

Inhaltsverzeichnis

1	Das methodische Konzept dieses Buches	1
----------	--	----------

Teil I Einführung in wichtige Aspekte und Phänomene der Strömungsmechanik

2	Anschauliche Beispiele aus Natur und Technik	5
2.1	Strömungen im Alltag	6
2.2	Strömungen in Natur und Technik	7
3	Strömungsaspekte und -phänomene	11
3.1	Aspekte zur Charakterisierung von Strömungen	11
3.1.1	Strömungsaspekt: Fluidverhalten	12
3.1.2	Strömungsaspekt: Umströmung oder Durchströmung	13
3.1.3	Strömungsaspekt: Erzwungene oder natürliche Konvektion	15
3.1.4	Strömungsaspekt: Laminare oder turbulente Strömungen	15
3.1.5	Strömungsaspekt: Stationäre oder instationäre Strömungen	16
3.1.6	Strömungsaspekt: Kompressible oder inkompressible Strömungen	17
3.1.7	Strömungsaspekt: Reibungsbehaftete oder reibungsfreie Strömungen	17
3.1.8	Strömungsaspekt: Drei-, zwei- oder eindimensionale Strömungen	18
3.2	Kinematische Beschreibung von Strömungen	19
3.2.1	Kinematische Beschreibung turbulenter Strömungen	20
3.2.2	Stromlinien	21
3.2.3	Bahnlinien	23
3.2.4	Streichlinien	23
3.3	Strömungsphänomene	24
3.3.1	Strömungsphänomen: Wandeinfluss	24
3.3.2	Strömungsphänomen: Grenzschichten	25
3.3.3	Strömungsphänomen: Ablösung	27
3.3.4	Strömungsphänomen: Drehung	27
3.3.5	Strömungsphänomen: Verdichtungsstoß	28

3.4	Anwendungsbeispiele AB-1, AB-2	31
3.5	Illustrierende Beispiele IB-1 bis IB-3	33
4	Quasi-Strömungsmechanik: Hydro- und Aerostatik	37
4.1	Hydrostatische Druckverteilung	37
4.1.1	Bestimmung der Druckkraft auf eine Wand	39
4.1.2	Hydrostatischer Auftrieb	41
4.1.3	Druckverteilung in einem gleichmäßig rotierenden Fluid	43
4.2	Aerostatische Druckverteilung	44
4.3	Anwendungsbeispiele AB-3, AB-4	46
4.4	Illustrierende Beispiele IB-4, IB-5	49
 Teil II Methodisches Vorgehen in der Strömungsmechanik		
5	Berechnung, Simulation und Messung von Strömungsgrößen	55
5.1	Physikalisch/mathematische Modellbildung	55
5.2	Messen von Strömungsgrößen	58
5.2.1	Geschwindigkeitsmessungen	59
5.2.2	Druckmessungen	60
6	Dimensionsanalyse	63
6.1	Das Pi-Theorem der Dimensionsanalyse	64
6.2	Auswahl der Einflussgrößen (Modellbildung)	66
6.3	Bestimmung der dimensionslosen Kennzahlen	68
6.4	Anwendungsbeispiele AB-5, AB-6	69
6.5	Illustrierendes Beispiel IB-6	74
7	Untersuchungen im Modellmaßstab	77
7.1	Physikalische Ähnlichkeit	78
7.2	Probleme bei Modelluntersuchungen	78
7.3	Anwendungsbeispiele AB-7, AB-8	81
7.4	Illustrierende Beispiele IB-7 bis IB-9	84
8	Berücksichtigung des Turbulenzeinflusses	89
8.1	Zur Physik turbulenter Strömungen	90
8.2	Simulation, Modellierung und pauschale Erfassung des Turbulenzeinflusses	93
8.2.1	Simulation des Turbulenzeinflusses (DNS)	94
8.2.2	Modellierung des Turbulenzeinflusses (RANS)	94
8.2.3	Pauschale Erfassung des Turbulenzeinflusses	95
8.3	Anwendungsbeispiel AB-9	96
8.4	Illustrierendes Beispiel IB-10	97

Teil III Technische Strömungen – Eindimensionale physikalisch/mathematische Modelle

