

Inhalt

Vorwort — VII

1	Einleitung — 1
2	Differentialgleichungen 1. Ordnung — 7
3	Homogene und inhomogene lineare Differentialgleichung 1. Ordnung — 11
4	Der funktionale Zusammenhang zweier physikalischer Größen — 13
4.1	Potentiellles Wachstum — 13
4.2	Exponentielles Wachstum — 15
4.3	Exponentiell beschränktes Wachstum — 17
4.4	Logistisches Wachstum — 19
5	Kompartimentmodelle — 23
6	Numerisches Lösen von Differentialgleichungen — 29
7	Differentialgleichungen 2. Ordnung — 33
7.1	Physikalische Systemumgebungen — 35
7.2	Beispiele zu den Bewegungsgleichungen — 37
8	Die Verformungen eines Festkörpers — 52
8.1	Dehnung und Stauchung am Stab — 53
8.2	Die elastischen Konstanten eines isotropen Körpers — 59
9	Elastische, viskose und plastische Materialien — 66
9.1	Ideal-viskose Fluide — 66
9.2	Viskoelastische Stoffe und Modelle — 68
10	Statische Auslenkungen einer vorgespannten Saite — 75
11	Balkenbiegungen — 79
11.1	Biegelinien — 81
12	Schwingungen — 96
12.1	Das ungedämpfte Federpendel — 96
12.2	Das gedämpfte Federpendel — 99

13	Numerisches Lösen von Differentialgleichungen 2. Ordnung — 103
13.1	Das Fadenpendel — 105
13.2	Das physikalische Pendel — 106
13.3	Das Torsionspendel — 109
14	Erzwungene Schwingungen — 112
15	Gekoppelte Pendel — 118
15.1	Die Schwebung — 120
15.2	Schwingungstilger ohne Dämpfung — 122
16	Partielle Differentialgleichungen — 126
16.1	Darstellung von eindimensionalen Wellen — 127
16.2	Die Wellengleichung der ungedämpft schwingenden Saite — 129
16.3	Die Bernoulli-Lösung für eine freie Saitenschwingung — 134
16.4	Erzwungene Saitenschwingungen ohne Dämpfung — 144
16.5	Modalanalyse — 148
17	Die Wellengleichung für Longitudinalschwingungen eines Stabs — 154
17.1	Freie Longitudinalschwingungen eines Stabs — 155
17.2	Erzwungene Longitudinalschwingungen eines Stabs — 158
17.3	Die Wellengleichung für Scher- und Torsionsschwingungen eines kreisrunden Stabs — 161
18	Die Gleichung für Biegeschwingungen eines Balkens — 164
18.1	Euler'sche Knicklast ohne Eigengewicht — 168
18.2	Euler'sche Knicklast mit Eigengewicht — 172
18.3	Biegeschwingungen ohne Dämpfung und Last — 176
18.4	Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit und Last — 183
18.5	Biegeschwingungen ohne Dämpfung, Rotationsträgheit und Last — 184
18.6	Freie Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit — 185
18.7	Erzwungene Biegeschwingungen eines Balkens — 190
18.8	Biegeschwingungen mit verteilten Massen — 193
19	Die Gleichung für Schwingungen einer Membran — 198
19.1	Schwingungen der Rechtecksmembran ohne Last — 200
19.2	Erzwungene Schwingungen der Rechtecksmembran — 202
19.3	Schwingungen der Kreismembran ohne Last — 206
19.4	Erzwungene Schwingungen der Kreismembran — 211

