

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung	1
1.2	Modellbildung	2
1.3	Grundbegriffe	3
1.3.1	Masse	3
1.3.2	Schnittprinzip, Kraft	4
1.3.3	Bindungen	5
1.3.4	Virtuelle Verschiebungen	9
1.4	Kinematik	10
1.4.1	Koordinatensysteme und Koordinaten	10
1.4.2	Koordinatentransformationen	14
1.4.3	Relativkinematik	15
1.5	Impuls- und Drallsatz	21
1.5.1	Allgemeine Axiome	21
1.5.2	Impulssatz	23
1.5.3	Drallsatz	24
1.6	Energiesatz	25
1.7	Prinzipien von d'Alembert und Jourdain	27
1.7.1	Prinzip von d'Alembert	27
1.7.2	Prinzip von Jourdain	31
1.8	Newton-Euler Gleichungen für Systeme mit Bindungen	32
1.8.1	Starrer Einzelkörper	32
1.8.2	System aus mehreren starren Einzelkörpern	34
1.8.3	Anmerkungen	35
1.9	Lagrange'sche Bewegungsgleichungen	38
1.9.1	Lagrange'sche Bewegungsgleichungen erster Art	38
1.9.2	Lagrange'sche Bewegungsgleichungen zweiter Art	42
1.10	Gleichungen von Hamilton	53
1.10.1	Prinzip von Hamilton	53
1.10.2	Kanonische Gleichungen von Hamilton	55
1.11	Praktische Aspekte	56

<b>2</b>	<b>Lineare diskrete Modelle</b> .....	67
2.1	Linearisierung .....	67
2.2	Einteilung linearer Systeme .....	69
2.3	Lösungsverfahren .....	75
2.3.1	Lineare Systeme zweiter Ordnung .....	75
2.3.2	Lineare Systeme erster Ordnung .....	81
2.4	Stabilität linearer Systeme .....	97
2.4.1	Kriterien basierend auf dem charakteristischen Polynom ...	97
2.4.2	Stabilität mechanischer Systeme .....	100
<b>3</b>	<b>Lineare kontinuierliche Modelle</b> .....	103
3.1	Modellbildung kontinuierlicher Schwinger .....	103
3.2	Einfache Beispiele kontinuierlicher Schwinger .....	104
3.2.1	Balken als Biegeschwinger .....	104
3.2.2	Balken als Biegeschwinger mit Endmasse .....	110
3.2.3	Balken als Torsionsschwinger mit Endmasse .....	112
3.2.4	Querschwingungen einer Saite .....	115
3.3	Approximation kontinuierlicher Schwingungssysteme .....	117
3.3.1	Funktionensysteme und Vollständigkeit .....	118
3.3.2	Verfahren nach Rayleigh-Ritz .....	119
3.3.3	Verfahren nach Bubnov-Galerkin .....	124
3.3.4	Randbedingungen beim Rayleigh-Ritz- und Bubnov-Galerkin-Verfahren .....	127
3.3.5	Wahl der Ansatzfunktionen .....	130
3.3.6	Biegeschwingungen eines Balkens mit Längsbelastung. ...	131
3.4	Schwingungen elastischer Mehrkörpersysteme .....	136
<b>4</b>	<b>Methoden zur nichtlinearen Mechanik</b> .....	139
4.1	Allgemeine Anmerkungen .....	139
4.2	Phasenebene .....	140
4.3	Nichtlinearer Schwinger mit einem Freiheitsgrad .....	142
4.3.1	Anstückelmethode .....	145
4.3.2	Methode der gewichteten Residuen .....	147
4.3.3	Harmonische Balance .....	149
4.3.4	Methode der kleinsten Fehlerquadrate .....	150
4.3.5	Praktisches Anwendungsbeispiel .....	151
4.4	Stabilität der Bewegung .....	154
4.4.1	Allgemeine Stabilitätsdefinitionen .....	155
4.4.2	Stabilität der ersten Näherung .....	159
4.4.3	Stabilität nichtlinearer Systeme .....	160
<b>5</b>	<b>Phänomene der Schwingungsentstehung</b> .....	169
5.1	Einführung .....	169
5.2	Freie Schwingungen .....	171
5.3	Erzwungene Schwingungen .....	175

5.4	Selbsterregte Schwingungen .....	179
5.4.1	Hydraulische Kippschwinger .....	183
5.4.2	Trinkvogel .....	184
5.4.3	Spielzeugspecht .....	185
5.4.4	Reibschwinger .....	186
5.4.5	Kármán'sche Wirbelstraße .....	190
5.4.6	Flügelflattern .....	192
5.4.7	Pendeluhr .....	194
5.5	Parametererregte Schwingungen .....	197
5.5.1	Übersicht .....	197
5.5.2	Bewegung und Stabilität parametererregter Schwingungen ..	198
5.5.3	Beispiele .....	206
<b>Sachverzeichnis .....</b>		<b>215</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>220</b>