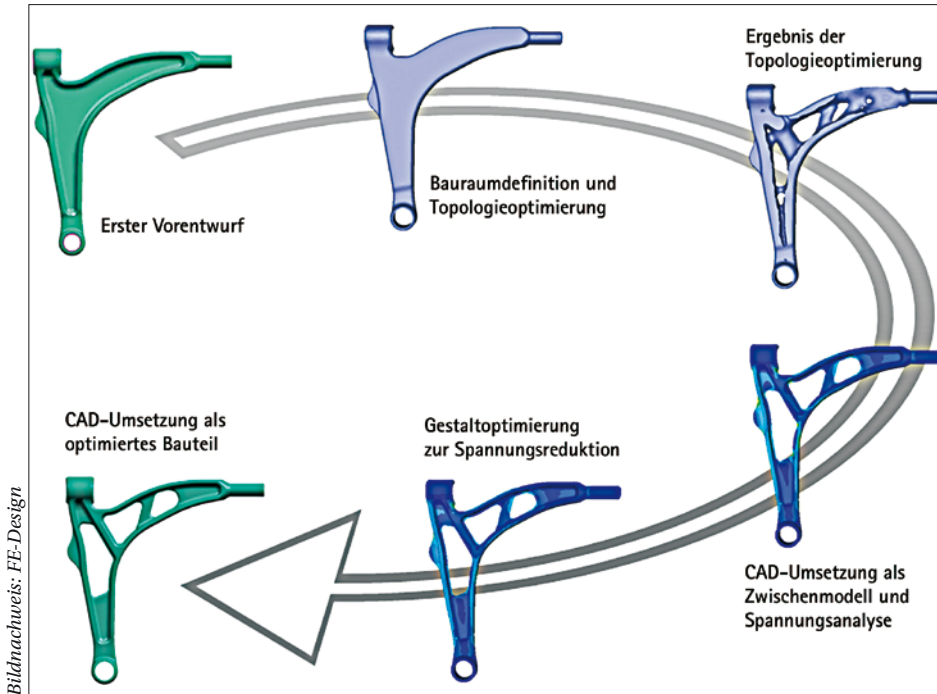


Werkstoff- und Prozesswissen gefragt

Kompetente Entwicklungspartner mit modernen IT-Tools



Bildnachweis: FE-Design

Klaus Vollrath

*Beim Automobil gab es in den letzten Jahren ständige Fortschritte. Moderne Antriebe und Fahrwerke erzielen bei Leistungsge-
wicht, Verbrauch und Fahrdynamik Werte, die noch vor einem Jahr-
zehnt kaum erreichbar erschienen. Mit dazu beigetragen hat die zunehmende Einbeziehung der Zulieferer bei der Entwicklung und Optimierung neuer Bauteile. Die Betriebe der Massivumformbranche haben sich auf diesen Trend eingestellt und umfassend in entsprechende Kompetenzen investiert.*

Klaus Vollrath, Fachjournalist, Redaktionsbüro Klaus Vollrath, Aarwangen (CH)

Gängige CAD-Programme vermitteln dem Konstrukteur eine trügerische Sicherheit, welche der Realität nur unvollkommen standhält. Sie gaukeln ihm vor, die mit ihrer Hilfe entwickelte und berechnete Geometrie sei mehr oder weniger bereits das Maß der Dinge, an dem höchstens noch kleinere Details geändert werden müssten. Kern dieses Irrtums ist die mathematische Modellierung von Körpern auf der Grundlage einer Idealvorstellung: Der Werkstoff wird als isotropes Kontinuum aufgefasst, dessen Eigenschaften überall und in jeder Beanspruchungsrichtung identisch sind.

