

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage — V

1	Einleitung — 1
2	Differentialgleichungen erster Ordnung — 8
3	Homogene und inhomogene lineare Differentialgleichung erster Ordnung — 12
4	Der funktionale Zusammenhang zweier physikalischer Größen — 15
4.1	Potentielles Wachstum — 15
4.2	Exponentielles Wachstum — 17
4.3	Exponentiell beschränktes Wachstum — 18
4.4	Logistisches Wachstum — 20
5	Kompartimentmodelle — 25
6	Numerisches Lösen von Differentialgleichungen erster Ordnung — 31
7	Differentialgleichungen zweiter Ordnung — 35
7.1	Physikalische Systemumgebungen — 37
7.2	Beispiele zu den Bewegungsgleichungen — 38
8	Die Verformungen eines Festkörpers — 54
8.1	Dehnung und Stauchung am Stab — 55
8.2	Die elastischen Konstanten eines isotropen Körpers — 61
9	Elastische, viskose und plastische Materialien — 68
9.1	Ideal-viskose Fluide — 68
9.2	Visko-elastische Stoffe und Modelle — 70
10	Statische Auslenkungen einer vorgespannten Saite — 79
11	Balkenbiegungen — 83
11.1	Biegelinien — 85
12	Schwingungen — 103
12.1	Das ungedämpfte Federpendel — 103
12.2	Das gedämpfte Federpendel — 106

13	Numerisches Lösen von Differentialgleichungen zweiter Ordnung — 111
13.1	Das Fadenpendel — 113
13.2	Das physikalische Pendel — 114
13.3	Das Torsionspendel — 117
14	Erzwungene Schwingungen — 123
15	Gekoppelte Pendel — 133
15.1	Die Schwebung — 135
15.2	Schwingungstilger ohne Dämpfung — 137
16	Partielle Differentialgleichungen — 142
16.1	Darstellung von eindimensionalen Wellen — 143
16.2	Die Wellengleichung der ungedämpft schwingenden Saite — 145
16.3	Die Bernoulli-Lösung für eine freie Saitenschwingung — 150
16.4	Erzwungene Saitenschwingungen ohne Dämpfung — 161
16.5	Modalanalyse — 165
17	Die Wellengleichung für Longitudinalschwingungen eines Stabs — 173
17.1	Freie Longitudinalschwingungen eines Stabs — 174
17.2	Erzwungene Longitudinalschwingungen eines Stabs — 178
17.3	Die Wellengleichung für Torsionsschwingungen eines kreisrunden Stabs — 183
17.4	Die Wellengleichung für Scher- oder Schubsschwingungen eines Stabs — 184
18	Die Gleichung für Biegeschwingungen eines Balkens — 187
18.1	Euler'sche Knicklast ohne Eigengewicht — 191
18.2	Euler'sche Knicklast mit Eigengewicht — 195
18.3	Biegeschwingungen ohne Dämpfung und Last — 199
18.4	Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit und Last — 207
18.5	Biegeschwingungen ohne Dämpfung, Rotationsträgheit und Last — 208
18.6	Freie Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit — 209
18.7	Erzwungene Biegeschwingungen eines Balkens — 215
18.8	Biegeschwingungen mit verteilten Massen — 218
19	Die Gleichung für Schwingungen einer Membran — 224
19.1	Schwingungen der Rechteckmembran ohne Last — 226
19.2	Erzwungene Schwingungen der Rechteckmembran — 229
19.3	Schwingungen der Kreismembran ohne Last — 234
19.4	Erzwungene Schwingungen der Kreismembran — 238

