

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>Grundbegriffe und Definitionen</b>	<b>13</b>
2.1.	Raum und Zeit	13
2.2.	Kinematische Grundlagen	14
2.2.1.	Kinematik des materiellen Punktes	14
2.2.2.	Virtuelle Verrückungen	20
2.3.	Masse	20
2.4.	Kraft	25
<b>3.</b>	<b>Axiome der Mechanik</b>	<b>30</b>
3.1.	Grundaxiom der Mechanik	30
3.2.	NEWTONSche Axiome der Mechanik	31
3.2.1.	Erstes NEWTONSches Axiom: Das Trägheitsgesetz	31
3.2.2.	Zweites NEWTONSches Axiom: Die Grundgleichung der Dynamik	31
3.2.3.	Drittes NEWTONSches Axiom: Das Wechselwirkungsgesetz	32
3.3.	D'ALEMBERTSches Axiom	34
3.4.	Nicht-Inertialsysteme, GALILEISches Relativitätsprinzip	34
<b>4.</b>	<b>Theoreme der Mechanik</b>	<b>37</b>
4.1.	Sätze über Gesamtimpuls, -drall und -energie eines mechanischen Systems	37
4.1.1.	Satz vom Massenmittelpunkt	37
4.1.2.	Impuls- und Drallerhaltungssatz	38
4.1.3.	Satz von der kinetischen Energie (Energieerhaltungssatz)	38
4.2.	Prinzipien	41
4.2.1.	Vorbemerkungen	41
4.2.2.	Prinzip von D'ALEMBERT	42
4.2.3.	Prinzip der virtuellen Arbeiten	43
4.2.4.	Prinzip von HAMILTON	43
4.2.5.	JOURDAINSches Prinzip und GAUSSSches Prinzip des kleinsten Zwanges	46

<b>5.</b>	<b>Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden</b>	<b>48</b>
5.1.	Modelle der Mechanik mit endlichen vielen Freiheitsgraden	48
5.2.	Kinematik der Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden	48
5.2.1.	Kinematik holonom und linear-nichtholonom Systeme	48
5.2.2.	Allgemeine Bedingungsgleichungen	52
5.2.3.	Quasigeschwindigkeiten, Quasikoordinaten	53
5.3.	Gleichgewichtslagen von Systemen mit endlich vielen Freiheitsgraden	54
5.4.	Bewegungsgleichungen der Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden	60
5.4.1.	LAGRANGESche Bewegungsgleichungen erster Art	60
5.4.2.	LAGRANGESche Bewegungsgleichungen zweiter Art	62
5.4.3.	Kanonische Bewegungsgleichungen für holonome Systeme mit konservativen eingepprägten Kräften	66
5.4.4.	HAMILTON-JACOBISChe partielle Differentialgleichung	68
5.4.5.	Darstellung der LAGRANGESchen Bewegungsgleichungen mit Hilfe von Quasikoordinaten	71
5.4.6.	LAGRANGESche Bewegungsgleichungen zweiter Art ohne Anwendung LAGRANGEScher Parameter	76
5.4.7.	APPELLSche Bewegungsgleichungen	78
5.4.8.	Bewegungsgleichungen für Systeme mit nichtlinearen nichtholomen Zwangsbedingungen	79
5.5.	Bewegungsgleichungen für den einzelnen starren Körper	81
5.5.1.	Kinetische Energie und Drall des starren Körpers, Massenträgheitsmomente	81
5.5.2.	EULERSche Winkel	90
5.5.3.	EULERSche Gleichungen	94
5.5.4.	Ebene Bewegung des starren Körpers	96
5.6.	Methoden zur Lösung der Bewegungs-Differentialgleichungen	99
5.6.1.	Systeme von linearen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten	100
5.6.1.1.	Homogene Differentialgleichungen	100
5.6.1.2.	Inhomogene Differentialgleichungen	107
5.6.1.2.1.	Variation der Konstanten	108
5.6.1.2.2.	Ermittlung der partikulären Lösungen durch spezielle Ansatzfunktionen	109
5.6.1.2.3.	Ermittlung der partikulären Lösungen mit Hilfe der DIRACschen-Funktion und der Sprungfunktion	117
5.6.1.2.4.	Untersuchung der Lösungen von Systemen mit stationären Zufallsschwingungen	121
5.6.1.3.	Transformation auf Hauptkoordinaten	126
5.6.2.	Systeme von nichtlinearen Differentialgleichungen und lineare Differentialgleichungssysteme mit veränderlichen Koeffizienten	129



