

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Allgemeine Einführung	13
1.1 Aufgabe und Einteilung der Mechanik	13
1.2 Vorgehen in der Mechanik	14
1.3 Physikalische Größen und Einheiten	14
1.4 Aufbau des Buches	16
I Starrkörperstatik	17
2 Kräfte und Momente	17
2.1 Kräfte	17
2.1.1 Axiome zur Kräftegeometrie	18
2.1.2 Zusammenfassung von Kräften	19
2.1.3 Zerlegung von Kräften	20
2.1.4 Kräftepaar	22
2.2 Momente	22
2.2.1 Moment einer Kraft bezüglich eines Punktes	22
2.2.2 Moment eines Kräftepaars	24
2.2.3 Versetzungsmoment	25
2.3 Zusammenfassung von Kräftesystemen	25
2.3.1 Räumliche Kräftesysteme	25
2.3.2 Ebene Kräftesysteme	27
2.4 Übungsaufgaben	30
3 Gleichgewicht starrer Körper	33
3.1 Newtons Axiome	33
3.1.1 Gleichgewichtsaxiom	33
3.1.2 Dynamisches Grundgesetz	34
3.1.3 Reaktionsaxiom	34

Inhaltsverzeichnis	7
3.2 Gleichgewichtsbedingungen	35
3.2.1 Zentrales Kräftesystem	36
3.2.2 Allgemeines Kräftesystem	37
3.3 Schnittprinzip	39
3.3.1 Lagerreaktionen	40
3.3.2 Gelenkreaktionen	40
3.3.3 Zusammengesetzte Systeme	41
3.4 Statische Bestimmtheit	47
3.4.1 Notwendige Bedingung	47
3.4.2 Hinreichende Bedingung	49
3.5 Übungsaufgaben	50
4 Fachwerke	55
4.1 Gleichgewicht am Knoten	56
4.2 Nullstäbe	56
4.3 Statische Bestimmtheit	59
4.4 Ritter-Schnitt	60
4.5 Übungsaufgaben	62
5 Verteilte Kräfte	65
5.1 Gewichtskräfte	66
5.1.1 Vereinfachte Berechnung des Schwerpunkts in Sonderfällen	68
5.1.2 Summenformel zur Berechnung des Schwerpunkts	68
5.2 Oberflächenkräfte	72
5.3 Streckenlasten (Linienkräfte)	73
5.3.1 Gleichgerichtete Lasten	73
5.3.2 Nicht gleichgerichtete Lasten	75
5.4 Übungsaufgaben	77
6 Schnittgrößen in Balkensystemen	80
6.1 Schnittgrößen in geraden Balken	81
6.1.1 Ebene Belastung	81
6.1.2 Räumliche Belastung	92
6.2 Schnittgrößen in gekrümmten Balken	94
6.2.1 Kreisbogenträger	94
6.2.2 Momentenfreier Bogenträger	96
6.2.3 Seile und Ketten	100
6.3 Übungsaufgaben	104

II	Elastostatik	111
7	Motivation der Elastostatik	111
7.1	Aufgaben und Elemente der Elastostatik	111
7.2	Elastostatik des Stabes	112
7.3	Übungsaufgaben	117
8	Spannungszustand	118
8.1	Spannungsvektor und Spannungstensor	118
8.2	Gleichgewichtsbedingungen	120
8.3	Ebener Spannungszustand	122
8.3.1	Koordinatentransformation	123
8.3.2	Mohrscher Spannungskreis	126
8.3.3	Hauptspannungen	130
8.4	Rotationssymmetrischer Spannungszustand	133
8.5	Einachsiger Spannungszustand	135
8.6	Übungsaufgaben	137
9	Verzerrungszustand	140
9.1	Verschiebungsvektor und Verzerrungstensor	140
9.2	Ebener Verzerrungszustand	143
9.3	Rotationssymmetrischer Verzerrungszustand	143
9.4	Einachsiger Verzerrungszustand	144
9.5	Übungsaufgaben	145
10	Materialgleichungen	146
10.1	Materialverhalten im Versuch	147
10.1.1	Zugversuch	147
10.1.2	Torsionsversuch	149
10.1.3	Wärmedehnung	149
10.2	Verallgemeinertes Hookesches Gesetz	152
10.2.1	Dreiachsiger Spannungs- und Verzerrungszustand	152
10.2.2	Ebener Spannungszustand	153
10.2.3	Ebener Verzerrungszustand	154
10.2.4	Rotationssymmetrischer Spannungszustand	154
10.3	Beziehungen zwischen den Materialkonstanten	155
10.4	Übungsaufgaben	157

11	Beanspruchung von Stäben	161
11.1	Spannungen	162
11.1.1	Spannungsverteilung im geraden Stab	162
11.1.2	De Saint Venantsches Prinzip	163
11.1.3	Dimensionierung von Bauteilen	163
11.2	Gleichgewichtsbedingungen	165
11.3	Kinematische Beziehung	165
11.4	Materialgleichung	166
11.5	Differentialgleichung der Stabdehnung	166
11.6	Einzelstäbe und Stabsysteme	167
11.7	Übungsaufgaben	171
12	Biegung gerader Balken	175
12.1	Ebene Biegung	176
12.1.1	Differentialgleichung der Biegelinie	176
12.1.2	Verformung	179
12.1.3	Spannungen	189
12.1.4	Superposition	192
12.2	Schiefe Biegung	194
12.2.1	Differentialgleichung der Biegelinie	195
12.2.2	Verformung	197
12.2.3	Spannungen	201
12.3	Übungsaufgaben	205
13	Schubbeanspruchung	211
13.1	Reine Scherung	211
13.2	Schubspannungen infolge Querkraft	212
13.2.1	Vollquerschnitte	212
13.2.2	Dünnwandige Querschnitte	216
13.3	Torsion prismatischer Stäbe	221
13.3.1	Torsion von Kreisquerschnitten	221
13.3.2	Torsion dünnwandiger geschlossener Profile	225
13.3.3	Torsion dünnwandiger offener Profile	232
13.4	Schubmittelpunkt	238
13.5	Übungsaufgaben	242
14	Kombinierte Beanspruchung	248
14.1	Superposition	248
14.2	Beanspruchung durch Biegung und Normalkraft	249

