

Inhaltsverzeichnis

0	Das methodische Konzept dieses Buches	1
A	Einführung in wichtige Aspekte und Phänomene der Strömungsmechanik	3
1	Anschauliche Beispiele aus Natur und Technik	5
1.1	Strömungen im Alltag	5
1.2	Strömungen in Natur und Technik	6
2	Strömungsaspekte und -phänomene	9
2.1	Aspekte zur Charakterisierung von Strömungen	9
2.1.1	Strömungsaspekt: Fluidverhalten	9
2.1.2	Strömungsaspekt: Umströmung oder Durchströmung	11
2.1.3	Strömungsaspekt: Erzwungene oder natürliche Konvektion	12
2.1.4	Strömungsaspekt: Laminare oder turbulente Strömungen	13
2.1.5	Strömungsaspekt: Stationäre oder instationäre Strömungen	13
2.1.6	Strömungsaspekt: Kompressible oder inkompressible Strömungen	14
2.1.7	Strömungsaspekt: Reibungsbehaftete oder reibungsfreie Strömungen	14
2.1.8	Strömungsaspekt: Drei-, zwei- oder eindimensionale Strömungen	15
2.2	Kinematische Beschreibung von Strömungen	15
2.2.1	Kinematische Beschreibung turbulenter Strömungen	16
2.2.2	Stromlinien	18
2.2.3	Bahnlinien	19
2.2.4	Streichlinien	19
2.3	Strömungsphänomene	20
2.3.1	Strömungsphänomen: Wandeinfluss	20
2.3.2	Strömungsphänomen: Grenzschichten	21
2.3.3	Strömungsphänomen: Ablösung	22
2.3.4	Strömungsphänomen: Drehung	23
2.3.5	Strömungsphänomen: Verdichtungsstoß	24
2.4	Illustrierende Beispiele IB-1 bis IB-3	26
3	Quasi-Strömungsmechanik: Hydro- und Aerostatik	29
3.1	Hydrostatische Druckverteilung	29
3.1.1	Bestimmung der Druckkraft auf eine Wand	30
3.1.2	Hydrostatischer Auftrieb	33
3.1.3	Druckverteilung in einem gleichmäßig rotierenden Fluid	34
3.2	Aerostatische Druckverteilung	36
3.3	Anwendungsbeispiele AB-1, AB-2	37
3.4	Illustrierende Beispiele IB-4, IB-5	40

B	Methodisches Vorgehen in der Strömungsmechanik	43
4	Berechnung, Simulation und Messung von Strömungsgrößen	45
4.1	Physikalisch/mathematische Modellbildung	45
4.2	Messen von Strömungsgrößen	48
4.2.1	Geschwindigkeitsmessungen	48
4.2.2	Druckmessungen	49
5	Dimensionsanalyse	51
5.1	Das Pi-Theorem der Dimensionsanalyse	52
5.2	Auswahl der Einflussgrößen (Modellbildung)	53
5.3	Bestimmung der dimensionslosen Kennzahlen	55
5.4	Anwendungsbeispiele AB-3, AB-4	56
5.5	Illustrierendes Beispiel IB-6	60
6	Untersuchungen im Modellmaßstab	63
6.1	Physikalische Ähnlichkeit	63
6.2	Probleme bei Modelluntersuchungen	64
6.3	Anwendungsbeispiele AB-5, AB-6	66
6.4	Illustrierende Beispiele IB-7, IB-8	68
7	Berücksichtigung des Turbulenzeinflusses	71
7.1	Zur Physik turbulenter Strömungen	71
7.2	Simulation, Modellierung und pauschale Erfassung des Turbulenzeinflusses	75
7.2.1	Simulation des Turbulenzeinflusses (DNS)	75
7.2.2	Modellierung des Turbulenzeinflusses (RANS)	75
7.2.3	Pauschale Erfassung des Turbulenzeinflusses	76
7.3	Illustrierendes Beispiel IB-9	76
C	Technische Strömungen	79
C1	Eindimensionale physikalisch/mathematische Modelle	
8	Grundgleichungen der eindimensionalen Modellierung	81
8.1	Erläuterungen zur Kontinuitätsgleichung	83
8.2	Erläuterungen zur Gesamtenergiegleichung	84
8.3	Ungleichverteilung der Strömungsgrößen im Querschnitt	86
9	Inkompressible eindimensionale Stromröhrentheorie	89
9.1	Bestimmung der spezifischen Dissipation φ	89
9.2	Berücksichtigung der spezifischen technischen Arbeit w_t	92
9.3	Einsatz der thermischen Energiegleichung	93
9.4	Druck- und Geschwindigkeitsmessungen auf der Basis der Bernoulli-Gleichung	94
9.5	Strömungskräfte auf die Berandung von Stromröhren	96
9.6	Anwendungsbeispiele AB-7 bis AB-9	98
9.7	Illustrierende Beispiele IB-10, IB-11	104

