

## Inhaltsverzeichnis

A	Aufgaben, Anforderungen, Anlagenfunktionen .....	1
	HEINZ BACH	
A 1	Einleitung.....	1
A 2	Wertanalyse in der Heiztechnik.....	5
A 3	Literatur .....	18
B	Systemaufbau und Systeme-Übersicht.....	19
	HEINZ BACH	
B 1	Systemaufbau.....	19
B 2	Systemeübersicht.....	27
B 3	Literatur .....	31
C	Konzeption und Vergleich von Heizsystemen .....	33
	HEINZ BACH	
C1	Konzeption von Heizanlagen .....	33
C2	Entwicklung von Komponenten .....	61
C3	Voraussetzungen für eine Vergleichbarkeit .....	71
C4	Literatur .....	79
D	Systembereiche für Übergabe, Verteilung und Erzeugung der Wärme .....	81
	HEINZ BACH	
D 1	Nutzenübergabe .....	81
D 1.1	Einleitung.....	81
D 1.2	Heizlast, Luftströmung und Strahlungsvorgänge im Raum.....	83
D 1.2.1	Heizlast.....	83
D 1.2.2	Luftströmungen und Strahlungsvorgänge im Raum .....	90
D 1.3	Dezentrale Kleinraum-Heizgeräte .....	100
D 1.3.1	Allgemeines.....	100
D 1.3.2	Einzelraumheizgeräte .....	100
D 1.3.2.1	Kamine .....	100
D 1.3.2.2	Öfen für Festbrennstoffe .....	104
D 1.3.2.3	Ölheizöfen.....	105
D 1.3.2.4	Gasheizöfen .....	107
D 1.3.2.5	Elektrische Direktheizgeräte .....	111
D 1.3.3	Einzelraumspeicherheizung.....	116
D 1.3.3.1	Speicheröfen (Kachelöfen) .....	116
D 1.3.3.2	Elektrische Speicherheizflächen .....	119

D 1.3.3.3 Elektrische Speicherheizgeräte .....	121
D 1.3.4 Mehrraumheizgeräte (Ofen-Luftheizung) .....	127
D 1.3.4.1 Allgemeines (Berechnung von Luftheizungen).....	127
D 1.3.4.2 Mehrraum-Direktheizgeräte .....	132
D 1.3.4.3 Mehrraum-Speicherheizgeräte .....	134
D 1.4 Dezentrale Großraum-Heizgeräte .....	134
D 1.4.1 Allgemeines zu Großräumen .....	134
D 1.4.2 Großraumdirektheizgeräte.....	136
D 1.4.2.1 Großraum-Luftheizer .....	136
D 1.4.2.2 Heizstrahler .....	137
D 1.4.3 Großraum-Speicherheizgeräte .....	143
D 1.5 Luftheizung (indirekte Lufterwärmung).....	143
D 1.5.1 Allgemeines.....	143
D 1.5.2 Zentrale Luftheizung.....	145
D 1.5.3 Dezentrale Luftheizung (Raum-Luftheizgeräte) .....	147
D 1.6 Raumheizflächen bei Zentralheizung.....	150
D 1.6.1 Allgemeines.....	150
D 1.6.2 Integrierte Heizflächen .....	151
D 1.6.2.1 Warmwasserfußbodenheizung.....	151
D 1.6.2.2 Wandheizung .....	167
D 1.6.2.3 Deckenheizung.....	171
D 1.6.3 Deckenstrahlplatten .....	174
D 1.6.4 Raumheizkörper.....	186
Literatur .....	219
D 2 Wärmeverteilung.....	223
D 2.1 Einleitung.....	223
D 2.2 Verteilsysteme .....	231
D 2.2.1 Dampfsysteme .....	231
D 2.2.1.1 Allgemeines .....	231
D 2.2.1.2 Hochdruckdampfsysteme .....	237
D 2.2.1.3 Niederdruckdampfsysteme .....	237
D 2.2.1.4 Unterdruckdampfsysteme.....	239
D 2.2.2 Wassersysteme .....	240
D 2.2.2.1 Allgemeines .....	240
D 2.2.2.2 Umwälzung .....	241
D 2.2.2.3 Verteilsysteme .....	241
D 2.2.2.4 Wärmeübergabe- und Wärmeerzeugerkreise .....	253
D 2.2.2.5 Ausdehnung, Entlüftung, Entleerung .....	255
D 2.2.3 Heißölsysteme .....	263
D 2.3 Bauelemente.....	263
D 2.3.1 Übersicht.....	263
D 2.3.2 Rohrleitungen und Zubehör.....	263
D 2.3.2.1 Rohre, Schläuche.....	263

