

Inhalt

Vorwort	V
Formelzeichen und Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
2 Wärmephysiologische Grundlagen	3
2.1 Grundlagen	3
2.2 Wärmephysiologische Grundlagen	3
2.3 Wärmeabgabe des Menschen	7
2.3.1 Einflussfaktoren	7
2.3.1.1 Wärmetransport durch die Kleidung	7
2.3.1.2 Umgebungsfaktoren	8
2.3.2 Berechnung der Wärmeabgabe des Menschen	11
2.4 Stationäre Behaglichkeitskriterien	16
2.4.1 Globale Kriterien	17
2.4.2 Lokale Kriterien	19
2.4.3 Kombinierte stationäre Betrachtungsweise	23
2.5 Instationäre Bewertungskriterien	23
2.6 Personenmodelle	24
2.7 Adaptive Komfortmodelle	25
3 Grundlagen der Wärmeübertragung	29
3.1 Konvektion	29
3.2 Strahlung	35
3.3 Wärmeleitung	38
3.3.1 Wärmeleitung – ebene Wand	39
3.3.2 Wärmeleitung – Rohrwand	40
4 Meteorologische Grundlagen/Heizlastberechnung	43
4.1 Meteorologische Grundlagen	43
4.1.1 Außentemperatur	43
4.1.2 Windgeschwindigkeit	46
4.1.3 Solare Strahlung	49
4.2 Heizlastberechnung	50
4.2.1 Transmissionswärmeverluste	51

4.2.2	Lüftungswärmeverluste.....	51
4.2.3	Aufheizleistung.....	54
5	Wärmeübergabe	57
5.1	Einleitung.....	57
5.2	Freie Heizflächen.....	57
5.2.1	Leistungsbestimmung.....	57
5.2.2	Bauformen von freien Heizflächen.....	63
5.2.3	Einbau und Konstruktion von freien Heizflächen.....	67
5.3	Bauteilintegrierte Heizflächen.....	70
5.3.1	Leistungsbestimmung.....	71
5.3.2	Bauformen von bauteilintegrierten Heizflächen.....	74
5.3.3	Rohrmaterialien/Rohrverlegung/Hydraulik.....	76
5.3.4	Installation von Flächenheizungen.....	77
5.4	Strahlplattenheizungen.....	78
5.5	Luftheizungen.....	79
5.6	Hell- und Dunkelstrahler.....	82
5.6.1	Hellstrahler.....	82
5.6.2	Dunkelstrahler.....	83
6	Wärmeverteilung	85
6.1	Grundlagen.....	85
6.2	Netzberechnung.....	85
6.2.1	Druckverlust in Rohrleitungen.....	86
6.2.2	Einzeldruckverluste.....	88
6.2.3	Heizkörperventile.....	93
6.2.4	Grundzüge der Rohrnetzberechnung.....	96
6.2.5	Hydraulischer Abgleich.....	98
6.3	Umwälzpumpen.....	100
6.3.1	Grundlagen.....	100
6.3.2	Auslegung/Regelung.....	102
6.4	Hydraulik.....	110
6.4.1	Grundlagen.....	110
6.4.2	Betriebsverhalten von Stellorganen.....	112
6.4.3	Hydraulische Grundsaltungen.....	113
6.4.3.1	Hydraulische Schaltungen am Wärmeerzeuger.....	114
6.4.3.2	Hydraulische Schaltungen im Verbraucherkreis.....	117
6.4.3.3	Regelventile.....	120
6.4.4	Systeme zur hydraulischen Entkopplung.....	123
6.4.4.1	Differenzdruckloser Verteiler/Sammler.....	123
6.4.4.2	Pufferspeicher.....	125

6.4.4.3	Hydraulische Weiche.....	125
6.4.5	Druckverteilung in Pumpenwarmwasserheizungen	128
6.5	Netzgestaltung.....	135
6.5.1	Vertikale Rohrführung	135
6.5.2	Horizontale Rohrführung	138
6.5.3	Anordnung des Wärmeerzeugers.....	141
6.5.4	Be- und Entlüftung von hydraulischen Netzen.....	142
7	Wärmeerzeugung	145
7.1	Einleitung.....	145
7.2	Heizkessel.....	145
7.2.1	Grundlagen	145
7.2.2	Brennwertkessel	149
7.2.3	Besonderheiten bei Ölkesseln	150
7.2.4	Schadstoffemissionen von Heizkesseln.....	151
7.2.4.1	Staubförmige Emissionen.....	151
7.2.4.2	Gas- und dampfförmige Emissionen.....	151
7.2.5	Bilanzierung von Heizkesseln	153
7.3	Wärmepumpen	156
7.3.1	Grundlagen	156
7.3.2	Aufstellungsort/Wärmequellenart	158
7.3.2.1	Wärmequelle Wasser	159
7.3.2.2	Wärmequelle Luft.....	159
7.3.2.3	Wärmequelle Erdreich.....	159
7.3.3	Systemintegration.....	162
7.3.4	Betriebsarten/Regelung.....	164
7.4	KWK-Systeme.....	166
7.4.1	Grundlagen	167
7.4.2	KWK-Technologien.....	170
7.4.2.1	Verbrennungsmotoren	170
7.4.2.2	Stirlingmotoren.....	171
7.4.2.3	Brennstoffzellen	172
7.4.3	Systemintegration von KWK-Systemen	173
8	Regelung	177
8.1	Grundlagen	177
8.2	Örtliche Regelung.....	178
8.2.1	Zweipunktregler	178
8.2.2	Thermostatische Regler	180
8.2.3	Elektronische Regler	186
8.2.4	Der geschlossene Raumtemperaturregelkreis.....	187
8.2.5	Einstellregeln für Regler	193

