

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort *XI*

Einführung *1*

Teil I Statik starrer Körper *7*

- 1 Einführung in die Vektorrechnung *9***
  - 1.1 Grundgedanken der Vektorrechnung *9*
  - 1.2 Das Skalarprodukt *17*
  - 1.3 Das Vektorprodukt *23*
  - 1.4 Das Spatprodukt *29*
  - 1.5 Das doppelte Vektorprodukt *31*
  - 1.6 Anwendung der Vektorrechnung in der Geometrie *32*
  
- 2 Kraftsysteme *37***
  - 2.1 Kraft und Moment *38*
  - 2.2 Definition von Kraftsystemen *43*
    - 2.2.1 Allgemeine Anmerkungen zu Kraftsystemen *44*
    - 2.2.2 Ebene Kraftsysteme *52*
  - 2.3 Kraftdichten *56*
  
- 3 Schwerpunktrechnungen *59***
  - 3.1 Materieller Körper und Massenmittelpunkt *59*
  - 3.2 Linien-, Flächen- und Volumenschwerpunkte *66*
    - 3.2.1 Linienschwerpunkte *66*
    - 3.2.2 Flächenschwerpunkte *70*
    - 3.2.3 Volumenschwerpunkte *76*
  - 3.3 Schwerpunkt und Gravitation *78*
  - 3.4 Linien- und Flächenlasten *81*
  
- 4 Strukturelemente *91***
  - 4.1 Schnittprinzip und Lagerreaktionen *92*

- 4.2 Untersuchung der Lösbarkeit von Starrkörperberechnungen 97
- 4.3 Statisch bestimmte Fachwerkberechnung 104
- 4.3.1 Statische Bestimmtheit von Fachwerken 107
- 4.3.2 Zweidimensionale Fachwerkberechnung 109
- 4.4 Balkenberechnung 118
- 4.4.1 Geradlinige Balken 118
- 4.4.2 Differentialgleichung der Schnittgrößen beim geraden Balken 134
- 4.4.3 Superpositionseigenschaften 144
- 4.4.4 Rahmentragwerke 145
- 4.5 Seilberechnung 150
- 4.5.1 Fall 1: Seile mit Einzellasten 151
- 4.5.2 Seile unter Streckenlast 153
- 4.5.3 Fall 2: Seile mit projizierter Streckenlast 157
- 4.5.4 Fall 3: Eigengewicht 160
- 4.6 Momentenfreie Bögen 163

- 5 Reibung 167**
- 5.1 Haftreibung 167
- 5.2 Seilreibung 175

## Teil II Statik elastischer Körper 181

- 6 Eindimensionaler Spannungs- und Verzerrungszustand 183**
- 6.1 Experimentelle Beobachtungen 184
- 6.2 Der eindimensionale, linear elastische Festkörper 185
- 6.2.1 Kinematik 186
- 6.2.2 Materialeigenschaften 188
- 6.2.3 Gleichgewichtsbedingungen 192
- 6.2.4 Temperaturendehnung 197
- 6.3 Fachwerkberechnung 199
- 7 Mehrdimensionale Spannungs- und Verzerrungszustände 211**
- 7.1 Grundgleichungen der Elastostatik 211
- 7.1.1 Der dreidimensionale Spannungszustand 212
- 7.1.2 Gleichgewichtsbedingungen 222
- 7.1.3 Verzerrungs- und Verschiebungszustände 225
- 7.1.4 Lineare und isotrope Elastizität 229
- 7.2 Spannungsmaße 237
- 7.2.1 Hydrostatische und deviatorische Spannungen 237
- 7.2.2 Vergleichsspannungen 239
- 7.2.3 Hauptspannungen 241
- 7.3 Erweiterte Betrachtungen der Elastostatik 247
- 7.3.1 Thermo-Elastizität 254
- 7.4 Zweidimensionale Elastostatik 255

