

# Inhalt

<b>1 Die Entwicklung der Heizungstechnik</b>	
1.1 Einzelofenheizung . . . . .	9
1.2 Sammelheizung . . . . .	9
<b>2 Grundlagen</b>	
2.1 Maßeinheiten . . . . .	11
Einheiten des Druckes, der Energie, der Arbeit, der Wärmemenge . . . . .	11
2.2 Wärme und Temperatur . . . . .	12
2.3 Energieformen, Energieumwandlung . . . . .	13
2.4 Wärmedurchgang, Wärmeübertragung . . . . .	14
2.4.1 Wärmeleitung . . . . .	14
2.4.2 Wärmeübergang durch Strömung (Konvektion) . . . . .	14
2.4.3 Wärmestrahlung, Wärmeübergang durch Strahlung . . . . .	15
2.4.4 Wärmedurchgang, k-Zahl . . . . .	15
2.5 Wärmekapazität und Wärmespeicherung . . . . .	16
2.5.1 Spezifische Wärmekapazität . . . . .	16
2.5.2 Wärmespeicherung . . . . .	16
2.6 Behaglichkeit . . . . .	18
2.6.1 Der Wärmehaushalt des Menschen . . . . .	18
2.6.2 Faktoren der thermischen Behaglichkeit . . . . .	18
Die empfundene Temperatur $\theta_a$ . Oberflächentemperaturen der Fenster und Außenwände . . . . .	19
Raumlufttemperatur. Anordnung der Heizflächen im Raum . . . . .	20
Luftbewegung. Luftfeuchtigkeit . . . . .	21
<b>3 Wärmebedarf nach DIN 4701</b>	
3.1 Warum berechnen wir den Wärmebedarf? . . . . .	22
3.2 Gliederung der DIN 4701. Grundzüge der Berechnung . . . . .	22
3.3 Temperaturen . . . . .	22
3.3.1 Norm-Außentemperatur $\theta_a$ . . . . .	22
3.3.2 Norm-Innentemperatur $\theta_i$ . . . . .	25
3.3.3 Rechenwerte für die Temperaturen in Nachbarräumen $\theta_i$ . . . . .	26
3.4 Ermittlung der Wärmedurchgangszahlen (k-Zahlen) . . . . .	26
3.4.1 Wärmeübergangswiderstände $R_i, R_a$ . . . . .	26
3.4.2 Berechnungsbeispiele für k-Zahlen . . . . .	27
3.4.3 Korrektur für die k-Zahlen von Außenbauteilen . . . . .	28
3.4.4 Berechnung von k-Zahlen für nichthomogene Bauteile . . . . .	29
3.5 Norm-Transmissionswärmebedarf $Q_T$ . . . . .	32
3.6 Innerer Wärmebedarf $Q_i$ gegen eingeschränkt beheizte Nachbarräume . . . . .	33
3.7 Norm-Lüftungswärmebedarf $Q_L$ . . . . .	33
3.7.1 Mindest-Lüftungswärmebedarf $Q_{L\min}$ . . . . .	33
3.7.2 Lüftungswärmebedarf bei freier Lüftung $Q_{FL}$ . . . . .	34
3.7.3 Lüftungswärmebedarf für innenliegende Sanitärräume . . . . .	37
3.8 Norm-Gebäudewärmebedarf $Q_{N,Geb}$ . . . . .	37
3.9 Wärmeverlust bei Flächen, die an Erdreich grenzen . . . . .	37
3.10 Wärmeschutz-Verordnung . . . . .	39
<b>4 Einzelteile von Warmwasserheizungen</b>	
4.1 Wärmeerzeuger: Heizkessel für Zentralheizungen . . . . .	43
4.1.1 Hinweise zur Kesselkonstruktion . . . . .	43
4.1.2 Auslegung von Wärmeerzeugern . . . . .	44
4.1.3 Spezialkessel . . . . .	45
Spezialkessel für Öl- und Gasgebläsebrenner . . . . .	45
Gasspezialkessel mit Brenner ohne Gebläse . . . . .	46
Spezialkessel für Koks . . . . .	47
Spezialkessel für Holz . . . . .	48
4.1.4 Kombination von Spezialkesseln . . . . .	49
4.1.5 Wechselbrand- und Umstellbrandkessel . . . . .	49
4.1.6 Brennwertkessel . . . . .	50
4.2 Heizkörper . . . . .	52
4.2.1 Einordnung in die Gesamtanlage . . . . .	52
4.2.2 Anordnung der Heizkörper im Raum . . . . .	52
4.2.3 Gliederheizkörper, Radiatoren . . . . .	52
4.2.4 Montage der Heizkörper . . . . .	56
4.2.5 Plattenheizkörper . . . . .	57
4.2.6 Sonderbauformen . . . . .	57