9	Grundgleichungen der eindimensionalen Modellierung	101
9.1	Erläuterungen zur Kontinuitätsgleichung	104
9.2	Erläuterungen zur Gesamtenergiegleichung	104
9.3	Ungleichverteilung der Strömungsgrößen im Querschnitt	107
10	Inkompressible eindimensionale Stromröhrentheorie	111
10.1	Bestimmung der spezifischen Dissipation φ	112
10.2	Berücksichtigung der spezifischen technischen Arbeit w_t	115
10.3	Einsatz der thermischen Energiegleichung	116
10.4	Druck- und Geschwindigkeitsmessungen auf der Basis der Bernoulli-Gleichung	117
10.5	Strömungskräfte auf die Berandung von Stromröhren	120
10.6	Anwendungsbeispiele AB-10 bis AB-12	122
10.7	Illustrierende Beispiele IB-11 bis IB-14	129
11	Kompressible eindimensionale Stromröhrentheorie	137
11.1	Lösungsstrategie	138
11.2	Strömungsformen	142
11.3	Anwendungsbeispiele AB-13, AB-14	144
11.4	Illustrierende Beispiele IB-15, IB-16	147

Teil IV Technische Strömungen – Mehrdimensionale physikalisch/mathematische Modelle

12	Physikalisch/mathematische Modelle mit und ohne Gebietszerlegung	153
12.1	Grenzschichttheorie: Eine hierarchische Gebietszerlegung	155
13	Reibungsfreie Umströmung von Körperoberflächen	159
13.1	Grundgleichungen für reibungsfreie Strömungen (Euler-Gleichungen)	159
13.1.1	Das ortsfeste Koordinatensystem (Eulersche Betrachtungsweise)	160
13.1.2	Euler-Gleichungen (2D)	161
13.2	Einführung der Stromfunktion	164
13.3	Drehungsfreie Strömungen (Potenzialströmungen)	166
13.3.1	Bestimmungsgleichungen für Potenzialströmungen	166
13.3.2	Elementare und zusammengesetzte Potenzialströmungslösungen	168
13.4	Anwendungsbeispiele AB-15, AB-16	173
13.5	Illustrierende Beispiele IB-17, IB-18	176

14	Strömung in Grenzschichten	179
14.1	Zwölf Grenzschichteigenschaften	179
14.2	Laminare Grenzschichten	183
14.2.1	Grenzschichtgleichungen	183
14.2.2	Grenzschichttransformation	184
14.3	Turbulente Grenzschichten	186
14.3.1	Grenzschichtgleichungen	187
14.3.2	Turbulenzmodellierung	189
14.3.3	Grenzschichttransformation, Zweischichtenstruktur	192
14.4	Anwendungsbeispiele AB-17, AB-18	195
14.5	Illustrierende Beispiele IB-19 bis IB-21	198
15	Durchströmung schlanker Kanäle	203
15.1	Begriffsbestimmung	204
15.2	Ebener Kanal, Rohr, hydraulischer Durchmesser	204
15.2.1	Hydrodynamische Einlaufänge	205
15.2.2	Ausgebildete Strömungen	205
15.2.3	Das Konzept des hydraulischen Durchmessers	208
15.3	Schlankkanalgleichungen	210
15.4	Anwendungsbeispiele AB-19, AB-20	211
15.5	Illustrierende Beispiele IB-22, IB-23	214
16	Grundgleichungen für Newtonsche Fluide	217
16.1	Grundgleichungen	218
16.2	Grundgleichungen für turbulente, inkompressible Strömungen	219
16.3	Anwendungsbeispiel AB-21	221
16.4	Illustrierende Beispiele IB-24, IB-25	222
Teil V Sonderkapitel		
17	Widerstand und Auftrieb	231
17.1	Widerstand und Auftrieb bei umströmten Körpern	231
17.1.1	Widerstand umströmter Körper	232
17.1.2	Auftrieb umströmter Körper	234
17.2	Verluste bei Durchströmungen	236
17.3	Illustrierende Beispiele IB-26 bis IB-28	236
18	Spezielle Strömungssituationen	243
18.1	Natürliche Konvektion	243
18.1.1	Charakteristische Geschwindigkeit u_c	244
18.1.2	Boussinesq-Approximation	245
18.2	Schleichende Strömungen	247

18.3	Strömung in porösen Medien	250
18.4	Strömung in offenen Kanälen (Gerinnen)	254
18.5	Oberflächenwellen	257
18.6	Einfluss der Oberflächenspannung	259
18.6.1	Spezifische Oberflächenenergie σ	260
18.6.2	Oberflächenspannung σ	260
18.6.3	Kapillarität	262
18.7	Anwendungsbeispiele AB-22, AB-23	264
18.8	Illustrierende Beispiele IB-29, IB-30	266
19	Zwölf mal warum ...?	269
	Verzeichnis der Anwendungsbeispiele	275
	Verzeichnis der illustrierenden Beispiele	277
	Verzeichnis wichtiger Symbole und Formelzeichen	279
	Häufig verwendete Indizes und Kennzeichnungen	283
	Literaturverzeichnis/Monographien	285
	Sachverzeichnis	289