

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Kontinuumsbegriff und Kinematik</b>         | <b>1</b>  |
| 1.2      | Kinematik der Flüssigkeiten . . . . .          | 1         |
|          | Aufgabe 1.2-1 . . . . .                        | 1         |
|          | Aufgabe 1.2-2 . . . . .                        | 2         |
|          | Aufgabe 1.2-3 . . . . .                        | 4         |
|          | Aufgabe 1.2-4 . . . . .                        | 7         |
|          | Aufgabe 1.2-5 . . . . .                        | 9         |
|          | Aufgabe 1.2-6 . . . . .                        | 14        |
|          | Aufgabe 1.2-7 . . . . .                        | 19        |
|          | Aufgabe 1.2-8 . . . . .                        | 22        |
|          | Aufgabe 1.2-9 . . . . .                        | 25        |
|          | Aufgabe 1.2-10 . . . . .                       | 28        |
|          | Aufgabe 1.2-11 . . . . .                       | 30        |
|          | Aufgabe 1.2-12 . . . . .                       | 33        |
|          | Aufgabe 1.2-13 . . . . .                       | 38        |
|          | Aufgabe 1.2-14 . . . . .                       | 43        |
|          | Aufgabe 1.2-15 . . . . .                       | 44        |
| <b>2</b> | <b>Grundgleichungen der Kontinuumsmechanik</b> | <b>49</b> |
| 2.1      | Erhaltungssatz der Masse . . . . .             | 49        |
|          | Aufgabe 2.1-1 . . . . .                        | 49        |

|  |     |
|--|-----|
| Aufgabe 2.1-2 . . . . .  | 51  |
| Aufgabe 2.1-3 . . . . .  | 53  |
| Aufgabe 2.1-4 . . . . .  | 55  |
| Aufgabe 2.1-5 . . . . .  | 57  |
| Aufgabe 2.1-6 . . . . .  | 59  |
| Aufgabe 2.1-7 . . . . .  | 61  |
| Aufgabe 2.1-8 . . . . .  | 64  |
| Aufgabe 2.1-9 . . . . .  | 66  |
| Aufgabe 2.1-10 . . . . .   | 69  |
| Aufgabe 2.1-11 . . . . .   | 71  |
| Aufgabe 2.1-12 . . . . .   | 72  |
| 2.2 Impulssatz . . . . .   | 75  |
| Aufgabe 2.2-1 . . . . .  | 75  |
| Aufgabe 2.2-2 . . . . .  | 78  |
| Aufgabe 2.2-3 . . . . .  | 80  |
| Aufgabe 2.2-4 . . . . .  | 83  |
| 2.3 Drallsatz oder Drehimpulssatz . . . . .                        | 85  |
| Aufgabe 2.3-1 . . . . .  | 85  |
| Aufgabe 2.3-2 . . . . .  | 88  |
| Aufgabe 2.3-3 . . . . .  | 90  |
| 2.4 Impuls- und Drallsatz im beschleunigten Bezugssystem . . . . . | 94  |
| Aufgabe 2.4-1 . . . . .  | 94  |
| Aufgabe 2.4-2 . . . . .  | 98  |
| Aufgabe 2.4-3 . . . . .  | 104 |
| Aufgabe 2.4-4 . . . . .  | 107 |
| Aufgabe 2.4-5 . . . . .  | 108 |
| Aufgabe 2.4-6 . . . . .  | 111 |
| 2.5 Anwendungsbeispiele aus dem Turbomaschinenbau . . . . .        | 115 |

