

Inhaltsverzeichnis

<u>1. Einführung und Übersicht</u>	1
1.1 Systembegriff	1
1.2 Aufgaben der Systemdynamik	2
1.3 Übersicht	3
<u>2. Mechanische Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden</u>	6
2.1 Betrachtetes System und Bezeichnungen	6
2.2 Bindungen	6
2.2.1 Geometrische Bindungen	7
2.2.2 Kinematische Bindungen	9
2.2.3 Holonome und nichtholonome Bindungen	10
2.3 Freiheitsgrade und virtuelle Verschiebungen	11
2.4 Hauptproblem der Dynamik	13
2.4.1 Eingeprägte Kräfte, Reaktionskräfte	13
2.4.2 Bewegungsgleichungen des gebundenen Systems	14
2.4.3 Ideale Bindungen	15
2.5 Fundamentalgleichung der Dynamik	17
2.6 Gesetze der Statik	17
2.6.1 Prinzip der virtuellen Verschiebungen	17
2.6.2 Gleichgewichtsbedingungen für den starren Körper ...	18
2.7 Prinzip von d'ALEMBERT	19
2.8 Gesetze der Dynamik	20
2.8.1 Energiesatz für skleronome Systeme	20
2.8.2 LAGRANGEsche Gleichungen erster Art	21
<u>3. Holonome Systeme</u>	28
3.1 Verallgemeinerte Koordinaten	28
3.2 Verallgemeinerte Kräfte	29
3.3 LAGRANGEsche Gleichungen zweiter Art	31
3.4 Beispiele zu den LAGRANGEschen Gleichungen zweiter Art ...	35
3.5 Kinetische Energie in verallgemeinerten Koordinaten	45
3.6 Änderung der Gesamtenergie eines holonomen Systems	48

3.7 Herleitung der LAGRANGEschen Gleichungen zweiter Art aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung von HAMILTON	51
3.8 Kanonische Gleichungen von HAMILTON	53
3.8.1 Gleichungen mit verallgemeinerten Impulsen	54
3.8.2 HAMILTONsche Gleichungen	55
3.8.3 Kanonische Gleichungen von HAMILTON für holonome Systeme in Potentialfeldern	56
3.8.4 Erste Integrale (Erhaltungssätze)	56
3.8.5 HAMILTON-JACOBI-Gleichung	58
3.8.6 Zusammenhang zwischen HAMILTON-JACOBI-Gleichung und der Theorie der optimalen Systeme	60
3.9 Drehbewegungen starrer Körper	60
3.9.1 EULER-Winkel	61
3.9.2 KARDAN-Winkel	64
3.9.3 Vergleich zwischen EULER-Winkeln und KARDAN-Winkeln	66
3.9.4 Dynamische EULER-Gleichungen	67
3.9.5 Drehbewegungen eines Satelliten bezüglich des bahnfesten Systems	69
3.9.6 Gravitationsstabilisierung eines Satelliten auf einer Kreisbahn	72
<u>4. Nichtholonom Systeme</u>	73
4.1 Beispiele nichtholonomer Systeme	73
4.2 Anzahl der Freiheitsgrade eines nichtholonomens Systems ...	75
4.3 Bewegungsgleichungen mit LAGRANGEschen Multiplikatoren ...	78
4.4 Pseudogeschwindigkeiten und Gleichungen von APPELL	83
4.5 Herleitung der APPELlschen Gleichungen aus dem Prinzip des kleinsten Zwangs von GAUSS	93
4.5.1 Prinzip des kleinsten Zwangs	93
4.5.2 Gleichungen von APPELL	94
<u>5. Modelle technischer Systeme</u>	96
5.1 Gleichungen im Zustandsraum	96
5.2 Klassifikation der Kräfte	98
5.3 Linearisierung	99
5.4 Probleme der Systemdynamik	103
5.5 Systemdynamik und Mechanik	105
<u>6. Lösung linearer zeitinvarianter Systeme</u>	107
6.1 Klassisches Lösungsverfahren	107
6.2 Modernes Lösungsverfahren	109
6.2.1 Potenz und Funktion einer Matrix	109
6.2.2 Die Matrix e^{At}	110

6.2.3 Lösung der homogenen Gleichung	112
6.2.4 Lösung der inhomogenen Gleichung	116
6.2.5 Physikalische Deutung der Fundamentalmatrix	118
6.3 Normalkoordinaten	123
6.3.1 Invarianz der Eigenwerte	123
6.3.2 Ungesteuerte Bewegung bei einfachen Eigenwerten	125
6.3.3 Auswirkung mehrfacher Eigenwerte	130
6.3.4 JORDANSche Normalform	132
6.3.5 Ungesteuerte und gesteuerte Bewegung bei mehrfachen Eigenwerten	138
6.4 Anwendungsbeispiel Rendezvous-Problem	139
6.4.1 Bewegungsgleichungen	139
6.4.2 Lösung in den Koordinaten x_i	142
6.4.3 Bewegungsgleichungen in Normalkoordinaten	143
6.4.4 Diskussion	146
<u>7. Stabilität linearer zeitinvarianter Systeme</u>	149
7.1 Gleichgewichtslagen	149
7.2 Zeitliches Verhalten der Lösungen	152
7.3 Stabilitätskriterien	155
7.3.1 Notwendige Stabilitätsbedingungen	155
7.3.2 Notwendige und hinreichende Stabilitätsbedingungen ..	156
7.4 Stabilitätsgebiete, Stabilitätsreserve, Stabilitätsgrad ..	160
7.5 Stabilität in erster Näherung	163
7.6 Anwendungsbeispiel Stabilität einer Drehzahlregelung	165
7.6.1 Bewegungsgleichungen	166
7.6.2 Stabilitätsbedingungen	168
7.7 Qualitative Betrachtung linearer Systeme	169
7.7.1 Betrachtung in Normalkoordinaten	170
7.7.2 Klassifikation linearer Systeme zweiter Ordnung ..	174
7.7.3 Strukturstabilität linearer Systeme zweiter Ordnung	177
<u>8. Lösung und Stabilität linearer holonomer Systeme</u>	182
8.1 Kleine Schwingungen konservativer Systeme	182
8.1.1 Bewegungsgleichungen	182
8.1.2 Lösung der Bewegungsgleichungen	185
8.1.3 Normalkoordinaten	193
8.1.4 Einige klassische Ergebnisse	199
8.2 Skleronome Systeme	201
8.2.1 Bewegungsgleichungen	201
8.2.2 Stabilitätskriterien	203

8.2.3 Gesteuerte Systeme	207
8.3 Schlußbemerkung	210
<u>Anhang</u>	211
<u>Literaturverzeichnis</u>	218
<u>Sachverzeichnis</u>	222