

Inhaltsverzeichnis

1	Hydromechanik	1
1.1	Eigenschaften einer Flüssigkeit	2
1.2	Hydrostatik	3
1.2.1	Druck in einer ruhenden Flüssigkeit	4
1.2.2	Auftrieb	11
1.2.3	Der schwimmende Körper	17
1.2.4	Druckkräfte auf ebene Flächen	19
1.2.5	Druckkräfte auf gekrümmte Flächen	26
1.3	Hydrodynamik	31
1.3.1	Kinematische Grundlagen	31
1.3.2	Stromfadentheorie	34
1.3.3	Strömung mit Energieverlusten	53
1.4	Weiterführende Literatur	65
2	Grundlagen der Elastizitätstheorie	67
2.1	Einleitung	69
2.2	Spannungszustand	69
2.2.1	Spannungsvektor, Spannungstensor, Indexschreibweise	69
2.2.2	Koordinatentransformation	74
2.2.3	Hauptspannungen, Invarianten, Mohrsche Kreise	78
2.2.4	Hydrostatischer Spannungszustand, Deviator	84
2.2.5	Gleichgewichtsbedingungen	87
2.3	Deformation und Verzerrung	95
2.3.1	Allgemeines	95
2.3.2	Infinitesimaler Verzerrungstensor	97
2.3.3	Kompatibilitätsbedingungen	103

2.4	Elastizitätsgesetz	107
2.4.1	Hookesches Gesetz	107
2.4.2	Isotropie	108
2.4.3	Formänderungsenergiedichte	113
2.4.4	Temperaturdehnungen	117
2.5	Grundgleichungen	119
2.6	Ebene Probleme	120
2.6.1	Ebener Spannungszustand, ebener Verzerrungszustand .	120
2.6.2	Spannungs-Differentialgleichungen, Spannungsfunktion	123
2.6.3	Anwendungsbeispiele	126
2.6.4	Verschiebungs-Dgln., Rotationssymmetrie	131
2.7	Torsion	135
2.7.1	Allgemeines	135
2.7.2	Grundgleichungen	135
2.7.3	Verwölbungsfunktion und Torsionsfunktion	137
2.8	Energieprinzipien	146
2.8.1	Arbeitssatz	146
2.8.2	Sätze von Clapeyron und von Betti	151
2.8.3	Prinzip der virtuellen Verrückungen	152
2.9	Elemente der nichtlinearen Elastizitätstheorie	157
2.9.1	Allgemeines	157
2.9.2	Deformationsgradient, polare Zerlegung, Verzerrungsmaße	158
2.9.3	Gleichgewichtsbedingungen, Piola-Kirchhoff Spannungstensoren	160
2.9.4	Formänderungsarbeit, Prinzip der virtuellen Verrückungen	162
2.9.5	Elastizitätsgesetz	164
2.10	Weiterführende Literatur	169
3	Statik spezieller Tragwerke	171
3.1	Einleitung	172
3.2	Der Bogenträger	172
3.2.1	Gleichgewichtsbedingungen	172
3.2.2	Der momentenfreie Bogenträger	177
3.3	Das Seil	179
3.3.1	Gleichung der Seillinie	179
3.3.2	Seil unter Einzelkräften	183
3.3.3	Kettenlinie	184

