2023 | 2024

RECKNAGEL SPRENGER ALBERS

Taschenbuch für HEIZUNG + KLIMA TECHNIK

81

Band 1 + 2

Produktinformationen zum Recknagel

Der *Recknagel*, das Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Trinkwasser- und Wärmetechnik sowie Energiekonzepte, erscheint in der 81. Auflage in folgenden Ausführungen:

– **Basis-Version**
  Die Basis-Version besteht aus der gedruckten zweibändigen Komplett-Ausgabe des Recknagel.

– **Premium-Version**
  Die Premium-Version beinhaltet den kompletten Recknagel sowohl in gedruckter als auch in digitaler Form. Die Premium-Version enthält zusätzlich den Download-Code für das E-Book-PDF, das auf www.recknagel-online.de heruntergeladen werden kann.

– **Digital-Versionen**
  Der Recknagel als E-Book-PDF (Einzellizenz oder unbegrenzte Mehrplatzlizenz) kann auf www.recknagel-online.de nach Eingabe des Download-Codes heruntergeladen werden.

Lizenz-Angebote für die Online-Version **Recknagel-Exklusiv** finden Sie unter https://www.recknagel-online.de/recknagel/recknagel-exklusiv.html.

REZENSIONSEXEMPLAR

Digitaler Zusatzcontent

Erstmals bietet DER RECKNAGEL ab der 81. Neuauflage den digitalen Zusatzcontent, der an zahlreichen Stellen im Buch weiterführende Inhalte für Sie bereithält.

Leser der gedruckten Buchausgabe können diesen Zusatzcontent bequem via QR-Code mit ihrem digitalen Device (Mobiltelefon, Tablets o. ä.) aufrufen und online lesen oder herunterladen.

Aus dem E-Book heraus erfolgt der Zugriff über einen Direktlink. Dieser digitale Zusatznutzen bietet Ihnen tiefergehende weiterführende Literatur in PDF-Form, Beispielberechnungen sowie Anwendungsvideos.

Als Zusatzcontent finden Sie

– **Fachbeiträge aus dem Langzeitarchiv der Zeitschrift GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis.**
  Diese sind oberhalb des QR-Codes mit dem GI-Logo gekennzeichnet. Kurze Stichworte zeigen Ihnen, worum es in dem Fachbeitrag geht.

– **Zusatzinfos unserer Fachbeiräte**
  Diese sind mit dem RECKNAGEL-Logo gekennzeichnet. Hierbei handelt es sich um Fachbeiträge aus Fremdmedien wie der Zeitschrift HLH, um Präsentationen oder Excel-Dateien.

– **Anwendungsinformationen aus der Industrie**
  Hier finden Sie jeweils über dem QR-Code das Logo des jeweiligen Unternehmens, das PDF-Broschüren oder Video-Anwendungen mit ergänzenden Informationen platziert hat. Auch hier zeigen kurze Stichworte, welche Inhalte Sie erwarten. Bei diesem Zusatzcontent handelt es sich um Anzeigen.

– **Leseproben aus der Recknagel-Edition**
  Unter diesen QR-Codes haben wir Ihnen Leseproben unserer Fachbücher

  - Energetische Inspektion in der Technischen Gebäudeausrüstung
  - Leitfaden für Lüftungs- und Klimaanlagen
  - Leitfaden für Kompressionswasserkühlsätze
  - Leitfaden für Wärmepumpenanlagen

  bereitgestellt. Neben Vorwort und Inhaltsverzeichnis gewinnen Sie einen Einblick in die einzelnen Kapitel und können entscheiden, ob Sie das Buch bestellen möchten. Immer auf der letzten Seite der Leseproben finden Sie einen Direktlink zu unserem Shop.

XLS-Direktdownloads

ACHTUNG: Da Excel-Dateien nicht im Browser dargestellt werden können, wird durch Klick auf diesen QR-Code die entsprechende Excel-Datei direkt heruntergeladen.

REZENSIONSEXEMPLAR

Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik

einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers
Hochschule Esslingen

81. Auflage

Mit über 2200 Abbildungen und über 500 Tafeln

Band 1

REZENSIONSEXEMPLAR

ITM InnoTech Medien GmbH

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen 1

1 GRUNDLAGEN 5

1.1 Meteorologische Grundlagen 5

1.1.1 Luft 5
1.1.1-1 Reine Luft 5
1.1.1-2 Verunreinigungen 6
1.1.1-2.1 Gase und Dämpfe 6
1.1.1-2.2 Staub 9
1.1.1-2.3 Keime 13
1.1.1-2.4 Kondensationskerne 14
1.1.1-3 Vermeidung von Verunreinigungen 15

1.1.2 Lufttemperatur 15
1.1.2-1 Mittelwerte der Temperatur 15
1.1.2-2 Extremwerte der Temperatur 19
1.1.2-3 Heizgradtage (Gradtagzahl G_t) 20
1.1.2-4 Lüftungsgradstunden G_L 23
1.1.2-5 Kühlgradstunden G_K 25

1.1.3 Luftfeuchte 26
1.1.3-1 Bezeichnungen 26
1.1.3-2 Mittlere Feuchte 26
1.1.3-3 Entfeuchtungs- und Befeuchtungsgrammstunden 27
1.1.3-4 Extremwerte der Feuchte 29
1.1.3-5 Temperatur und Feuchte 29
1.1.3-6 Feuchte-Gleichgewicht 46

1.1.4 Sonnenstrahlung 47
1.1.4-1 Solarkonstante 48
1.1.4-2 Linke'scher Trübungsfaktor T_L 49
1.1.4-3 Direkte Sonnenstrahlung auf beliebige Flächen 52
1.1.4-4 Diffuse Strahlung 53
1.1.4-5 Atmosphärische Wärmestrahlung 54
1.1.4-6 Gesamtstrahlung 57
1.1.4-7 Sonnenstrahlung und Fenster 60
1.1.4-8 Besonnung im Jahresablauf 61
1.1.4-9 Besonnung bei unterschiedlichen geographischen Breiten 62

1.1.5 Wind 64

1.2 Raumklimatische Grundlagen 68

1.2.1 Raumklimadefinition 68

1.2.2 Thermisches Raumklima 69
1.2.2-1 Thermisches Empfinden 70
1.2.2-2 Arbeitsstättenregel Raumtemperatur 74
1.2.2-3 Thermische Gesamtbehaglichkeit 76
1.2.2-3.1 Gebäude ohne maschinelle Kühlung 76
1.2.2-3.2 Maschinell geheizte oder gekühlte Gebäude 78
1.2.2-3.3 Erhöhte Luftgeschwindigkeit im Sommer 80
1.2.2-4 Lokale thermische Behaglichkeit 80

REZENSIONSEXEMPLAR

1.2.2-4.1 Zugluft ... 81
1.2.2-4.2 Vertikaler Temperaturgradient ... 84
1.2.2-4.3 Strahlungstemperaturasymmetrie ... 85
1.2.2-4.4 Kalte und warme Oberflächen ... 86
1.2.2-5 Messung des thermischen Raumklimas ... 87

1.2.3 Innenraumluftqualität ... 87
1.2.3-1 Innenraum ... 88
1.2.3-2 Innenraumluftqualität ... 88
1.2.3-3 Kohlendioxid (CO_2) als Bewertungsindikator ... 89
1.2.3-4 Flüchtige organische Verbindungen ... 90
1.2.3-5 Adaptation und Einfluss von Temperatur und Feuchte ... 93
1.2.3-6 Arbeitsstättenregel Lüftung ... 93
1.2.3-7 Erforderliche Luftvolumenströme ... 94
1.2.3-8 Prüfung und Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten ... 97
1.2.3-9 Messung und Beurteilung von VOC-Konzentrationen in Innenräumen ... 99
1.2.3-10 Natürliche Radioaktivität ... 103
1.2.3-11 Feinstaub ... 105

1.2.4 Akustik, Lärm ... 106

1.2.5 Licht und Blendung ... 107

1.2.6 Einflussnahme durch den Nutzer ... 107

1.2.7 Sick Building Syndrome (SBS) ... 108
1.2.7-1 Einleitung ... 108
1.2.7-2 Begriffsbestimmung ... 109
1.2.7-3 Beschwerdebild ... 110
1.2.7-4 Risikofaktoren ... 111
1.2.7-5 Zusammenspiel von Risikofaktoren ... 113
1.2.7-6 Meidung/Beseitigung/Minderung von Risikofaktoren ... 114

1.3 Wärmetechnische Grundlagen ... 120

1.3.1 System und Zustand ... 120
1.3.1-1 Einheiten ... 120
1.3.1-2 Masse und Stoffmenge ... 121
1.3.1-3 Thermische Zustandsgrößen ... 122
1.3.1-3.1 Temperatur ... 122
1.3.1-3.2 Druck ... 123
1.3.1-3.3 Spezifisches Volumen und Dichte ... 123
1.3.1-3.3.1 Dichte von Feststoffen und Flüssigkeiten ... 123
1.3.1-3.3.2 Dichte und spezifisches Volumen von Gasen ... 127
1.3.1-4 Energetische Zustandsgrößen ... 132
1.3.1-4.1 Energetische Zustandsgrößen für Feststoffe und inkompressible Flüssigkeiten ... 132
1.3.1-4.2 Energetische Zustandsgrößen von idealen Gasen und Gasgemischen ... 136
1.3.1-4.3 Energetische Zustandsgrößen von realen Gasen bzw. Dämpfen ... 137

1.3.2 Prozesse ... 144
1.3.2-1 Energiestrombilanzen ... 144
1.3.2-2 Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik ... 146
1.3.2-3 Einfache thermodynamische Prozesse ... 146
1.3.2-4 Thermodynamische Kreisprozesse ... 148

1.3.3 Ausdehnung durch Temperaturerhöhung ... 148
1.3.3-1 Längenausdehnung von festen Körpern ... 148
1.3.3-2 Raumausdehnung von Flüssigkeiten und Gasen ... 149

REZENSIONSEXEMPLAR

1.3.4	Feuchte Gase insbesondere feuchte Luft	150
1.3.4-1	Einführung	150
1.3.4-2	Absolute Feuchte	151
1.3.4-3	Relative Feuchte und Taupunkt	151
1.3.4-4	Spezifisches Volumen bzw. Dichte feuchter Gase	152
1.3.4-5	Spezifische Enthalpie feuchter Gase	153
1.3.4-6	*h,x*-Diagramm von Mollier	154
1.3.4-7	Zustandsänderungen feuchter Luft	155
1.3.4-7.1	Mischung	155
1.3.4-7.2	Erwärmung	155
1.3.4-7.3	Kühlung	155
1.3.4-7.4	Befeuchtung	156
1.3.4-7.5	Adiabate Befeuchtung	157
1.3.4-7.6	Entfeuchtung	158
1.3.5	Wärmeübertragung	158
1.3.5-1	Wärmeleitung	159
1.3.5-1.1	Ebene Wand	159
1.3.5-1.2	Zylinderwand	160
1.3.5-1.3	Wärmeleitfähigkeit	161
1.3.5-1.4	Kontakttemperatur	171
1.3.5-2	Konvektion	172
1.3.5-2.1	Erzwungene Flüssigkeits- oder Gasströmung im Rohr oder Kanal	174
1.3.5-2.1.1	Laminare Strömung im geraden Rohr oder Kanal (Re < 2320)	174
1.3.5-2.1.2	Turbulente Strömung im geraden Rohr oder Kanal (Re > 2320)	174
1.3.5-2.1.3	Turbulente Strömung von Flüssigkeiten und Gasen in Rohrwendeln	178
1.3.5-2.2	Erzwungene Flüssigkeits- oder Gasströmung um Platten und Rohre	179
1.3.5-2.2.1	Längsüberströmte Platten	179
1.3.5-2.2.2	Längsüberströmte Rohre	180
1.3.5-2.2.3	Querüberströmte Rohre und Rohrbündel	180
1.3.5-2.3	Wasser in Behältern und Kesseln	183
1.3.5-2.4	Freie Strömung an Platten und Rohren	183
1.3.5-2.4.1	Senkrechte Platten (Wände) und Rohre	183
1.3.5-2.4.2	Waagerechte Platten	185
1.3.5-2.4.3	Waagerechte Rohre	185
1.3.5-2.5	Überlagerung freier und erzwungener Konvektion	186
1.3.5-2.6	Verdampfung von Wasser in Behältern und Kesseln	187
1.3.5-2.7	Kondensation von Wasserdampf	188
1.3.5-2.8	Verdunstung und Stoffübergang von Wasser	189
1.3.5-3	Wärmestrahlung	190
1.3.5-3.1	Stefan-Boltzmann'sches Gesetz, Emissionsgrad	190
1.3.5-3.2	Kirchhoff'sches Gesetz, Absorptionsgrad	191
1.3.5-3.3	Lambert'sches Kosinusgesetz	192
1.3.5-3.4	Strahlungsaustausch	192
1.3.5-3.4.1	Körper mit Umhüllung	192
1.3.5-3.4.2	Zwei Flächen in beliebiger Lage	193
1.3.5-3.5	Gasstrahlung	193
1.3.5-3.6	Einstrahlzahl	193
1.3.5-3.7	Strahlungsaustausch zwischen den Oberflächen geschlossener Räume (Bruttomethode)	198
1.3.5-3.8	Wärmeübergangskoeffizient beim Strahlungswärmeaustausch	199
1.3.5-3.9	Strahlungstemperatur der Umgebung	200
1.3.5-4	Gesamtwärmeübergangskoeffizienten (Basiskennlinien) für thermisch aktive Raumumfassungen	201
1.3.5-5	Wärmedurchgang	202

LEZIERUNGSEXEMPLAR

1.3.5-5.1 Grundgleichungen ... 202
1.3.5-5.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 203
1.3.5-5.3 Mittlere Temperaturdifferenz ... 205
1.3.5-5.4 Wärmeübertrager ... 206
1.3.5-5.5 Wärmeabgabe von Rohren ... 208
1.3.5-6 Wasserdampfdiffusion ... 211

1.3.6 Wärmespeicherung ... 216
1.3.6-1 Einführung ... 216
1.3.6-1.1 Wärmespeicherung als sensible Wärme ... 216
1.3.6-1.2 Wärmespeicherung als latente Wärme ... 217
1.3.6-1.3 Wärmespeicherung mittels Sorption und chemischer Reaktion ... 218
1.3.6-2 PCM-Materialien ... 219
1.3.6-2.1 PCM-Verarbeitungs-, bzw. Einsatzformen in der TGA ... 219
1.3.6-2.2 Begriffe und Definitionen nach VDI 2164, bzw. RAL-GZ 896 ... 219
1.3.6-2.2.1 Latentwärmespeichermaterialien/Phasenwechselmaterialien (PCM) 219
1.3.6-2.2.2 Schmelztemperatur/Kristallisationstemperatur, Phasenübergangstemperatur/Phasenübergangstemperaturbereich ... 219
1.3.6-2.2.3 Phasenübergangswärme/Schmelzenthalpie/latente Wärme ... 220
1.3.6-2.2.4 Zyklen/Zyklenstabilität/Reproduzierbarkeit des Phasenübergangs 220
1.3.6-2.2.5 Passive und aktive Systeme (mit/ohne Hilfsenergie) ... 220
1.3.6-2.2.6 Einsatztemperaturbereich ... 221
1.3.6-2.2.7 Stillstandsverlust ... 221
1.3.6-2.2.8 Be- und Entladeleistung/-zeit ... 221
1.3.6-2.2.9 Unterkühlung ... 221

