

1

Vorteile der simulationsgetriebenen Produktentwicklung

Das Umfeld, in dem sich die heutige Produktentwicklung befindet, erfährt immer schnellere Zyklen. Die Anforderungen von Kundenseite steigen, die Komplexität von technischen Systemen nimmt zu. Steigende Variantenvielfalt und höhere Qualitätsanforderungen zwingen zu einer verbesserten Produktqualität. Gleichzeitig treten neue Konkurrenten auf den Weltmarkt, welche die traditionelle Produktentwicklung zu deutlich niedrigeren Kosten bewerkstelligen können.

Herausforderungen

Um sich unter diesen verschärften Wettbewerbsbedingungen behaupten zu können, müssen alle Anstrengungen unternommen werden,

- die Entwicklungszeiten zu verringern,
- die Herstellkosten zu senken,
- die Innovation und Kreativität zu steigern,
- und eine höhere Qualität zu erzielen.

Die Verkürzung der Entwicklungszeit erlaubt es, mit einem Produkt schneller am Markt zu sein, und ermöglicht einen schnelleren Produktwandel. Besonders bedeutsam ist eine rasche Prototypenentwicklung. Prof. Bullinger stellte in der Zeitschrift Technica fest, dass häufig 25 % der Entwicklungszeit für die Erstellung von Prototypen aufgewendet wird und dass bei 60 % der Prototypen die Fertigungszeit mehrere Monate in Anspruch nimmt.

Entwicklungszeit

■ 1.1 Zahl der Prototypen reduzieren

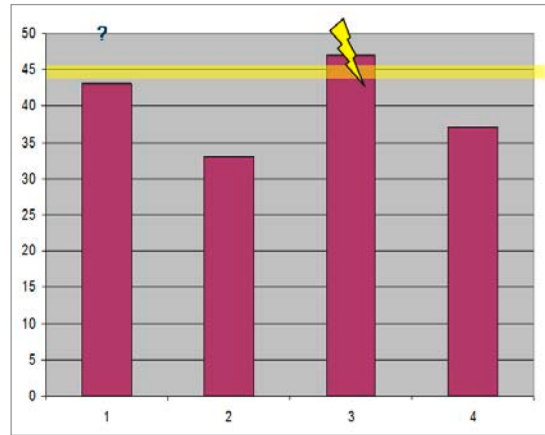
Die FEM-Simulation erlaubt es, die Anzahl der Prototypen deutlich zu reduzieren. Bereits während der Entwicklung können in frühen Phasen des Entwurfs die wesentlichen Eigenschaften überprüft werden. Gerät z. B. der Maschinentisch einer Werkzeugmaschine in Resonanz, weil die Eigenfrequenz in der Nähe der Anregungsfrequenz des Antriebes liegt, sind tief greifende Änderungen notwendig. Anstatt solche Probleme erst am realen Prototypen festzustellen, wo Änderungen sehr zeit- und kostenintensiv sind, werden durch entwicklungsbegleitende Überprüfungen per FEM Problemzonen noch vor dem Bau eines

Zahl der Prototypen
reduzieren

Prototypen sichtbar. Mit dem Einsatz der FEM-Simulation werden weniger Änderungen notwendig und die Entwicklungszeiten verkürzen sich dadurch drastisch.

Ein wichtiger Aspekt, der zur Verkürzung der Entwicklungszeit beiträgt, ist, dass problematische Bereiche nicht mühsam in mehreren Versuchen ermittelt werden müssen. Im realen Versuch tritt beispielsweise bei einer bestimmten statischen Belastung oder nach einer bestimmten Anzahl von Lastzyklen ein Versagen eines Bauteils auf. Damit ist in der Regel der Versuch zu Ende und die maximale ertragbare Last ermittelt. Man sieht, welcher Bereich das Versagen verursacht hat (z.B. Anriss an einer Kerbe; Messpunkt 3), und kann entsprechende Konstruktionsänderungen vornehmen.

