

H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik

Vierzehnte verbesserte Auflage

Von

Dr.-Ing. Wilhelm Raib

o. Professor an der Technischen Universität Berlin
Direktor des Institutes für Heizung und Lüftung

Mit einem Abschnitt

Wärmephysiologische und hygienische Grundlagen

von

Dr.-Ing. F. Roedler

Wissenschaftlicher Rat und
Professor beim Bundesgesundheitsamt

Mit 547 Abbildungen, 43 Zahlen- und 2 Bildtafeln
sowie den Arbeitsblättern 1—15



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1960

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-662-23579-9 ISBN 978-3-662-25658-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-25658-9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus, ebensowenig Tafeln oder Tabellen zu vervielfältigen,
auch nicht auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie).

Copyright 1930, 1934, 1938, 1948 by Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1958 and 1960

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag 1960

Softcover reprint of the hardcover 14th edition 1960

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in
diesem Buche berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme,
daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als
frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Vorwort zur vierzehnten Auflage

In der neuzeitlichen Heiz- und Lüftungstechnik gewinnen physiologisch-hygienische Gesichtspunkte für die Wahl und Gestaltung der Anlagen immer mehr an Bedeutung. Es erschien mir daher notwendig, auf diese Fragen in der 14. Auflage ausführlicher als b'sher einzugehen und dem Leser einen geschlossenen Überblick über den derzeitigen Erkenntnisstand zu geben, obwohl manche der einschlägigen Forschungsergebnisse heute noch nicht unmittelbar für die Technik verwertbar sind. Prof. ROEDLER hat diese Aufgabe in der Nachfolge des verstorbenen Dr. BRADTKE übernommen.

Wesentlich ergänzt wurden die Unterlagen für die Berechnung Lüftungs- und klimatechnischer Anlagen. Im 10. Abschnitt wird auf die Strömungsvorgänge im freien Strahl eingegangen, deren Gesetze für die Berechnung der Zuluftdurchlässe wichtig sind. Eingehender als seither wird auch die Bestimmung der Heiz-, Kühl- und Luftleistungen von Klimaanlage behandelt.

Änderungen geringeren Umfangs findet man in fast allen Abschnitten. Der 5. Abschnitt ist teilweise neu gegliedert und auf die Lüftungstechnischen Grundforderungen der VDI-Lüftungsregeln 1959 abgestellt worden. Der Bestimmung der äußeren Wärmeübergangszahl an Heizrohren in Wassererwärmern dient ein zusätzliches Diagramm im Unterabschnitt „Wärmeaustauscher“. Einer Anregung von Prof. MISSENERD, St. Quentin, folgend, wird bei der Dimensionierung von Schwerkraftwarmwasserheizungen das Kriterium für das Wiederanspringen erkalteter Heizkörperstränge mit erörtert. Für diese und andere Anregungen aus dem Leserkreis möchte ich auch hier danken. Einige der vorgeschlagenen Ergänzungen mußten wegen der Kürze der Bearbeitungszeit bis zur nächsten Auflage zurückgestellt werden. Andere Vorschläge verkennen die Grenzen, die einem Lehrbuch bei der Behandlung technischer Neuerungen gesetzt sind. Der frühere langjährige Herausgeber dieses Buches, Prof. Dr. GRÖBER, schreibt hierzu im Vorwort zur 10. Auflage: „Es darf keine Neuerungen aufnehmen, die nicht ein Mindestmaß von Bewährung aufzuweisen haben, und es darf nicht Fragen entscheiden wollen, die heute noch im Kampf der Meinungen stehen. Die Erörterung solcher Fragen ist Sache der Zeitschriften.“

Vermerkt sei noch im Hinblick auf die Bestrebungen zur Einführung eines einheitlichen, international anerkannten Maßsystems, daß das „Technische Maßsystem“ vorerst beibehalten wurde. Als Maß für die Stoffmenge wird sonach ihr Gewicht angesehen. Das Kilogramm ist die Einheit der Kraft und zugleich die Einheit des Gewichtes. Die spezifischen Angaben beziehen sich dementsprechend auf 1 kg Gewicht.