4.2.7 Berechnung und Auswahl der Heizkörper . . . . .	58
4.2.8 Rechenverfahren in Beispielen . . . . .	61
4.2.9 Vergrößerung von Heizkörpern in Räumen, die an Erdreich grenzen . . . . .	62
4.2.10 Konvektoren . . . . .	62
4.3 Rohre . . . . .	64
4.3.1 Stahlrohre . . . . .	64
4.3.2 Wärmedämmung von Rohrleitungen . . . . .	67
4.3.3 Kupferrohre . . . . .	68
4.3.4 Kunststoffrohre . . . . .	69
4.3.5 Wärmeausdehnung der Rohre . . . . .	69
4.3.6 Dehnungsaufnahme durch Rohrschenkel und U-Bogen . . . . .	70
4.3.7 Dehnungsaufnahme durch Wellrohr-Kompensatoren . . . . .	71
4.3.8 Kompensatoren als Schwingungsdämpfer . . . . .	71
4.3.9 Stützweite von Rohren . . . . .	71
4.3.10 Rohraufhängungen, Festpunkte, Gleit- und Rollenlager . . . . .	72
4.3.11 Mauerdurchführung von Rohren . . . . .	74
4.3.12 Kennfarben, Beschriftung . . . . .	74
4.4 Armaturen . . . . .	75
4.4.1 Absperrorgane . . . . .	75
Hähne. Schieber. Ventile . . . . .	75

## 6 Inhalt

4.4.2	Regulierorgane . . . . .	76	8	<b>Temperaturregelung von Heizungsanlagen</b>	
	Drosselklappen. Regulierventile. Fußventile . . . . .	77	8.1	Aufgaben der Regeltechnik, Vorschriften . . . . .	113
	Überströmventile. Strangabsperrventile. Rücklauf- temperaturbegrenzer. Mischarmatur. Dreiwegemischer. Vierwegemischer. Rückschlagventil. Rückschlagklappe. Schmutzfänger. Sonstiges Zubehör . . . . .	78	8.2	Grundbegriffe der Regelungstechnik . . . . .	113
5	<b>Sicherheitsbestimmungen nach DIN 4751</b>		8.3	Zweipunktregelung . . . . .	114
5.1	Grundüberlegungen und Abgrenzungen . . . . .	80	8.3.1	Kesseltemperatur-Regelung . . . . .	115
5.2	DIN 4751 Blatt 1: Warmwasserheizungen mit physikalischer Absicherung . . . . .	80	8.3.2	Regelung von Speicherwassererwärmern . . . . .	116
5.2.1	DIN 4751 Blatt 1, Inhaltsübersicht mit Schaltskizzen . . . . .	80	8.3.3	Zweipunktregelung der Raumtemperatur mit Zonenventilen . . . . .	117
5.2.2	Offene Ausdehnungsgefäß, Funktion und Größe . . . . .	82	8.4	Regelung der Raumtemperatur . . . . .	118
5.3	DIN 4751 Teil 2: Warmwasserheizungen mit thermostatischer Absicherung . . . . .	83	8.5	Witterungsgeführte Regelung der Vorlauftemperatur . . . . .	119
5.3.1	DIN 4751 Teil 2, Inhaltsübersicht und Anwendungsbereich . . . . .	83	8.6	Betriebsarten. Das Einstellen von Reglern. Regler mit Optimierung . . . . .	121
5.3.2	Die Begrenzung der Vorlauftemperatur . . . . .	84	8.6.1	Einstellen von Analogreglern . . . . .	121
5.3.3	Die Begrenzung des Druckes . . . . .	86	8.6.2	Optimierung von Heizungsreglern . . . . .	121
5.3.4	Die Überwachung des Wasserinhaltes und der Volumenänderung . . . . .	86	8.7	Stellglieder. Regelarmaturen. Hydraulische Schaltungen . . . . .	123
5.3.5	Prüfungs-, Betriebs- und Wartungsanleitungen . . . . .	92	8.7.1	Ventilkennlinien. Ventilautorität bei Durchgangsventilen . . . . .	123
6	<b>Heizraum und Schornstein</b>		8.7.2	Dreiwegeventile . . . . .	125
6.1	Anforderungen an Heizräume . . . . .	95	8.7.3	Mischer. Mischtähne . . . . .	126
6.1.1	Schallschutz . . . . .	96	8.7.4	Hydraulische Schaltungen. Dimensionierung von Regelarmaturen . . . . .	127
6.2	Schornstein . . . . .	96	8.7.5	Stellantriebe . . . . .	130
6.2.1	Vorschriften . . . . .	96	8.8	Thermostatische Heizkörperventile . . . . .	131