In einem nächsten Versuch wird dann die maximale ertragbare Last der verbesserten Struktur ermittelt. Leider kann es jetzt geschehen, dass die neue, verbesserte Variante nur knapp bessere Werte ergibt, da das Spannungsniveau in anderen Bereichen der Struktur (hier Messpunkt 1) ähnlich hoch ist, im ersten Versuch jedoch nicht erkannt werden konnte. Der große Vorteil des Versuchs ist, dass er für klare Versuchsbedingungen genaue Werte ergibt, ein Gesamtüberblick über das Bauteilverhalten gerade hinsichtlich Festigkeit ist jedoch schwer zu erreichen. Selbst bei Verwendung von Dehnmessstreifen muss die Lage der DMS im Vorfeld schon richtig eingeschätzt werden, weil man auch mit falscher oder fehlender Positionierung eines Messpunktes kritische Bereiche nicht erkennt.



Ertragbare Belastung an vier verschiedenen Messpunkten

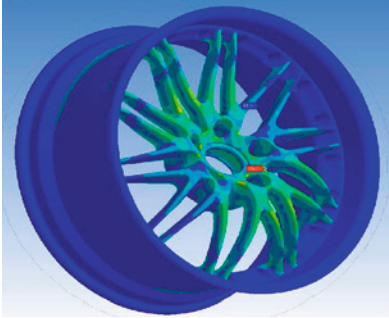
Im Vergleich hierzu liefert die Berechnung nach der Finite-Elemente-Methode einen besseren Gesamtüberblick. Innerhalb der zu untersuchenden Baugruppe werden überall die Spannungen ermittelt und dargestellt, sodass in einem einzigen Durchlauf nicht nur ein einziges lokales Spannungsmaximum erkannt und bearbeitet werden kann, sondern auch alle weiteren Bereiche, deren Spannungsniveau sich in kritischen Regionen befindet.

Bei der Breyton Design GmbH entwickelt ein kleines Team von wenigen Ingenieuren Leichtmetallräder und Fahrwerkskomponenten für die Automobilindustrie. Gefertigt wird in Osteuropa, Test und Abnahme finden in Deutschland statt. Vor der Einführung der FEM-Simulation musste jede Design-Verifikation an realen Prototypen mit einem Biegeumlaufversuch durchgeführt werden. Die Zeit zur Beschaffung von Guss-Prototypen war und ist zeitaufwendig; mehrere Wochen sind hier nicht unüblich. Auch die Durchführung der Versuche braucht einige Zeit: Um die Streuung der im Versuch ermittelten Lebensdauer auszumerzen, werden mehrere Tests an gleichen Bauteilen durchgeführt. Insgesamt führte der hohe Aufwand bei der Beschaffung der Prototypen und im Versuch dazu, dass die Entwickler mit dieser traditionellen Methode erst sehr spät im Entwicklungsprozess auf eine zu geringe Lebensdauer aufmerksam wurden.

Aufwendige Versuche

Weniger Durchläufe

Ausgelagerte Fertigung



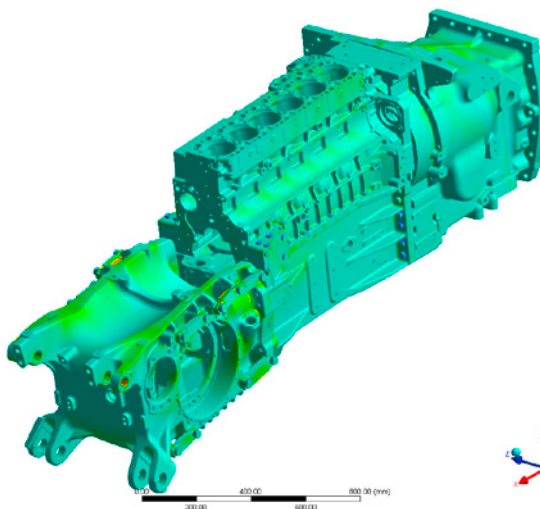
Mit der Einführung von ANSYS Workbench wird heute ein „virtueller Biegeumlaufversuch“ direkt am 3D-CAD-Modell durchgeführt. Kritische Belastungen werden so rechtzeitig erkannt. Über eine Design-Studie mit zwei bis drei konstruktiven Änderungen kann innerhalb eines halben Tages ein verbessertes, validiertes Design ermittelt werden.