In der Realität ist dies jedoch vor allem bei Teilen mit größeren Wanddicken eher die Ausnahme. Hier gilt vielmehr das Prinzip, dass der Prozess das Produkt macht, d.h. im realen Teil unterscheiden sich die Werkstoffeigenschaften teilweise sehr erheblich je nachdem, wie der zur Entstehung der Kontur eingesetzte Prozess abgelaufen ist. So können sich Härte und Festigkeit innerhalb eines Bauteils z. B. als Folge einer Kombination von Warm- und Kaltumformung lokal sehr stark unterscheiden. Auch bildet sich im Teil beim Schmieden aufgrund der Umformung eine Faserstruktur aus, die in Längsrichtung deutlich höher dynamisch belastbar ist als quer dazu.

Ein anderer Aspekt sind Machbarkeiten: So unterliegen Schmiedewerkzeuge im Ein-

satz durch mechanische und thermische Wechselbelastung einem enormen Verschleiß, was einen recht erheblichen Teil der Fertigungskosten ausmacht. Auf diesen Verschleiß haben Konstruktionsdetails, die zunächst eher nebensächlich erscheinen, wie z. B. Tiefe und Kantenradien von Taschen, erheblichen Einfluss. Diese Zusammenhänge kann man in der ersten Konstruktionsphase noch nicht kennen und damit nicht berücksichtigen. So kann es dann dazu kommen, dass die Konstruktion Vorgaben macht, die sich im späteren Produktionsprozess als hinderlich bis kontraproduktiv erweisen. Die Folgen reichen von erhöhten Kosten über verschenkte Gewichtsvorteile bis zu Rückrufaktionen, z. B. wenn die dynamische Festigkeit von Bauteilen nicht den Erwartungen entspricht.

Wird dagegen das Prozesswissen des Massivumformers schon bei der Konzeption der Teile berücksichtigt, indem man ihn möglichst frühzeitig als Partner beim Entwicklungsprozess mit einbindet, so kommen zumeist bessere Lösungen heraus. Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen, welche Vorteile dies für alle Beteiligten bringen kann.

Anpassung von Differentialverzahnungen

„Bei der Entwicklung neuer Differentiale versuchen wir, auf der Grundlage von Kundenvorgaben passende Lösungen zu finden“, erläutert Dr.-Ing. Uwe Rütjes, Grup-



Bildnachweis: Hirschvogel Aluminium

Bild 2: Bei Schmiedeteilen bildet sich beim Umformen im Material eine Faserstruktur aus. In Richtung dieser Fasern weist das Bauteil eine höhere statische und dynamische Festigkeit auf

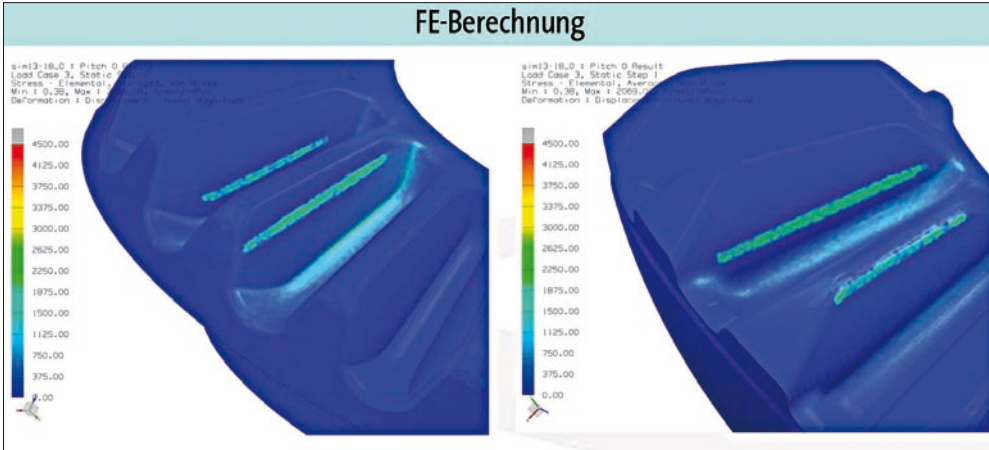


Bild 3: Die Festigkeitsanalyse von Differentialkegelrädern wird mit Hilfe des FE-Programms NX Nastran durchgeführt

