

1 Lagergehäuse: schematische Darstellung.

2 Berechnung 1: Randbedingungen.

3 Berechnung 1: Spannungsverteilung.

FEM-Berechnung mit Weitblick

20 Jahre Erfahrung mit numerischer Simulation zeigen, dass neue CAE-Tools höhere Anforderungen an das technische Verständnis der Anwender stellen.

Viktor Schmidt

Eine Festigkeitsberechnung mittels FEM ist heute fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses. Integrierte Berechnungstools in CAD-Systemen machen ein schnelles Abschätzen von mechanischen Spannungen in den zu entwickelnden Bauteilen möglich. So kann der User ohne spezielle FEM-Vorkenntnisse die Randbedingungen aufprägen, Belastung definieren und die Analyse starten. Da diese „schnellen“ Lösungen benutzerfreundlich und einfach sind, bieten sie eine kostengünstige Möglichkeit, um das Strukturverhalten des Bauteils zu verdeutlichen und die eventuellen Schwachstellen schon im Vorfeld zu erkennen. Doch: die Mechanik und die Zusammenhänge der Simulation rücken in den Hintergrund und es entsteht eine gefährliche Fehlerquelle.

Denn die präzise Definition der Randbedingungen ist entscheidend für das spätere Berechnungsergebnis.

Beispiel: Spannungsermittlung an einem Lagergehäuse

Das Beispiel an einem Lagergehäuse (Bild 1) soll verdeutlichen, wie wichtig ein realistischer Aufbau des Berechnungsmodells und die Auswahl der Systemgrenze für das Resultat sind. Das Lagergehäuse wird über zwei Schrauben befestigt. Im Lager in der Gehäusemitte greift eine vertikale Kraft nach oben. Die Spannungsermittlung läuft meist in folgenden Schritten ab:

- ▶ Lasteinleitung in der zentralen Bohrung
- ▶ feste Einspannung im Schraubenbereich

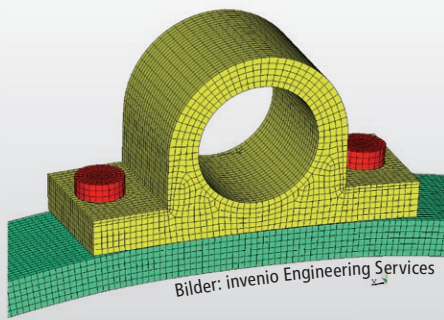
Wird bei der Lasteinleitung kein Lastgeber (beispielsweise Lager oder Welle) berücksichtigt, müssen die Kräfte realistisch eingeleitet werden. Im vorlie-

genden Fall darf nicht die komplette zylindrische Fläche belastet werden, sondern nur ein Winkelsegment von etwa 120°. Die daraus resultierende Spannungsverteilung zeigt Bild 3.

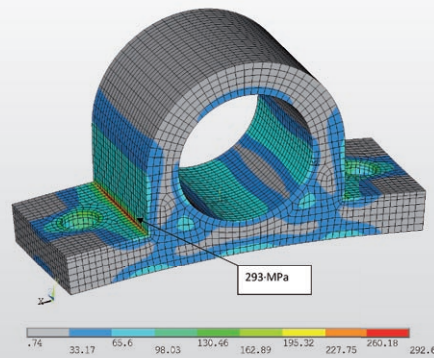
Randbedingungen für Systemgrenze definieren

Das Verformungsbild erscheint zunächst nicht unrealistisch, denn die maximale Spannung liegt im Übergangsbereich zur Anschraubfläche und entspricht dem Kraftfluss. Doch genau hier geschehen die Fehler im Umgang mit der Simulationssoftware. Nicht berücksichtigt wird: die Software nutzt nur die Daten, die der Konstrukteur eingibt. So wurde einer der wichtigsten Aspekte im vorliegenden Fall nicht ausreichend berücksichtigt: die Systemgrenze.