8.3	Zentrale Regelung	198
8.3.1	Konstante Vorlauftemperatur	198
8.3.2	Witterungsgeführte Vorlauftemperatur	198
8.3.3	Witterungsgeführte Vorlauftemperatur – teilweiser Informationsverbund.....	202
8.3.4	Witterungsgeführte Vorlauftemperatur – vollständiger Informationsverbund ..	203
8.3.5	Wärmeerzeugersteuerung/-regelung.....	204
9	Trinkwassererwärmung/Thermische Solarsysteme/Wärmespeicher.....	209
9.1	Trinkwassererwärmung	209
9.1.1	Anforderungen	209
9.1.2	Systeme	210
9.1.3	Regelung und Kombination mit Wärmeerzeugern	214
9.1.4	Warmhaltung des Trinkwassers	216
9.1.5	Bemessung von Trinkwassererwärmungssystemen.....	219
9.1.5.1	Warmwasserbedarf.....	219
9.1.5.2	Bemessung zentraler Speicher-Wassererwärmer	220
9.1.5.3	Bemessung zentraler Durchfluss-Wassererwärmer.....	226
9.1.5.4	Bemessung von Zirkulationssystemen	226
9.2	Thermische Solarsysteme.....	228
9.2.1	Solarkollektorbauarten	229
9.2.1.1	Flachkollektoren	230
9.2.1.2	Vakuum-Röhrenkollektoren	231
9.2.1.3	Luftkollektoren	232
9.2.2	Energetische Bewertung.....	233
9.2.3	Installation	235
9.3	Wärmespeicher	238
9.3.1	Druckspeicher	239
9.3.2	Drucklose Speicher	240
9.3.3	Auslegungshinweise.....	241
10	Heizkostenerfassung	243
10.1	Heizkostenverteiler	243
10.1.1	Grundlagen	243
10.1.2	Bauarten von Heizkostenverteiltern	246
10.1.2.1	Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip	246
10.1.2.2	Elektronische Heizkostenverteiler	246
10.2	Wärmemengenzähler	247
10.3	Anordnung von Heizkostenverteiltern.....	247
11	Sicherheitstechnik von Heizungsanlagen	249
11.1	Physikalisch abgesicherte Wärmeerzeugungsanlagen.....	249
11.2	Thermostatisch abgesicherte Wärmeerzeugungsanlagen.....	250

11.3	Auslegung.....	252
11.3.1	Ausdehnungsgefäß.....	252
11.3.2	Bemessung von sicherheitstechnischen Einrichtungen.....	252
11.3.3	Druckhalteanlagen.....	254
12	Energetische Bilanzierung von Heizungsanlagen	255
12.1	Grundlagen	255
12.1.1	Hintergrund.....	255
12.1.2	Bilanzierungsverfahren in Deutschland	256
12.2	Energetische Bewertung nach DIN V 18599/DIN V 4701-10.....	258
12.2.1	Allgemeines	258
12.2.2	Nutzenergie und Zonenbilanz.....	259
12.2.3	Bilanzierung von Heizungsanlagen	260
12.2.4	Wärmeübergabe	261
12.2.5	Wärmeverteilung	262
12.2.6	Wärmespeicherung	264
12.2.7	Wärmeerzeugung.....	265
12.2.8	Primärenergiefaktoren	266
12.2.9	CO ₂ -Emissionen	268
12.3	Erfüllung der Anforderungen von EnEV, EEWärmeG und KfW.....	269
13	Numerische Simulation	273
13.1	Einleitung.....	273
13.1.1	Thermische Gebäudesimulation.....	273
13.1.2	Thermische Gebäude- und Anlagensimulation	274
13.1.3	Strömungssimulation.....	274
13.2	Prozesscharakter der Modellbildung und Simulation.....	275
13.3	Modellbildung.....	278
13.3.1	Modelleigenschaften und Modellklassen	278
13.3.2	Theoretisch begründete Modelle	279
13.3.3	Empirische Modelle.....	282
13.3.4	Halbempirische Modelle.....	283
13.3.5	Algorithmische Modelle.....	284
13.4	Simulation/Simulationsprogramme.....	284
13.4.1	Simulation	284
13.4.2	Simulationsprogramme.....	286
13.4.3	Sonderformen der Simulation.....	287
13.5	Numerische Simulation von Heizungsanlagen.....	289
13.5.1	Vorgehensweise/Anforderungen	289
13.5.2	Modellierung Hydraulik.....	290
13.5.3	Teilkomponenten Wärmeübergabe/-verteilung/-erzeugung.....	292
13.5.3.1	Rohr.....	292

13.5.3.2	Heizkörper	294
13.5.4	Ventile	295
13.5.5	Wärmeerzeugung	295
13.5.5.1	Motorische KWK-Systeme	295
13.5.5.2	Wärmepumpen	298
13.5.5.3	Brennwertgeräte	299
Literatur		301
A	Grundsymbole heizungstechnischer Anlagen	311
B	Physikalische Größen und Konstanten	313
B.1	Ausgewählte physikalische Größen	313
B.2	Ausgewählte Konstanten	314
C	Stoffdaten	315
D	Komplexbeispiel-1	319
D.1	Aufgabenstellung	319
D.2	Lösungsweg	319
E	Komplexbeispiel-2	321
E.1	Aufgabenstellung	321
E.2	Lösungsweg	321
F	Komplexbeispiel-3	325
F.1	Aufgabenstellung	325
F.2	Lösungsweg	326
G	Komplexbeispiel-4	331
G.1	Aufgabenstellung	331
G.2	Lösungsweg	332
H	Kontrollfragen	335
Stichwortverzeichnis		339