

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Tabellen	XIII
Bezeichnungen, Dimensionen, Einheiten	XIV
4 Elementare Strömungsvorgänge dichteveränderlicher Fluide	1
4.1 Überblick	1
4.2 Dichteveränderliche Fluide im Ruhezustand (Aerostatik)	2
4.2.1 Ausgangsgleichungen	2
4.2.2 Gasdruck auf feste Begrenzungsflächen	5
4.2.2.1 Druck in einem abgeschlossenen Behälter	5
4.2.2.2 Schwebende Körper	6
4.2.3 Beispiele zur Mechanik und Thermodynamik ruhender Gase	6
4.2.3.1 Ruhende Atmosphäre	6
4.2.3.2 Quasistatische Arbeitsprozesse bei Gasen	8
4.3 Stromfadentheorie dichteveränderlicher Fluide (Gase)	10
4.3.1 Einführung	10
4.3.2 Stationäre Fadenströmung eines dichteveränderlichen Fluids	10
4.3.2.1 Voraussetzungen und Annahmen	10
4.3.2.2 Ausgangsgleichungen der stationären Fadenströmung	11
4.3.2.3 Ausbreitungsgeschwindigkeit schwacher Druckstörungen (Schallgeschwindigkeit)	13
4.3.2.4 Kennzahlen und Druckbeiwert der Strömung dichteveränderlicher Fluide	16
4.3.2.5 Bei konstanter Entropie stetig verlaufende stationäre Strömung	20
4.3.2.6 Mit normalem Verdichtungsstoß unstetig verlaufende stationäre Strömung	24
4.3.2.7 Anwendungen zur stationären Fadenströmung dichteveränderlicher Fluide	30
4.3.3 Instationäre Fadenströmung eines dichteveränderlichen Fluids	41
4.3.3.1 Voraussetzungen und Annahmen	41
4.3.3.2 Lineare Theorie der instationären Fadenströmung	42
4.3.3.3 Anwendungen zur instationären Fadenströmung dichteveränderlicher Fluide	49
4.4 Strömung dichteveränderlicher Fluide (Gase) in Rohrleitungen	58
4.4.1 Einführung	58
4.4.2 Gasströmung in geradlinig verlaufenden Rohren	59
4.4.2.1 Grundlagen zur Berechnung der Gasströmung in Rohrleitungen	59
4.4.2.2 Reibungslose Rohrströmung mit Wärmeumsatz (Rayleigh)	64
4.4.2.3 Adiabate Rohrströmung mit Reibung (Fanno)	69
4.4.2.4 Rohrströmung bei konstanter Temperatur (isotherm)	75
4.5 Umlenkung stationärer ebener Überschallströmungen durch Wellen und Stöße	76
4.5.1 Einführung	76

