

# INHALTSVERZEICHNIS

Einführung und geschichtlicher Überblick . . . . .	17
--	----

<b>STATIK . . . . .</b>	<b>25</b>
-------------------------	-----------

<b>1. Grundbegriffe . . . . .</b>	<b>25</b>
1.1. Die Kraft . . . . .	25
1.2. Das Gleichgewicht . . . . .	27
1.3. Der starre Körper . . . . .	28

<b>2. Das ebene Kraftsystem . . . . .</b>	<b>28</b>
2.1. Ebene Kräftegruppen, deren Wirkungslinien durch einen Punkt gehen (Das zentrale ebene Kraftsystem) . . . . .	28
2.1.1. Zusammensetzung von Kräften . . . . .	29
2.1.2. Kraftzerlegung . . . . .	31
2.1.3. Gleichgewicht . . . . .	33
2.2. Das allgemeine, ebene Kraftsystem . . . . .	33
2.2.1. Grafische Ermittlung der Resultierenden . . . . .	33
2.2.2. Kräftepaar und Moment . . . . .	35
2.2.2.1. Kräftepaar . . . . .	35
2.2.2.2. Moment einer Kraft in bezug auf eine Achse . . . . .	36
2.2.2.3. Versetzungsmoment . . . . .	37
2.2.3. Analytische Ermittlung der Resultierenden . . . . .	38
2.2.4. Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	39
2.3. Beispiele . . . . .	40

<b>3. Ebene Tragwerke. . . . .</b>	<b>42</b>
3.1. Grundbegriffe . . . . .	42
3.1.1. Grundelemente der Tragwerke . . . . .	42
3.1.2. Lager und Verbindungen . . . . .	43
3.2. Bestimmung der Auflagergrößen einfacher Tragwerke . . . . .	46
3.2.1. Stützung eines Trägers durch ein Festlager (Gelenk) und ein Loslager (Rollenlager) . . . . .	46
3.2.2. Stützung einer Scheibe durch drei Pendelstützen (Rollenlager) . . . . .	47
3.2.3. Der einseitig eingespannte Träger. . . . .	48
3.3. Schnittgrößen eines Trägers . . . . .	50
3.3.1. Gerader Träger mit Einzellasten . . . . .	52

