

Inhaltsverzeichnis

1	Hydromechanik	1
1.1	Eigenschaften einer Flüssigkeit	1
1.2	Hydrostatik	3
1.2.1	Druck in einer ruhenden Flüssigkeit	3
1.2.2	Auftrieb	10
1.2.3	Der schwimmende Körper	15
1.2.4	Druck einer Flüssigkeit auf ebene Flächen	18
1.2.5	Druck einer Flüssigkeit auf gekrümmte Flächen	25
1.3	Hydrodynamik	29
1.3.1	Kinematische Grundlagen	29
1.3.2	Stromfadentheorie	32
1.3.2.1	Allgemeines	32
1.3.2.2	Kontinuitätsgleichung	33
1.3.2.3	Bernoullische Gleichung	34
1.3.2.4	Impulssatz	44
1.3.3	Strömung mit Energieverlusten	51
1.3.3.1	Allgemeines	51
1.3.3.2	Verallgemeinerte Bernoullische Gleichung	53
1.3.3.3	Strömung in einem kreiszylindrischen Rohr	56
1.3.3.4	Strömung in offenen Gerinnen	59
2	Grundlagen der Elastizitätstheorie	64
2.1	Spannungszustand	64
2.1.1	Spannungsvektor und Spannungstensor, Indexschreibweise	64
2.1.2	Koordinatentransformation	69
2.1.3	Hauptspannungen, Invarianten, Mohrsche Kreise	72
2.1.4	Hydrostatischer Spannungszustand, Deviator	78
2.1.5	Gleichgewichtsbedingungen	80
2.2	Deformation und Verzerrung	85
2.2.1	Allgemeines	85
2.2.2	Infinitesimaler Verzerrungstensor	87
2.2.3	Kompatibilitätsbedingungen	92
2.3	Elastizitätsgesetz	96
2.3.1	Hookesches Gesetz	96

2.3.2 Isotropie	97
2.3.3 Formänderungsenergiendichte	101
2.3.4 Temperaturdehnungen	105
2.4 Grundgleichungen	106
2.5 Ebene Probleme	108
2.5.1 Ebener Spannungszustand und ebener Verzerrungszustand	108
2.5.2 Spannungs-Differentialgleichungen, Spannungsfunktion	111
2.5.3 Anwendungsbeispiele	114
2.5.3.1 Einfache Spannungszustände	114
2.5.3.2 Balken unter konstanter Belastung	115
2.5.3.3 Kreisbogenscheibe unter reiner Biegung	117
2.5.3.4 Die Scheibe mit Kreisloch unter Zugbelastung	119
2.5.4 Verschiebungs-Differentialgleichungen, Rotationssymmetrie	120
2.6 Torsion	123
2.6.1 Allgemeines	123
2.6.2 Grundgleichungen	124
2.6.3 Differentialgleichungen für die Verwölbungsfunktion und für die Torsionsfunktion	126
2.7 Energieprinzipien	135
2.7.1 Arbeitssatz	135
2.7.2 Sätze von Clapeyron und von Betti	139
2.7.3 Prinzip der virtuellen Verrückungen	140
3 Statik spezieller Tragwerke	146
3.1 Einleitung	146
3.2 Der Bogenträger	147
3.2.1 Gleichgewichtsbedingungen	147
3.2.2 Der momentenfreie Bogenträger	151
3.3 Das Seil	153
3.3.1 Gleichung der Seillinie	153
3.3.2 Seil unter Einzelkräften	157
3.3.3 Kettenlinie	158
3.4 Der Schubfeldträger	162
3.4.1 Kraftfluß am Parallelträger	162
3.4.2 Grundgleichungen	163
3.5 Saite und Membran	171
3.5.1 Die Saite	171
3.5.2 Die Membran	174
3.5.3 Membrantheorie dünner Rotationsschalen	177

