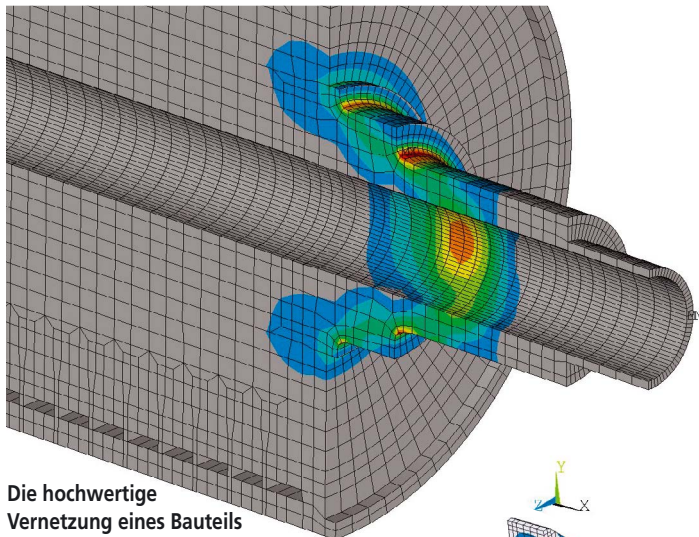


Festigkeitsanalyse: genaue Berücksichtigung tatsächlich vorliegender Beanspruchung

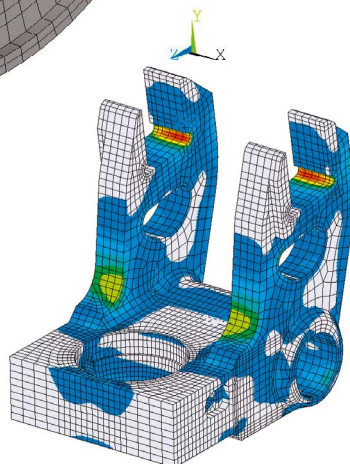
Nur wirkende Last ist wahre Last

In Zeiten des globalen Wettbewerbs ist es wichtiger denn je, die Möglichkeit der modernen Engineeringtools im vollen Umfang zu nutzen. Festigkeitsanalysen mittels der Finiten Elemente Methode gehören seit mehr als 30 Jahren zu wichtigen, und zum Teil unablässigen, Werkzeugen im Entwicklungs- oder Optimierungsprozess. Geometrieoptimierungen, Berechnung der Eigenfrequenzen und Beurteilung der Lebensdauer können zuverlässig und kostenoptimal beurteilt werden.



Die hochwertige Vernetzung eines Bauteils ist die Grundvoraussetzung für realistische Festigkeitssimulation

Die Palette der vorhandenen Softwarelösungen reicht von einfachen „built-in“-Programmen in CAD-Paketen bis zu komplexen „stand-alone“-Produkten, die bei hohen Anforderungen an die Qualität der Berechnungsergebnisse zum Tragen kommen. Die Auswahl realistischer Berechnungsannahmen, wie der Lagerung und die genaue Abbildung der Geometrie, haben einen extrem hohen Einfluss auf die Spannungen im Modell. Eine falsch definierte Randbedingung



Vergleich der Lastannahmen

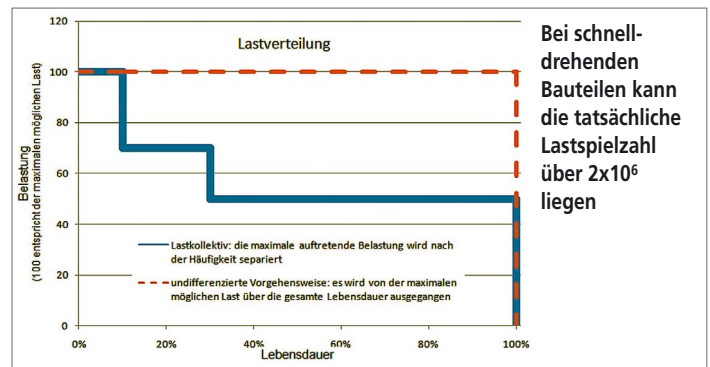
kann durchaus einen Fehler von über 100 % hervorrufen. Die automatische Vernetzung ohne gründliche Qualitätskontrolle erzeugt sehr oft Elemente mit schlechter Geometrie (zum Beispiel mit sehr kleinem Winkel oder „warpage“). Dies kann zu gravierenden Verfälschungen der

Spannungen führen. Es häufen sich Fälle, in denen die Festigkeitsauslegung fehlerhaft durchgeführt wird, da solche Fehler visuell oft nur schwer zu erkennen sind und nicht jedes Programm darauf hinweist.

Tatsächlich wirkende Lasten berücksichtigen

In heutigen Konstruktionsoptimierungen geht es in erster Linie um die Harmonisierung der Spannungen. Stark belastete Be-

strasse. Ein Beispiel aus der Praxis: Eine Industriepresse wird abhängig von der Werkstückgeometrie mit variablen Kräften (Presskraft) betrieben. Eine verbreitete Vorgehensweise ist die Annahme der maximalen möglichen Last als Grundlage für die Festigkeitsauslegung und einer nachfolgenden Geometrieoptimierung. Dabei werden die Dauerfestigkeitswerte zugrunde gelegt (zum Beispiel für Stähle etwa 2×10^6 Lastwechsel). Die Tatsache,



reiche werden verstärkt, weniger stark belastete Bereiche werden reduziert, um Gewicht zu sparen. Ziel ist, die Spannungsdifferenzen in einem Bauteil zu minimieren oder eine „gleichmäßige“ Festigkeit zu erzielen. Ein weitläufig verkannter Punkt ist die genaue Berücksichtigung der tatsächlich wirkenden Lasten. Die 23jährige Simulationserfahrung von Invenio zeigt, dass eine genaue Betrachtung der auf die Konstruktion wirkenden Kräftefaktoren eine deutliche Optimierungsquelle darstellt.

