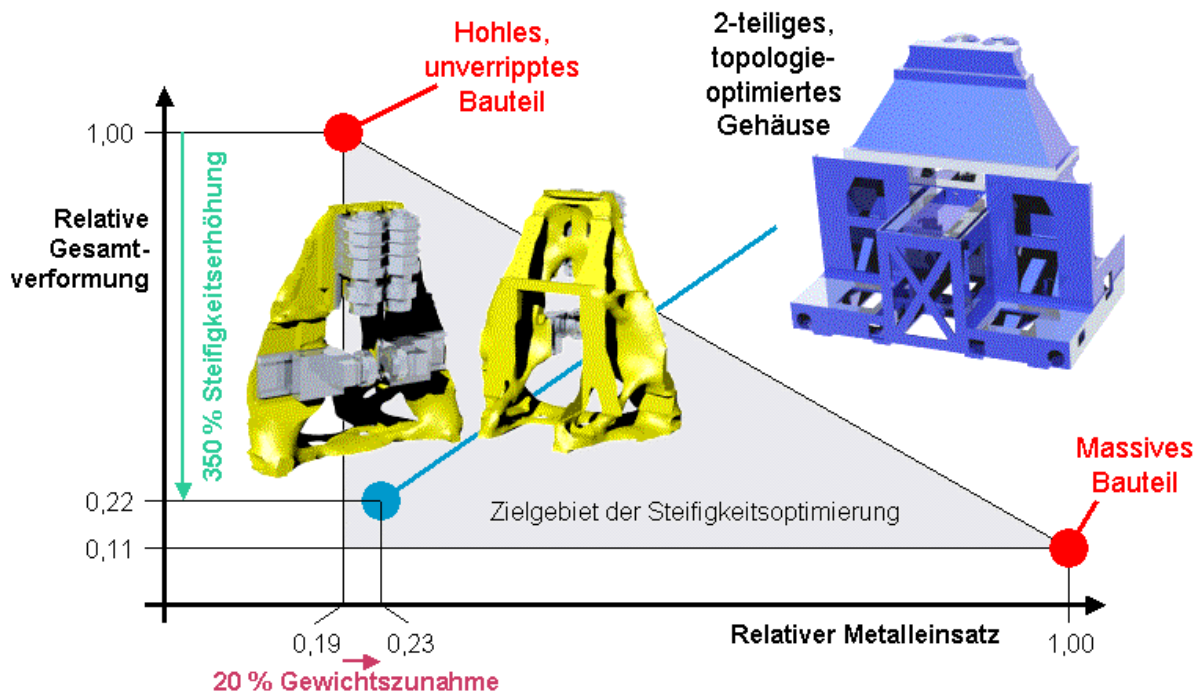


Abbildung 8 Verformungs-Gewichts-Diagramm eines zweiteiligen Maschinengehäuses (Material: EN-GJL-300 (GG 30), Abmessungen: 3.600 x 2.260 x 1.450 mm, Gewicht: 4.700 kg)

In über 80 durchgeführten Neuentwicklungen, bei denen die Topologieoptimierung in Kombination mit der Berechnung aller wesentlichen Funktionsparameter und der simultanen virtuellen Optimierung der Herstellbarkeit zur Anwendung gelangte, zeigte sich die Überlegenheit dieses bionischen Ansatzes.

Immer entstanden in kurzer Zeit Lösungen, die dicht am theoretischen Optimum lagen, weil hier nicht nur, wie bisher in der Bionik üblich, einzelne Lösungen aus der Natur in technische Anwendungen übertragen, sondern –nach unserem Kenntnisstand– erstmalig im Maschinenbausektor Optimierungsprogramme zum Einsatz kommen, die den inneren Wachstumsgesetzen der Natur entsprechen.