D 2.3.2.2	Rohrverbindungen.....	271
D 2.3.2.3	Halterungen.....	273
D 2.3.2.4	Dämmung.....	277
D 2.3.3	Armaturen.....	279
D 2.3.3.1	Übersicht.....	279
D 2.3.3.2	Auswahlkriterien.....	286
D 2.3.4	Pumpen.....	299
D 2.3.4.1	Bauarten.....	299
D 2.3.4.2	Kenngrößen.....	302
D 2.3.4.3	Kennlinien.....	305
D 2.3.4.4	Pumpen in Heizanlagen, Steuerung und Regelung.....	308
D 2.4	Bewertung von Verteilsystemen (Wassersystemen).....	313
D 2.5	Konzeption von Verteilsystemen (Wassersystemen).....	321
D 2.6	Berechnung der Verteilsysteme.....	326
D 2.6.1	Vorgehensweise.....	326
D 2.6.2	Druckabfall.....	328
D 2.6.2.1	Allgemeines.....	328
D 2.6.2.2	Rohrreibung.....	332
D 2.6.2.3	Einzelwiderstände.....	333
D 2.6.3	Gesamtdruckdifferenz, Auftriebsdruck.....	337
D 2.6.4	Rechenbeispiele.....	339
D 2.6.4.1	Schwerkraftheizung.....	339
2.6.4.2	Pumpenwarmwasserheizung.....	348
D 2.6.5	Analogieverfahren für rechnergestützte Betriebssimulation.....	355
Literatur	.....	363
D 3	Wärmeerzeugung.....	365
D 3.1	Ziele, Möglichkeiten und Bewertung.....	365
D 3.2	Wärmeerzeugung durch Wärmeübertragung.....	381
D 3.2.1	Wärmeübertragung von der Sonne.....	381
D 3.2.1.1	Allgemeines.....	381
D 3.2.1.2	Bauarten der Solarkollektoren.....	381
D 3.2.1.3	Bewertung, Leistungsmessung, Auslegung.....	385
D 3.2.2	Wärmeübertragung aus Fernwärme (Wasser/Wasser-Wärmeaustauscher).....	391
D 3.2.2.1	Allgemeines.....	391
D 3.2.2.2	Bauarten der Wasser/Wasser-Wärmeaustauscher.....	393
D 3.2.2.3	Bewertung, Leitungsmessung, Auslegung.....	396
D 3.3	Wärmeerzeugung aus Brennstoff.....	408
D 3.3.1	Feuerungen und Brenner.....	408
D 3.3.1.1	Verbrennungsvorgang.....	408
D3.3.1.2	Schadstoffentstehung.....	411
D 3.3.1.3	Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe.....	415
D 3.3.1.4	Ölbrenner.....	418

D 3.3.1.5 Gasbrenner .....	422
D 3.3.2 Heizkessel.....	425
D 3.3.2.1 Bauarten.....	425
D 3.3.2.2 Bewertung, Leistungsmessung, Auslegung .....	437
D 3.3.2.3 Kesselschaltungen, Pufferspeicher .....	455
D 3.3.2.4 Heizraum- und Schornstein.....	463
D 3.4 Wärmeerzeugung aus Strom.....	471
D 3.5 Wärmepumpen (Wärmeerzeugung aus Umweltenergie und Strom oder Brennstoff) .....	472