3.3.2.	Träger auf zwei Stützen mit Dreieckslast . . . . .	54
3.3.3.	Abgewinkelter Träger mit Verzweigung . . . . .	57
3.4.	Ebene Statik der Systeme starrer Körper . . . . .	59
3.4.1.	Einteilung der Tragwerke . . . . .	59
3.4.2.	Diskussion der getroffenen Annahmen. . . . .	60
3.4.3.	Statische Bestimmtheit der Tragwerke . . . . .	61
3.4.4.	Ermittlung der Auflagerreaktionen, Gelenkkräfte und Schnittgrößen von Stabwerken . . . . .	63
3.4.4.1.	Systeme gerader Träger — Lager und Verbundgelenke liegen auf einer Geraden ( <i>Gerber-Träger</i> ) . . . . .	63
3.4.4.2.	Gerade, gekrümmte oder abgewinkelte Träger — Lager und Verbundgelenke liegen nicht auf einer Geraden ( <i>Dreigelenkträger</i> ) . . . . .	66
3.4.4.3.	Sprengwerk . . . . .	70
3.4.5.	Fachwerke . . . . .	71
3.4.5.1.	Bildungsgesetze für Fachwerke — Ausnahmefachwerke . . . . .	71
3.4.5.2.	Rechnerische Bestimmung der Stabkräfte ( <i>Schnittverfahren</i> ) . . . . .	73
3.4.5.3.	Grafische Bestimmung der Stabkräfte ( <i>Cremona-Plan</i> ) . . . . .	77
3.4.5.4.*	Weitere Lösungsverfahren . . . . .	82
3.4.5.4.1.	Methode der Stabvertauschung . . . . .	82
3.4.5.4.2.	Verfahren des unbestimmten Maßstabes . . . . .	83
3.4.5.4.3.	Doppelschnittverfahren . . . . .	84
3.4.6.*	Seile und Ketten . . . . .	85
4.	<b>Das räumliche Kraftsystem</b> . . . . .	89
4.1.	Kräfte im Raum, deren Wirkungslinien sich in einem Punkt schneiden ( <i>Das zentrale räumliche Kraftsystem</i> ) . . . . .	89
4.1.1.	Kraftkomponenten . . . . .	89
4.1.2.	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	90
4.1.3.	Bockgerüst . . . . .	91
4.2.	Kräfte im Raum, deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punkt schneiden ( <i>Das allgemeine räumliche Kraftsystem</i> ) . . . . .	92
4.2.1.	Moment . . . . .	92
4.2.2.	Zusammensetzung beliebiger Kräfte . . . . .	93
4.2.3.	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	95
4.2.4.	Schnittgrößen . . . . .	97
5.	<b>Schwerpunkt</b> . . . . .	100
5.1.	Definition des Schwerpunktes . . . . .	100
5.2.	Körper- und Volumenschwerpunkt . . . . .	100
5.3.	Flächenschwerpunkt . . . . .	101
5.4.	Linien­schwerpunkt . . . . .	102
5.5.*	Die Sätze von <i>Guldin</i> . . . . .	102
5.6.	Beispiele . . . . .	102
6.	<b>Reibung zwischen festen Körpern</b> . . . . .	104
6.1.	Haftreibung ( <i>Haftung</i> ) . . . . .	104
6.2.	Gleitreibung ( <i>Coulombsche Reibung, trockene Reibung</i> ) . . . . .	107
6.3.	Seilreibung . . . . .	109
6.4.	Zapfenreibung . . . . .	111
6.5.	Rollreibung . . . . .	111

**FESTIGKEITSLEHRE . . . . . 113**

<b>1.</b>	<b>Grundlagen der Festigkeitslehre . . . . .</b>	<b>113</b>
1.1.	Einleitung . . . . .	113
1.2.	Belastungsarten und Lastfälle . . . . .	114
1.3.	Definition der Spannungen . . . . .	115
1.3.1.	Der einachsige Spannungszustand . . . . .	116
1.3.2.	Der zweiachsige (ebene) Spannungszustand . . . . .	118
1.3.2.1.	Spannungen an geneigten Schnittflächen . . . . .	120
1.3.2.2.	Hauptspannungen . . . . .	121
1.3.2.3.	<i>Mohrscher Spannungskreis</i> . . . . .	123
1.3.3.	Der dreiachsige (räumliche) Spannungszustand . . . . .	125
1.3.3.1.	Spannungstensor . . . . .	125
1.3.3.2.	Hauptspannungen und Invarianten des räumlichen Spannungszustandes . . . . .	126
1.3.3.3.	<i>Mohrscher Spannungskreis</i> . . . . .	129
1.4.	Verschiebungen und Verzerrungen . . . . .	129
1.5.	Materialverhalten . . . . .	132
1.5.1.	Lineares Elastizitätsgesetz — <i>Hookesches Gesetz</i> . . . . .	133
1.5.1.1.	<i>Hookesches Gesetz</i> für den einachsigen Spannungszustand . . . . .	133
1.5.1.2.	Formänderungen durch Schubspannungen . . . . .	135
1.5.1.3.	Verallgemeinertes <i>Hookesches Gesetz</i> . . . . .	137
1.5.1.3.1.	Ebener Spannungszustand . . . . .	138
1.5.1.3.2.	Ebener Verzerrungszustand . . . . .	138
1.6.	Formänderungsarbeit und Ergänzungsarbeit . . . . .	140
1.6.1.	Voraussetzungen . . . . .	140
1.6.2.	Formänderungsenergie bei einachsiger Zugbeanspruchung . . . . .	140
1.6.3.	Formänderungsenergie und Ergänzungsenergie für den ebenen Spannungszustand . . . . .	142
1.6.4.	Formänderungsenergie und Ergänzungsenergie für den räumlichen Spannungszustand . . . . .	143
1.7.	Zusammenfassung . . . . .	145
1.8.	Beispiele . . . . .	146
<b>2.</b>	<b>Zug und Druck in Stäben . . . . .</b>	<b>153</b>
2.1.	Voraussetzungen und Grundlagen . . . . .	153
2.2.	Spannungen und Verformungen von Stäben mit konstantem oder wenig veränderlichem Querschnitt . . . . .	153
2.3.	Spannungen in Stäben mit stark veränderlichem Querschnitt. . . . .	156
2.4.	Statisch unbestimmte Probleme . . . . .	157
2.5.	Wärmespannungen . . . . .	160
<b>3.</b>	<b>Biegung . . . . .</b>	<b>162</b>
3.1.	Voraussetzungen und Grundlagen . . . . .	162
3.2.	Flächenträgheitsmomente — Momente 2. Ordnung . . . . .	164
3.2.1.	Definition . . . . .	164
3.2.2.	Trägheits- und Zentrifugalmomente bei Parallelverschiebung der Koordinatenachsen . . . . .	165
3.2.3.	Trägheits- und Zentrifugalmomente bei Drehung des Koordinatensystems . . . . .	166
3.2.3.1.	Hauptträgheitsmomente und Hauptträgheitsachsen . . . . .	167
3.2.3.2.	Trägheitskreis von <i>Mohr-Land</i> . . . . .	168
3.2.3.3.*	Trägheitsellipse . . . . .	169