3.4	Der Schubfeldträger	187
3.4.1	Kraftfluss am Parallelträger	187
3.4.2	Grundgleichungen	188
3.5	Saite und Membran	195
3.5.1	Die Saite	195
3.5.2	Die Membran	199
3.5.3	Membrantheorie dünner Rotationsschalen	201
3.6	Die Platte	206
3.6.1	Grundgleichungen der Platte	207
3.6.2	Randbedingungen für die schubstarre Platte	213
3.6.3	Die Kreisplatte	218
3.7	Weiterführende Literatur	221
4	Schwingungen kontinuierlicher Systeme	223
4.1	Einleitung	224
4.2	Die Saite	224
4.2.1	Wellengleichung	225
4.2.2	d'Alembertsche Lösung, Wellen	226
4.2.3	Bernoullische Lösung, Schwingungen	230
4.3	Longitudinalschwingungen und Torsionsschwingungen	236
4.3.1	Freie Longitudinalschwingungen	236
4.3.2	Erzwungene Longitudinalschwingungen	242
4.3.3	Torsionsschwingungen	244
4.4	Biegeschwingungen von Balken	247
4.4.1	Grundgleichungen	247
4.4.2	Freie Schwingungen	249
4.4.3	Erzwungene Schwingungen	258
4.4.4	Wellenausbreitung	262
4.5	Eigenschwingungen von Membranen und Platten	264
4.5.1	Membranschwingungen	264
4.5.2	Plattenschwingungen	268
4.6	Energieprinzipien	271
4.7	Weiterführende Literatur	277
5	Stabilität elastischer Strukturen	279
5.1	Allgemeines	280
5.2	Beschreibung typischer Stabilitätsfälle	280
5.2.1	Der elastisch eingespannte Druckstab als Beispiel für ein Verzweigungsproblem	280

5.2.2	Der Einfluss von Imperfektionen	286
5.2.3	Ein Beispiel für ein Durchschlagproblem	291
5.3	Verallgemeinerung	292
5.4	Stabknicken	297
5.4.1	Ermittlung der Knickgleichung mit der Energiemethode, Rayleigh-Quotient	297
5.4.2	Der Knickstab unter Eigengewicht	303
5.4.3	Der imperfekte Druckstab	306
5.4.4	Der elastische Druckstab mit großen Verschiebungen – Die Elastica	308
5.5	Plattenbeulen	313
5.5.1	Die Beulgleichung	313
5.5.2	Die Rechteckplatte unter einseitigem Druck	316
5.5.3	Die Kreisplatte	322
5.6	Weiterführende Literatur	324
6	Viskoelastizität und Plastizität	325
6.1	Einführung	326
6.2	Viskoelastizität	329
6.2.1	Modellrheologie	330
6.2.2	Materialgesetz in integraler Form	348
6.3	Plastizität	353
6.3.1	Allgemeines	353
6.3.2	Fachwerke	359
6.3.3	Balken	365
6.3.4	Eindimensionale Plastizität in Ratenform	375
6.3.5	Dreidimensionale Plastizität	385
6.4	Weiterführende Literatur	405
7	Numerische Methoden in der Mechanik	407
7.1	Einleitung	408
7.2	Differentialgleichungen in der Mechanik	408
7.3	Integrationsverfahren für Anfangswertprobleme	410
7.3.1	Explizite Integrationsverfahren	411
7.3.2	Implizite Integrationsverfahren	419
7.4	Differenzenverfahren für Randwertprobleme	422
7.4.1	Gewöhnliche Differentialgleichungen	422
7.4.2	Partielle Differentialgleichungen	428

7.5	Methode der gewichteten Residuen	433
7.5.1	Vorbemerkungen	433
7.5.2	Kollokationsverfahren	434
7.5.3	Galerkin-Verfahren	434
7.5.4	Numerische Integration	437
7.5.5	Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme	439
7.5.6	Beispiele	440
7.5.7	Verfahren von Ritz	449
7.6	Methode der finiten Elemente	458
7.6.1	Einführung	458
7.6.2	Aufstellung der Gleichungssysteme	462
7.6.3	Stabelement	465
7.6.4	Balkenelement	468
7.6.5	Element für die Kreisplatte	473
7.6.6	Finite Elemente für zweidimensionale Probleme	477
7.6.7	Finite Elemente für dreidimensionale Probleme	496
7.6.8	Elasto-plastisches Materialverhalten	504
7.7	Weiterführende Literatur	516
	Englische Fachausdrücke	517
	Stichwortverzeichnis	535