D 3.5.1	Übersicht .....	472
D 3.5.2	Wärmepumpen - Prozesse.....	475
D 3.5.3	Wärmequellen.....	484
D 3.5.4	Wärmepumpen-Anlagen .....	489
D 3.5.4.1	Auslegung.....	489
D 3.5.4.2	Wärmepumpenschaltungen, Pufferspeicher, Tagesspeicher .....	496
D 3.6	Blockheizkraftwerke (BHKW).....	500
D 3.6.1	Allgemeines .....	500
D 3.6.2	Auslegung von BHKW für eine Nahwärmeversorgung .....	506
D 3.7	Sicherung der Wärmeerzeuger.....	509
Literatur	.....	516
E	Betriebsverhalten von Heizanlagen .....	521
	HEINZ BACH	
E 1	Allgemeines .....	521
E 2	Teillastverhalten .....	522
E 2.1	Wärmeübergabe.....	522
E 2.2	Wärmeverteilung.....	533
E 2.3	Wärmeerzeugung.....	537
E 3	Dynamisches Verhalten .....	545
E 3.1	Gebäude.....	545
E 3.2	Wärmeübergabe.....	553
E 3.2.1	Aufheizbetrieb.....	553
E 3.2.2	Instationärer Teillast- und Absenkbetrieb .....	556
E 3.3	Wärmeverteilung und -erzeugung .....	562
Literatur	.....	564
F	Trinkwassererwärmung .....	567
	HEINZ BACH	
F 1	Übersicht .....	567
F 2	Grundauführungen der Trinkwassererwärmer.....	570
F 2.1	Durchfluss-Wassererwärmer.....	570
F 2.1.1	Allgemeines .....	570
F 2.1.2	Dezentrale direkt beheizte Durchfluss-Wassererwärmer .....	571
F 2.1.3	Zentrale indirekt beheizte Durchfluss-Wassererwärmer.....	573
F 2.2	Speicher-Wassererwärmer.....	575
F 2.2.1	Allgemeines .....	579
F 2.2.2	Dezentrale Speicher-Wassererwärmer .....	576
F 2.2.3	Zentrale Speicher-Wassererwärmer und Rohrnetze .....	577
F 3	Bedarf, Auslegung, Leistungsprüfung .....	584
F 3.1	Allgemeines .....	584
F 3.2	Auslegung dezentraler Wassererwärmer .....	585
F 3.3	Auslegung zentraler Wassererwärmer.....	588
F 3.4	Leistungsprüfung bei Wassererwärmern .....	593
F 4	Energieaufwand für Trinkwassererwärmung.....	594
Literatur	.....	598
G	Jahresenergiebedarf.....	599
	HEINZ BACH	
G 1	Übersicht, Begriffe .....	599
G 2	„Black-Box“-Methode .....	605
G 3	Bedarfsentwicklungsmethode .....	609
G 3.1	Referenzenergiebedarf .....	609
G 3.2	Energieaufwand einer Warmwasserheizung.....	612
G 3.3	Energieaufwand von Einzelraumheizgeräten .....	625

Literatur .....	628
H	Abrechnung der verbrauchsabhängigen Kosten für Heizung und Trinkwassererwärmung..... 631 HEINZ BACH
H 1	Allgemeines ..... 631
H 2	Verfahren zur Heizkostenverteilung ..... 634
H 2.1	Verfahren mit Erfassung der Wärmeabgabe..... 634
H 2.1.1	Allgemeines ..... 634
H 2.1.2	Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip (HKVV)..... 636
H 2.1.3	Heizkostenverteiler mit elektrischer Energieversorgung (HKVE) ..... 644
H 2.2	Verfahren mit Erfassung der Wärmeverteilung ..... 647
H 3	Wärme- und Warmwasserzähler..... 652
H 4	Bewertung von Verteilverfahren ..... 657
H 4.1	Allgemeines ..... 657
H 4.2	Messgenauigkeit..... 659
H 4.3	Verteilgenauigkeit..... 664
Literatur .....	672
J	Regelung, Steuerung und Überwachung ..... 673 SIEGFRIED BAUMGARTH UND GEORG-PETER SCHERNUS
J1	Übersicht ..... 673
J2	Wärmeerzeuger..... 673
J2.1	Einkesselanlage ..... 674
J2.1.1	Kesseltemperaturregelung bei Einsatz von Gebläsebrennern..... 674
J2.1.2	Steuerung von Öldruckzerstäubungsbrennern..... 676
J2.1.3	Sicherheitseinrichtungen ..... 676
J2.1.4	Kessel mit konstanter Wassertemperatur ..... 677
J2.1.5	Kessel mit gleitender Wassertemperatur (Niedertemperaturkessel) .. 678
J2.1.6	Brennwertkessel ..... 680
J2.2	Mehrkesselanlagen ..... 681
J2.2.1	Kesselfolgestrategien ..... 681
J2.2.2	Besonderheiten für Kessel mit gleitenden Temperaturen ..... 687
J2.2.3	Schaltstrategien für Kessel mit zweistufigen Brennern..... 689
J3	Wärmeverteiler und Wärmeverbraucher ..... 690
J3.1	Übersicht ..... 690
J3.2	Mehrzonenanlagen ..... 690
J3.3	Einzelraumautomation (Einzelraumregelung) ..... 692
J4	Energieoptimierung der Gesamtanlage ..... 697
J4.1	Energieoptimierung bei Raumautomation ..... 697
J4.2	Energieoptimierung in der Energieverteilung ..... 699
J4.3	Energieoptimierung in der Energieverteilung mit Brennwertkessel ... 700
K	Wasserbehandlung in Systemen mit erwärmtem Brauch- oder Trinkwasser sowie in Dampferzeugungs- und Wasserheizanlagen..... 703 LUDWIG HÖHENBERGER
K 1	Systeme zur Erzeugung und Verteilung von erwärmtem Brauch- und Trinkwasser ..... 703
K 1.1	Allgemeines, Aufgaben, Grenzen ..... 703
K 1.2	Belagbildung und Schutzverfahren ..... 704
K 1.2.1	Belagbildung..... 704
K 1.2.2	Schutz vor Belagbildung..... 704
K 1.3	Korrosion und Korrosionsschutz..... 706
K 1.3.1	Korrosion..... 706
K 1.3.2	Korrosionsschutz..... 706

