

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VIII
Symbolverzeichnis	X
1 Die Bilanzgleichungen der Thermofluiddynamik	1
1.1 Einführung in die Tensornotation	1
1.2 Der thermodynamisch-mechanische Zustand von Fluiden	6
1.3 Massenbilanzen	9
1.4 Impulsbilanz	12
1.5 Energiebilanz	16
1.6 Zusammenstellung der Bilanzgleichungen	21
1.7 Entropiebilanz und Dissipationsfunktion	23
1.8 Die konstitutiven Gleichungen (Materialgleichungen)	28
1.9 Zusammenfassung	35
Literatur zu Kapitel 1	36
2 Laminarer Impulsaustausch	37
2.1 Kanal- und Rohrströmung	38
2.2 Die Grenzschicht-Gleichungen	41
2.3 Exakte Lösungen der Grenzschicht-Gleichungen	44
2.4 Integralverfahren nach von Kármán und Pohlhausen	52
2.5 Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	60
Literatur zu Kapitel 2	62
3 Laminarer Wärmeaustausch	63
3.1 Die Grenzschicht-Gleichungen bei erzwungener Konvektion	65
3.2 Der Wärmeübergang an der ebenen Platte	71
3.2.1 Exakte Lösung für $Pr = 1$ und konstante Wandtemperatur	72
3.2.2 Näherungslösung mit Integralbedingung	74
3.3 Ähnliche Lösungen	79
3.4 Rohrströmung	84
3.5 Die Grenzschicht-Gleichungen bei freier Konvektion	91
3.6 Freie Konvektionströmung an der senkrechten Platte	95
3.6.1 Exakte Lösung	95
3.6.2 Näherungslösung mit Integralbedingung	97

3.7	Wärmeübergang bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten	101
3.7.1	Dissipation und Recovery-Faktor	101
3.7.2	Exakte Lösungen für die ebene Plattenströmung bei konstanten Fluideigenschaften	104
3.8	Kompressible Grenzschichtströmungen	110
3.8.1	Einleitende Bemerkungen	110
3.8.2	Kompressible Couette-Strömung	113
3.8.3	Partikulärlösungen der Energiegleichung	117
3.8.4	Ähnliche Lösungen	123
3.8.5	Näherungslösung für die ebene Platte mit Integralbedingung	128
3.9	Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	133
	Literatur zu Kapitel 3	135
4	Laminarer Stoffaustausch	137
4.1	Einführung	137
4.2	Die Grenzschicht-Gleichungen	144
4.3	Der Stoffaustausch an der ebenen Platte	152
4.3.1	Exakte Lösung	154
4.3.2	Näherungslösung mit Integralbedingung	158
4.4	Hyperschall-Grenzschichtströmungen	160
4.4.1	Gültigkeitsbereich der Kontinuumstheorie	160
4.4.2	Die Zustandsgleichungen der hochoberhitzten Luft	162
4.4.3	Die chemische Produktionsdichte	168
4.4.4	Ebene Plattenströmung mit Dissoziations-Rekombinationsreaktion . . .	172
4.5	Überlagerungseffekte	178
4.6	Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	179
	Literatur zu Kapitel 4	180
5	Turbulenter Impulsaustausch	182
5.1	Einführung	182
5.2	Hydrodynamische Stabilität und laminar turbulenter Umschlag	185
5.3	Die Reynoldsschen Gleichungen	188
5.4	Transportgleichungen	192
5.5	Korrelationen und Energiespektrum	196
5.6	Grenzschichtabschätzung der Reynoldsschen Gleichung und der Transportgleichungen	203
5.7	Strömungen in der Nähe fester Wände	208
5.8	Freie Grenzen der Turbulenzfelder	210
5.9	Halbempirische Berechnungsmethoden auf der Basis des Austauschansatzes . .	211
5.10	Halbempirische Berechnungsmethoden auf der Basis der Transportgleichungen .	216
5.11	Rohrströmung	221
5.12	Näherungslösung für die Plattenströmung	229

5.13	Grenzschichtströmungen	231
5.13.1	Zum Begriff der Vorgeschichte	231
5.13.2	Gleichgewichtsgrenzschichten	232
5.13.3	Geschwindigkeitsverteilung in der Grenzschicht	234
5.13.4	Integralmethoden	236
5.13.5	Feldmethoden	248
5.14	Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	249
	Literatur zu Kapitel 5	252
6	Turbulenter Wärme- und Stoffaustausch	254
6.1	Die Reynoldsschen Gleichungen	255
6.2	Die Grenzschicht-Gleichungen	256
6.3	Experimentelle Informationen zur turbulenten Prandtl- und Schmidt-Zahl	258
6.4	Halbempirische Schließungsannahmen erster Ordnung	261
6.5	Analogien zwischen dem Wärme-/Stoffaustausch und dem Impulsaustausch	264
6.6	Rohrströmung	271
6.7	Ebene Plattenströmung	285
6.8	Freie Konvektionströmung an der senkrechten Platte	287
6.9	Kompressible Grenzschichtströmungen	291
6.9.1	Einleitende Bemerkungen	291
6.9.2	Die Grenzschicht-Gleichungen	292
6.9.3	Partikulärlösung der Energiegleichung	296
6.9.4	Geschwindigkeitsverteilung in der Grenzschicht	298
6.9.5	Der Reibungsbeiwert bei der ebenen Plattenströmung	302
6.9.6	Rechenverfahren	304
6.10	Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	312
	Literatur zu Kapitel 6	312
7	Anhang	314
7.1	Lösungen der Aufgaben	314
7.2	Die Bilanzgleichungen in der symbolischen Schreibweise, der indizierten Tensornotation sowie in kartesischen, Zylinder- und Kugelkoordinaten	356
	Sachwortverzeichnis	363