

Inhaltsverzeichnis

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).	9
4.3.1 Einführung.	9
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	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 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 Voraussetzungen und Annahmen.	59
4.4.2.2 Grundlagen zur Berechnung der Gasströmung in Rohrleitungen.	61
4.4.2.3 Reibungslose Rohrströmung mit Wärmeaustausch (Rayleigh).	63
4.4.2.4 Reibungsbehaftete Rohrströmung ohne Wärmeaustausch (Fanno).	69
4.4.2.5 Reibungsbehaftete 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 Umlenk- 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 Einzelner 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 Freistrah.	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