1.3.7 Brennstoffe ... 221
1.3.7-1 Feste Brennstoffe ... 221
1.3.7-2 Flüssige Brennstoffe ... 225
1.3.7-2.1 Einteilung ... 225
1.3.7-2.1.1 Mineralöle ... 225
1.3.7-2.1.2 Teeröle ... 226
1.3.7-2.1.3 Synthetische Öle ... 226
1.3.7-2.1.4 Sonstige flüssige Brennstoffe ... 226
1.3.7-2.2 Heizöle ... 226
1.3.7-2.2.1 Heizwert ... 226
1.3.7-2.2.2 Dichte ... 227
1.3.7-2.2.3 Viskosität ... 227
1.3.7-2.2.4 Verkokungsgrad ... 230
1.3.7-2.2.5 Flammpunkt ... 230
1.3.7-2.2.6 Brennpunkt ... 230
1.3.7-2.2.7 Stockpunkt, Pourpoint ... 230
1.3.7-2.2.8 Schwefel und Asche ... 230
1.3.7-2.2.9 Wasser und Sedimente ... 231
1.3.7-3 Gasförmige Brennstoffe ... 231
1.3.7-3.1 Allgemeines ... 231
1.3.7-3.2 Entgasung ... 233
1.3.7-3.3 Vergasung ... 233
1.3.7-3.4 Raffineriegase (Reichgase, Flüssiggase) ... 234
1.3.7-3.5 Erdgase ... 234
1.3.7-3.6 Spaltgase ... 237
1.3.7-4 Regenerative Brennstoffe ... 238
1.3.7-4.1 Holz ... 238
1.3.7-4.2 Pflanzenöle ... 240
1.3.7-4.3 Biogas ... 241
1.3.7-4.4 Wasserstoff aus der Elektrolyse – Power-to-Gas ... 241

1.3.8 Verbrennung ... 242
1.3.8-1 Allgemeines ... 242

REZENSIONSEXEMPLAR

1.3.8-2 Heizwert und Brennwert ... 242
1.3.8-3 Verbrennungsluftmenge und Abgase ... 247
1.3.8-3.1 Feste und flüssige Brennstoffe ... 247
1.3.8-3.2 Gasförmige Brennstoffe ... 248
1.3.8-3.3 Näherungswerte ... 249
1.3.8-3.4 Dichte der Abgase ... 253
1.3.8-3.5 Spezifische Wärmekapazität der Abgase ... 253
1.3.8-3.6 Wasserdampfgehalt und Taupunkt der Abgase ... 254
1.3.8-4 Verbrennungstemperatur ... 255
1.3.8-5 Abgasprüfung ... 257
1.3.8-5.1 Vollständige Verbrennung ... 257
1.3.8-5.2 Unvollständige Verbrennung ... 258
1.3.8-5.3 Verbrennungsdreiecke ... 259
1.3.8-6 Zündtemperatur und Zündgrenzen ... 260
1.3.8-7 Katalytische Verbrennung ... 264

1.4 Strömungstechnische Grundlagen ... 267

1.4.1 Einleitung ... 267

1.4.2 Eigenschaften der Fluide ... 267
1.4.2-1 Verformungsgesetze ... 268
1.4.2-2 Druckausbreitung ... 269
1.4.2-3 Kompressibilität ... 269
1.4.2-4 Haften an festen Wänden ... 270

1.4.3 Statik der Fluide ... 271
1.4.3-1 Druck in ruhenden Flüssigkeiten (Hydrostatik) ... 271
1.4.3-2 Druck in ruhenden Gasen (Aerostatik) ... 271
1.4.3-2.1 Isotherme Schichtung ... 271
1.4.3-2.2 Isentrope Schichtung ... 271

1.4.4 Grundgleichungen bewegter Fluide ... 272
1.4.4-1 Begriffe ... 272
1.4.4-2 Kontinuitätsgleichung ... 273
1.4.4-2.1 Stationäre Strömung ... 273
1.4.4-2.2 Instationäre kompressible Strömung ... 274
1.4.4-3 Eulergleichung ... 275
1.4.4-4 Bernoulligleichung ... 275
1.4.4-4.1 Stationäres Ausflussproblem ... 275
1.4.4-4.2 Instationäres Ausflussproblem ... 276
1.4.4-4.3 Bernoulligleichung mit Verlustglied ... 277
1.4.4-4.4 Bernoulligleichung mit Verlust und Energiezufuhr ... 278

1.4.5 Stationäre Rohrströmung mit Reibung ... 279
1.4.5-1 Ausgebildete Strömung in geraden Rohren ... 279
1.4.5-1.1 Strömungsformen ... 279
1.4.5-1.2 Laminare Strömung in kreiszylindrischen Rohren ... 279
1.4.5-1.3 Turbulente Strömung in kreiszylindrischen Rohren ... 280
1.4.5-1.4 Druckverlust, Rohrreibungsdiagramm ... 281
1.4.5-1.5 Rohrleitungen mit beliebigen Querschnittsformen ... 283
1.4.5-2 Durchströmteile ... 283
1.4.5-2.1 Rohreinlaufströmung ... 284
1.4.5-2.2 Krümmer ... 284
1.4.5-2.3 Verzweigungen ... 285
1.4.5-2.4 Drosselorgane ... 287
1.4.5-2.5 Düsen und Einläufe ... 287
1.4.5-2.6 Diffusoren ... 287
1.4.5-3 Rohrsysteme ... 291

PRÜFEXEMPLAR

1.4.6 Strömungstechnische Messungen in inkompressiblen Fluiden 295
1.4.6-1 Messprinzip 295
1.4.6-2 Gesamtdruckmessung 295
1.4.6-2.1 Stauscheibe 296
1.4.6-2.2 Pitotrohr 296
1.4.6-3 Messung des statischen Druckes 297
1.4.6-4 Staudruckmessung 298
1.4.6-5 Durchflussmengenmessung 300
1.4.6-6 Hitzdrahtmessung, Lasermessung 301

1.4.7 Impulssatz 303

1.4.8 Körperumströmung 305
1.4.8-1 Widerstandskraft 305
1.4.8-2 Dynamischer Auftrieb 307
1.4.8-3 Nachlauferscheinungen 308

1.4.9 Turbomaschinen 308

1.4.10 Netzkennlinien einfacher Anlagen mit Turbomaschinen 309
1.4.10-1 Pumpenanlage 310
1.4.10-2 Ventilatoranlage 311
1.4.10-3 Turbinenanlage 311

1.4.11 Aufbau und Wirkungsweise von Turbomaschinen 313
1.4.11-1 Einfache axiale Turbomaschine 313
1.4.11-2 Einfache radiale Turbomaschine 314

1.4.12 Strömungsmechanische Grundgleichungen der Turbomaschinen . 315
1.4.12-1 Kontinuitätsgleichung 315
1.4.12-2 Eulersche Gleichung der Turbomaschinen 316

1.4.13 Kennzahlen für Turbomaschinen und ihre Anwendung 317
1.4.13-1 Ähnlichkeitsbedingungen 317
1.4.13-2 Die für Turbomaschinen charakteristischen Kennzahlen 318
1.4.13-3 Anwendung der Ähnlichkeitskennzahlen 318
1.4.13-3.1 Modellberechnung 318
1.4.13-3.2 Rationalisierung der Versuchsarbeit 320
1.4.13-3.3 Klassifizierung der Bauarten 321
1.4.13-3.4 Allgemeingültige Darstellung von Erfahrungswerten 322

1.4.14 Betriebsverhalten von Turbomaschinen 325
1.4.14-1 Grundlegende Begriffe, Regeln und Hilfsmittel 325
1.4.14-2 Typische Kennfelder einiger Turbomaschinen 326
1.4.14-2.1 Kennfeld einer Kreiselpumpe 326
1.4.14-2.2 Kennfeld einer Wasserturbine 327
1.4.14-2.3 Kennfeld eines Ventilators 328
1.4.14-3 Instabile Betriebszustände 329
1.4.14-4 Kavitation 332
1.4.14-5 Kennlinien bei Reihen- und Parallelschaltung von Turbomaschinen 334

1.5 Schalltechnische Grundlagen 337

1.5.1 Allgemeine Bezeichnungen 337

1.5.2 Schallfeldgrößen 337

1.5.3 Schallpegel 339

1.5.4 Tonspektrum und Klangfarbe 340

1.5.5 Geräuschbewertung 341
1.5.5-1 Frequenzspektren 341

REZENSIONSEXEMPLAR

1.5.5-2 A-bewerteter Schallpegel ... 342
1.5.5-3 Grenzkurven ... 344

1.5.6 Schallausbreitung ... 345

1.5.7 Luftschalldämmung ... 347
1.5.7-1 Definition ... 347
1.5.7-2 Schalldämmmaß ... 347
1.5.7-3 Bewertetes Schalldämmmaß ... 348
1.5.7-4 Einschalige Wände und Decken ... 349
1.5.7-5 Mehrschalige Wände und Decken ... 350
1.5.7-6 Fenster und Türen ... 352
1.5.7-7 Zusammengesetzte Bauteile ... 352

1.5.8 Körperschalldämmung ... 353

1.5.9 Schallabsorption ... 354

1.5.10 Hörsamkeit in Räumen ... 355

1.6 Messtechnische Grundlagen ... 358

1.6.1 Allgemeines ... 358

1.6.2 Druckmessung ... 358
1.6.2-1 Allgemeines ... 358
1.6.2-2 U-Rohr-Manometer ... 359
1.6.2-3 Federmanometer ... 360
1.6.2-4 Elektrische Manometer ... 361

1.6.3 Temperaturmessung ... 361
1.6.3-1 Allgemeines ... 361
1.6.3-2 Ausdehnungs-Thermometer ... 362
1.6.3-3 Elektrische Widerstandsthermometer ... 364
1.6.3-4 Thermoelemente ... 365
1.6.3-5 Strahlungsthermometer (Infrarotthermometer, Pyrometer) ... 366
1.6.3-6 Infrarot-Thermographie ... 367
1.6.3-7 Globethermometer ... 368
1.6.3-8 Halbleiter-Temperatursensoren ... 368

1.6.4 Geschwindigkeitsmessung ... 368
1.6.4-1 Staugeräte ... 368
1.6.4-2 Thermische Anemometer, Hitzdraht-Anemometer ... 369
1.6.4-3 Flügelradanemometer ... 370
1.6.4-4 Optische Messverfahren zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit ... 370
1.6.4-5 Messung der Raumluftgeschwindigkeit ... 371

1.6.5 Mengen- und Durchflussmessung ... 372
1.6.5-1 Wägung und Ausmessung ... 372
1.6.5-2 Gaszähler ... 373
1.6.5-3 Verdrängungszähler ... 373
1.6.5-4 Flügelradzähler ... 374
1.6.5-5 Schwebekörper-Durchflussmesser ... 375
1.6.5-6 Drosselgeräte ... 375
1.6.5-7 Ultraschallverfahren ... 376
1.6.5-8 Induktionsverfahren ... 376
1.6.5-9 Volumenstrommessung in Kanälen ... 377
1.6.5-9.1 Netzmessung ... 377
1.6.5-9.2 Einlaufdüse ... 378
1.6.5-9.3 Blenden und Düsen ... 378
1.6.5-9.4 Staukörper ... 378

PRÜFEXEMPLAR

1.6.5-10 Volumenstrommessung an Luftdurchlässen ... 378
1.6.5-10.1 Netzmessung ... 378
1.6.5-10.2 Messtrichter-Verfahren ... 378
1.6.5-10.3 Druckmessmethode ... 379
1.6.5-10.4 Nullmethode ... 379

1.6.6 Wärmemengenmessung ... 379
1.6.6-1 Heizkostenverordnung ... 380
1.6.6-2 Wärmemengenmessung in Wassersystemen ... 383
1.6.6-2.1 Direkte Messung – Wärmezähler ... 383
1.6.6-2.1.1 Grundlagen ... 383
1.6.6-2.1.2 Fehlergrenzen ... 385
1.6.6-2.1.3 Gesetzliches Messwesen und Eichpflicht ... 386
1.6.6-2.1.4 Einbau und Betrieb ... 386
1.6.6-2.2 Indirekte Messung – Heizkostenverteiler ... 388
1.6.6-2.2.1 Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip ... 389
1.6.6-2.2.2 Heizkostenverteiler mit elektrischer Hilfsenergie ... 390
1.6.6-2.3 Indirekte Messung – Energiebewertende Mengenmessung ... 392
1.6.6-3 Wärmemengenmessung in Luftsystemen ... 393
1.6.6-3.1 Messmethode des Luftenergiezählers ... 393
1.6.6-3.2 Anwendungen der Luftenergiezähler ... 395
1.6.6-3.2.1 Verbrauchsgerechte Lüftungskostenabrechnung ... 395
1.6.6-3.2.2 Monitoring der Luftlieferung ... 398
1.6.6-3.2.3 Energiemonitoring / energetische Analysen ... 398
1.6.6-3.2.4 Effizienzsteigerung RLT-Zentraleinheit ... 398
1.6.6-3.2.5 Luft-Contracting ... 399

1.6.7 Füllstandsmessung ... 400
1.6.7-1 Schauglasmethode ... 400
1.6.7-2 Peilstabmethode ... 400
1.6.7-3 Schwimmermethode ... 400
1.6.7-4 Verdrängermethode ... 400
1.6.7-5 Einperlrohrmethode ... 401
1.6.7-6 Hydrostatische Druckmethode ... 401
1.6.7-7 Wägemethode ... 401
1.6.7-8 Leitfähigkeitsmessmethode ... 402
1.6.7-9 Kapazitive Messmethode ... 402
1.6.7-10 Strahlungsdämpfungsmethode ... 402
1.6.7-11 Reflexionsmessmethode ... 403

1.6.8 Abgasprüfung ... 403

1.6.9 Feuchtemessung ... 406
1.6.9-1 Absorptionsverfahren ... 406
1.6.9-2 Taupunktmethode ... 406
1.6.9-3 Haarhygrometer ... 406
1.6.9-4 Psychrometer ... 407
1.6.9-5 Lithiumchlorid-Feuchtemesser ... 408
1.6.9-6 Leitfilmhygrometer ... 409
1.6.9-7 Kapazitätshygrometer ... 409
1.6.9-8 Enthalpie-Fühler ... 409

1.6.10 Sonstige Messgeräte ... 410
1.6.10-1 Kalorimeter ... 410
1.6.10-2 pH-Wert-Messung ... 410
1.6.10-3 Rußmessung ... 411
1.6.10-4 Schallpegelmesser ... 411
1.6.10-5 Staubmessung ... 412
1.6.10-5.1 Klassifikation von Staubpartikeln ... 413

REZENSIONSEXEMPLAR

1.6.10-5.2 Überwachung ... 413
1.6.10-5.3 Immissionsgrenzwerte ... 414
1.6.10-5.4 Emissionsgrenzwerte für genehmigungsbedürftige Anlagen ... 415
1.6.10-5.5 Emissionsgrenzwerte für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen ... 415
1.6.10-5.6 Staubemissionen im Anwendungsbereich der 44. BImSchV ... 417
1.6.10-5.7 Zulassungsverfahren für Staubmessgeräte ... 417
1.6.10-5.8 Staubmessung mit dem Standardreferenzverfahren nach VDI 2066 ... 418
1.6.10-5.9 Mobile Online-Staubmessverfahren für die 1. BImSchV ... 421
1.6.10-6 Gasanalysengeräte ... 429
1.6.10-7 Messung der Radioaktivität der Luft ... 431
1.6.10-8 Messung der Leitfähigkeit ... 431
1.6.10-9 Messung des Außenluftwechsels und der Lüftungseffektivität ... 432
1.6.10-10 Kombinierte Messgeräte ... 433

1.7 Regelungstechnische Grundlagen ... 435

1.7.1 Grundbegriffe ... 435
1.7.1-1 Steuerung ... 435
1.7.1-2 Regelung ... 436

1.7.2 Regelstrecken ... 438
1.7.2-1 Statisches Verhalten von Regelstrecken (Kennlinien) ... 438
1.7.2-2 Dynamisches Verhalten von Regelstrecken (Übergangsverhalten) ... 439
1.7.2-2.1 Regelstrecken mit Ausgleich ... 440
1.7.2-2.1.1 Verzögerungsglied nullter Ordnung (P-Regelstrecke) ... 440
1.7.2-2.1.2 Verzögerungsglied erster Ordnung (PT1-Regelstrecke) ... 441
1.7.2-2.1.3 Verzögerungsglied zweiter und höherer Ordnung (PT_2- oder PT_n-Regelstrecken) ... 443
1.7.2-2.1.4 Kennwertermittlung von Regelstrecken ... 443
1.7.2-2.1.5 Schwierigkeitsgrad und Regelbarkeit von Regelstrecken ... 445
1.7.2-2.2 Regelstrecken ohne Ausgleich ... 446