10 Kompressible eindimensionale Stromröhrentheorie	107
10.1 Lösungsstrategie	108
10.2 Strömungsformen	111
10.3 Anwendungsbeispiele AB-10, AB-11	113
10.4 Illustrierende Beispiele IB-12, IB-13	115
C2 Mehrdimensionale physikalisch/mathematische Modelle	
11 Physikalisch/mathematische Modelle mit und ohne Gebietszerlegung	119
11.1 Grenzschichttheorie: Eine hierarchische Gebietszerlegung	121
12 Reibungsfreie Umströmung von Körperoberflächen	125
12.1 Grundgleichungen für reibungsfreie Strömungen (Euler-Gleichungen)	125
12.1.1 Das ortsfeste Koordinatensystem (Eulersche Betrachtungsweise)	125
12.1.2 Euler-Gleichungen (2D)	127
12.2 Einführung der Stromfunktion	129
12.3 Drehungsfreie Strömungen (Potenzialströmungen)	131
12.3.1 Bestimmungsgleichungen für Potenzialströmungen	131
12.3.2 Elementare und zusammengesetzte Potenzialströmungslösungen	133
12.4 Anwendungsbeispiele AB-12, AB-13	137
12.5 Illustrierende Beispiele IB-14, IB-15	140
13 Strömung in Grenzschichten	143
13.1 Zwölf Grenzschichteigenschaften	143
13.2 Laminare Grenzschichten	146
13.2.1 Grenzschichtgleichungen	146
13.2.2 Grenzschichttransformation	148
13.3 Turbulente Grenzschichten	149
13.3.1 Grenzschichtgleichungen	149
13.3.2 Turbulenzmodellierung	151
13.3.3 Grenzschichttransformation, Zweischichtenstruktur	154
13.4 Anwendungsbeispiele AB-14, AB-15	157
13.5 Illustrierende Beispiele IB-16 bis IB-18	159
14 Durchströmung schlanker Kanäle	163
14.1 Begriffsbestimmung	163
14.2 Ebener Kanal, Rohr, hydraulischer Durchmesser	164
14.2.1 Hydrodynamische Einlaufänge	164
14.2.2 Ausgebildete Strömungen	164
14.2.3 Das Konzept des hydraulischen Durchmessers	166
14.3 Schlankkanalgleichungen	169
14.4 Anwendungsbeispiele AB-16, AB-17	170
14.5 Illustrierende Beispiele IB-19, IB-20	172

15 Grundgleichungen für Newtonsche Fluide	175
15.1 Grundgleichungen	176
15.2 Grundgleichungen für turbulente, inkompressible Strömungen	176
15.3 Illustrierende Beispiele IB-21, IB-22	178
D Sonderkapitel	183
16 Widerstand und Auftrieb	185
16.1 Widerstand und Auftrieb bei umströmten Körpern	185
16.1.1 Widerstand umströmter Körper	186
16.1.2 Auftrieb umströmter Körper	186
16.2 Verluste bei Durchströmungen	189
16.3 Illustrierende Beispiele IB-23, IB-24	189
17 Spezielle Strömungssituationen	193
17.1 Natürliche Konvektion	193
17.1.1 Charakteristische Geschwindigkeit u_c	193
17.1.2 Boussinesq-Approximation	195
17.2 Schleichende Strömungen	196
17.3 Strömung in porösen Medien	198
17.4 Strömung in offenen Kanälen (Gerinnen)	202
17.5 Oberflächenwellen	205
17.6 Einfluss der Oberflächenspannung	207
17.6.1 Spezifische Oberflächenenergie σ	208
17.6.2 Oberflächenspannung σ	208
17.6.3 Kapillarität	209
17.7 Anwendungsbeispiele AB-18, AB-19	211
17.8 Illustrierende Beispiele IB-25, IB-26	214
18 Zehn mal warum ...?	217
Verzeichnis der Anwendungsbeispiele	221
Verzeichnis der illustrierenden Beispiele	223
Verzeichnis wichtiger Symbole und Formelzeichen	225
Häufig verwendete Indizes und Kennzeichnungen	227
Literaturverzeichnis / Monographien	229