

# Inhalt

	<b>Vorwort</b> .....	V
	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	VII
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Schwingungsgrundlagen</b> .....	3
2.1	Der Schwingungsbegriff .....	3
2.2	Übersicht .....	3
2.3	Modellbildung .....	7
2.3.1	Modellaufbau .....	7
2.3.2	Elemente diskreter Rechenmodelle .....	11
2.3.2.1	Massen .....	11
2.3.2.2	Federn .....	12
2.3.2.3	Dämpfer .....	15
2.4	Lineare Schwingungen mit einem Freiheitsgrad .....	16
2.4.1	Schwingungsdarstellung .....	16
2.4.2	Freie ungedämpfte Schwingungen .....	17
2.4.2.1	Aufstellen der Bewegungsdifferentialgleichung .....	17
2.4.2.2	Lösung der Differentialgleichung .....	18
2.4.2.3	Energiebetrachtungen .....	23
2.4.2.4	Translationsschwingungen .....	25
2.4.2.5	Biegeschwingungen .....	29
2.4.2.6	Torsionsschwingungen .....	34
2.4.2.7	Pendelschwingungen .....	37
2.4.3	Freie gedämpfte Schwingungen .....	43
2.4.3.1	Problembeschreibung .....	43
2.4.3.2	Dämpfungsarten .....	44
2.4.3.3	Freie Schwingung des linear gedämpften Schwingers .....	49
2.4.4	Erzwungene Schwingungen .....	56
2.4.4.1	Erregerkennwerte bei periodischer Erregung .....	56
2.4.4.2	Harmonische Analyse periodischer Schwingungen .....	57
2.4.4.3	Wegerregung/ Federkrafterregung .....	61
2.4.4.4	Dämpferfußpunkterregung .....	67
2.4.4.5	Stützererregung .....	68
2.4.4.6	Massenkrafterregung .....	69
2.4.4.7	Zusammenstellung wichtiger Gleichungen .....	76
2.4.4.8	Erzwungene Schwingungen bei nichtharmonischer Erregung .....	78
2.4.5	Übungsaufgaben zum Abschnitt 2.4 .....	81
2.5	Lineare Schwinger mit mehreren Freiheitsgraden .....	83
2.5.1	Grundlagen .....	83
2.5.2	Federkopplung .....	84
2.5.3	Massekopplung .....	93

2.6	Kontinuumsschwingungen .....	97
2.6.1	Problembeschreibung .....	97
2.6.2	Ungedämpfte Eigenschwingungen .....	98
2.6.2.1	Biegeschwingungen .....	98
2.6.2.2	Torsionsschwingungen .....	103
2.6.2.3	Berechnung nach der Finite-Elemente-Methode .....	107
2.6.3	Übungsaufgaben zum Abschnitt 2.6 .....	113
<b>3</b>	<b>Maschinenaufstellung .....</b>	<b>114</b>
3.1	Allgemeine Problemstellung .....	114
3.2	Untersuchung des Einmassenschwingers .....	118
3.2.1	Aktive Schwingungsisolierung .....	118
3.2.2	Passive Schwingungsisolierung .....	126
3.2.3	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	130
3.3	Fundament unter Stoßbelastung .....	132
3.3.1	Die Aufstellung eines Schmiedehammers .....	132
3.3.2	Dynamische Berechnung .....	133
3.4	Schwingungstilgung .....	139
3.4.1	Ungedämpfter Schwingungstilger .....	139
3.4.2	Schwingungstilger mit Dämpfung .....	144
3.5	Übungsaufgaben zum Kapitel 3 .....	148
<b>4</b>	<b>Maschinendynamik rotierender Antriebselemente .....</b>	<b>152</b>
4.1	Problembeschreibung .....	152
4.2	Biegekritische Drehzahlen .....	153
4.2.1	Begriff und Bedeutung .....	153
4.2.2	Das Verhalten eines Einscheiben-Rotors bei kritischer Drehzahl .....	155
4.2.2.1	Der ungedämpfte LAVAL-Läufer .....	155
4.2.2.2	Dämpfungseinfluss auf das Drehzahlverhalten .....	161
4.2.2.3	Die Kreiselwirkung .....	163
4.2.2.4	Präzessionsbewegung im Gleichlauf und Gegenlauf .....	167
4.2.3	Biegekritische Drehzahlen des allgemeinen Rotors .....	169
4.2.3.1	Berechnung mit den MAXWELLSchen Einflusszahlen .....	169
4.2.3.2	Näherungsverfahren von DUNKERLEY und RAYLEIGH .....	176
4.2.3.3	Iterationsverfahren nach STODOLA .....	182
4.2.4	Sekundäre Einflüsse auf die kritische Drehzahl .....	184
4.2.4.1	Allgemeines .....	184
4.2.4.2	Einfluss der federnden Lagerung .....	185
4.2.4.3	Einfluss des Ölfilms bei Gleitlagerung .....	187
4.2.4.4	Einfluss unrunder Wellenquerschnitte .....	188
4.2.5	Zusammenfassung .....	190
4.2.6	Übungsaufgaben zum Abschnitt 4.2 .....	192
4.3	Torsionsschwingungen von Wellensträngen .....	194
4.3.1	Einführung .....	194
4.3.2	Ungefesselte Schwingungssysteme .....	195
4.3.2.1	Zweimassenschwinger .....	195
4.3.2.2	Ermittlung von Ersatzsystemen .....	201
4.3.2.3	Mehrmassenschwinger .....	209
4.3.3	Gefesselte Schwingungssysteme .....	223
4.3.4	Übungsaufgaben zum Abschnitt 4.3 .....	229
4.4.	Ermittlung des periodischen Erregerspektrums .....	231

