
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Physikalisch-mathematische Modelle in der Strömungsmechanik aus wissenschaftstheoretischer Sicht	5
2.1	Entstehung und Bewertung von Modellen	5
2.2	Klassifizierung physikalisch-mathematischer Modelle	6
2.3	Modelle im Bereich der Strömungsmechanik	7
2.4	Turbulenzmodellierung	9
3	Asymptotische Modellbildung	13
3.1	Reguläre Störungsprobleme	14
3.2	Singuläre Störungsprobleme	16
4	Physikalisch-mathematisches Basismodell	19
5	Laminare, thermische Einlaufströmungen	23
5.1	Effekte variabler Stoffwerte	27
5.1.1	Asymptotische Methode zur Erfassung des Einflusses variabler Stoffwerte	28
5.1.2	Stoffwertverhältnis-Methode	31
5.2	Lévêque-Ansatz	35
5.3	Ergebnisse	39
5.3.1	Thermische Randbedingung $T_w^* = \text{const}$	41
5.3.2	Thermische Randbedingung $q_w^* = \text{const}$	47
6	Universelle Wandgesetze turbulenter Strömungen	53
6.1	Geschwindigkeitsfeld	53
6.1.1	Asymptotische Analyse	53
6.1.2	Indirekte Turbulenzmodellierung	60
6.2	Temperaturfeld	63
6.2.1	Asymptotische Analyse	64
6.2.2	Indirekte Turbulenzmodellierung	66

7	Turbulente Einlaufströmungen	69
7.1	Asymptotische Modellbildung: Schlankkanal-Theorie	73
7.1.1	Asymptotische Entwicklungen	74
7.1.2	Anpassung	77
7.1.3	Widerstandsgesetz und Defektansatz	79
7.1.4	Grundgleichungen	82
7.2	Turbulenzmodellierung: k - ϵ_u -Modell	86
7.2.1	Wirbelviskositäts-Ansatz	87
7.2.2	Modellgleichungen	89
7.3	Kanalströmung: Geschwindigkeitsfeld	98
7.3.1	Lösung für $\tilde{x} \rightarrow 0$	99
7.3.2	Lösung für $\tilde{x} \rightarrow \infty$	105
7.3.3	Lösung der Schlankkanal-Gleichungen	111
7.3.4	Lösung der vollständigen Navier-Stokes-Gleichungen	121
7.4	Rohrströmung: Geschwindigkeitsfeld	125
7.4.1	Widerstandsgesetz und Schlankkanal-Gleichungen	126
7.4.2	k - ϵ_u -Modell	127
7.4.3	Ergebnisse	129
7.5	Strömungen mit Wärmeübergang	137
7.5.1	Schlankkanal-Theorie	137
7.5.2	Turbulenzmodellierung	148
7.5.3	Kanalströmung: Temperaturfeld	150
7.5.4	Rohrströmung: Temperaturfeld	155
7.6	Anwendungsbeispiel	160
8	Zusammenfassung	168
A	Analytische Lösungen der Gleichungen zur Erfassung des Einflusses variabler Stoffwerte für $\tilde{x} \rightarrow 0$	175
A.1	Thermische Randbedingung $T_w^* = \text{const}$	176
A.2	Thermische Randbedingung $q_w^* = \text{const}$	178
B	Primäre und sekundäre Entwicklung bei der Beschreibung turbulenter Strömungen	181
C	Widerstands- und Wärmeübergangsgesetz turbulenter, ausgebildeter Kanal- und Rohrströmungen	184
C.1	Widerstandsgesetz	185

C.2 Wärmeübergangsgesetz	187
Literaturverzeichnis	190