

1	Einleitung	1
2	Der Grundgedanke der Methode der finiten Elemente	3
3	Grundgleichungen der linearen Elastizitätstheorie	20
3.1	Gleichgewichtsbedingungen	20
3.2	Zusammenhang Verzerrung – Verschiebung.....	23
3.3	Das Transformationsverhalten von Spannungen und Verzerrungen.....	25
3.4	Das Werkstoffgesetz.....	30
3.4.1	Das Hookesche Gesetz	30
3.4.2	Das Wärmedehnungsgesetz.....	35
3.4.3	Transformation des Werkstoffgesetzes.....	36
3.5	Innere und äußere Energie	39
3.6	Prinzip der Mechanik bei statischen Lasten	44
3.6.1	Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen	44
3.6.2	Diskretisierung der Verschiebungsfelder mit Hilfe von Einheitsverschiebungs-Funktionen	49
3.6.3	Variation, virtuelle Verschiebung und stationärer Wert eines Funktionalen	54
3.6.4	Das Prinzip vom stationären Wert der Gesamtenergie	57
3.6.4.1	Die Grundaufgabe der Variationsrechnung beim Zug/Druckstab.....	58
3.6.4.2	Das Verfahren von Ritz.....	60
3.6.4.3	Transformation des Ritzschen Gleichungssystems auf Kraft-Verschiebungsbeziehungen	64
3.6.4.4	Darstellung der Ritz-Ansätze durch Einheitsverschiebungs- Funktionen	66
3.6.5	Erweiterte Variationsprinzip	67
4	Die Finite Elemente Methode als verallgemeinertes Verfahren von Ritz	72
4.1	Bereichsweise Diskretisierung der Verschiebungsfelder	74
4.2	Konvergenzbedingungen.....	76
5	Elementsteifigkeitsmatrizen	80
5.1	Grundlegende Annahmen	80
5.2	Das Balkenelement	80
5.2.1	Elementmatrix für Normalkraft, Torsion und Biegung	80
5.2.2	Einfluß großer Verformungen (Theorie 2.Ordnung)	97
5.2.3	Transformation auf globale Koordinaten	109
5.3	Scheiben- und Volumenelemente.....	112
5.3.1	Das Dreieckselement mit konstanten Verzerrungen (CST).....	112
5.3.2	Das rechteckige Scheibenelement.....	116

5.3.3	Die isoparametrische Elementfamilie	119
5.3.3.1	Transformation auf Einheitselemente	119
5.3.3.2	Elementsteifigkeitsmatrizen.....	124
5.3.3.3	Spannungen im Element	129
5.3.4	Hierarchische Elemente (p- Elemente).....	137
5.4	Plattenelemente	148
5.4.1	Schubstarre Plattenelemente nach der Theorie von Kirchhoff.....	148
5.4.2	Schubweiche Plattenelemente nach der Theorie von Reissner-Mindlin	155
5.4.2.1	Das DKT Dreieckelement.....	158
5.4.2.2	Plattenelemente mit unabhängigen Ansätzen für die Schubverzerrungen	165
5.4.2.3	Ein schubweiches viereckiges Plattenelement.....	172
5.4.3	Schubweiche isoparametrische Plattenelemente	179
5.5	Schalenelemente	193
5.5.1	Ebene Schalenelemente.....	198
5.5.2	Rotationssymmetrische Schalenelemente	202
6	Äquivalente Elementlastvektoren für verteilte Lasten und Temperaturänderungen	209
7	Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik, Hamiltonsches Prinzip und Bewegungsgleichungen	213
7.1	Äquivalente Massenmatrizen	220
7.2	Starre Massen	225
7.3	Dämpfungseigenschaften der Elemente.....	229
7.4	Statische und dynamische Randbedingungen.....	230
8	Kondensierung der Bewegungsgleichungen	238
8.1	Geometrische Abhängigkeitstransformation.....	239
8.2	Statische Kondensation	241
8.3	Teilstruktur-Technik	244
9	Das Eigenschwingungsproblem	245
9.1	Das ungedämpfte Eigenschwingungsproblem	246
9.1.1	Der ungedämpfte Einzelschwinger	246
9.1.2	Der ungedämpfte Mehrfachschringer	247
9.1.2.1	Eigenfrequenzen	247
9.1.2.2	Eigenformen	248
9.1.2.3	Eigenschaften der Eigenformen	251
9.1.2.4	Zur numerischen Lösung des Eigenwertproblems.....	254
9.2	Das gedämpfte Eigenschwingungsproblem.....	254
9.2.1	Der gedämpfte Einzelschwinger	254
9.2.2	Der gedämpfte Mehrfachschringer	257

10 Modale Transformation der Bewegungsgleichungen und Teilstruktur-Kopplung	262
10.1 Spektralzerlegung der Systemmatrizen	266
10.2 Modale Kondensation der Bewegungsgleichungen und Teilstruktur-Kopplung	268
10.2.1 Die Hurty-Craig-Bampton (HCB) Transformation	268
10.2.2 Die Martinez-Craig-Chang (MCC) Transformation	272
10.2.3 Teilstruktur-Kopplung	275
11 Berechnung der dynamischen Antwort	277
11.1 Freie Schwingungen.....	277
11.1.1 Der gedämpfte Einzelschwinger	278
11.1.2 Der gedämpfte Mehrschwinger	279
11.2 Periodische Erregerkraft- Funktionen	284
11.2.1 Dynamische Antwort des gedämpften Einzelschwingers bei harmonischer Erregung	287
11.2.2 Dynamische Antwort des gedämpften Mehrschwingers bei harmonischer Erregung	292
11.3 Nicht-periodische Erregerkraft- Funktionen	306
11.3.1 Die Fourier- Transformation	306
11.3.2 Das Duhamel-Integral	310
11.3.3 Diskrete Erregerkraft- Funktionen	314
11.3.4 Antwortspektren	317
12 Anwendungsbeispiele aus der Praxis	323
12.1 Auslauftrichter eines Getreidesilos	323
12.2 Hohlleiter-Antenne.....	325
12.3 Schwingungstilger	327
12.4 Tribünendachträger	330
12.5 Baugruppe eines Flugtriebwerks.....	332
Literatur	338
Sachregister	346