Meinen Mitarbeitern Oberingenieur Dipl.-Ing. LENZ, Dipl.-Ing. NEHRING und Dipl.-Ing. USEMANN danke ich wiederum für ihre Unterstützung bei den Beispielrechnungen und beim Korrekturlesen.

Berlin, im Oktober 1959

W. Raiß

Aus dem Vorwort zur dreizehnten Auflage

Die Jahre seit dem Erscheinen der 12. Auflage dieses Lehrbuches haben mit ihrer umfangreichen Bautätigkeit der Heiz- und Lüftungstechnik große und zum Teil neuartige Aufgaben gestellt. In diese Zeitspanne fällt aber auch für Deutschland die Wiederaufnahme der lange unterbrochenen Verbindungen mit dem Ausland auf technischem und wissenschaftlichem Gebiet. Beide Umstände haben die Entwicklung des Fachgebietes bei uns stark beeinflusst, so daß schon vom Stoff her eine völlige Überarbeitung des Lehrbuches notwendig wurde.

Im 1. Teil des Buches galt es vor allem, den Fortschritten im Aufbau der Anlagen und in der konstruktiven Entwicklung ihrer Einzelteile Rechnung zu tragen. Die Flächenheizung mit ihren vielfältigen heiztechnischen und physiologischen Problemen wird eingehender als seither behandelt. Stark erweitert wurde auch der Abschnitt „Fernheizung“, zumal z. Z. eine Gesamtdarstellung dieses immer wichtiger werdenden Zweiges der öffentlichen Energieversorgung fehlt. Dabei wurde versucht, die Zusammenhänge zwischen Stromerzeugung und Heizwärme-lieferung dem Heizungsingenieur nahezubringen. In dem Abschnitt „Lüftungs- und Klimatechnik“ wird u. a. auf die Entwicklung zu Einzelgeräten und Sonderbauformen der zentralen Klimaanlage eingegangen.

Neu aufgenommen wurde ein Abschnitt „Wärmeübertragung“, der die physikalischen Grundlagen der stationären Wärmeströmung und die für die Praxis wichtigsten Formeln enthält. Zur Vereinfachung von Wärmeaustauschrechnungen sind zwei graphische Arbeitsblätter über den konvektiven und Strahlungswärmeübergang beigegeben.

Der Wärmebedarfsrechnung liegt die gerade fertiggestellte Neufassung der Norm 4701 zugrunde. In Abweichung von der früheren Rechnungsweise werden dabei die Lüftungsverluste getrennt ermittelt. Auch für Sonderfälle, wie kurzzeitigen Heizbetrieb, Hallen usw., werden vereinfachte Berechnungsverfahren angegeben. Die Tabellen der k -Werte sind ergänzt und an die Werte der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ angeglichen worden.

Neuere Messungen ermöglichten es, die Angaben über die k -Werte von Raumheizkörpern und deren Temperaturabhängigkeit zu vervollständigen. Für die Berechnung von Betonheizdecken wird ein Verfahren angegeben, das auf einer Näherungslösung für die zweidimensionale Wärmeströmung fußt. Die Lamellenheizdecke wird nach der Rippentheorie berechnet, wobei auch der Einfluß von Ausführungsgenauigkeiten sowie von Randzonen auf die Leistung berücksichtigt ist.

