
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Definitionen	1
1.1	Arten der Wärmeübertragung	3
1.2	Definitionen	5
1.2.1	Wärmestrom und Wärmestromdichte	5
1.2.2	Wärmeübergangszahl und Wärmedurchgangszahl	5
1.2.3	Kinetische Kopplungsgleichungen	7
1.2.4	Mittlere Temperaturdifferenz	8
1.2.5	Energiebilanzgleichung	9
1.2.6	Wärmeleitfähigkeit	10
1.3	Problemlösungsmethodik	12
	Literatur	16
2	Wärmeleitung in ruhenden Stoffen	17
2.1	Stationäre Wärmeleitung	17
2.1.1	Wärmeleitung in einer ebenen Wand	18
2.1.2	Wärmeübergang durch mehrschichtige ebene Wände	23
2.1.3	Wärmeleitung in einem Hohlzylinder	27
2.1.4	Hohlzylinder mit mehreren Schichten	31
2.1.5	Wärmeleitung in einer Hohlkugel	36
2.1.6	Wärmeleitung mit seitlichem Wärmetransfer (Rippen)	39
2.2	Instationäre Wärmeleitung	50
2.2.1	Eindimensionale instationäre Wärmeleitung	50
2.2.2	Gekoppelte Systeme	66
2.2.3	Sonderfälle bei $Bi = 0$ und $Bi = \infty$	68
2.2.4	Temperaturänderung bei kleinen <i>Biot</i> -zahlen	69
2.2.5	Numerische Lösung der instationären Wärmeleitungsgleichung	77
	Literatur	81
3	Erzwungene Konvektion	83
3.1	Kennzahlen	85
3.1.1	Kontinuitätsgleichung	85

3.1.2	Bewegungsgleichung	86
3.1.3	Energiegleichung	87
3.2	Bestimmung der Wärmeübergangszahlen	89
3.2.1	Rohrströmung	90
3.2.2	Rohre und Kanäle nicht kreisförmigen Querschnitts	106
3.2.3	Rohrwendel	113
3.2.4	Ebene Wand	119
3.2.5	Quer angeströmte Einzelkörper	119
3.2.6	Quer angeströmte Rohrbündel	125
3.2.7	Rohrbündel mit Umlenkbblechen	131
3.3	Rippenrohre	132
3.3.1	Kreisrippenrohre	134
	Literatur	139
4	Freie Konvektion	141
4.1	Freie Konvektion an vertikalen, ebenen Wänden	142
4.1.1	Geneigte, ebene Flächen	149
4.2	Horizontale, ebene Flächen	151
4.3	Freie Konvektion an gekrümmten Flächen	152
4.3.1	Horizontaler Zylinder	152
4.3.2	Kugel	154
4.4	Überlagerung freier und erzwungener Konvektion	154
	Literatur	154
5	Kondensation reiner Stoffe	155
5.1	Filmkondensation reiner, ruhender Dämpfe	155
5.1.1	Laminare Filmkondensation	156
5.1.2	Turbulente Filmkondensation	161
5.2	Dimensionslose Darstellung	161
5.2.1	Lokale Wärmeübergangszahlen	162
5.2.2	Mittlere Wärmeübergangszahlen	163
5.2.3	Kondensation an waagerechten Rohren	163
5.2.4	Vorgehen bei der Berechnung der Wärmeübergangszahlen	164
5.2.5	Kondensation in Rohrbündeln	172
5.3	Kondensation strömender, reiner Dämpfe	182
5.3.1	Kondensation in senkrechten Rohren	183
5.3.2	Kondensation in waagerechten durchströmten Rohren	186
	Literatur	204
6	Verdampfung	205
6.1	Behältersieden	206
6.1.1	Sieden bei freier Konvektion	207
6.1.2	Blasensieden	208

6.2	Sieden bei erzwungener Konvektion	216
6.2.1	Strömungssieden	217
6.2.2	Konvektives Strömungssieden	218
	Literatur	223
7	Strahlung	225
7.1	Grundgesetz der Temperaturstrahlung	227
7.2	Bestimmung der Wärmestromdichte der Strahlung	228
7.2.1	Intensität und Richtungsverteilung der Strahlung	229
7.2.2	Emissionsverhältnisse technischer Oberflächen	229
7.2.3	Wärmetransfer zwischen Flächen	230
7.3	Gasstrahlung	246
7.3.1	Emissionsverhältnisse von Rauchgasen	247
7.3.2	Wärmeaustausch zwischen Gas und Wand	249
	Literatur	251
8	Wärmeübertrager	253
8.1	Definitionen und grundlegende Gleichungen	253
8.2	Berechnungskonzepte	256
8.2.1	$P(\varepsilon)$ -NTU-Methode	257
8.2.2	Zellenmethode	258
8.2.3	Berechnung mit der mittleren Temperaturdifferenz	263
8.3	Verschmutzungswiderstand	293
8.4	Rohrschwingungen	296
8.4.1	Kritische Rohrschwingungen	296
8.4.2	Akustische Resonanz	299
8.5	Optimierung von Wärmeübertragern	302
	Literatur	312
9	Berechnung von Stoffwerten	313
9.1	CoolProp	313
9.2	Polynome zur Berechnung der Stoffwerte	316
A1	Wichtige physikalische Konstanten	319
A2	Stoffwerte unterkühlten Wassers bei $p = 1$ bar	321
A3	Stoffwerte gesättigten Wassers und Dampfes	323
A4	Stoffwerte des Wassers und Dampfes	327
A5	Stoffwerte des Frigens 134a auf der Sättigungslinie	331

A6 Stoffwerte der Luft bei $p = 1$ bar	335
A7 Stoffwerte der Feststoffe	337
A8 Stoffwerte technischer Wärmeträger auf Mineralölbasis	339
A9 Stoffwerte der Kraftstoffe bei $p = 1,013$ bar	341
A10 Emissionskoeffizienten verschiedener Oberflächen	343
A11 Formelsammlung	347
Deutsch-Englisch-Glossar	355
Sachverzeichnis	361

Wärmeübertragung

Grundlagen und Praxis

Böckh, P.; Wetzel, Th.

2017, XVIII, 363 S. 85 Abb. Mit Online-Extras., Hardcover

ISBN: 978-3-662-55479-1