

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mechanik der Massenpunkte</b>	<b>1</b>
1.1	Newton'sche Axiome	1
1.1.1	Erstes Axiom: Trägheitsprinzip	2
1.1.2	Zweites Axiom: Aktionsprinzip	3
1.1.3	Drittes Axiom: Reaktionsprinzip	4
1.1.4	Ort, Bahn und Geschwindigkeit eines Teilchens	5
1.1.5	Determinierung der Bahnbewegung	7
1.2	Kraftansätze	9
1.3	Erhaltungssätze für die Teilchenbewegung	11
1.3.1	Impulserhaltung	11
1.3.2	Drehimpulserhaltung	11
1.3.3	Energieerhaltung	11
<b>2</b>	<b>Gravitationswechselwirkung</b>	<b>17</b>
2.1	Das Newton'sche Gravitationsgesetz	17
2.2	Felddarstellung der Anziehungskraft	18
2.3	Gravitationsfelder ausgedehnter Massenverteilungen	19
2.4	Volumen- und Schichtpotential	20
<b>3</b>	<b>Bewegung in Zentralfeldern</b>	<b>23</b>
3.1	Zentralfelder	23
3.2	Erhaltungssätze für Zentralbewegungen	24
3.3	Das Kepler-Problem	28
3.3.1	Bestimmung der Bahnformen des Kepler-Problems	29
3.3.2	Energiebetrachtung	32
3.3.3	Zeitlicher Verlauf des Teilchens in der Bahnkurve	34
3.3.4	Die Kepler-Gleichung	37
3.4	Die praktische Lösung des Kepler-Problems	42
3.4.1	Kepler-Elemente als Integrationskonstanten	42
3.4.2	Berechnung der Kepler-Elemente	48
3.4.3	Berechnung von Orts- und Geschwindigkeitsvektoren	49

<b>4</b>	<b>Mechanik der Teilchensysteme</b>	51
4.1	Erhaltungssätze für Teilchensysteme	51
4.1.1	Innere und äußere Kräfte	51
4.1.2	Erhaltungssatz für den Gesamtimpuls	52
4.1.3	Schwerpunktsatz	53
4.1.4	Erhaltungssatz für den gesamten Drehimpuls	55
4.1.5	Energieerhaltungssatz für ein Teilchensystem	56
4.1.6	Potentielle Energie der Gravitationswechselwirkung	57
4.2	Mehrkörperproblem gravitierender Teilchen	59
4.2.1	Bewegungsgleichungen des Mehrkörperproblems	59
4.2.2	Mehrkörperproblem mit dominierendem Körper	60
4.3	Mehrkörperproblem und Massenmittelpunktsbewegung	62
4.3.1	Erhaltungssätze im Schwerpunktsystem	62
4.3.2	Zweikörperproblem gravitierender Massen	65
4.3.3	Gestörtes Dreikörperproblem gravitierender Massen	70
4.4	Gravitationsfeld und Gezeitenfeld	77
<b>5</b>	<b>Bewegte Bezugssysteme</b>	87
5.1	Bezugssysteme der Newtonschen Mechanik	87
5.1.1	Inertialsystem und Galilei-Transformation	88
5.1.2	Newton-System	90
5.1.3	Galilei-System	96
5.2	Zeitableitung von Vektoren	96
5.2.1	Zusammenhang der in $\mathcal{T}$ und $\mathcal{R}$ gebildeten Zeitableitungen	97
5.2.2	Interpretation des Vektors $d$	100
5.3	Bewegungsgleichung im Bezugssystem $\mathcal{R}$	101
5.3.1	Bewegungsgleichung eines Teilchens	101
5.3.2	Bewegungsgleichungen von Mehrteilchensystemen	104
5.3.3	Die Hillschen Gleichungen	105
5.4	Gravitation in bewegten Bezugssystemen	107
5.4.1	Gravitation und Schwerkraft	107
<b>6</b>	<b>Mechanik starrer Körper</b>	109
6.1	Drehimpulsbilanz starrer Körper, Trägheitstensor	109
6.1.1	Trägheitstensor	110
6.1.2	Hauptachsenform des Trägheitstensors	112
6.2	Eulersche Kreiselgleichungen	116
6.3	Starrer Körper: Trägheitsbewegung	117
6.4	Einführung Eulerscher Winkel in die Kreiselgleichungen	120
6.4.1	Eulersche Winkel	120
6.4.2	Formulierung des Drehvektors mittels Eulerscher Winkel	124