1.7.3 Regeleinrichtungen ... 446
1.7.3-1 Klassifikation von Regelgeräten ... 447
1.7.3-1.1 Regler ohne Hilfsenergie ... 447
1.7.3-1.2 Regler mit Hilfsenergie ... 448
1.7.3-2 Regelgüte von Regelkreisen ... 448
1.7.3-3 Analoge Regelsysteme ... 449
1.7.3-3.1 Unstetige Regler ... 450
1.7.3-3.1.1 Zweipunktregler ... 450
1.7.3-3.1.2 Dreipunktregler ... 452
1.7.3-3.2 Stetige Regler ... 453
1.7.3-3.2.1 Proportionale Regler (P-Regler) ... 454
1.7.3-3.2.2 Integrierende Regler (I- und PI-Regler) ... 458
1.7.3-3.2.3 Differenzierende Regler (D-Regler) ... 459
1.7.3-3.2.4 PID-Regler ... 459
1.7.3-3.3 Quasi-stetige Regler ... 460

1.7.4 Digitale Regelsysteme ... 461
1.7.4-1 Aufbau einer digitalen Regelung ... 462
1.7.4-2 Digitale Regler ... 465
1.7.4-3 Zusatzfunktionen digitaler Regler ... 465
1.7.4-4 Praktische Umsetzung des PID-Regelalgorithmus ... 466

1.7.5 Reglerauswahl ... 468

1.7.6 Reglereinstellung ... 468
1.7.6-1 Reglereinstellung durch Probieren ... 468
1.7.6-2 Reglereinstellung nach Einstellregeln ... 469
1.7.6-2.1 Einstellregeln nach Ziegler und Nichols ... 469

EXEMPLAR

1.7.6-2.1.1 Einstellung nach der Schwingungsmethode ... 469
1.7.6-2.1.2 Einstellung nach der Sprungantwort ... 470
1.7.6-2.2 Einstellregeln nach Chien, Hrones und Reswick ... 470
1.7.6-3 Parameteroptimierung ... 471

1.7.7 Adaptive Regelung ... 471

1.7.8 Fuzzy-Regelung ... 472

1.8 Aktorik ... 475

1.8.1 Grundlagen ... 475

1.8.2 Begriffe ... 475

1.8.3 Stellantriebe und Stellglieder ... 476

1.8.4 Auslegung von Stellventilen ... 477

1.8.5 Auslegung von Stellklappen ... 486

1.8.6 Stelleinrichtungen mit Hilfsenergie ... 488
1.8.6-1 Elektrische Stelleinrichtungen ... 488
1.8.6-2 Elektromagnetische Stelleinrichtungen ... 489
1.8.6-3 Elektrothermische Stelleinrichtungen ... 490
1.8.6-4 Pneumatische Stelleinrichtungen ... 490
1.8.6-5 Intelligente Stelleinrichtungen ... 493

1.8.7 Stelleinrichtungen mit integriertem Regler ohne Hilfsenergie ... 493
1.8.7-1 Thermische Regler (Ausdehnungsregler) ... 493
1.8.7-1.1 Regelventile an Umformern ... 493
1.8.7-1.2 Rücklauftemperaturregler ... 495
1.8.7-2 Hydraulische Regler ... 496
1.8.7-2.1 Wirkungsweise ... 496
1.8.7-2.2 Druckregler ... 497
1.8.7-2.3 Überströmventile ... 498
1.8.7-2.4 Druckminderventile ... 498
1.8.7-2.5 Differenzdruckregler ... 498

1.8.8 Stelleinrichtungen mit integriertem Regler mit Hilfsenergie ... 499

1.9 Energiewirtschaftliche Grundlagen ... 500

1.9.1 Definitionen ... 500

1.9.2 Primärenergieträger ... 501
1.9.2-1 Endliche Energieträger ... 501
1.9.2-1.1 Kohle ... 501
1.9.2-1.2 Rohöl ... 501
1.9.2-1.3 Erdgas ... 501
1.9.2-1.4 Uran ... 502
1.9.2-2 Erneuerbare Energien ... 502
1.9.2-2.1 Solarenergie ... 502
1.9.2-2.2 Wasserkraft ... 503
1.9.2-2.3 Windkraft ... 503
1.9.2-2.4 Erdwärme ... 503
1.9.2-2.5 Biomasse ... 504

1.9.3 Energieumwandlung ... 504
1.9.3-1 Kraftwerk ... 504
1.9.3-2 Heizwerk ... 505
1.9.3-3 Heizkraftwerk ... 505
1.9.3-4 Kernkraftwerk ... 505
1.9.3-5 Photovoltaikanlage ... 505

REZENSIONSEXEMPLAR

1.9.3-6 Konzentrierende Solarkraftwerke ... 505
1.9.3-7 Wasserkraftwerk ... 506
1.9.3-8 Windkraftanlagen ... 506
1.9.3-9 Geothermische Kraftwerke ... 507
1.9.3-10 Biomassekraftwerke ... 507

1.9.4 Energieverbrauch ... 508

1.9.5 Contracting ... 510

1.10 Grundlagen des Umweltschutzes, insbesondere der Luftreinhaltung ... 511

1.10.1 Definition und Überblick ... 511

1.10.2 Emissionen ... 511

1.10.3 Einwirkung von Emissionen ... 512

1.10.4 Maßnahmen zur Begrenzung von Schadstoffemissionen im Energiesektor ... 514
1.10.4-1 Brennstoffseitige Maßnahmen ... 516
1.10.4-2 Feuerungstechnische Maßnahmen ... 516
1.10.4-3 Abgasbehandlung ... 518
1.10.4-4 Einsatz von regenerativen Energien ... 520

1.10.5 Rechtsgrundlagen ... 521
1.10.5-1 Bundes-Immissionsschutzgesetz ... 521
1.10.5-2 Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen ... 521
1.10.5-3 Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen ... 522
1.10.5-4 Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen ... 523
1.10.5-5 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft – (Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz) ... 523
1.10.5-6 Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotorenanlagen ... 525
1.10.5-7 Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung ... 528
1.10.5-8 Smog-Verordnung ... 528
1.10.5-9 Gesetze zur Nutzung Erneuerbarer Energien ... 528
1.10.5-10 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung ... 528

1.11 Grundlagen des Korrosions- und des Steinschutzes ... 529

1.11.1 Grundlagen der Korrosion ... 529
1.11.1-1 Begriffe ... 529
1.11.1-2 Elektrochemische Grundlagen ... 530
1.11.1-3 Wasserbeschaffenheit ... 532

1.11.2 Korrosion in Warmwasserheizungen ... 533
1.11.2-1 Wanddurchbruch bei Eisenwerkstoffen ... 533
1.11.2-2 Gasbildung ... 536
1.11.2-3 Schlammbildung ... 538
1.11.2-4 Eisenoxid-Beläge ... 539
1.11.2-5 Korrosion von Kupfer-Werkstoffen ... 539
1.11.2-6 Korrosion von Aluminium-Werkstoffen ... 540
1.11.2-7 Korrosion von feuerverzinktem Stahl ... 541
1.11.2-8 Korrosion von nichtrostenden Stählen ... 541
1.11.2-9 Bimetallkorrosion, Mischinstallation ... 541
1.11.2-10 Korrosionsschutz bei Planung und Inbetriebnahme ... 542

REZENSIONSEXEMPLAR

1.11.2-11 Korrosionsschutz durch Vermeidung von Unterdruck ... 544
1.11.2-12 Korrosionsschutz durch Wasserbehandlung ... 546
1.11.2-13 Frostschutzmittel ... 547

1.11.3 Korrosion in Niederdruck-Dampfanlagen ... 548
1.11.3-1 Korrosionsschäden ... 548
1.11.3-2 Korrosionsschutz ... 549
1.11.3-3 Anforderungen an die Beschaffenheit des Speisewassers ... 550
1.11.3-4 Betriebsweise ... 552

1.11.4 Korrosion in Wassererwärmern ... 553
1.11.4-1 Wassererwärmer aus emailliertem Stahl ... 553
1.11.4-2 Wassererwärmer aus kunststoffbeschichtetem Stahl ... 554
1.11.4-3 Wassererwärmer aus nichtrostendem Stahl ... 555
1.11.4-4 Kathodischer Schutz ... 556

1.11.5 Abgasseitige Korrosion ... 556
1.11.5-1 Korrosionsursachen ... 556
1.11.5-2 Korrosionsschäden ... 557
1.11.5-3 Korrosionsschutz ... 558

1.11.6 Steinbildung ... 560
1.11.6-1 Steinbildung in Wassererwärmungsanlagen ... 561
1.11.6-2 Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen ... 562
1.11.6-3 Maßnahmen gegen Steinbildung ... 562

1.12 Planerische Grundlagen ... 566

1.12.1 Grundlagen der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung ... 566

1.12.2 Planungsablauf ... 567
1.12.2-1 Allgemeines ... 567
1.12.2-2 Varianten des Planungsablaufes ... 570
1.12.2-2.1 Hierarchische Planung ... 572
1.12.2-2.2 Integrale Planung ... 574
1.12.2-2.3 BIM ... 574
1.12.2-3 Honorarordnung (HOAI) ... 576
1.12.2-4 Kosten ... 578
1.12.2-4.1 DIN 276 ... 578
1.12.2-4.2 Investitionskosten ... 578
1.12.2-4.2.1 Allgemeines ... 578
1.12.2-4.2.2 Heizung ... 579
1.12.2-4.2.3 RLT- und Kälteanlagen ... 580
1.12.2-5 Monitoring ... 582
1.12.2-5.1 Allgemeines ... 582
1.12.2-5.2 Verfahrensbetrachtungen ... 583
1.12.2-5.3 Schlussfolgerungen ... 586

1.12.3 Technisches Gebäudemanagement ... 587
1.12.3-1 Allgemeines ... 587
1.12.3-2 Relevante Vorschriften, Normen und Richtlinien ... 588
1.12.3-3 Definitionen Instandhaltung ... 589

1.12.4 Simulation ... 590
1.12.4-1 Simulation als planerisches Hilfsmittel ... 590
1.12.4-2 Gebäude- und Anlagensimulation ... 591
1.12.4-2.1 Systemtheoretische Grundlagen ... 591
1.12.4-2.2 Software ... 592
1.12.4-2.3 Einbindung in den Planungsprozess ... 593
1.12.4-2.4 Typische Fragestellungen ... 594
1.12.4-2.5 Parameter und Randbedingungen ... 597

REZENSIONSEXEMPLAR

1.12.4-2.6 Ergebnisdarstellung ... 599
1.12.4-3 Strömungssimulation ... 600
1.12.4-3.1 Einbindung in den Planungsprozess ... 600
1.12.4-3.2 Typische Fragestellungen ... 601

1.12.5 Betriebsoptimierung ... 602
1.12.5-1 Allgemeines ... 602
1.12.5-2 Soll-Ist-Vergleich ... 605
1.12.5-2.1 Auslegungsdaten ... 606
1.12.5-2.2 Betriebsdaten ... 606
1.12.5-2.3 Gesetzliche Vorgaben ... 606
1.12.5-3 Energetische Inspektion ... 607

1.12.6 Hygiene-Anforderungen in der TGA ... 608
1.12.6-1 Raumluftqualität und Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte nach VDI 6022 ... 608
1.12.6-2 Hygiene in Trinkwasserinstallation nach VDI/DVGW 6023 Blatt 1 (04-2013) und die diesbezügliche Gefährdungsanalyse nach VDI/BTGA/ZVSHK 6023 Blatt 2 (01-2018) ... 612
1.12.6-3 Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen nach VDI 2047 Blatt 2 (01-2019), Blatt 3 (04-2018) und VDI-MT 2047 Blatt 4 (01-2019) ... 613

1.13 Bauphysikalische Grundlagen zum baulichen Wärmeschutz ... 615

1.13.1 Winterlicher Wärmeschutz ... 615
1.13.1-1 Allgemeines ... 615
1.13.1-2 Wärmetransport / Wärmetechnische Kenngrößen für Bauteile ... 615
1.13.1-2.1 Wärmeübergangswiderstand ... 615
1.13.1-2.2 Wärmedurchlasswiderstand ... 616
1.13.1-2.2.1 Wärmedurchlasswiderstand für homogene Bauteilschichten ... 616
1.13.1-2.2.2 Wärmedurchlasswiderstand für Luftschichten ... 616
1.13.1-2.3 Wärmedurchgangswiderstand ... 617
1.13.1-2.4 Wärmedurchgangskoeffizient ... 617
1.13.1-3 Wärmeschutztechnische Vorschriften – DIN 4108 ... 618
1.13.1-4 Wärmebrücken ... 620
1.13.1-4.1 Begriffsbestimmung ... 620
1.13.1-4.2 Raumseitige Oberflächentemperaturen ... 620
1.13.1-4.3 Wärmeverluste ... 621
1.13.1-5 Wärmespeicherung ... 621
1.13.1-6 Lüftung ... 622
1.13.1-6.1 Infiltration/Luftdichtheit ... 622
1.13.1-6.2 Fensterlüftung ... 622
1.13.1-6.2.1 Einseitige Fensterlüftung ... 623
1.13.1-6.2.2 Querlüftung ... 624

1.13.2 Sommerlicher Wärmeschutz ... 625
1.13.2-1 Beurteilungsgrößen ... 625
1.13.2-2 Einflussparameter ... 625
1.13.2-3 Planungsgröße ... 626

1.14 Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2020 ... 627

1.14.1 Das GEG für Wohngebäude ... 629
1.14.1-1 Einführung ... 629
1.14.1-2 Begriffe ... 629
1.14.1-2.1 Heizwärmebedarf (auch: Nutzenergiebedarf für Heizen nach DIN V 18599) ... 629

PRÜFUNGSEXEMPLAR

1.14.1-2.2 Heizenergiebedarf (auch: Endenergiebedarf für das Heizsystem) .. 630
1.14.1-2.3 Warmwasserbedarf ... 630
1.14.1-2.4 Endenergiebedarf ... 630
1.14.1-2.5 Primärenergiebedarf ... 630
1.14.1-3 Haupt-Anforderungsgröße Primärenergiebedarf ... 630
1.14.1-4 Übersicht über Anforderungen ... 631
1.14.1-4.1 Neu zu errichtende Wohngebäude ... 631
1.14.1-4.2 Wohngebäude- und Anlagenbestand ... 631
1.14.1-4.3 Anlagentechnik ... 632
1.14.1-5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren ... 632
1.14.1-6 Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung ... 633

1.14.2 Anforderungen für Wohngebäude ... 634
1.14.2-1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust ... 634
1.14.2-2 Sommerlicher Wärmeschutz ... 635
1.14.2-3 Gebäudebestand ... 636
1.14.2-4 Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen und Wärmeverteilung, Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien 637
1.14.2-5 Raumluftkühlung ... 638
1.14.2-6 Energieausweise ... 638
1.14.2-7 Umsetzung des GEG ... 639

1.14.3 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen 639
1.14.3-1 Bauliche Randbedingungen ... 639
1.14.3-2 Anlagentechnische Randbedingungen ... 643
1.14.3-3 Varianten ... 643
1.14.3-4 Ergebnisse ... 643

1.14.4 Planungs- und Ausführungsempfehlungen ... 644
1.14.4-1 Einbeziehung baulicher und anlagentechnischer Randbedingungen im früheren Planungsstadium ... 644
1.14.4-2 Wärmebrücken ... 644
1.14.4-3 Luftdichtheit ... 644
1.14.4-4 Anlagentechnik ... 645
1.14.4-5 Nachweisverfahren ... 646

1.14.5 Einflussgrößen auf den Primärenergiebedarf von Wohngebäuden . 647
1.14.5-1 Bauliche Einflüsse ... 647
1.14.5-2 Anlagentechnische Einflüsse ... 648
1.14.5-3 Nutzungsbedingte Einflüsse ... 648