6.2.2	Bauweise der Schornsteine . . . . .	97	8.8.1	Wirkungsweise und Aufbau . . . . .	131
6.2.3	Schornstein-Belegung . . . . .	97	8.8.2	Kennlinien. Ventilautorität und Qualität von Thermostatventilen . . . . .	132
6.2.4	Schornsteinsanierung . . . . .	98	8.8.3	Der richtige Einbau von Thermostatventilen . . . . .	133
6.2.5	Verbindungsstück Kessel – Schornstein . . . . .	98	8.8.4	Auswahl der Ventile nach ihrem kv-Wert . . . . .	133
6.2.6	Nebenluftöffnungen . . . . .	98	9	<b>Pumpe und Rohrnetz</b>	
6.2.7	Bemessung des Schornsteinquerschnitts . . . . .	99	9.1	Strömungsverluste im Rohrnetz . . . . .	135
6.2.8	Schornsteine und Abgasleitungen für Brennwertgeräte . . . . .	99	9.1.1	Widerstandsbeiwerte $\zeta$ . . . . .	137
7	<b>Brauchwassererwärmung (Warmwasserbereitung)</b>		9.2	Heizungsumwälzpumpen. Pumpenkennlinie . . . . .	137
7.1	Geschichtliches zum warmen Wasser . . . . .	102	9.2.1	Wie eine Heizungspumpe funktioniert . . . . .	137
7.2	Warmes Wasser in Wohnung und Haushalt . . . . .	102	9.3	Pumpenbauarten . . . . .	137
7.3	Systeme zur Wassererwärmung . . . . .	102	9.3.1	Kreiselpumpe mit Spaltrohrmotor (Naßläufer) . . . . .	138
7.3.1	Einzelversorgung mit Warmwasser . . . . .	102	9.3.2	Pumpenvarianten . . . . .	139
7.3.2	Zentrale Wassererwärmungsanlagen . . . . .	103	9.4	Vordimensionieren des Rohrnetzes . . . . .	139
	Speicher-Wassererwärmer (SWE) . . . . .	103	9.5	Rohrnetzkennlinie . . . . .	142
	Durchflußwassererwärmer . . . . .	104	9.6	Auswahl der Umwälzpumpe . . . . .	143
7.4	Berechnung der Wassererwärmungsanlagen im Wohnungsbau . . . . .	104	9.6.1	Weitere Gesichtspunkte zur Pumpenwahl . . . . .	143
7.4.1	Berechnung nach der Kennzahl N . . . . .	106	9.7	Zusammenwirken von Pumpe und Rohrnetz . . . . .	144
7.4.2	Brauchwasserwärmebedarf der Einheitswohnung . . . . .	106	9.7.1	Auslegungswert und Normalbetrieb . . . . .	144
7.4.3	Auswahl der Speicherwassererwärmer . . . . .	108	9.7.2	Pumpe, Rohrnetz und Differenzdruck- Überströmregelventil . . . . .	145
7.4.4	Speichergröße bei Temperaturen unter 60°C . . . . .	109	9.7.3	Zusammenschalten von zwei Pumpen . . . . .	147
7.4.5	Kesselzusatz wegen Speicherwassererwärmer . . . . .	109	9.8	Nachrechnen des Rohrnetzes und Bestimmen der Voreinstellung für die Heizkörperventile . . . . .	147
7.5	Brauchwassererwärmer für Hotels und Pensionen . . . . .	110	9.8.1	Nachrechnung mit dem Formular . . . . .	147
7.6	Brauchwassererwärmung für Turnhallen . . . . .	110	9.8.2	Überschlägige Voreinstellung der Fußventile . . . . .	154
7.7	Brauchwassererwärmung für Gewerbebetriebe . . . . .	111	9.8.3	Nachrechnung mit dem Kleinrechner . . . . .	154
7.8	Überschlägige Berechnung des Wärmeaustauschs in einem Speicherwassererwärmer . . . . .	111	9.8.4	Überschlägige Voreinstellung für Thermostatventile . . . . .	156
			9.8.5	Auswahl der Pumpe für das Rechenbeispiel . . . . .	156
			9.9	Druckverlauf im Rohrnetz . . . . .	156
			9.9.1	Druckverlauf beim Rohrsystem nach Tichelmann . . . . .	157

<b>10 Das Prinzip der Schwerkraftheizung und Ihre Bedeutung für moderne Anlagen</b>	
10.1 Grundlagen der Schwerkraftwirkung . . . . .	159
10.2 Badstrang, mit Rechenbeispiel . . . . .	160