4.4.1	Schwingungserregung bei der Axial-Strömungsmaschine .....	231
4.4.2	Schwingungserregung beim Hubkolbenmotor .....	246
4.5	Abschätzung der Spannungsamplituden bei Resonanz .....	249
4.6	Konstruktive Möglichkeiten zur Vermeidung gefährlicher Schaufelschwingungen .....	259
<b>5</b>	<b>Maschinendynamik bei freien Massenkräften .....</b>	<b>268</b>
5.1	Allgemeine Problemstellung .....	268
5.2	Auswuchttechnik .....	268
5.2.1	Grundlagen .....	268
5.2.2	Die Unwucht am starren Rotor .....	272
5.2.3	Die zulässige Restunwucht .....	273
5.2.4	Unwuchtarten .....	276
5.2.5	Darstellung des Unwuchtzustandes .....	280
5.2.6	Der Unwuchtausgleich .....	281
5.2.6.1	Wuchtverfahren .....	281
5.2.6.2	Statisches Auswuchten .....	282
5.2.6.3	Dynamisches Auswuchten .....	286
5.2.7	Auswuchten nachgiebiger Rotoren .....	288
5.2.7.1	Allgemeines .....	288
5.2.7.2	Wellenelastische Rotoren .....	289
5.2.7.3	Körperelastische Rotoren .....	295
5.2.7.4	Plastische Rotoren .....	295
5.2.8	Auswuchtmaschinen .....	295
5.2.9	Übungsaufgaben zum Abschnitt 5.2 .....	300
5.3	Der Massenausgleich .....	301
5.3.1	Problembeschreibung .....	301
5.3.2	Der Massenausgleich des Schubkurbelgetriebes .....	304
5.3.2.1	Kinematik des Schubkurbeltriebes .....	304
5.3.2.2	Kräftesystem des Schubkurbeltriebes .....	309
5.3.2.3	Berechnung der Massenkräfte und Massenmomente .....	312
5.3.2.4	Massenausgleich der Einzylindermaschine .....	317
5.3.2.5	Massenausgleich bei Mehrzylindermaschinen .....	322
5.3.2.6	Hinweis auf das Massenumlaufmoment .....	333
5.3.3	Übungsaufgaben zum Abschnitt 5.3 .....	340
	Lösungen der Übungsaufgaben .....	341
	Formelzeichen .....	360
	Literatur .....	365
	Sachwortregister .....	370
	Namenregister .....	377