

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 Schwerpunktberechnungen** *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	Temperaturausdehnung	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
8	Technische Balkentheorie	265
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
9	Energetische Betrachtungen	373
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
Teil III Dynamik starrer Körper		405
10	Kinematik von Punktmassen und starren Körpern	407
10.1	Dreidimensionale Punktbevewegung	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