3.2.4.*	Zeichnerische Ermittlung von Trägheitsmomenten . . . . .	171
3.3.	Ermittlung der Spannungsverteilung bei Biegung . . . . .	172
3.3.1.	Gerade Biegung . . . . .	172
3.3.2.	Schiefe Biegung . . . . .	173
3.3.2.1.	$x, y$ sind Hauptträgheitsachsen . . . . .	173
3.3.2.2.	$x, y$ sind keine Hauptträgheitsachsen . . . . .	174
3.4.	Überlagerung von Biege- und Längskraftspannungen . . . . .	177
3.4.1.	Zug (Druck) und Biegung . . . . .	177
3.4.2.	Außermittiger Zug (Druck) . . . . .	178
3.4.3.	Querschnittskern . . . . .	179
3.5.	Biegung eben gekrümmter, symmetrischer Stäbe . . . . .	180
3.5.1.	Stäbe mit schwacher Krümmung . . . . .	180
3.5.2.*	Stäbe mit starker Krümmung . . . . .	180
3.6.	Verformung bei Biegung . . . . .	184
3.6.1.	Differentialgleichung 2. Ordnung für die gerade Biegung prismatischer Träger . . . . .	184
3.6.2.	Differentialgleichung 4. Ordnung für die gerade Biegung . . . . .	187
3.6.3.	Durchlaufverfahren und Matrizenverfahren für die gerade Biegung prismatischer Stäbe . . . . .	188
3.6.4.	Grafisches Verfahren zur Ermittlung der Biegelinie für die gerade Biegung gerader Stäbe . . . . .	194
3.7.*	Ergänzungen zur Biegetheorie von Stäben . . . . .	197
3.7.1.	Elastisch gebetteter Balken . . . . .	197
3.7.2.	Verformung bei schiefer Biegung prismatischer Stäbe . . . . .	199
3.7.3.	Verformung bei gerader Biegung gekrümmter Stäbe . . . . .	202
3.7.4.	Der kurze Stab — Einfluß der Schubverformung . . . . .	207
3.7.5.	Der breite Stab — Einfluß der Querkontraktion . . . . .	209
3.7.6.	Die „mittragende“ Breite . . . . .	210
3.7.7.	Biegung gekrümmter Rohre . . . . .	210
3.7.8.	Nichthomogenes Material . . . . .	211
3.7.9.	Wärmespannungen und -verformungen bei Balken . . . . .	213
3.7.9.1.	Wärmespannungen . . . . .	213
3.7.9.2.	Wärmeverformungen . . . . .	218
3.7.9.2.1.	Längsverformung des Balkens . . . . .	219
3.7.9.2.2.	Biegeverformung des Balkens . . . . .	219
3.8.	Beispiele . . . . .	221
3.9.	Zusammenfassung . . . . .	232
4.	<b>Schubbeanspruchung infolge Querkraft . . . . .</b>	<b>233</b>
4.1.	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	233
4.2.	Querkraftschub in einfach zusammenhängenden Querschnitten . . . . .	233
4.3.	Querkraftschub in dünnwandigen offenen Profilen . . . . .	236
4.4.*	Querkraftschub in dünnwandigen geschlossenen Profilen . . . . .	238
4.5.	Schubmittelpunkt . . . . .	241
4.5.1.	Offene Profile . . . . .	241
4.5.2.*	Geschlossene Profile . . . . .	243
4.6.	Beispiele . . . . .	244
5.	<b>Reine Torsion prismatischer Stäbe . . . . .</b>	<b>246</b>
5.1.	Voraussetzungen und Grundlagen . . . . .	246
5.2.	Torsion kreiszylindrischer Stäbe . . . . .	248