1.14.6 Das GEG für Nichtwohngebäude ... 649
1.14.6-1 Anforderungen ... 649
1.14.6-2 Berechnungsverfahren ... 650
1.14.6-3 Beispiele ... 651
1.14.6-4 Vereinfachtes Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude ... 652

1.15 Elektrische Energietechnik ... 653

1.15.1 Einführung in die Drehstromtechnik ... 654
1.15.1-1 Begriffsdefinitionen ... 655
1.15.1-2 Aufbau des Niederspannungsnetzes ... 656
1.15.1-3 Leistungsberechnung ... 657

1.15.2 Elektrosicherheit ... 660
1.15.2-1 Wirkung von Körperströmen ... 660
1.15.2-2 Personenschutz gegen gefährliche Körperströme ... 662

REZENSIONSEXEMPLAR

1.15.2-2.1 Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Basisschutz) ... 662
1.15.2-2.2 Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren oder Fehlerschutz) ... 662
1.15.2-2.2.1 TN-System ... 663
1.15.2-2.2.2 TT-System ... 666
1.15.2-2.2.3 IT-System ... 667
1.15.2-2.2.4 Zulässige Schutzeinrichtungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen ... 667
1.15.2-3 Sachwertschutz gegen Überströme ... 667
1.15.2-3.1 Schutz gegen Überströme ... 667
1.15.2-4 Schutzeinrichtungen ... 669

1.15.3 Anschluss von Erzeugeranlagen an das Niederspannungsnetz ... 672
1.15.3-1 Funktionsweise von Wechselrichtern ... 672
1.15.3-2 Wirkleistungsabgabe bei Überfrequenz ... 673
1.15.3-3 Statische Netzstützung ... 674
1.15.3-4 Dynamische Netzstützung ... 676
1.15.3-5 Entkupplungsschutz ... 677

1.16 Grundlagen der Kommunikation ... 679

1.16.1 Darstellung von Information in technischen Systemen ... 679
1.16.1-1 Kommunikation ... 679
1.16.1-2 Digitalisierung der Information ... 679

1.16.2 Kommunikation in technischen Systemen ... 680
1.16.2-1 Datenverkehr und Datenbus ... 681
1.16.2-2 Übertragungsmedien ... 682
1.16.2-2.1 Leitungsgebundene Übertragung ... 682
1.16.2-3 Datenkodierung ... 683
1.16.2-4 Übertragungsrichtung ... 683
1.16.2-5 Übertragungsart ... 684
1.16.2-6 Übertragungssteuerung ... 685
1.16.2-7 Elektrische Anpassung ... 685

1.16.3 Bus-Systeme ... 685

1.16.4 Feldbus-Systeme ... 686
1.16.4-1 Feldbus, drahtgebunden ... 686
1.16.4-1.1 BACnet MSTP ... 686
1.16.4-1.2 CAN ... 686
1.16.4-1.3 DALI ... 687
1.16.4-1.4 EIB KNX ... 687
1.16.4-1.5 eBUS ... 688
1.16.4-1.6 EEBUS ... 688
1.16.4-1.7 LON ... 689
1.16.4-1.8 LIN ... 690
1.16.4-1.9 LCN ... 690
1.16.4-2 Feldbus, funkbasiert ... 693
1.16.4-2.1 EnOcean ... 693
1.16.4-2.2 LoRaWan ... 693
1.16.4-2.3 WLAN ... 693
1.16.4-2.4 WM-Bus ... 694
1.16.4-2.5 ZigBee ... 694

1.16.5 Gateways ... 694

1.16.6 Kennzeichnung der Informationen ... 695

PRÜFUNGSEXEMPLAR

1.16.7 Ethernet-Adressierung ... 695
1.16.7-1 IPV4-Adressierung ... 695
1.16.7-2 IPV6-Adressierung ... 696
1.16.7-3 Ports ... 696
1.16.7-4 Dienste im Netz ... 696
1.16.7-5 Netzwerkkomponenten ... 697
1.16.7-5.1 Switch ... 697
1.16.7-5.2 Router ... 697
1.16.7-6 Sicherheit ... 697

2 HEIZUNG ... 699

2.1 Allgemeines ... 699

2.1.1 Anforderungen an Heizsysteme ... 699

2.1.2 Systematisierung von Heizungssystemen ... 700
2.1.2-1 Zentrale Systeme ... 700
2.1.2-2 Dezentrale Systeme ... 701
2.1.2-3 Wärmenetze ... 701
2.1.2-3.1 Fernwärme ... 701
2.1.2-3.1.1 Vorteile der Fernwärme ... 702
2.1.2-3.1.2 Allgemeines ... 702
2.1.2-3.1.3 Bestandteile bei der Fernwärmeversorgung ... 703
2.1.2-3.1.4 Charakteristika Fernwärme ... 704
2.1.2-3.1.5 Belastungslinien von Fernwärmesystemen ... 704
2.1.2-3.1.6 Fernwärmepreise allgemein ... 705
2.1.2-3.2 Fernwärme- und Stromerzeugung ... 706
2.1.2-3.2.1 Stromerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung ... 706
2.1.2-3.2.2 Heizkraftwerke im Allgemeinen ... 709
2.1.2-3.2.3 Dampfturbinen-Heizkraftwerke ... 710
2.1.2-3.2.4 Gasturbinen-Heizkraftwerke ... 711
2.1.2-3.2.5 Kombinierte Gasturbinen- und Dampfkraftwerke (GuD) ... 712
2.1.2-3.2.6 Blockheizkraftwerke in der Fernwärme und kleine KWK ... 713
2.1.2-3.2.7 Geothermiefernwärme ... 720
2.1.2-3.2.8 Industrielle Abwärme für die Fernwärmeerzeugung ... 721
2.1.2-3.2.9 Sonstige Fernwärmeerzeugung ... 721
2.1.2-3.3 Fernwärmenetze ... 721
2.1.2-3.3.1 Einteilungen von Fernwärmeanlagen ... 721
2.1.2-3.3.2 Heißwasser-Fernwärme mit $t_u \leq 110$ °C ... 722
2.1.2-3.3.3 Heißwasser-Fernwärme mit $t_u > 110$ °C ... 726
2.1.2-3.3.4 Fernwärmeleitungen ... 728
2.1.2-3.4 Übergabe und Kundenanlage ... 736
2.1.2-3.4.1 Allgemeines ... 736
2.1.2-3.4.2 Indirekter Anschluss ... 737
2.1.2-3.4.3 Direkter Anschluss ... 737
2.1.2-3.4.4 Technische Anschlussbedingungen (TAB) für den Anschluss an das Wärmenetz ... 740
2.1.2-3.4.5 Fernwärme-Kennzahlen für die Gebäudeplanung ... 742
2.1.2-4 Mobile Heizzentralen ... 742
2.1.2-4.1 Einsatzgebiete und Entwicklung ... 742
2.1.2-4.2 Heizzentralen nach Betriebsstoff ... 743
2.1.2-4.2.1 Elektroheizzentralen ... 743
2.1.2-4.2.2 Öl- und Gasheizzentralen ... 744

2.1.3 Kennfarben und Sinnbilder der Heizungs- und Wärmetechnik ... 745

REZENSIONSEXEMPLAR

2.2 Zentrale Heizungssysteme ... 751

2.2.1 Systembeschreibung ... 751
2.2.1-1 Zentrale Systeme ... 751
2.2.1-1.1 Warmwasserheizungen (WWH) ... 751
2.2.1-1.1.1 Schwerkraft-Warmwasserheizungen ... 751
2.2.1-1.1.2 Pumpen-Warmwasserheizungen (PWWH) ... 752
2.2.1-1.1.3 Sicherheitstechnische Einrichtungen ... 769
2.2.1-1.2 Dampfheizungen ... 774
2.2.1-1.2.1 Offene Niederdruckdampfheizungen (NDH) ... 775
2.2.1-1.2.2 Geschlossene Niederdruckdampfheizungen (Vaporheizungen) ... 780
2.2.1-1.2.3 Hochdruckdampfheizungen ... 780
2.2.1-1.2.4 Vakuumdampfheizungen (VDH) ... 783
2.2.1-1.3 Luftheizungen (Luftheizungsanlagen) ... 784
2.2.1-1.3.1 Schwerkraft-Luftheizungen ... 785
2.2.1-1.3.2 Ventilator-Luftheizungen ... 785
2.2.1-1.3.3 Großraum-Luftheizungsanlagen ... 786
2.2.1-1.3.4 Wohnraum-Luftheizungsanlagen ... 786
2.2.1-1.4 Heißluft-Strahlungsheizung ... 791

2.2.2 Wärmeübergabe ... 792
2.2.2-1 Allgemeines ... 792
2.2.2-1.1 Konvektion und Strahlung ... 792
2.2.2-1.2 Auswahl und Auslegungsgrundsätze ... 793
2.2.2-1.3 Bauformen und Leistungen ... 793
2.2.2-1.4 Leistungsminderung bei Heizkörpern ... 794
2.2.2-1.5 Umrechnung der Heizkörpernormleistung ... 794
2.2.2-1.6 Anschlussarten von Heizkörpern ... 794
2.2.2-2 Freie Heizflächen ... 795
2.2.2-2.1 Flach- oder Plattenheizkörper ... 795
2.2.2-2.2 Guss- und Stahlradiatoren (Gliederheizkörper) ... 799
2.2.2-2.3 Rohrradiatoren ... 801
2.2.2-2.3.1 Stahlrohrradiatoren ... 801
2.2.2-2.3.2 Fensterbankradiatoren ... 803
2.2.2-2.3.3 Handtuchradiatoren ... 805
2.2.2-2.3.4 Hochdruckradiatoren ... 806
2.2.2-2.4 Rohr- und Rippenrohrheizkörper ... 807
2.2.2-2.5 Konvektoren ... 808
2.2.2-2.6 Weitere freie Heizflächen ... 812
2.2.2-2.6.1 Sockelheizkörper (Heizleisten) ... 812
2.2.2-2.6.2 Fassadenheizung (Fensterrahmenheizelement) ... 813
2.2.2-3 Bauteilintegrierte Heizflächen ... 813
2.2.2-3.1 Deckenheizung ... 813
2.2.2-3.1.1 Rohrdeckenheizung ... 814
2.2.2-3.1.2 Lamellendeckenheizung ... 814
2.2.2-3.1.3 Deckenstrahlplatten ... 815
2.2.2-3.1.4 Hohlraumdeckenheizung ... 817
2.2.2-3.1.5 Direkt beheizte Hell- und Dunkelstrahler ... 817
2.2.2-3.2 Fußbodenheizungen ... 817
2.2.2-3.3 Wandheizungen ... 821

2.2.3 Verteilung ... 822
2.2.3-1 Allgemeines ... 822
2.2.3-2 Wärmeträger ... 824
2.2.3-3 Rohrleitungen ... 824
2.2.3-3.1 Stahlrohre ... 824
2.2.3-3.1.1 Abmessungen, Normen ... 824
2.2.3-3.1.2 Rohrverbindungen für Stahlrohre ... 837

PRÜFEXEMPLAR

2.2.3-3.2 Kupferrohre ... 848
2.2.3-3.3 Kunststoffrohre ... 851
2.2.3-3.3.1 Rohrmaterialien ... 851
2.2.3-3.4 Dehnungsausgleicher/Kompensatoren ... 854
2.2.3-3.4.1 Rohrschenkel und Rohrbögen ... 855
2.2.3-3.4.1.1 Rohrschenkel-Länge ... 855
2.2.3-3.4.1.2 Festpunktkräfte an Rohrschenkel/Rohrbogen-Dehnungsausgleichern 855
2.2.3-3.4.2 Stopfbuchsen-Ausgleicher ... 857
2.2.3-3.4.3 Stahlbalg-Kompensatoren ... 857
2.2.3-3.4.3.1 Stahlbalg-Axialkompensatoren ... 857
2.2.3-3.4.3.2 Stahlbalg-Lateralkompensatoren ... 858
2.2.3-3.4.3.3 Stahlbalg-Angularkompensatoren ... 859
2.2.3-3.4.4 Gummibalg-Kompensatoren ... 859
2.2.3-3.4.4.1 Gummibalg-Universalkompensatoren ... 860
2.2.3-3.4.4.2 Gummibalg-Lateralkompensatoren ... 860
2.2.3-3.4.4.3 Gummibalg-Angularkompensatoren ... 860
2.2.3-3.4.5 Schwingungs- und Geräuschdämpfer ... 860
2.2.3-3.4.6 Rohrleitungs-Festpunkte an Kompensatoren und Schwingungs-/Geräuschdämpfern ... 862
2.2.3-3.4.6.1 Festpunktkräfte an Axialkompensatoren und Schwingungs-/Geräuschdämpfern ... 863
2.2.3-3.5 Wärmeverluste von Rohrleitungen ... 863
2.2.3-4 Pumpen ... 867
2.2.3-4.1 Allgemeines ... 867
2.2.3-4.2 Leistungsbedarf ... 868
2.2.3-4.3 Kennlinien ... 868
2.2.3-4.4 Proportionalitätsgesetze ... 870
2.2.3-4.5 Leistungsanpassung, Steuerung und Regelung ... 870
2.2.3-4.6 Bauarten ... 872
2.2.3-4.7 Effizienz-Anforderungen gemäß europäischer Ökodesign-Richtlinie 876
2.2.3-4.8 Einbau der Pumpen in den Vor- oder Rücklauf ... 877
2.2.3-4.9 Wasserstrahlpumpen ... 878
2.2.3-5 Armaturen ... 879
2.2.3-5.1 Kugelhähne ... 879
2.2.3-5.2 Absperrklappen, dichtschließend ... 880
2.2.3-5.3 Absperrventile ... 881
2.2.3-5.3.1 Flanschenventile ... 881
2.2.3-5.3.2 Muffenventile ... 882
2.2.3-5.3.3 Muffengeradsitzventile ... 882
2.2.3-5.3.4 Heizkörper-Regulier- und Absperrventile ... 882
2.2.3-5.3.5 Einrohrventile ... 883
2.2.3-5.3.6 Heizkörper-Verschraubung ... 883
2.2.3-5.4 Absperrschieber ... 884
2.2.3-5.5 Drosselklappen ... 884
2.2.3-5.6 Rückschlagklappen und -ventile ... 884
2.2.3-5.6.1 Rückschlagklappen ... 884
2.2.3-5.6.2 Rückschlagventile ... 885
2.2.3-5.6.3 Auslegung der Rückflussverhinderer ... 886
2.2.3-5.7 Sonstige Absperrorgane ... 887
2.2.3-5.8 Durchgangsventile ... 887
2.2.3-5.9 Dreiwegeventile ... 888
2.2.3-5.10 Regelung mit Heizungsmischern ... 890
2.2.3-6 Ausdehnungsgefäße und Druckhalteeinrichtungen ... 891
2.2.3-6.1 Ausdehnungsgefäße ... 891
2.2.3-6.2 Sicherheitsventile ... 900
2.2.3-7 Wärmeübertrager ... 903
2.2.3-7.1 Allgemeines ... 903

REZENSIONSEXEMPLAR

2.2.3-7.2 Bauarten ... 903
2.2.3-7.3 Wärmeleistung ... 906
2.2.3-7.3.1 Gegenstromapparate Wasser-Wasser ... 906
2.2.3-7.4 Garantiekurven ... 907
2.2.3-8 Sonstiges ... 908
2.2.3-8.1 Komponenten für Dampfheizungen ... 908
2.2.3-8.1.1 Schwimmerkondensatableiter ... 908
2.2.3-8.1.2 Thermische Kondensatableiter ... 909
2.2.3-8.1.3 Düsenableiter (Starre Ableiter) ... 910
2.2.3-8.1.4 Thermodynamische Kondensatableiter ... 911
2.2.3-8.2 Kondensatableiterüberwachung ... 911
2.2.3-8.3 Be- und Entlüfter ... 912
2.2.3-8.4 Sonstiges Zubehör ... 915
2.2.3-8.5 Kondensatrückspeisegeräte und Wasserstandsregler ... 916
2.2.3-8.6 Kondensat-Sammelbehälter ... 918