Es entspricht somit nicht mehr dem Stand der Technik, Plagiate von bestehenden optimierten Konstruktionen oder Bauformen aus der Natur zu schaffen. Intelligenter, weil maßgeschneiderte Lösungen entstehen bereits heute sehr wirtschaftlich durch Anwendung der Wachstumsgesetze aus der Natur während der Bauteilentwicklung ! Der Einsatz der bionischen Optimierungsverfahren wird vermehrt zu ganz neuen, an die Beanspruchung adaptierten konstruktiven Gestaltungen führen und dazu beitragen, dass sich Problemlösungen für den Maschinenbau – wie in der Natur – dem absoluten Minimum an Aufwand in Bezug auf Material und Energieeinsatz annähern.

Direktes Fräsen der Formen beschleunigt den Prototypen-Entstehungsprozess

Das beim Entwicklungspartner praktizierte Simultaneous Engineering führt bereits zu einer erheblichen Beschleunigung der Prototypenentwicklung und –herstellung gegenüber der konventionellen Abwicklung. Wegen der sich ständig verkürzenden Produktlebenszyklen werden die Forderungen nach einer Verkürzung dieses Prozesses für komplexe Eisenguss-Konstruktionen dennoch lauter. Da sich in der

Konstruktionsphase mit begleitender Bauteilberechnung dank des Einsatzes der Topologie-Optimierung bereits einige Wochen einsparen lassen, liegt der Fokus jetzt auf der eigentlichen Herstellung.

So werden die Investition in ein modernes ERP-System, die Nutzungsausdehnung und weitere Flexibilisierung der Werkzeugmaschinen sowie der Ausbau des Produktionsnetzwerkes dazu beitragen, Kapazitätsengpässe zu vermeiden und die Prozesse in der Gießerei und in der mechanischen Fertigung weiter zu optimieren und abzukürzen.

Großes Potenzial zur Abkürzung des Gesamtprozesses bietet auch die Herstellung der Modelleinrichtung bzw. der Sandform. Denn bei konventioneller, handwerklich geprägter Arbeitsweise entfällt ein großer Zeitanteil auf den Modellbau (Abbildung 9).

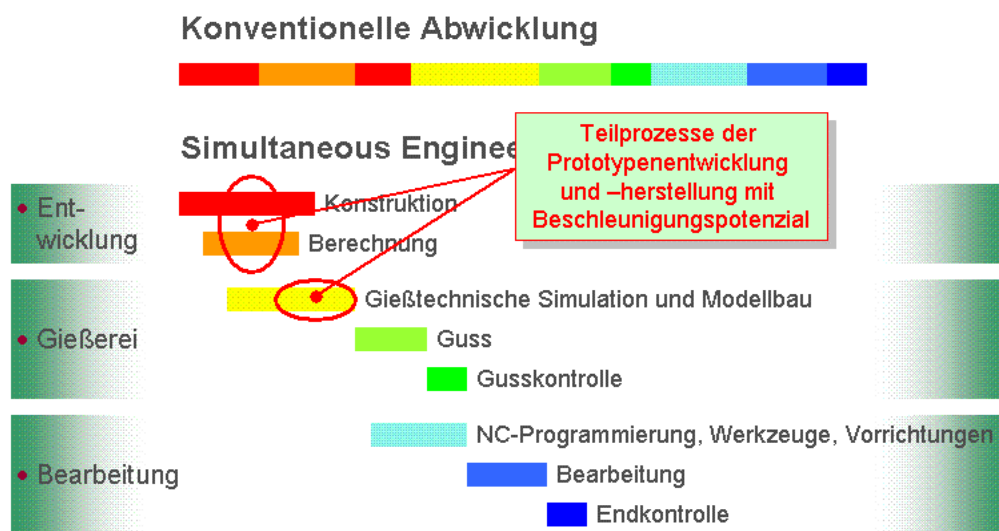


Abbildung 9 Simultaneous Engineering: Teilprozesse mit Beschleunigungspotenzial

Der maximale Zeitgewinn lässt sich hier realisieren, wenn das digitale Modell der zu fertigen Gusskomponente direkt zur Herstellung der Sandform verwendet wird. Was bei kleineren Bauteilabmessungen unter dem Namen Rapid Prototyping längst Stand der Technik ist, scheiterte bei größeren Abmessungen bislang an den nicht vorhandenen Produktionseinrichtungen für generative Formaufbauverfahren.

