

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen, Dimensionen, Einheiten.	XIV
4 Elementare Strömungsvorgänge dichtevariabler Fluide.	1
4.1 Überblick.	1
4.2 Dichtevariablen Fluide im Ruhezustand (Aerostatik).	2
4.2.1 Ausgangsgleichungen.	2
4.2.2 Gasdruck auf feste Begrenzungsfächen.	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 dichtevariabler Fluide (Gase).	9
4.3.1 Einführung.	9
4.3.2 Stationäre Fadenströmung eines dichtevariablen 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 dichtevariablen 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 dichtevariablen Fluide.	30
4.3.3 Instationäre Fadenströmung eines dichtevariablen Fluids	42
4.3.3.1 Voraussetzungen und Annahmen.	42
4.3.3.2 Lineare Theorie der instationären Fadenströmung.	42
4.3.3.3 Anwendungen zur instationären Fadenströmung dichtevariablen Fluide.	49
4.4 Strömung dichtevariablen Fluide (Gase) in Rohrleitungen.	58
4.4.1 Einführung.	58
4.4.2 Gassströmung in geradlinig verlaufenden Rohren.	59
4.4.2.1 Voraussetzungen und Annahmen.	59
4.4.2.2 Grundlagen zur Berechnung der Gassströmung in Rohrleitungen.	61
4.4.2.3 Reibungslose Rohrströmung mit Wärmeaustausch (Rayleigh).	63
4.4.2.4 Reibungsbehafte Rohrströmung ohne Wärmeaustausch (Fanno).	69
4.4.2.5 Reibungsbehafte Rohrströmung bei konstanter Temperatur (isotherm).	74

4.4.2.6 Reibungsbedingtes Druckverhalten bei Rohrströmungen eines dichteveränderlichen Fluids	75
4.5 Umlenkung stationärer ebener Überschallströmungen durch Wellen und Stöße	76
4.5.1 Einführung	76
4.5.2 Schiefe Störfront	79
4.5.2.1 Voraussetzungen und Annahmen	79
4.5.2.2 Grundlegende Erkenntnisse	79
4.5.2.3 Einfluß des Umlenken- und Frontwinkels	82
4.5.3 Elementare Strömungsumlenkung bei Überschallanströmung	83
4.5.3.1 Schwache Umlenkung bei supersonischer Strömung (lineare Theorie)	83
4.5.3.2 Starke stetige Umlenkung (konstante Entropie)	86
4.5.3.3 Starke unstetige Umlenkung (schiefer Verdichtungsstoß)	92
4.5.3.4 Hypersonische Strömung	103
Literatur zu Kapitel 4	110
5 Drehungsfreie und drehungsbehaftete Strömungen	113
5.1 Überblick	113
5.2 Begriffe und Gesetze drehungsfreier und drehungsbehafteter Strömungen	114
5.2.1 Einführung	114
5.2.2 Größen der Wirbelbewegung (Drehbewegung)	115
5.2.2.1 Kinematische Begriffe	115
5.2.2.2 Zusammenhang von Drehung und Zirkulation (Stokes)	118
5.2.2.3 Zusammenhang von Drehung und Entropie (Crocco)	119
5.2.3 Wirbelgleichungen der Fluidmechanik	120
5.2.3.1 Räumlicher Wirbelerhaltungssatz	120
5.2.3.2 Zeitliche Änderung der Drehung	121
5.2.3.3 Zeitliche Änderung der Zirkulation	124
5.3 Drehungsfreie reibungslose Strömungen (Potentialströmungen)	126
5.3.1 Voraussetzungen und grundlegende Beziehungen	126
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	142
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	166
5.3.3.3 Ebene Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide bei kleiner Störung	168
5.3.3.4 Lösungsansätze und Ähnlichkeitsregeln ebener linearisierter Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide	174
5.3.3.5 Räumliche Potentialströmungen dichteveränderlicher Fluide	187
5.3.4 Instationäre Potentialströmungen mit freier Flüssigkeitsoberfläche (Oberflächenwellen)	189
5.3.4.1 Grundlagen und Bestimmungsgleichungen	189

