

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung, Überblick und Grundlagen . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	Theoretische, vorwiegend mathematische Strömungslehre . . . . .	3
1.2	Technische Strömungslehre oder Hydraulik . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Eigenschaften von Fluiden . . . . .</b>	<b>5</b>
2.1	Molekularer Aufbau – Mikrostruktur . . . . .	5
2.2	Widerstand gegen Formänderungen (Elastizität, Viskosität) . . . . .	7
2.3	Gaskinetische Erklärung der inneren Reibung . . . . .	12
2.4	Volumenänderung und Zustandsgleichung für Gase . . . . .	15
2.5	Oberflächen- oder Grenzflächenspannung und Kapillarität . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Hydro- und Aerostatik . . . . .</b>	<b>31</b>
3.1	Flüssigkeitsdruck $p$ . . . . .	31
3.2	Flüssigkeitsdruck in Kraftfeldern . . . . .	32
3.3	Druckkraft auf ebene Behälterwände . . . . .	39
3.4	Hydrostatischer Auftrieb. Druckkraft auf gekrümmte Flächen . .	42
<b>4</b>	<b>Hydro- und Aerodynamik . . . . .</b>	<b>45</b>
4.1	Stromfadentheorie . . . . .	45
4.1.1	Grundbegriffe . . . . .	45
4.1.2	Grundgleichungen der Stromfadentheorie . . . . .	50
4.1.3	Stromfadentheorie in Einzelausführungen . . . . .	57
4.1.3.1	Bewegung auf konzentrischen Kreisbahnen (Wirbel) . . . . .	57
4.1.3.2	Wirbelquell- oder Wirbelsenkenströmung . . . . .	59
4.1.3.3	Drehbewegung unter Berücksichtigung der Schwere . . . . .	60
4.1.3.4	Verschiedene Druckbegriffe und deren Messung	63

4.1.3.5	Ausströmen aus einem Behälter . . . . .	67
4.1.3.6	Gasdynamische Betrachtungen. Die Strömung in der Laval-Düse. Der senkrechte Verdichtungsstoß	70
4.2	Reibungsfreie, ebene und räumliche Strömungen . . . . .	86
4.2.1	Kontinuität (= Massenerhaltung) . . . . .	86
4.2.2	Eulersche Bewegungsgleichungen . . . . .	87
4.2.3	Ebene, stationäre, inkompressible Potentialströmung . . .	88
4.2.4	Beispiele für elementare und zusammengesetzte Potentialströmungen . . . . .	94
4.2.5	Potentialströmungen um vorgegebene Körper . . . . .	103
4.3	Strömung mit Reibung . . . . .	109
4.3.1	Impulssatz mit Anwendungen . . . . .	109
4.3.1.1	Durchströmen eines Krümmers . . . . .	111
4.3.1.2	Düse und Diffusor frei ausblasend . . . . .	114
4.3.1.3	Carnotscher Stoßdiffusor . . . . .	116
4.3.1.4	Borda-Mündung . . . . .	117
4.3.1.5	Schub eines luftatmenden Triebwerkes . . . . .	119
4.3.1.6	Widerstand eines Halbkörpers im Kanal . . . . .	120
4.3.2	Drehimpulssatz mit Anwendung . . . . .	122
4.3.2.1	Durchströmen eines radialen Laufrades . . . . .	123
4.3.3	Grundsätzliches zum Reibungseinfluss – Kennzahlen . .	125
4.3.4	Laminare und turbulente Strömung . . . . .	128
4.3.5	Geschwindigkeitsverteilung und Druckabfall in Kreisrohren bei laminarer und turbulenter Strömung .	130
4.3.6	Laminare und turbulente Strömung durch raue Rohre (Nikuradse-Diagramm) . . . . .	137
4.3.7	Strömung in der Einlaufstrecke . . . . .	140
4.3.8	Geschwindigkeitsschwankungen und scheinbare Schubspannungen . . . . .	143
4.3.9	Prandtlscher Mischungswegansatz für die Schwankungsgeschwindigkeiten . . . . .	146
4.3.10	Allgemeine Form der Navier-Stokes-Gleichungen . . . .	149
4.3.11	Spezielle Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen .	152
4.3.12	Einführung in die Grenzschichttheorie . . . . .	157
4.3.13	Energiesatz . . . . .	167
4.3.14	Widerstand und Druckverlust . . . . .	169
4.3.15	Ähnlichkeitsbetrachtungen . . . . .	175

---

<b>5 Vertiefende Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>179</b>
5.1 Aufgabe: Einströmen in einen Tauchbehälter (Sinkendes Schiff) . . . . .	179
5.2 Aufgabe: Schwingende Flüssigkeitssäule (U-Rohrmanometer) . . . . .	181
5.3 Aufgabe: Zeitabhängige Ausströmung aus einem Behälter (Anlaufströmung) . . . . .	183
5.4 Aufgabe: Allgemeines Ausflussproblem . . . . .	184
5.5 Aufgabe: Verallgemeinertes Überströmproblem . . . . .	186
5.6 Aufgabe: Windenergieanlage . . . . .	189
5.7 Aufgabe: Reibungswiderstand bei der Umströmung einer ebenen Platte . . . . .	192
5.8 Aufgabe: Plötzlich beschleunigte Platte (Rayleigh-Stokes-Problem) . . . . .	194
5.9 Aufgabe: Kompressibles Ein- und Ausströmen . . . . .	195
5.10 Aufgabe: Lavaldüsenströmung . . . . .	199
5.11 Aufgabe: Geschwindigkeit beim freien Fall (Fallschirmspringer) .	200
5.12 Aufgabe: Auftriebsbeiwerte von Flugzeugen (Start und Reiseflug)	201
<b>Dimensionen und Einheiten der wichtigsten auftretenden Größen . . . . .</b>	<b>205</b>
<b>Die Autoren . . . . .</b>	<b>207</b>
<b>Ausgewählte Literatur . . . . .</b>	<b>209</b>
Allgemeine Strömungslehre . . . . .	209
Teilgebiete der Strömungslehre . . . . .	209
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>211</b>