2.2.4 Speicher ... 919
2.2.4-1 Standardspeicher ... 921
2.2.4-2 Kombispeicher ... 922
2.2.4-3 Speicher mit Schichtbeladungszone ... 922
2.2.4-4 Pufferspeicher ... 924

2.2.5 Erzeugung ... 927
2.2.5-1 Allgemeines ... 927
2.2.5-2 Heizkessel ... 928
2.2.5-2.1 Allgemeines ... 928
2.2.5-2.2 Heizkessel für gasförmige Brennstoffe ... 930
2.2.5-2.2.1 Allgemeines ... 930
2.2.5-2.2.2 Einteilung der Gas-Spezial-Wärmeerzeuger ... 930
2.2.5-2.2.3 Bauarten ... 933
2.2.5-2.2.4 Sicherheitseinrichtungen ... 941
2.2.5-2.2.5 Regeltechnische Ausrüstung ... 942
2.2.5-2.2.6 Abgasanlagen für Gasheizkessel ... 943
2.2.5-2.3 Öl-/Gas-Heizkessel für Gebläsebrenner ... 944
2.2.5-2.3.1 Allgemeines ... 944
2.2.5-2.3.2 Heizkessel-Konstruktionen ... 944
2.2.5-2.3.2.1 Zweikreiswarmwasserkessel ... 951
2.2.5-2.3.3 Brenner ... 962
2.2.5-2.3.4 Wirkungsgradanforderungen an Öl- und Gaskessel nach der Heizkessel-Wirkungsgradrichtlinie (92/42/EWG) der EG 1992 ... 964
2.2.5-2.3.5 Emissionsgrenzwerte ... 966
2.2.5-2.3.6 Sonstige Kessel ... 966
2.2.5-2.3.6.1 Wasserrohrkessel ... 966
2.2.5-2.3.6.2 Schnelldampferzeuger ... 967
2.2.5-2.3.6.3 Thermoölkessel ... 968
2.2.5-2.4 Gasbrenner ... 969
2.2.5-2.4.1 Allgemeines ... 969
2.2.5-2.4.2 Brenner ohne Gebläse (atmosphärische Brenner) ... 973
2.2.5-2.4.3 Gasgebläsebrenner ... 978
2.2.5-2.4.3.1 Diffusionsbrenner ... 978
2.2.5-2.4.3.2 Vormischbrenner ... 980
2.2.5-2.4.3.3 Katalytische Brenner ... 981
2.2.5-2.4.4 Sicherheits- und Regelungseinrichtungen ... 984
2.2.5-2.4.5 Regelung ... 986
2.2.5-2.4.6 Gas-Öl-Brenner (Zweistoffbrenner) ... 989
2.2.5-2.5 Ölbrenner ... 989
2.2.5-2.5.1 Allgemeines ... 989
2.2.5-2.5.2 Schichtungsbrenner ... 992

EXPLOSIONSEXEMPLAR

2.2.5-2.5.3 Öldruckzerstäubungsbrenner ... 993
2.2.5-2.5.3.1 Elektronische Verbundregelung ... 998
2.2.5-2.5.4 Druckluftzerstäubungsbrenner ... 1004
2.2.5-2.5.5 Rotationszerstäubungsbrenner ... 1006
2.2.5-2.5.6 Brennstoffaufbereitung ... 1006
2.2.5-2.5.6.1 Düsen ... 1006
2.2.5-2.5.6.2 Ölvorwärmer ... 1009
2.2.5-2.5.6.3 Ölfilter ... 1009
2.2.5-2.5.6.4 Ölpumpe ... 1010
2.2.5-2.5.7 Luftaufbereitung ... 1012
2.2.5-2.5.8 Gemischaufbereitung ... 1012
2.2.5-2.5.9 Elektrische Zündeinrichtung ... 1015
2.2.5-2.5.10 Flammenwächter und Flammenfühler ... 1016
2.2.5-2.5.11 Sicherheits- und Regeleinrichtungen ... 1017
2.2.5-2.6 Heizkessel für feste Brennstoffe ... 1019
2.2.5-2.6.1 Eignungsnachweis von Biomasseheizkessel ... 1024
2.2.5-2.7 Wärmeverluste und Wirkungsgrade ... 1025
2.2.5-2.7.1 Abgasverlust ... 1025
2.2.5-2.7.2 Verlust durch unverbrannte Gase ... 1026
2.2.5-2.7.3 Verlust durch brennbare Rückstände ... 1026
2.2.5-2.7.4 Verluste durch Strahlung und Konvektion ... 1026
2.2.5-2.7.5 Nutzungsgrad ... 1027
2.2.5-3 Wärmepumpe ... 1030
2.2.5-3.1 Allgemeines ... 1030
2.2.5-3.2 Elektrowärmepumpe ... 1030
2.2.5-3.2.1 Heizen mit Wärmepumpen ... 1030
2.2.5-3.2.1.1 Allgemeines ... 1030
2.2.5-3.2.1.2 Wärmequellen ... 1031
2.2.5-3.2.1.3 Effizienz und Qualitätssicherung ... 1042
2.2.5-3.2.2 Kühlen mit Wärmepumpen ... 1043
2.2.5-3.2.3 Anwendungsfall Schwimmbäder ... 1045
2.2.5-3.3 Brennstoffbetriebene Wärmepumpe ... 1046
2.2.5-3.3.1 Allgemeines ... 1046
2.2.5-3.3.2 Absorptionswärmepumpen ... 1049
2.2.5-3.3.3 Adsorptionswärmepumpe ... 1052
2.2.5-3.3.4 Gasmotorische Wärmepumpe ... 1055
2.2.5-4 Wärmekraftmaschinen (KWK)/Vernetzung ... 1060
2.2.5-4.1 Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen ... 1060
2.2.5-4.1.1 Verbrennungskraftmaschinen ... 1062
2.2.5-4.1.2 Verpuffungsmaschinen (oder Ottomotoren) ... 1062
2.2.5-4.1.3 Gleichdruck-Verbrennungsmaschinen (Dieselmotoren) ... 1063
2.2.5-4.1.4 Gasturbinen ... 1064
2.2.5-4.2 Brennstoffzellen ... 1066
2.2.5-4.2.1 Funktionsprinzip ... 1066
2.2.5-4.2.2 Typen ... 1066
2.2.5-4.2.3 Systeme ... 1067
2.2.5-4.2.4 Anwendungen ... 1068
2.2.5-4.2.5 Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit ... 1069
2.2.5-4.2.6 Energetische Bewertung ... 1070
2.2.5-4.3 Stirlingmotor ... 1070
2.2.5-4.4 Virtuelle Kraftwerke ... 1071
2.2.5-4.4.1 Einleitung/Begrifflichkeit ... 1071
2.2.5-4.4.2 Technologie ... 1072
2.2.5-4.4.3 Integration eines virtuellen Kraftwerkes ins Marktumfeld ... 1072
2.2.5-4.4.4 Kommunikationsstrukturen / Aufbau eines virtuellen Kraftwerks ... 1073
2.2.5-4.4.5 Hemmnisse und Chancen ... 1075

REZENSIONSEXEMPLAR

2.2.5-5 Solarthermische Anlagen für Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung ... 1075
2.2.5-5.1 Allgemeines ... 1075
2.2.5-5.2 Kollektoren ... 1076
2.2.5-5.2.1 Wirkungsgrade ... 1079
2.2.5-5.2.2 Energieertrag Kollektoren ... 1082
2.2.5-5.2.3 Heizungsunterstützung ... 1084
2.2.5-5.2.4 Solare Großanlagen ... 1087
2.2.5-5.2.5 Schwimmbadheizung ... 1096
2.2.5-5.3 Ausblick ... 1096

2.3 Dezentrale Geräte ... 1097

2.3.1 Einzelraumfeuerstätten zum Betrieb mit festen Brennstoffen ... 1097
2.3.1-1 Allgemeines ... 1097
2.3.1-2 Raumheizer nach DIN EN 13240 ... 1098
2.3.1-3 Kamineinsätze nach DIN EN 13229 und offene Kamine ... 1101
2.3.1-4 Herde nach DIN EN 12815 ... 1101
2.3.1-5 Speicherfeuerstätten DIN EN 15250 ... 1102
2.3.1-6 Raumheizer zur Verfeuerung von Holzpellets nach DIN EN 14785 ... 1103
2.3.1-7 Wasserführende Einzelraumfeuerstätten ... 1104

2.3.2 Einzelraumfeuerstätten zum Betrieb mit Gas ... 1105
2.3.2-1 Allgemeines ... 1105
2.3.2-2 Bauarten ... 1105
2.3.2-3 Sicherheitsvorrichtungen ... 1111
2.3.2-4 Zündeinrichtungen ... 1112
2.3.2-5 Regelung Einzelraumheizer ... 1112
2.3.2-6 Planung ... 1113
2.3.2-6.1 Abgasführung ... 1116
2.3.2-6.1.1 Auswahl ... 1118

2.3.3 Ölbeheizte Öfen ... 1118

2.3.4 Elektrische Raumheizung ... 1122
2.3.4-1 Allgemeines ... 1122
2.3.4-2 Elektrische Direktheizung ... 1124
2.3.4-3 Elektrische Speicherheizung ... 1127
2.3.4-4 Anforderungen der Ökodesign-Verordnung ... 1130

2.4 Systemübergreifende Gebiete ... 1136

2.4.1 Abgasanlagen ... 1136
2.4.1-1 Unterdruck-Abgasanlagen (Schornsteine und Unterdruck-Abgasleitungen) ... 1138
2.4.1-1.1 Allgemeines ... 1138
2.4.1-1.2 Berechnung von Abgasanlagen-Abmessungen nach DIN EN 13384 1140
2.4.1-1.3 Anpassungsmaßnahmen für bestehende Abgasanlagen bei Anschluss eines neuen Heizkessels ... 1142
2.4.1-1.4 Diagramme für die Abgasanlagen-Bemessung ... 1144
2.4.1-1.5 Schornstein- und Unterdruck-Abgasleitungs-Bauarten ... 1147
2.4.1-1.6 Ausführung ... 1149
2.4.1-1.7 Abgasanlagenbelegung ... 1152
2.4.1-1.8 Zubehör ... 1152
2.4.1-1.9 Immissionsschutz ... 1154
2.4.1-2 Überdruck-Abgasanlagen (Überdruck-Abgasleitungen) ... 1154
2.4.1-2.1 Allgemeines ... 1154
2.4.1-2.2 Bauarten ... 1156
2.4.1-2.3 Anforderungen an die Feuerungsanlage ... 1157

REZENSIONSEXEMPLAR

2.4.1-2.4 Ausführung ... 1157
2.4.1-3 Verbindungsstücke ... 1159

2.4.2 Brennstofflagerung ... 1161
2.4.2-1 Öllageranlage ... 1161
2.4.2-1.1 Öltank ... 1161
2.4.2-1.1.1 Allgemeines ... 1161
2.4.2-1.1.2 Aufstellung der Öltanks ... 1163
2.4.2-1.1.2.1 Allgemeines ... 1163
2.4.2-1.1.2.2 Einbau unterirdischer Öltanks ... 1166
2.4.2-1.1.2.3 Aufstellung oberirdischer Öltanks ... 1168
2.4.2-1.1.3 Ausrüstung der Öltanks ... 1171
2.4.2-1.1.3.1 Fülleinrichtungen ... 1171
2.4.2-1.1.3.2 Lüftungseinrichtung ... 1172
2.4.2-1.1.3.3 Entnahmeeinrichtungen ... 1173
2.4.2-1.1.3.4 Füllstandsanzeiger ... 1173
2.4.2-1.1.3.5 Überfüllsicherung/Grenzwertgeber ... 1173
2.4.2-1.1.3.6 Leckanzeigegerät ... 1174
2.4.2-1.1.3.7 Leckageerkennungssystem ... 1175
2.4.2-1.1.3.8 Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung ... 1175
2.4.2-1.2 Ölleitungen ... 1175
2.4.2-1.2.1 Allgemeines ... 1175
2.4.2-1.2.2 Bauarten ... 1175
2.4.2-1.2.2.1 Einstrangsystem ... 1175
2.4.2-1.2.2.2 Zweistrangsystem (nur im Bestand) ... 1175
2.4.2-1.2.3 Betriebsweise ... 1176
2.4.2-1.2.4 Oberirdische Ölleitungen ... 1176
2.4.2-1.2.5 Unterirdische Ölleitungen ... 1176
2.4.2-1.2.6 Bauteile der Ölleitung ... 1177
2.4.2-1.2.6.1 Rohrverbindungen ... 1177
2.4.2-1.2.6.2 Absperreinrichtung ... 1178
2.4.2-1.2.6.3 Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern ... 1179
2.4.2-1.2.6.4 Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung ... 1180
2.4.2-1.2.6.5 Heizölfilter ... 1180
2.4.2-1.2.6.6 Heizölentlüfter ... 1181
2.4.2-1.2.7 Montage und Verlegung ... 1181
2.4.2-1.2.8 Druckprüfung der Ölleitung ... 1182
2.4.2-1.3 Betrieb und Instandhaltung ... 1182
2.4.2-1.3.1 Pflichten des Betreibers ... 1182
2.4.2-1.3.2 Hinweise zur Befüllung von Heizöltanks ... 1183
2.4.2-2 Lagerung von Flüssiggas ... 1184
2.4.2-2.1 Flüssiggase ... 1184
2.4.2-2.1.1 Zusammensetzung ... 1184
2.4.2-2.1.2 Ausgewählte Stoffdaten ... 1186
2.4.2-2.2 Lagerung und Bereitstellung von Flüssiggas ... 1192
2.4.2-2.2.1 Lagerkapazität, Schutzziele, Begriffe ... 1192
2.4.2-2.2.2 Flüssiggaslagerbehälteranlagen < 3 t Nennfüllgewicht ... 1197
2.4.2-2.2.3 Flüssiggaslagerbehälteranlagen ≥ 3 t Nennfüllgewicht ... 1199
2.4.2-3 Lagerung von Holzpellets ... 1203

2.4.3 Anlagen zum Korrosions- und Steinschutz ... 1214
2.4.3-1 Allgemeines ... 1214
2.4.3-2 Anlagen zur physikalischen Entgasung ... 1214
2.4.3-3 Anlagen zur chemischen Sauerstoffbindung ... 1216
2.4.3-4 Anlagen zur elektrochemischen Sauerstoffbindung ... 1217
2.4.3-5 Ionenaustauscher ... 1218
2.4.3-6 Anlagen zur Umkehrosmose ... 1218

2.4.4 Schallschutz ... 1219

REZENSIONSEXEMPLAR

2.5 Regelung von Heizungsanlagen 1221

2.5.1 Systeme zur Einzelraum-Temperaturregelung 1222
2.5.1-1 Thermostatische Heizkörperventile 1222
2.5.1-1.1 Regler ohne Hilfsenergie 1223
2.5.1-1.2 Regler mit Hilfsenergie 1226
2.5.1-1.2.1 Autarke Heizkörperthermostate 1226
2.5.1-1.2.2 Heizkörperthermostate mit Funkanbindung 1227
2.5.1-2 Elektronische Einzelraumregelungssysteme 1228
2.5.1-2.1 Autarke elektronische Einzelraumregelungssysteme 1228
2.5.1-2.2 Vernetzte elektronische Einzelraumregelungssysteme 1229
2.5.1-2.2.1 Kabelgebundene Einzelraumtemperaturregelungen 1229
2.5.1-2.2.2 Funkbasierte Einzelraumtemperaturregelungen 1232