5.3.*	Torsion von Stäben mit elliptischem Querschnitt . . . . .	250
5.4.*	Membrangleichnis und hydrodynamisches Gleichnis . . . . .	253
5.5.	Torsion dünnwandiger geschlossener Querschnitte . . . . .	255
5.6.	Torsion dünnwandiger offener Querschnitte . . . . .	257
5.7.	Beispiele . . . . .	259
<b>6.</b>	<b>Spannungen in dünnwandigen rotationssymmetrischen Behältern unter Innendruck . . . . .</b>	<b>261</b>
6.1.	Grundlagen und Voraussetzungen . . . . .	261
6.2.	Ermittlung der Spannungen . . . . .	263
6.3.	Beispiele . . . . .	265
6.3.1.	Kugelkessel . . . . .	265
6.3.2.	Zylindrisches Rohr . . . . .	265
6.3.3.	Kegeliger Behälter . . . . .	266
6.3.4.	Kreisringbehälter . . . . .	266
6.3.5.	Zusammengesetzter Behälter . . . . .	267
<b>7.</b>	<b>Einflußzahlen . . . . .</b>	<b>269</b>
7.1.	Grundlagen . . . . .	269
7.2.	Symmetrie der Einflußzahlen . . . . .	271
7.2.1.	Kräfte und Durchbiegungen . . . . .	271
7.2.2.	Momente und Verdrehungen . . . . .	272
7.2.3.	Einfluß der Kräfte und Momente auf die Verdrehungen und Durchbiegungen . . . . .	273
7.3.	Beispiele . . . . .	274
<b>8.</b>	<b>Sätze von Castigliano . . . . .</b>	<b>276</b>
8.1.	Grundlagen . . . . .	276
8.2.	Beispiele zur Anwendung des Satzes von <i>Castigliano</i> auf statisch bestimmte Träger . . . . .	279
8.3.	Berechnung der Einflußzahlen nach dem Satz von <i>Castigliano</i> . . . . .	281
8.4.	Berechnung äußerlich statisch unbestimmter Probleme . . . . .	282
8.5.	Anwendung des Satzes von <i>Castigliano</i> auf innerlich statisch unbestimmte Systeme . . . . .	287
8.6.	Symmetrie- und Antimetriebetrachtungen . . . . .	291
8.7.	Berücksichtigung der Biege-, Zug-, Torsions- und Querkraftscharbeit . . . . .	293
8.8.	Elastische Formänderung von Fachwerken . . . . .	296
8.8.1.	Statisch bestimmte Fachwerke . . . . .	296
8.8.2.	Statisch unbestimmte Fachwerke . . . . .	298
8.8.3.*	Ausnahmefachwerk . . . . .	299
8.9.*	Wärmespannungsprobleme . . . . .	301
8.9.1.	Grundlagen . . . . .	301
8.9.2.	Beispiele . . . . .	302
<b>9.</b>	<b>Einführung in die Stabilitätstheorie . . . . .</b>	<b>306</b>
9.1.	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	306
9.2.	Elastische Knickung gerader und leicht gekrümmter Stäbe; Differentialgleichungen der Theorie 2. Ordnung . . . . .	310
9.3.	Näherungsmethoden zur Berechnung der kritischen Last . . . . .	322
9.3.1.	Einfache Glättung . . . . .	323
9.3.2.	Verfahren von <i>Galerkin</i> . . . . .	324