|   |            |
|---|------------|
| Aufgabe 2.5-1   | 115        |
| Aufgabe 2.5-2   | 116        |
| Aufgabe 2.5-3   | 119        |
| Aufgabe 2.5-4   | 123        |
| Aufgabe 2.5-5   | 126        |
| 2.6 Bilanz der Energie                                      | 129        |
| Aufgabe 2.6-1   | 129        |
| Aufgabe 2.6-2   | 131        |
| <b>3 Materialgleichungen</b>                                | <b>136</b> |
| Aufgabe 3-1   | 136        |
| Aufgabe 3-2   | 138        |
| Aufgabe 3-3   | 141        |
| Aufgabe 3-4   | 144        |
| Aufgabe 3-5   | 146        |
| <b>4 Bewegungsgleichungen für spezielle Materialgesetze</b> | <b>150</b> |
| 4.1 Newtonsche Flüssigkeiten                                | 150        |
| Aufgabe 4.1-1   | 150        |
| Aufgabe 4.1-2   | 154        |
| Aufgabe 4.1-3   | 156        |
| Aufgabe 4.1-4   | 159        |
| Aufgabe 4.1-5   | 163        |
| Aufgabe 4.1-6   | 165        |
| Aufgabe 4.1-7   | 170        |
| Aufgabe 4.1-8   | 173        |
| Aufgabe 4.1-9   | 177        |
| 4.2 Reibungsfreie Flüssigkeiten                             | 180        |
| Aufgabe 4.2-1   | 180        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Aufgabe 4.2-2                       | 185 |
| Aufgabe 4.2-3                       | 186 |
| Aufgabe 4.2-4                       | 188 |
| Aufgabe 4.2-5                       | 189 |
| Aufgabe 4.2-6                       | 190 |
| Aufgabe 4.2-7                       | 194 |
| Aufgabe 4.2-8                       | 197 |
| Aufgabe 4.2-9                       | 200 |
| Aufgabe 4.2-10                      | 202 |
| Aufgabe 4.2-11                      | 204 |
| Aufgabe 4.2-12                      | 206 |
| Aufgabe 4.2-13                      | 208 |
| Aufgabe 4.2-14                      | 210 |
| Aufgabe 4.2-15                      | 213 |
| Aufgabe 4.2-16                      | 218 |
| Aufgabe 4.2-17                      | 221 |
| 4.3  Anfangs- und Randbedingungen   | 225 |
| Aufgabe 4.3-1                       | 225 |
| Aufgabe 4.3-2                       | 227 |
| Aufgabe 4.3-3                       | 228 |
| Aufgabe 4.3-4                       | 230 |
| 5  Hydrostatik                      | 232 |
| 5.1  Hydrostatische Druckverteilung | 232 |
| Aufgabe 5.1-1                       | 232 |
| Aufgabe 5.1-2                       | 233 |
| Aufgabe 5.1-3                       | 235 |
| Aufgabe 5.1-4                       | 237 |
| Aufgabe 5.1-5                       | 238 |

|   |      |
|---|------|
| Inhaltsverzeichnis                                      | XIII |
| 5.2 Hydrostatischer Auftrieb, Kraft auf Wände . . . . . | 240  |
| Aufgabe 5.2-1 . . . . .                                 | 240  |
| Aufgabe 5.2-2 . . . . .                                 | 242  |
| Aufgabe 5.2-3 . . . . .                                 | 243  |
| Aufgabe 5.2-4 . . . . .                                 | 245  |
| Aufgabe 5.2-5 . . . . .                                 | 247  |
| Aufgabe 5.2-6 . . . . .                                 | 250  |
| 6 Laminare Schichtenströmungen                          | 252  |
| Aufgabe 6-1 . . . . .                                   | 252  |
| Aufgabe 6-2 . . . . .                                   | 255  |
| Aufgabe 6-3 . . . . .                                   | 258  |
| Aufgabe 6-4 . . . . .                                   | 261  |
| 7 Grundzüge turbulenter Strömungen                      | 269  |
| Aufgabe 7-1 . . . . .                                   | 269  |
| Aufgabe 7-2 . . . . .                                   | 272  |
| Aufgabe 7-3 . . . . .                                   | 273  |
| Aufgabe 7-4 . . . . .                                   | 275  |
| Aufgabe 7-5 . . . . .                                   | 277  |
| Aufgabe 7-6 . . . . .                                   | 279  |
| Aufgabe 7-7 . . . . .                                   | 281  |
| Aufgabe 7-8 . . . . .                                   | 283  |
| Aufgabe 7-9 . . . . .                                   | 286  |
| 8 Hydrodynamische Schmierung                            | 290  |
| Aufgabe 8-1 . . . . .                                   | 290  |
| Aufgabe 8-2 . . . . .                                   | 294  |
| Aufgabe 8-3 . . . . .                                   | 296  |