10.3 Steigstränge nach Auftrieb dimensionieren . . . . .	161
<b>11 Planungsbeispiel</b>	
11.1 Planungsgrundlagen . . . . .	163
11.2 Der Wärmebedarf . . . . .	170
11.3 Zusammenstellung des Norm-Wärmebedarfs. Auslegung der Heizkörper . . . . .	177
11.4 Schaltschema, Rohrführung, Strangschema . . . . .	177
11.5 Bestimmung des Speicherwassererwärmers, des Kessels, des Schornsteins und des Ausdehnungsgefäßes . . . . .	180
11.6 Massenströme. Vorläufige Rohrnetz-Dimensionierung . . . . .	181
11.7 Überschlägige Bestimmung der Umwälzpumpe . . . . .	181
11.8 Nachrechnung des Rohrnetzes . . . . .	181
11.9 Materialauszug . . . . .	186
<b>12 Einrohrheizung</b>	
12.1 Überblick über die Systeme . . . . .	188
12.2 Einrohrheizung mit „reitendem“ HK-Anschluß . . . . .	189
12.3 Einrohrheizung mit Spezialventilen . . . . .	193
12.3.1 Rechenbeispiel 1 . . . . .	194
12.3.2 Rechenbeispiel 2 . . . . .	196
<b>13 Integrierte Heizflächen. Strahlungsheizung</b>	
13.1 Fußbodenheizung . . . . .	200
13.1.1 Verlegesysteme und Verlagearten . . . . .	200
Fußbodenheizungen im Naßbau . . . . .	200
Fußbodenheizungen im Trockenaufbau . . . . .	202
13.1.2 Berechnung der Fußbodenheizung . . . . .	202
Temperaturwelligkeit der Fußbodenoberfläche . . . . .	203
Soll-Wärmestromdichte. Bodenbelag . . . . .	204
Ist-Wärmestromdichte. Heizmittelübertemperatur. Verlegeabstand . . . . .	205
Wärmestromdichte nach unten . . . . .	208
Maximale Registergröße. Wärmeverlust. Zuleitung . . . . .	209
Kesselleistung . . . . .	210
13.1.3 Rohre für Fußbodenheizungen . . . . .	211
Kupferrohre. Kunststoffrohre. Sauerstoffdiffusion . . . . .	211
13.2 Auslegungsbeispiel einer Warmwasser- Fußbodenheizung . . . . .	211
13.2.1 Berechnungswerte aus Bauplan und Baubeschrieb. Bestimmung der Auslegungs-Vorlauftemperatur . . . . .	213
13.2.2 Auslegung und Berechnung der Heizkreise . . . . .	215
13.2.3 Schaltung, Strangschema, Anbindeleitungen . . . . .	216
13.2.4 Bestimmung der Voreinstellungen . . . . .	217
13.3 Integrierte Randzone (Kombiheizkreis) . . . . .	217
13.4 Formeln für das programmierte Berechnen der Fußbodenheizung . . . . .	218
<b>14 Fernheizung</b>	
14.1 Einsatz der Fernheizung . . . . .	219
14.2 Wärmeträger . . . . .	220
14.3 Verteilungsnetz, Rohrverlegung . . . . .	220
14.4 Druckverhältnisse im Fernwärmennetz . . . . .	222
14.5 Armaturen für die Übergabestation in Block- und Fernheizungen bei direktem Anschluß . . . . .	222
14.5.1 Differenzdruckregelung . . . . .	223
14.5.2 Volumenstrombegrenzung . . . . .	223
14.5.3 Kombination von Volumenstrom- und Differenzdruckregelung . . . . .	224
14.5.4 Druckregelung für direkt versorgte Gebäude . . . . .	224
14.5.5 Druckabsicherung bei direktem Anschluß . . . . .	224
14.6 Fernheizübergabestation mit indirektem Anschluß . . . . .	226
14.7 Berechnungsgrundlagen . . . . .	227
<b>15 Korrosion und Steinbildung</b>	
15.1 Korrosion . . . . .	228
15.2 Steinbildung . . . . .	229
15.3 Korrosion durch Rauchgase . . . . .	229
15.4 Korrosion im Wassererwärmer . . . . .	230
15.5 Korrosion im Brauchwassernetz . . . . .	230
<b>16 Grundlagen der Feuerungstechnik. Wirkungs- und Nutzungsgrade</b>	
16.1 Grundbegriffe, Grundlagen . . . . .	231
