

Rezension zu:

**Finite Elemente (CAE)
- Anwendungen und Lösungen -**

**von
Annette Kunow**

Finite Elemente Programmsysteme gehören inzwischen in den Ingenieurbereichen zum Standard der Berechnung und der Simulation, in denen es gilt, Entwicklungsprozesse zu verkürzen und damit wirtschaftlicher zu gestalten.

Als Beleg dafür wird im vorliegenden Buch zu Beginn auf Aufgabenstellungen aus unterschiedlichen Ingenieurbereichen bis hin zur Technischen Physik hingewiesen, in denen sich die FEM als leistungsfähiges numerischen Lösungsverfahren bewährt hat, so u. a. bei Steifigkeitsuntersuchungen ganzer Rohkarossen und bei der Simulation des Front- und Seitenaufpralls.

Hauptziel dieses Lehrbuches ist nach Angaben der Verfasserin die praxisnahe Darstellung der FEM mit Beispielen, die am Rechner im Selbststudium leicht nachvollziehbar sind. Das Buch ist deshalb sowohl für Studierende als auch für Berufsanfänger zu empfehlen.

Dafür wird eine Vorgehensweise herangezogen, die bewusst auf eine mathematische formale Herleitung der FEM (z. B. über ein Variationsprinzip) verzichtet. Aufgesetzt wird auf den Grundlagen der Statik, der Dynamik und allgemein der „Nichtlinearen Berechnung“, die am Anfang des jeweiligen Abschnitts kompakt dargelegt werden. Als Beispiele wurden mit Sorgfalt solche ausgewählt, die in diesen Gebieten als exemplarisch und praxisnah gelten, und die in ihrem Ablauf überschaubar und nachvollziehbar bleiben.

Zu Beginn wird das Beispiel eines statisch unbestimmten Fachwerk herangezogen, dessen FEM-Berechnung in sieben Schritten dargestellt wird, und deren kennzeichnende Merkmale bereits hier erkennbar werden. Bei den folgenden Berechnungsbeispielen, die in Struktur und Belastung zunehmend anspruchsvoller werden, werden die Berechnungsschritte weitgehend in dieser Unterteilung dargestellt. Der Rechnungsgang ist somit übersichtlich angelegt und kann wie beabsichtigt im Selbststudium nochmals in Teilen oder ganz nachvollzogen werden. Die anfänglich sehr hilfreiche enge Bindung an Berechnungsbeispiele wird in den Kapiteln wieder gelöst, die der Planung, der computer-gestützten Durchführung sowie der Ergebniskontrolle einer FEM-Berechnung gewidmet sind. So werden Elementverträglichkeit, Vernetzungsstrategien, Vernetzungsregeln bis hin zur Ergebniskontrolle umfassend aus praxisnaher Sicht behandelt. Diese führt auch auf eine Vielzahl praktikabler Hinweise, gegebenenfalls auch Warnungen, die von der Verfasserin mit guter Begründung gegeben werden.

In der nichtlinearen Berechnung hat die FEM nahezu ein Alleinstellungsmerkmal erreicht. Das kommt im Abschnitt „Grundlagen der linearen Berechnung“ zum Tragen, in dem an ausgewählten Berechnungsbeispielen gezeigt wird, wie sich Nichtlinearitäten infolge großer Verformungen sowie bei Abweichungen vom linear elastischen Materialverhalten auf den Ablauf einer FEM-Berechnung auswirken. Wegen der nunmehr anspruchsvolleren Theorie und der Erfordernis iterativer Lösungsverfahren sind betroffene Berechnungsschritte der Problemstellung angemessen abzuändern, was auch an Beispielberechnungen gezeigt wird, die für unterschiedliche Nichtlinearitäten repräsentativ sind.

In Hinblick auf eine sichere, mit vertretbarem Aufwand ablaufende Berechnung wird die Fragestellung aufgeworfen, ob Nichtlinearitäten in ihrer vollen Tragweite immer mit

einbezogen werden müssen. Die Verfasserin empfiehlt mit guter Begründung alternativ dazu abzuwägen, ob eine schrittweise Ausweitung einer linearen Berechnung unter bedachter Einbeziehung der Nichtlinearität ein sicheres und risikoärmeres Vorgehen sein könnte.

Als Nutzen für den Leser kann zusammenfassend festgehalten werden, dass ihm der Zugang zur FEM über die angebotene Darstellung leicht gemacht wird. Darüber hinaus erhält er zu allen Berechnungsschritten viele nützliche Hinweise und auch Warnungen, die ihm beim letztlich wichtigsten Schritt, der Beurteilung der Plausibilität und der Güte der erzielten Ergebnisse nützen können. Bei anspruchsvollen nichtlinearen Berechnungen sind Plausibilitätsbetrachtungen nach wie vor nützlich, jedoch allein nicht immer verlässlich, weshalb Hinweise auf neuere Untersuchungen über das Konvergenzverhalten der FEM, z. B. über die Energienorm, wünschenswert wären. Da die Formänderungsenergie, die optional von jedem FEM-Programmsystem elementweise berechnet wird, im direkten Zusammenhang mit der Energienorm steht, ist diese stets verfügbar.

Haltern am See, den 1.10. 2012
Heinz Dittrich