2.5.2 Systeme zur Regelung von Brenner, Kessel und Speicher 1234
2.5.2-1 Kesselwassertemperaturregelung 1234
2.5.2-1.1 Regelung mit unstetigem Regler 1234
2.5.2-1.2 Modulierende Regelung 1235
2.5.2-1.3 Zusatzfunktionen für Brenner-/Kesseleinheiten 1236
2.5.2-1.3.1 Elektronischer Sicherheitstemperaturbegrenzer (eSTB) 1236
2.5.2-1.3.2 Verbrennungsregelung 1237
2.5.2-2 Regelung nach der Raumtemperatur – Testraumregelung 1238
2.5.2-3 Regelung nach der Außentemperatur 1239
2.5.2-3.1 Prinzip der außentemperaturgeführten Regelung 1239
2.5.2-3.2 Zusatzfunktionen ohne Raumtemperatursensor 1243
2.5.2-3.2.1 Sparfunktion 1243
2.5.2-3.2.2 Partyfunktion 1243
2.5.2-3.2.3 Frostgefahr bzw. Frostschutz 1243
2.5.2-3.2.4 Ferienfunktion 1243
2.5.2-3.2.5 Heizkreispumpenlogik-Funktion 1243
2.5.2-3.2.6 Eco-Funktion 1243
2.5.2-3.3 Zusatzfunktionen mit Raumtemperatursensor 1243
2.5.2-3.3.1 Adaption der Heizkennlinie 1243
2.5.2-3.3.2 Raumtemperaturaufschaltung 1244
2.5.2-3.3.3 Einschaltoptimierung 1244
2.5.2-3.3.4 Ausschaltoptimierung 1244
2.5.2-3.3.5 Schnellaufheizung 1244
2.5.2-3.3.6 Schnellabsenkung 1244
2.5.2-3.3.7 Heizkreispumpenlogik-Funktion 1244
2.5.2-4 Regelung nach dem Wärmebedarf 1244
2.5.2-4.1 Wärmebedarfsgeführte Regelung ohne Außentemperatursensor 1244
2.5.2-4.2 Wärmebedarfsgeführte Regelung mit Außentemperatursensor 1245
2.5.2-4.2.1 Auswertung der Heizungsrücklauftemperatur 1245
2.5.2-4.2.2 Auswertung des Heizkörperwärmebedarfs 1246
2.5.2-5 Vorlauftemperaturregelung 1248
2.5.2-6 Warmwasserspeichertemperaturregelung 1249
2.5.2-7 Pufferspeichertemperaturregelung 1251

2.5.3 Hydraulische Schaltungen 1253
2.5.3-1 Verteiler mit und ohne Hauptpumpe 1253
2.5.3-2 Hydraulischer Entkoppler (Weiche) 1255
2.5.3-3 Anhebung der Kesselrücklauftemperatur 1255

2.5.4 Kesselfolgeschaltungen 1257

2.5.5 Kommunikationsfähige Regelungen und Komponenten 1258
2.5.5-1 Fernbedienen, Fernabfragen und Fernüberwachen von Heizungsanlagen 1259

LEZIONI DI ASSEMBLAR

2.5.5-2 Direktanbindung der Heizungsregelung an verschiedene Bus-Systeme ... 1260
2.5.5-3 Kommunikation der Heizungsregelung mit Gebläse und Pumpe ... 1262

2.5.6 Systeme zur Regelung von Solaranlagen ... 1263
2.5.6-1 Grundfunktionen ... 1265
2.5.6-1.1 Differenztemperaturregelung ... 1265
2.5.6-1.1.1 Einspeichersysteme ... 1265
2.5.6-1.1.2 Mehrspeichersysteme ... 1265
2.5.6-1.1.3 Zwei-Kollektoranlage ... 1266
2.5.6-1.1.4 Mit Bypass ... 1267
2.5.6-1.1.5 Mit Heizungsunterstützung ... 1267
2.5.6-1.1.6 Mit externem Wärmetauscher ... 1268
2.5.6-1.2 Zieltemperaturregelung ... 1268
2.5.6-1.3 Ereignisregelung ... 1268
2.5.6-2 Sicherheitsfunktionen ... 1268
2.5.6-2.1 Hardwaremäßig realisierte Sicherheitsfunktionen ... 1268
2.5.6-2.1.1 Sicherheitstemperaturbegrenzung ... 1268
2.5.6-2.1.2 Schutz vor Verbrühungen ... 1269
2.5.6-2.1.3 Blitzschutz ... 1269
2.5.6-2.2 Softwaremäßig realisierte Sicherheitsfunktionen ... 1270
2.5.6-2.2.1 Kollektornotabschaltung ... 1270
2.5.6-2.2.2 Kollektorkühlfunktion ... 1270
2.5.6-2.2.3 Kollektorfrostschutz ... 1270
2.5.6-3 Sonstige Funktionen ... 1270
2.5.6-3.1 Automatische Sommerzeit-/Winterzeitumschaltung ... 1270
2.5.6-3.2 Betriebsstundenzähler für die einzelnen Relais ... 1270
2.5.6-3.3 Kollektor-Enteisungsfunktion ... 1270
2.5.6-3.4 Kollektor-Minimaltemperatur ... 1270
2.5.6-3.5 Unterdrückung der Nachheizung durch den Heizkessel ... 1270
2.5.6-3.6 Pumpenkick ... 1271
2.5.6-3.7 Röhrenkollektorfunktion ... 1271
2.5.6-3.8 Speicherkühlfunktion ... 1271
2.5.6-3.9 Speichermaximaltemperaturbegrenzung ... 1271
2.5.6-3.10 Urlaubsfunktion ... 1271
2.5.6-3.11 Wärmemengenbilanzierung ... 1271
2.5.6-4 Funktions- und Ertragskontrolle ... 1271
2.5.6-4.1 Funktionskontrolle ... 1272
2.5.6-4.1.1 Sensorüberwachung ... 1272
2.5.6-4.1.2 Temperaturüberwachung ... 1272
2.5.6-4.1.3 Differenztemperaturüberwachung ... 1272
2.5.6-4.1.4 Volumenstromüberwachung ... 1272
2.5.6-4.2 Ertragskontrolle ... 1272

2.5.7 Systeme zur Regelung von Brennstoffzellenheizgeräten ... 1272

2.5.8 Systeme zur Regelung von Stirling-Heizgeräten ... 1274

2.6 Berechnung und Auslegung der Heizungsanlagen ... 1277

2.6.1 Berechnung der Heizlast ... 1277
2.6.1-1 Kurzer Rückblick auf bisherige Normen ... 1277
2.6.1-2 Überblick EN 12831 ... 1278
2.6.1-3 Grundsätzliche Festlegungen ... 1279
2.6.1-4 Verknüpfung zwischen EN 12831-1 und Nationalem Anhang ... 1280
2.6.1-5 Schema des Rechengangs ... 1281
2.6.1-6 Räume und Gebäude ohne mechanische Lüftung ... 1282
2.6.1-7 Räume und Gebäude mit mechanischer Lüftung ... 1288
2.6.1-8 Vereinfachungen für den Wohnbaubestand ... 1288

REZENSIONSEXEMPLAR

2.6.2 Auslegung der Wärmeerzeuger ... 1295

2.6.3 Auslegung und Berechnung der Rohrnetze ... 1298
2.6.3-1 Heizwasserleitungen ... 1298
2.6.3-1.1 Allgemeine Hinweise ... 1299
2.6.3-1.2 Berechnung ... 1303
2.6.3-1.3 Beispiele ... 1307
2.6.3-2 Dampf- und Kondensatleitungen ... 1313
2.6.3-2.1 Druckabfall in Dampfleitungen ... 1314
2.6.3-2.2 Nennweitenbestimmung ... 1316
2.6.3-2.2.1 Dampfleitungen ... 1316
2.6.3-2.2.2 Kondensatleitungen ... 1318
2.6.3-2.2.3 Berechnung des Entspannungsdampfes ... 1318
2.6.3-2.2.4 Kondensatleitungsnennweiten ... 1318
2.6.3-3 Gasleitungen ... 1321

2.6.4 Auslegung der Raumheizeinrichtungen ... 1324
2.6.4-1 Heizkörperheizungen ... 1324
2.6.4-1.1 Grundlagen ... 1324
2.6.4-1.2 Heizkörpergleichungen, Heizkörperexponent, Heizkörperdiagramm ... 1324
2.6.4-1.3 Einflüsse auf die Leistungsabgabe von Raumheizkörpern ... 1327
2.6.4-1.4 Korrekturen der Leistungsabgabe von Raumheizkörpern ... 1328
2.6.4-1.5 Anordnung von Heizflächen und Behaglichkeit ... 1331
2.6.4-1.6 Dimensionierung von Raumheizkörpern in Neuanlagen ... 1331
2.6.4-1.7 Raumheizkörper in bestehenden Anlagen ... 1333
2.6.4-2 Deckenstrahlungsheizflächen ... 1335
2.6.4-2.1 Deckenstrahlplatten ... 1335
2.6.4-2.2 Stahlrohr- und Kupferrohr-Deckenheizungen ... 1336
2.6.4-2.3 Al-Lamellen-Deckenheizungen ... 1339
2.6.4-3 Fußboden- und Wandheizung ... 1339
2.6.4-3.1 Allgemeines zur Fußbodenheizung ... 1339
2.6.4-3.2 Auslegung der Fußbodenheizung ... 1340
2.6.4-3.3 Druckverlust in den Rohrregistern ... 1343
2.6.4-3.4 Wandheizung ... 1343

2.6.5 Hydraulischer Abgleich ... 1344
2.6.5-1 Vorbemerkungen ... 1344
2.6.5-2 Heizkurve ... 1344
2.6.5-2.1 Einstellparameter für die Heizkurve ... 1347
2.6.5-3 Wärmeleistung in Abhängigkeit vom Volumenstrom ... 1349
2.6.5-4 Betriebsführung und hydraulischer Abgleich ... 1350
2.6.5-5 Fazit zum hydraulischen Abgleich ... 1352

Sachverzeichnis ... 1353

2.7 Ausführung für verschiedene Nutzungsarten ... 1385

⇨ **Band 1|2**
Band 2: ab S. 1385

2.7.1 Technische und bauliche Entscheidungen ... 1385
2.7.1-1 Wahl der Heizungsart ... 1385
2.7.1-1.1 Stockwerksheizungen ... 1386
2.7.1-1.2 Zentralheizungen ... 1386
2.7.1-1.2.1 Dampfheizungen ... 1386
2.7.1-1.2.2 Wasserheizungen ... 1386
2.7.1-1.2.3 Luftheizungen ... 1387
2.7.1-1.3 Fernheizungen ... 1387
2.7.1-2 Bautechnische Maßnahmen ... 1388
2.7.1-2.1 Aufstell- und Heizräume ... 1388
2.7.1-2.2 Abgasanlage ... 1391

REZENSIONSEXEMPLAR

2.7.1-2.3 Brennstofflagerung ... 1392
2.7.1-2.4 Verteilerraum ... 1393
2.7.1-2.5 Heizflächen ... 1394
2.7.1-2.6 Rohrleitungen ... 1395

2.7.2 Wohngebäude ... 1396
2.7.2-1 Einfamilienhäuser ... 1396
2.7.2-1.1 Örtliche Heizung (Zimmerheizung) ... 1396
2.7.2-1.2 Mehrzimmer-Kachelofenheizung ... 1398
2.7.2-1.3 Warmwasser-Zentralheizung ... 1398
2.7.2-1.4 Sonstige Heizmöglichkeiten ... 1399
2.7.2-2 Mehrfamilienhäuser ... 1399
2.7.2-2.1 Örtliche Heizung (Zimmerheizung) ... 1399
2.7.2-2.2 Elektrische Speicherheizgeräte ... 1399
2.7.2-2.3 Stockwerkswarmwasserheizung (Etagenheizung) ... 1399
2.7.2-2.4 Warmwasserzentralheizung ... 1400
2.7.2-2.5 Sonstige Heizmöglichkeiten ... 1402
2.7.2-3 Niedrigenergiehäuser ... 1402

2.7.3 Büro- und Verwaltungsgebäude ... 1403
2.7.3-1 Allgemeines ... 1403
2.7.3-2 Heizungssysteme ... 1403
2.7.3-2.1 Heizkörperberechnung ... 1407
2.7.3-3 Heizkörper ... 1408
2.7.3-4 Heizkessel- und Apparateraum ... 1409
2.7.3-5 Warmwassererzeugung ... 1409
2.7.3-6 Heizung der einzelnen Räume ... 1410

2.7.4 Schulen u. ä. ... 1410
2.7.4-1 Allgemeines ... 1410
2.7.4-2 Heizungssysteme ... 1411
2.7.4-3 Heizkörper ... 1411
2.7.4-4 Kesselraum ... 1411

2.7.5 Krankenhäuser/Kliniken ... 1411
2.7.5-1 Allgemeines ... 1411
2.7.5-2 Wärmeversorgungsvarianten ... 1412
2.7.5-3 Wärmeerzeuger im Krankenhaus ... 1414
2.7.5-4 Besondere Anforderungen ... 1415
2.7.5-4.1 Bereiche ... 1415
2.7.5-4.2 Heizflächen ... 1415

2.7.6 Gebäude für Sport- oder Versammlungszwecke ... 1416
2.7.6-1 Sporthallen ... 1416
2.7.6-1.1 Allgemeines ... 1416
2.7.6-1.2 Wärmequellen ... 1416
2.7.6-1.3 Luftführung ... 1416
2.7.6-1.4 Luftvolumenstrom ... 1417
2.7.6-1.5 Heizlast ... 1417
2.7.6-1.6 Eingangshalle ... 1418
2.7.6-2 Hallenschwimmbäder ... 1418
2.7.6-2.1 Allgemeines ... 1418
2.7.6-2.2 Berechnung der verdunsteten Wasserdampfmenge ... 1419
2.7.6-2.3 Berechnung des jährlichen Wärmebedarfes für die Entfeuchtung der Schwimmhalle ... 1420
2.7.6-2.4 Jährlicher Wärmeenergiebedarf ... 1421
2.7.6-2.5 Beheizungsarten ... 1424
2.7.6-3 Kirchen ... 1425
2.7.6-3.1 Allgemeines ... 1425

REZENSIONSEXEMPLAR

2.7.6-3.2 Raumklimatische Daten ... 1426
2.7.6-3.3 Heizlast ... 1426
2.7.6-3.4 Heizungssysteme ... 1427
2.7.6-3.5 Befeuchtung ... 1430
2.7.6-3.6 Jährlicher Energieverbrauch ... 1430

2.7.7 Freiflächenbeheizung ... 1431
2.7.7-1 Allgemeines ... 1431
2.7.7-2 Heizleistung im Beharrungszustand ... 1431
2.7.7-3 Aufheizung ... 1432
2.7.7-4 Ausführung ... 1433
2.7.7-5 Kosten ... 1433

2.8 Verbrauchsgebundene Kosten der Heizung und Warmwasserbereitung ... 1434

2.8.1 Jahresverbrauch ... 1434
2.8.1-1 Verbrauchserfassung ... 1434
2.8.1-2 Witterungskorrektur ... 1436
2.8.1-3 Zeitkorrektur ... 1438
2.8.1-4 Typische Verbrauchskennwerte im Wohnungsbau ... 1438

2.8.2 Heiz- und Brennwert ... 1439

2.8.3 Energiepreise ... 1441

2.8.4 Energiekosten ... 1443

2.8.5 Heizkosten ... 1443

2.9 Energetische Betrachtungen ... 1445

2.9.1 Allgemeines ... 1445
2.9.1-1 Energiebedarf und Energieverbrauch ... 1445
2.9.1-2 Bilanzablauf und Energieflussdiagramme ... 1448
2.9.1-3 Abgrenzung von Nutz- und Endenergie ... 1449
2.9.1-4 Relevante Verfahren ... 1452

2.9.2 Energieträgerbewertung ... 1453

2.9.3 Flächenbezug ... 1455

2.9.4 Verbrauchsanalyse ... 1456
2.9.4-1 Datenaufbereitung ... 1456
2.9.4-2 Gebäudeanalyse ... 1457
2.9.4-3 Erzeugeranalyse ... 1459