5.6.2.1.	Allgemeine Differentialgleichungssysteme . . . . .	130
5.6.2.1.1.	Verfahren der schrittweisen Näherungen . . . . .	130
5.6.2.1.2.	Verfahren von RUNGE-KUTTA . . . . .	134
5.6.2.2.	Schwach nichtlineare Differentialgleichungssysteme . . . . .	136
5.6.2.2.1.	Störungsrechnung . . . . .	137
5.6.2.2.2.	Asymptotische Entwicklung der Lösung nach BOGOLJUBOV-MITRO- POLSKI . . . . .	144
5.6.2.2.3.	Verfahren von GALERKIN zur Ermittlung periodischer Lösungen . .	150
5.6.2.2.4.	Äquivalente Linearisierung zur Ermittlung periodischer Lösungen .	152
5.6.2.3.	Lineare Differentialgleichungssysteme mit veränderlichen Koeffi- zienten . . . . .	153
5.6.2.3.1.	Gestalt der Lösungen von homogenen linearen Differentialglei- chungen mit periodischen Koeffizienten . . . . .	154
5.7.	Stabilität der Bewegung der Systeme mit endlich vielen Freiheits- graden . . . . .	158
5.7.1.	Begriff der Stabilität . . . . .	158
5.7.2.	Methoden zur Untersuchung der Stabilität einer Bewegung . . . .	162
5.7.2.1.	Entscheidung über die Stabilität nach den linearisierten Differential- gleichungen . . . . .	163
5.7.2.1.1.	Lineare Differentialgleichungen der Störungen mit konstanten Koeffizienten . . . . .	165
5.7.2.1.2.	Lineare Differentialgleichungen der Störungen mit periodischen Koeffizienten . . . . .	166
5.7.2.2.	Direkte Methode von LJAPUNOV zur Untersuchung der Stabilität einer Bewegung . . . . .	171
6.	<b>Anwendungsbeispiele . . . . .</b>	173
6.1.	Gleichgewichtslage einer umlaufenden Welle . . . . .	173
6.2.	Kran-Hubwerk . . . . .	177
6.3.	Räumliches Fadenpendel mit bewegtem Aufhängepunkt . . . . .	181
6.4.	Ebenes Fadenpendel mit bewegtem Aufhängepunkt . . . . .	184
6.5.	Peitschenschnur . . . . .	187
6.6.	Innenvibrator . . . . .	190
6.7.	Schwere Achse auf schiefer Ebene . . . . .	195
6.8.	Antriebssystem mit plötzlich einsetzender konstanter Belastung. . .	203
6.9.	Lineare Schwingungskette mit zwei Freiheitsgraden . . . . .	210
6.10.	Dynamischer Bodenverdichter mit Unwuchterregung . . . . .	214
6.11.	Nichtlineares Antriebssystem mit drei Freiheitsgraden . . . . .	217
6.12.	Zentrifugenrotor mit Unwucht . . . . .	230

6.13.	Stochastisch erregtes lineares Antriebssystem . . . . .	234
6.14.	Stabilität der Vertikalschwingungen eines elastischen Fadenpendels .	237
7.	<b>Anhang: Theorie der Zufallsfunktionen . . . . .</b>	<b>243</b>
7.1.	Zufallsgrößen . . . . .	243
7.2.	Zufallsfunktionen . . . . .	246
7.3.	Einfluß linearer Operatoren auf stationäre Zufallsfunktionen . . . .	248
7.4.	Spektralzerlegung stationärer Zufallsfunktionen . . . . .	251
7.5.	Systeme von Zufallsfunktionen . . . . .	254
	Literaturverzeichnis . . . . .	257
	Sachwortverzeichnis . . . . .	258