

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	Bahnlinien, 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 Koordinaten- systemen.....	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 Strömungstechnik 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	Isentropes 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-Farbfädenversuch.....	201
10.2 Turbulenzgrad.....	205
11 Strömung inkompressibler Fluide in Rohrleitungen.....	207
11.1 BERNOULLI-Gleichung.....	207
11.2 Einbauteil-Druckverlust.....	208
11.3 Rohreibung-Druckverlust.....	214
11.3.1 Einlaufströmung.....	214
11.3.2 Rohreibungskoeffizient bei laminarer Strömung.....	215
11.3.3 Rohreibungskoeffizient 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