

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundbegriffe und Darstellungsmittel</b>	<b>1</b>
1.1	Grundbegriffe.....	1
1.2	Das Ausschlag-Zeit-Diagramm ( $x,t$ -Diagramm).....	2
1.3	Zeigerdiagramm und komplexe Darstellung.....	4
1.4	Phasenkurven und Phasenportrait.....	8
1.5	Übergangsfunktion, Frequenzgang und Ortskurve.....	12
1.6	Möglichkeiten einer Klassifikation von Schwingungen.....	15
<b>2</b>	<b>Freie Schwingungen</b>	<b>18</b>
2.1	Ungedämpfte freie Schwingungen.....	18
2.1.1	Verschiedene Arten von Schwingern und ihre Differentialgleichungen.....	18
2.1.2	Das Verhalten linearer Schwinger.....	27
2.1.3	Das Verhalten nichtlinearer Schwinger.....	34
2.2	Gedämpfte freie Schwingungen.....	50
2.2.1	Berücksichtigung dämpfender Einflüsse.....	50
2.2.2	Lineare Schwinger.....	51
2.2.3	Nichtlineare Schwinger.....	61
2.3	Aufgaben.....	69
<b>3</b>	<b>Selbsterregte Schwingungen</b>	<b>71</b>
3.1	Aufbau und Wirkungsweise selbsterregungsfähiger Systeme.....	71
3.1.1	Schwinger- und Speicher-Typ.....	71
3.1.2	Energiehaushalt und Phasenportrait.....	73
3.2	Berechnungsverfahren.....	76
3.2.1	Allgemeine Verfahren.....	77
3.2.2	Berechnung mit linearisierten Ausgangsgleichungen.....	78
3.2.3	Das Verfahren von Ritz und Galerkin.....	81
3.2.4	Die Methode der langsam veränderlichen Amplitude.....	83
3.3	Beispiele von Schwingern mit Selbsterregung.....	84
3.3.1	Das Uhrenpendel.....	84
3.3.2	Der Röhren-Generator.....	89
3.3.3	Reibungsschwingungen.....	91
3.4	Kippschwingungen.....	95
3.4.1	Beispiele von Kippschwing-Systemen.....	95
3.4.2	Schwingungen in einem Relaisregelkreis.....	98
3.5	Aufgaben.....	101
<b>4</b>	<b>Parametererregte Schwingungen</b>	<b>103</b>
4.1	Beispiele von Schwingern mit Parametererregung.....	103
4.1.1	Das Schwerependel mit periodisch bewegtem Aufhängepunkt.....	103
4.1.2	Schwingungen in Antrieben.....	104
4.1.3	Der elektrische Schwingkreis mit periodischen Parametern.....	105
4.1.4	Nachbarbewegungen stationärer Schwingungen.....	105
4.1.5	Das ebene Fadenpendel mit veränderlicher Pendellänge.....	106
4.2	Berechnung eines Schaukelschwingers.....	106

