

The Development Competence of The Massive Forming Industry: Develop Together – Benefit Together

The trend is not new: automobile industry suppliers are becoming evermore heavily involved in their customer's development process. Specialist knowledge is required in the face of ever shorter development cycles and ever more complex demands. German massive forming industry companies have developed in accordance with this trend.

*Dr. Michael Muckelbauer, Ennepetal und
Dr. Hans-Willi Raedt, Denklingen*

Die Entwicklungskompetenz der Massivumformindustrie: Gemeinsam entwickeln – gemeinsam profitieren

Der Trend ist nicht neu: Die Zulieferer der Automobilhersteller werden immer stärker in den Entwicklungsprozess ihrer Kunden eingebunden. Bei immer kürzeren Entwicklungszyklen und immer komplexeren Anforderungen ist Spezialwissen gefragt. Die Unternehmen der deutschen Massivumformung haben sich diesem Trend folgend weiterentwickelt.

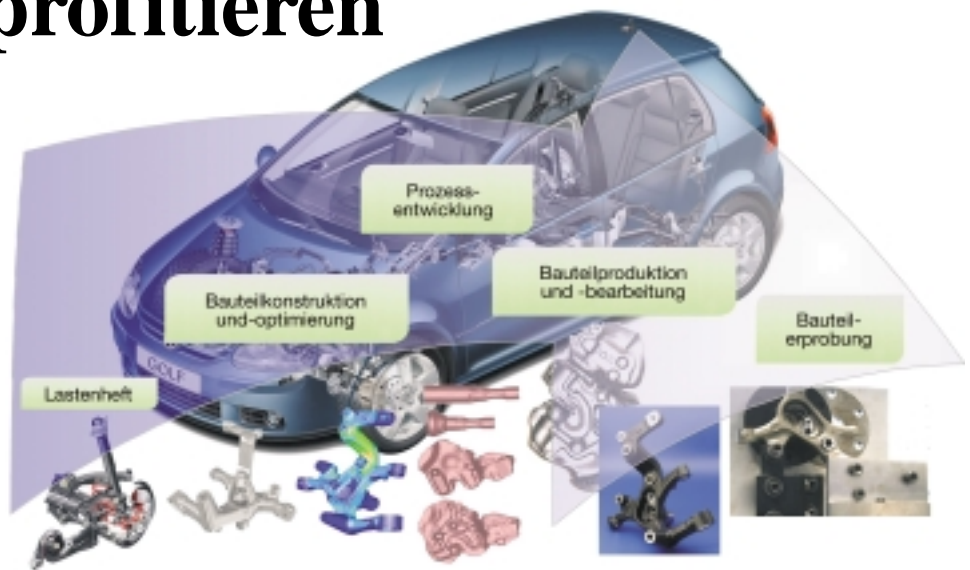


Bild 1: Entwicklungsablauf von der Auslegung bis zur Bauteilerprobung.

Quelle: cdp Bharat Forge

Entwicklungskompetenz

Bei der cdp Bharat Forge GmbH in Ennepetal (cdp BF), einem Tochterunternehmen der indischen Kalyani Group aus Pune, werden sowohl Fahrwerks- als auch Motorenteile für Pkw und Lkw mit den Kunden gemeinsam entwickelt. Über die erste Grobauslegung und Berechnung mit einem linearen FEM-Simulationsprogramm (Finite Elemente Methode) wie Pro/MECHANICA über die Ausgestaltung und Optimierung mit Hilfe von nichtlinearen Systemen (ABAQUS) bis hin zur Bauteilprüfung kommen modernste Systeme zum Einsatz (Bild 1). Durch diese Vorgehensweise können das Know-how von Kunde und Zulieferer optimal zur Entfaltung

kommen und somit ausgereifte Produkte entstehen. Die Hirschvogel Automotive Group, die für alle Anwendungsbereiche des Automobils Bauteile anbietet, setzt auf eine Topologieoptimierung, auf deren Basis dann ein Bauteil gestaltet wird, in dem die Potenziale der Umformtechnik perfekt genutzt werden. Anschließend kann eine Gestaltoptimierung Kerbstellen entschärfen und die Leistungsfähigkeit massivumgeformter Werkstoffe komplett nutzbar machen.