4.5.2	Schiefe Störfront	78
4.5.2.1	Voraussetzungen und Annahmen	78
4.5.2.2	Grundlegende Erkenntnisse	78
4.5.2.3	Einfluß des Umlenk- und Frontwinkels	81
4.5.3	Elementare Strömungsumlenkung bei Überschallanströmung	82
4.5.3.1	Schwache Umlenkung bei supersonischer Strömung (lineare Theorie)	82
4.5.3.2	Starke stetige Umlenkung (konstante Entropie)	85
4.5.3.3	Starke unstetige Umlenkung (schiefer Verdichtungsstoß)	90
4.5.3.4	Hypersonische Strömung	102
4.6	Drehungsfreie und drehungsbehaftete Strömungen dichteveränderlicher Fluide (Gase) → Kap. 5.3.3 bzw. 5.4.4	
4.7	Laminare Grenzschichten dichteveränderlicher Fluide (Gase) → Kap. 6.3.2	
	Literatur zu Kapitel 4	109
5	Drehungsfreie und drehungsbehaftete Strömungen	112
5.1	Überblick	112
5.2	Begriffe und Gesetze drehungsfreier und drehungsbehafteter Strömungen	113
5.2.1	Einführung	113
5.2.2	Geschwindigkeitspotentiale	113
5.2.2.1	Geschwindigkeitsfeld, Drehungsfeld (Wirbelfeld)	113
5.2.2.2	Skalares Geschwindigkeitspotential (Quellpotential)	114
5.2.2.3	Vektorielles Geschwindigkeitspotential (Wirbelpotential)	115
5.2.3	Drehbewegung (Wirbelströmung)	115
5.2.3.1	Drehung	115
5.2.3.2	Zusammenhang von Drehung und Entropie (Crocco, Vazsonyi)	115
5.2.3.3	Räumliche Erhaltung der Drehung (Räumlicher Wirbelerhaltungssatz)	116
5.2.3.4	Zeitliche Änderung der Drehung (Wirbeltransportgleichung)	117
5.2.4	Zirkulationsströmung	118
5.2.4.1	Zirkulation	118
5.2.4.2	Zusammenhang von Zirkulation und Drehung (Stokes)	120
5.2.4.3	Zusammenhang von Zirkulation und Geschwindigkeitspotential	122
5.2.4.4	Zeitliche Änderung der Zirkulation	122
5.2.5	Wirbelsätze für die Wirbellinie und den Wirbelfaden	124
5.2.5.1	Allgemeines	124
5.2.5.2	Definitionen	124
5.2.5.3	Räumliche Erhaltungseigenschaft	125
5.2.5.4	Zeitliche Erhaltungseigenschaft	126
5.3	Drehungsfreie reibungslose Strömungen (Potentialströmungen)	127
5.3.1	Voraussetzungen und grundlegende Beziehungen	127
5.3.2	Stationäre Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide ohne freie Oberfläche	130
5.3.2.1	Ausgangsgleichungen	130
5.3.2.2	Grundlagen der ebenen Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide	132
5.3.2.3	Lösungsansätze ebener Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide	135
5.3.2.4	Beispiele ebener Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide	140
5.3.2.5	Grundlagen der räumlichen Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide	157
5.3.2.6	Beispiele räumlicher Potentialströmungen dichtebeständiger Fluide	158
5.3.3	Stationäre Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide (Gase)	163
5.3.3.1	Ausgangsgleichungen	163
5.3.3.2	Exakte Lösungen ebener Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide	165

5.3.3.3	Ebene Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide bei kleiner Störung	168
5.3.3.4	Lösungsansätze und Ähnlichkeitsregeln ebener linearisierter Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide	173
5.3.3.5	Räumliche Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide	186
5.3.4	Instationäre Potentialströmungen mit freier Flüssigkeitsoberfläche (Oberflächenwellen)	188
5.3.4.1	Grundlagen und Bestimmungsgleichungen	188
5.3.4.2	Gerade fortschreitende Oberflächenwellen	192
5.3.4.3	Überlagerte Oberflächenwellen	196
5.3.4.4	Schiffswellen	197
5.4	Zirkulationsbehafete reibungslose Strömungen (Potentialwirbelströmungen)	198
5.4.1	Voraussetzungen und grundlegende Beziehungen	198
5.4.2	Stationäre Potentialwirbelströmungen dichtebeständiger Fluide	200
5.4.2.1	Beliebig geformter Wirbelfaden	200
5.4.2.2	Einzelter ebener Potentialwirbel (Stabwirbel)	202
5.4.2.3	Mehrere parallel verlaufende ebene Potentialwirbel (Wirbelsysteme)	205
5.4.2.4	Potentialwirbelschichten	212
5.4.3	Tragflügeltheorie dichtebeständiger Fluide	217
5.4.3.1	Grundlagen der Theorie des Auftriebs	217
5.4.3.2	Tragflügel unendlicher Spannweite (Profiltheorie)	219
5.4.3.3	Tragflügel endlicher Spannweite (räumliche Tragflügeltheorie)	227
5.4.3.4	Tragflügelsysteme	234
5.4.4	Stationäre Wirbelströmungen dichteveränderlicher Fluide	240
5.4.4.1	Ebener Potentialwirbel	240
5.4.4.2	Freie Wirbelschicht	241
5.4.4.3	Wirbelfeld (Drehung) hinter einem gekrümmten Verdichtungsstoß	242
5.5	Verwandte Probleme der Potentialtheorie	244
5.5.1	Einführung	244
5.5.2	Grundsätzliche Erkenntnisse der erweiterten Potentialtheorie	244
5.5.2.1	Potentialströmung mit freier Stromlinie	244
5.5.2.2	Schleichende Potentialströmung (Hele-Shaw)	251
5.5.2.3	Instationäre Wirbelausbreitung in einem viskosen Fluid	252
5.5.3	Sickerströmung durch poröses Medium	257
5.5.3.1	Filtergesetz (Darcy)	257
5.5.3.2	Sickerströmung als potentialtheoretische Aufgabe	259
5.5.3.3	Grundwasserströmung	260
	Literatur zu Kapitel 5	262
6	Grenzschichtströmungen	267
6.1	Überblick	267
6.2	Grundzüge der Grenzschicht-Theorie	268
6.2.1	Einführung	268
6.2.2	Begriff der Grenzschicht und ihr grundsätzliches Verhalten	270
6.2.2.1	Strömungsgrenzschicht	270
6.2.2.2	Temperaturgrenzschicht	275
6.2.2.3	Diffusionsgrenzschicht	277
6.2.3	Ausgangsgleichungen der Grenzschicht-Theorie (Prandtl)	277
6.2.3.1	Grundgesetze der Strömung mit Reibungs- und Temperatureinfluss	277
6.2.3.2	Formulierung der Grenzschicht-Theorie	279
6.2.3.3	Stoffgesetze innerhalb der Grenzschicht	282
6.3	Grenzschichtströmung an festen Wänden	283
6.3.1	Einführung	283
6.3.2	Laminare Grenzschichten an festen Wänden	283