|  |            |
|--|------------|
| <b>9 Stromfadentheorie</b>                     | <b>299</b> |
| 9.1 Inkompressible Strömung . . . . .          | 299        |
| Aufgabe 9.1-1 . . . . .                        | 299        |
| Aufgabe 9.1-2 . . . . .                        | 302        |
| Aufgabe 9.1-3 . . . . .                        | 303        |
| Aufgabe 9.1-4 . . . . .                        | 305        |
| Aufgabe 9.1-5 . . . . .                        | 309        |
| Aufgabe 9.1-6 . . . . .                        | 311        |
| Aufgabe 9.1-7 . . . . .                        | 312        |
| Aufgabe 9.1-8 . . . . .                        | 315        |
| Aufgabe 9.1-9 . . . . .                        | 317        |
| Aufgabe 9.1-10 . . . . .                       | 321        |
| Aufgabe 9.1-11 . . . . .                       | 323        |
| Aufgabe 9.1-12 . . . . .                       | 325        |
| Aufgabe 9.1-13 . . . . .                       | 329        |
| Aufgabe 9.1-14 . . . . .                       | 332        |
| Aufgabe 9.1-15 . . . . .                       | 336        |
| Aufgabe 9.1-16 . . . . .                       | 338        |
| Aufgabe 9.1-17 . . . . .                       | 339        |
| 9.2 Stationäre kompressible Strömung . . . . . | 341        |
| Aufgabe 9.2-1 . . . . .                        | 341        |
| Aufgabe 9.2-2 . . . . .                        | 345        |
| Aufgabe 9.2-3 . . . . .                        | 347        |
| Aufgabe 9.2-4 . . . . .                        | 352        |
| Aufgabe 9.2-5 . . . . .                        | 354        |
| Aufgabe 9.2-6 . . . . .                        | 356        |
| Aufgabe 9.2-7 . . . . .                        | 359        |
| Aufgabe 9.2-8 . . . . .                        | 362        |

|   |            |
|---|------------|
| Aufgabe 9.2-9 . . . . .                           | 365        |
| Aufgabe 9.2-10 . . . . .                          | 368        |
| Aufgabe 9.2-11 . . . . .                          | 369        |
| 9.3 Instationäre kompressible Strömung . . . . .  | 373        |
| Aufgabe 9.3-1 . . . . .                           | 373        |
| Aufgabe 9.3-2 . . . . .                           | 375        |
| Aufgabe 9.3-3 . . . . .                           | 378        |
| Aufgabe 9.3-4 . . . . .                           | 381        |
| Aufgabe 9.3-5 . . . . .                           | 384        |
| Aufgabe 9.3-6 . . . . .                           | 385        |
| <b>10 Potentialströmungen</b>                     | <b>390</b> |
| 10.3 Inkompressible Potentialströmungen . . . . . | 390        |
| Aufgabe 10.3-1 . . . . .                          | 390        |
| Aufgabe 10.3-2 . . . . .                          | 393        |
| Aufgabe 10.3-3 . . . . .                          | 397        |
| Aufgabe 10.3-4 . . . . .                          | 400        |
| Aufgabe 10.3-5 . . . . .                          | 403        |
| Aufgabe 10.3-6 . . . . .                          | 405        |
| Aufgabe 10.3-7 . . . . .                          | 409        |
| Aufgabe 10.3-8 . . . . .                          | 411        |
| Aufgabe 10.3-9 . . . . .                          | 416        |
| Aufgabe 10.3-10 . . . . .                         | 420        |
| Aufgabe 10.3-11 . . . . .                         | 422        |
| Aufgabe 10.3-12 . . . . .                         | 425        |
| 10.4 Ebene Potentialströmung . . . . .            | 427        |
| Aufgabe 10.4-1 . . . . .                          | 427        |
| Aufgabe 10.4-2 . . . . .                          | 429        |
| Aufgabe 10.4-3 . . . . .                          | 432        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Aufgabe 10.4-4                 | 437        |
| Aufgabe 10.4-5                 | 441        |
| Aufgabe 10.4-6                 | 444        |
| Aufgabe 10.4-7                 | 448        |
| Aufgabe 10.4-8                 | 451        |
| Aufgabe 10.4-9                 | 454        |
| Aufgabe 10.4-10                | 457        |
| Aufgabe 10.4-11                | 460        |
| Aufgabe 10.4-12                | 462        |
| Aufgabe 10.4-13                | 466        |
| Aufgabe 10.4-14                | 470        |
| Aufgabe 10.4-15                | 475        |
| <b>11 Überschallströmungen</b> | <b>480</b> |
| 11.1 Schräger Verdichtungsstoß | 480        |
| Aufgabe 11.1-1                 | 480        |
| Aufgabe 11.1-2                 | 481        |
| 11.3 Reflexion schräger Stöße  | 484        |
| Aufgabe 11.3-1                 | 484        |
| Aufgabe 11.3-2                 | 487        |
| 11.5 Prandtl-Meyer-Strömung    | 489        |
| Aufgabe 11.5-1                 | 489        |
| 11.6 Stoß-Expansions-Theorie   | 493        |
| Aufgabe 11.6-1                 | 493        |
| Aufgabe 11.6-2                 | 496        |
| <b>12 Grenzschichttheorie</b>  | <b>500</b> |
| Aufgabe 12-1                   | 500        |
| Aufgabe 12-2                   | 503        |



|              |     |
|--------------|-----|
| Aufgabe 12-3 | 507 |
| Aufgabe 12-4 | 513 |