penleiter Produktentwicklung der Sonar BLW Präzisionsschmiede GmbH in München. Üblicherweise erhalte man hierzu vom Kunden ein Lastenheft mit detaillierten Vorgaben bezüglich Bauraum, Schnittstellen, vorzusehenden Lastfällen – und maximalem Gesamtgewicht. Eines der anspruchsvollsten Beispiele aus jüngerer Zeit war ein komplett neu auszulegendes Differential, bei dem insbesondere eine extrem hohe Toleranz gegenüber Verlagerungen durch von außen einwirkende Kräfte gefordert wurde.

Übliche Vorgehensweise ist in solchen Fällen zunächst eine Grobauslegung der Geometrie mit Hilfe des CAD-Programms NX 8, wobei man danach strebt, die für den Bauraum maximal mögliche Zahnflankenlänge und Tragfähigkeit zu finden. Zu den Variablen gehört in diesem Stadium der Entwicklung u.a. die Zähnezahl, wobei auch die Erfahrung des Entwicklers eine große Rolle spielt. Er muss beispielsweise berücksichtigen, dass nicht jede mit CAD konstruierbare Geometrie später auch wirtschaftlich geschmiedet werden kann.

Im nächsten Durchgang geht es dann um die Ausarbeitung der Details der Verzahnung, um eine optimale Tragfähigkeit zu erzielen. Für die Berechnung kommt das DIN-Berechnungsprogramm KNPlus der Forschungsvereinigung Antriebstechnik zum Einsatz. Um dieses Standardprogramm herum hat man bei Sonar im Laufe der Jahre zahlreiche zusätzliche Routinen hinzugefügt, die das spezielle Know-how und die Erfahrung der Entwickler widerspiegeln. Beim vorgestellten Projekt wurden rund 10 000 Varianten entworfen, mit den unterschiedlichen Einsatzszenarien durchgerechnet und die Ergebnisse bewertet. Das besondere Know-how der Sonar-Fachleute liegt hierbei

auch darin, wie die Vorgaben und Randbedingungen parametrisiert und wie die richtigen Kompromisse gefunden werden.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wird anschließend die Geometrie des Zahnrads mit Hilfe des CAD-Programms NX 8 aufgebaut. Zur Basisgeometrie werden dann diverse Feinheiten wie Balligkeit, die Fußausrundung der Zahnzwischenräume oder die Kompensation verfahrensbedingter Abweichungen wie der sogenannten Zahnflankenverschränkung hinzu konstruiert, um das Tragbild unter Last zu optimieren. Von Bedeutung sind auch Faktoren wie das Steifigkeitsverhältnis von Ritzel und Rad. Mit all diesen Vorgaben geht es dann in die Festigkeitsanalyse, die mit Hilfe des FE-Programms NX Nastran durchgeführt wird. Hiermit wird die Einhaltung aller Vorgaben überprüft.

Anschließend folgt die Herstellung eines Prototypen durch Fräsen aus dem Vollen, um das Abrollverhalten zu beurteilen. Schließlich werden Prototypen geschmiedet, welche auf dem hauseigenen Prüfstand getestet werden. Hierbei zeigte sich, dass es den Fachleuten bei Sonar gelungen war, trotz der Berücksichtigung der Verlagerungsproblematik eine Verdopplung der zu erwartenden Laufzeiten zu erzielen.

