

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage	XI
Formelzeichen und Einheiten	XIII
Indizes	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVI
1 Wärmetechnikgrundlagen	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Wärmeübertragung	3
1.2.1 Wärmeleitung	11
1.2.1.1 Analogie zur Elektrotechnik	11
1.2.1.2 Wärmeleitfähigkeit – Gase, Flüssigkeiten, Metalle und Nichtmetalle	13
1.2.1.3 Eindimensionale Leitung – Wand, Rohr und Hohlkugel	15
1.2.1.4 Wärmewiderstandsnetzwerke – seriell, parallel und gemischt	17
1.2.1.5 Optimale Isolierungen für Wände und Rohre	19
1.2.1.6 Wärmequellen und -senken in festen Stoffen und Fluiden	23
1.2.1.7 Zweidimensionale Leitung – Finite Differenzen Methode	32
1.2.2 Konvektion	36
1.2.2.1 Erzwungene Konvektion	38
1.2.2.2 Freie Konvektion	46
1.2.2.3 Kombination von freier und erzwungener Konvektion	52
1.2.3 Strahlung	52
1.2.3.1 Grundlagen der Wärmestrahlung	53
1.2.3.2 Solarstrahlung	56
1.2.3.3 Strahlung von Gasen und Stäuben	59
1.2.4 Wärmedurchgangszahl – Beispiele	60
1.2.4.1 Wärmeübergangszahl für Strahlung	60
1.2.4.2 Fouling – Ablagerungen an den Wärmeübertragungsflächen	60
1.2.4.3 Wärmedurchgangszahl für Wände	61
1.2.4.4 Wärmedurchgangszahl für Rohrleitungen	62
1.2.4.5 Wärmedurchgangszahlen in der Gebäudetechnik	63
1.2.5 Instationäre Wärmeübertragung	65
1.2.5.1 Fourier- und Biot-Zahl	65
1.2.5.2 Instationäre Wärmeübertragung bei gleichmäßiger T-Verteilung	66

1.2.5.3	Instationäre Wärmeübertragung bei großen Temperaturunterschieden im Körperinneren	67
1.3	Stoffdatenermittlung und Gasmischungen	68
1.3.1	Stoffdaten als Funktion von Druck und Temperatur	68
1.3.2	Gasmischungen idealer Gase	68
1.3.2.1	Raumanteil und Massenanteil	68
1.3.2.2	Gesamtdruck - Partialdrücke	69
1.3.2.3	Gaskonstante, Molmasse	69
1.3.2.4	Dichte	70
1.3.2.5	Spezifische Wärmekapazitäten, Enthalpien, innere Energien	71
1.4	Brennstoffe - Verbrennungsrechnung	72
1.4.1	Brennstoffnutzung	73
1.4.2	Brennstoffe - Reserven - fossil - regenerativ	74
1.4.3	Reaktionsgleichungen	75
1.4.4	Sauerstoffbedarf, Luftbedarf und Luftüberschusszahl	75
1.4.5	Abgaszusammensetzung	76
1.4.6	Heizwert und Brennwert	78
1.4.6.1	Heizwert fester und flüssiger Brennstoffe	78
1.4.6.2	Heizwert gasförmiger Brennstoffe	78
1.4.6.3	Elementaranalysen fossiler Brennstoffe sowie der Biomasse	79
1.5	Wärmeübertrager (Wärmetauscher, Wärmeaustauscher)	81
1.5.1	Grundtypen: Gleichstrom- Gegenstrom- und Kreuzstromwärmetauscher	82
1.5.2	Berechnung mit der logarithmischen mittleren Temperaturdifferenz (LMTD-method)	84
1.5.3	Berechnung mit der Methode der Anzahl der Übertragungseinheiten (NTU-method)	85
1.5.4	Rohrbündelwärmetauscher	87
1.5.4.1	Geradrohrwärmetauscher	88
1.5.4.2	Haarnadelwärmetauscher (U-Rohr-WT)	89
1.5.4.3	Schwimmkopfwärmetauscher	89
1.5.4.4	Rohrbündel-Kondensator in Geradrohrwärmetauscher Bauform	90
1.5.5	Plattenwärmetauscher	91
1.5.6	Spiralwärmetauscher	93
1.5.6.1	Spiralwärmetauscher - Sonderbauformen	94
1.5.7	Doppelrohrwärmetauscher	94
1.5.8	Luftgekühlte Wärmetauscher - Rippenrohr-WT	95
1.5.9	Sonderbauformen	97

