

Manfred Knaebel | Helmut Jäger | Roland Mastel

# Technische Schwingungslehre

7., korrigierte und überarbeitete Auflage

Mit 247 Abbildungen, 72 Aufgaben  
und 40 Beispielen

STUDIUM



# Inhalt

<b>1 Grundsätzliches mit einführenden Beispielen</b> .....	1
1.1 Beispiele für Schwingungsvorgänge .....	1
1.2 Einteilung von Schwingungen und Grundbegriffe .....	2
1.3 Periodische Funktionen .....	5
<b>2 Harmonische Bewegung und Fourier-Analyse periodischer Schwingungen</b> .....	7
2.1 Darstellung und Eigenschaften harmonischer Schwingungen .....	7
2.2 Harmonische Analyse periodischer Schwingungen .....	13
2.3 Aufgaben .....	15
<b>3 Pendelschwingungen</b> .....	16
3.1 Das mathematische Pendel (Fadenpendel) .....	16
3.2 Das physikalische Pendel (Körperpendel) .....	18
3.3 Aufgaben .....	24
<b>4 Freie ungedämpfte Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad</b> .....	26
4.1 Längsschwingungen .....	26
4.1.1 Schwingungsdifferentialgleichung .....	26
4.1.2 Beispiele und Anwendungen .....	29
4.2 Biegeschwingungen von Balken mit Einzelmasse .....	44
4.3 Drehschwingungen .....	47
4.3.1 Torsionsstab mit Einzelmassen .....	48
4.3.2 Federgefesselter Drehschwinger .....	51
4.3.3 Drehschwinger mit Einfluss der Gewichtskraft .....	54
4.4 Zusammengesetzte Federn .....	58
4.5 Aufgaben .....	71
<b>5 Freie gedämpfte Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad</b> .....	84
5.1 Allgemeines zur Dämpfung .....	84
5.2 Geschwindigkeitsproportional gedämpfte Längsschwingungen .....	85
5.2.1 Schwache und starke Dämpfung .....	87
5.2.2 Sehr starke Dämpfung .....	92
5.2.3 Aperiodischer Grenzfall .....	94
5.2.4 Beispiele und Anwendungen .....	95
5.2.5 Aufhängung am Dämpfer – ein Sonderfall .....	98
5.3 Geschwindigkeitsproportional gedämpfte Drehschwingungen .....	100

5.4	Dämpfung durch trockene Reibung (Coulomb'sche Dämpfung) .....	103
5.5	Aufgaben .....	105
<b>6</b>	<b>Erzwungene Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad ohne Dämpfung</b> .....	<b>112</b>
6.1	Beliebiger Zeitverlauf der Erregung .....	112
6.2	Harmonische Erregung .....	114
6.3	Periodische Erregung .....	119
6.4	Schwingungserregung durch Unwucht .....	120
6.5	Kritische Drehzahl .....	125
6.6	Aufgaben .....	128
<b>7</b>	<b>Erzwungene Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad mit Dämpfung</b> .....	<b>136</b>
7.1	Harmonische Erregerkraft – Komplexer Frequenzgang .....	137
7.2	Frequenzgang bei harmonischem Erregermoment – Drehschwingungen .....	145
7.3	Harmonische Fußpunkterregung .....	150
7.4	Aufgaben .....	153
<b>8</b>	<b>Freie ungedämpfte Schwingungen von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden</b> .....	<b>158</b>
8.1	Schwingerkette mit zwei Freiheitsgraden .....	158
8.2	System mit endlich vielen Freiheitsgraden .....	162
8.3	Gekoppelte Drehschwingungen .....	165
8.4	Gekoppelte Hub- und Drehschwingungen eines starren Körpers ....	169
8.5	Biegeschwingungen von masselosen Balken mit Starrkörper am Ende bei Berücksichtigung des Massenträgheitsmoments .....	173
8.6	Aufgaben .....	177
<b>9</b>	<b>Erzwungene harmonische Schwingungen von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden</b> .....	<b>183</b>
9.1	Schwingerkette mit zwei Freiheitsgraden .....	183
9.1.1	Schwingerkette ohne Dämpfung .....	184
9.1.2	Schwingerkette mit Dämpfung .....	187
9.2	Schwingungssystem mit endlich vielen Freiheitsgraden – Frequenzgangmatrix .....	188
9.3	Aufgaben .....	192
<b>10</b>	<b>Schwingungen von Kontinua</b> .....	<b>198</b>
10.1	Saitenschwingung .....	198
10.1.1	Differentialgleichung des hängenden Seils bei statischer Last	199

---

10.1.2	Aufstellen der Differentialgleichung der schwingenden Saite	200
10.1.3	Lösung der Schwingungsdifferentialgleichung der Saite	201
10.2	Stablängsschwingungen	203
10.3	Balkenbiegeschwingungen	205
10.4	Torsionsschwingungen	209
10.5	Aufgaben	210
<b>Anhang</b>		<b>211</b>
A 1	Bücher und Normen	211
A 1.1	Weiterführende Bücher	211
A 1.2	Ausgewählte Normen	211
A 2	Lösungen der Aufgaben	212
A 3	Federsteifigkeiten	225
A 4	Näherungsweise Berücksichtigung der Federmasse bei Biegefedern	230
A 5	Formelzeichen	234
A 6	Sachverzeichnis	236