Optimierung eines Gleichlaufgelenks

„Ein schönes Beispiel dafür, wie wir Entwicklungen unserer Kunden unterstützen können, ist unser kürzlich optimiertes Gleichlaufgelenk“, sagt Martin Lehmann, Chief Engineer Driveline der Neumayer Tekfor Group in Hausach. Das Gleichlaufgelenk ist ein in Kardanwellen eingesetztes Übertragungselement, das dafür sorgt, dass die Winkelgeschwindigkeit der gesamten

shell moulding

precision castings
cast iron
 vermicular • grey
 austempered • ductile
steel
 carbon • stainless
 alloyed • heat resistant

precision castings • fusioni di precisione • fusion de precision • fusion de precision • precision castings

full information on
www.perucchini.com
PERUCCHINI s.p.a.

Wellenanordnung – im Gegensatz zur Verwendung von Kreuzgelenken – auch bei Beugung konstant bleibt. Es besteht im Wesentlichen aus zwei Schmiedeteilen – Nabe und Ring –, den dazwischen angeordneten Kugeln sowie einem Blechgehäuse. Besonderheit der seit 2006 bei Neumayer Tekfor in Serie gefertigten Gelenkteile ist die Tatsache, dass die Laufbahnen der beiden Hauptkomponenten direkt einbaufertig umgeformt werden und nach der Wärmebehandlung nicht mehr bearbeitet werden müssen.

Seitens eines Automobilherstellers wurde nun die Aufgabe gestellt, die Belastbarkeit dieses Gelenks entsprechend der höheren Leistung neuer Dieselmotoren um mehr als 30 % zu steigern, ohne seine Größe zu verändern.

Eine Analyse des Drehmomentpfads ergab, dass der Durchmesser der Kugeln die entscheidende Einflussgröße war. Die genauere Untersuchung der beiden Schmiedeteile ergab, dass die Nabe so verschlankt werden konnte, dass größere Kugeln ins Gelenk passten. Die Konstruktion der Geometrie erfolgte mit Hilfe der CAD-Software UG NX4. Für die Berechnung der statischen und dynamischen Belastungen kamen die FE-Programme Medina und Permas zum Einsatz. Grundlage der Berechnungen waren vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Lastkollektive für die diversen Beugebedingungen. Eine weitere Rolle spielte die Simulation der prozess-technischen Darstellbarkeit einer speziellen Nut, die in der Nabe vorgesehen werden musste, um die Kugeln überhaupt montieren zu können. Mit weiteren Simulationen wurde schließlich auch noch abgeklärt, dass die Nabe mit dieser Nut noch ausgeführt werden konnte, ohne das Risiko von Ermüdungsrissen einzugehen.

Beim Produkt an den Prozess denken

„Wir bieten als Entwicklungspartner ein umfangreiches Beratungsangebot, wobei wir auch unsere Erfahrung hinsichtlich der Machbarkeiten und Grenzen des Herstellprozesses einbringen“, erklärt Karsten Bartsch, Leiter Technologie der Seissenschmidt AG in Plettenberg. Das Unternehmen fertigt geschmiedete Komponenten für den Antriebsstrang wie Naben, Zapfen, Kegelräder und sonstige Verzahnungsteile. Vor allem bei anspruchsvolleren Teilen ist dabei mehr gefragt als nur die Generierung der zusätzlichen Schmiedekontur über der Fertigungskontur mit Hilfe eines CAD-Programms.

Bei Neuteilen, die noch nicht in ähnlicher Form gefertigt wurden, stellt sich dabei oft auch die Frage, ob diese Teile überhaupt machbar sind und den Anforderungen entsprechen werden. So ist zu klären, ob bestimmte Konturdetails wie z. B. Radien zu kritischen Lastspitzen führen könnten, zudem geht es auch um die Optimierung von Gewicht und Festigkeit. In solchen Fällen setzt man bei Seissenschmidt auf gleich zwei Programme zur Umformsimulation: Während einfachere Teile mit Hilfe von Q-Form berechnet werden, greift man bei anspruchsvolleren Aufgabenstellungen auf das Programm Deform zurück. Mit Hilfe dieser Programme wird zunächst die Machbarkeit der Umformprozesskette überprüft. Abschließende Festigkeitsanalysen werden mit Hilfe des FE-Programms Ansys durchgeführt. Zu den Entwicklungszielen gehört auch die Optimierung unter Kostengesichtspunkten z. B.



