

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Schwingungstechnische Grundbegriffe	3
2.1	Definition der Schwingung	3
2.2	Schwingungstechnische Ersatzbilder und Freiheitsgrade	5
3	Amplituden-Zeit-Diagramm	7
3.1	Grundformel	7
3.2	Translationsschwingung	9
3.3	Vektorbild der Schwingung	12
3.4	Realteil, Imaginärteil	14
4	Ungedämpfte freie lineare Schwingungen	15
4.1	Addition gleichfrequenter Schwingungen	15
4.2	Addition nicht gleichfrequenter Schwingungen (Schwebung)	17
5	Schwingungen in der Ebene (Lissajous)	21
	Konstruktion von Lissajous-Figuren	23
	Zusammenfassung	24
6	Harmonische Synthese	25
7	Harmonische Analyse	27
7.1	Fourierreihen	27
7.2	Harmonische Analyse in der Maschinendynamik	31
8	Schwinger mit einem Freiheitsgrad	38
8.1	Längsschwinger	38
8.2	Drehschwinger	41
9	Pendelschwingungen	43
9.1	Mathematisches Pendel	43
9.2	Parametrische Anregung	44
9.3	Physisches Pendel	45
	Reduzierte Länge	46
9.4	Manometerschwingungen	48
10	Anteil der Federmasse	50

11 Phasendiagramm	53
11.1 Phasenebene	53
11.2 Starke Dämpfung	56
11.3 Nicht lineare Schwinger	57
11.4 Pendel im Schwerfeld	58
11.5 Zusammenfassung	61
11.6 Schwingungen, Spiralen	62
11.7 Fraktale	66
12 Attraktor, Grenzykel	69
13 Federn mit rechtwinkliger Belastung	71
14 Betriebsdrehzahl und Resonanz	73
15 Energie und Lagrange	75
15.1 Energiediagramm	75
15.2 Lagrange'sche Gleichungen zweiter Art	76
16 Zusammenschalten von Federn, Rahmen	84
16.1 Parallelschaltung	84
16.2 Hintereinanderschaltung	85
16.3 Rahmen	85
17 Mehrfach besetzte Wellen	87
17.1 n -fach besetzte Wellen	87
18 Biegekritische Drehzahl einer Welle mit Einzelmasse	89
19 Superposition	91
20 Energiemethode von Rayleigh	92
21 Sätze von Maxwell, Betti, Dunkerley	94
21.1 Einflußzahlen α , Formänderungsarbeit	94
Welle mit n -Massen (Lösung nach Dunkerley)	99
21.2 Welle mit n Massen (Lösung mit Hilfe der Einflußzahlen)	100
22 Federgefesselter Drehschwinger	101
22.1 Einfluß des Massenträgheitsmomentes	101
Trägheitsradius	103
reduzierte Masse	103
Drehfederkonstante c_{Dreh}	103
22.2 Einfluß der Gewichtskraft	103
22.3 Einfluß der Dämpfung	105

22.4	Einfluß von Zusatzmassen	106
23	Torsionsschwingungen	107
23.1	Zwei-Massenschwinger	107
	a) mit konstantem Wellendurchmesser	107
	b) mit eingeleitetem Moment	109
23.2	Zwei-Massenschwinger	112
	mit abgesetztem Wellendurchmesser	112
23.3	Getriebeschwingungen, Ersatzsystem	113
23.4	Mehrmassenschwinger	118
	3-Massensystem	118
	n -Massensystem	120
24	Freie gedämpfte Schwingung	122
24.1	DGL der freien gedämpften Schwingung	123
24.2	Charakteristische Gleichung	124
24.3	Periodischer Fall	127
24.4a	Logarithmisches Dekrement	129
24.4b	Extreme und Berührungspunkte	131
24.5	Aperiodischer Grenzfall	132
24.6	Aperiodischer Fall	134
25	Erzwungene Schwingung	136
25.1	Erzwungene gedämpfte Schwingung	136
25.2	Federkrafteerregung	136
	Phasenfrequenzgang	139
	Vergrößerungsfunktion V_1	140
	Zusammenhang V_1 , λ , \hat{r} und φ	144
25.3	Massenkrafteerregung	145
	Zusammenfassung V_1 und V_3	147
25.4	Durchlässigkeit, Schwingungsleitfähigkeit	149
25.5	Isolierfaktor	156
25.6	Fallbeispiele der Anregung	157
25.7	Zusammenstellung V_1 , $V_2 = V_D$, V_3 , V_4	160
	V_1	160
	$V_2 = V_D$	162
	V_3	166
	V_4	168
	Werkzeugmaschinen	170
26	Analogie von Mohr	171
	Biegeschwingungen von mehrfach besetzten und mehrfach abgesetzten Wellen	171

27	Auswuchttechnik	174
27.1	Unwucht	174
27.2	Unwuchtmasse, Unwucht, Auswuchtgüte	175
27.3	Allgemeine dynamische Unwucht	176
27.4	Statische Unwucht	177
27.5	Momentenunwucht	178
27.6	Unwuchtkreuz	178
27.7	Unwuchterresultierende	180
	Unwuchtmoment, Unwuchtdynamik	180
27.8	Auswuchtmaschine	183
28	Koppelschwingungen	185
28.1	Erhöhung der Freiheitsgrade (Translation)	185
	n Massen	188
28.2	Tilgung	192
28.3	Translation und Rotation	196
29	Dämpfung durch trockene Reibung	200
	Coulomb'sche Reibung	200
30	Sonderthemen	205
30.1	Wirbelbildung an Bauteilen	205
30.1.1	Strouhalzahl	206
30.1.2	Grenzschicht	207
30.1.3	Ablösung	210
30.1.4	Wirbelbildung	211
30.1.5	Kármánsche Wirbelstraße	211
30.1.6	Tragflügel und Selbsterregung	212
30.2	Meßtechnik	213
	DMS = Dehnungsmeßstreifen	213
	Induktive Geber	218
30.3	Ordnung und Chaos	220
30.4	Frequenzen und Wellen	227
30.5	Erdbeben und Schwingungen	229
31	Literaturhinweise	240
32	Zeichenkatalog	242
33	Formelsammlung	247
	Flächenträgheitsmomente (axial)	273
	Massenträgheitsmomente	274
	Verformung von Biegeträgern (Tabelle)	275

34 Anhang (Beispiele)	276
Aufgaben	276
Lösungen	302
35 Hilfe ☉	364
36 Sachwortverzeichnis	374