

Inhalt

Vorwort	V
1 Die Bewegung des Massenpunktes	1
1.1 Die Bogenlänge	2
1.2 Geschwindigkeit und Beschleunigung	3
1.2.1 Kartesische Koordinaten	4
1.2.2 Natürliche Koordinaten (Begleitendes Dreibein)	4
1.2.3 Zylinderkoordinaten	6
1.2.4 Die Kreisbewegung	7
1.2.5 Die geradlinige Bewegung	8
1.2.6 Freiheitsgrade	12
2 Die Bewegung des starren Körpers	13
2.1 Ebene Bewegungen	15
2.1.1 Der Satz vom Momentanzentrum	16
2.2 Die Kinematik der Relativbewegung eines Punktes	19
2.3 Drehtransformationen	23
3 Grundlagen der Kinetik	27
3.1 Newtons Gesetze	27
3.2 Der Schwerpunktsatz	28
3.3 Der Drallsatz	29
3.3.1 Der Drallsatz für starre Körper bei reiner Drehung um einen raumfesten Punkt	31
3.3.2 Der Drallsatz bei einer allgemeinen Bewegung des starren Körpers	35
3.3.3 Der Drallsatz für die ebene Bewegung eines starren Körpers	35
3.3.4 Unwuchtwirkungen	38
3.3.5 Transformationsformeln für Massenmomente	40
3.3.6 Hauptachsentransformation	43
3.3.7 Beispiele zur Berechnung von Massenträgheitsmomenten	45
3.4 Der Impuls	48

4	Der Arbeits- und Energiebegriff	51
4.1	Die Arbeit einer Kraft	51
4.1.1	Die Arbeit eines Kräftepaars	52
4.1.2	Das Potenzial einer Kraft	52
4.1.3	Das Potenzial einer Gewichtskraft	53
4.1.4	Das Potenzial einer Federkraft	54
4.2	Die Kinetische Energie	55
4.2.1	Die Leistung einer Kraft.....	58
4.3	Der Arbeitssatz für starre Körper	59
4.4	Die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen.....	61
4.5	Das Prinzip der virtuellen Verrückung.....	64
4.6	Das d'Alembertsche Prinzip	68
5	Das Pendel	71
5.1	Das mathematische Pendel.....	71
5.2	Das mathematische Doppelpendel	77
5.3	Das physische Pendel.....	78
5.3.1	Die Schnittlasten in einem schwingenden Stab.....	82
5.4	Das physische Doppelpendel	84
6	Modellbildung	89
6.1	Grundmodelle.....	91
6.1.1	Die lineare Feder (Hooke-Modell).....	92
6.1.2	Der lineare Dämpfer (Newton-Modell).....	93
6.1.3	Das Trockenreibungselement (St.-Vénant-Modell)	93
6.1.4	Reihen- und Parallelschaltung von Federn.....	94
6.1.5	Reihenschaltung von Feder und Dämpfer (Maxwell-Modell)	95
6.1.6	Parallelschaltung von Feder und Dämpfer (Kelvin-Modell).....	100
6.1.7	Parallelschaltung von Feder und Maxwell-Modell (Standard-Modell)	103
6.1.8	Reihenschaltung von Feder und Trockenreibungselement (Prandtl-Modell).....	107
7	Schwingungen	109
7.1	Darstellung von Schwingungsvorgängen.....	111
7.2	Einteilung der Schwingungen	112
7.3	Harmonische Schwingungen.....	113
7.3.1	Überlagerung harmonischer Schwingungen	114
7.4	Die komplexe Zeigerdarstellung bei harmonischen Schwingungen	121

