

Inhaltsverzeichnis

1 Fragestellungen der Dynamik	1
2 Bewegungen – ihre Ursachen und Folgen	5
2.1 Vieles ist in Bewegung	5
2.2 Ursachen für Bewegungen	6
2.3 Folgen von Bewegungen	7
2.4 Idealisierungen	8
2.4.1 Massenpunkt	8
2.4.2 Starrer Körper	8
2.4.3 Massenpunktsystem	9
2.5 Einteilung der Bewegungen	10
2.6 Kinematik und Kinetik	11
3 Kinematik des Massenpunktes	12
3.1 Bewegungsbahn, Geschwindigkeit, Beschleunigung	12
3.1.1 Bewegungsbahn	12
3.1.2 Geschwindigkeit	14
3.1.3 Beschleunigung	15
3.2 Geschwindigkeit und Beschleunigung in kartesischen Koordinaten	16
3.2.1 Bewegungsbahn	16
3.2.2 Geschwindigkeit	16
3.2.3 Beschleunigung	18
3.3 Geradlinige Bewegung	20
3.3.1 Bestimmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung aus gegebenem Weg	20
3.3.2 Bestimmung von Geschwindigkeit und Weg aus gegebener Beschleunigung	22
3.4 Ebene Bewegung	35
3.4.1 Kartesische Koordinaten	36
3.4.2 Polarkoordinaten	36
3.4.3 Natürliche Koordinaten	44
3.5 Räumliche Bewegung	49
3.5.1 Kartesische Koordinaten	50
3.5.2 Zylinderkoordinaten	50
3.6 Darstellung von Bewegungen	52
3.6.1 $x-t$ -, $v-t$ - und $a-t$ -Diagramme (Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-Zeit-Diagramme)	52
3.6.2 Phasendiagramm	53
3.6.3 Bahnkurve	54
3.6.4 Hodografenkurve	54

4 Kinetik des Massenpunktes.....	55
4.1 Grundgesetze (Axiome) der Dynamik	55
4.1.1 Erstes NEWTONsches Gesetz: Trägheitsgesetz.....	55
4.1.2 Zweites NEWTONsches Gesetz: Bewegungsgesetz	56
4.1.3 Drittes NEWTONsches Gesetz: Wechselwirkungsgesetz	57
4.2 NEWTONsche Grundgleichung in verschiedenen Koordinatensystemen.....	57
4.2.1 NEWTONsche Grundgleichung in kartesischen Koordinaten	58
4.2.2 NEWTONsche Grundgleichung in natürlichen Koordinaten	58
4.2.3 Gewichtskraft.....	59
4.3 Anwendungen der NEWTONschen Grundgleichungen	60
4.3.1 Ermittlung der Kräfte, die bei einer vorgegebenen Bewegung wirken.....	60
4.3.2 Ermittlung von Bewegungen, die durch Kräfte hervorgerufen werden.....	60
4.3.3 Wurfbewegung ohne Luftwiderstand	61
4.3.4 Freier Fall mit Luftwiderstand	66
4.3.5 Geführte Bewegung ohne Reibung.....	68
4.3.6 Geführte Bewegung mit Reibung	69
4.4 Impulssatz	72
4.5 Drall und Drallsatz	73
4.5.1 Moment einer Kraft	73
4.5.2 Drall, Drehimpuls, Impulsmoment	74
4.5.3 Drallsatz, Momentensatz.....	74
4.5.4 Drallerhaltungssatz	75
4.5.5 Drallsatz bei ebener Bewegung	75
4.5.6 Ermittlung des Dralls mit den Komponenten des Impulses	76
4.5.7 Drall und Drallsatz für die Drehbewegung	76
4.5.8 NEWTONsche Grundgleichung für die Drehbewegung	77
4.6 Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad.....	79
4.6.1 Arbeit und Leistung bei geradliniger Bewegung	79
4.6.2 Arbeit und Leistung bei allgemeiner Bewegung.....	80
4.6.3 Arbeit und Leistung bei geführter Bewegung.....	81
4.6.4 Arbeit und Leistung bei der Drehbewegung	82
4.6.5 Wirkungsgrad	83
4.7 Arbeitssatz, kinetische Energie	84
4.8 Energiesatz.....	86
4.8.1 Potentielle Energie oder Potential der Gewichtskraft.....	87
4.8.2 Potentielle Energie oder Potential einer Federkraft	88
5 Bewegungen von Massenpunktsystemen	91
5.1 Systeme mit kinematischen Bindungen	91
5.1.1 Bewegungen mit einem Freiheitsgrad.....	92
5.1.2 Ebene Bewegungen	92
5.1.3 Räumliche Bewegungen	93
5.2 Systeme mit physikalischen Bindungen.....	94
5.3 Äußere und innere Kräfte eines Massenpunktsystems.....	94
5.4 Kinetik der einzelnen Massen	95