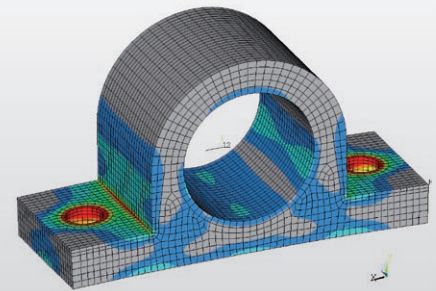
Bei der FEM-Modellbildung für Festigkeitsberechnungen ist es selten möglich, die komplette Konstruktion zu berücksichtigen. In der Praxis betrachtet man das zu untersuchende Bauteil oder den Strukturausschnitt separat. Das Lagergehäuse wird somit getrennt berechnet. An der Systemgrenze müssen nun Randbedingungen gesetzt werden. Im vorliegenden Beispiel wird dort, wo das Gehäuse angeschraubt wird, eine feste Einspannung definiert. Dies bedeutet, dass die korrespondierende Struktur eine unendlich hohe



4 Berechnung 2: Randbedingungen.



5 Berechnung 2: Spannungsverteilung.



6 Berechnung 3: Spannungsverteilung.

Steifigkeit besitzt und sich nicht bewegen oder verbiegen kann – meist nicht realistisch.

Realistischere Ergebnisse durch erweiterte Systemgrenzen

Um die Sensibilität des Simulationsmodells in Bezug auf die Randbedingungen zu verdeutlichen, muss das Modell ergänzt werden. Dafür wird die Systemgrenze erweitert, sodass sich nun auch die Schrauben und die darunter liegenden korrespondierenden Bereiche mitberücksichtigen lassen (Bild 4). Der neue Verformungsplot bestätigt die Vermutung, dass die feste Einspannung bei der ersten Berechnung nicht zutreffend war, denn die Kraftabnahme erfolgt über die Schrauben. Das Lagergehäuse könnte sich also zusammen mit dem korrespondierenden Bauteil verbiegen. Das zweite Modell ist somit realistischer aufgebaut. Quantitativ bedeutet das eine Ver-

dreifachung der Spannung (Bild 5). In der zweiten Analyse sind die Schrauben nicht vorgespannt. Doch welchen Einfluss hat die Schraubenvorspannkraft? Dazu wird im dritten Modell auch diese Lastkomponente berücksichtigt. Obwohl die Spannungen infolge der Vorspannung einen statischen Charakter haben, müssen sie bei der Bauteilauslegung mitberücksichtigt werden. Im Beispiel bedeutet dies eine Steigerung der Spannung um weitere 30 % gegenüber dem zweiten Modell (Bild 6). Wie Invenio Lintner Engineering aus Erfahrung weiß, beinhaltet seit Einsatz von CAD-basierender FEM-Software fast jedes dritte FE-Modell unberücksichtigte Kerbwirkungen. Vielfach sind die Fertigungsradien in den CAD-Modellen vereinfacht dargestellt. Es wird lediglich eine scharfe Kante modelliert. So wird fälschlicherweise angenommen, dass eine scharfe Kante einer unendlich großen Kerbe mit ent-

sprechend großer Kerbwirkung gleich kommt. Doch das trifft für FE-Modelle nicht zu, denn ein nicht abgebildeter Radius bedeutet einen Verlust der Kerbwirkung. Im Vergleich zur letzten Analyse steigt die Spannung um 8 %. Sehr häufig ist die Kerbkomponente viel höher und kann die Bauteilfestigkeit noch erheblich herabsetzen. Wenn wir jetzt die Spannungen aus der ersten und der letzten Analyse miteinander vergleichen ergibt sich ein gigantischer Faktor von $413 / 73 = 5,7$. In der Praxis heißt das, Bauteilversagen mit den damit verbundenen Schadensfolgen. Wie das Beispiel zeigt, empfiehlt es sich bei komplexen Aufgabenstellungen, eine auf FEM-Berechnungen und Simulationen spezialisierte Firma zu Rate zu ziehen. (hö)

invenio Lintner Engineering
Tel. +49(0)2154 8874 0

InfoClick konstruktionspraxis.de 350445