2	Berechnungsblätter für EXCEL mit VBA	99
2.1	Einleitung	99
2.1.1	Office 10 - EXCEL 2003	99
2.1.2	Office 12 - EXCEL 2007 und Office 14 - EXCEL 2010	99
2.2	Stoffwerte	100
2.2.1	Stoffwerte für die trockene Luft	100
2.2.2	Stoffwerte für das Wasser	102
2.2.3	Ideale Gase	103
2.3	Gasmischungen idealer Gase	104
2.3.1	Ein Gasstrom	104
2.3.2	Mischung zweier Gasströme	106
2.3.2.1	Berechnungsblatt ohne Zirkelbezug	106
2.3.2.2	Berechnungsblatt mit Zirkelbezug	108
2.4	Konvektion	108
2.4.1	Erzwungene Konvektion	109
2.4.1.1	Rohrströmung mit Luft und Wasser	109
2.4.1.2	Umströmung eines Rohres mit Luft oder Wasser	110
2.4.1.3	Senkrechte Platte	111
2.4.2	Freie Konvektion	112
2.5	Wärmedurchgangszahlen	112
2.5.1	Wärmedurchgangszahl einer einschichtigen ebenen Wand	112
2.5.1.1	Vorgabe von Alpha innen und außen	112
2.5.1.2	Platte mit der Berechnung der Alpha-Werte	113
2.5.2	Wärmedurchgangszahl einer mehrschichtigen Wand	114
2.5.3	Wärmedurchgangszahl eines einschichtigen Rohres	116
2.5.3.1	Rohr-Vorgabe der Alpha-Werte	116
2.5.3.2	Rohr mit der Berechnung der Alpha-Werte	117
2.5.4	Mehrschichtiges Rohr	119
2.6	Finite Differenzenmethode	120
2.6.1	Berechnung der Temperaturverteilung einer Fläche bei Vorgabe von konstanten Temperaturen an den Rändern	121
2.6.2	Berechnung der Temperaturverteilung beim Vorliegen eines konvektiven Wärmeübergangs an den Rändern	122
2.6.3	Berechnung der Temperaturverteilung für Innere Wärmequellen bzw. Senken	123
2.7	Strahlungswärme	125

2.7.1	Strahlungsaustausch zwischen zwei Flächen unterschiedlicher Temperatur (bei einer einfachen Anordnung der Flächen)	125
2.7.2	Strahlungsaustausch zwischen zwei Flächen mit einer allgemeinen Anordnung	127
2.8	Instationäre Wärmeübertragung	128
2.8.1	Instationäre Wärmeleitung für kleine Biot-Zahlen	128
2.9	Verbrennungsrechnung	129
2.9.1	Berechnung des unteren Heizwerts für feste und flüssige Brennstoffe	130
2.9.2	Berechnung des unteren Heizwertes für gasförmige Brennstoffe	132
2.9.3	Verbrennungsberechnung für feste und flüssige Brennstoffe	133
2.9.4	Verbrennungsberechnung für gasförmige Brennstoffe	134
2.10	Wärmetauscher	135
2.10.1	Gleichstromwärmetauscher	136
2.10.1.1	Gleichstromwärmetauscher mit der LMTD-Methode	136
2.10.1.2	Gl.-WT Konstruktionsvariante Rohr-Mantelrohr-WT	137
2.10.1.3	Gleichstrom-WT mit NTU-Methode	138
2.10.2	Gegenstromwärmetauscher	140
2.10.2.1	Gegenstromwärmetauscher mit LTMD-Methode	140
2.10.2.2	GG.-WT Konstruktionsvariante Rohr-Mantelrohr-WT	141
2.10.2.3	Gegenstrom-WT mit NTU-Methode	142
2.10.3	Kreuzstromwärmetauscher	143
2.10.3.1	Kreuzstromwärmetauscher mit LMTD-Methode	143
2.10.3.2	Kr.Z.-WT Konstruktionsvariante Taschenwärmetauscher	144
2.10.3.3	Kreuzstrom-WT mit NTU-Methode	146
2.10.4	NTU-Rohrbündel-Wärmetauscher	147
2.10.4.1	NTU-Rohrbündel-Wärmetauscher mit mantelseitigem Durchgang	148
2.11	Wärmetechnische Berechnung von Abgasbehandlungsanlagen hinter Elektrolichtbogenöfen	149
2.11.1	Allgemeiner Überblick über die Abgasbehandlungsanlage - Anforderungen	149
2.11.2	Berechnungsmappe - Übersicht	151
2.11.3	Eingabeblatt für das Ofenabgas	152
2.11.4	Berechnungsblatt - Wassergekühlte Heißgasleitung mit Nachverbrennung	152
2.11.5	Übersicht - Abkühlung Primärabgasstrom aus dem EAF und Sekundärabgasstrom aus dem Pfannenofen	153
2.11.6	Berechnungsblatt Gasmischung - Mischerkammer	154
2.11.7	Jet-Pulse-Filteranlage	155