3.6 Die Platte	181
3.6.1 Grundgleichungen der Platte	181
3.6.2 Randbedingungen für die schubstarre Platte	188
3.6.3 Die Kreisplatte	194
4 Schwingungen kontinuierlicher Systeme	198
4.1 Die Saite	198
4.1.1 Wellengleichung	199
4.1.2 d'Alembertsche Lösung, Wellen	200
4.1.3 Bernoullische Lösung, Schwingungen	204
4.2 Longitudinalschwingungen und Torsionsschwingungen von Stäben	211
4.2.1 Freie Longitudinalschwingungen	211
4.2.2 Erzwungene Longitudinalschwingungen	216
4.2.3 Torsionsschwingungen	219
4.3 Biegeschwingungen von Balken	222
4.3.1 Grundgleichungen	222
4.3.2 Freie Schwingungen	224
4.3.2.1 Euler-Bernoulli-Balken	224
4.3.2.2 Timoshenko-Balken	232
4.3.3 Erzwungene Schwingungen	234
4.3.4 Wellenausbreitung	238
4.4 Eigenschwingungen von Membranen und Platten	240
4.4.1 Membranschwingungen	240
4.4.2 Plattenschwingungen	245
4.5 Energieprinzipien	248
5 Stabilität elastischer Strukturen	254
5.1 Allgemeines	254
5.2 Modelle zur Beschreibung typischer Stabilitätsfälle	255
5.2.1 Der elastisch eingespannte Druckstab als Beispiel für ein Verzweigungsproblem	255
5.2.2 Der Einfluß von Imperfektionen	261
5.2.3 Der Stabzweischlag als Beispiel für ein Durchschlagproblem	265
5.3 Verallgemeinerung	267
5.4 Stabknicken	272
5.4.1 Der elastische Druckstab mit großen Verschiebungen – Die Elastica	272
5.4.2 Ermittlung der Knickgleichung mit der Energiemethode	277
5.4.3 Der imperfekte Druckstab	282

5.5 Plattenbeulen	284
5.5.1 Die Beulgleichung	284
5.5.2 Die Rechteckplatte unter einseitigem Druck	287
5.5.3 Die Kreisplatte	293
6 Viskoelastizität und Plastizität	297
6.1 Einführung	297
6.2 Viskoelastizität	300
6.2.1 Modellrheologie	301
6.2.1.1 Kelvin-Voigt-Körper	302
6.2.1.2 Maxwell-Körper	308
6.2.1.3 Linearer Standardkörper, 3-Element-Flüssigkeit	311
6.2.1.4 Verallgemeinerte Modelle	317
6.2.2 Materialgesetz in integraler Form	320
6.3 Plastizität	324
6.3.1 Allgemeines	324
6.3.2 Fachwerke	330
6.3.3 Balken	337
6.3.3.1 Spannungsverteilung	337
6.3.3.2 Biegelinie	344
7 Numerische Methoden in der Mechanik	347
7.1 Einleitung	347
7.2 Differentialgleichungen in der Mechanik	347
7.3 Integrationsverfahren für Anfangswertprobleme	350
7.3.1 Explizite Integrationsverfahren	350
7.3.2 Implizite Integrationsverfahren	358
7.4 Differenzenverfahren für Randwertprobleme	362
7.4.1 Gewöhnliche Differentialgleichungen	362
7.4.2 Partielle Differentialgleichungen	368
7.5 Methode der gewichteten Residuen	373
7.5.1 Vorbemerkungen	373
7.5.2 Kollokationsverfahren	374
7.5.3 Galerkin-Verfahren	374
7.5.4 Numerische Integration	377
7.5.5 Beispiele	379
7.5.6 Verfahren von Ritz	384
7.6 Methode der finiten Elemente	393
7.6.1 Einführung	393
7.6.2 Aufstellung der Gleichungssysteme	397
7.6.3 Stabelement	400

Inhaltsverzeichnis	XI
7.6.4 Balkenelement	403
7.6.5 Element für die Kreisplatte	409
7.6.6 Finite Elemente für zweidimensionale Probleme	412
7.6.6.1 Membranelement	413
7.6.6.2 Finite Elemente in der Elastizitätstheorie	420
Sachverzeichnis	429