9.3.3.	Energiemethode . . . . .	325
9.4.*	Elastische Knickung gerader Stäbe — Theorie 3. Ordnung . . . . .	328
9.5.	Knickspannungen . . . . .	330
9.6.*	Ergänzungen zur Berechnung von Knicklasten . . . . .	334
9.6.1.	Nicht richtungstreue Kraft . . . . .	334
9.6.2.	Einfluß der Schubverformung auf die Knicklast . . . . .	336
<b>10.</b>	<b>Rotationssymmetrische Spannungszustände . . . . .</b>	<b>338</b>
10.1.	Das dickwandige Rohr . . . . .	338
10.1.1.	Gleichgewicht am Volumenelement . . . . .	338
10.1.2.	Verformungen — Dehnungen — Stoffgesetz . . . . .	339
10.1.3.	Die Differentialgleichung für die Radialverschiebung und deren Lösungen . . . . .	340
10.1.3.1.	Lösung als ebener Verzerrungszustand (EVZ) . . . . .	340
10.1.3.2.	Lösung als ebener Spannungszustand (ESZ) . . . . .	342
10.1.4.	Beispiele . . . . .	342
10.2.	Rotierende Scheiben . . . . .	344
10.2.1.	Gleichgewicht am Volumenelement . . . . .	344
10.2.2.	Verformungen — Dehnungen — Stoffgesetz . . . . .	344
10.2.3.	Die Differentialgleichung für die Radialspannung und deren Lösungen . . . . .	344
10.3.	Rotationssymmetrisch belastete Kreisringplatten . . . . .	348
10.3.1.	Voraussetzungen . . . . .	348
10.3.2.	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	348
10.3.3.	Formänderungsbetrachtungen und <i>Hookesches Gesetz</i> . . . . .	349
10.3.4.	Differentialgleichung und ihre Lösungen . . . . .	350
10.4.	Kreiszyinderschalen . . . . .	353
10.4.1.	Voraussetzungen . . . . .	353
10.4.2.	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	354
10.4.3.	Formänderungsbetrachtungen und <i>Hookesches Gesetz</i> . . . . .	355
10.4.4.	Differentialgleichung und ihre Lösungen . . . . .	356
10.5.	Zusammenfassung . . . . .	359
<b>11.</b>	<b>Vergleichsspannungshypothesen . . . . .</b>	<b>359</b>
11.1.	Hauptspannungshypothese . . . . .	359
11.2.	Hauptdehnungshypothese . . . . .	359
11.3.	Schubspannungshypothese . . . . .	360
11.4.	Gestaltänderungsenergiehypothese . . . . .	360
11.5.	Anwendung der Hypothesen auf spezielle Beanspruchungsarten . . . . .	362
<b>12.</b>	<b>Einblick in die Betriebsfestigkeit . . . . .</b>	<b>363</b>
12.1.	Einführung . . . . .	363
12.2.	Grundlagen zur Erfassung der Beanspruchungen . . . . .	365
12.2.1.	Schwingende Beanspruchungen . . . . .	365
12.2.2.*	Stochastische Beanspruchungen . . . . .	367
12.3.	Versagensformen, Erscheinungsformen des Bruches und statische Festigkeitskenngrößen . . . . .	370
12.3.1.	Bruch bei statischer Belastung . . . . .	372
12.3.2.	Bruch bei zyklischer Belastung . . . . .	373
12.4.	Ermittlung und Darstellung der Festigkeitskenngrößen bei dynamischer Beanspruchung . . . . .	375
12.4.1.	Einstufen-Dauerschwingversuch . . . . .	375
12.4.2.*	Blockprogrammversuch . . . . .	381