3	EXCEL und EXCEL-VBA-Grundlagen - Version für Office 10 - EXCEL 2002	157
3.1	Einleitung	157
3.2	Trendlinie - Erstellung von Polynomen für Stoffdaten	157
	Beispiel: Stoffwerte - kinematische Zähigkeit der trockenen Luft	158
3.3	VBA-Function	163
	Beispiel: Reynolds-Zahl	163
3.4	Namen, Kommentare, Rahmen, Farben, Passwörter, Formeleditor und Zeichnungen	171
3.5	Zirkelbezüge	186
	Beispiel: Mischung von zwei idealen Gasen	187
3.6	Inverse Matrix - Finite-Differenzen-Methode für 2D-Wärmeleitung	200
	Beispiel: 2D-Wärmeleitung ohne Konvektion an der Berandung	201
3.7	Solver - Nichtlineare Gleichungssysteme	209
	Beispiel: Wärmestrahlung	212
3	EXCEL und EXCEL-VBA Grundlagen - Version für Office 12 - EXCEL 2007	219
3.1	Einleitung	219
3.2	Trendlinie - Erstellung von Polynomen für Stoffdaten	219
	Beispiel: Stoffwerte - kinematische Zähigkeit der trockenen Luft	223
3.3	VBA-Function	230
	Beispiel: Reynolds-Zahl	231
3.4	Namen, Kommentare, Passwörter, Formeleditor und Zeichnungen	245
3.5	Zirkelbezüge	269
	Beispiel: Mischung von zwei idealen Gasen	270
3.6	Inverse Matrix - Finite Differenzen Methode für 2D-Wärmeleitung	284
	Beispiel: 2D-Wärmeleitung ohne Konvektion an der Berandung	285
3.7	Solver - Nichtlineare Gleichungssysteme	294
	Beispiel: Wärmestrahlung	297

3	EXCEL und EXCEL-VBA Grundlagen - Version für Office 14 - EXCEL 2010	303
3.1	Einleitung	303
3.2	Trendlinie - Erstellung von Polynomen für Stoffdaten	303
	Beispiel: Stoffwerte - kinematische Zähigkeit der trockenen Luft	308
3.3	VBA-Funktion	316
	Beispiel: Reynolds-Zahl	316
3.4	Namen, Kommentare, Passwörter, Formeleditor u. Zeichnungen	330
3.5	Zirkelbezüge	355
	Beispiel: Mischung von zwei idealen Gasen	356
3.6	Inverse Matrix - Finite Differenzen Methode für 2D-Wärmeleitung	369
	Beispiel: 2D-Wärmeleitung ohne Konvektion an der Berandung	370
3.7	Solver - Nichtlineare Gleichungssysteme	378
	Beispiel: Wärmestrahlung	382
A	Liste der Arbeitsblätter und VBA Functions	389
B	Literaturverzeichnis	421
C	Wärmeübertragung mit FEM-Programmen	425
D	Internet Links	427
	Stichwortverzeichnis	429