Der Kunde trägt sein Produktwissen und der Zulieferer seine Prozesskompetenz zur gemeinsamen Entwicklung bei. Dabei kann ein nach allen maßgeblichen Gesichtspunkten – Qualität, Wirtschaftlichkeit, Termin –

ideal gestaltetes Produkt erzielt werden, das vor allem wesentlich zu den Leichtbauanforderungen beitragen kann. „Der Zulieferer, der nur Teile nach Kundenzeichnung herstellt, gehört der Vergangenheit an“, sagt Harald Mödeker, Leiter Entwicklung Hinterachse bei der Volkswagen AG, Wolfsburg [1].

Bei dieser Vorgehensweise der gemeinsamen Entwicklung erhält der Zulieferer alle zur Entwicklung des Bauteils erforderlichen Daten: Bauraum, Anbindungspunkte, Lasten, geforderte Steifigkeiten, etc. Gemäß dem Prinzip des Simultaneous Engineering werden so optimale Produkte in einem möglichst kurzen Zeitraum entwickelt.

Die Einbindung des Zulieferers bei der Bauteilauslegung kann bereits als Stand der Technik angesehen werden. Die Verlagerung von Prüfaufgaben an den Zulieferer ist aber noch selten anzutreffen. Hier sind aber auch erste Tendenzen zu sehen, insbesondere Lieferanten von fertig bearbeiteten Bauteilen zur serienbegleitenden, also qualitätssichernden Bauteilerprobung in einem festgelegten Zyklus zu verpflichten. Hier gilt: Je näher die Prüfung an der Produktion angesiedelt ist, desto schneller kann auf Abweichungen reagiert werden. Informationen, die in einem solchen Fall fließen müssen, erleiden dabei zudem weniger Schnittstellenverluste. Bei der Hirschvogel Automotive Group und bei cdp BF hat man sich dieser Anforderung gestellt und in entsprechende

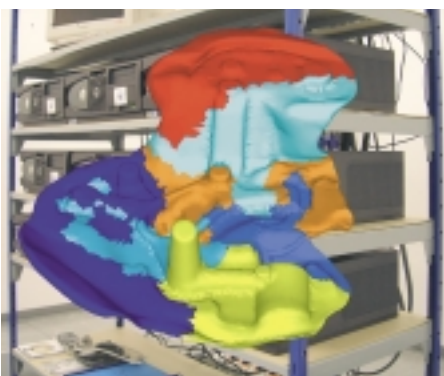


Bild 2: Netzaufteilung mit dem System Forge-2005 (Transvalor) auf einem 9-Knoten-Cluster
Quelle: cdp Bharat Forge

Prüfstände für den Fahrwerksbereich investiert. Für Anwendungen in anderen Bereichen steht ein Netzwerk qualifizierter Dienstleister bereit, die es dem Komponentenhersteller erlauben, in eigener Verantwortung entwicklungsbegleitend Bauteiltests durchzuführen.

Ein weiterer wesentlicher Faktor zur Kostenreduzierung ist der Einsatz der richtigen CA-Tools beim Zulieferer. Das Softwarewerkzeug, das in den letzten Jahren die größte Weiterentwicklung erfahren hat und sich immer weiter auf dem Vormarsch befindet, ist zweifellos die Schmiedesimulation. Neben der Visualisierung von Schmiedefehlern sowie Unterfüllungen können mittlerweile auch Werkzeugverschleiß und -rissanfälligkeit prognostiziert

werden. Der Konstrukteur kann so eingreifen, bevor die ersten Späne fallen und hohe Kosten in Werkzeugfertigung und Schmiedeteilproduktion erzeugt werden.

Dauerten solche Simulationen bis vor einigen Jahren noch mehrere Wochen, so sind mittlerweile Rechenzeiten möglich, die eine konstruktionsbegleitende Simulation erlauben. Da mit höheren Genauigkeitsanforderungen jedoch auch die Rechenzeiten steigen, ist ein optimaler Einsatz nur mit verteilten Simulationen möglich. Auf einem Rechner-Cluster können je nach System und Computeranzahl die Rechenzeiten für einzelne Schmiedestufen von z. B. über 3 Tagen auf ca. 8 Stunden reduziert werden. Dabei wird das Finite-Elemente-Netz auf die einzelnen Rechner aufgeteilt (Bild 2).

