

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
2 Bewegungsgleichungen mechanischer Systeme	9
2.1 Einfreiheitsgradsysteme	9
2.1.1 Der Einmassenschwinger	9
2.1.2 Mathematisches Pendel	10
2.1.3 Ein Reibschwinger: Dämpfung infolge Reibung	11
2.2 Mehrfreiheitsgradsysteme	12
2.2.1 Schwingerkette	12
2.2.2 Maschine auf Blockfundament mit Unwuchterregung	13
2.2.3 Rollendes Rad	18
2.2.4 Doppelpendel mit Belastung	21
2.2.5 Punktmasse auf rotierender Scheibe	24
2.3 Aufgaben	26
3 Freie Schwingungen linearer Einfreiheitsgradsysteme	31
3.1 Das Eigenwertproblem	31
3.2 Ungedämpfte Systeme	32
3.3 Überkritisch gedämpfte Systeme	34
3.4 Kritisch gedämpfte Systeme	35
3.5 Unterkritisch gedämpfte Systeme	35
3.6 Dimensionslose Darstellung	37
3.7 Bestimmung des Dämpfungsgrads, logarithmisches Dekrement	40
3.8 Aufgaben	42
4 Erzwungene Schwingungen linearer Einfreiheitsgradsysteme	45
4.1 Harmonische Erregung	45
4.1.1 Harmonische Kraftanregung	45
4.1.2 Leistung und Arbeit bei harmonischer Kraftanregung	53
4.1.3 Andere Arten harmonischer Erregung	58
4.1.4 Schwingungsisolierung	62
4.1.5 Mechanische Impedanz	65
4.1.6 Strukturdämpfung und andere Dämpfungsarten	72

4.2	Periodische Erregung	76
4.2.1	Behandlung im Zeitbereich	76
4.2.2	Behandlung im Frequenzbereich	79
4.3	Beliebige Erregung	84
4.3.1	Sprungantwort	84
4.3.2	Stoßantwort	86
4.3.3	DUHAMEL-Integral	89
4.3.4	Faltungsintegral	93
4.3.5	FOURIER-Transformation	96
4.4	Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich	105
4.5	Aufgaben	106
5	Freie Schwingungen linearer Mehrfreiheitsgradsysteme	109
5.1	Das Eigenwertproblem	109
5.1.1	Normierung der Eigenvektoren	111
5.1.2	Allgemeine Lösung	113
5.2	$M-K$-Systeme	115
5.2.1	Eigenschaften der Eigenwerte	115
5.2.2	Orthogonalitätsbeziehungen der Eigenvektoren	116
5.2.3	Modale Koordinaten	118
5.2.4	Allgemeine Lösung	119
5.2.5	Eigenformen und Eigenschwingungen	120
5.2.6	Energieintegral	121
5.2.7	Zusammenfassung	121
5.2.8	Der RAYLEIGHsche Quotient und der Satz von RAYLEIGH	125
5.2.9	Die Formeln von DUNKERLEY und SOUTHWELL	129
5.3	$M-D-K$-Systeme	133
5.3.1	Eigenschaften der Eigenwerte	133
5.3.2	Allgemeine Lösung, Eigenformen und Eigenschwingungen	134
5.3.3	Vollständige und durchdringende Dämpfung	135
5.3.4	Modale Dämpfung	137
5.3.5	Zusammenfassung	142
5.4	$M-G-K$-Systeme	142
5.4.1	Eigenschaften der Eigenwerte	143
5.4.2	Allgemeine Lösung, Eigenformen und Eigenschwingungen	144
5.4.3	Gyroskopische Stabilisierung	145
5.4.4	Gyroskopische Systeme mit Dämpfung	147
5.4.5	Energieintegral	148
5.4.6	Zusammenfassung	148

5.5	$M-K-N$-Systeme	149
5.5.1	Eigenschaften der Eigenwerte	149
5.5.2	Allgemeine Lösung, Eigenformen und Eigenbewegungen	151
5.5.3	Zusammenfassung	151
5.6	$M-G-K-N$-Systeme	155
5.6.1	Eigenschaften der Eigenwerte	156
5.6.2	Allgemeine Lösung, Eigenformen und Eigenbewegungen	157
5.6.3	Zusammenfassung	157
5.7	$M-D-K-N$-Systeme	157
5.7.1	Allgemeine Lösung, Eigenformen und Eigenbewegungen	160
5.7.2	Zusammenfassung	160
5.8	$M-D-G-K-N$-Systeme: Der allgemeine Fall	160
5.9	Systeme mit halben Freiheitsgraden	161
5.10	Aufgaben	163
6	Erzwungene Schwingungen linearer Mehrfreiheitsgradsysteme	165
6.1	Harmonische Erregung	165
6.1.1	Resonanz und Scheinresonanz	169
6.1.2	Tilgung	174
6.2	Periodische Erregung	179
6.3	Entkoppelbare Systeme	179
6.4	Beliebige Erregung	180
6.5	Theoretische Grundlagen der experimentellen Modalanalyse	182
6.6	Aufgaben	187
A	Grundlagen zur Kinematik	189
A.1	Vektoren	189
A.1.1	Darstellung von Vektoren	189
A.1.2	Vektorfunktionen	191
A.1.3	Differentiation von Vektorfunktionen	191
A.2	Dyadisches Produkt	192
A.3	Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung	193
A.4	Ortsvektor, Geschwindigkeit und Beschleunigung	195
A.5	Geschwindigkeit und Beschleunigung beim starren Körper	195
A.6	Zwangsbedingungen und verallgemeinerte Koordinaten	196
A.6.1	Holome Zwangsbedingungen	196
A.6.2	Verallgemeinerte Koordinaten und Geschwindigkeiten	197
A.6.3	Nichtholome Zwangsbedingungen	197
A.7	Virtuelle Geschwindigkeiten und Winkelgeschwindigkeiten	198

A.8 Skalarprodukt von Beschleunigung und virtueller Geschwindigkeit	201
B Aufstellen von Bewegungsgleichungen	203
B.1 NEWTON-EULERSche Gleichungen	203
B.1.1 Schwerpunktsatz	203
B.1.2 Impuls, Drall und Drallsatz	204
B.2 Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten	210
B.2.1 Zwangskräfte und Zwangsmomente	210
B.2.2 Formulierung der Bewegungsgleichungen	211
B.3 LAGRANGESche Gleichungen	214
B.4 Lineare Bewegungsgleichungen	219
B.4.1 Linearisierung	220
B.4.2 Direktes Aufstellen linearer Bewegungsgleichungen	222
B.4.3 Klassifizierung linearer Bewegungsgleichungen	230
Weiterführende und ergänzende Literatur	233
Index	235