

# Inhalt

	Seite
<b>A. Die drei Arten der Wärmeübertragung und die Wärmeübergangszahl . .</b>	<b>1</b>
<b>B. Einzelbetrachtung der Wärmeübertragungsarten . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>I. Wärmeübertragung durch Leitung . . . . .</b>	<b>3</b>
a) Die gleichförmige Wärmeströmung . . . . .	3
1. Das Fouriersche Gesetz und die Wärmeleitzahl . . . . .	3
$\alpha$ ) Ebene zusammengesetzte Wand . . . . .	4
$\beta$ ) Rohrwand . . . . .	4
2. Wärmeleitung durch zusammengesetzte Wände . . . . .	6
$\alpha$ ) Ebene Wand . . . . .	6
$\beta$ ) Rohrwand . . . . .	8
3. Vereinfachte Berechnung der Wärmeleitung in Rohrwänden . .	10
4. Die äquivalente Wärmeleitzahl . . . . .	12
5. Die Wärmedurchgangszahl . . . . .	13
$\alpha$ ) Ebene Wand . . . . .	14
$\beta$ ) Rohrwand . . . . .	17
6. Praktische Folgerungen aus dem Bau der Wärmedurchgangszahl	20
7. Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Wärmeleitzahl . . .	22
8. Wärmeleitung durch gasdurchströmtes Mauerwerk . . . . .	25
b) Die zeitlich veränderliche Wärmeströmung . . . . .	27
1. Die Temperaturleitfähigkeit und das allgemeine Wärmeleitungs-	27
gesetz . . . . .	27
2. Die allgemeinen Lösungen und praktisch wichtigsten Anwendungen	30
der Wärmeleitungsgleichung . . . . .	30
$\alpha$ ) Einmalige plötzliche Temperaturänderung der Oberfläche einer	31
unendlich starken Wand . . . . .	31
$\beta$ ) Einmalige plötzliche Temperaturänderung der einen Oberfläche	36
einer $s$ m starken Wand . . . . .	36
$\gamma$ ) Wand von $s$ m Stärke in einem wärmeübertragenden Mittel	41
gleichbleibender Temperatur . . . . .	41
$\delta$ ) Die beiden Oberflächentemperaturen einer $s$ m starken Wand	44
periodisch veränderlich . . . . .	44
$\epsilon$ ) Die Oberflächentemperatur einer unendlich starken Wand	48
periodisch veränderlich . . . . .	48
3. Das Annäherungsverfahren von E. Schmidt . . . . .	51
<b>II. Wärmeübertragung durch Konvektion . . . . .</b>	<b>54</b>
a) Allgemeines über Konvektion . . . . .	54
1. Laminare und turbulente Strömung . . . . .	55
2. Wärmeübergang und Strömungszustand . . . . .	59



	Seite
b) Die wichtigsten Theorien des Wärmeübergangs durch Konvektion	60
1. Die Ähnlichkeitstheorie des Wärmeübergangs	62
$\alpha$ ) Das Wesen der Ähnlichkeitstheorie und die Ähnlichkeitsformeln	62
$\beta$ ) Ableitung der Kennwerte der Ähnlichkeitstheorie	69
$\gamma$ ) Einige Betrachtungen zur Ähnlichkeitstheorie	76
2. Sonstige Theorien des Wärmeübergangs	78
c) Messung des Wärmeübergangs durch Konvektion	81
1. Freie Strömung bei Gasen	81
$\alpha$ ) Wärmeübergang von Rohren in ruhender Luft	81
$\beta$ ) Wärmeübergang von Platten in ruhender Luft	88
2. Erzwungene Strömung bei Gasen	91
$\alpha$ ) Wärmeübergang in Rohren bei turbulenter und laminarer Strömung	91
$\beta$ ) Wärmeübergang an Platten	110
$\gamma$ ) Wärmeübergang an Rohre und Rohrbündel	113
3. Wärmeübergang im Gitterwerk	128
4. Wärmeübergang von überhitzten Dämpfen in Rohren	129
5. Freie Strömung bei tropfbaren Flüssigkeiten	133
6. Erzwungene Strömung bei tropfbaren Flüssigkeiten	136
$\alpha$ ) Wärmeübergang von Wasser	138
$\beta$ ) Wärmeübergang von Öl	146
III. Wärmeübertragung durch kondensierende Dämpfe	148
IV. Wärmeübertragung durch Strahlung	155
a) Strahlung undurchlässiger Körper	155
1. Die klassischen Strahlungsgesetze	155
2. Strahlung technischer fester Oberflächen	161
3. Die Wechselwirkung der Strahlung zwischen verschiedenen gestellten Flächen	162
4. Vereinfachte Berechnung der Strahlung in technischen Fällen	164
b) Strahlung durchlässiger Körper	165
1. Strahlung von Kohlensäure und Wasserdampf in Feuergasen	165
2. Strahlung leuchtender Flammen	198
C. Berechnung der Wärmeaustauscher	205
I. Einteilung der Wärmeaustauscher	205
II. Berechnung der Wärmeaustauscher ohne Speicherung (Rekuperatoren)	206
a) Wärmeaustauscher mit gleichbleibender Wärmedurchgangszahl	206
1. Gleich- und Gegenstromverfahren	206
$\alpha$ ) Die Heizfläche	206
$\beta$ ) Die Temperatur der wärmeaustauschenden Stoffe	209
$\gamma$ ) Der Wirkungsgrad der Wärmeaustauscher	214
$\delta$ ) Die Temperatur der Heizfläche	216



