

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Überblick und Grundlagen	1
1.1	Theoretische, vorwiegend mathematische Strömungslehre	3
1.2	Technische Strömungslehre oder Hydraulik	4
2	Eigenschaften von Fluiden	7
2.1	Molekularer Aufbau – Mikrostruktur	7
2.2	Widerstand gegen Formänderungen (Elastizität, Viskosität)	9
2.3	Gaskinetische Erklärung der inneren Reibung	15
2.4	Volumenänderung und Zustandsgleichung für Gase	17
2.5	Oberflächen- oder Grenzflächenspannung und Kapillarität	20
3	Hydro- und Aerostatik	33
3.1	Flüssigkeitsdruck p	33
3.2	Flüssigkeitsdruck in Kraftfeldern	34
3.3	Druckkraft auf ebene Behälterwände	42
3.4	Hydrostatischer Auftrieb. Druckkraft auf gekrümmte Flächen	44
4	Hydro- und Aerodynamik	49
4.1	Stromfadentheorie	49
4.1.1	Grundbegriffe	49
4.1.2	Grundgleichungen der Stromfadentheorie	54
4.1.3	Stromfadentheorie in Einzelausführungen	62
4.1.3.1	Bewegung auf konzentrischen Kreisbahnen (Wirbel)	62
4.1.3.2	Wirbelquell- oder Wirbelsinkenströmung	65
4.1.3.3	Drehbewegung unter Berücksichtigung der Schwere	67

	4.1.3.4	Verschiedene Druckbegriffe und deren Messung	68
	4.1.3.5	Ausströmen aus einem Behälter	72
	4.1.3.6	Gasdynamische Betrachtungen. Die Strömung in der Laval-Düse. Der senkrechte Verdichtungsstoß	76
4.2		Reibungsfreie, ebene und räumliche Strömungen	93
	4.2.1	Kontinuität (= Massenerhaltung)	93
	4.2.2	Eulersche Bewegungsgleichungen	95
	4.2.3	Ebene, stationäre, inkompressible Potenzialströmung . . .	95
	4.2.4	Beispiele für elementare und zusammengesetzte Potenzialströmungen	103
	4.2.5	Potenzialströmungen um vorgegebene Körper	112
4.3		Strömung mit Reibung	119
	4.3.1	Impulssatz mit Anwendungen	119
	4.3.1.1	Durchströmen eines Krümmers	122
	4.3.1.2	Düse und Diffusor frei ausblasend	125
	4.3.1.3	Carnotscher Stoßdiffusor	127
	4.3.1.4	Borda-Mündung	129
	4.3.1.5	Schub eines luftatmenden Triebwerkes	130
	4.3.1.6	Widerstand eines Halbkörpers im Kanal	132
	4.3.2	Drehimpulssatz mit Anwendung	133
	4.3.2.1	Durchströmen eines radialen Laufrades	135
	4.3.3	Grundsätzliches zum Reibungseinfluss – Kennzahlen . . .	137
	4.3.4	Laminare und turbulente Strömung	141
	4.3.5	Geschwindigkeitsverteilung und Druckabfall in Kreisrohren bei laminarer und turbulenter Strömung	143
	4.3.6	Laminare und turbulente Strömung durch raue Rohre (Nikuradse-Diagramm)	150
	4.3.7	Strömung in der Einlaufstrecke	153
	4.3.8	Geschwindigkeitsschwankungen und scheinbare Schubspannungen	157
	4.3.9	Prandtlscher Mischungswegansatz für die Schwankungsgeschwindigkeiten	160

4.3.10	Allgemeine Form der Navier-Stokes-Gleichungen	164
4.3.11	Spezielle Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen . . .	167
4.3.12	Einführung in die Grenzschichttheorie	172
4.3.13	Energiesatz	183
4.3.14	Dissipation und Viskose Potenzialströmungen	186
4.3.15	Widerstand und Druckverlust	188
4.3.16	Ähnlichkeitsbetrachtungen	194
5	Vertiefende Übungsaufgaben	199
5.1	Aufgabe: Einströmen in einen Tauchbehälter (Sinkendes Schiff)	199
5.2	Aufgabe: Schwingende Flüssigkeitssäule (U-Rohrmanometer)	202
5.3	Aufgabe: Zeitabhängige Ausströmung aus einem Behälter (Anlaufströmung)	203
5.4	Aufgabe: Allgemeines Ausflussproblem	205
5.5	Aufgabe: Verallgemeinertes Überströmproblem	207
5.6	Aufgabe: Windenergieanlage	211
5.7	Aufgabe: Reibungswiderstand bei der Umströmung einer ebenen Platte	214
5.8	Aufgabe: Plötzlich beschleunigte Platte (Rayleigh-Stokes-Problem)	216
5.9	Aufgabe: Kompressibles Ein- und Ausströmen	218
5.10	Aufgabe: Lavalströmung	221
5.11	Aufgabe: Geschwindigkeit beim freien Fall (Fallschirmspringer)	223
5.12	Aufgabe: Auftriebsbeiwerte von Flugzeugen (Start und Reiseflug)	224
5.13	Aufgabe: Wasserstrahlpumpe	226
5.14	Aufgabe: Windmesser	227
5.15	Aufgabe: Wirbelströmung im Zylinderspalt	230
5.16	Aufgabe: Quell-/Senkenströmung im Zylinderspalt	233
	Dimensionen und Einheiten der wichtigsten auftretenden Größen	237
	Literatur	239
	Stichwortverzeichnis	241