Virtueller Versuch

■ 1.2 Kosten einsparen

Die Kosten eines Produktes werden vielfach auch durch das Material mitbestimmt. Die Stahlpreise haben sich seit 2000 mehr als verdoppelt, der zunehmende Ressourcenbedarf wird langfristig ein sinkendes Preisniveau für Rohstoffe verhindern. Die FEM-Berechnung erlaubt es, Bauteile hinsichtlich Festigkeit zu überprüfen. Überdimensionierungen gehören damit der Vergangenheit an. Überflüssiges Material kann eingespart und das Gewicht minimiert werden.

Materialkosten



Beispiel AGCO FENDT:
Durch Optimierung des mittragenden Antriebsstrangs bei Traktoren kann Material eingespart werden.

Fertigungskosten
senken

Gerade bei schnell bewegten Strukturen wie z. B. Bestückungsautomaten oder Robotern kann dadurch der Antrieb verkleinert werden, was zusätzliche Kostenreduzierungen nach sich zieht. Geringeres Gewicht erfordert geringe Antriebsleistung, sodass auch der Energieverbrauch reduziert wird. Als mögliche Alternative können kostengünstigere oder leichtere Werkstoffe (Kunststoffe, Leichtmetalle) in einer Simulation sehr schnell auf ihre Tauglichkeit getestet werden.

Die in ANSYS Workbench enthaltene Materialdatenbank ist mit einem Grundstock von Materialien verschiedener Gruppen (Metalle, Keramik etc.) ausgestattet, kann aber einfach um die unternehmensspezifisch bevorzugten Materialien erweitert werden. Vom Anbieter, der CADFEM GmbH, wird eine kostenfreie Materialdatenbank mitgeliefert, die ca. 250 vorwiegend metallische Werkstoffe enthält.

Fertigungskosten
senken

Neben dem Materialeinsatz selbst spielt auch die Verarbeitung eine wichtige Rolle. Große Schweißstrukturen, bei denen Wandstärken reduziert werden können, helfen nicht nur, Gewicht einzusparen, sondern minimieren auch die Größe der Schweißnähte und damit Fertigungskosten.

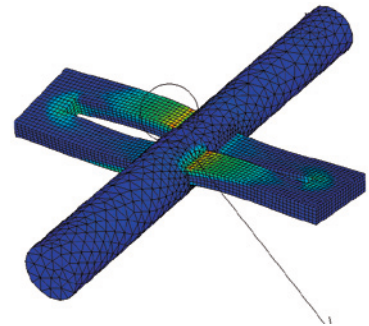
■ 1.3 Produktinnovationen fördern

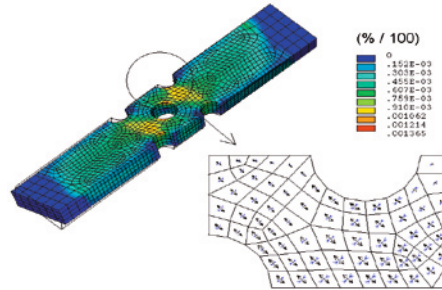
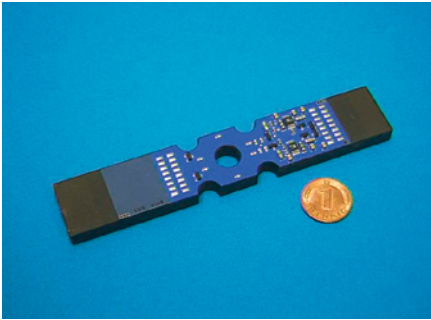
Innovation und
Kreativität