Bei der Rohrnetzrechnung verdient zunächst als wichtigste Neuerung die Überarbeitung der Tafeln für das Druckgefälle in Stahlrohrleitungen Erwähnung. Die Reibungsbeiwerte wurden an Hand neuerer Untersuchungen über die Rohrrauigkeit nach der COLEBROOKSschen Gleichung berechnet; die Zahlenwerte beziehen sich im Bereich der Gewinderohre jetzt auf die Lichtweiten der meist verwendeten Rohre nach DIN 2440. Einem häufig geäußerten Wunsch der Praxis folgend wurden für Warmwasserheizungen neben den 20°- auch 1°-Tabellen mit aufgenommen. Sie sind ebenso wie eine beigegebene Netztafel auch für Wassernetze mit höheren bzw. niedrigeren Temperaturen als 80° C verwendbar, bei größeren Anforderungen an die Genauigkeit unter Benutzung zusätzlicher Hilfsta-feln. Zur einfachen Berechnung von Hochdruckdampfleitungen wurden zwei besondere Arbeitsblätter entwickelt.

Das Berechnungsverfahren von Schwerkraftheizungen mit oberer Verteilung wurde dem derzeitigen Erkenntnisstand angepaßt. Für Stockwerksheizungen wird ein vereinfachter Rechnungsgang vorgeschlagen.

Berlin, im März 1958

W. Raiß

Inhaltsverzeichnis

Erster Teil

Einrichtungen zur Heizung und Lüftung

Erster Abschnitt. Einzelheizung		Seite
I. Öfen für feste Brennstoffe		1
A. Grundsätzliche Anforderungen		1
B. Kachelöfen		2
C. Eisenöfen		6
II. Der Schornstein		11
A. Der Schornsteinzug		11
B. Ausführung des Schornsteines		12
C. Lage des Schornsteines		14
III. Gasheizöfen		14
A. Abführung der Abgase und Strömungssicherung		14
B. Ofenbauarten		15
C. Anwendung		17
IV. Elektrische Raumheizung		19
Zweiter Abschnitt. Zentralheizung		
I. Allgemeines		21
II. Bauelemente der Warmwasser- und Dampfheizungen		21
A. Kessel der Heizungsanlagen		21
1. Gußeiserne Gliederkessel		21
2. Stahlheizkessel		28
3. Gaskessel und Ölfeuerungen		33
B. Heizkörper		43
1. Rohrheizkörper		43
2. Flachheizkörper		44
3. Gliederheizkörper		45
4. Konvektoren		49
C. Rohrleitungen und Zubehör		50
1. Rohre		50
2. Rohrverbindungen		51
3. Halterung, Lagerung, Ausdehnung		53
4. Absperr- und Regelorgane		57
5. Sondereinrichtungen für Dampfleitungen		61
6. Wärmeschutz		63
D. Pumpen und Apparate		66
1. Pumpen		66
2. Wärmeaustauscher		68
3. Schaltpläne und Strangzeichnungen, Sinnbilder		70
III. Warmwasserheizungen		72
A. Schwerkraftheizung		72
1. Aufbau und Rohrführung		72
2. Sicherheitseinrichtungen		74
3. Ausdehnungsgefäß		76
4. Strangabsperrung		77

