

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	XIII
1 Einleitung	1
2 Kinematik	3
2.1 Sinusschwingung	4
2.2 Summe zweier Sinusschwingungen	7
2.3 Sinusverwandte Schwingungen	9
2.3.1 Schwebung	10
2.3.2 Modulierte Sinusschwingung	12
2.4 Allgemeine periodische Schwingung	13
2.5 Ebene Bewegung	17
2.5.1 Verschiebung ohne Drehung	18
2.5.2 Verschiebung und Drehung	21
3 Elemente von Rechenmodellen	22
3.1 Zugstab	22
3.2 Torsionsstab	23
3.3 Balken	25
3.4 Schraubenfedern	27
3.5 Gummifedern	28
4 Dämpfung	33
4.1 Grundbegriffe	33
4.2 Dämpfungsmodelle	35
4.3 Werkstoffdämpfung	38
4.3.1 Allgemeines	38
4.3.2 Metalle	41
4.4 Dämpfung von Stäben und Balken	43
5 Massegeometrie	48
5.1 Massenmittelpunkt, Schwerpunkt	48
5.2 Massenmomente	50
5.3 Trägheitsellipsoid, Hauptachsen	52
5.4 Beispiel	55
6 Grundgesetze der Kinetik	60
6.1 Impulssatz, Schwerpunktsatz	60
6.2 Der Drall	63
6.3 Drallsatz, Momentensatz	64
6.4 Das Prinzip von d'Alembert	65

7 Schwinger mit einem Freiheitsgrad	66
7.1 Einleitung	66
7.2 Bewegungsgleichung	66
7.3 Eigenschwingung	68
7.3.1 Eigenschwingung ohne Dämpfung	68
7.3.2 Eigenschwingung mit Dämpfung	73
7.3.3 Dämpfungsgrad	76
7.3.4 Eigenwerte	77
7.4 Harmonische Erregung	78
7.4.1 Erregung an der Masse	78
7.4.2 Fußpunkterregung	85
7.4.3 Unwuchterregung	88
7.4.4 Übertragungsfunktion und Ortskurve	88
7.5 Transiente Erregung	90
7.5.1 Sprungfunktion	90
7.5.2 Anstiegsfunktion	92
7.5.3 Rechteckstoß, Dirac-Stoß	93
7.6 Beliebige Erregung	95
7.6.1 Faltungsintegral	95
7.6.2 Fourier-Entwicklung	97
7.6.3 Polygonverfahren	102
8 Statik von Strukturen	107
8.1 Verschiebungseinflußzahlen	107
8.2 Krafteinflußzahlen	115
8.2.1 Allgemeines	115
8.2.2 Steifigkeitsmatrizen von Strukturen	117
8.2.3 Balken	122
8.2.4 Elastisch gelagerter, starrer Körper	123
8.2.4.1 Ebenes Problem	123
8.2.4.2 Räumliches Problem	127
8.2.4.3 Entkoppelung	131
8.3 Kraftgrößenverfahren	133
8.4 Koordinatenreduktion	135
8.5 Übertragungsverfahren	136
8.6 Unsymmetrische Steifigkeitsmatrix	138
9 Schwinger mit mehreren Freiheitsgraden	142
9.1 Bewegungsgleichung	142
9.1.1 Drehschwinger	142
9.1.2 Drehschwinger mit Getriebe	143
9.1.3 Drehschwinger mit Verzweigung	146
9.1.4 Lavalwelle	147
9.1.5 Biegeschwinger	148
9.1.6 Biegeschwinger mit zwei Massen	149
9.1.7 Lavalwelle mit Kreiselwirkung	151
9.1.8 Lavalwelle mit Gleitlagern	153
9.1.9 Unrunde Lavalwelle	154
9.1.10 Blockfundament, ebener Fall	157
9.1.11 Lavalwelle mit Blockfundament	157
9.1.12 Zusammenfassung	159
9.2 Eigenschwingungen	159
9.2.1 Systeme ohne Dämpfung und ohne Kreiselwirkung	159
9.2.2 Allgemeine Systeme	162
9.2.3 Numerische Verfahren	164
9.3 Harmonische Erregung	165

