

Inhaltsverzeichnis

EINFREIHEITSGRADSYSTEME	1
1 Einführung	3
2 Schwingungen	7
2.1 Darstellung von Bewegungen	7
2.2 Übersicht auf die Schwingungsarten	9
2.3 Periodische Schwingungen	10
2.4 Nichtperiodische Schwingungen	15
3 Modellbildung für Starrkörpersysteme	18
3.1 Rheologische Modelle	18
3.2 Einwirkungen	21
4 Aufstellen von Bewegungsgleichungen	23
4.1 Übersicht auf die verschiedenen Verfahren	24
4.2 Synthetisches Aufstellen der Bewegungsgleichungen	27
4.3 Analytisches Aufstellen der Bewegungsgleichungen	34
5 Gesamtlösung linearer Bewegungsgleichungen	46
5.1 Linearisieren von Bewegungsgleichungen	46
5.2 Dimensionslose Schreibweise	47
5.3 Superposition verschiedener Teillösungen	48
5.4 Gesamtlösung	49
5.5 Unterscheidung der Schwingungen nach ihrer Entstehung	50
6 Freie Schwingungen	52
7 Erzwungene Schwingungen – periodisch	54
7.1 Konstante Last	54
7.2 Periodische Last	55
7.3 Lösung im Frequenzbereich	59
7.4 Stationäre Lösungen	62
8 Erzwungene Schwingungen – unperiodisch	64
8.1 Stoßanregung	65
8.2 Anregung mit der Resonanzfrequenz	67
8.3 Anwendungsbeispiele für das Duhamel-Integral	68
MEHRFREIHEITSGRADSYSTEME	75
9 Matrizenschreibweise	77
9.1 Das D'Alembert'sche Prinzip	79
9.2 D'Alembert'sches Prinzip in der Lagrange'schen Fassung	80

10	Systematisches Aufstellen der Systemmatrizen	82
10.1	Krafteinflusszahlen	82
10.2	Verallgemeinerung der Krafteinflusszahlen	86
10.3	Verformungseinflusszahlen	87
10.4	Verallgemeinerung der Verformungseinflusszahlen	91
11	Bewegungsgleichungen für Stabtragwerke	92
11.1	Dehnstäbe	92
11.2	Biegestäbe	101
11.3	Torsionsstäbe	110
12	Freie Schwingungen ungedämpfter Systeme	113
12.1	Lösungsweg für die Berechnung der freien Schwingungen	113
12.2	Anpassen der Lösung an die Anfangsbedingungen	120
12.3	Konvergenz der Näherungslösung bei Stabtragwerken	123
13	Entkopplung der Bewegungsgleichungen	127
14	Erzwungene Schwingungen – ungedämpft	129
14.1	Statische Belastung	129
14.2	Periodische Anregung	131
14.3	Unperiodische Anregung	136
14.4	Anpassen der Gesamtlösung an die Anfangsbedingungen	137
	GEDÄMPFTE SYSTEME	139
15	Schwingungen in komplexer Darstellung	141
15.1	Harmonische Analyse periodischer Schwingungen	142
15.2	Fourier-Integral von unperiodischen Schwingungen	143
16	Modellierung kontinuierlicher Dämpfer	146
16.1	Rheologie der Dämpfungseigenschaften	146
16.2	Rayleigh-Dämpfung	149
16.3	Strukturdämpfung	151
16.4	Modal-Dämpfung	154
16.5	Caughey-Dämpfung	154
17	Freie gedämpfte Schwingungen	155
17.1	Die Eigenwerte	155
17.2	Die Eigenvektoren	158
17.3	Die vollständige Lösung	160
17.4	Anwendungen	161
18	Erzwungene Schwingungen in komplexer Schreibweise	168
18.1	Periodische Schwingungen	168
18.2	Unperiodische Schwingungen	172
19	Erzwungene Schwingungen von Systemen	174