4.2.1	Das Anwachsen der Amplituden .....	107
4.2.2	Der Einfluss von Dämpfung und Reibung.....	109
4.3	Parametererregte Schwingungen in linearen Systemen .....	111
4.3.1	Allgemeine mathematische Zusammenhänge.....	111
4.3.2	Mathieuschen Differentialgleichung.....	113
4.3.3	Methoden zur näherungsweise Berechnung.....	117
4.4	Der Schaukelschwinger mit Parametererregung .....	117
4.5	Aufgaben.....	119
<b>5</b>	<b>Erzwungene Schwingungen</b> .....	<b>120</b>
5.1	Die Reaktion linearer Systeme auf nichtperiodische äußere Erregungen .....	121
5.1.1	Übergangsfunktionen bei Erregung durch eine Sprungfunktion.....	121
5.1.2	Übergangsfunktionen bei Erregung durch eine Stoßfunktion.....	123
5.1.3	Allgemeine Erregerfunktionen.....	124
5.2	Periodische Erregungen in linearen Systemen .....	126
5.2.1	Harmonische Erregerfunktionen .....	126
5.2.2	Lösung mit Hilfe der Fourier-Zerlegung .....	142
5.2.3	Das Anstückelverfahren.....	143
5.3	Anwendungen der Resonanztheorie.....	146
5.3.1	Schwingungsmessgeräte .....	146
5.3.2	Schwingungsisolierung von Maschinen und Geräten .....	149
5.4	Erzwungene Schwingungen von nichtlinearen Schwingern .....	154
5.4.1	Problemstellung und Lösungsmöglichkeiten .....	154
5.4.2	Schwinger mit unstetiger Rückführfunktion .....	156
5.4.3	Harmonische Erregung von gedämpften nichtlinearen Schwingern.....	161
5.4.4	Oberschwingungen, Kombinationsfrequenzen und Unterschwingungen .....	168
5.4.5	Gleichrichterwirkungen .....	170
5.4.6	Erzwungene Schwingungen in selbsterregungsfähigen Systemen.....	171
5.5	Aufgaben.....	174
<b>6</b>	<b>Koppelschwingungen</b> .....	<b>176</b>
6.1	Schwinger mit zwei Freiheitsgraden .....	176
6.1.1	Freie Schwingungen eines ungedämpften linearen Koppelschwingers .....	177
6.1.2	Eigenschwingungen und Hauptkoordinaten .....	179
6.1.3	Eigenfrequenzen als Extremwerte eines Energieausdruckes .....	182
6.1.4	Das Schwerkpendel mit elastischem Faden .....	183
6.1.5	Das Körperpendel mit drehbarer Platte.....	186
6.1.6	Erzwungene Schwingungen eines linearen Koppelschwingers .....	188
6.2	Lineare Schwingungssysteme mit endlich vielen Freiheitsgraden.....	190
6.2.1	Freie ungedämpfte Schwingungen.....	190
6.2.2	Eigenschwingungen und Hauptkoordinaten .....	193
6.2.3	Schwingerketten .....	196
6.2.4	Freie gedämpfte Schwingungen.....	200
6.2.5	Erzwungene Schwingungen.....	202
6.2.6	Allgemeine Schwingungssysteme .....	205
6.3	Verfahren zur Schwingungsanalyse am Beispiel einer Drehschwingerkette .....	206
6.3.1	Restgrößenverfahren.....	209
6.3.2	Übertragungsmatrizen-Verfahren .....	211
6.3.3	Methode der finiten Elemente.....	214
6.4	Aufgaben.....	216

<b>7</b>	<b>Kontinuumschwingungen</b>	<b>219</b>
7.1	Saite, Dehn- und Torsionsstab	219
7.1.1	Bewegungsgleichungen für freie, ungedämpfte Schwingungen	219
7.1.2	Lösung der Wellengleichung	222
7.2	Balken	226
7.2.1	Bewegungsgleichung für freie, ungedämpfte Balkenschwingungen	226
7.2.2	Lösung der Differentialgleichung für Balkenschwingungen	227
7.2.3	Beispiele für allgemeinere Balkenprobleme	230
7.3	Erweiterungen auf gedämpfte und erzwungene Schwingungen	234
7.3.1	Freie gedämpfte Schwingungen	236
7.3.2	Erzwungene Schwingungen	237
7.4	Näherungsverfahren	240
7.4.1	Diskretisierungsverfahren	240
7.4.2	Schrankenverfahren	245
7.5	Aufgaben	250
<b>8</b>	<b>Chaotische Bewegungen</b>	<b>252</b>
8.1	Zeitdiskrete Systeme	252
8.1.1	Die logistische Abbildung	252
8.1.2	Konzept und Anwendung der Poincare-Abbildung	258
8.2	Zeitkontinuierliche Systeme	261
8.2.1	Konservative Systeme	262
8.2.2	Homokline Punkte und die Methode von Melnikov	264
8.2.3	Dissipative Systeme und Attraktoren	266
8.2.4	Merkmale regulärer und chaotischer Bewegungen	267
8.3	Beispiele	271
8.3.1	Der Reibungsschwinger mit Fremderregung	272
8.3.2	Der Duffing-Schwinger	279
	<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<b>282</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>289</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>294</b>