

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>1 Einführung</b> .....	11
<b>2 Wärmeleitung (im Beharrungszustand)</b> .....	13
2.1 Die ebene Wand.....	13
2.2 Die Rohrwand .....	15
2.3 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	16
<b>3 Wärmeübergang (Konvektion)</b> .....	21
3.1 Der Wärmeübergangskoeffizient.....	21
3.2 Ähnlichkeitstheorie des Wärmeübergangs (Kenngrößen).....	22
3.2.1 Erzwungene Strömung .....	25
3.2.1.1 Strömung von Gasen in Rohren.....	25
3.2.1.2 Strömung von Luft gegen Einzelrohr .....	27
3.2.1.3 Strömung von Luft gegen Rohrbündel .....	27
3.2.1.4 Luftströmung längs einer Platte oder Wand oder Rohr (ohne Strahlung) .....	28
3.2.1.5 Wasserströmung in Rohren (turbulent).....	28
3.2.1.6 Wasser in Behältern und Kesseln.....	28
3.2.1.7 Verdampfendes Kältemittel .....	29
3.2.2 Freie Strömung .....	29
3.2.2.1 Rohre in der Luft.....	29
3.2.2.2 Senkrechte Wände.....	30
3.2.2.3 Waagerechte Wände (Decken).....	30
3.2.2.4 Rohre im Wasser .....	31
3.2.3 Wärmeübergang bei Phasenwechsel.....	31
3.2.3.1 Verdampfung von Wasser.....	31
3.2.3.2 Kondensation von Wasserdampf .....	34
3.2.4 Verdunstung und Stoffübergang.....	36
<b>4 Wärmeübertragung durch Temperaturstrahlung</b> .....	37
4.1 Grundgesetze .....	38
4.1.1 Emissionsgrad (Stefan-Boltzmann-Gesetz).....	39
4.1.2 Absorptionsgrad (Kirchhoff'sches Gesetz) .....	40

4.2	Wärmeaustausch durch Strahlung . . . . .	41
4.2.1	Gesamtwärmeübergangskoeffizient bei Strahlung und Konvektion . . . . .	44
4.2.2	Einstrahlzahl . . . . .	46
4.2.3	Gesamtwärmeübergangskoeffizient für thermisch aktive Bauteile . . . . .	49
4.3	Bedeutung der Sonnenstrahlung für die Heizung und Kühlung von Gebäuden . . . . .	51
4.3.1	Einfluss auf die Raumerwärmung . . . . .	54
4.3.2	Einfluss auf die Kühllast . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Wärmedurchgang</b> . . . . .	<b>59</b>
5.1	Wärmedurchgangsbeziehungen . . . . .	59
5.1.1	Wärmedurchgangskoeffizient für thermisch aktive Wände . . . . .	61
5.1.2	Wärmedurchgangskoeffizient für Rohre . . . . .	66
5.2	Wärmeübertrager . . . . .	70
5.2.1	Gleich-, Gegen- und Kreuzstrom . . . . .	70
<b>6</b>	<b>Isolierung</b> . . . . .	<b>79</b>
6.1	Wärme- bzw. Kälteschutz . . . . .	79
6.2	Wasserdampfdiffusion . . . . .	82
<b>7</b>	<b>Anwendungen der Wärmeübertragung</b> . . . . .	<b>91</b>
7.1	Wärme- und Kühlbedarf als Gebäudeeigenschaft . . . . .	91
7.1.1	Heizung . . . . .	91
7.1.1.1	Wärmebedarf (Heizlast) . . . . .	92
7.1.1.2	Heizungseinrichtungen . . . . .	93
7.1.2	Kühlung . . . . .	104
7.1.2.1	Kühlbedarf (Kühllast) (s. Abschn. 4.3) . . . . .	104
7.1.2.2	Kühleinrichtungen . . . . .	111
7.2	Solarthermie . . . . .	124
7.2.1	Strahlungsverdichtende Kollektoren . . . . .	126
7.2.2	Kollektoren ohne Strahlenverdichtung . . . . .	129
7.2.3	Solarthermische Systeme . . . . .	136
7.3	Geothermie . . . . .	138
<b>8</b>	<b>Thermodynamik der Wärmeübertragung</b> . . . . .	<b>141</b>
8.1	Die Irreversibilität bei der Wärmeübertragung . . . . .	144
8.2	Exergie und Exergieverlust . . . . .	149

8.3	Energetische Betrachtung des Heizens und Kühlens in der Gebäudesystemtechnik.....	155
<b>Anhang</b>	.....	<b>161</b>
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis.</b>	.....	<b>185</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	.....	<b>187</b>