

## 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<br>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 |
| <br>   |     |
| 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 |
| <br>  |     |
| 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<br>(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<br>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       | Grundausführungen 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<br>und Trinkwassererwärmung..... 631<br>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<br>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<br>Trinkwasser sowie in Dampferzeugungs- und Wasserheizanlagen..... 703<br>LUDWIG HÖHENBERGER |
| K 1             | Systeme zur Erzeugung und Verteilung von erwärmtem Brauch-<br>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<br>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<br>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<br>Nachbarschaft .....                            | 742 |
| L3        | Geräusch- und Schwingungsquellen in Wasserheizungen<br>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 |









<http://www.springer.com/978-3-540-57180-3>

Raumklimatechnik

Band 3: Raumheiztechnik

Rietschel, H.; Fitzner, K. (Hrsg.)

2005, XVIII, 772 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-57180-3