	Seite
B. Stockwerksheizung	77
C. Pumpenheizung	78
1. Allgemeines	78
2. Ausführung	79
3. Anschluß von Pumpe und Ausdehnungsgefäß	79
D. Deckenheizung	82
1. Allgemeines	82
2. Der Vorgang der Raumerwärmung	82
3. Raumklima	83
4. Aufbau des Heizsystems	88
5. Ausführung der Heizdecke	90
6. Betriebsverhalten	95
7. Anwendungsbereich	97
E. Fußboden- und Wandheizung	98
F. Leistungsregelung und Betriebsverhalten der Warmwasserheizungen	101
IV. Niederdruckdampfheizungen	105
A. Das Verhalten des Dampfes im Heizkörper	106
B. Rohrführung	107
C. Dampferzeugung	109
D. Rückspeisung des Kondensates in die Kessel	113
E. Zentrale Regelung der Niederdruckdampfheizung	116
V. Heizzentralen	118
A. Kesselraum	118
B. Brennstofflagerraum	120
C. Schornsteinanlage	121
1. Ausführung	121
2. Schornsteinberechnung	121
3. Zugbegrenzer	126
D. Technische Ausgestaltung der Heizzentrale	127
VI. Sonderbauarten der Dampf- und Wasserheizung	135
A. Hochdruckdampfheizung	135
B. Unterdruckdampfheizung	135
C. Heißwasserheizung	137
VII. Luftheizung	138
A. Allgemeines	138
B. Feuerluftheizung	139
C. Dampf- und Wasser-Luftheizung	141
VIII. Gesichtspunkte zur Wahl des Wärmeträgers und der Heizungsart	145
Dritter Abschnitt. Zentrale Warmwasserbereitung	
I. Warmwasserbereitung mit Gebrauchswasserspeicherung	148
A. Aufbau einer einfachen Warmwasserversorgung	148
B. Warmwasserbereitung in Verbindung mit der Heizanlage	150
C. Ausführung	152
II. Warmwasserbereitung mit Heizwasserspeicherung	153
III. Heizflächen- und Speicherbemessung. Verbrauchswerte	154
A. Berechnungsunterlagen	154
B. Heizflächen der Kessel und Wärmeaustauscher	155
C. Verbrauch und Wirtschaftlichkeit	158
IV. Steinbildung und Korrosion	160
A. Steinbildung	160
B. Korrosion	160
C. Schutzmaßnahmen	161
Vierter Abschnitt. Fernheizung	
I. Allgemeines	162
A. Abgrenzung der Fernheizung	162
B. Beispiele von Fernheizungen	162

	Seite
II. Fernleitungen	163
A. Bauteile	163
B. Heizkanäle	166
C. Ermittlung der wirtschaftlichsten Rohrdurchmesser	170
III. Dampferzeugung und Speicherung	177
A. Dampferzeugung und Speicherung	177
B. Leitungsverlegung und Ausnützung der Kondensatwärme	180
C. Unterstationen und Verbraucheranschlüsse	181
IV. Heißwasserfernheizung	185
A. Heißwassererzeugung und Speicherung	185
B. Druckhaltung und Aufnahme der Wasserausdehnung	188
C. Unterstationen und Regelung der Wärmeabgabe	194
V. Warmwasserfernheizung	196
A. Wärmeerzeugung, Druckverteilung im Netz und Speicherung	197
B. Hausanschlüsse und Regelung der Wärmeabgabe	200
VI. Stadtheizung	202
A. Heiztechnische Grundlagen	203
B. Netzgestaltung und Ausführung	209
C. Messung und Begrenzung der Wärmeabnahme	212
D. Planungsfragen	215
E. Betrieb und Wirtschaftlichkeit	217
VII. Heizkraftanlagen	219
A. Grundlagen	219
B. Wärmeschaltbilder	223
C. Stromausbeute im Fernheizbetrieb	224
VIII. Wärmepumpe	231
A. Aufbau und Arbeitsweise	231
B. Die Leistungszahl der verlustlosen Maschine	232
C. Wirkliche Leistungszahlen	233

Fünfter Abschnitt. Lüftungs- und Klimatechnik

I. Allgemeines	235
A. Einteilung der Lüftungsverfahren	235
B. Lufterneuerung in Aufenthaltsräumen	235
1. Außenluftrate	235
2. Grundforderungen	236
C. Die zeitliche Änderung des Luftzustandes	237
D. Die erforderliche Zuluftmenge	238
1. Gewerbliche Räume	238
2. Aufenthaltsräume	240
3. Die Begriffe: Luftleistung und Luftwechselzahl	240
E. Die natürliche Druckverteilung im Innern von Gebäuden	241
II. Freie Lüftung	244
A. Selbstlüftung eines Raumes	244
B. Fensterlüftung	245
C. Schachtlüftung	246
III. Lüftungsanlagen	248
A. Allgemeines	248
B. Entnahme und Aufbereitung der Luft	250
C. Lüftungszentrale	253
D. Kanalanlage	257
E. Luftdurchlässe	259
F. Luftführung im Raum	261
G. Meß- und Regelgeräte	267
IV. Klimaanlageanlagen	267
A. Allgemeines	267
B. Raumklimatische Anforderungen	269