7.4.1	Ebener Spannungszustand	256
7.4.2	Ebener Verzerrungszustand	264
<b>8</b>	<b>Technische Balkentheorie</b>	<b>265</b>
8.1	Spannungs-Schnittgrößenzusammenhang	266
8.2	Einfache Biegung des geraden Balkens	268
8.2.1	Reine Biegung	269
8.2.2	Technische Biegetheorie	274
8.2.3	Biegung mit Normalkraft	282
8.2.4	Unstetige Lasten – Föppl-Symbolik	283
8.3	Querschnittswerte	293
8.3.1	Flächenschwerpunkte	293
8.3.2	Statische Momente	294
8.3.3	Flächenmomente	295
8.4	Zweiachsige Biegung	306
8.5	Torsionstheorie	314
8.5.1	Reine Torsion	315
8.5.2	Technische Torsionstheorie	326
8.5.3	Dünnwandige, geschlossene Hohlquerschnitte	328
8.5.4	Dünnwandige, offene Hohlquerschnitte	335
8.5.5	Vergleich dünnwandiger Profile	338
8.6	Biegung mit Querkraft	339
8.6.1	Berechnung der Schubspannung einfacher Querschnitte	339
8.6.2	Schubspannungen bei dünnwandigen, offenen Profilen	343
8.6.3	Schubweiche Balken	355
8.7	Superposition von Lösungen	359
8.8	Knicken von Stäben	360
8.8.1	Gelenkstab mit Feder	360
8.8.2	Eulersche Knickfälle	362
<b>9</b>	<b>Energetische Betrachtungen</b>	<b>373</b>
9.1	Grundbegriffe der Energiemethoden	373
9.1.1	Formänderungsenergie dreidimensionaler Festkörper	377
9.1.2	Biegung	377
9.1.3	Torsion	379
9.1.4	Superposition von Formänderungsenergien	380
9.2	Sätze von Maxwell, Betti und Castigliano	381
9.3	Prinzip der virtuellen Verschiebungen	394
<b>Teil III Dynamik starrer Körper</b>		<b>405</b>
<b>10</b>	<b>Kinematik von Punktmassen und starren Körpern</b>	<b>407</b>
10.1	Dreidimensionale Punktbewegung	407
10.1.1	Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung	408

- 10.1.2 Bogenlängendarstellung der Bewegung 411
- 10.1.3 Ebene Kreisbewegung 414
- 10.1.4 Geradlinige Bewegung. 418
- 10.2 Dreidimensionale Starrkörperbewegung 419
- 10.3 Ebene Starrkörperbewegung 424
- 10.4 Bewegte Bezugssysteme 434
- 10.5 Bewegte Bezugssysteme in der Starrkörpermechanik 442
- 10.6 Kreiselkinematik 443
  
- 11 Bilanzgleichungen der Mechanik 447**
  - 11.1 Masse-, Impuls- und Drehimpuls 447
  - 11.2 Massenbilanz 448
  - 11.3 Impulssatz für Punktmassen 449
  - 11.4 Spezielle Kräfte 454
    - 11.4.1 Federkraft 455
    - 11.4.2 Widerstandskräfte 460
  - 11.5 Massenmittelpunkt und Massenträgheitsmomente 467
    - 11.5.1 Massenmittelpunkt 468
    - 11.5.2 Massenträgheitsmomente 469
  - 11.6 Impuls- und Drehimpulsbilanz bei Starrkörpern 493
    - 11.6.1 Massenmittelpunktsatz 494
    - 11.6.2 Drehimpulssatz 495
  - 11.7 Der Fall der Statik 501
  - 11.8 Ebene Starrkörperbewegung 502
  - 11.9 Impuls- und Drallsatz im bewegten Bezugssystem 511
    - 11.9.1 Massenmittelpunktsatz für Punktmassen im bewegten Bezugssystem 512
    - 11.9.2 Impuls- und Drallsatz im körperfesten Bezugssystem 517
  
- 12 Bilanz der mechanischen Leistung/Energiesatz 529**
  - 12.1 Energiebetrachtungen bei Punktmassen (geradlinige Bewegung) 529
  - 12.2 Energiebetrachtung bei Punktmassen 536
  - 12.3 Energiebetrachtungen bei Starrkörperbewegungen 539
  
- 13 Der Stoß 547**
  - 13.1 Grundbetrachtungen des Stoßes 547
  - 13.2 Gerader, zentraler Stoß 550
  - 13.3 Schiefer, zentraler Stoß 555
  - 13.4 Exzentrischer Stoß 557
  
- Anhang A Dimension und Einheit 559**
  
- Anhang B Analysis 561**
  - B.1 Funktionen 561
    - B.1.1 Trigonometrische Funktionen 561

- B.1.2 Betragsfunktion 563
- B.1.3 Areafunktionen 564
- B.2 Funktionen und deren Ableitungen 565
  - B.2.1 Produktregeln 567
  - B.2.2 Kettenregel 569
- B.3 Flächen- und Volumenintegrale 571

### **Anhang C Lineare Algebra 577**

- C.1 Matrizenrechnung 577
- C.2 Homogene Gleichungssysteme 583
- C.3 Lösung von zwei Gleichungen für zwei Unbekannte 584
- C.4 Berechnung der Eigenvektoren 585
- C.5 Einführung in die Tensorrechnung 587

### **Literaturverzeichnis 593**

### **Stichwortverzeichnis 595**