6.3.2.1 Grenzschichtgleichungen der laminaren ebenen Scherströmung	283
6.3.2.2 Folgerungen aus den Grenzschichtgleichungen	289
6.3.2.3 Laminare Grenzschicht an der längsangeströmten ebenen Platte	295
6.3.2.4 Laminare ebene Grenzschicht mit Druckgradient der Außenströmung	309
6.3.2.5 Laminare Grenzschicht an Körpern mit gekrümmter Oberfläche	316
6.3.3 Turbulente Grenzschichten an festen Wänden	318
6.3.3.1 Grenzschichtgleichungen der turbulenten ebenen Scherströmung	318
6.3.3.2 Geschwindigkeitsprofile der turbulenten Strömungsgrenzschicht	323
6.3.3.3 Turbulente Grenzschicht an der längsangeströmten ebenen Platte	326
6.3.3.4 Turbulente ebene Grenzschicht mit Druckgradient der Außenströmung	335
6.3.4 Integralverfahren der Grenzschicht-Theorie	340
6.3.4.1 Allgemeines	340
6.3.4.2 Integralbeziehungen der Strömungsgrenzschicht	341
6.3.4.3 Quadraturverfahren zur Berechnung der Strömungsgrenzschicht bei einem homogenen Fluid	347
6.3.5 Abgelöste Grenzschicht bei umströmten Körpern	351
6.3.5.1 Grundsätzliche Erkenntnisse	351
6.3.5.2 Abgelöste Strömung an gewölbten Körpern	352
6.3.5.3 Abgelöste Strömung um Körper mit scharfen Kanten	358
6.4 Grenzschichtströmung ohne feste Begrenzung	361
6.4.1 Einführung	361
6.4.2 Freie Strömungsgrenzschicht	361
6.4.2.1 Reibungsbehaftete Trennungsschicht (ebener Halbstrahl)	361
6.4.2.2 Reibungsbehafteter Freistrahrl	363
6.4.2.3 Reibungsbehaftete Nachlaufströmung	372
6.4.3 Besondere turbulente Scherströmungen	374
6.4.3.1 Intermittenz bei turbulenter Strömung	374
6.4.3.2 Strahlablenkung durch feste Wand (Coanda-Effekt)	375
Literatur zu Kapitel 6	377
Bibliographie	000
Namenverzeichnis (Band 1 und 2)	000
Sachverzeichnis	000
Ergänzungen zu Band 1 (4. Auflage)	000

Band 1

Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide

- 1 Einführung in die Fluidmechanik
- 2 Grundgesetze der Fluid- und Thermofluidmechanik
- 3 Elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide

Sachverzeichnis