6.4.3	Eulersche Kreiselgleichungen in Eulerschen Winkeln .....	126
<b>7</b>	<b>Mechanik deformierbarer Körper .....</b>	<b>129</b>
7.1	Darstellung der Bewegung eines deformierbaren Körpers .....	129
7.1.1	Teilchensysteme und kontinuierliche Massenverteilungen. ....	129
7.1.2	Lagrangesche und Eulersche Darstellung .....	131
7.1.3	Materielle, konvektive und lokale Zeitableitung .....	134
7.2	Kontinuitätsgleichung .....	138
7.2.1	Deformationsgradient, Volumenänderung .....	138
7.2.2	Reynoldssches Transporttheorem .....	140
7.2.3	Massenbilanz und Kontinuitätsgleichung .....	143
7.3	Die Bewegungsgleichungen deformierbarer Körper .....	144
7.3.1	Spannungstensor .....	144
7.3.2	Bewegungsgleichungen der Kontinuumsmechanik .....	146
7.3.3	Eulersche Gleichungen für ideale Flüssigkeiten und Gase. ....	148
7.4	Anwendungen .....	150
7.4.1	Barometrische Höhenformel .....	150
7.4.2	Ozeanisches Nivellement .....	151
<b>8</b>	<b>Einführung in den Lagrange-Formalismus .....</b>	<b>161</b>
8.1	Lagrange-Gleichungen 1. Art. ....	162
8.1.1	Zwangsbedingungen .....	162
8.1.2	Zwangskräfte .....	164
8.1.3	Formulierung der Lagrange-Gleichungen 1. Art .....	165
8.1.4	Lösungsschritte für die Lagrange-Gleichungen 1. Art. ...	167
8.1.5	Beispiele. ....	168
8.2	Lagrange-Gleichungen 2. Art. ....	178
8.2.1	Verallgemeinerte (generalisierte) Koordinaten .....	178
8.2.2	Elimination der Zwangskräfte .....	182
8.2.3	Herleitung der Lagrange-Gleichungen 2. Art .....	183
8.2.4	Erhaltungsgrößen .....	190
8.2.5	Lösungsschritte für die Lagrange-Gleichungen 2. Art. ...	192
8.2.6	Beispiele. ....	192
8.2.7	Ableitung der expliziten Gestalt der Lagrange-Gleichungen 2. Art. ....	195
8.3	Spezielle Formen der Lagrange-Gleichungen .....	201
8.3.1	Lagrange-Gleichungen 2. Art in Zylinder- und Kugelkoordinaten. ....	201
8.3.2	Explizite Form in Kugelkoordinaten .....	203
8.3.3	Beispiele. ....	208
8.3.4	Bewegung einer Hantel in einem Zentralfeld .....	218
8.3.5	Lagrange-Gleichungen im gleichförmig rotierenden Bezugssystem. ....	222

<b>9</b>	<b>Einführung in den Hamilton-Formalismus</b>	227
9.1	Kanonische Bewegungsgleichungen	228
9.1.1	Ableitung der kanonischen Bewegungsgleichungen	228
9.1.2	Aufstellung der Hamilton-Funktion	230
9.2	Beispiel: Kepler-Problem	231
<b>10</b>	<b>Energieaustauschbeziehungen</b>	239
10.1	Einführung	239
10.2	Dynamische Formulierung des Problems	240
10.2.1	Zustandsänderungen eines physikalischen Systems	240
10.2.2	Kinematische Bewegung	242
10.2.3	Dynamische Bewegung	242
10.2.4	Gravitationsfeld und Trägheitsfeld	243
10.2.5	Hamilton-Theorie: Hamilton-Funktion und Gibbs-Funktion	243
10.3	Anwendung auf die Bewegung eines Satellitenpaares	245
10.3.1	Gibbssche Funktion des Problems	245
10.3.2	Gibbssche Fundamentalform und dynamische Bewegung	246
10.3.3	Bilanzgleichungen für den Energieaustausch	248
10.4	Relativbewegung im Quasi-Inertialsystem	250
10.4.1	Formulierung in Jacobi-Koordinaten	250
10.4.2	Relativbewegung als Drehung und Radialbewegung	252
10.5	Relativbewegung im erdfesten Bezugssystem	255
10.5.1	Formulierung in Jacobi-Koordinaten	255
10.5.2	Relativbewegung als Drehung und Radialbewegung	256
10.6	Energie- und Bewegungsintegrale	259
10.6.1	Relativbewegung im Quasi-Inertialsystem	259
10.6.2	Relativbewegung im erdfesten System	259
10.7	Modellierung der potentiellen Energie	262
10.8	Zusammenfassung	265
	<b>Literaturverzeichnis (Auswahl)</b>	267
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	271