

Inhaltsverzeichnis

Teil I Statik starrer Körper 1

- 1 Einführung in die Vektorrechnung 3**
 - 1.1 Grundgedanken der Vektorrechnung 3
 - 1.2 Das Skalarprodukt 11
 - 1.3 Das Vektorprodukt 16
 - 1.4 Das Spatprodukt 23
 - 1.5 Das doppelte Vektorprodukt 25
 - 1.6 Anwendung der Vektorrechnung in der Geometrie 26

- 2 Kraftsysteme 29**
 - 2.1 Kraft und Moment 30
 - 2.2 Definition von Kraftsystemen 35
 - 2.2.1 Allgemeine Anmerkungen zu Kraftsystemen 35
 - 2.2.2 Ebene Kraftsysteme 43
 - 2.3 Kraftdichten 48

- 3 Schwerpunktberechnungen 51**
 - 3.1 Materieller Körper und Massenmittelpunkt 51
 - 3.2 Linien-, Flächen- und Volumenschwerpunkte 58
 - 3.2.1 Linienschwerpunkte 58
 - 3.2.2 Flächenschwerpunkte 61
 - 3.2.3 Volumenschwerpunkte 67
 - 3.3 Schwerpunkt und Gravitation 69
 - 3.4 Linien- und Flächenlasten 72

- 4 Strukturelemente 79**
 - 4.1 Schnittprinzip und Lagerreaktionen 80
 - 4.2 Untersuchung der Lösbarkeit von Starrkörperberechnungen 84
 - 4.3 Statisch bestimmte Fachwerkberechnung 92
 - 4.3.1 Statische Bestimmtheit von Fachwerken 94
 - 4.3.2 Zweidimensionale Fachwerkberechnung 96
 - 4.4 Balkenberechnung 104
 - 4.4.1 Geradlinige Balken 105
 - 4.4.2 Differentialgleichung der Schnittgrößen beim geraden Balken 121
 - 4.4.3 Superpositionseigenschaften 131

- 4.4.4 Rahmentragwerke 131
- 4.5 Seilberechnung 137
 - 4.5.1 Fall 1: Seile mit Einzellasten 138
 - 4.5.2 Seile unter Streckenlast 139
 - 4.5.3 Fall 2: Seile mit projizierter Streckenlast 143
 - 4.5.4 Fall 3: Eigengewicht 147
- 4.6 Momentenfreie Bögen 149

5 Reibung 153

- 5.1 Haftreibung 153
- 5.2 Seilreibung 161

Teil II Statik elastischer Körper 167

6 Eindimensionaler Spannungs- und Verzerrungszustand 169

- 6.1 Experimentelle Beobachtungen 170
- 6.2 Der eindimensionale, linear elastische Festkörper 171
 - 6.2.1 Kinematik 171
 - 6.2.2 Materialeigenschaften 174
 - 6.2.3 Gleichgewichtsbedingungen 177
 - 6.2.4 Temperaturendeckung 182
- 6.3 Fachwerkberechnung 185

7 Mehrdimensionale Spannungs- und Verzerrungszustände 195

- 7.1 Grundgleichungen der Elastostatik 195
 - 7.1.1 Der dreidimensionale Spannungszustand 196
 - 7.1.2 Gleichgewichtsbedingungen 206
 - 7.1.3 Verzerrungs- und Verschiebungszustände 209
 - 7.1.4 Lineare und isotrope Elastizität 212
- 7.2 Spannungsmaße 220
 - 7.2.1 Hydrostatische und deviatorische Spannungen 220
 - 7.2.2 Vergleichsspannungen 222
 - 7.2.3 Hauptspannungen 223
- 7.3 Erweiterte Betrachtungen der Elastostatik 229
- 7.4 Thermo-Elastizität 236
- 7.5 Zweidimensionale Elastostatik 237
 - 7.5.1 Ebener Spannungszustand 237
 - 7.5.2 Ebener Verzerrungszustand 245
- 7.6 Koordinatentransformation 246

8 Technische Balkentheorie 253

- 8.1 Spannungs-Schnittgrößenzusammenhang 254
- 8.2 Einfache Biegung des geraden Balkens 256
 - 8.2.1 Reine Biegung 256
 - 8.2.2 Technische Biegetheorie 261
 - 8.2.3 Biegung mit Normalkraft 270
 - 8.2.4 Unstetige Lasten – Föppl-Symbolik 271