Durch den zunehmenden Wettbewerb muss die traditionelle Entwicklung, die auch von den (internationalen) Mitbewerbern zunehmend beherrscht wird, in den Bereichen Innovation und Kreativität gestärkt werden. Nur durch eine höhere Produktivität kann ein höheres Kostenniveau ausgeglichen werden. Moderne Entwicklungswerkzeuge wie CAD und Simulation ermöglichen es durch ihre Schnelligkeit, auch einmal unkonventionelle Wege auszuprobieren. So konnte durch Berechnungen nachgewiesen werden, dass der bei elektronischen Baukörpern traditionell aufgeklebte oder verschraubte Kühlkörper durch einen Kühlkörper mit Clip ersetzt werden kann. Neben reduziertem Material- und Montageaufwand wurde auch eine einfachere Herstellung in Blech möglich.

Von der Prinzipstudie
zum Produkt

In einem anderen Anwendungsfall sollte bei VDO ein neuer Sensor zur Ermittlung von Torsion entwickelt werden. Die Besonderheit: Andere Lasten als Torsion sollten das Messergebnis nicht beeinflussen. Außerdem sollte die Bauform klein sein, um unter beengten Platzverhältnissen zum Einsatz kommen zu können. In einer Prinzipstudie wurden verschiedene Strukturen untersucht, bei denen Torsionsbelastungen zu eindeutigen DMS-Messergebnissen führen. Mit der hier gezeigten Variante wurde diese Bedingung erreicht, allerdings war die Bauform noch zu groß. Die Geometrie wurde dann verändert, das Wirkprinzip aber beibehalten, sodass auch die zweite Bedingung – kleine Bauform – erreicht werden konnte.



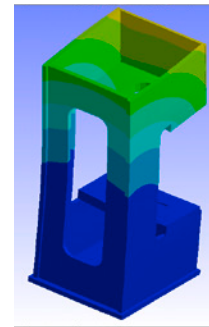


Eine weitere Möglichkeit, neue, innovative Designs zu finden, ist die Topologie-Optimierung. Dabei wird ein Designraum definiert, von dem Material an den Stellen entfernt wird, an denen die Steifigkeit am wenigsten beeinflusst wird. Bei Gussbauteilen wird diese Methode in der Automobilindustrie als Standardverfahren bereits seit einigen Jahren eingesetzt. Aber auch im Werkzeugmaschinenbau werden zunehmend komplexe Maschinenbetten auf dieser Methode basierend entwickelt. Für den Rahmen einer C-Pressen, der ursprünglich mit einer geschlossenen Rückwand entworfen wurde, wäre nach der traditionellen Methode – Bauchgefühl und Erfahrung – eine verbesserte Formgebung durch eine außen umlaufende Materialanordnung umgesetzt worden.

Setzt man die Topologie-Optimierung ein, kann man bei gegebener Belastung für diese Rückwand eine Materialreduktion (hier 30%) festlegen. Über mehrere Berechnungsschritte ermittelt ANSYS Workbench diejenige Form, die mit dem verbleibenden Restmaterial die beste Steifigkeit besitzt.

Diese auf den ersten Blick etwas ungewöhnliche Struktur erklärt sich dadurch, dass im mittleren Bereich der Rückwand die Biegung durch das Aufweiten der C-Pressen am größten ist, während am oberen Ende ein Zugstab die seitliche Deformation des Rahmens verhindern hilft, wie man am Rahmen ohne Rückwand gut erkennen kann.

