

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Die Entwicklung der Heizungstechnik</b>	
1.1	Einzelofenheizung	9
1.2	Sammelheizung	9
<b>2</b>	<b>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 $\theta_a$ , Oberflächen- temperaturen der Fenster und Außenwände	19
	Raumlufttemperatur, Anordnung der Heizflächen im Raum	20
	Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit	21
<b>3</b>	<b>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 $\theta_j$	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 $Q_{Lmin}$	33
3.7.2	Lüftungswärmebedarf bei freier Lüftung $Q_{FL}$	34
3.7.3	Lüftungswärmebedarf für innenliegende Sanitärräume	37
3.8	Norm-Gebäudewärmebedarf $\dot{Q}_{N, Geb}$	37
3.9	Wärmeverlust bei Flächen, die an Erdreich grenzen	37
3.10	Wärmeschutz-Verordnung	39
<b>4</b>	<b>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	Temperaturregelung von Heizungsanlagen	
	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 Ausdehnungsgefäße, 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. Mischhähne	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 $k_v$ -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	Rohrnetzkenlinie	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	Speichergöße bei Temperaturen unter 60 °C	109	9.7.3	Zusamenschalten von zwei Pumpen	147
7.4.5	Kesselzuschlag 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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>Integrierte Heizflächen. Strahlungsheizung</b>	
13.1	Fußbodenheizung	200
13.1.1	Verlegesysteme und Verlagearten Fußbodenheizungen im Naßbau Fußbodenheizungen im Trockenaufbau	200 202
13.1.2	Berechnung der Fußbodenheizung Temperaturwelligkeit der Fußbodenoberfläche Soll-Wärmestromdichte. Bodenbelag Ist-Wärmestromdichte. Heizmittelübertemperatur. Verlegeabstand Wärmestromdichte nach unten Maximale Registergröße. Wärmeverlust. Zuleitung Kesselleistung	202 203 204 205 208 209 210
13.1.3	Rohre für Fußbodenheizungen Kupferrohre. Kunststoffrohre. Sauerstoffdiffusion	211 211
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</b>	<b>Fernheizung</b>	
14.1	Einsatz der Fernheizung	219
14.2	Wärmeträger	220
14.3	Verteilungsnetz, Rohrverlegung	220
14.4	Druckverhältnisse im Fernwärmenetz	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</b>	<b>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</b>	<b>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 Der Jahresnutzungsgrad des Kessels $\eta_{AK}$ Der Normnutzungsgrad $\eta_N$	239 239 241
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</b>	<b>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 Beispiel der Berechnung des Volumenstroms zur Lüftung eines Schlafzimmers nach der Wasserdampfmenge Beispiel der Berechnung des Volumenstroms zur Lüftung des Schlafzimmers für 2 Personen nach der Kohlendioxid-Konzentration	254 255 255
17.4	Planungsbeispiele	255
17.4.1	Planungsbeispiel einer dezentralisierten Wohnungslüftung mit Abluftventilatoren ohne Wärmerückgewinnung in einem 1-Familien-Haus (Reiheneckhaus)	255

## 8 Inhalt

Anlagenbeschreibung . . . . .	258	<b>19 Programmierbare Taschencomputer</b>	
Bauteile für Wohnungslüftungsanlagen . . . . .	259	19.1 EDV-Einsatz in der Heizungsbranche . . . . .	268
17.4.2 Planungsbeispiele einer Wohnungslüftung für ein Reihenhaus, mit Zuluft- und Abluftventilatoren mit Wärmerückgewinnung in einem zentralen Lüftungsgerät . . . . .	259	19.2 Programme für einen Taschencomputer . . . . .	268
Anlagenbeschreibung und Hinweis auf die Bauteile . . . . .	260	19.2.1 Näherungskurven . . . . .	268
17.5 Varianten und Ausbaustufen der Lüftungsgeräte für Wohnungslüftung . . . . .	262	19.2.2 Berechnungen für Heizkörper . . . . .	270
17.6 Vergleich des Energieverbrauchs und der Energiekosten verschiedener Wohnungs- lüftungssysteme . . . . .	262	19.2.3 Berechnungen für Armaturen, Rückschlagventile . . . . .	270
17.7 Schlußbetrachtung . . . . .	263	19.2.4 Wasserinhalt, Strömungsgeschwindigkeit und Wärmeverlust von Rohrleitungen . . . . .	271
<b>18 Heizkostenabrechnung</b>		19.2.5 Wärmeverlust erdreichberührter Bauteile . . . . .	272
18.1 Ziel und Problemschreibung . . . . .	264	19.2.6 Auslegung von Membran-Ausdehnungsgefäßen . . . . .	273
18.2 Heizkosten-Verordnung . . . . .	264	19.2.7 R-Werte von Rohren und Zweirohrnetze . . . . .	273
18.3 Was gehört zu den Heizkosten? . . . . .	264	19.2.8 Einrohrheizung . . . . .	273
18.4 Meßgeräte und Verfahren . . . . .	264	19.2.9 Fußbodenheizung . . . . .	273
18.4.1 Wärmemengenzähler . . . . .	264	<b>Anhang</b>	
18.5 Heizkostenverteiler . . . . .	265	Die zehn grundlegenden Normblätter . . . . .	275
18.5.1 Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip . . . . .	265	Auswahl von einschlägigen Verordnungen und Vorschriften . . . . .	275
18.5.2 Elektronische Heizkostenverteiler . . . . .	267	Heizungsanlagen-Verordnung . . . . .	276
18.6 Warmwasserzähler . . . . .	267	Merkblatt über Planung und hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen mit thermostatischen Heizkörperventilen . . . . .	280
		Sinnbilder für Leitungspläne . . . . .	282
		Das griechische Alphabet . . . . .	283
		<b>Sachregister</b> . . . . .	284