

## Vorwort

Anhand überschaubarer, technisch orientierter Beispiele, vorwiegend aus der Mikrosystemtechnik, wird die Anwendung der Finite-Element-Methode in der Lehrveranstaltung Entwurf mikromechanischer Systeme vermittelt.

Als Software wird das sehr verbreitete Programmsystem **ANSYS** in einer aktuellen Version verwendet.

Die Beispiele sind so gewählt, dass Sie nach dem Prinzip Learning by doing effizient mit den wichtigsten Befehlen und der Hierarchie aller Menüs bzw. Werkzeugleisten vertraut werden.

Die Analysen mechanischer Strukturen mittels FEM folgen im Allgemeinen drei Hauptschritten

1. Modellierung: Geometrie, Materialdaten, Randbedingungen und Lasten (**preprocessing**)
2. Festlegung der Analyse, numerische Lösung (**solution**)
3. Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse (**postprocessing**),

die für alle Beispiele in dieser Reihenfolge abzuarbeiten sind.

Erfahrungsgemäß verbringt man die meiste Zeit mit der Modellgenerierung. Darunter versteht man in der ANSYS-Terminologie das Generieren der Knoten und Elemente, um damit unter Beachtung der räumlichen Abmessungen die reale Geometrie aus Finiten Elementen aufzubauen. Es wird ausschließlich mit h-Elementen vernetzt, d. h. mit Elementen die eine feste, vorgegebene, lineare oder quadratische Formfunktion nutzen.

Die Simulationen basieren auf vorgegebenen, linear elastischen Materialmodellen mit Kennwerten wie Elastizitätsmoduli, Dichten, Querkontraktionszahlen, thermischen Ausdehnungskoeffizienten, usw. ; außerdem sind Abmessungen der Elemente (Breite, Höhe, Länge, Radius, Querschnitt, Flächenmoment, ...) und Randbedingungen (Lagerung, Belastung, Verformung, ....) vorzugeben.

Die Analysen beschränken sich auf mechanische, statische und dynamische, harmonische oder transiente Lasten und thermische Belastungen.

Für die Modellgenerierung stehen zwei unterschiedliche Methoden zur Verfügung:

- Bei der direkten Generierung werden die Anordnung eines jeden Knotens sowie Größe, Form und Zuordnung für jedes Element vorgegeben und damit die Geometrie der Anordnung definiert.
- Im Rahmen der zweiten Methode werden die geometrischen Ränder des Modells beschrieben und Vorgaben für Form und Größe der Elemente gemacht. Anschließend erfolgt die automatische Generierung aller Knoten und Elemente.

Beide Techniken können auch in Kombination eingesetzt werden.

Sie sollten immer beachten, dass der Erfolg Ihrer Analyse nicht allein auf der Leistungsfähigkeit des ANSYS-Programms beruht, sondern wesentlich von Ihrer Ausbildung und Ihren Kenntnissen sowie der kritischen Einschätzung Ihres Vorhabens abhängt. Sicherlich ist diese Anmerkung weniger von Bedeutung für Ihre Vorgehensweise in der Lehrveranstaltung, aber von immanenter Bedeutung für Ihre spätere Tätigkeit.

Sie müssen bei der Erarbeitung der Beispiele immer vor Augen haben, dass eine rein formale FEM-Simulation Ingenieurwissen und praktische Erfahrung nicht ersetzen kann. Letztlich handelt es sich beim Programmsystem ANSYS nur um ein komfortables Werkzeug; unsachgemäße Modellierungen, wie fehlerhafte Idealisierungen oder Vernetzungen, können unsinnige Interpretationen oder fragwürdige Resultate zur Folge haben. Ohne grundlegende Kennt-

nisse auf dem Gebiet der Technischen Mechanik sind keine korrekten Einschätzungen zur Zuverlässigkeit numerischer Simulationen mittels FEM möglich.

#### Hinweise:

1. Hilfe zu allen Fragestellungen im Zusammenhang mit der Nutzung von ANSYS finden Sie unter dem Menüpunkt Help.
2. Während der Arbeit mit ANSY werden verschiedene Dateien erzeugt, um entsprechende Daten und Ergebnisse zu speichern. Dateien mit den folgenden Identifikatoren sind für Ihre Arbeit von Bedeutung:
  - .db database (Geometriemodell, Materialparameter)
  - .dbb copy of database (Backup)
  - .rst results (numerische Resultate)
  - .log command input history (Auflistung aller Befehle)
3. Die Bilder grafisch aufbereiteter Ergebnisdarstellungen können über das ANSYS Utility Menu mit dem Aufruf: > PlotCtrls > Hard Copy > To File in den Grafikformaten (BMP, EPS, JPEG, TIFF, PNG) gespeichert werden.

Das in diesen Unterlagen enthaltene Übungsmaterial ist für den internen Gebrauch an der Hochschule Mittweida bestimmt.

Bearbeiter: Prof. Dr. Dr. B. Lämmel, Prof. Dr. P. Will

Mittweida, September 2006

#### Literatur:

Müller, Groth  
FEM für Praktiker  
4. aktualisierte Auflage  
expert verlag, Renningen-Malmheim, 1999

Groth, Müller  
FEM für Praktiker - Temperaturfelder  
expert verlag, Renningen-Malmheim, 1995