

NUMERISCHE SIMULATION

Basisarbeit

Die Finite-Elemente-Methode (FEM) ist für viele Ingenieure längst zu einem unverzichtbaren Entwicklungswerkzeug geworden. Warum schrecken trotzdem viele Unternehmen vor dem Schritt in die Simulation zurück? Programme wie MSC Nastran sind seit mehr als 50 Jahren auf dem Markt, technologisch ausgereift und zuverlässig. CAE-Neulinge können sich leicht einarbeiten und profitieren von der Software. **VON ULRICH FELDHAUS**



Nicht-lineare FEM-Berechnung der Abdeckmanchette einer Kfz-Schaltung.

Zahlreiche Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen entwickeln heute ihre Produkte mit Hilfe von FEM-Programmen. Nicht nur Hersteller hochkomplexer Wirtschaftsgüter gehören zu den Nutzern, sondern auch viele Hersteller von Produkten, bei denen vordergründig nur wenig Optimierungspotenzial zu vermuten ist.

Speziell kleinere und mittelständische Unternehmen zögern jedoch oftmals aus Informationsmangel, den Schritt in die Simulation zu wagen. Zu teuer, zu aufwändig, zu ungenau, zusätzliche Personalkosten – das sind die Argumente, die vorgebracht werden, um eine Entscheidung zu verschieben und so weiter zu machen wie bisher.

Warum numerische Berechnungen?

Eine Haltung, die angesichts der Notwendigkeit, immer bessere Produkte möglichst schnell auf den Markt zu bringen, nur

schwer nachvollziehbar ist, denn Unternehmen sind zunehmend gezwungen, umfangreiche Optimierungen durchzuführen oder in neue technische Bereiche vorzustoßen. Dabei gilt es, unterschiedliche Konzepte zu bewerten, Optimierungszyklen zu durchlaufen und Produkte unter Einsatzbedingungen zu erproben. Allein mit langjähriger Erfahrung sind diese Anforderungen nicht immer zu bewältigen oder der notwendige Aufwand übersteigt die wirtschaftlich vertretbaren Grenzen.

Der Vorteil von FEM-Berechnungen ist, dass man Produkteigenschaften nicht erst nach dem Bau physischer Prototypen überprüfen kann, sondern schon frühzeitig im Entwicklungsprozess auf Basis erster brauchbarer CAD-Daten. Durch diese frühe Verfügbarkeit detaillierter Informationen werden späte und damit teure Konstruktionsänderungen vermieden und physische Prototypen auf ein Minimum reduziert.

Was steckt hinter FEM?

Die Finite-Elemente-Methode ist ein numerisches Berechnungsverfahren, bei dem man Strukturen mit einer beliebigen Topologie in diskrete Elemente aufteilt. Auf diese Elemente werden unter Berücksichtigung der Randbedingungen die physikalisch gültigen Grundgleichungen angewandt und gelöst.

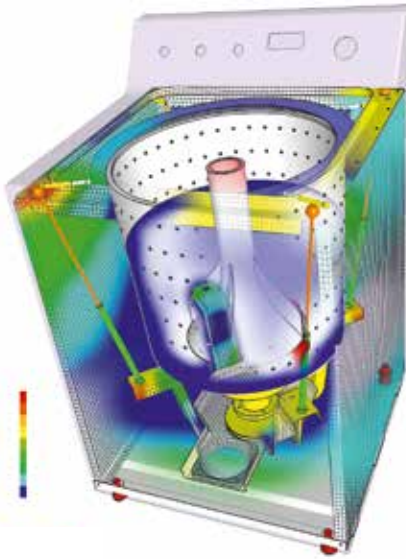
FEM lässt sich unter anderem für Aufgabenstellungen aus den Bereichen Statik/Dynamik, Linear/Nichtlinear, Akustik, Wärmeübertragung sowie Dauerfestigkeit/Lebensdaueruntersuchungen einsetzen.

FEM-Berechnungen sind Näherungslösungen, deren Ergebnisqualität von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird. Dazu gehören zum Beispiel die Netzqualität, Randbedingungen oder Programmeinstellungen. Bei entsprechender Sorgfalt und Genauigkeit sind Abweichungen im niedrigen einstelligen Prozentbereich realistisch.

FEM-Programme sind seit den CAE-Pionierzeiten nicht nur wesentlich umfangreicher, schneller und genauer geworden, sondern lassen sich heutzutage auf preiswerten Windows- oder Linux-PCs einsetzen. Grafische, intuitive Benutzeroberflächen und Plausibilitätskontrollen ermöglichen eine Bedienungsfreundlichkeit, die

Automatische Tetraeder-Vernetzung eines Modell-Verbrennungsmotors.





Berechnung des dynamischen Verhaltens einer Waschmaschine.

auch die Nutzung durch Nicht-Spezialisten ermöglicht.

Eines der am häufigsten verwendeten FEM-Programme ist Nastran von MSC Software. Die Software hat ihren Ursprung in einer NASA-Entwicklung aus den 1960er Jahren und gilt als „Vater“ aller heutigen FEM-Programme. Dank stetiger Weiterentwicklung und Innovationen ist MSC Nastran heute ein weitverbreiteter Standard für die Berechnung linearer Statik und Dynamik.

