
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Überblick und Grundlagen	1
1.1	Theoretische, vorwiegend mathematische Strömungslehre	3
1.2	Technische Strömungslehre oder Hydraulik	3
2	Eigenschaften von Fluiden	5
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
3	Hydro- und Aerostatik	31
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
4	Hydro- und Aerodynamik	45
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

5	Vertiefende Übungsaufgaben	179
5.1	Aufgabe: Einstömen 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	185
5.5	Aufgabe: Verallgemeinertes Überströmproblem	186
5.6	Aufgabe: Windenergieanlage	189
5.7	Aufgabe: Reibungswiderstand bei der Umströmung einer ebenen Platte	193
5.8	Aufgabe: Plötzlich beschleunigte Platte (Rayleigh-Stokes-Problem)	194
5.9	Aufgabe: Kompressibles Ein- und Ausströmen	196
5.10	Aufgabe: Lavalströmung	199
5.11	Aufgabe: Geschwindigkeit beim freien Fall (Fallschirmspringer)	201
5.12	Aufgabe: Auftriebsbeiwerte von Flugzeugen (Start und Reiseflug)	202
5.13	Aufgabe: Wasserstrahlpumpe	203
5.14	Aufgabe: Windmesser	204
5.15	Aufgabe: Wirbelströmung im Zylinderspalt	207
	Dimensionen und Einheiten der wichtigsten auftretenden Größen	211
	Die Autoren	213
	Literatur	215
	Sachverzeichnis	217