K 1.4	Schutz von Trinkwassersystemen vor Verunreinigung .....	707
K 1.5	Wasseraufbereitung und Konditionierung .....	708
K 2	Warmwasser-, Heißwasser- und Fernwärme-Heiznetze .....	709
K 2.1	Allgemeines, Aufgaben, Abgrenzungen .....	709
K 2.2	Belagbildung und Schutzverfahren .....	710
K 2.2.1	Belagbildung.....	710
K 2.2.2	Schutz vor Belagbildung.....	711
K 2.3	Korrosion und Korrosionsschutz.....	713
K 2.3.1	Korrosion.....	713
K 2.3.2	Korrosionsschutz.....	715
K 2.4	Wasseraufbereitung, Konditionierung und chemische Anforderungen für Wasserheizsysteme .....	716
K 3	Dampferzeugung und Dampf-/Kondensatnetze.....	722
K 3.1	Allgemeines, Aufgaben, Abgrenzungen .....	722
K 3.2	Belagbildung und Schutzverfahren .....	723
K 3.2.1	Belagbildung.....	723
K 3.2.2	Schutz vor Belagbildung.....	724
K 3.3	Korrosion und Korrosionsschutz.....	725
K 3.3.1	Korrosion.....	725
K 3.3.2	Korrosionsschutz.....	726
K 3.4	Wasseraufbereitung, Konditionierung und wasserchemische Anforderungen für Dampferzeugungssysteme.....	727
Literatur	.....	734
L	Schall- und Schwingungsdämpfung in Heizanlagen .....	737
	EDELBERT SCHAFFERT	
L1	Einleitung .....	737
L2	Anforderungen.....	737
L2.1	Anforderungen in Gebäuden .....	738
L2.1.1	Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen .....	738
L2.1.2	Anforderungen an den Schwingungsschutz.....	739
L2.1.3	Schalldruckpegel in Zentralen von Wasserheizungen .....	740
L2.2	Anforderungen and ie einzuhaltenden Immissionen in der Nachbarschaft .....	742
L3	Geräusch- und Schwingungsquellen in Wasserheizungen und Möglichkeiten zu deren Minderung.....	743
L3.1	Brenner-Kessel-System .....	744
L3.1.1	Geräusche von Gebläsebrennern.....	745
L3.1.2	Anfahrgeräusche .....	745
L3.1.3	Verbrennungsgeräusche .....	746
L3.1.3.1	Abgasschalldämpfer .....	747
L3.1.4	Schwingungsisolierung .....	749
L3.1.5	Luftschalldämmung.....	751
L3.2	Umwälzpumpen.....	751
L3.2.1	Laufgeräusch .....	752
L3.2.2	Strömungsgeräusch .....	752
L3.2.3	Kavitation .....	753
L3.2.4	Körperschallanregung und -übertragung.....	753
L3.3	Thermostatventile und sonstige Armaturen.....	754
L3.3.1	Geräuschenstehung.....	755
L4.3	Verlegung von Rohrleitungen .....	756
L3.4.1	Körperschalldämmende Befestigungen.....	756
L3.4.2	Verlegung von Rohrleitungen in schwimmenden Estrichen.....	756