	Seite
C. Ausführung	271
D. Die Luftaufbereitung im i, z -Schaubild	275
E. Selbsttätige Regelung	277
F. Allgemeine Gesichtspunkte für die Planung	282

Zweiter Teil

Berechnung von Heiz- und Lüftungsanlagen

Formelzeichen und Dimensionen	283
---	-----

Sechster Abschnitt. Wärmephysiologische und hygienische Grundlagen

I. Einführung in die wärmephysiologische Betrachtungsweise	284
II. Die Temperaturregelung des menschlichen Körpers	285
III. Die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers	285
A. Wärmeübertragungsarten und -wege	285
B. Die Höhe der Wärmeabgabe	286
IV. Das Raumklima als Komplexgröße und seine Wirkung auf den Menschen	288
A. Die physikalischen Raumklimakomponenten	289
B. Die katathermetrische Messung der Luftgeschwindigkeit w und der Umschließflächentemperatur t_U	305
C. Zusammenwirken und Verflechtung der physikalischen Raumklimakomponenten	307
V. Die Verunreinigung der Raumluft und ihre Bekämpfung	309
A. Staubförmige Verunreinigungen	310
B. Gasförmige Verunreinigungen	311
C. Krankheitserreger	315

Siebenter Abschnitt. Meteorologisch-klimatische Grundlagen

I. Allgemeines	317
A. Wetter und Klima	317
B. Die für die Heizung und Lüftung wichtigen Wetter- und Klimaelemente	317
II. Die Temperatur der Außenluft	318
A. Lufttemperatur und Sonnenstrahlung	318
B. Ermittlung der Lufttemperatur	318
C. Der Tagesgang der Lufttemperatur	319
D. Der Jahresgang der Lufttemperatur und seine Abhängigkeit von den Klimafaktoren	320
E. Die Heizgradtage als heiztechnische Folgerung aus dem Jahresgang der Lufttemperatur	321
F. Geordnete Häufigkeitslinie der Lufttemperatur	322
G. Mittlere absolute Jahresextreme der Lufttemperatur	323
III. Die Feuchtigkeit der Außenluft	324
A. Die Ermittlung der Luftfeuchtigkeit	324
B. Täglicher und jährlicher Gang des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit	325
C. Berücksichtigung der Außenluftfeuchtigkeit bei Lüftungstechnischen Anlagen	326
IV. Der Wind	328
A. Windgeschwindigkeit und Windrichtung	328
B. Der tägliche und jährliche Gang der Windgeschwindigkeit	328
C. Häufigkeit der Windrichtungen in Deutschland	329
D. Die Bedeutung des Windes bei der Gebäudeheizung	330
V. Die Sonnenstrahlung	332
A. Allgemeines	332
B. Physikalische Feststellungen	333
VI. Physikalische Grundlagen für das Rechnen mit feuchter Luft	335
A. Das Daltonsche Gesetz	335
B. Die relative Feuchtigkeit φ	335

	Seite
C. Der Wassergehalt x	336
D. Wärmehalt feuchter Luft	337
E. Das i, x -Bild nach MOLLIER	337

Achter Abschnitt. Wärmeübertragung

I. Allgemeines	343
II. Wärmeleitung	344
A. Wärmeleitung im Beharrungszustand	344
B. Nichtstationäre Wärmeströmung	346
C. Wärmeleitzahl	347
III. Wärmeübergang	348
A. Die Wärmeübergangszahl	348
B. Gleichungen zur Ermittlung der Wärmeübergangszahl durch Konvektion (Arbeitsblatt 14)	350
C. Kondensation und Verdampfung	353
D. Beispiele zur Ermittlung der Wärmeübergangszahl	355
IV. Wärmedurchgang	357
A. Ermittlung der Wärmedurchgangszahl	357
B. Berechnung der mittleren Temperaturdifferenz und der Größe von Wärmeaustauschern	359
C. Berechnung der Ablauftemperaturen und der Leistung von Wärmeaustauschern bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen	363
V. Wärmeübertragung durch Strahlung	368
A. Grundgesetze	369
B. Strahlungswärmeaustausch	372
C. Die Ermittlung des „Winkelverhältnisses“ (Arbeitsblatt 15)	375