16.2 Wirkungs- und Nutzungsgrade von Heizungsanlagen . . . . .	235
16.2.1 Der feuerungstechnische Wirkungsgrad $\eta_F$ . . . . .	236
16.2.2 Der Kesselwirkungsgrad $\eta_K$ . . . . .	237
16.2.3 Nutzungsgrade des Kessels . . . . .	239
Der Jahresnutzungsgrad des Kessels $\eta_{AK}$ . . . . .	239
Der Normnutzungsgrad $\eta_N$ . . . . .	241
16.2.4 Der Verteilungsnutzungsgrad $\eta_V$ . . . . .	241
16.2.5 Der Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlage $\eta_g$ . . . . .	241
16.3 Der Brennstoffjahresbedarf . . . . .	242
16.4 Die Beurteilung von Altanlagen bei Kesselerneuerung . . . . .	246
<b>17 Grundlagen Wohnungslüftung</b>	
17.1 Warum kontrolliert lüften? . . . . .	253
17.2 Wohnungslüftungssysteme . . . . .	253
17.2.1 Kontrollierte Wohnungslüftung, dezentriert mit Abluftventilatoren, ohne Wärmerückgewinnung . . . . .	253
17.2.2 Kontrollierte Wohnungslüftung mit Zuluft- und Abluftventilatoren und mit Wärmerückgewinnung . . . . .	254
17.3 Mindestanforderungen an Volumenströme und Luftwechselraten. . . . .	254
17.3.1 Berechnungsbeispiel für die Ermittlung der erforderlichen Volumenströme und Luftwechselraten . . . . .	254
Beispiel der Berechnung des Volumenstroms zur Lüftung eines Schlafzimmers nach der Wasserdampfmenge . . . . .	255
Beispiel der Berechnung des Volumenstroms zur Lüftung des Schlafzimmers für 2 Personen nach der Kohlendioxid-Konzentration . . . . .	255
17.4 Planungsbeispiele . . . . .	255
17.4.1 Planungsbeispiel einer dezentralisierten Wohnungslüftung mit Abluftventilatoren ohne Wärmerückgewinnung in einem 1-Familien-Haus (Reiheneckhaus) . . . . .	255

## 8 Inhalt

17.4.2 Planungsbeispiele einer Wohnungslüftung für ein Reihenhaus, mit Zuluft- und Abluftventilatoren mit Wärmerückgewinnung in einem zentralen Lüftungsgerät	259	19.2.1 Näherungskurven	268
Anlagenbeschreibung und Hinweis auf die Bauteile	260	19.2.2 Berechnungen für Heizkörper	270
17.5 Varianten und Ausbaustufen der Lüftungsgeräte für Wohnungslüftung	262	19.2.3 Berechnungen für Armaturen, Rückschlagventile	270
17.6 Vergleich des Energieverbrauchs und der Energiekosten verschiedener Wohnungs-lüftungssysteme	262	19.2.4 Wasserinhalt, Strömungsgeschwindigkeit und Wärmeverlust von Rohrleitungen	271
17.7 Schlußbetrachtung	263	19.2.5 Wärmeverlust erdreichberührter Bauteile	272
<b>18 Heizkostenabrechnung</b>		19.2.6 Auslegung von Membran-Ausdehnungsgefäß	273
18.1 Ziel und Problemschreibung	264	19.2.7 R-Werte von Rohren und Zweirohrnetze	273
18.2 Heizkosten-Verordnung	264	19.2.8 Einrohrheizung	273
18.3 Was gehört zu den Heizkosten?	264	19.2.9 Fußbodenheizung	273
18.4 Meßgeräte und Verfahren	264		
18.4.1 Wärmemengenzähler	264		
18.5 Heizkostenverteiler	265		
18.5.1 Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip	265		
18.5.2 Elektronische Heizkostenverteiler	267		
18.6 Warmwassermengenzähler	267		
		<b>Anhang</b>	
		Die zehn grundlegenden Normblätter	275
		Auswahl von einschlägigen Verordnungen und Vorschriften	275
		Heizungsanlagen-Verordnung	276
		Merkblatt über Planung und hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen mit thermostatischen Heizkörperventilen	280
		Sinnbilder für Leitungspläne	282
		Das griechische Alphabet	283
		<b>Sachregister</b>	284