Bild 4: Das Gleichlaufgelenk besteht im Wesentlichen aus den zwei Schmiedeteilen Nabe und Ring, den Kugeln sowie einem Blechgehäuse

durch geschickte Kombination einzelner Prozessschritte sowie durch Minimierung des Zerspannungsaufwands.

Vorhersage von Schmiedeteil-Eigenschaften

„Wir arbeiten an der Verbesserung von Möglichkeiten zur Vorhersage von Bauteileigenschaften wie Gefüge, Korngrößenverteilung und Härte“, sagt M. Sc. Tarik Hadifi vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Leibniz Universität in Hannover. Dabei bedient man sich einer ganzen Kette von IT-Tools, um den Schmiedeprozess von der Erwärmung des Rohlings bis zum fertigen Bauteil lückenlos abzubilden. Ausgangspunkt ist die übliche CAD-Darstellung der Bauteilgeometrie, aus der u. a. auch die Umformwerkzeuge abgeleitet werden. Für die Schmiedesimulation wird die Geometrie des Rohlings zunächst mit Hilfe eines besonders leistungsfähigen Vernetzungsprogramms mit der Bezeichnung Hypermesh in Finite Elemente überführt, wobei je nach Schmiedesimulationsprogramm – Forge oder Simufact – unterschiedliche Vernetzungen generiert werden. Vorteil von Hypermesh sind erweiterte Möglichkeiten zur Vernetzung der Werkzeuggeometrien. Beispielsweise können Bereiche, welche sich in der Wirkfuge befinden, einer feinen Diskretisierung unterzogen und restliche Bereiche so grob wie möglich vernetzt werden, was im Vergleich zu einer globalen feinen Vernetzung einen geringeren Berechnungsaufwand bedingt. Aus der Simulation der Umformoperationen sowie der Wärmebehandlung werden dann mit Hilfe umfassender Technologiedatenbanken für alle gängigen Schmiedelegierungen Bauteileigenschaften wie R_m , $RP_{0,2}$, E-Modul und Härte errechnet. Ebenfalls berechnet wird auch der je nach Abkühlroute zu erwartende Verzug, um diesen ggfs. durch Wahl alternativer Kühlmethoden zu minimieren.

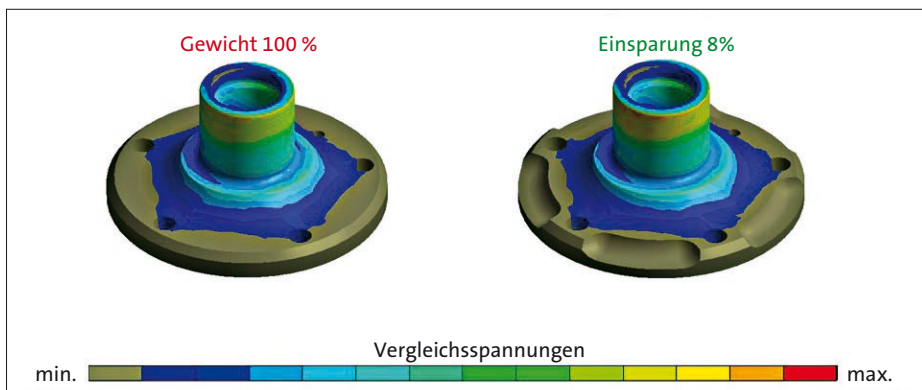


Bild 5: Die Analyse der Vergleichsspannungen zeigt, dass die zusätzlichen Aussparungen an der Kontur keine nachteiligen Auswirkungen auf die Belastbarkeit haben

Bildnachweis: Seissenschmidt