Seit kurzem besteht jedoch die Möglichkeit, Formstoffblöcke direkt auf speziellen Bearbeitungszentren zu bearbeiten und maßgenaue Sandgussformen in sehr kurzen Durchlaufzeiten herzustellen (Abbildung 10). Dieser DirektForm® genannte Prozess wird zukünftig sowohl in die Einzelteil- bzw. Kleinstserienfertigung als auch in die Serienfertigung gegossener Komponenten, wenn auch mit unterschiedlichen Zielsetzungen, einziehen.

In der *Einzel- bzw. Kleinstserienfertigung* erlaubt das direkte Formstofffräsen die präzise Fertigung komplexer Sandformen für den Abguss extrem maßhaltiger Prototypen. Da Hinterschnitte bei diesem Verfahren problemlos anzufertigen sind und bei komplexen Formen ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Kernen besteht, kann sich dieses Verfahren bei sehr komplexen Bauteilen gegenüber der konventionellen Vorgehensweise mit Anfertigung entsprechender Modelleinrichtungen auch für die Herstellung von Kleinstserien rechnen.



Abbildung 10 Gefräste Sandform (links) für gegossenen Prototypen (rechts)

Haben die entwickelten Komponenten *Serien*charakter, ist die Anfertigung einer hochwertigen Modelleinrichtungen nach wie vor geboten. In diesem Segment kann das Fräsen der Hohlform für den Prototypen auf der Basis der digitalen Produktdaten dennoch sinnvoll sein.

Einerseits, um den steigenden terminlichen Anforderungen gerecht zu werden und eine extrem kurze Lieferzeit zu realisieren. Bei durchgängiger Verwendung des digitalen Volumenmodells für das Fräsen der Form, die Maßkontrolle und die Erstellung der NC-Programme für die spanende Bearbeitung sind Entwicklungs- und Herstellzeiten für fertig bearbeitete Prototypen von weniger als 10 Wochen auch bei großen Strukturkomponenten längst keine Utopie mehr (Abbildung 11).

Das Fräsen der Hohlform für den Prototypen eines Serienteils wird mit dem Ziel der Einsparung des Modelländerungsaufwands auch dann angestrebt, wenn die Änderungswahrscheinlichkeit oder aber der Anspruch an die Maßhaltigkeit des Serienteils besonders hoch ist. Im zuletzt genannten Fall bietet sich eine Vermessung des Prototypen an, um schwindungsbedingte Maßabweichungen gegenüber der Sollgeometrie exakt zu erfassen. Diese lassen sich trotz großer Fortschritte im Bereich der Fertigungssimulation immer noch nicht exakt vorhersagen. Erst die Kompensation der gemessenen Abweichungen im Rohteil-Datensatz erlaubt die CNC-gestützte Anfertigung einer Modelleinrichtung für die Formherstellung von extrem maßhaltigen Gussteilen.

