

**1 Kinematik des Punktes**

1.1 Eindimensionale Kinematik, Bewegung eines Punktes auf gegebener Bahn . . . . .	1
1.1.1 Bogenlänge, Bahngeschwindigkeit, Bahnbeschleunigung . . . . .	1
1.1.2 Kinematische Diagramme . . . . .	4
1.1.3 Gleichförmige Bewegung . . . . .	6
1.1.4 Gleichförmig beschleunigte Bewegung . . . . .	8
1.1.5 Ungleichförmige Bewegung . . . . .	15
1.1.6 Aufgaben zu Abschnitt 1.1 . . . . .	19
1.2 Allgemeine Bewegung eines Punktes . . . . .	22
1.2.1 Ortsvektor, Bahnkurve . . . . .	22
1.2.2 Geschwindigkeitsvektor . . . . .	23
1.2.3 Beschleunigungsvektor . . . . .	26
1.2.4 Bahn- und Normalbeschleunigung . . . . .	33
1.2.5 Aufgaben zu Abschnitt 1.2 . . . . .	38
1.3 Bewegung auf kreisförmiger Bahn . . . . .	39
1.3.1 Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung . . . . .	39
1.3.2 Beschreibung der Kreisbewegung in kartesischen Koordinaten . . . . .	40
1.3.3 Gleichförmige Kreisbewegung . . . . .	42
1.3.4 Gleichförmig beschleunigte Kreisbewegung . . . . .	45
1.3.5 Anwendungen der Kreisbewegung . . . . .	47
1.3.6 Aufgaben zu Abschnitt 1.3 . . . . .	53
1.4 Beschreibung der ebenen Bewegung eines Punktes in Polarkoordinaten . . . . .	55

**2 Kinetik des Massenpunktes**

2.1 Das Newtonsche Grundgesetz . . . . .	59
2.1.1 Das Grundgesetz und die Axiome der Kinetik . . . . .	59
2.1.2 Das Grundgesetz in Komponentenform . . . . .	63
2.1.3 Bemerkungen zum Lösen von Aufgaben der Kinetik . . . . .	65
2.1.4 Bewegung bei konstanter Bahnkomponente der Kraft . . . . .	65
2.1.5 Prinzip von d'Alembert . . . . .	69
2.1.6 Bahnkomponente der Kraft abhängig vom Ort, freie Schwingungen . . . . .	73
2.1.7 Aufgaben zu Abschnitt 2.1 . . . . .	80
2.2 Arbeit, Energie, Leistung . . . . .	82
2.2.1 Arbeit einer Kraft . . . . .	82
2.2.2 Energie . . . . .	91

2.2.3 Arbeitssatz und Energieerhaltungssatz . . . . .	94
2.2.4 Leistung einer Kraft, Wirkungsgrad . . . . .	103
2.2.5 Aufgaben zu Abschnitt 2.2 . . . . .	110
2.3 Bewegung eines Körpers in einem ihn umgebenden Medium . . . . .	112
2.3.1 Widerstandsgesetze . . . . .	112
2.3.2 Fall eines Körpers in einem ihn umgebenden Medium . . . . .	115
2.3.3 Aufgaben zu Abschnitt 2.3 . . . . .	118
2.4 Impulssatz, Impulsmomentsatz . . . . .	119
2.4.1 Impuls, Impulssatz . . . . .	119
2.4.2 Impulsmoment, Impulsmomentsatz . . . . .	122

### 3 Kinematik des Körpers

3.1 Ebene Bewegung eines starren Körpers . . . . .	124
3.1.1 Momentanpol, Polbahnen . . . . .	124
3.1.2 Aufgaben zu Abschnitt 3.1 . . . . .	129
3.2 Geschwindigkeits- und Beschleunigungszustand einer Scheibe . . . . .	130
3.2.1 Momentanpol als Geschwindigkeitspol . . . . .	130
3.2.2 Satz von Euler und Satz von Burmester . . . . .	134
3.2.3 Maßstäbe und Konstruktion der Normalbeschleunigung . . . . .	137
3.2.4 Beschleunigungspol . . . . .	142
3.2.5 Aufgaben zu Abschnitt 3.2 . . . . .	145
3.3 Kinematik der Relativbewegung . . . . .	146
3.3.1 Führungs- und Relativbewegung . . . . .	146
3.3.2 Absolut- und Coriolisbeschleunigung . . . . .	147
3.3.3 Aufgaben zu Abschnitt 3.3 . . . . .	159

### 4 Kinetik des Massenpunktsystems

4.1 Schwerpunktsatz . . . . .	160
4.2 Impuls- und Impulserhaltungssatz . . . . .	162
4.3 Impulsmoment, Impulsmomentsatz . . . . .	164
4.4 Bewegung bei veränderlicher Masse – Raketenbewegung . . . . .	167
4.5 Aufgaben zu Abschnitt 4 . . . . .	172