20	Die Plattengleichung — 214
20.1	Die Plattengleichung für Rechtecksplatten — 217
20.2	Die Lösung für die allseitig gelenkig gelagerte Rechtecksplatte — 219
20.3	Biegeflächen von Kreisplatten — 221
20.4	Die Gleichung für Biegeschwingungen einer Platte — 224
20.5	Freie Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 224
20.6	Erzwungene Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 228
21	Wärmetransporte — 230
21.1	Stationäre Wärmeleitung für drei Grundkörper — 231
21.2	Quantitative Erfassung der Konvektion — 235
21.3	Kombination von Wärmeleitung und Konvektion — 235
22	Instationäre Wärmeleitung ohne innere Wärmequellen — 241
22.1	Lösungen der instationären Wärmeleitungsgleichung — 244
22.2	Die Lösung für die Platte mit Randbedingung 1. Art — 247
22.3	Die Lösung für die Platte mit Randbedingung 3. Art — 251
22.4	Die Lösung für die Kugel mit Randbedingung 1. Art — 253
22.5	Die Lösung für die Kugel mit Randbedingung 3. Art — 257
22.6	Die Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 1. Art — 259
22.7	Die Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 3. Art — 261
22.8	Instationäre Wärmeleitung mit Randbedingung 2. Art — 262
22.9	Die Lösung für die Platte mit Randbedingung 2. Art — 263
22.10	Die Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 2. Art — 266
22.11	Die Lösung für die Kugel mit Randbedingung 2. Art — 269
23	Instationäre Wärmeleitung bei nicht konstanter Starttemperatur — 272
24	Näherungslösungen zur Reihenlösung — 276
24.1	Erstes Glied der Reihenlösung — 276
24.2	Der ideal gerührte Behälter — 279
24.3	Der halbunendliche Körper — 282
24.4	Zusammenfügen zweier halbunendlicher Körper — 293
25	Wärmeleitung mit innerer Wärmequelle — 297
26	Wärmeübertragung mit Rippen — 302
27	Wichtige Kennzahlen und Größen der Wärmeübertragung — 307
27.1	Die Nusselt-Zahl — 307
27.2	Die Reynolds-Zahl — 307
27.3	Der hydraulische Durchmesser — 309

- 27.4 Die Prandtl-Zahl — **310**
- 27.5 Die Nusselt-Zahl für durchströmte Rohre — **311**

- 28 Gleich- und Gegenstromwärmeüberträger — **316**

- 29 Wärmestrahlung — **324**
 - 29.1 Strahlungsübertragung — **325**
 - 29.2 Kombination von Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung — **328**
 - 29.3 Der IGB bei Strahlung — **329**
 - 29.4 Der IGB bei Konvektion und Strahlung — **331**

- 30 Strömungen — **336**
 - 30.1 Reibungsfreie Rohrströmungen — **336**
 - 30.2 Die Kontinuitätsgleichung — **337**
 - 30.3 Die Euler-Gleichung und die Bernoulli-Gleichung — **339**
 - 30.4 Die Impulsbilanz am Stromfaden — **348**
 - 30.5 Ausfluss- und Entleerungszeiten — **361**

- 31 Wirbelströmungen — **366**
 - 31.1 Rotation und Zirkulation einer Strömung — **368**

- 32 Potentialströmungen — **374**
 - 32.1 Stromlinien und Stromfunktion — **376**

- 33 Lösungen von Potentialströmungen — **381**
 - 33.1 Die erste Grundlösung: Die Translationsströmung — **381**
 - 33.2 Die zweite Grundlösung: Die Quellströmung — **381**
 - 33.3 Überlagerung von Translations- und Quellströmung — **382**
 - 33.4 Überlagerung von Translations-, Quell- und Senkeströmung — **386**
 - 33.5 Die dritte Grundlösung: Die Dipolströmung — **388**
 - 33.6 Überlagerung von Translations- und Dipolströmung — **390**
 - 33.7 Die vierte Grundlösung: Der Potentialwirbel — **392**
 - 33.8 Überlagerung von Potentialwirbel und Quell- bzw. Senkeströmung — **393**
 - 33.9 Überlagerung von Zylinderumströmung und Potentialwirbel — **394**

- 34 Keil- und Eckströmungen — **397**

- 35 Reibungsbehaftete Rohrströmungen — **400**
 - 35.1 Die Bernoulli-Gleichung für reibungsbehaftete Rohrströmungen — **400**
 - 35.2 Laminare Rohrströmungen — **402**
 - 35.3 Turbulente Rohrströmungen — **404**