5.3.4.2 Gerade fortschreitende Oberflächenwellen.	193
5.3.4.3 Überlagerte Oberflächenwellen.	197
5.3.4.4 Schiffswellen.	199
5.4 Drehungsbehaftete reibungslose Strömungen (Potentialwirbelströmungen).	199
5.4.1 Voraussetzungen und grundlegende Beziehungen.	199
5.4.2 Stationäre Potentialwirbelströmungen dichtebeständiger Fluide.	201
5.4.2.1 Ausgangsgleichungen (Biot, Savart).	201
5.4.2.2 Einzelter ebener Potentialwirbel (Stabwirbel).	203
5.4.2.3 Mehrere parallel verlaufende ebene Potentialwirbel (Wirbelsysteme).	206
5.4.2.4 Potentialwirbelschichten.	213
5.4.3 Tragflügeltheorie dichtebeständiger Fluide.	218
5.4.3.1 Grundlagen der Theorie des Auftriebs.	218
5.4.3.2 Tragflügel unendlicher Spannweite (Profiltheorie).	221
5.4.3.3 Tragflügel endlicher Spannweite (räumliche Tragflügeltheorie).	228
5.4.3.4 Tragflügelsysteme.	236
5.4.4 Stationäre Wirbelströmungen dichteveränderlicher Fluide.	241
5.4.4.1 Ebener Potentialwirbel.	241
5.4.4.2 Freie Wirbelschicht.	242
5.4.4.3 Wirbelfeld hinter einem gekrümmten Verdichtungsstoß.	243
5.5 Verwandte Probleme der Potentialtheorie.	245
5.5.1 Einführung.	245
5.5.2 Grundsätzliche Erkenntnisse der erweiterten Potentialtheorie.	246
5.5.2.1 Potentialströmung mit freier Stromlinie.	246
5.5.2.2 Schleichende Potentialströmung (Hele-Shaw).	252
5.5.2.3 Instationäre Wirbelausbreitung in einem viskosen Fluid.	254
5.5.3 Sickerströmung durch poröses Medium.	259
5.5.3.1 Filtergesetz (Darcy).	259
5.5.3.2 Sickerströmung als potentialtheoretische Aufgabe.	261
5.5.3.3 Grundwasserströmung.	262
Literatur zu Kapitel 5.	264
6 Grenzschichtströmungen.	268
6.1 Überblick.	268
6.2 Grundzüge der Grenzschicht-Theorie.	269
6.2.1 Einführung.	269
6.2.2 Begriff der Grenzschicht und ihr grundsätzliches Verhalten.	270
6.2.2.1 Strömungsgrenzschicht.	270
6.2.2.2 Temperaturgrenzschicht.	276
6.2.2.3 Diffusionsgrenzschicht.	278
6.2.3 Ausgangsgleichungen der Grenzschicht-Theorie (Prandtl).	278
6.2.3.1 Grundgesetze der Strömung mit Reibungs- und Temperatureinfluß.	278
6.2.3.2 Formulierung der Grenzschicht-Theorie.	279
6.2.3.3 Stoffgesetze innerhalb der Grenzschicht.	282
6.3 Grenzschichtströmung an festen Wänden.	284
6.3.1 Einführung.	284
6.3.2 Laminare Grenzschichten an festen Wänden.	284
6.3.2.1 Grenzschichtgleichungen der laminaren ebenen Scherströmung.	284
6.3.2.2 Folgerungen aus den Grenzschichtgleichungen.	290
6.3.2.3 Laminare Grenzschicht an der längsangeströmten ebenen Platte.	296
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	319
6.3.3.1 Grenzschichtgleichungen der turbulenten ebenen Scherströmung	319
6.3.3.2 Turbulente Grenzschicht an der längsangeströmten ebenen Platte	323
6.3.3.3 Turbulente ebene Grenzschicht mit Druckgradient der Außenströmung	335
6.3.4 Integralverfahren der Grenzschicht-Theorie	341
6.3.4.1 Allgemeines	341
6.3.4.2 Integralbeziehungen der Strömungsgrenzschicht	342
6.3.4.3 Quadraturverfahren zur Berechnung der Strömungsgrenzschicht bei einem homogenen Fluid	349
6.3.5 Abgelöste Grenzschicht bei umströmten Körpern	352
6.3.5.1 Grundsätzliche Erkenntnisse	352
6.3.5.2 Abgelöste Strömung an gewölbten Körpern	354
6.3.5.3 Abgelöste Strömung um Körper mit scharfen Kanten	360
6.4 Grenzschichtströmung ohne feste Begrenzung	363
6.4.1 Einführung	363
6.4.2 Freie Strömungsgrenzschicht	363
6.4.2.1 Reibungsbehaftete Trennungsschicht (ebener Halbstrahl)	363
6.4.2.2 Reibungsbehafteter Freistrahrl	365
6.4.2.3 Reibungsbehaftete Nachlaufströmung	368
6.4.3 Besondere turbulente Scherströmungen	369
6.4.3.1 Intermittenz bei turbulenter Strömung	369
6.4.3.2 Strahlablenkung durch feste Wand (Coanda-Effekt)	370
Literatur zu Kapitel 6	372
Bibliographie	378
Namenverzeichnis	393
Sachverzeichnis	
Band 1	
Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide	
1 Einführung in die Fluidmechanik	
2 Grundgesetze der Fluid- und Thermo-Fluidmechanik	
3 Elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide	
Namenverzeichnis	
Sachverzeichnis	