19.1	Zeitkonstante Anregung	174
19.2	Periodische Anregung in reeller Schreibweise	177
19.3	Periodische Anregung in komplexer Schreibweise	181
20	Modal-Analyse bei Rayleigh-Dämpfung	184
20.1	Freie Schwingungen	185
20.2	Periodische Anregung in reeller Darstellung	186
20.3	Periodische Anregung in komplexer Darstellung	187
21	Modal-Analyse bei viskoser Dämpfung	188
21.1	Freie Schwingungen	188
21.2	Periodische Anregung in komplexer Darstellung	190
22	Reduktion der Zahl der Freiheitsgrade	192
22.1	Reduktion des Modal-Ansatzes	192
22.2	Restmode-Korrektur	194
22.3	Elimination von Freiheitsgraden	198
23	Modal-Synthese	201
23.1	Die Teilstruktur beim Weggrößenverfahren	202
23.2	Das Gesamtsystem beim Weggrößenverfahren	204
ANWENDUNGEN		207
24	Erdbebenanalyse von Tragwerken	209
24.1	Erdbebenwellen und Darstellung von Erdbeben	209
24.2	Berechnungsverfahren für Tragwerke	214
24.3	Das Antwortspektrenverfahren bei Mehrmassenschwinger	222
24.4	Sicherheitskonzepte	225
25	Analyse von Seilnetzen und Membranen	229
25.1	Einzelseile	229
25.2	Schwingungen von Seilnetzen	235
25.3	Schwingungen von Membranen	238
26	Einführung in die Aeroelastizität	245
26.1	Modellgleichungen und Kennwerte für das Strömungsfeld	246
26.2	Druckverteilung an Bauwerken aus Umströmung	249
26.3	Druckänderung aus Bewegung des Tragwerks	253
26.4	Bewegungsgleichungen des Tragwerks	255
26.5	Statische aeroelastische Phänomene	256
26.6	Dynamische aeroelastische Phänomene	260
26.7	Erzwungene Schwingungen	269
26.8	Zylindrische Bauteile im Strömungsfeld	269
26.9	Aufstellen und Lösung der Bewegungsgleichungen	274
26.10	Regen-Wind induzierte Schwingungen	279

27	Balkentragwerke unter wandernder Last	293
27.1	Modell für auf einem Balken gelagerte bewegte Massen	293
27.2	Modell für bewegte Massen auf Feder–Dämpfer–System	295
27.3	Modelle für das Schwingungsverhalten der Brücke	296
27.4	Lösungsverfahren	300
27.5	Schwingungsverhalten einer Zweifeld–Eisenbahnbrücke	300
27.6	Resonanznachweis nach DS 804	303
28	Rotierende Systeme	307
28.1	Ortsvektor zum nichtverformten Rotorblatt	307
28.2	Ortsvektor zum verformten Rotorblatt	310
28.3	Beschleunigungen im Inertialsystem	313
28.4	Virtuelle Arbeit der Massenträgheiten	315
28.5	Rotorblatt mit starrer Festhaltung	320
28.6	Virtuelle Arbeiten aus Eigengewicht	324
28.7	Virtuelle Arbeiten aus Elastizität des Rotorblattes	325
28.8	Virtuelle Gesamtarbeiten	327
28.9	Windkraftanlagen	328
NUMERISCHE VERFAHREN		333
29	Numerische Integration der Bewegungsgleichung	335
29.1	Analytische Lösung der Bewegungsgleichung	335
29.2	Näherung der Übertragungsmatrix für ein Zeitintervall	338
29.3	Qualität der Übertragungsmatrix	341
29.4	Genauigkeit der Approximation der Übertragungsmatrix	344
29.5	Anwendung der Sehnentrapezregel	352
29.6	Das Newmark–Verfahren	354
29.7	Generalized α –Verfahren	357
29.8	Hinweise zur Anwendung von Zeitintegrationsverfahren	360
30	Berechnung der Eigenwerte und Eigenvektoren	363
30.1	Der Rayleigh–Quotient	363
30.2	Berechnung des niedrigsten Eigenwertes	365
30.3	Berechnung höherer Eigenwerte	367
30.4	Simultane Berechnung mehrerer Eigenwerte	368
30.5	Auflösung benachbarter Gleichungssysteme	370
LITERATUR		371
STICHWORTVERZEICHNIS		375