

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Aufgaben der Technischen Dynamik . . . . .	1
1.2	Beiträge der analytischen Mechanik . . . . .	2
1.3	Modellbildung mechanischer Systeme . . . . .	3
1.3.1	Mehrkörpersysteme . . . . .	4
1.3.2	Finite-Elemente-Systeme . . . . .	5
1.3.3	Kontinuierliche Systeme . . . . .	6
1.3.4	Flexible Mehrkörpersysteme . . . . .	6
1.3.5	Auswahl eines mechanischen Ersatzsystems . . . . .	7
1.3.6	Zahl der Freiheitsgrade . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Kinematische Grundlagen</b>	<b>11</b>
2.1	Freie Systeme . . . . .	11
2.1.1	Kinematik des Punktes . . . . .	11
2.1.2	Kinematik des starren Körpers . . . . .	17
2.1.3	Kinematik des Kontinuums . . . . .	34
2.2	Holonome Systeme . . . . .	41
2.2.1	Punktsysteme . . . . .	41
2.2.2	Mehrkörpersysteme . . . . .	47
2.2.3	Kontinuum . . . . .	50
2.3	Nichtholonome Systeme . . . . .	51
2.4	Relativbewegung des Koordinatensystems . . . . .	56
2.4.1	Bewegtes Koordinatensystem . . . . .	56
2.4.2	Freie und holonome Systeme . . . . .	58
2.4.3	Nichtholonome Systeme . . . . .	60
2.5	Linearisierung der Kinematik . . . . .	60
<b>3</b>	<b>Kinetische Grundlagen</b>	<b>65</b>
3.1	Kinetik des Punktes . . . . .	65
3.1.1	Newtonsche Gleichungen . . . . .	65
3.1.2	Kräftearten . . . . .	66
3.2	Kinetik des starren Körpers . . . . .	69
3.2.1	Newtonsche und Eulersche Gleichungen . . . . .	70
3.2.2	Massengeometrie des starren Körpers . . . . .	75
3.2.3	Relativbewegung des Koordinatensystems . . . . .	77
3.3	Kinetik des Kontinuums . . . . .	78
3.3.1	Cauchysche Gleichungen . . . . .	78
3.3.2	Hookesches Materialgesetz . . . . .	80
3.3.3	Reaktionsspannungen . . . . .	81

<b>4</b>	<b>Prinzipie der Mechanik</b>	<b>83</b>
4.1	Prinzip der virtuellen Arbeit . . . . .	83
4.2	Prinzipie von d'Alembert, Jourdain und Gauß . . . . .	89
4.3	Prinzip der minimalen potentiellen Energie . . . . .	91
4.4	Hamiltonsches Prinzip . . . . .	93
4.5	Lagrangesche Gleichungen erster Art . . . . .	94
4.6	Lagrangesche Gleichungen zweiter Art . . . . .	95
<b>5</b>	<b>Mehrkörpersysteme</b>	<b>97</b>
5.1	Lokale Bewegungsgleichungen . . . . .	97
5.2	Newton-Eulersche Gleichungen . . . . .	101
5.3	Bewegungsgleichungen idealer Systeme . . . . .	103
5.3.1	Gewöhnliche Mehrkörpersysteme . . . . .	103
5.3.2	Allgemeine Mehrkörpersysteme . . . . .	111
5.4	Reaktionsgleichungen idealer Systeme . . . . .	118
5.4.1	Berechnung von Reaktionskräften . . . . .	118
5.4.2	Festigkeitsabschätzung . . . . .	122
5.4.3	Massenausgleich in Mehrkörpersystemen . . . . .	124
5.5	Bewegungs- und Reaktionsgleichungen nichtidealer Systeme . . . . .	127
5.6	Kreiselgleichungen von Satelliten . . . . .	129
5.7	Formalismen für Mehrkörpersysteme . . . . .	131
5.7.1	Nichtrekursive Formalismen . . . . .	131
5.7.2	Rekursive Formalismen . . . . .	137
<b>6</b>	<b>Finite-Elemente-Systeme</b>	<b>143</b>
6.1	Lokale Bewegungsgleichungen . . . . .	143
6.1.1	Tetraederelement . . . . .	144
6.1.2	Räumliches Balkenelement . . . . .	145
6.2	Globale Bewegungsgleichungen . . . . .	150
6.3	Flexible Mehrkörpersysteme . . . . .	153
6.3.1	Relative Knotenpunktkoordinaten im bewegten Bezugssystem . . . . .	154
6.3.2	Absolute Knotenpunktkoordinaten im Inertialsystem . . . . .	156
6.3.3	Ebene Balkensysteme . . . . .	157
6.4	Festigkeitsberechnung . . . . .	163
<b>7</b>	<b>Kontinuierliche Systeme</b>	<b>165</b>
7.1	Lokale Bewegungsgleichungen . . . . .	165
7.2	Eigenfunktionen von Stäben . . . . .	167
7.3	Globale Bewegungsgleichungen . . . . .	170
<b>8</b>	<b>Zustandsgleichungen mechanischer Systeme</b>	<b>175</b>
8.1	Nichtlineare Zustandsgleichungen . . . . .	175
8.2	Lineare Zustandsgleichungen . . . . .	176
8.3	Transformation linearer Gleichungen . . . . .	176
8.4	Normalformen . . . . .	179

<b>9 Numerische Verfahren</b>	<b>183</b>
9.1 Integration nichtlinearer Differentialgleichungen . . . . .	183
9.2 Lineare Algebra zeitinvarianter Systeme . . . . .	185
9.3 Vergleich der mechanischen Modelle . . . . .	188
<b>Anhang</b>	<b>193</b>
<b>A Mathematische Hilfsmittel</b>	<b>195</b>
A.1 Darstellung von Funktionen . . . . .	195
A.2 Matrizenalgebra . . . . .	196
A.3 Matrizenanalysis . . . . .	199
A.4 Liste wichtiger Formelzeichen . . . . .	200
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>205</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>209</b>