

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe und Darstellungsmittel	1
1.1	Grundbegriffe	1
1.2	Das Ausschlag-Zeit-Diagramm (x,t -Diagramm)	2
1.3	Zeigerdiagramm und komplexe Darstellung	5
1.4	Phasenkurven und Phasenportrait	9
1.5	Übergangsfunktion, Frequenzgang und Ortskurve	13
1.6	Möglichkeiten einer Klassifikation von Schwingungen	17
	Literatur	19
2	Freie Schwingungen	21
2.1	Ungedämpfte freie Schwingungen	21
2.1.1	Verschiedene Arten von Schwingern und ihre Differentialgleichungen	21
2.1.2	Das Verhalten linearer Schwinger	32
2.1.3	Das Verhalten nichtlinearer Schwinger	39
2.2	Gedämpfte freie Schwingungen	57
2.2.1	Berücksichtigung dämpfender Einflüsse	57
2.2.2	Lineare Schwinger	59
2.2.3	Nichtlineare Schwinger	70
2.3	Aufgaben mit Lösungen	79
	Literatur	82
3	Selbsterregte Schwingungen	83
3.1	Aufbau und Wirkungsweise selbsterregungsfähiger Systeme	83
3.1.1	Schwinger- und Speicher-Typ	83
3.1.2	Energiehaushalt und Phasenportrait	86
3.2	Berechnungsverfahren	90
3.2.1	Allgemeine Verfahren	90
3.2.2	Berechnung mit linearisierten Ausgangsgleichungen	92
3.2.3	Das Verfahren von Ritz und Galerkin	95
3.2.4	Die Methode der langsam veränderlichen Amplitude	97

3.3	Beispiele von Schwingern mit Selbsterregung	100
3.3.1	Das Uhrenpendel	100
3.3.2	Der Röhrengenerator	105
3.3.3	Reibungsschwingungen	107
3.4	Kippschwingungen	112
3.4.1	Beispiele von Kippschwing-Systemen	112
3.4.2	Schwingungen in einem Relaisregelkreis	115
3.5	Aufgaben mit Lösungen	119
	Literatur	121
4	Parametererregte Schwingungen	123
4.1	Beispiele von Schwingern mit Parametererregung	124
4.1.1	Das Schwerependel mit periodisch bewegtem Aufhängepunkt	124
4.1.2	Schwingungen in Antrieben	124
4.1.3	Der elektrische Schwingkreis mit periodischen Parametern	126
4.1.4	Nachbarbewegungen stationärer Schwingungen	126
4.1.5	Das ebene Fadenpendel mit veränderlicher Pendellänge	127
4.2	Berechnung eines Schaukelschwingers	127
4.2.1	Das Anwachsen der Amplituden	128
4.2.2	Der Einfluss von Dämpfung und Reibung	131
4.3	Parametererregte Schwingungen in linearen Systemen	133
4.3.1	Allgemeine mathematische Zusammenhänge	133
4.3.2	Mathieusche Differentialgleichung	135
4.3.3	Methoden zur näherungsweisen Berechnung	140
4.4	Der Schaukelschwinger mit Parametererregung	140
4.5	Aufgaben mit Lösungen	142
	Literatur	143
5	Erzwungene Schwingungen	145
5.1	Die Reaktion linearer Systeme auf nichtperiodische äußere Erregungen	146
5.1.1	Übergangsfunktionen bei Erregung durch eine Sprungfunktion	146
5.1.2	Übergangsfunktionen bei Erregung durch eine Stoßfunktion	150
5.1.3	Allgemeine Erregerfunktionen	152
5.2	Periodische Erregungen in linearen Systemen	155
5.2.1	Harmonische Erregerfunktionen	155
5.2.2	Lösung mit Hilfe der Fourier-Zerlegung	172
5.2.3	Das Anstückelverfahren	174
5.3	Anwendungen der Resonanztheorie	177
5.3.1	Schwingungsmessgeräte	177
5.3.2	Schwingungsisolierung von Maschinen und Geräten	182
5.4	Erzwungene Schwingungen von nichtlinearen Schwingern	186
5.4.1	Problemstellung und Lösungsmöglichkeiten	187
5.4.2	Schwinger mit unstetiger Rückführfunktion	189

5.4.3	Harmonische Erregung von gedämpften nichtlinearen Schwingern	196
5.4.4	Oberschwingungen, Kombinationsfrequenzen und Unterschwingungen	203
5.4.5	Gleichrichterwirkungen	205
5.4.6	Erzwungene Schwingungen in selbsterregungsfähigen Systemen .	206
5.5	Aufgaben mit Lösungen	210
	Literatur	213
6	Koppelschwingungen	215
6.1	Schwinger mit zwei Freiheitsgraden	215
6.1.1	Freie Schwingungen eines ungedämpften linearen Koppelschwingers	216
6.1.2	Eigenschwingungen und Hauptkoordinaten	219
6.1.3	Eigenfrequenzen als Extremwerte eines Energieausdruckes	222
6.1.4	Das Schwebpendel mit elastischem Faden	224
6.1.5	Das Körperpendel mit drehbarer Platte	226
6.1.6	Erzwungene Schwingungen eines linearen Koppelschwingers . .	228
6.2	Lineare Schwingungssysteme mit endlich vielen Freiheitsgraden	232
6.2.1	Freie ungedämpfte Schwingungen	232
6.2.2	Eigenschwingungen und Hauptkoordinaten	236
6.2.3	Schwingerketten	239
6.2.4	Freie gedämpfte Schwingungen	244
6.2.5	Erzwungene Schwingungen	247
6.2.6	Allgemeine Schwingungssysteme	250
6.3	Verfahren zur Schwingungsanalyse am Beispiel einer Drehschwingerkette	252
6.3.1	Restgrößenverfahren	255
6.3.2	Übertragungsmatrizen-Verfahren	258
6.3.3	Methode der finiten Elemente	261
6.4	Aufgaben mit Lösungen	264
	Literatur	267
7	Kontinuumsschwingungen	269
7.1	Saite, Dehn- und Torsionsstab	269
7.1.1	Bewegungsgleichungen für freie, ungedämpfte Schwingungen . .	269
7.1.2	Lösung der Wellengleichung	273
7.2	Balken	277
7.2.1	Bewegungsgleichung für freie, ungedämpfte Balkenschwingungen	277
7.2.2	Lösung der Differentialgleichung für Balkenschwingungen	279
7.2.3	Beispiele für allgemeinere Balkenprobleme	283

7.3	Erweiterungen auf gedämpfte und erzwungene Schwingungen	287
7.3.1	Freie gedämpfte Schwingungen	290
7.3.2	Erzwungene Schwingungen	292
7.4	Näherungsverfahren	294
7.4.1	Diskretisierungsverfahren	295
7.4.2	Schrankenverfahren	301
7.5	Aufgaben mit Lösungen	306
	Literatur	308
8	Chaotische Bewegungen	311
8.1	Zeitdiskrete Systeme	312
8.1.1	Die logistische Abbildung	312
8.1.2	Konzept und Anwendung der Poincaré-Abbildung	318
8.2	Zeitkontinuierliche Systeme	322
8.2.1	Konservative Systeme	323
8.2.2	Homokline Punkte und die Methode von Melnikov	325
8.2.3	Dissipative Systeme und Attraktoren	327
8.2.4	Merkmale regulärer und chaotischer Bewegungen	328
8.3	Beispiele	333
8.3.1	Der Reibungsschwinger mit Fremderregung	334
8.3.2	Der Duffing-Schwinger	342
	Literatur	344
	Sachverzeichnis	347