2.9.5 Bedarfsbewertung ... 1460
2.9.5-1 Vorgehensweise und Grundgleichungen ... 1460
2.9.5-2 Mehrzonengebäude ... 1463
2.9.5-3 Heizwärmebedarf ... 1463
2.9.5-3.1 Heizperiode, Innen- und Außentemperatur ... 1464
2.9.5-3.2 Transmission ... 1465
2.9.5-3.3 Lüftung ... 1469
2.9.5-3.4 Solare Fremdwärme ... 1470
2.9.5-3.5 Innere Fremdwärme ... 1471
2.9.5-3.6 Fremdwärmenutzungsgrad ... 1473
2.9.5-4 Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung ... 1473
2.9.5-5 Jahresenergiebedarf der Heizung und Warmwasserbereitung ... 1474
2.9.5-5.1 Wärmeübergabe und Regelung ... 1474
2.9.5-5.2 Wärmeverteilung ... 1475
2.9.5-5.3 Wärmespeicherung ... 1478

PRÜFEXEMPLAR

2.9.5-5.4 Wärmeerzeugung ... 1480
2.9.5-5.5 Regenerative Energien ... 1485
2.9.5-5.6 Hilfsenergien ... 1486
2.9.5-6 Brennstoffmenge, Primärenergie und Emissionen ... 1487
2.9.5-7 Typische Bedarfskennwerte im Wohnungsbau ... 1488

3 LÜFTUNGS- UND KLIMATECHNIK ... 1491

3.1 Grundlagen der Lufttechnik ... 1491

3.1.1 Aufgaben der Lufttechnik ... 1491
3.1.2 Einteilung der Lufttechnik ... 1492
3.1.3 Terminologie bei RLT-Anlagen ... 1495
3.1.3-1 Klassifikationen ... 1495
3.1.3-2 Sinnbilder ... 1496
3.1.3-3 Bezeichnungen ... 1497
3.1.3-4 Begriffe ... 1498
3.1.4 Raumströmung ... 1502
3.1.4-1 Allgemeines ... 1502
3.1.4-1.1 Gliederung der Luftführungssysteme ... 1502
3.1.4-1.2 Ähnlichkeitstheorie der Raumluftströmung ... 1503
3.1.4-1.3 Strahlgesetze ... 1506
3.1.4-2 Quelllüftung ... 1510
3.1.4-3 Instationäre Raumströmung ... 1515
3.1.4-3.1 Allgemeines ... 1515
3.1.4-3.2 Schaffung instationärer Raumluftströmungen ... 1515
3.1.4-3.3 Effekte und beachtenswerte Einflüsse ... 1515

3.2 Freie Lüftung ... 1516

3.2.1 Grundlagen ... 1516
3.2.1-1 Thermischer Auftrieb ... 1516
3.2.1-2 Winddruck ... 1519
3.2.2 Fugenlüftung ... 1520
3.2.3 Fensterlüftung ... 1520
3.2.4 Schachtlüftung ... 1523
3.2.5 Dachaufsatz-Lüftung ... 1525

3.3 Maschinelle Lüftung (RLT-Anlagen) ... 1531

3.3.1 Systeme ... 1531
3.3.1-1 Nur-Luft-Anlagen ... 1533
3.3.1-1.1 Einkanalanlagen mit konstantem Luftvolumenstrom (KVS-Anlagen) ... 1533
3.3.1-1.2 Einkanalanlagen mit variablem Luftvolumenstrom (VVS-Anlagen) ... 1534
3.3.1-1.3 Zonierung ... 1538
3.3.1-1.3.1 Einzonen-Anlagen ... 1538
3.3.1-1.3.2 Mehrzonen-Anlagen ... 1538
3.3.1-1.4 Intermittierende Lüftung ... 1539
3.3.1-1.5 Zweikanalanlagen ... 1540
3.3.1-2 Luft-Wasser-Anlagen ... 1542
3.3.1-2.1 Zweirohr-System ... 1543
3.3.1-2.2 Dreirohr-System ... 1543

REZENSIONSEXEMPLAR

3.3.1-2.3 Vierrohr-System ... 1543
3.3.1-2.4 Induktionsanlagen ... 1544
3.3.1-2.4.1 Ventilregelung ... 1545
3.3.1-2.4.2 Klappenregelung ... 1546
3.3.1-2.4.3 Brüstungsgeräte ... 1547
3.3.1-2.4.4 Deckeninduktionsgeräte ... 1548
3.3.1-2.4.5 Bodeninduktionsgeräte/Unterflurgeräte ... 1549
3.3.1-2.5 Passive Kühlkonvektoren ... 1549
3.3.1-2.6 RLT-Anlagen mit Gebläsekonvektoren (Fan-Coil-Anlagen) ... 1550
3.3.1-2.7 Fassadenlüftungsanlagen ... 1552
3.3.1-3 Luft-Kältemittel-Anlagen ... 1554
3.3.1-3.1 Außeneinheiten ... 1557
3.3.1-3.2 Inneneinheiten ... 1557

3.3.2 Bestandteile ... 1560
3.3.2-1 Ventilatoren ... 1560
3.3.2-1.1 Grundlagen ... 1560
3.3.2-1.1.1 Allgemeines ... 1560
3.3.2-1.1.2 Betriebspunkt des Ventilators ... 1560
3.3.2-1.2 Ventilatorbauarten ... 1563
3.3.2-1.2.1 Radialventilatoren ... 1563
3.3.2-1.2.2 Axialventilatoren ... 1565
3.3.2-1.3 Betriebsverhalten von Ventilatoren ... 1567
3.3.2-1.3.1 Regelung von Ventilatoren ... 1567
3.3.2-1.3.2 Parallel- und Serienbetrieb von Ventilatoren ... 1569
3.3.2-1.3.3 Anfahrbetrieb ... 1570
3.3.2-1.3.4 Auswahl eines Ventilators ... 1571
3.3.2-1.3.5 Einbau des Ventilators ... 1572
3.3.2-1.3.6 Anforderungen an die Energieeffizienz ... 1573
3.3.2-2 Lufterhitzer und Luftkühler ... 1574
3.3.2-2.1 Berippte Lamellenwärmeübertrager zur Lufterwärmung und Luftkühlung ... 1574
3.3.2-2.2 Wärmeübertragung ... 1578
3.3.2-2.2.1 Wärmeübertragung an berippten Wärmeübertragern auf der Luftseite ... 1578
3.3.2-2.2.2 Wirkungsgrad der Lamellen ... 1578
3.3.2-2.2.3 Wärmeübertragung innerhalb des Rohres ... 1580
3.3.2-2.3 Übliche Rohr- und Lamellengeometrie bei Lamellenwärmeübertragern ... 1581
3.3.2-2.4 Verschaltung der Rohre im Wärmeübertrager ... 1582
3.3.2-2.5 Umrechnung auf andere Betriebswerte ... 1582
3.3.2-2.5.1 Näherungsgleichung zur Umrechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten im Gegenstrom bei veränderten Bedingungen ... 1582
3.3.2-2.5.2 Umrechnung von weiteren Betriebswerten aus den Auslegungswerten ... 1583
3.3.2-2.5.3 Änderung des Druckabfalls der Wärmerückgewinnung ... 1584
3.3.2-2.6 Entfeuchtungskühler ... 1586
3.3.2-2.7 Elektrische Lufterwärmer ... 1588
3.3.2-3 Luftfilter ... 1590
3.3.2-3.1 Filtertheorie ... 1590
3.3.2-3.2 Filterprüfung ... 1592
3.3.2-3.3 Einsatzempfehlungen ... 1594
3.3.2-3.4 Druckdifferenzen, Standzeiten ... 1596
3.3.2-3.5 Filterbauarten ... 1596
3.3.2-4 Luftbefeuchter und Luftentfeuchter ... 1598
3.3.2-4.1 Luftbefeuchtung ... 1598
3.3.2-4.1.1 Adiabate Luftbefeuchter ... 1599

BEZUGSEXEMPLAR

3.3.2-4.1.1.1 Verdunstungsluftbefeuchter ... 1599
3.3.2-4.1.1.2 Zerstäubungsluftbefeuchter ... 1603
3.3.2-4.1.2 Dampfluftbefeuchter ... 1608
3.3.2-4.1.2.1 Elektrische Dampfluftbefeuchter mit Elektrodenheizung ... 1608
3.3.2-4.1.2.2 Elektrische Dampfluftbefeuchter mit Widerstandsheizung ... 1608
3.3.2-4.1.2.3 Gasbeheizte Dampfluftbefeuchter ... 1609
3.3.2-4.1.2.4 Dampfluftbefeuchter für vorhandenen Dampf (Druckdampfluftbefeuchter) ... 1609
3.3.2-4.1.2.5 Befeuchtungsstrecken bei Dampfluftbefeuchtung ... 1611
3.3.2-4.1.2.6 Befeuchtungsstrecken bei adiabaten Luftbefeuchtern ... 1613
3.3.2-4.1.3 Hygieneanforderungen an die Luftbefeuchtung ... 1613
3.3.2-4.1.3.1 Biofilme ... 1614
3.3.2-4.1.3.2 Wasseraerosole ... 1614
3.3.2-4.1.4 Gesundheitliche Auswirkungen niedriger Luftfeuchtigkeit ... 1615
3.3.2-4.1.5 Risikograph Raumluftfeuchte ... 1616
3.3.2-4.2 Luftentfeuchtung ... 1617
3.3.2-4.2.1 Methoden zur Luftentfeuchtung ... 1617
3.3.2-4.2.1.1 Entfeuchtung an Oberflächenkühlern ... 1618
3.3.2-4.2.1.2 Adsorption an hygroskopischen Oberflächen ... 1618
3.3.2-4.2.1.3 Absorption in hygroskopischen Flüssigkeiten ... 1619
3.3.2-4.2.2 Luftentfeuchtungsgeräte ... 1619
3.3.2-4.2.3 Kondensations-Luftentfeuchter ... 1620
3.3.2-4.2.4 Adsorptionstrockner ... 1621
3.3.2-5 Wärmerückgewinnung ... 1623
3.3.2-5.1 Allgemeines ... 1623
3.3.2-5.2 Kennzahlen der Wärmerückgewinnung ... 1624
3.3.2-5.3 Leistungskennzahlen ... 1624
3.3.2-5.4 Temperaturänderungsgrad ϕ_t (Rückwärmzahl) ... 1625
3.3.2-5.5 Feuchteänderungsgrad Ψ (Rückfeuchtezahl) ... 1626
3.3.2-5.5.1 Leistungszahl ε ... 1626
3.3.2-5.5.2 Wirkungsgrad η_{WRG} ... 1627
3.3.2-5.5.3 Referenzbetriebszustand ... 1627
3.3.2-5.5.4 Wärmebereitstellungsgrad ... 1628
3.3.2-5.5.5 Leckage der Wärmerückgewinnung ... 1628
3.3.2-5.5.6 Energiekennzahlen ... 1630
3.3.2-5.5.7 Bilanzgrenzen der Wärmerückgewinnung ... 1631
3.3.2-5.5.8 Berechnungsverfahren für Energiekennzahlen ... 1631
3.3.2-5.5.9 Berechnungsverfahren auf der Basis von Summenhäufigkeiten ... 1632
3.3.2-5.5.10 Quasidynamische und dynamische Berechnungsverfahren ... 1632
3.3.2-5.6 Die wirtschaftliche Bewertung und Optimierung von Wärmerückgewinnungssystemen ... 1632
3.3.2-5.6.1 Aufwand und Ertrag der Wärmerückgewinnung ... 1632
3.3.2-5.6.2 Wirtschaftlichkeitskennzahlen ... 1633
3.3.2-5.6.3 Das Optimum der Wärmerückgewinnung ... 1634
3.3.2-5.6.4 Das mehrdimensionale Optimum der Wärmerückgewinnung ... 1636
3.3.2-5.7 Systeme der Wärmerückgewinnung ... 1638
3.3.2-5.8 Einteilung der Wärmerückgewinnungssysteme ... 1638
3.3.2-5.8.1 Kriterien zur Wahl eines geeigneten WRG-Systems ... 1638
3.3.2-5.9 Regenerative Wärmeübertrager mit umlaufender Speichermasse (Rotationswärmeübertrager) ... 1640
3.3.2-5.10 Kreislaufverbundsystem ... 1643
3.3.2-5.10.1 Funktion ... 1644
3.3.2-5.10.2 Mehrfachfunktionale Wärmerückgewinnung auf Basis von Kreislaufverbundsystemen ... 1646
3.3.2-5.10.3 Optimierung des Umlaufstroms ... 1646
3.3.2-5.10.4 Zusätzliche thermodynamische Funktionen ... 1647
3.3.2-5.10.5 Ein- und Auskopplung von Wärme oder Kälte ... 1647

REZENSIONSEXEMPLAR

3.3.2-5.10.6 Nachwärmung und Nachkühlung ... 1648
3.3.2-5.10.7 Entfeuchtungskälterückgewinnung ... 1648
3.3.2-5.10.8 Kältemaschinenabwärme und Wärmepumpeneinbindung ... 1648
3.3.2-5.10.9 Freie Kälte ... 1649
3.3.2-5.10.10 Brauchwasservorwärmung ... 1649
3.3.2-5.10.11 WRG-Kopplung ... 1649
3.3.2-5.10.12 Zeitversetztes Ein- und Auskoppeln von thermischer Energie ... 1650
3.3.2-5.11 Plattenwärmeübertrager ... 1650
3.3.2-5.12 Wärmerohre ... 1654
3.3.2-5.13 Umschalt-Wärmerückgewinner ... 1656
3.3.2-5.14 Indirekte Verdunstungskühlung ... 1660
3.3.2-5.14.1 Prinzip der indirekten Verdunstungskühlung ... 1660
3.3.2-5.14.2 Energieeinsparung durch die indirekte Verdunstungskühlung ... 1661
3.3.2-5.14.3 Die Beschaffenheit von Wässern in Raumlufttechnischen Anlagen ... 1662
3.3.2-5.14.4 Wasserqualität ... 1662
3.3.2-5.15 Wasseraufbereitung ... 1662
3.3.2-5.16 Leistungsmessung ... 1663
3.3.2-5.17 CO_2-Bilanz ... 1664
3.3.2-5.18 Gesetzliche Vorgaben zur Wärmerückgewinnung ... 1665
3.3.2-6 Luftleitungen ... 1667
3.3.2-6.1 Material ... 1668
3.3.2-6.1.1 Stahlblech und Al-Blech ... 1668
3.3.2-6.1.2 Mauerwerk und Beton ... 1670
3.3.2-6.1.3 Kunststoffe ... 1670
3.3.2-6.1.4 Plattenkanäle ... 1670
3.3.2-6.1.5 Flexible Rohre, Schläuche ... 1670
3.3.2-6.2 Luftdichtheit ... 1671
3.3.2-6.3 Wärmeverluste von Luftleitungen ... 1672
3.3.2-7 Volumenstromregler, Variable Volumenstrom-(VVS-), Einkanal-Geräte ... 1673
3.3.2-7.1 Volumenstromregler ... 1673
3.3.2-7.1.1 Selbsttätige Volumenstromregler ohne Fremdenergie ... 1674
3.3.2-7.1.2 Volumenstromregler mit Fremdenergie ... 1675
3.3.2-7.2 Variable Volumenstrom-Geräte (Einkanalgeräte) ... 1675
3.3.2-7.3 Regelungsmöglichkeiten VVS-Anlagen und Raumdruckregelung ... 1676
3.3.2-8 Luftdurchlässe ... 1677
3.3.2-8.1 Deckenluftauslässe für turbulente Mischlüftung ... 1677
3.3.2-8.2 Wandluftauslässe für turbulente Mischlüftung ... 1681
3.3.2-8.3 Bodenluftauslässe für turbulente Mischlüftung ... 1685
3.3.2-8.4 Stuhl- und Stufenauslässe ... 1686
3.3.2-8.5 Auswahlkriterien ... 1687
3.3.2-9 Sonstiges Zubehör ... 1690