Die Schlüsselfrage: Wo will man hin?

Zentralen Einfluss auf die Programmauswahl hat die Zielsetzung des Unternehmens. Möchte man sporadisch einfache Strukturanalysen durchführen oder aber regelmäßig komplette Systeme mit multidisziplinären physikalischen Effekten entwickeln? Während im ersten Fall oftmals die Funktionalität einer CAD-integrierten Lösung ausreicht, führt im zweiten Fall kein Weg an einer leistungsstarken professionellen Lösung vorbei. Nicht selten eröffnet allerdings erst die Praxis neue Perspektiven für zusätzlichen Simulationsbedarf. Deshalb empfiehlt es sich prinzipiell, auf skalierbare Lösungen zurückzugreifen. Programme wie MSC Nastran lassen sich dem individuellen Bedarf anpassen und bieten optionale Erweiterungsmöglichkeiten.

Realistische Einführungsplanung

CAE-Interessenten unterliegen angesichts der Bedienerfreundlichkeit der Programme oftmals dem Irrtum, den zur Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen notwendigen Anwendungslevel innerhalb kürzester

Zeit – sprich: einiger Wochen – erreichen zu können. Wissensaufbau und Anwendungserfahrung lassen sich allerdings nicht beliebig beschleunigen.

Ebenfalls hat sich gezeigt, dass man den Aufwand für Implementierung, Einarbeitung und Schulung vielfach vernachlässigt. Ein Versäumnis, das in der produktiven Phase unter Umständen zu gravierenden Fehlern oder Verzögerungen durch unzureichende Kenntnisse führen kann. Es ist durchaus sinnvoll, sich möglichst frühzeitig mit erfahrenen Anwendern auszutauschen und sich beraten zu lassen.

Das A&O: angepasste Prozesse

FEM-Programme lediglich zur Analyse bestehender Konstruktionen einzusetzen, hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Effizienz des Gesamtprozesses. Die beabsichtigten Beschleunigungs- und Einspareffekte lassen sich nur durch die nahtlose CAE-Einbindung in den Entwicklungsprozess erreichen.

Ein Großteil der Produkteigenschaften und Kosten werden bereits in der Entwurfs- und frühen Entwicklungsphase festgelegt. Erfolgreiche Unternehmen nutzen die Simulation verstärkt dazu, möglichst früh umfassende Informationen für weitere Prozessschritte zu gewinnen und späte Konstruktionsänderungen und Iterationszyklen zu vermeiden. Diese als Frontloading bezeichnete Vorgehensweise erhöht zwar den Aufwand in der frühen Entwicklungsphase, zahlt sich aber über den Gesamtprozess aus.

Kosten, Nutzen, Amortisation

Unternehmen sollten darauf schauen, dass sich die Investitionen schnell amortisieren. In die entsprechenden Planungen müssen neben den Kosten für Hardware, Software und Schulung auch die laufenden Kosten einfließen. Dazu zählen Personalkosten, Wartungs- und Lizenzgebühren sowie die Weiterbildung der Anwender.

Den Investitionen und laufenden Kosten stehen enorme Einsparpotenziale gegenüber. Dazu gehören neben einer schnelleren Entwicklung durch frühe Konzeptverifizierung, der Vermeidung von Konstruktionsänderungen und der Einsparung physischer Prototypen vor allem Kosteneinsparungen im Prototypenbau, Materialeinsparungen und reduzierte Fehlerquoten. Eine frühere Marktreife, die Nutzung zukunftssträchtiger Technologien sowie Einsparungen bei Folgeprodukten sind zusätzlich wirtschaftliche Faktoren, die beträchtliches Potenzial bieten.

Im Extremfall kann sich eine Investition schon durch das Einsparen eines oder mehrerer Prototypen amortisieren. Konkrete Berechnungen und Pläne lassen sich aber nur mit konkreten Unternehmensdaten aufstellen.

FEM lohnt sich

FEM-Berechnungen lohnen sich für Unternehmen in doppelter Hinsicht. Ingenieure können zum einen bessere Produkte entwickeln und neue Technologien mit vertretbarem Aufwand zur Marktreife führen. Zum anderen wird die Entwicklung deutlich beschleunigt und es lassen sich erhebliche Einsparpotenziale – vor allem bei Material und Prototypen – nutzen.



Nicht-lineare Berechnung der Gummidichtung einer Waschmaschine.

Bilder: MSC Software

Programme wie MSC Nastran sind dank des modularen Aufbaus auch für Einsteiger geeignet. Zudem kann MSC Software dank seiner langjährigen FEM-Expertise potenzielle Interessenten zielorientiert in die Simulation einzuführen und hilft Neulingen, sich schnell und kompliziert einzuarbeiten. Anwender haben so die Gewissheit, von Beginn an ein etabliertes und anerkanntes Programm einzusetzen, das auch Raum für künftige Entwicklung bietet.

MSC Software veranstaltet ab dem Herbst in mehreren deutschen Großstädten sowie in Zürich/CH eintägige FEM-Infotage, bei denen sich Interessenten über die Möglichkeiten der FEM sowie den schnellen und effizienten Einstieg in die FEM-Berechnung informieren können.

RT |

Ulrich Feldhaus arbeitet als freier Fachjournalist.