Inhaltsverzeichnis	IX
	Seite
2. Kreuzstromverfahren . . . . .	225
3. Vereinfachte zahlenmäßige Berechnung . . . . .	229
b) Wärmeaustauscher mit veränderlicher Wärmedurchgangszahl . . .	230
c) Wärmeverlust und Falschlufztutritt . . . . .	233
III. Berechnung der Wärmeaustauscher mit Speicherung (Re- generatoren) . . . . .	234
a) Die Wärmedurchgangszahl der Periode . . . . .	235
b) Der Idealgenerator ersten und zweiten Grades. . . . .	238
c) Der vollkommene Generator und die Wirkungsgrade . . . . .	241
d) Die Formeln von K. Rummel und H. Hausen . . . . .	242
e) Berechnung der Wärmedurchgangszahl der Periode . . . . .	245
f) Die zeitliche Temperaturänderung von Gas und Wind im Regenerator	263
g) Auswertung der Gleichung für die Wärmedurchgangszahl und der Wirkungsgrad der Heizfläche . . . . .	274
D. Der Wärmeübergang in technischen Feuerungen . . . . .	289
I. Berechnungsverfahren . . . . .	289
II. Der Mechanismus der Wärmeübertragung in technischen Feuerungen	290
E. Der Druckverlust in Rohren und Rohrbündeln . . . . .	296
F. Wärmeübergang und Druckverlust . . . . .	300
G. Anwendung der Wärmeübergangslehre auf Zahlenbeispiele . . . . .	309
I. Wärmedurchgang durch Wände und die auftretenden Tem- peraturen bei zeitlich gleichbleibender Wärmeströmung . .	309
a) Die einfache ebene Wand . . . . .	309
b) Die zusammengesetzte ebene Wand . . . . .	312
c) Die einfache Rohrwand . . . . .	314
d) Die zusammengesetzte Rohrwand . . . . .	315
e) Die zusammengesetzte Rohrwand mit Gasdurchtritt . . . . .	318
II. Wärmeleitung bei zeitlich veränderlichen Temperaturen .	319
a) Plötzliche Abkühlung oder Erwärmung der Oberfläche einer unendlich starken Wand . . . . .	319
b) Wärmefluß in einer Wand von endlicher Stärke bei plötzlicher Tem- peraturänderung der einen Oberfläche . . . . .	321
c) Temperaturänderung der Achse von Balken und Zylindern bei plötz- licher Änderung der Oberflächentemperatur . . . . .	322
d) Wand von endlicher Stärke in einem wärmeübertragenden Mittel gleichbleibender Temperatur . . . . .	323
e) Die beiden Oberflächentemperaturen einer Wand von endlicher Stärke periodisch veränderlich . . . . .	324
f) Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Größe der Temperaturschwan- kungen . . . . .	326
g) Annäherungsverfahren von E. Schmitt zur Berechnung beliebiger Wärmeströmungen in Platten . . . . .	327
III. Berechnung der Wärmeaustauscher . . . . .	330
a) Wasservorwärmer . . . . .	330



	Seite
b) Rekuperatoren mit Gleich- und Gegenstrombetrieb . . . . .	339
c) Berechnung eines Regenerators . . . . .	344
IV. Berechnung der Strahlung fester Körper . . . . .	352
H. Zusammenstellung der benutzten Buchstaben . . . . .	356
J. Die für die Wärmeübertragung wichtigsten Naturkonstanten . . . . .	358
I. Wärmeleitzahlen, Raumgewichte und spezifische Wärmen . . . . .	358
a) Metalle . . . . .	358
b) Bau- und feuerfeste Stoffe . . . . .	360
c) Wärmeschutzstoffe . . . . .	362
d) Verschiedene feste Stoffe . . . . .	364
e) Flüssigkeiten . . . . .	365
f) Gase . . . . .	366
g) Mittlere spezifische Wärme von Gasen . . . . .	367
h) Schrifttum zu J. I . . . . .	367
II. Zähigkeit . . . . .	368
III. Strahlungszahlen verschiedener Stoffe . . . . .	369
a) Schwarzer Körper . . . . .	369
b) Blanke Metalle . . . . .	369
c) Oxydierte Metalle . . . . .	370
d) Deckschichten auf Körpern . . . . .	371
e) Baustoffe und Verschiedenes . . . . .	371
f) Schrifttum zu J. III . . . . .	372
g) Strahlung des schwarzen Körpers . . . . .	372
Potenzen . . . . .	373
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	376
Verzeichnis der Zahlentafeln . . . . .	377
Verzeichnis des Schrifttums . . . . .	378
Alphabetisches Namen- und Sachverzeichnis . . . . .	383