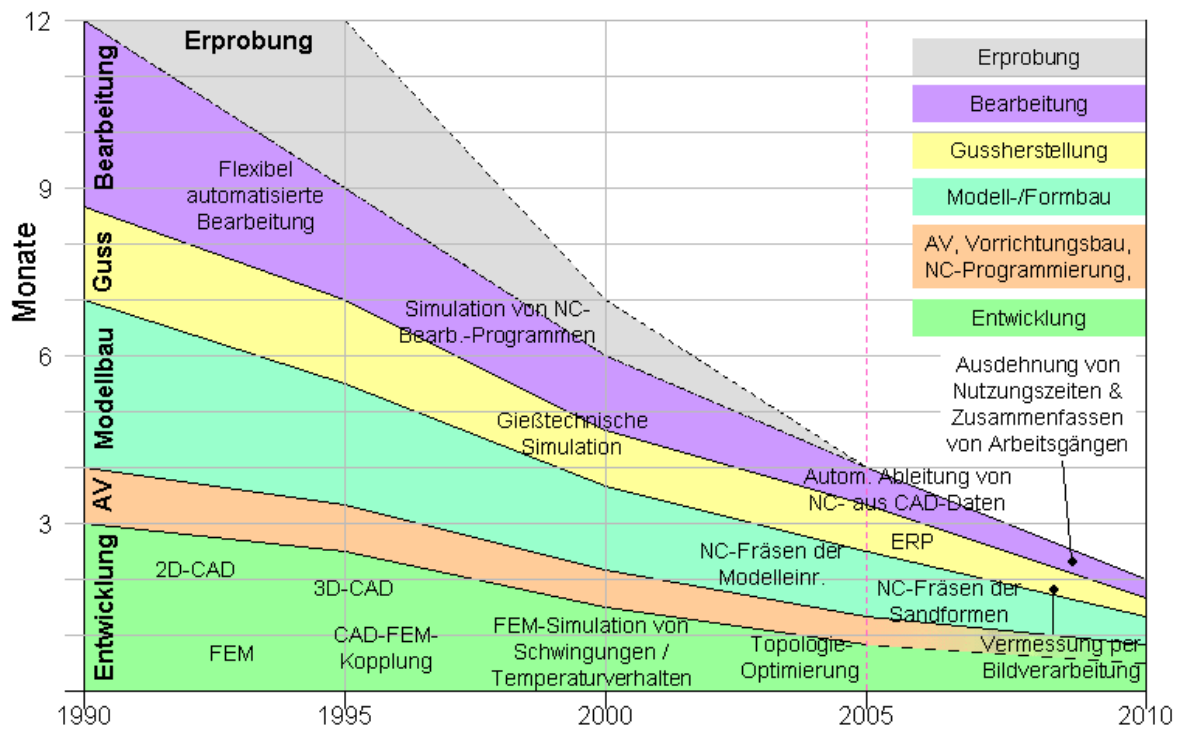


Abbildung 11 Verkürzung der Prototyp-Entstehungszeiten durch CAx-Techniken

Fazit

Der Einsatz der bionischen Optimierungsverfahren führt zu ganz neuen, an die Beanspruchung adaptierten konstruktiven Gestaltungen und trägt dazu bei, dass sich technische Problemlösungen – wie in der Natur – dem absoluten Minimum an Aufwand – Material und Energieeinsatz – annähern.

Schon heute werden häufig Kostenreduktionen um bis zu 25% bei gleichzeitiger Funktionsverbesserung um bis zu 50% (z.B. Steifigkeitsgewinn) erreicht. Dabei kann der Berechnungs- und Optimierungsaufwand sehr gut an die erwarteten Stückzahlen angepasst werden.

In vielen der mehr als 350 durchgeführten Entwicklungsaufträge für komplexe Konstruktionsteile haben wir es erlebt, dass sich unser gesamter Berechnungs- und Optimierungsaufwand oft schon nach 2 – 3 Teilen amortisiert hat. Zudem wird der Entwicklungsprozess durch die konstruktionsbegleitende Berechnung beschleunigt, weil Entscheidungsprozesse – sachlich fundiert – kaum noch Zeit kosten.

Vor diesem Hintergrund ist es eigentlich nicht mehr zu verantworten, auf eine konstruktionsbegleitende Bauteilberechnung zu verzichten. Stand der Technik ist heute die genaue FEM-Berechnung, ggf. mit Festigkeitsnachweis nach den geltenden technischen Regelwerken. Das wird auch bei Haftungsfragen in Zukunft eine immer größere Rolle spielen.