8	Freie Schwingungen mit einem Freiheitsgrad	125
8.1	Der ungedämpfte Einmassenschwinger.....	125
8.1.1	Berücksichtigung des Eigengewichts der Masse m.....	127
8.1.2	Kontinuierliche Systeme und ihre äquivalenten Einmassenschwinger	131
8.1.3	Angenäherte Berücksichtigung der Federmasse.....	134
8.1.4	Angenäherte Berücksichtigung der Masse eines Biegeträgers	135
8.1.5	Angenäherte Berücksichtigung der Masse eines Torsionsstabes.....	138
8.2	Der viskos gedämpfte Einmassenschwinger	139
9	Erzwungene Schwingungen für Systeme mit einem Freiheitsgrad	153
9.1	Erzwungene ungedämpfte Schwingungen.....	153
9.2	Die Vergrößerungsfunktion.....	156
9.3	Erzwungene gedämpfte Bewegungen	159
9.4	Die komplexe Zeigerdarstellung bei erzwungenen gedämpften Schwingungen	166
9.5	Näherungsweise Ermittlung des Dämpfungsgrades	172
10	Spezielle Systemerregungen	175
10.1	Randerregung einer Masse über Feder und Dämpfer	175
10.2	Fußpunktterregung	179
10.3	Bewegungsmessungen.....	183
10.4	Felderregung von Feder und Dämpfer durch eine Unwucht	188
10.5	Erregung durch eine Sprungfunktion	192
10.6	Erregung durch einen Rechteckstoß	196
10.7	Der ideale Rechteckstoß	199
10.8	Die Diracsche Delta-Funktion	200
10.9	Allgemeine Erregerfunktionen	202
10.10	Der Stoß	209
10.10.1	Der gerade zentrale Stoß	211
10.10.2	Der schiefe zentrale Stoß.....	213
10.10.3	Der exzentrische Stoß.....	214
10.10.4	Stoßbelastungen an Trägern	216
11	Erregung durch nichtharmonische periodische Kräfte	221
11.1	Fourierreihen	221
11.2	Nummerische Berechnung der Fourierkoeffizienten.....	234
11.3	Die Fouriertransformation	239
11.4	Die Laplacetransformation	252

12	Schwingungsisolierung von Gebäuden und Maschinen	257
12.1	Quellenisolierung	258
12.2	Empfängerisolierung	261
12.3	Isolierung von Stößen	263
13	Ungedämpfte Schwingungen für Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden	273
13.1	Freie ungedämpfte Schwingungen mit speziell zwei Freiheitsgraden	273
13.2	Freie ungedämpfte Schwingungen mit allgemein n Freiheitsgraden	286
13.2.1	Das allgemeine und das spezielle Matrizen-Eigenwertproblem.....	293
13.2.2	Entkopplung der Bewegungsgleichungen	297
13.3	Erzwungene ungedämpfte Bewegungen	311
13.3.1	Entwicklung der Lösung nach Eigenvektoren.....	311
13.3.2	Harmonische Belastungen.....	318
13.3.3	Periodische Belastungen	323
13.3.4	Anwendung der Modalanalyse.....	324
14	Gedämpfte Bewegungen	329
14.1	Freie gedämpfte Bewegungen	329
14.1.1	Transformation in ein System 1. Ordnung	335
14.1.2	Entkopplung der Bewegungsgleichungen	339
14.1.3	Näherungsweise Berücksichtigung der Dämpfung	350
14.2	Erzwungene gedämpfte Bewegungen	358
14.2.1	Transformation in ein System 1. Ordnung	362
14.2.2	Entkopplung der Bewegungsgleichungen	363
14.2.3	Periodische Erregerbelastungen	366
14.3	Schwingerketten.....	371
15	Schwingungsabsorption	377
15.1	Der Tilger	377
15.2	Der Schwingungsdämpfer	387
15.3	Der viskose Dämpfer.....	395
16	Fundamentalschwingungen	399
16.1	Die Bewegungsgleichungen	399
17	Näherungsverfahren für den Balken	417
17.1	Ein einfaches Diskretisierungsverfahren.....	417
17.2	Näherungsweise Berechnung der Eigenfrequenzen nach Rayleigh-Ritz	424
17.3	Näherungslösung mit dem d'Alembertschen Prinzip.....	427

Inhalt	XI
18 Nummerische Behandlung der Bewegungsgleichungen	433
18.1 Differenzenquotienten	436
18.2 Das Eulersche Polygonzugverfahren.....	438
18.3 Die Sehnen-Trapezregel (Verfahren von Heun).....	442
18.4 Das klassische Runge-Kutta-Verfahren.....	443
18.5 Das Verfahren der finiten Differenzen für Differenzialgleichungen 2. Ordnung...	446
18.6 Das Newmark-Verfahren	448
18.7 Das Verfahren von Adams-Bashforth	453
Literaturverzeichnis	457
Sachverzeichnis	467