14.3	Beanspruchung durch Querkraft und Torsion	252
14.4	Spannungszustand bei kombinierter Beanspruchung	258
14.5	Verbundquerschnitte	262
14.5.1	Ebene Biegung mit Normalkraft	263
14.5.2	Spannungen in Verbundquerschnitten	266
14.5.3	Berechnung über das Verhältnis der Elastizitätsmoduln	268
14.6	Übungsaufgaben	274
15	Energiemethoden	281
15.1	Arbeitssatz der Mechanik	281
15.2	Aktive und passive Formänderungsarbeit	282
15.3	Formänderungsenergie	285
15.3.1	Formänderungsenergie im Zugstab	285
15.3.2	Formänderungsenergie im Balken	287
15.3.3	Formänderungsenergie durch Querkraftschub	289
15.3.4	Formänderungsenergie durch Torsion	290
15.4	Prinzip der virtuellen Arbeit	290
15.5	Prinzip der virtuellen Verrückungen	292
15.6	Prinzip der virtuellen Kräfte	293
15.7	Einführung in die Finite Element Methode	297
15.8	Übungsaufgaben	303
16	Stabilitätsprobleme	311
16.1	Kritische Last elastischer Starrkörpersysteme	312
16.2	Knicken elastischer Stäbe	317
16.3	Übungsaufgaben	321
17	Einführung in die Festigkeitslehre	326
17.1	Hypothese der größten Zugnormalspannung	327
17.2	Hypothese der maximalen Schubspannung	327
17.3	Hypothese der größten Gestaltänderungsenergie	328
17.4	Übungsaufgaben	331
III	Kinetik	334
18	Kinematik des Punktes	334
18.1	Koordinatensysteme	335

Inhaltsverzeichnis	11	
18.2	Sonderfälle	337
18.2.1	Geradlinige Bewegung	337
18.2.2	Ebene Bewegung in Polarkoordinaten	338
18.2.3	Kreisbewegung	339
18.3	Grundaufgaben	340
18.4	Übungsaufgaben	342
19	Kinetik des Massenpunktes	345
19.1	Newtonsche Bewegungsgleichungen	345
19.2	Schiefer Wurf	346
19.3	Impulssatz	347
19.4	Arbeitssatz, Energiesatz	348
19.5	Potentiale	350
19.6	Gerader zentrischer Stoß	351
19.7	Schiefer zentrischer Stoß	354
19.8	Reibung: Haften und Gleiten	354
19.8.1	Haften	355
19.8.2	Gleiten	357
19.8.3	Seilhaften und -gleiten	359
19.9	Übungsaufgaben	364
20	Bewegung des starren Körpers	374
20.1	Kinematik	374
20.2	Bewegungsgleichungen	377
20.3	Impulssatz, Drehimpulssatz	382
20.4	Ebener Stoß	383
20.5	Arbeitssatz, Energiesatz	384
20.6	Schnittgrößen in sich bewegenden Systemen	387
20.7	Übungsaufgaben	392
21	Schwingungen	402
21.1	Modellbildung und Grundbegriffe	403
21.2	Freie Schwingungen	407
21.2.1	Freie ungedämpfte Schwingungen	407
21.2.2	Freie gedämpfte Schwingungen	413
21.2.3	Statische Ruhelage	426
21.3	Erzwungene Schwingungen	427

21.3.1	Kraftanregung	429
21.3.2	Weganregung über Feder	432
21.3.3	Weganregung über Dämpfer	433
21.3.4	Unwuchtanregung	435
21.3.5	Seismische Anregung	437
21.4	Übungsaufgaben	443

Anhang **452**

A **Mathematische Grundlagen** **452**

A.1	Ebene Trigonometrie	452
A.1.1	Definitionen	452
A.1.2	Zusammenhänge zwischen den Winkelfunktionen	453
A.2	Drehung des Koordinatensystems	453
A.3	Geometrische Momente	454
A.3.1	Definition	454
A.3.2	Statisches Moment und geometrischer Schwerpunkt	455
A.3.3	Flächenträgheitsmoment	460
A.3.4	Volumenträgheitsmoment	473
A.4	Vektor- und Matrizenrechnung	474
A.4.1	Vektoren	475
A.4.2	Dyaden (Tensoren 2. Stufe)	477
A.5	Übungsaufgaben	481

B **Hilfsmittel** **487**

Rand- und Übergangsbedingungen	487
Biegelinientafel für Einfeldbalken	488
Biegelinientafel für Kragarm	489
Integraltafel	490
Flächenmaße einfacher Geometrien	491
Massenträgheitsmomente	492

C **Englische Fachbegriffe** **493**

Englisch–deutsche Vokabelübersicht	493
Deutsch–englische Vokabelübersicht	499

Abbildungsnachweis **505**

Symbolverzeichnis **506**

Stichwortverzeichnis **508**