Viele Konstruktionen unterliegen einer variablen Belastung. Die Höhe der Last ist nicht konstant und variiert über die Zeit. Dies kann durch unterschiedliche Betriebsarten oder Einsatzsituationen bedingt sein. In der Automobilindustrie, dem Vorreiter der Festigkeitsberechnung und der Simulation, wird seit langem mit differenzierten Lasten gerechnet. Ein Pkw fährt schließlich nicht immer über die Autobahn oder über eine unbefestigte Land-

strasse. Ein Beispiel aus der Praxis: Eine Industriepresse wird abhängig von der Werkstückgeometrie mit variablen Kräften (Presskraft) betrieben. Eine verbreitete Vorgehensweise ist die Annahme der maximalen möglichen Last als Grundlage für die Festigkeitsauslegung und einer nachfolgenden Geometrieoptimierung. Dabei werden die Dauerfestigkeitswerte zugrunde gelegt (zum Beispiel für Stähle etwa 2×10^6 Lastwechsel). Die Tatsache,

Realistisches Lastkollektiv zählt

Ein Schlüsselfaktor kann ein realistisch definiertes Lastkollektiv sein. Dahinter verbirgt sich eine Differenzierung der Lasthöhen und eine entsprechende Zuordnung der Lastwechsel. Für Konstrukteure ist nachvollziehbar, dass der „Schaden“ in einer Konstruktion proportional zur Höhe der Kraft und der Anzahl der Lastwechsel ist. Bildlich dargestellt ist ein Beispiel eines Lastkollektivs (blau). Zu erkennen ist, dass nur rund 10 % der Lastzyklen die maximale Belastung von 100 erreichen. Jeder fünfte Lastfall (20 %) beinhaltet

EXKLUSIV IN KEM

Der Autor Viktor Schmidt ist Geschäftsführer der Invenio Lintner Engineering GmbH, Willich

das Lastniveau von 70, und alle übrigen Lastspiele liegen nur bei der Hälfte der maximalen Last. Die Bewertung der Bauteilfestigkeit erfolgt über eine sogenannte Schadenssumme (nach Miner). Dabei werden die „Schädigungen“ aus den einzelnen Laststufen addiert. Die dahinter stehenden Algorithmen sind einfach und innerhalb einer Excel-Tabelle in 20 bis 30 min zu lösen. Als Anhaltspunkt für die Quantifizierung der Festigkeit können die Flächen unter den Kurven herangezogen werden. Diese konservative Schätzung zeigt schon, dass bei dem Bauteil welches dem Lastkollektiv unterliegt, ein Materialersparnis von über 20 % möglich ist. Ursprünglich ausgelegt war es für die maximale Last.

Invenio führt Simulationen und Berechnungen für Kunden aus unterschiedlichen Branchen durch. Im Rahmen einiger Projekte konnten bis zu 25 % an Materialkos-

Last	Lastenwechsel
100 kN	200 000
70 kN	400 000
50 kN	1 400 000
Beispiel eines Lastkollektivs	

ten, unter Einhaltung der Festigkeits- und Steifigkeitsanforderungen, eingespart werden. Die Grundlage jeder Festigkeitsauslegung im zeit- und dauerfesten Bereich ist eine Wöhlerkurve (Abhängigkeit zwischen der Spannung und der ertragbaren Lastspielzahl). Da diese Abhängigkeit eine logarithmische Steigung aufweist, sind überproportionale Effekte nachvollziehbar.

Vorgehensweise bei ungenauen Daten

Problematisch wird es in den Fällen, wenn keine genauen Daten zur Lastsituation vorliegen. Hier müssen sinnvolle Annahmen getroffen und intensiv daran gear-

beitet werden, die erforderlichen Daten in Erfahrung zu bringen. Die (Un)sicherheitsfaktoren sind mit Bedacht zu wählen. Ein weiterer Punkt ist die Berücksichtigung der tatsächlich erwarteten Lastspielzahlen. Wie ist die Produktlebenszeit dimensioniert? Zwei Jahre, fünf Jahre oder 20 Jahre? Liegt diese bei etwa 2×10^6 Lastwechsel? Oder kann hier mit einem Zehntel (2×10^5) gerechnet werden? Wenn ja, kann auf diesem Weg eine deutliche Einsparung im Materialverbrauch und letztlich in wirtschaftlicher Sicht erzielt werden. Im Beispiel der Industriepresse konnte 10 % Grundmaterial (Stahl) eingespart werden. Weitere Punkte neben

den Materialkosten waren die Kostensenkungen im Produktions- sowie im Logistikprozess. Liegt die tatsächliche Lastwechselzahl über 2×10^6 Lastwechsel (zum Beispiel bei schnelldrehenden Walzen) müssen die zulässigen Dauerfestigkeitswerte reduziert werden.

Die Finite Elemente Methode ist heutzutage ein unablässiges Werkzeug im Engineering vieler Branchen. Sie kann Verbesserungspotenzial in technischer und in der Folge in betriebswirtschaftlicher Hinsicht aufzeigen. Die Voraussetzungen für realistische Simulationsergebnisse sind allerdings sehr hochwertig erstellte FE-Netze, richtig definierte Randbedingungen, realistische Lastdaten sowie sehr gut ausgebildete Berechnungsingenieure. Beachtet man diese Faktoren, steht einer gelungenen Festigkeitsauslegung nichts im Weg.

Online-Info
www.kem.de/0511448