

Werner Schiehlen | Peter Eberhard

α 9α 5

Technische Dynamik

Rechnergestützte Modellierung mechanischer Systeme
im Maschinen- und Fahrzeugbau

3., überarbeitete und aktualisierte Auflage

Mit 76 Abbildungen

STUDIUM



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
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
2	Kinematische Grundlagen	11
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
3	Kinetische Grundlagen	65
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

4	Prinzipie der Mechanik	83
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
5	Mehrkörpersysteme	97
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
6	Finite-Elemente-Systeme	143
6.1	Lokale Bewegungsgleichungen	143
6.1.1	Tetraederelement	144
6.1.2	Räumliches Balkenelement	145
6.2	Globale Bewegungsgleichungen	150
6.3	Balkensysteme	153
6.4	Festigkeitsberechnung	158
7	Kontinuierliche Systeme	161
7.1	Lokale Bewegungsgleichungen	161
7.2	Eigenfunktionen von Stäben	163
7.3	Globale Bewegungsgleichungen	166
8	Zustandsgleichungen mechanischer Systeme	171
8.1	Nichtlineare Zustandsgleichungen	171
8.2	Lineare Zustandsgleichungen	172
8.3	Transformation linearer Gleichungen	172
8.4	Normalformen	175
9	Numerische Verfahren	179
9.1	Integration nichtlinearer Differentialgleichungen	179
9.2	Lineare Algebra zeitinvarianter Systeme	181

9.3 Vergleich der mechanischen Modelle 184

Anhang 189

A Mathematische Hilfsmittel 191

A.1 Darstellung von Funktionen 191

A.2 Matrizenalgebra 192

A.3 Matrizenanalysis 195

A.4 Liste wichtiger Formelzeichen 196

Literaturverzeichnis 201

Stichwortverzeichnis 205