12.4.3.*	Random-Versuch . . . . .	382
12.5.	Einflußgrößen auf die Gestaltfestigkeit . . . . .	383
12.5.1.	Formzahl $\alpha_K$ und bezogenes Spannungsgefälle . . . . .	383
12.5.2.	Kerbwirkungszahl $\beta_K$ . . . . .	387
12.5.3.	Anisotropie . . . . .	390
12.5.4.	Größenfaktoren . . . . .	390
12.5.5.	Querschnittsform . . . . .	392
12.5.6.	Oberflächenfaktor . . . . .	393
12.6.	Berechnung der Gestaltfestigkeit . . . . .	394
12.7.*	Bruchmechanik . . . . .	396
<b>13.</b>	<b>Einblick in die Plastizitätstheorie . . . . .</b>	<b>399</b>
13.1.	Einführung . . . . .	399
13.2.	Spannungs-Dehnungs-Modelle . . . . .	400
13.3.	Zug . . . . .	401
13.4.	Biegung . . . . .	403
13.5.	Torsion . . . . .	405
13.6.	Mehrachsige Spannungszustände . . . . .	406
<b>14.</b>	<b>Einblick in die Viskoelastizitätstheorie . . . . .</b>	<b>406</b>
14.1.	Einführung . . . . .	406
14.2.	Das Materialgesetz für einen Werkstoff mit „linearem Gedächtnis“ . . . . .	408
14.2.1.	Voraussetzungen . . . . .	408
14.2.2.	Herleitung des Stoffgesetzes . . . . .	409
14.2.3.	Elastisches Verhalten als Sonderfall viskoelastischen Materials . . . . .	411
14.3.	Gerade Biegung als Anwendung . . . . .	412
14.4.	Relaxation . . . . .	415
14.5.	Zusammenfassung . . . . .	416
	<b>KINEMATIK . . . . .</b>	<b>417</b>
<b>1.</b>	<b>Kinematik des Punktes . . . . .</b>	<b>417</b>
1.1.	Darstellung der Bewegung . . . . .	417
1.2.	Geradlinige Bewegung des Punktes . . . . .	418
1.2.1.	Die kinematischen Grundaufgaben . . . . .	418
1.2.2.	Beispiele zur geradlinigen Bewegung . . . . .	419
1.3.	Allgemeine Bewegung des Punktes . . . . .	424
1.3.1.	Darstellung in kartesischen Koordinaten . . . . .	424
1.3.2.	Darstellung in Bahnkoordinaten . . . . .	425
1.3.3.	Darstellung in Zylinderkoordinaten . . . . .	427
1.3.4.	Beispiele zur allgemeinen Punktbewegung . . . . .	429
<b>2.</b>	<b>Kinematik des starren Körpers . . . . .</b>	<b>435</b>
2.1.	Allgemeine Bewegung des starren Körpers . . . . .	435
2.1.1.	Translation . . . . .	435
2.1.2.	Rotation . . . . .	436
2.1.3.	Zusammengesetzte Bewegung . . . . .	438
2.2.	Ebene Bewegung des starren Körpers, Momentanpol . . . . .	439
2.3.	Beispiele zur Kinematik des starren Körpers . . . . .	441

