

H. E. Siekmann · P. U. Thamsen

Strömungslehre

Grundlagen

2., aktualisierte Auflage

Mit 124 Abbildungen und 3 Tabellen

Inhaltsverzeichnis

1	Hydrostatik.....	1
1.1	Vorbemerkungen.....	1
1.2	Fluidspannung.....	2
1.3	Hydrostatische Druckverteilung.....	3
1.4	Kräfte auf Behälterwände.....	9
1.4.1	Einleitung.....	9
1.4.2	Vertikalkraft.....	10
1.4.3	Horizontalkraft.....	13
1.5	Hydrostatischer Auftrieb.....	15
2	Kinematik der Fluide.....	24
2.1	Vorbemerkungen.....	24
2.2	Bahnlinsen, Stromlinien und Streichlinien.....	26
2.3	Kontinuitätsgleichung.....	31
2.3.1	Herleitung in differentieller Form.....	31
2.3.2	Herleitung in integraler Form.....	34
2.3.3	Kinematik der instationären Strömung.....	37
2.3.4	Kontinuitätsgleichung in verschiedenen Koordinatensystemen.....	39
3	Stromfadentheorie reibungsfreier Fluide.....	40
3.1	Stromfaden.....	40
3.2	EULER-Bewegungsgleichung für das Kräftegleichgewicht in Stromfadenrichtung.....	41
3.3	BERNOULLI-Gleichung für inkompressible Fluide ohne Reibung.....	46
3.4	Radiale Druckgleichung.....	47
3.5	Allgemeine EULER-Bewegungsgleichung.....	54
3.6	Kontinuitätsgleichung für einen Stromfaden.....	55
3.7	Kavitation in einem Fallrohr.....	59
4	Impuls- und Drallsatz.....	76
4.1	Allgemeiner Impulssatz der Mechanik.....	76
4.2	Spezieller Impulssatz der Strömungstechnik.....	77
4.2.1	Herleitung für den Stromfaden.....	77
4.2.2	Reaktionswandkraft bei Außendruck.....	86

4.3	Anwendung des speziellen Impulssatzes der Strömungs- technik auf eine Rohrabstützung.....	90
4.4	Drallsatz.....	93
4.5	Anwendungen des Drallsatzes.....	96
4.5.1	EULER-Strömungsmaschinenhauptgleichung.....	96
4.5.2	Optimale Umfangsgeschwindigkeit einer PELTON- Wasserturbine.....	101
5	Bewegung kompressibler Fluide (Gasdynamik).....	105
5.1	Einführung.....	105
5.2	Thermodynamische Grundgleichungen für thermisch und kalorisch ideale Gase.....	106
5.2.1	Thermische Zustandsgleichung.....	106
5.2.2	Kalorische Zustandsgleichung.....	106
5.2.3	GIBBS-Fundamentalgleichung.....	107
5.3	Schallausbreitung.....	109
5.3.1	Schallausbreitung in ruhenden Fluiden.....	109
5.3.2	Schallausbreitung in bewegten Fluiden.....	111
5.4	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik für einen Stromfaden.....	114
5.5	Definition der Ruhegrößen und kritischen Größen.....	118
5.5.1	Ruhegröße und Energieellipse.....	118
5.5.2	Kritische Größen.....	122
5.6	Isentrope Ausströmen aus einem Druckkessel.....	123
5.7	Flächen-Geschwindigkeits-Beziehung.....	126
5.8	Verdichtungsstöße.....	132
5.8.1	Senkrechter Verdichtungsstoß.....	132
5.8.2	Schiefer Verdichtungsstoß.....	136
5.9	LAVAL-Düse.....	139
6	NAVIER-STOKES-Bewegungsgleichung.....	147
6.1	Molekulartheoretische Erklärung der Viskosität.....	147
6.2	NEWTON-Schubspannungsansatz.....	149
6.3	NEWTON-Fluide.....	153
6.4	Nicht-NEWTON-Fluide.....	154
6.5	NAVIER-STOKES-Bewegungsgleichung für inkompressible NEWTON-Fluide.....	158
7	Potentialströmung inkompressibler Fluide.....	165
7.1	Definition der Potentialströmung.....	165
7.2	Grundgleichungen für räumliche instationäre Potentialströmung.....	170
7.3	Ebene stationäre Potentialströmung.....	172
7.3.1	CAUCHY-RIEMANN-Differentialgleichungen.....	172
7.3.2	Beispiele.....	174

8	Wirbelströmungen	177
8.1	RANKINE-Wirbel	177
8.2	Analogien	180
8.3	Wirbelsatz von THOMSON	182
8.4	Wirbelsatz von HELMHOLTZ	184
8.5	Wirbelsatz von BIOT-SAVART	186
9	Grenzschichtströmungen	190
9.1	Einführung	190
9.2	PRANDTL-Grenzschichtgleichungen	191
9.3	Laminare Grenzschicht an der ebenen, unendlich langen Platte in freier Strömung	193
9.4	Grenzschichtdicken	194
9.4.1	Phänomenologie	194
9.4.2	99%-Grenzschichtdicke der ebenen Platte	195
9.4.3	Verdrängungsdicke	197
9.4.4	Impulsverlustdicke	199
10	Turbulente Strömungen inkompressibler Fluide	201
10.1	REYNOLDS-Farbfadenversuch	201
10.2	Turbulenzgrad	205
11	Strömung inkompressibler Fluide in Rohrleitungen	207
11.1	BERNOULLI-Gleichung	207
11.2	Einbauteil-Druckverlust	208
11.3	Rohrreibungs-Druckverlust	214
11.3.1	Einlaufströmung	214
11.3.2	Rohrreibungskoeffizient bei laminarer Strömung	215
11.3.3	Rohrreibungskoeffizient bei turbulenter Strömung	217
11.4	MOODY-Diagramm	218
12	Umströmung von Körpern	221
12.1	Widerstand umströmter Körper	221
12.1.1	Kugelwiderstandsversuche von EIFFEL und PRANDTL	221
12.1.2	NEWTON-Stoßtheorie	223
12.1.3	Strömungswiderstand als Summe von Druck- und Reibungswiderstand	224
12.2	Widerstand von Zylinder, Kugel und Kreisscheibe	227
	Namens- und Sachverzeichnis	229