

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 Kräftepaares | 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.-Venant-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 | Fußpunkterregung | 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 | Numerische 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 |

| | | |
|-----------------------------|---|------------|
| 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 |