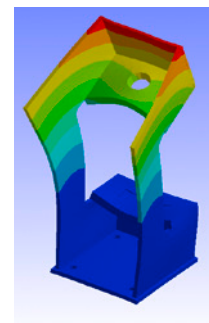
Solche Topologie-Optimierungen machen vor allem dann Sinn, wenn die Struktur der zu entwickelnden Bauteile belastungsge- recht konstruiert werden kann. Das ist beispielsweise bei Guss- bauteilen der Fall, weil dort die Formgebung durch das Fertigungs- verfahren vergleichsweise frei ist. Die Topologie-Optimierung wird beispielsweise beim Werkzeugmaschinenhersteller Heller in Nür- tingen mit Erfolg dabei eingesetzt, hochkomplexe Maschinenbet- ten zu entwickeln.



Topologie-Optimierung zur Formfindung



Ungewöhnliche Struktur

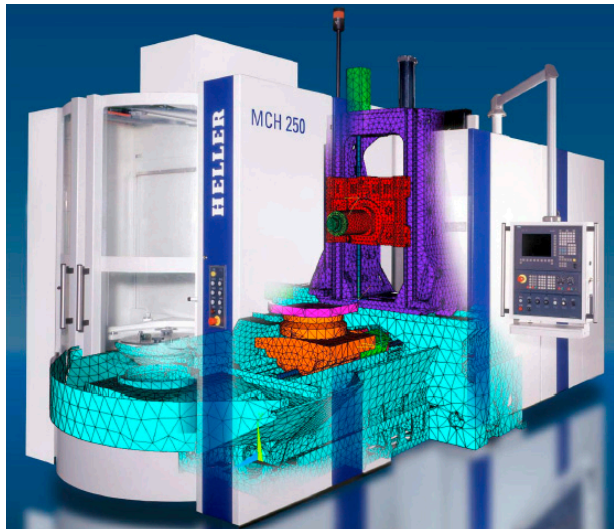


Geeignete
Anwendungsgebiete

■ 1.4 Produktverständnis vertiefen

Einfache Handhabung

Wichtig für die entwicklungsbegleitende FEM-Berechnung ist den Anwendern – gerade bei sporadischer Nutzung – eine einfache und effektive Handhabung. Gut gestaltete Systeme wie ANSYS Workbench haben einen logischen Aufbau, der den Anwender Schritt für Schritt über die Modelldefinition begleitet. Das Modell wird durch einen Strukturbaum definiert, der über Symbole zeigt, ob die Modelldefinition komplett und fehlerfrei ist. Das FEM-System wird dadurch intuitiv bedienbar und kann nach kurzem Training sicher angewandt werden. Statt Berechnungsaufträge nach außen zu vergeben, kann der Entwicklungsingenieur mit solchen Werkzeugen heute seine Konzepte selbst unter die Lupe nehmen. Die Abstimmung mit Berechnungsdienstleistern entfällt, und mit den Erkenntnissen aus der Simulation erhält der berechnende Entwickler ein besseres Gespür für das Verhalten seiner Strukturen. Bei ähnlichen Aufgabenstellungen werden so von vornherein die effektiven Lösungsansätze bevorzugt, sodass der Einsatz der Simulation auch einen indirekten Wert – die Erfahrung des Anwenders – steigert.



Vorteile

Gegenüber der traditionellen Vorgehensweise, Bauteile nach Erfahrungswerten, Berechnungshandbüchern oder Berechnungen von Hand auszulegen, hat die Simulation basierend auf FEM den Vorteil, dass sie vom Anwender schneller durchzuführen ist, dass die Genauigkeit höher ist und dass der Anwender ein besseres Verständnis für das Verhalten seiner Bauteile bekommt. Setzt der Entwickler die Simulation bereits sehr früh im Entwicklungsprozess ein, kann er mögliche Schwachstellen auch sehr früh erkennen und durch konstruktive Maßnahmen verhindern. Der frühzeitige Einsatz von FEM bereits in der Produktentwicklung hilft also, Prototypen einzusparen, Fehler zu vermeiden und damit die Faktoren Zeit und Kosten als Wettbewerbsvorteil für sich zu nutzen.