- 36 Gerinneströmungen 1. Teil — 408**
 - 36.1 Energielinie und Wasserspiegel bei konstantem Abfluss — 409**
 - 36.2 Trennung der Fließarten — 412**
 - 36.3 Veränderung der Wassertiefe und Geschwindigkeit bei einer Sohlschwelle — 413**
 - 36.4 Die Massen- und Impulsbilanz einer Gerinneströmung — 414**
 - 36.5 Der Wechselsprung — 416**
 - 36.6 Die Wehrüberströmung — 418**
 - 36.7 Die Unterströmung eines Schützes — 422**
 - 36.8 Fließformeln — 426**
 - 36.9 Bemessungen von Gerinnequerschnitten — 429**
 - 36.10 Das Spannungs- und Geschwindigkeitsprofil einer laminaren Gerinneströmung — 430**
- 37 Zusammenfassung der bisherigen Strömungen — 435**
- 38 Die Navier-Stokes-Gleichung — 437**
 - 38.1 Analytische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung — 439**
- 39 Die Grenzschichtgleichungen — 473**
 - 39.1 Die Grenzschicht einer parallel angeströmten Platte — 476**
 - 39.2 Die Herleitung der Grenzschichtgleichungen — 480**
 - 39.3 Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für eine parallel angeströmte Platte — 483**
 - 39.4 Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für Keilströmungen — 493**
 - 39.5 Grenzschichtablösungen — 498**
 - 39.6 Die Grenzschichtgleichungen in integraler Form — 503**
 - 39.7 Näherung des Geschwindigkeitsprofils durch eine Polynomfunktion — 504**
 - 39.8 Das Pohlhausen-Profil für Keilströmungen — 507**
- 40 Die Energieerhaltung reibungsbehafteter Strömungen — 512**
 - 40.1 Die Herleitung der Temperaturgrenzschichtgleichung bei erzwungener Konvektion — 514**
 - 40.2 Die Dicke der Temperaturgrenzschicht bei erzwungener Konvektion — 517**
 - 40.3 Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr = 1$, $T_W = konst.$ — 520**
 - 40.4 Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr > 1$, $T_W = konst.$ — 525**
 - 40.5 Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $Pr < 0,1$, $T_W = konst.$ — 528**

- 40.6 Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $0,1 \leq Pr < 1$, $T_W = konst.$ — **530**
- 40.7 Die numerische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung — **533**
- 40.8 Die Nusselt-Zahl als Funktion der Reynolds- und Prandtl-Zahl für die Platte — **541**

- 41 Freie Konvektion — **544**
 - 41.1 Die Grenzschichtgleichungen bei freier Konvektion — **544**
 - 41.2 Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für die Platte — **546**
 - 41.3 Näherung des Geschwindigkeits- und Temperaturprofils durch Polynomfunktionen — **550**

- 42 Turbulente Strömungen — **559**
 - 42.1 Die Stabilität einer laminaren Strömung — **560**
 - 42.2 Die Beschreibung der Turbulenz — **563**
 - 42.3 Die Reynolds-Gleichungen — **564**
 - 42.4 Der Mischungsweg von Prandtl — **567**
 - 42.5 Geschwindigkeitsprofile einer Plattenströmung — **568**
 - 42.6 Geschwindigkeitsprofile einer Rohrströmung — **577**
 - 42.7 Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Rohrströmung — **578**
 - 42.8 Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Plattenströmung — **583**
 - 42.9 Die Nusselt-Zahl bei laminarer und turbulenter Strömung — **595**
 - 42.10 Die Aufteilung der Energieerhaltung — **600**
 - 42.11 Gasströmungen in Rohren — **611**

- 43 Gerinneströmungen 2. Teil — **615**
 - 43.1 Die Wirbelviskosität und Sohlschubspannung einer Gerinneströmung — **617**
 - 43.2 Die universelle Fließformel einer Gerinneströmung — **621**
 - 43.3 Die Windschubspannung — **626**
 - 43.4 Die Wassertiefe einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — **629**
 - 43.5 Das Geschwindigkeitsprofil einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — **633**
 - 43.6 Der Windstau an Ufern und Küsten — **637**
 - 43.7 Das Querprofil der Geschwindigkeit — **642**

Weiterführende Literatur — **649**

Stichwortverzeichnis — **654**