5.5	Kinetik des Gesamtsystems.....	97
5.5.1	NEWTONsche Grundgleichung für das Gesamtsystem (Schwerpunktsatz)	98
5.5.2	Gesamtimpuls, Impulssatz und Impulserhaltungssatz	99
5.5.3	Gesamtdrall, Drallsatz und Drallerhaltungssatz	100
5.5.4	Energiesatz für das Massenpunktsystem	101
5.6	Gerader zentrischer Stoß zweier Massenpunkte	101
5.6.1	Stoß ohne Energieverlust.....	102
5.6.2	Stoß mit Energieverlust	104
5.7	Schiefer zentrischer Stoß zweier Massen.....	106
5.8	Stoß eines Massenpunktes an einer Wand	108
6	Kinematik des starren Körpers	111
6.1	Freiheitsgrade eines starren Körpers.....	111
6.2	Translation	113
6.3	Rotation.....	114
6.3.1	Rotation um feste Achse	116
6.3.2	Rotation um einen raumfesten Punkt.....	118
6.4	Allgemeine Bewegung eines starren Körpers im Raum	121
6.5	Allgemeine ebene Bewegung eines starren Körpers.....	122
6.5.1	EULERsche Beziehung für die ebene Bewegung	122
6.5.2	Beschreibung der Bewegung in kartesischen Koordinaten	123
6.5.3	Momentanpol der Geschwindigkeit.....	124
6.5.4	Rastpolbahn und Gangpolbahn.....	127
6.5.5	Geschwindigkeitspol, Rastpolbahn und Gangpolbahn beim Abgleiten einer an eine Wand angelehnten Leiter	128
7	Kinetik des starren Körpers	133
7.1	Translation	133
7.2	Rotation um feste Achse	135
7.2.1	NEWTONsche Grundgleichung für die Drehbewegung	135
7.2.2	Drall und Drallsatz.....	137
7.2.3	Arbeit und Leistung.....	137
7.2.4	Kinetische Energie.....	137
7.2.5	Gegenüberstellung von Translation und Rotation	137
7.3	Massenträgheitsmomente	139
7.3.1	Definition der Massenträgheitsmomente	140
7.3.2	Massenträgheitsmomente um parallel verschobene Achsen.....	141
7.3.3	Berechnung der Massenträgheitsmomente einzelner starrer Körper	143
7.3.4	Massenträgheitsmomente einiger Körper	145
7.4	Allgemeine ebene Bewegung eines starren Körpers.....	148
7.4.1	NEWTONsche Grundgleichungen für die allgemeine ebene Bewegung	149
7.4.2	Kinetische Energie bei allgemeiner ebener Bewegung	149
7.4.3	Arbeitssatz	150
7.4.4	Energiesatz.....	150

8 Schwingungen.....	155
8.1 Mechanische Schwingungssysteme	155
8.1.1 Feder-Masse-Schwinger	155
8.1.2 Drehschwinger.....	155
8.1.3 Schwerependel.....	155
8.1.4 Gedämpfte Schwingungssysteme	156
8.1.5 Schwingungssysteme mit Weg- oder Kraftanregung.....	157
8.2 Schwingungsarten	157
8.2.1 Periodische Schwingung.....	157
8.2.2 Harmonische Schwingung.....	158
8.2.3 Ungedämpfte Schwingung.....	159
8.2.4 Gedämpfte Schwingung.....	159
8.2.5 Freie Schwingung (Eigenschwingung).....	159
8.2.6 Erzwungene Schwingung	159
8.3 Freie ungedämpfte Schwingungen (Eigenschwingungen).....	160
8.3.1 Geradlinige Schwingung eines Feder-Masse-Systems	160
8.3.2 Federkonstanten elastischer Systeme.....	168
8.3.3 Längsschwingungen eines Stab-Masse-Systems	175
8.3.4 Geradlinige Schwingungen von Feder-Masse-Systemen mit mehreren Federn	176
8.3.5 Biegeschwingungen von Balken-Masse-Systemen	177
8.3.6 Torsionsschwingungen eines Stab-Masse-Systems.....	178
8.3.7 Drehschwingungen eines Feder-Masse-Systems	179
8.3.8 Schwerependel	182
8.4 Freie gedämpfte Schwingungen.....	185
8.4.1 Viskose Dämpfung	185
8.4.2 Schwingungen von gedämpften Feder-Masse-Systemen	186
8.5 Erzwungene ungedämpfte Schwingungen	192
8.5.1 Arten der Erregung	193
8.5.2 Schwingungen eines Feder-Masse-Systems bei Wegerregung.....	194
8.5.3 Schwingungen bei Krafterregung mit konstanter Amplitude	198
8.5.4 Schwingungen bei Krafterregung mit frequenzabhängiger Amplitude	201
8.6 Erzwungene gedämpfte Schwingungen	203
8.6.1 Gedämpfte Schwingungen bei Wegerregung	203
8.6.2 Gedämpfte Schwingungen bei Krafterregung mit konstanter Amplitude.....	206
8.6.3 Gedämpfte Schwingungen bei Krafterregung mit frequenzabhängiger Amplitude	206
9 Klausuraufgaben.....	210
9.1 Aufgabenstellungen	210
9.2 Ergebnisse	217
Anhang	223
A1 Literatur.....	223
A2 Symbolverzeichnis	223
Sachwortverzeichnis.....	226