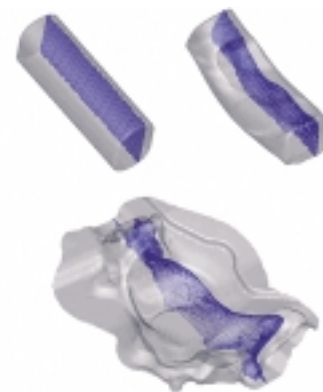
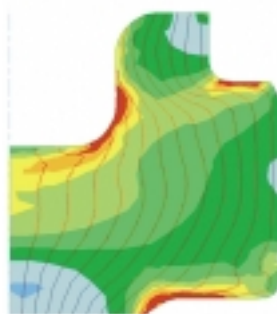


Bild 3: Berechnung des Faserverlaufs in einem rotationssymmetrischen Bauteil (2D, links) und einem nicht symmetrischen Bauteil (3D, rechts: Rohling, Zwischenstufe und Endstufe)

Quelle: Hirschvogel

Grundlagen der Massivumformung aus werkstofftechnischer Sicht

Umformtechnisch erzeugte Bauteile weisen einen Faserverlauf auf. Für Stähle ist dies die Lage und Form der nichtmetallischen Einschlüsse. Für geschmiedetes Aluminium besteht die Anisotropie aufgrund der Streckung der Körner. Gegenüber Komponenten, die aus dem Vollen zerspant sind, wirkt sich ein umformtechnisch erzeugter Faserverlauf, der weitgehend der Bauteilkontur folgt, immer positiv auf die Lebensdauer bei dynamischer Belastung aus [3]. Eine gezielte Gestaltung des Faserverlaufs im Hinblick auf die herrschenden lokal verteilten Lasten, und damit eine weitere Leis-

tungssteigerung des Bauteils, ist aber erst mit der Einbindung des Zulieferers in die Entwicklung möglich.

Die Vorhersage des Faserverlaufs ist mit modernen Möglichkeiten der Stofffluss-FEM heute tagesgeschäftlich umsetzbar (Bild 3). Wie oben beschrieben, ist die Umformsimulation vollkommen in den Prozess der Studienplanauslegung eingebunden. Die Abstimmung des Faserverlaufs auf die Bauteilbelastungen ist somit technisch und organisatorisch einfach möglich. Auch hier wird deutlich, dass die Auslegung, Gestaltung und die Fertigung eines Bauteils in starker Verzahnung durchgeführt werden sollte, um bisher ungenutzte Potenziale freizusetzen.

Moderne Verfahren zur Gestaltung von Massivumformbauteilen

Bei der Erstellung des ersten Bauteilentwurfs kann heute auf die Topologieoptimierung zurückgegriffen werden (siehe Gabelstück in Bild 4). Dabei wird ein mögliches Bauteil innerhalb des Bauraums grob im CAD modelliert und mit Finiten Elementen vernetzt. Die Lasten werden aufgegeben (hier: Drehmoment) und benötigte Funktionsflächen werden als Optimierungsrestriktion definiert (hier: Augen und Fuß der Gabel). In iterativen Berechnungen werden dann gering belastete Elemente, die wenig zum Lastwiderstand beitragen, aus dem Modell entfernt und damit die Bauteilmasse reduziert.