20	Die Plattengleichung — 242
20.1	Die Plattengleichung für Rechtecksplatten — 244
20.2	Die Lösung für die allseitig gelenkig gelagerte Rechtecksplatte — 247
20.3	Die Lösung der Plattengleichung für Kreisplatten — 250
20.4	Die Gleichung für Biegeschwingungen einer Platte — 253
20.5	Freie Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 254
20.6	Erzwungene Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 257
21	Wärmetransporte — 261
21.1	Stationäre Wärmeleitung für drei Grundkörper — 262
21.2	Quantitative Erfassung der Konvektion — 267
21.3	Kombination von Wärmeleitung und Konvektion — 267
22	Instationäre Wärmeleitung ohne innere Wärmequellen — 275
22.1	Lösungen der instationären Wärmeleitungsgleichung — 278
22.2	Die instationäre Lösung für die Platte mit Randbedingung 1. Art — 282
22.3	Die instationäre Lösung für die Platte mit Randbedingung 3. Art — 286
22.4	Die instationäre Lösung für die Kugel mit Randbedingung 1. Art — 289
22.5	Die instationäre Lösung für die Kugel mit Randbedingung 3. Art — 293
22.6	Die instationäre Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 1. Art — 295
22.7	Die instationäre Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 3. Art — 298
22.8	Instationäre Wärmeleitung mit Randbedingung 2. Art — 300
22.9	Die Lösung für die Platte mit Randbedingung 2. Art — 301
22.10	Die Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 2. Art — 304
22.11	Die Lösung für die Kugel mit Randbedingung 2. Art — 307
23	Instationäre Wärmeleitung bei nicht konstanter Starttemperatur — 311
24	Näherungslösungen für die Reihenlösung — 315
24.1	Erstes Glied der Reihenlösung — 315
24.2	Der ideal gerührte Behälter — 318
24.3	Der halbunendliche Körper — 322
24.4	Zusammenfügen zweier halbunendlicher Körper — 335
25	Wärmeleitung mit innerer Wärmequelle — 339
26	Wärmeübertragung mit Rippen — 343
27	Wichtige Kennzahlen und Größen der Wärmeübertragung — 348
27.1	Die Nusselt-Zahl — 348
27.2	Die Reynolds-Zahl — 348
27.3	Der hydraulische Durchmesser — 350

27.4	Die Prandtl-Zahl — 352
27.5	Die Nusselt-Zahl für durchströmte Rohre — 352
28	Gleich- und Gegenstromwärmeüberträger — 359
29	Wärmestrahlung — 367
29.1	Strahlungsübertragung — 368
29.2	Kombination von Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung — 372
29.3	Der ideal gerührte Behälter bei Strahlung — 372
29.4	Der ideal gerührte Behälter bei Konvektion und Strahlung — 375
30	Strömungen — 382
30.1	Reibungsfreie Rohrströmungen — 382
30.2	Die Kontinuitätsgleichung — 383
30.3	Die Euler-Gleichung und die Bernoulli-Gleichung — 385
30.4	Die Impulsbilanz am Stromfaden — 396
30.5	Ausfluss- und Entleerungszeiten — 410
31	Wirbelströmungen — 415
31.1	Rotation und Zirkulation einer Strömung — 417
32	Potentialströmungen — 424
32.1	Stromlinien und Stromfunktion — 427
33	Lösungen von Potentialströmungen — 432
33.1	Die erste Grundlösung: Die Translationsströmung — 432
33.2	Die zweite Grundlösung: Die Quellströmung — 432
33.3	Überlagerung von Translations- und Quellströmung — 434
33.4	Überlagerung von Translations-, Quell- und Senkeströmung — 437
33.5	Die dritte Grundlösung: Die Dipolströmung — 441
33.6	Überlagerung von Translations- und Dipolströmung — 442
33.7	Die vierte Grundlösung: Der Potentialwirbel — 445
33.8	Überlagerung von Potentialwirbel und Quell- bzw. Senkeströmung — 446
33.9	Überlagerung von Zylinderumströmung und Potentialwirbel — 447
34	Keil- und Eckströmungen — 450
35	Reibungsbefahftete Rohrströmungen — 453
35.1	Die Bernoulli-Gleichung für reibungsbefahftete Rohrströmungen — 453
35.2	Laminare Strömungen — 455
35.3	Turbulente Rohrströmungen — 458