<b>8.</b>	<b>Relativbewegung . . . . .</b>	<b>448</b>
3.1.	Geschwindigkeits- und Beschleunigungsermittlung . . . . .	448
3.2.	Beispiele zur Relativbewegung . . . . .	450
<b>4.</b>	<b>Kinematik von Körpersystemen . . . . .</b>	<b>454</b>
4.1.	Freiheitsgrad und Zwangsbedingungen . . . . .	454
4.2.	Kinematische Systeme mit dem Freiheitsgrad $n$ . . . . .	457
	<b>DYNAMIK . . . . .</b>	<b>459</b>
<b>1.</b>	<b>Dynamik der Punktmasse . . . . .</b>	<b>459</b>
1.1.	Dynamisches Grundgesetz und seine Anwendungen . . . . .	459
1.1.1.	Dynamisches Grundgesetz . . . . .	459
1.1.2.	Kraftbegriff und einige Kraftgesetze der Dynamik . . . . .	461
1.1.2.1.	Gravitation und Schwerkraft. . . . .	461
1.1.2.2.	Federkräfte . . . . .	462
1.1.2.3.	Widerstandskräfte . . . . .	463
1.1.2.4.	Massenkraft und <i>d'Alembertsches</i> Prinzip . . . . .	465
1.1.3.	Beispiele zur Grundaufgabe: Bewegung gegeben, Kraft gesucht. . . . .	466
1.1.4.	Beispiele zur Grundaufgabe: Kraft gegeben, Bewegung gesucht. . . . .	468
1.1.4.1.	Allgemeine Beispiele . . . . .	468
1.1.4.2.	Schiefer Wurf . . . . .	473
1.1.4.3.	Bewegung mit Luftwiderstand . . . . .	476
1.1.4.4.	Erdferne Bewegung . . . . .	479
1.1.5.	Beispiele zur gemischten Fragestellung . . . . .	481
1.2.	Folgerungen des dynamischen Grundgesetzes. . . . .	484
1.2.1.	Impulssatz . . . . .	484
1.2.2.	Impulsmomentensatz, Drallsatz, Flächensatz. . . . .	484
1.2.3.	Arbeitssatz, Energiesatz, Potentialbegriff . . . . .	486
1.2.4.	Leistung . . . . .	489
1.2.5.	Beispiele zur Anwendung von Impulssatz und Arbeitssatz . . . . .	490
<b>2.</b>	<b>Dynamik der Bewegung des starren Körpers in einer Ebene . . . . .</b>	<b>497</b>
2.1.	Translation . . . . .	497
2.2.	Drehung eines Rotors um eine feste Achse . . . . .	498
2.2.1.	Drallsatz des Rotors . . . . .	498
2.2.2.	Achsenbezogene Massenträgheitsmomente . . . . .	498
2.2.2.1.	Beispiele für die Berechnung von Massenträgheitsmomenten . . . . .	499
2.2.2.2.	Satz von <i>Steiner</i> für Massenträgheitsmomente . . . . .	501
2.3.	Gegenüberstellung von Translation und ebener Drehung eines Rotors . . . . .	502
2.4.	Zusammengesetzte Bewegung . . . . .	503
2.5.	Beispiel zur ebenen Bewegung des starren Körpers . . . . .	503
<b>8.</b>	<b>Fundamentalsätze über die Dynamik des Systems von Punktmassen (Punkthaufen) und starrer Körper . . . . .</b>	<b>506</b>
3.1.	Schwerpunktsatz und seine Anwendung . . . . .	507
3.1.1.	Schwerpunktsatz . . . . .	507
3.1.2.	Reaktionskräfte und Massenausgleich an ebenen Mechanismen . . . . .	508
3.2.	Impulssatz, Drallsatz und ihre Anwendung . . . . .	513
3.2.1.	Impulssatz . . . . .	513



