

**Helmut Jäger · Roland Mastel ·
Manfred Knaebel**

Technische Schwingungslehre

**Grundlagen - Modellbildung -
Anwendungen**

9., überarbeitete Auflage

Springer Vieweg

Inhalt

1 Grundsätzliches mit einführenden Beispielen	1
1.1 Beispiele für Schwingungsvorgänge	1
1.2 Einteilung von Schwingungen und Grundbegriffe	2
1.3 Periodische Funktionen	6
2 Harmonische Bewegung und Fourier-Analyse periodischer Schwingungen	7
2.1 Darstellung und Eigenschaften harmonischer Schwingungen	7
2.2 Harmonische Analyse periodischer Schwingungen	13
2.3 Aufgaben	15
3 Pendelschwingungen	17
3.1 Das mathematische Pendel (Fadenpendel)	17
3.2 Das physikalische Pendel (Körperpendel)	19
3.3 Aufgaben	26
4 Freie ungedämpfte Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad	29
4.1 Längsschwingungen	29
4.1.1 Schwingungsdifferentialgleichung	29
4.1.2 Beispiele und Anwendungen	32
4.2 Biegeschwingungen von Balken mit Einzelmasse	47
4.3 Drehschwingungen	50
4.3.1 Torsionsstab mit Einzelmassen	51
4.3.2 Federgeffeselter Drehschwinger	54
4.3.3 Drehschwinger mit Einfluss der Gewichtskraft	57
4.4 Zusammengesetzte Federn	61
4.5 Aufgaben	74
5 Freie gedämpfte Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad	87
5.1 Allgemeines zur Dämpfung	87
5.2 Geschwindigkeitsproportional gedämpfte Längsschwingungen	88
5.2.1 Schwache und starke Dämpfung	90
5.2.2 Sehr starke Dämpfung	95
5.2.3 Aperiodischer Grenzfall	97
5.2.4 Beispiele und Anwendungen	98
5.2.5 Aufhängung am Dämpfer – ein Sonderfall	101

5.3	Geschwindigkeitsproportional gedämpfte Drehschwingungen	103
5.4	Dämpfung durch trockene Reibung (Coulomb'sche Dämpfung)	106
5.5	Aufgaben	108
6	Erzwungene Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad ohne Dämpfung	115
6.1	Beliebiger Zeitverlauf der Erregung	115
6.2	Harmonische Erregung	117
6.3	Periodische Erregung	122
6.4	Schwingungserregung durch Unwucht	123
6.5	Kritische Drehzahl	128
6.6	Aufgaben	131
7	Erzwungene Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad mit Dämpfung	139
7.1	Harmonische Erregerkraft – Komplexer Frequenzgang	140
7.2	Frequenzgang bei harmonischem Erregermoment – Drehschwingungen	148
7.3	Harmonische Fußpunkterregung	153
7.4	Aufgaben	156
8	Freie ungedämpfte Schwingungen von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden	161
8.1	Schwingerkette mit zwei Freiheitsgraden	161
8.2	System mit endlich vielen Freiheitsgraden	165
8.3	Gekoppelte Drehschwingungen	168
8.4	Gekoppelte Hub- und Drehschwingungen eines starren Körpers	172
8.5	Biegeschwingungen von masselosen Balken mit Starrkörper am Ende bei Berücksichtigung des Massenträgheitsmoments	176
8.6	Aufgaben	180
9	Erzwungene harmonische Schwingungen von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden	187
9.1	Schwingerkette mit zwei Freiheitsgraden	187
9.1.1	Schwingerkette ohne Dämpfung	188
9.1.2	Schwingerkette mit Dämpfung	191
9.2	Schwingungssystem mit endlich vielen Freiheitsgraden – Frequenzgangmatrix	192
9.3	Aufgaben	196

Inhalt	IX
10 Schwingungen von Kontinua	203
10.1 Saitenschwingung	203
10.1.1 Differentialgleichung des hängenden Seils bei statischer Last	204
10.1.2 Aufstellen der Differentialgleichung der schwingenden Saite	205
10.1.3 Lösung der Schwingungsdifferentialgleichung der Saite	206
10.2 Stablängsschwingungen	208
10.3 Balkenbiegeschwingungen	210
10.4 Torsionsschwingungen	214
10.5 Aufgaben	215
Anhang	217
A 1 Bücher und Normen	217
A 1.1 Weiterführende Bücher	217
A 1.2 Ausgewählte Normen	217
A2 Lösungen der Aufgaben	218
A3 Federsteifigkeiten	231
A 4 Näherungsweise Berücksichtigung der Federmasse bei Biegefedern	236
A 5 Sachverzeichnis	240