36	Gerinneströmungen – 1. Teil — 461
36.1	Energielinie und Wasserspiegel bei konstantem Abfluss — 462
36.2	Trennung der Fließarten — 465
36.3	Veränderung der Wassertiefe und Geschwindigkeit bei einer Sohlschwelle — 466
36.4	Die Massen- und Impulsbilanz einer Gerinneströmung — 468
36.5	Der Wechselsprung — 470
36.6	Die Wehrüberströmung — 473
36.7	Die Unterströmung eines Schützes — 478
36.8	Fließformeln — 483
36.9	Bemessungen von Gerinnequerschnitten — 487
36.10	Das Spannungs- und Geschwindigkeitsprofil einer laminaren Gerinneströmung — 488
37	Zusammenfassung der bisherigen Strömungen — 493
38	Die Navier-Stokes-Gleichung — 494
38.1	Analytische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung — 496
39	Die Grenzschichtgleichungen — 535
39.1	Die Grenzschicht einer parallel angeströmten Platte — 538
39.2	Die Herleitung der Grenzschichtgleichungen — 542
39.3	Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für eine parallel angeströmte Platte — 547
39.4	Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für Keilströmungen — 557
39.5	Grenzschichtablösungen — 562
39.6	Die Grenzschichtgleichungen in integraler Form — 567
39.7	Näherung des Geschwindigkeitsprofils durch eine Polynomfunktion — 569
39.8	Das Pohlhausen-Profil für Keilströmungen — 571
40	Die Energieerhaltung reibungsbehafteter Strömungen — 577
40.1	Die Herleitung der Temperaturgrenzschichtgleichungen bei erzwungener Konvektion — 579
40.2	Die Dicke der Temperaturgrenzschicht bei erzwungener Konvektion — 583
40.3	Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr = 1$, $T_w = \text{konst}$ — 585
40.4	Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr > 1$, $T_w = \text{konst}$ — 592
40.5	Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr < 1$, $T_w = \text{konst}$ — 597
40.6	Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $0,1 \leq Pr < 1$, $T_w = \text{konst}$ — 598

40.7	Die numerische Lösung Temperaturgrenzschichtgleichung — 602
40.8	Die Nusselt-Zahl als Funktion der Reynolds- und Prandtl-Zahl für die Platte — 610
41	Freie Konvektion — 614
41.1	Die Grenzschichtgleichungen bei freier Konvektion — 614
41.2	Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für die Platte — 616
41.3	Näherung des Geschwindigkeits- und Temperaturprofils durch eine Polynomfunktion — 621
42	Turbulente Strömungen — 631
42.1	Die Stabilität einer laminaren Strömung — 632
42.2	Die Beschreibung der Turbulenz — 634
42.3	Die Reynolds-Gleichungen — 636
42.4	Der Mischungsweg von Prandtl — 638
42.5	Geschwindigkeitsprofile einer Plattenströmung — 640
42.6	Geschwindigkeitsprofile einer Rohrströmung — 650
42.7	Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Rohrströmung — 652
42.8	Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Plattenströmung — 658
42.9	Die Nusselt-Zahl bei laminarer und turbulenter Strömung — 670
42.10	Die Aufteilung der Energieerhaltung — 676
42.11	Gasströmungen in Rohren — 689
43	Gerinneströmungen 2. Teil — 693
43.1	Die Wirbelviskosität und Sohlschubspannung einer Gerinneströmung — 695
43.2	Die universelle Fließformel einer Gerinneströmung — 701
43.3	Die Windschubspannung — 706
43.4	Die Wassertiefe einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — 709
43.5	Das Geschwindigkeitsprofil einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — 713
43.6	Der Windstau an Ufern und Küsten — 718
43.7	Das Querprofil der Geschwindigkeit — 723
Literaturverzeichnis — 731	
Stichwortverzeichnis — 735	