Neunter Abschnitt. Die wärmetechnische Berechnung von Heizungsanlagen

I. Der Wärmebedarf	380
A. Allgemeines	380
B. Der Transmissionswärmebedarf	381
C. Die Zuschläge	382
D. Der Lüftungswärmebedarf	384
E. Sonderfälle	389
II. Kesselheizflächen	391
III. Raumheizkörper	393
A. Die Wärmeabgabe von Raumheizkörpern	393
B. Die Berechnung der Heizflächen	394
C. Temperaturabhängigkeit der Heizkörperleistung	396
IV. Decken- und Fußbodenheizung	398
A. Allgemeines	398
B. Heizdecken mit einbetonierten Rohrschlangen (Crittall-Decke)	403
1. Das Rechenverfahren nach RYDBERG und HUBER	403
2. Anwendung des Rechenverfahrens	405
3. Die Randwärmeabgabe	408
4. Beispielrechnung	409
C. Lamellenheizdecken	415
1. Allgemeines	415
2. Die Berechnung der dünnen Rippe	415
3. Bestimmung der Wärmedurchgangszahl k	417
4. Lamellenheizdecken ohne Randzone	420
5. Zahlenbeispiel; verputzte Lamellendecke	421
D. Strahlplatten	423
V. Berechnung von Wärmeaustauschern	424
VI. Rohrisolierungen	431
A. Berechnung der Wärmeverluste	431
B. Ermittlung der Isolierdicke	434

Zehnter Abschnitt. Strömungsfragen

I. Die Gesetze für die Strömung in Leitungen	437
A. Die Strömung einer idealen Flüssigkeit	437
B. Die Strömung einer realen Flüssigkeit	438
II. Der Druckverlust in Leitungsnetzen	438
A. Druckgefälle in geraden Leitungen	438
B. Der Strömungszustand und der Rohrreibungsbeiwert λ	439
C. Einzelwiderstände	444
III. Strömungsvorgänge bei Strahlöffnungen	447
IV. Ventilatoren und Kreiselpumpen	451
A. Hauptgleichungen	451
B. Betriebsverhalten	452
C. Wahl des Ventilators	457
D. Wahl der Pumpe	459

Elfter Abschnitt. Berechnung von Rohrnetzen

I. Allgemeines	461
A. Grundsätzliches über die Rohrnetzaufgaben der Technik	461
B. Arbeitsblätter zur Vereinfachung der Berechnung	463
II. Berechnung von Fernleitungen	463
A. Warmwasserfernleitungen	463
B. Heißwasserfernleitungen	466
C. Dampferfernleitungen	468
III. Berechnung der Strangnetze von Warmwasserheizungen	474
A. Grundlagen	474
B. Zweirohrsystem ohne Wärmeverluste der Rohrleitung	474
C. Zweirohrsystem mit Berücksichtigung der Wärmeverluste der Rohrleitung	484
D. Stockwerksheizung	490
E. Einrohrsystem ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste	497
F. Einrohrsystem mit Berücksichtigung der Wärmeverluste	499
G. Pumpenheizung	502
IV. Berechnung der Strangnetze von Niederdruckdampfheizungen	508
A. Grundlagen	508
B. Durchführung der Rohrnetzrechnung	509
C. Beispielrechnung	511
V. Die Berechnung von Hochdruck- und Unterdruck-Dampfheizungen	512