3.2.2.	Impulsmomentensatz und Drallsatz . . . . .	514
3.2.3.	Stoß . . . . .	516
3.2.4.	Kupplungsvorgang von Drehbewegungen um eine starre Achse . . . . .	523
3.3.	Arbeitssatz . . . . .	526
4.	<b>Aufstellen der Bewegungsgleichungen mit Hilfe des d'Alembertschen und des Lagrangeschen Prinzips . . . . .</b>	<b>528</b>
4.1.	Prinzip der virtuellen Arbeit und d'Alembertsches Prinzip . . . . .	529
4.2.	Lagrangesche Gleichungen 2. Art . . . . .	534
4.3.	Beispiele zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen . . . . .	538
4.3.1.	Gegenüberstellung der beiden Verfahren . . . . .	538
4.3.2.	Ableitung der Bewegungsgleichung der starren Maschine mit dem Freiheitsgrad 1 . . . . .	544
5.	<b>Dynamik des starren Körpers . . . . .</b>	<b>548</b>
5.1.	Dynamische Kennwerte des starren Körpers . . . . .	549
5.1.1.	Allgemeine Beziehungen zwischen Trägheitsmomenten und Deviationsmomenten, die Trägheitshauptachsen . . . . .	549
5.1.2.	Berechnung von Deviationsmomenten . . . . .	555
5.1.3.	Beispiele für die Berechnung von Trägheitshauptachsen und Hauptträgheitsmomenten . . . . .	556
5.2.	Kinetische Energie, Impuls und Drall des starren Körpers . . . . .	561
5.3.	Bewegung des starren Körpers . . . . .	564
5.3.1.	Rotation um eine feste Achse . . . . .	564
5.3.2.	Rotation um einen festen Punkt . . . . .	567
5.3.2.1.	Die <i>Eulerschen</i> Gleichungen . . . . .	567
5.3.2.2.	Der Begriff des Kreisels . . . . .	569
5.3.3.	Beispiele zur technischen Anwendung der Dynamik des starren Körpers . . . . .	570
6.	<b>Schwingungen linearer Systeme mit dem Freiheitsgrad 1 und konstanten Parametern . . . . .</b>	<b>576</b>
6.1.	Kinematik der Schwingungen . . . . .	577
6.1.1.	Harmonische Zeitfunktionen und ihre Synthese . . . . .	577
6.1.2.	Periodische Zeitfunktionen und ihre Analyse . . . . .	586
6.1.3.	Darstellung im Frequenzbereich . . . . .	594
6.2.	Freie Schwingungen von Systemen mit dem Freiheitsgrad 1 . . . . .	594
6.2.1.	Freie Schwingungen ungedämpfter Systeme . . . . .	594
6.2.2.	Freie Schwingungen gedämpfter Systeme . . . . .	599
6.2.3.	Ermittlung von Systemparametern aus den freien Schwingungen . . . . .	604
6.2.4.	Beispiele zu den freien Schwingungen . . . . .	606
6.3.	Erzwungene Schwingungen von Systemen mit dem Freiheitsgrad 1 . . . . .	614
6.3.1.	Berechnung der stationären Bewegung bei harmonischer Erregung . . . . .	615
6.3.2.	Stationäre Bewegung bei periodischer Erregung . . . . .	620
6.3.3.	Ermittlung von Systemparametern aus den erzwungenen Schwingungen . . . . .	623
6.3.4.	Darstellung erzwungener Schwingungen in Ortskurven . . . . .	629
6.3.5.	Beispiele zu den erzwungenen Schwingungen . . . . .	631
7.	<b>Schwingungen linearer Systeme mit dem Freiheitsgrad 2 und konstanten Parametern . . . . .</b>	<b>638</b>
7.1.	Freie Schwingungen von Systemen mit dem Freiheitsgrad 2 . . . . .	638
7.1.1.	Bewegungsgleichungen und ihre Kopplung . . . . .	638

7.1.2.	Eigenfrequenzen und Schwingungsformen gefesselter Systeme . . . . .	642
7.1.3.	Eigenfrequenzen und Schwingungsformen freier Systeme . . . . .	647
7.1.4.	Beispiele zur Berechnung freier Schwingungen . . . . .	649
7.2.	Erzwungene Schwingungen von Systemen mit dem Freiheitsgrad-2 . . . . .	655
7.2.1.	Bewegungsgleichungen und Resonanzfrequenzen . . . . .	655
7.2.2.	Berechnung der Ausschläge des ungedämpften Systems, der Tilgereffekt . .	658
7.2.3.	Abschätzung der Resonanzausschläge des gedämpften Systems . . . . .	659
	Weiterführende Literatur . . . . .	663
	Sachwortverzeichnis . . . . .	664