

Teil I Anwendung der Finite-Element-Methode (FEM) in der Praxis	1
Lernziel	1
1 Einsatz der FEM in der Produktentwicklung - Fallbeispiele	2
1.1 Chancen der Produktentwicklung	2
1.2 Einsatzgebiete der FEM	4
1.3 Erfolgreicher Einsatz der FEM - Fallbeispiele	4
2 Grundidee der Finite-Element-Methode	29
2.1 Rechnerische Simulation	29
2.2 Die Finite-Element-Methode	30
2.3 Berechnung komplexer Geometrien mit FEM	39
2.4 Weitere Anwendungsmöglichkeiten der FEM	40
2.5 Entwicklungstrends	47
3 Die Geschichte der Finite-Element-Methode	50
4 Einführung von FEM	55
4.1 Vorgehensweise, Anforderungen, Kosten	55
4.2 Übersicht über FEM-Programme	59
4.3 Auswahlkriterien für ein FEM-Programm	60
Literaturangaben	63
 Teil II Einführung in die Theorie der FEM	 65
Lernziel	65
1 Ausführliche Beschreibung anhand eines einfachen nachvollziehbaren Beispiels	66
1.1 Beschreibung des Beispiels	66
1.2 Analytische Lösung	67
1.3 Lösung nach der Finite-Element-Methode	70
1.4 Steigerung der Genauigkeit der Ergebnisse	85
1.5 Konvergenzbetrachtung	106
2 Ergänzende Betrachtungen	109
2.1 Prinzip vom Minimum der potentiellen Energie	109
2.2 Ingenieurmäßige Deutung der Elementsteifigkeitsmatrix und der Gesamtsteifigkeitsmatrix	111
2.3 Berücksichtigung von Elementbelastungen	117
2.4 Beliebige Lage der Elemente	122

3	Die Steifigkeitsmatrix des Balkenelementes	130
4	Die Steifigkeitsmatrix des Scheibenelementes	135
4.1	Herleitung der Steifigkeitsmatrix für ein Element, das parallel zu den globalen Achsen ausgerichtet ist	135
4.2	Allgemeines (isoparametrisches) Element	138
4.3	Lösung des Beispiels aus 1.3 mit zwei Scheibenelementen	144
5	Einige Standardelemente für die Strukturmechanik	148
5.1	LINK1 (truss)	149
5.2	BEAM3 (beam)	150
5.3	SHELL63 (shell, plate option)	151
5.4	SHELL63 (shell)	152
5.5	PLANE42 (plane stress option)	153
5.6	PLANE42 (plane strain option)	154
5.7	PLANE42 (axisymmetric option)	155
5.8	SOLID45 (3-D solid)	156
5.9	Dreieck-, Tetraeder-, Prismaelemente	157
5.10	Elemente mit Zwischenknoten	157
5.11	Verbesserte Elemente ohne Kantenmittenknoten	158
6	FEM für nichtlineare Statik, Strukturdynamik, Temperaturfelder, elektrostatische Felder, Magnetfelder, Fluidodynamik	159
6.1	Nichtlineare Statik	159
6.2	Strukturdynamik	161
6.3	Temperaturfelder	162
6.4	Analoge Feldprobleme	163
6.5	Magnetfeld	164
6.6	Fluidodynamik	165
6.7	Gekoppelte Felder (Multiphysik)	166
7	Gleichungsauflösung	167
7.1	Direkte Verfahren	167
7.2	Iterative Verfahren	173
7.3	Reduktionsverfahren	174
	Literaturangaben	176
Teil III Handhabung des ANSYS/ED-Programms		179
	Lernziel	179
1	Einführung	180
2	Fallbeispiele der Idealisierung	182
3	Möglichkeiten des ANSYS/ED-Programms	189

4	Ablauf einer ANSYS/ED-Analyse	195
4.1	Installation des ANSYS/ED-Programms	195
4.2	Aufruf des ANSYS/ED-Programms	195
4.3	Anwendung des ANSYS/ED-Programms	195
4.4	Berechnung großer Strukturen	220
5	Handhabung des ANSYS/ED-Programms	221
5.1	Strukturanalysen	221
5.2	Temperaturfeldanalysen	252
5.3	Magnetfeldberechnungen	256
5.4	Berechnung elektrischer Felder	257
5.5	Fluidanalysen	258
5.6	Analyse gekoppelter Felder	260
5.7	Preprocessing und Modellgenerierung	263
5.8	Belastung und Lösungsphase (solution)	358
5.9	Postprocessing	383
5.10	Grafik	410
5.11	Selektieren	432
5.12	ANSYS Parametersprache (ANSYS parametric design language, APDL)	435
	Literaturangaben	445
Teil IV	Beispiele	447
	Lernziel	447
	Einführungsbeispiele	
	Beispiel 0 Das ANSYS-Menüsystem	449
	Beispiel 1 2-D Einarbeitung (Strukturmechanik)	458
	Beispiel 2 3-D Einarbeitung (Strukturmechanik)	481
	Grundlagenbeispiele	
	Beispiel 3 Zugstab aus Teil II (Theorie der Strukturmechanik)	500
	Beispiel 4 Scheibe mit Loch (Vernetzungstechnik)	517
	Beispiel 5 Kragbalken (Elementauswahl in der Strukturmechanik)	535
	Beispiel 6 Winkelhalterung (Geometriemodellierung)	546
	Beispiel 7 Schalentragwerk (Postprocessing)	556
	Beispiele zu besonderen Möglichkeiten des ANSYS/ED-Programms	
	Beispiel 8 Submodelltechnik (Gekerbter Zugstab)	568
	Beispiel 9 Kontaktelemente, Hyperelastizität (Gummidichtung)	579
	Beispiel 10 Viskoelastizität (Pendelstütze aus Kunststoff)	592
	Beispiel 11 Modalanalyse (Stimmgabel)	602
	Beispiel 12 Schwingung einer Fahrzeugachse (Reduzierte Transiente Dynamik, Frequenzganganalyse)	609
	Beispiel 13 Temperaturfeld (3-D Einarbeitung)	618
	Beispiel 14 Magnetfeld (3-D Einarbeitung)	631

Beispiel 15	Fluiddynamik (3-D Einarbeitung)	646
Beispiel 16	Elektrisches Feld (Koaxialkabel)	666
Beispiel 17	Temperatur-Struktur-Kontakt (Rohr auf ebener Unterlage)	682
Beispiele aus der Technik		
Beispiel 18	Tellerfeder (Geometrische Nichtlinearität)	689
Beispiel 19	Dickwandiger Druckbehälter (Rotationssymmetrie, Plastizität)	702
Beispiel 20	Betonträger (Betonmaterial)	725
Beispiel 21	Rotorwelle mit Zahnrad (Modalanalyse mit Kreiselwirkung)	730
Beispiel 22	Seilbruch an einer Schrägseilbrücke (Transiente Dynamik)	736
Beispiel 23	Entlastungsnut (Optimierung)	747
Beispiel 24	Plattenfedermembran (Optimierung)	758
Beispiel 25	Kühlturm (Schalenelemente, APDL)	769
Beispiel 26	Lötlüge (Kopplung von elektrischem Feld, Wärmeübertragung und Strukturmechanik)	783
Beispiel 27	Ballonmembran (Gummimaterial, Hyperelastizität)	793
Literaturangaben		797
 Anhänge		
Anhang A	ANSYS/ED Revision 5.4 Installationsanleitung	798
Anhang B	Standardelemente des ANSYS/ED-Programms	809
Anhang C	Maßeinheiten und Umrechnungsfaktoren	840
 Sachregister		 847