

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	X
1. Einführung	1
1.1 Wärmeleitung	1
1.2 Konvektion	2
1.2.1 Wärmeübergangskoeffizient	3
1.2.2 Nußelt-Zahl	3
1.2.3 Erzwungene Konvektion	4
1.2.4 Freie Konvektion	6
1.2.5 Laminare und turbulente Strömung	8
1.3 Temperaturstrahlung	9
1.4 Wärmeübertragungs-Apparate	10
1.4.1 Bauarten und Strömungsführung	10
1.4.2 Kenngrößen	12
1.4.3 Regenratorien	20
2. Wärmeleitung	23
2.1 Fourier-Gleichung	23
2.2 Stationäre, eindimensionale Wärmeleitung	26
2.2.1 Péclet-Gleichung	26
2.2.2 Quasistationäre Wärmeleitung	32
2.2.3 Vergrößerte Oberflächen	34
2.3 Instationäre, eindimensionale Wärmeleitung	40
2.3.1 Der halbunendliche Körper	40
2.3.2 Temperaturausgleich in einfachen Körpern	49
2.4 Übungsaufgaben	62
3. Konvektive Wärmeübertragung	64
3.1 Grundgleichungen der Thermofluidmechanik	64
3.1.1 Kinematische Bedingung	64
3.1.2 Erhaltungssätze	66
3.1.3 Allgemeine Grundgleichungen	67

3.1.4	Navier-Stokes-Gleichungen	72
3.1.5	Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen	74
3.1.6	Turbulenzmodelle	75
3.2	Laminar durchströmte Kanäle	77
3.2.1	Voll ausgebildete Rohrströmungen	78
3.2.2	Wärmeübergang im Einlaufbereich	84
3.3	Turbulent durchströmte Kanäle	90
3.3.1	Geschwindigkeitsprofil	91
3.3.2	Temperaturprofil	92
3.3.3	Analogie zwischen Wärme- und Impulstransport	93
3.3.4	Wärmeübergangsbeziehungen	98
3.3.5	Druckverlustkoeffizient	101
3.4	Grenzschichtgleichungen	102
3.4.1	Laminare Strömung	102
3.4.2	Turbulente Strömung	110
3.5	Laminar überströmte Platte	112
3.5.1	Strömungsgrenzschicht	112
3.5.2	Temperaturgrenzschicht	117
3.6	Turbulent überströmte Platte	123
3.6.1	Analogiebetrachtung	123
3.6.2	Wärmeübergangsgleichungen	125
3.7	Querangeströmte Körper	129
3.7.1	Staupunkt und Ablösung	129
3.7.2	Querangeströmter Zylinder	130
3.7.3	Die Kugel	135
3.8	Übungsaufgaben	137
4.	Freie Konvektion an der vertikalen Platte	139
4.1	Grundlagen	139
4.2	Oberbeck-Boussinesq-Approximation	141
4.3	Wärmeübergang bei laminarer Strömung	142
4.4	Wärmeübergang bei turbulenter Strömung	147
4.5	Übungsaufgaben	149

5. Konvektiver Wärmeübergang in mehrphasigen Fluiden	150
5.1 Wärmeübergang beim Kondensieren	150
5.1.1 Phänomenologie	151
5.1.2 Nußeltsche Wasserhauttheorie	152
5.2 Wärmeübergang beim Sieden	158
5.2.1 Phänomenologie	158
5.2.2 Entstehung von Dampfblasen	160
5.3 Übungsaufgaben	162
6. Wärmestrahlung	163
6.1 Emission, Absorption und Reflexion	164
6.2 Gesetz von Kirchhoff	166
6.3 Der schwarze Körper	167
6.4 Wärmetransport durch Strahlung	171
6.5 Übungsaufgaben	174
Anhang A: Lösungen der Übungsaufgaben	175
Anhang B: Formelsammlung zur Wärmeübertragung	180
Literatur	201
Stichwortverzeichnis	204