9.4 Sonstige Erregung	166
9.5 Fußpunkterregung	167
9.6 Ergebnisse	167
9.6.1 Schwingerkette mit zwei Freiheitsgraden	168
9.6.2 Drehschwinger	173
9.6.3 Homogene Drehschwingerketten	177
9.6.4 Lavalwelle	177
9.6.5 Biegeschwinger mit zwei Massen	179
9.6.6 Lavalwelle mit Kreiselwirkung	181
9.6.7 Lavalwelle mit Gleitlagern	186
9.6.8 Unrunde Welle	195
9.6.9 Blockfundament	205
9.6.10 Lavalwelle mit Blockfundament	209
10 Strukturdynamik	212
10.1 Methode der finiten Elemente	212
10.1.1 Ein Beispiel	213
10.1.2 Allgemeine Strukturen	219
10.1.3 Stab	221
10.1.4 Balken	223
10.1.5 Weitere Elemente	226
10.1.6 Richtungstransformation	230
10.1.7 Kinematische Kopplung	230
10.1.8 Globalmatrizen	233
10.1.9 Schnittkräfte	233
10.2 Modale Berechnung	234
10.3 Dynamische Nachgiebigkeit	238
10.4 Bimodale Berechnung	244
10.5 Symmetrische Strukturen	247
10.6 Reduktion von Freiheitsgraden	250
10.6.1 Statische Reduktion	250
10.6.2 Verbesserte statische Reduktion	251
10.6.3 Dynamische Reduktion	252
10.6.4 Entwicklung nach Ansatzvektoren	252
10.7 Substrukturtechnik	253
10.8 Rayleigh-Quotient	255
10.9 Schwingungen von Turbogruppen	257
10.9.1 Rotor	257
10.9.2 Fundament	260
10.9.3 Rotor und Fundament	262
11 Eindimensionale Kontinua	266
11.1 Bewegungsgleichungen	266
11.2 Eigenschwingungen der Saite und des Stabes	269
11.3 Eigenschwingungen des Balkens	275
11.4 Orthogonalität der Eigenfunktionen	279
11.5 Erzwungene Schwingungen	283
11.5.1 Harmonische Randerregung	283
11.5.2 Beliebige Erregung	288
11.5.3 Dynamische Nachgiebigkeit von Balken	292
12 Zufallsschwingungen	296
12.1 Einleitung	296
12.2 Deterministische Schwingungen	296
12.3 Statistische Größen einer Zeitfunktion	297

12.4 Spezielle Verteilungen	301
12.4.1 Gauß-Verteilung	302
12.4.2 Rayleigh-Verteilung	304
12.4.3 Begrenzte Verteilungen	306
12.5 Zufallsprozeß	309
12.6 Spektrale Leistungsdichte	310
12.7 Autokorrelation	313
12.8 Zufallsschwingungen eines linear elastischen Systems	318
Anhang	323
A 1 Häufig gebrauchte Formeln	323
A 2 Fourier-Analysis	325
A 2.1 Fourier-Reihe	325
A 2.2 Komplexe Fourier-Reihe	326
A 2.3 Fourier-Integral, Fourier-Transformation	327
A 2.4 Diskrete Fourier-Reihe	330
A 2.5 Schnelle Fourier-Transformation	332
A 3 Hauptachsentransformation	332
A 4 Verschiebungseinflußzahlen	337
A 5 Koordinaten	344
A 6 Eigenschwingungen des Balkens	345
A 7 Umwandlung in die spezielle Eigenwertaufgabe	351
A 8 Das Programm MADYN	354
Literaturverzeichnis	356
Sachverzeichnis	359