Zwölfter Abschnitt. Betrieb von Heizanlagen

I. Begriffe zur Wärmebilanz	513
II. Der Heizwärmebedarf und seine Veränderlichkeit	515
A. Der Tagesgang des Heizwärmebedarfs	515
B. Der Wärmebedarf bei unterbrochenem Heizbetrieb	516
C. Die Belastungsdauerlinie	518
III. Wärmebedarf und Wärmeverbrauch	520
A. Wirklicher und berechneter Wärmebedarf	520
B. Der Jahreswärmebedarf	521
C. Der Jahresbrennstoffbedarf	524
IV. Heizbetrieb	526
A. Betriebskennlinie einer Warmwasserheizung	526
B. Brennstoffverbrauch und seine Überwachung	527
C. Bestimmung des Wirkungsgrades und der Leistung von Kesseln im praktischen Betrieb	529
D. Kennwerte des Heizbetriebes	531

Dreizehnter Abschnitt. Berechnung von Lüftungs- und Klimaanlage

I. Luftverteilungsleitungen	532
A. Das Druckgefälle in geraden Kanalstrecken	532
B. Einzelwiderstände	532
C. Die Arbeitsblätter 10, 11 und 12	533
D. Die Auslegung der Verteilungsleitungen	534
E. Beispielrechnung	534
II. Luftdurchlässe	536
A. Wanddurchlässe bei Strahlöffnungen	536
B. Lochdecken	540
C. Abluftdurchlässe	541
D. Beispielrechnungen	542
III. Heiz- und Kühlleistungen	544
A. Begriffe	544
B. Heizleistung	544
C. Kühlleistung	547
D. Wärmeeinströmung in einen gekühlten Raum	548
IV. Luftleistungen und Luftzustandswerte	553
A. Allgemeines zur Berechnung der Luftleistung	553
B. Wärme- und Feuchtebilanz	553
C. Beispielrechnungen	554
V. Berechnung einer Klimaanlage	558
A. Aufgabe	558
B. Berechnung der Kühllast	559
C. Luftleistungen und Zustandswerte im Sommerbetrieb	560
D. Kühlleistung und Kühlergröße	562
E. Heizleistung und Luftzustandswerte im Winterbetrieb	562
F. Bemessung von Einzelteilen	565

Dritter Teil

Zahlen- und Bildtafeln

Zahlentafeln

I. Stoffwerte und wärmetechnische Tabellen	566
A 1: Umrechnungsfaktoren	566
A 2: Vergleich der Temperaturgrade °C und °F	567
A 3: Stoffwerte für Gase, Dämpfe und Flüssigkeiten	567
A 4: Stoffwerte fester Körper	568
A 5: Zahlenwerte für Rechnungen mit feuchter Luft	569
A 6: Verdampfungswärme von Wasser	571
A 7: Feste Brennstoffe	572
A 8: Flüssige Brennstoffe	573
A 9: Gasförmige Brennstoffe	573
A 10: Emissionsverhältnis ϵ (Gesamtstrahlung) bzw. ϵ_n (Strahlung in Richtung der Flächennormalen) für verschiedene Stoffe	574
II. Wärmebedarfsrechnung	575
A 11: Heiztechnische Klimadaten	575
A 12: Temperaturen angrenzender unbeheizter Nebenräume und des Erdreiches	576
A 13: Raumtemperaturen	576
A 14: Zuschläge z_D und z_H	577
A 15a: Fugendurchlässigkeit a je m Fugenlänge	577
A 15b: Verhältnis Fugenlänge l zu Fenster- bzw. Türfläche F	577
A 16: Raumkenngröße R	578
A 17: Hauskenngröße H	578
A 18: k -Werte für Fenster und Türen	578
A 19: k -Werte für Wände	579
A 20: k -Werte von Dächern	583