### 5 Kinetik des Körpers

5.1 Allgemeine Bewegung, Körper als Grenzfall eines Massenpunktsystems . . . . .	173
5.2 Drehung eines starren Körpers um eine feste Achse . . . . .	176
5.2.1 Grundgesetz für die Drehbewegung, Impulsmomentsatz . . . . .	176
5.2.1.1 Grundgesetz für die Drehung um eine feste Achse . . . . .	176
5.2.1.2 Massenträgheitsmomente einfacher Körper . . . . .	178
5.2.1.3 Massenträgheitsmomente um parallele Achsen, Satz von Steiner . . . . .	181
5.2.1.4 Reduzierte Masse, Trägheitsradius . . . . .	183
5.2.1.5 Anwendungen des Grundgesetzes für die Drehbewegung . . . . .	186
5.2.1.6 Impulsmomentsatz bei Drehung um eine feste Achse . . . . .	192
5.2.1.7 Zentrifugalmomente, Hauptachsen, Hauptträgheitsmomente . . . . .	194

5.2.1.8	Anwendungen des Impulsmomentsatzes. Dynamische Auflagerreaktionen, Auswuchten	198
5.2.1.9	Resultierende Trägheitskraft, Trägheitsmittelpunkt	206
5.2.1.10	Aufgaben zu Abschnitt 5.2.1	213
5.2.2	Arbeit, Energie und Leistung bei der Drehbewegung	218
5.2.2.1	Arbeit	218
5.2.2.2	Kinetische Energie	219
5.2.2.3	Arbeitssatz	220
5.2.2.4	Potentielle Energie, Energieerhaltungssatz	226
5.2.2.5	Leistung	229
5.2.2.6	Aufgaben zu Abschnitt 5.2.2	231
5.3	Ebene Bewegung eines starren Körpers	232
5.3.1	Bewegungsgleichungen	232
5.3.2	Impulsmomenterhaltungssatz	236
5.3.3	Aufgaben zu Abschnitt 5.3	238
5.4	Kinetik der Relativbewegung	241
5.4.1	Aufgaben zu Abschnitt 5.4	246
5.5	Energie, Arbeit und Leistung bei allgemeiner und ebener Bewegung	248
5.5.1	Kinetische Energie	248
5.5.2	Leistung	250
5.5.3	Arbeit	251
5.5.4	Arbeitssatz, Leistungssatz, Energieerhaltungssatz	252
5.5.5	Aufgaben zu Abschnitt 5.5	256
5.6	Drehung eines starren Körpers um einen festen Punkt	257
5.6.1	Impulsmomentsatz	257
5.6.2	Der geführte symmetrische Kreisel	259
5.6.3	Aufgaben zu Abschnitt 5.6	260

## 6 Stoß

6.1	Allgemeines, Definitionen	262
6.2	Gerader zentraler Stoß	263
6.2.1	Elastischer Stoß	264
6.2.2	Plastischer Stoß	269
6.2.3	Wirklicher Stoß	271
6.3	Gerader exzentrischer Stoß gegen einen drehbar gelagerten Körper, Stoßmittelpunkt	275
6.4	Aufgaben zu Abschnitt 6	277

## 7 Mechanische Schwingungen

7.1	Grundbegriffe	281
7.2	Freie ungedämpfte Schwingungen	286
7.3	Freie Schwingungen mit geschwindigkeitsproportionaler Dämpfung	290
7.3.1	Aperiodische Bewegung	292
7.3.2	Freie gedämpfte Schwingung	293
7.3.3	Aperiodischer Grenzfall	300

7.4	Erzwungene Schwingungen mit geschwindigkeitsproportionaler Dämpfung . . . . .	301
7.4.1	Erregung über eine Feder . . . . .	301
7.4.2	Erzwungene Schwingungen durch Fliehkrafterregung . . . . .	309
7.5	Torsionsschwingungen von Wellen . . . . .	314
7.5.1	Die einfach besetzte Welle . . . . .	314
7.5.2	Berechnung der Torsionsschwingungen einer n-fach besetzten Welle mit Hilfe von Übertragungsmatrizen . . . . .	315
7.5.3	Einheitenlose Darstellung . . . . .	325
7.5.4	Versetzte Systeme . . . . .	328
7.6	Biegeschwingungen und kritische Drehzahlen von Wellen . . . . .	330
7.6.1	Kritische Drehzahl der mit einer Scheibe besetzten Welle . . . . .	330
7.6.2	Die mit mehreren Scheiben besetzte Welle . . . . .	334
7.6.3	Berechnung der Biegeschwingungen von Balken mit Hilfe von Übertragungsmatrizen . . . . .	339
7.6.3.1	Zustandsgrößen, Ersatzsystem . . . . .	339
7.6.3.2	Übertragungsmatrizen . . . . .	341
7.6.3.3	Durchführung des Verfahrens . . . . .	346
7.6.3.4	Einheitenlose Darstellung . . . . .	349
7.6.3.5	Zwischenbedingungen, Erweiterungen . . . . .	353
7.7	Aufgaben zu Abschnitt 7 . . . . .	355

## **Anhang**

	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	358
	Weiterführendes Schrifttum . . . . .	382
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>383</b>