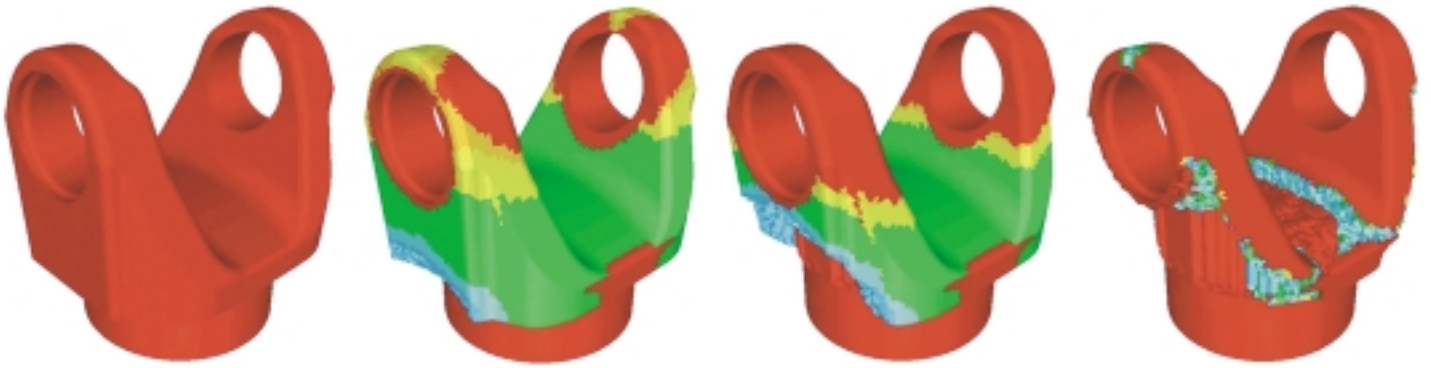


Bild 4: Topologieoptimierung am Beispiel eines Gabelstücks

Quelle: Hirschvogel

Ein Massivumformbauteil unterliegt, je nach technologischen Möglichkeiten, gewissen Fertigungsrestriktionen. Aus diesem Grund ist die Kompetenz des erfahrenen Konstrukteurs der Massivumformtechnik gefragt, im Fortschritt der Topologieoptimierung den geeigneten Optimierungsvorschlag herauszufinden und daraus ein gut umformbares Bauteil zu konstruieren. Die durch das Löschen ganzer Elemente vergrößerte Oberfläche erfordert in jedem Fall eine Nachmodellierung der optimierten Struktur.

Das so entstandene Modell kann in der Folge mit Hilfe der Gestaltoptimierung weiter verbessert werden. Während der Konstruktion im CAD wird, wo möglich, vorzugsweise mit einfachen Konstruktionselementen (Radien, Verrundungen) gearbeitet. Kompliziertere Oberflächen werden mit Freiformflächen beschrieben. Die Gestaltoptimierung findet hier ihren Ansatzpunkt: Durch geringfügige Veränderung der Oberflächenformen werden Kerbspannungen und Spannungskonzentrationen deutlich vermindert (Bild 5). Durch die Verringerung der Vergleichsspannung können mögliche Anrissstellen entschärft und die Lebensdauer oder die Sicherheit des Bauteils signifikant erhöht werden.

Schmiedestähle haben eine größere Kerbspannungsempfindlichkeit als Gusswerkstoffe [4]. Diese negativ erscheinende Aussage hat aber einen positiven Kern: Während Gusswerkstoffe gleichartig auf innere (Poren, Gefügeungängen) und äußere (Bauteilgestalt) Kerben reagieren, können geschmiedete Bauteile mit modernen Methoden der Gestaltoptimierung deutlich verbessert werden.

Fazit

Ein intensiver Kundenkontakt ist die Basis für die partnerschaftliche Entwicklung von Bauteilen, die sowohl dem Kunden als auch dem Zulieferer eine optimale Arbeitsgrund-

Die beiderseitigen Vorteile müssen sich auch in beiderseitiger Aufwandsteilung auswirken. ■