	Seite
A 21: Wärmedurchgangswiderstände $1/k$ von Decken, Fußböden und Flachdächern (einschl. Terrassendecken)	583
A 22: Wärmeleitzahlen von Baustoffen	584
A 23: Wärmeleitzahlen von Isolierstoffen	585
A 24: Wärmeübergangszahlen α	586
A 25: Wärmedurchlaßwiderstände von Luftschichten	586
III. Berechnung von Heizflächen und Isolierungen	587
A 26: k -Wert und Wärmeleistung von Gliederheizkörpern	587
A 27: Wärmeabgabe von Rippenrohren	587
A 28: Wärmedurchgangszahl k_e für die ebene Wand bei 100° Temperaturunterschied	588
A 29: Durchmesserfaktor f_d	588
A 30: Wärmedurchgangszahl k_R für isolierte Heizleitungen in Gebäuden	589
IV. Rohrnetzberechnung	590
A 31: Maße, Gewicht und Inhalt von Stahlrohren	590
A 32: Vorschweißflansche ND 10, nach DIN 2632	590
A 33: Spezifisches Gewicht und spezifisches Volumen von Wasser bei 1,0 at	591
A 34: Spezifisches Gewicht und spezifisches Volumen von Wasser bei Satteldampfdruck	591
A 35: Änderung des spezifischen Gewichtes von Wasser mit der Temperatur	591
A 36: Umtriebsdruck bei Schwerkraftheizungen je m Höhenunterschied	591
A 37: Schwerkraftheizung mit oberer Verteilung, Rohrnetz	592
A 38: Schwerkraftheizung mit oberer Verteilung, Heizfläche	594
A 39: Anteil der Einzelwiderstände am Gesamtdruckverlust des Rohrnetzes	595
A 40: Rohrdurchmesser der Kondensatleitungen bei Niederdruckdampfheizungen	595
V. Allgemeines	596
A 41: Einwandige Warmwasserbereiter mit Halstutzen nach DIN 4802	596
A 42: Einwandige Warmwasserbereiter mit Deckel nach DIN 4803	596
A 43: Widerstandsbeiwerte ζ_{ges} für ein-, zwei- und dreischenklige Standrohre	596
Bildtafeln	
1: Zustandsgrößen von Wasserdampf	597
2: Häufigkeit der mittleren Tagestemperatur für einige europäische Orte	598
Regeln, Richtlinien, Normen	599
Namenverzeichnis	601
Sachverzeichnis	603

**In der Tasche am Schluß des Buches
befinden sich die folgenden Arbeitsblätter 1—15**

- 1: Warmwasserheizung (1°-Tafel), Druckgefälle $R = 0,05 \dots 5$ mm WS/m (Schwerkraftheizung)
- 2: Warmwasserheizung (1°-Tafel), Druckgefälle $R = 3,0 \dots 200$ mm WS/m (Pumpenheizung)
- 3: Warmwasserheizung (20°-Tafel), Druckgefälle $R = 0,05 \dots 5$ mm WS/m (Schwerkraftheizung)
- 4: Warmwasserheizung (20°-Tafel), Druckgefälle $R = 2,2 \dots 100$ mm WS/m (Pumpenheizung)
- 5: Einzelwiderstände für Wasser- und Dampfleitungen
- 6: Niederdruckdampfheizung
- 7: Druckverlust und Geschwindigkeit in Warmwasserleitungen
- 8: Druckverlust in Dampfleitungen
- 9: Geschwindigkeit in Dampfleitungen
- 10: Bestimmung der Kanalquerschnitte von Lüftungstechnischen Anlagen, lichte Rohrdurchmesser 50...500 mm \varnothing
- 11: Bestimmung der Kanalquerschnitte von Lüftungstechnischen Anlagen, lichte Rohrdurchmesser 500...2500 mm \varnothing
- 12: Gleichwertiger Durchmesser d_g und Querschnitte von rechteckigen Kanälen
- 13: i, x -Diagramm für feuchte Luft
- 14: Wärmeübergang bei Konvektion und Kondensation
- 15: Winkelverhältnis (Einstrahlzahl) beim Wärmeaustausch durch Strahlung