- 8.3 Querschnittswerte 281
 - 8.3.1 Flächenschwerpunkte 281
 - 8.3.2 Statische Momente 281
 - 8.3.3 Flächenmomente 282
- 8.4 Zweiachsige Biegung 293
- 8.5 Torsionstheorie 302
 - 8.5.1 Reine Torsion 302
 - 8.5.2 Technische Torsionstheorie 313
 - 8.5.3 Dünnwandige, geschlossene Hohlquerschnitte 315
 - 8.5.4 Dünnwandige, offene Hohlquerschnitte 321
 - 8.5.5 Vergleich dünnwandiger Profile 324
- 8.6 Biegung mit Querkraft 325
 - 8.6.1 Berechnung der Schubspannung einfacher Querschnitte 325
 - 8.6.2 Schubspannungen bei dünnwandigen, offenen Profilen 329
 - 8.6.3 Schubweiche Balken 341
- 8.7 Superposition von Lösungen 345
- 8.8 Föppl-Klammern bei Zug/Druck und Torsion 346
- 8.9 Knicken von Stäben 349
 - 8.9.1 Gelenkstab mit Feder 350
 - 8.9.2 Eulersche Knickfälle 351
- 8.10 Balken auf nachgiebiger Unterlage 360

9 Energetische Betrachtungen 369

- 9.1 Grundbegriffe der Energiemethoden 369
 - 9.1.1 Formänderungsenergie dreidimensionaler Festkörper 372
 - 9.1.2 Biegung 373
 - 9.1.3 Torsion 374
 - 9.1.4 Superposition von Formänderungsenergien 376
- 9.2 Sätze von Maxwell, Betti und Castigliano 376
- 9.3 Prinzip der virtuellen Verschiebungen 389

Teil III Dynamik starrer Körper 397

10 Kinematik von Punktmassen und starren Körpern 399

- 10.1 Dreidimensionale Punktbewegung 399
 - 10.1.1 Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung 400
 - 10.1.2 Bogenlängendarstellung der Bewegung 403
 - 10.1.3 Ebene Kreisbewegung 406
 - 10.1.4 Geradlinige Bewegung 410
- 10.2 Dreidimensionale Starrkörperbewegung 411
- 10.3 Ebene Starrkörperbewegung 416
- 10.4 Bewegte Bezugssysteme 425
- 10.5 Bewegte Bezugssysteme in der Starrkörpermechanik 433
- 10.6 Kreiselkinematik 434

11 Bilanzgleichungen der Mechanik 439

- 11.1 Masse-, Impuls- und Drehimpuls 439

11.2	Massenbilanz	440
11.3	Impulssatz für Punktmassen	441
11.4	Spezielle Kräfte	446
11.4.1	Federkraft	446
11.4.2	Widerstandskräfte	448
11.5	Schwingende Systeme	456
11.5.1	Freie Schwingung	456
11.5.2	Erzwungene Schwingung	465
11.5.3	Konstante Erregerkraft	468
11.5.4	Harmonische Erregerkraft	469
11.5.5	Fußpunkterregung	473
11.6	Massenmittelpunkt und Massenträgheitsmomente	474
11.6.1	Massenmittelpunkt	475
11.6.2	Massenträgheitsmomente	476
11.7	Impuls- und Drehimpulsbilanz bei Starrkörpern	497
11.7.1	Massenmittelpunktsatz	497
11.7.2	Drehimpulssatz	498
11.8	Der Fall der Statik	504
11.9	Ebene Starrkörperbewegung	504
11.10	Impuls- und Drallsatz im bewegten Bezugssystem	514
11.10.1	Impulssatz für Punktmassen im bewegten Bezugssystem	514
11.10.2	Impuls- und Drallsatz im körperfesten Bezugssystem	520
12	Bilanz der mechanischen Leistung / Energiesatz	531
12.1	Energiebetrachtungen bei Punktmassen (geradlinige Bewegung)	531
12.2	Energiebetrachtung bei Punktmassen	538
12.3	Energiebetrachtungen bei Starrkörperbewegungen	543
13	Der Stoß	551
13.1	Grundbetrachtungen des Stoßes	551
13.2	Gerader, zentraler Stoß	554
13.3	Schiefer, zentraler Stoß	559
13.4	Exzentrischer Stoß	561
A	Dimension und Einheit	563
B	Analysis	565
B.1	Funktionen	565
B.1.1	Lineare Funktion	565
B.1.2	Trigonometrische Funktionen	566
B.1.3	Betragsfunktion	568
B.1.4	Areafunktionen	569
B.2	Funktionen und deren Ableitungen	571
B.2.1	Produktregeln	573
B.2.2	Kettenregel	575
B.3	Flächen- und Volumenintegrale	577

C	Lineare Algebra	583
C.1	Matrizenrechnung	583
C.2	Homogene Gleichungssysteme	589
C.3	Lösung von zwei Gleichungen für zwei Unbekannte	589
C.4	Berechnung der Eigenvektoren	591
C.5	Einführung in die Tensorrechnung	596
	Literaturverzeichnis	599
	Index	601