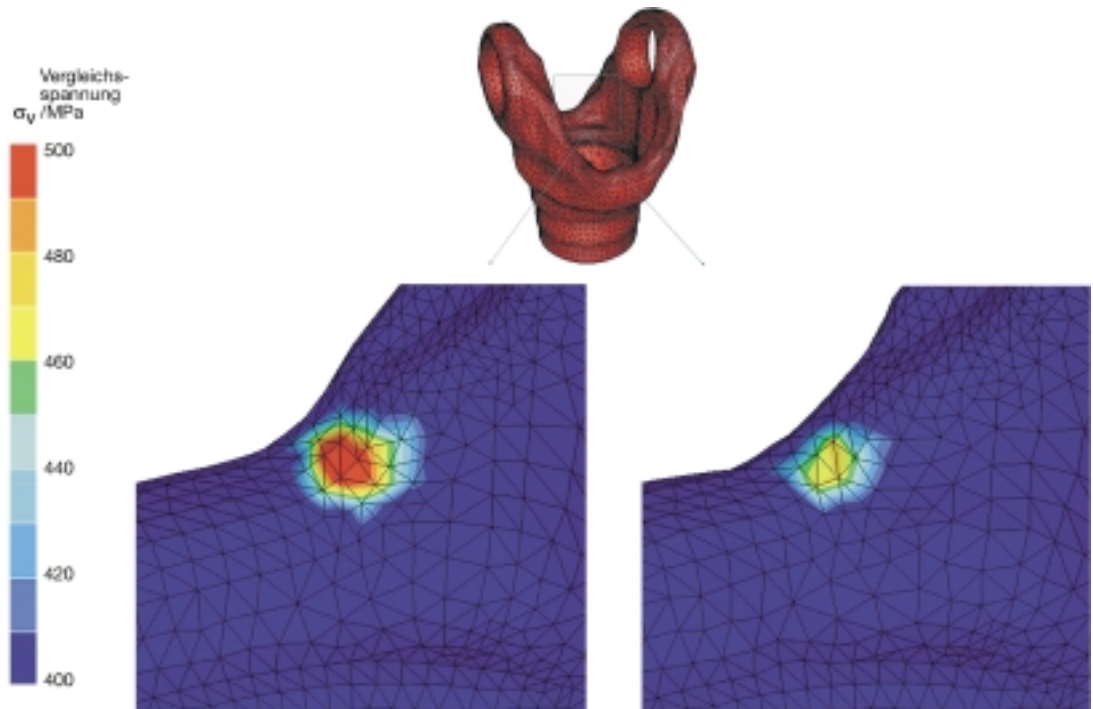


Bild 5: Gestaltoptimierung in der Hohlkehle des Gabelstücks

Quelle: Hirschvogel

lage bieten. Im frühen Stadium der Produktentstehung können die Anforderungen seitens Einbauräum, Montage und Funktion mit den Belangen der Fertigung bestens aufeinander abgestimmt werden. Gerade bei Umformverfahren ist die Abstimmung von Gestaltung, Werkstoff und Fertigungsfolge entscheidend für den technischen und wirtschaftlichen Erfolg eines Bauteils. Eine Studie bei Kunden der Massivumformung, durchgeführt vom Fraunhofer IPT Aachen, hat ergeben, dass von der Umformindustrie zunehmend Kompetenzen bei der Entwicklung von Bauteilen verlangt werden. Führende Zulieferer der Massivumformung sind inzwischen so aufgestellt, dass sie den Kunden in dieser Phase optimal mit eigenen Kompetenzen begleiten können. Es ist dabei selbstverständlich, dass die Zulieferer diesen Aufwand aber nicht allein tragen können.

Literatur

- [1] VDI-Artikel: Zulieferer und Kunde entwickeln und profitieren gemeinsam. VDI nachrichten Nr. 16 vom 21.4.06, Seite 21
- [2] Bernhardt, R.; Heizmann, J. et al.: Simulation in der Massivumformung. Info-Reihe Massivumformung, Extraausgabe. **Info-stelle** Industrieverband Massivumformung e. V., ISBN 3-928726-21-8
- [3] VDI/ADB-Ausschuss Schmieden, Adlof, W.: Schmiedeteile – Gestaltung, Anwendung, Beispiele, Kapitel: Dynamische Festigkeitswerte von Schmiedeteilen; Informationsstelle Schmiedestück-Verwendung, Industrieverband Deutscher Schmieden e. V., ISBN 3-9800891-0-X
- [4] Hasse, H.-H., Bartels, C., Schliephake, U.: Gusseisen verdoppelt seine Festigkeit, Industrieanzeiger 24 - 25/2003