3.3.3 Raumlufttechnische Geräte ... 1693
3.3.3-1 Allgemeine Anforderungen ... 1693
3.3.3-2 Zentrale Geräte ... 1698
3.3.3-2.1 Aufbau der Geräte ... 1698
3.3.3-2.1.1 Geräte in Kastenbauweise ... 1698
3.3.3-2.1.2 Geräte in Kammerbauweise ... 1700
3.3.3-2.1.3 Geräte in Schrankbauweise ... 1701
3.3.3-2.2 Komplettgeräte ... 1704
3.3.3-2.3 Geräte für besondere Anforderungen ... 1705
3.3.3-2.3.1 Hygienegeräte ... 1705
3.3.3-2.3.2 Geräte für explosionsgefährdete Bereiche (Ex-Bereiche) ... 1706
3.3.3-2.3.3 Wetterfeste Geräte ... 1708
3.3.3-2.4 Sorptionsgestützte Klimatisierung ... 1711
3.3.3-3 Dezentrale Geräte ... 1714
3.3.3-3.1 Geräte für Wassersysteme ... 1714

LEZEPTIONSEXEMPLAR

3.3.3-3.1.1 Ventilatorkonvektoren (Fan Coils) ... 1714
3.3.3-3.1.2 Induktionsgeräte ... 1715
3.3.3-3.1.3 Fassadenlüftungsgeräte ... 1717
3.3.3-3.2 Geräte für Direktverdampfungssysteme – Splitgeräte ... 1719
3.3.3-3.2.1 Leistungsregelung der Geräte ... 1721
3.3.3-3.2.1.1 Non Inverter Systeme ... 1721
3.3.3-3.2.1.2 Invertersysteme ... 1722
3.3.3-3.2.2 Einraumgeräte ... 1722
3.3.3-3.2.3 Mehrraumgeräte ... 1722
3.3.3-3.2.4 Geräte für komplexe Systeme (VRF-Systeme) ... 1723
3.3.3-3.2.5 Mindesteffizienz von Raumklimageräten ... 1723
3.3.3-3.2.6 Geräte für Sonderanwendungen ... 1724
3.3.3-3.3 Luftheizgeräte ... 1724
3.3.3-3.3.1 Luftheizgeräte für Wasser und Dampf ... 1724
3.3.3-3.3.2 Gasbefeuerte Warmlufterzeuger ... 1729
3.3.3-3.3.3 Ölbefeuerte Warmlufterzeuger ... 1731
3.3.3-3.3.4 Mindesteffizienz von Luftheizgeräten ... 1735

3.3.4 Hybride Lüftung ... 1736
3.3.4-1 Allgemeines ... 1736
3.3.4-2 Auslegung ... 1736
3.3.4-3 Konzepte der hybriden Lüftung ... 1737
3.3.4-4 Anwendungsbeispiele in der Praxis ... 1738
3.3.4-5 Berechnung ... 1739
3.3.4-6 Symbole ... 1740

3.4 Thermisch aktive Raumflächen ... 1742

3.4.1 Allgemeines ... 1742
3.4.1-1 Gestaltungsvarianten ... 1743
3.4.1-2 Energieeinsatz ... 1747

3.4.2 Kühldecken ... 1748

3.4.3 Kühlkonvektoren ... 1755

3.4.4 Massivdeckenkühlung (Betonkernaktivierung) ... 1757

3.4.5 Kombinierte Kühl- und Heizdecken ... 1763

3.4.6 Kombinierte Kühl- und Heizwände ... 1765

3.4.7 Kombinierter Kühl- und Heizboden ... 1765

3.5 Geräuschentstehung und -minderung ... 1766

3.5.1 Geräuschentstehung ... 1766
3.5.1-1 Ventilatorgeräusche ... 1766
3.5.1-2 Geräusche im Luftleitungsnetz ... 1768

3.5.2 Geräuschfortpflanzung ... 1771
3.5.2-1 Körperschall ... 1771
3.5.2-2 Luftschall ... 1771

3.5.3 Schallimmissionen ... 1772

3.5.4 Luftschalldämpfung ... 1773
3.5.4-1 Natürliche Schalldämpfung ... 1774
3.5.4-1.1 Gerade Luftleitungen ... 1774
3.5.4-1.2 Umlenkungen ... 1774
3.5.4-1.3 Verzweigungen ... 1776
3.5.4-1.4 Querschnittssprünge ... 1776
3.5.4-1.5 Mündungsreflexion ... 1777

REZENSIONSEXEMPLAR

3.5.4-1.6 Sonstige Schallpegelminderungen ... 1777
3.5.4-2 Künstliche Schalldämpfung ... 1777
3.5.4-2.1 Allgemeines ... 1777
3.5.4-2.2 Absorptionsschalldämpfer, ... 1781
3.5.4-2.3 Telefonieschalldämpfer ... 1782
3.5.4-2.4 Resonanz- und Relaxationsschalldämpfer ... 1783
3.5.4-2.5 Aktive Schalldämpfer ... 1784
3.5.4-3 Schallpegel im Raum ... 1786
3.5.4-4 Akustische Anlagenberechnung ... 1788
3.5.4-5 Berechnungsbeispiel ... 1789
3.5.4-6 Schalldämpferauslegung zum Berechnungsbeispiel ... 1793

3.5.5 Luftschalldämmung ... 1793

3.5.6 Körperschalldämmung und Schwingungsisolierung ... 1797
3.5.6-1 Grundsätzliche Zusammenhänge ... 1797
3.5.6-2 Bauelemente zur Körperschalldämmung ... 1798
3.5.6-3 Bauelemente zur Schwingungsisolierung ... 1801

3.5.7 Entdröhnung ... 1804

3.5.8 Bauakustische Maßnahmen ... 1805

3.6 Brandschutz ... 1806

3.6.1 Allgemeines ... 1806

3.6.2 Baustoffe – Brandverhalten und Klassifizierung ... 1808

3.6.3 Brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen ... 1815
3.6.3-1 Allgemeines ... 1815
3.6.3-2 Baustoffe für Lüftungsleitungen ... 1815
3.6.3-3 Anforderungen an Brandschutzklappen und Lüftungsleitungen ... 1816
3.6.3-4 Anforderungen an Zuluft-, Fortluft- und Umluftanlagen ... 1818
3.6.3-5 Verlegung von Lüftungsleitungen ... 1818
3.6.3-6 Lüftungszentralen ... 1819
3.6.3-7 Gewerbliche Küchenabluft ... 1819

3.6.4 Anlagen zur Entrauchung ... 1820
3.6.4-1 Allgemeines ... 1820
3.6.4-2 Dimensionierung von Anlagen zur Rauchableitung aus Gebäuden ... 1822
3.6.4-2.1 Zonenmodelle ... 1822
3.6.4-2.2 CFD-Modelle ... 1824
3.6.4-2.3 Modellversuche ... 1825
3.6.4-2.4 Dimensionierung nach VDI 6019-2 ... 1826
3.6.4-2.4.1 Natürliche Rauchabzugsanlagen ... 1827
3.6.4-2.4.2 Maschinelle Rauchabzugsanlagen ... 1830
3.6.4-2.5 Dimensionierung nach DIN 18232 ... 1830
3.6.4-2.5.1 Natürliche Rauchabzugsanlagen (DIN 18232-2:2007-11) ... 1831
3.6.4-2.5.2 Maschinelle Rauchabzugsanlagen (DIN 18232-5:2012-05) ... 1832
3.6.4-2.6 Zusätzliche Hinweise für die Dimensionierung ... 1835
3.6.4-2.7 Komponenten von RWA-Anlagen, Regeln für ihren Einbau ... 1835

3.6.5 Anlagen zur Rauchfreihaltung von Rettungswegen ... 1836
3.6.5-1 Allgemeines ... 1836
3.6.5-2 Treppenräume gemäß MBO ... 1837
3.6.5-3 Treppenräume in Verkaufsstätten ... 1839
3.6.5-4 Treppenräume in Versammlungsstätten ... 1839
3.6.5-5 Treppenräume in Hochhäusern ... 1839
3.6.5-5.1 Hochhäuser bis zu einer Höhe von 60 m ... 1839
3.6.5-5.2 Hochhäuser mit einer Höhe über 60 m ... 1839
3.6.5-5.3 Druckbelüftungsanlagen ... 1840

EZ BIBLIOTHEKSEXEMPLAR

3.7 Regelung von Lüftungs- und Klimaanlagen 1850

3.7.1 Regelung von Lüftungsanlagen 1850
3.7.1-1 Zulufttemperaturregelung 1850
3.7.1-1.1 Zulufttemperaturregelung mit Erhitzer 1850
3.7.1-1.2 Zulufttemperaturregelung mit Erhitzer und Kühler 1851
3.7.1-2 Ablufttemperaturregelung 1854
3.7.1-3 Kaskadenregelung 1855

3.7.2 Regelung von Klimaanlagen 1856
3.7.2-1 Regelung von Luftbefeuchtungsanlagen 1856
3.7.2-1.1 Regelung von adiabaten Luftbefeuchtern 1857
3.7.2-1.1.1 Taupunkt-Feuchteregelung 1857
3.7.2-1.1.2 Enthalpie-Feuchteregelung 1857
3.7.2-1.2 Regelung von Dampf-Luftbefeuchtern 1858
3.7.2-1.2.1 Raum- bzw. Abluft-Feuchteregelung 1858
3.7.2-1.2.2 Abluftfeuchteregelung mit stetiger Zuluft-Feuchtebegrenzung 1859
3.7.2-1.2.3 Zuluft-Feuchteregelung mit stetiger Leistungsvorgabe 1859

3.7.3 Variabler Volumenstrom 1860

3.7.4 Umluftbeimischung 1861
3.7.4-1 Regenerative Wärmerückgewinnung 1861
3.7.4-2 Umluftklappe 1862

3.7.5 Zusatzfunktionen 1862
3.7.5-1 Außentemperaturabhängiger Sollwert 1863
3.7.5-2 CO_2-Einfluss 1863
3.7.5-3 Filterüberwachung 1864
3.7.5-4 Überdruck- oder Unterdruckregelung eines Raumes 1865
3.7.5-4.1 Überdruckregelung eines Raumes 1865
3.7.5-4.2 Unterdruckregelung eines Raumes 1865

3.8 Berechnung der Lüftungs- und Klimaanlagen (RLT-Anlagen) 1866

3.8.1 Bestimmung der Luftvolumenströme 1866
3.8.1-1 Ermittlung des Zuluftvolumenstroms nach dem Mindestaußenluftvolumenstrom 1866
3.8.1-2 Ermittlung des Zuluftvolumenstroms nach den Schadstoffemissionen 1868
3.8.1-3 Ermittlung des Zuluftvolumenstroms nach der thermischen Last 1869
3.8.1-4 Gütegrade der Lüftung (Lüftungseffektivität) 1870
3.8.1-4.1 Luftaustausch 1870
3.8.1-4.2 Schadstoffabfuhr 1872
3.8.1-4.3 Zusammenhänge mit deutscher Literatur 1874

3.8.2 Dimensionierung des Luftleitungsnetzes 1874
3.8.2-1 Luftleitungen und -durchlässe 1874
3.8.2-1.1 Druckverluste 1875
3.8.2-1.2 Volumenstromverteilung 1883
3.8.2-1.2.1 Luftverteilung in einem Luftleitungsstrang 1883
3.8.2-1.2.2 Luftverteilung in einem verzweigten Luftleitungssystem 1884
3.8.2-2 Ventilatoren 1886

3.8.3 Kühllastberechnung 1887
3.8.3-1 Grundlagen 1887
3.8.3-2 Abschätzverfahren 1888
3.8.3-3 Berechnung der einzelnen Wärmeströme 1892
3.8.3-3.1 Solarer Wärmeeintrag 1892
3.8.3-3.2 Transmissionswärmequellen bzw. -senken 1904

REZENSIONSEXEMPLAR

3.8.3-3.3 Lüftungswärmequellen bzw. -senken ... 1906
3.8.3-3.4 Interne Wärmequellen bzw. -senken ... 1906
3.8.3-3.4.1 Personenwärme ... 1906
3.8.3-3.4.2 Beleuchtungswärme ... 1907
3.8.3-3.4.3 Gerätewärme ... 1910
3.8.3-4 Genauigkeit des Abschätzverfahrens ... 1912

3.8.4 Luftbefeuchtungsanlagen mit Luftwäscher ... 1913
3.8.4-1 Mischung von Außenluft und Umluft ... 1914
3.8.4-2 Vorerwärmung der Außenluft ... 1915
3.8.4-3 Wassererwärmung durch Gegenstromapparat ... 1916

3.8.5 Luftentfeuchtung ... 1918
3.8.5-1 Kühlmethode ... 1918
3.8.5-2 Adsorptionsmethode ... 1920

3.8.6 Klimaanlagen ... 1921
3.8.6-1 Sommerbetrieb ... 1921
3.8.6-1.1 Kühllast ... 1921
3.8.6-1.2 Trocknungslast ... 1921
3.8.6-1.3 Luftvolumenstrom ... 1922
3.8.6-1.4 Lufteintrittszustand ... 1922
3.8.6-1.5 Kühlleistung ... 1922
3.8.6-1.6 Wasserverbrauch ... 1923
3.8.6-1.7 Nacherwärmung ... 1923
3.8.6-2 Winterbetrieb ... 1923
3.8.6-2.1 Heizlast ... 1923
3.8.6-2.2 Befeuchtungslast ... 1924
3.8.6-2.3 Lufteintritt ... 1924
3.8.6-2.4 Befeuchtung ... 1924
3.8.6-2.5 Nacherwärmung ... 1925

3.8.7 Jahresenergiebedarf ... 1929

3.9 Ausführung der Lüftung in verschiedenen Gebäude- und Raumarten ... 1940

3.9.1 Technische und bauliche Entscheidungen ... 1940
3.9.1-1 Allgemeines ... 1940
3.9.1-2 Technische Entscheidungen ... 1942
3.9.1-2.1 Anwendungsgebiete/Gebäudenutzung ... 1942
3.9.1-2.2 Luftführungsarten ... 1942
3.9.1-2.3 Inbetriebnahme und Abnahme ... 1944
3.9.1-3 Bautechnische Entscheidungen ... 1944
3.9.1-3.1 Allgemeines ... 1944
3.9.1-3.2 Raumlufttechnische Zentralen ... 1944
3.9.1-3.3 Luftleitungen (Kanäle) ... 1948
3.9.1-3.4 Brandschutz ... 1949
3.9.1-3.5 Montage ... 1949

3.9.2 Wohngebäude ... 1949
3.9.2-1 Allgemeines ... 1949
3.9.2-2 Luftwechsel/Luftvolumenstrom ... 1950
3.9.2-3 Fensterlüftung ... 1951
3.9.2-4 Freie Wohnungslüftung ... 1952
3.9.2-5 Ventilatorgestützte Wohnungslüftung ... 1952
3.9.2-6 Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung ... 1953
3.9.2-6.1 Wärmeübertrager ... 1953
3.9.2-6.2 Wärmepumpen ... 1954
3.9.2-6.2.1 Abluft-Zuluft-Wärmepumpe ... 1954

EZ-DIGITAL-EXEMPLAR

3.9.2-6.2.2 Abluft-Wasser-Wärmepumpe ... 1955
3.9.2-6.3 Bauaufsichtliche Zulassung ... 1955
3.9.2-7 Energieeffizienz ... 1955
3.9.2-7.1 Labeling und Ecodesign ... 1955
3.9.2-7.2 Energieeinsparpotenziale ... 1956
3.9.2-7.3 Stromverbrauch ... 1957
3.9.2-7.4 Gebäudedichtheit und Nutzerverhalten ... 1957
3.9.2-8 Wohnungslüftung in Mehrfamilienhäusern ... 1957

3.9.3 Büro- und Verwaltungsgebäude ... 1958
3.9.3-1 Allgemeines ... 1958
3.9.3-2 Gesetzliche Anforderungen an Bürogebäude: Gebäudeenergiegesetz (GEG) ... 1960
3.9.3-3 Systemauswahl ... 1962
3.9.3-4 Systeme ... 1963
3.9.3-4.1 Maschinelle Lüftungsanlagen ... 1963
3.9.3-4.2 Luft-Wasser-Anlagen ... 1966
3.9.3-4.2.1 Kühldecke mit Grundlüftung ... 1966
3.9.3-4.2.2 Bauteilaktivierung mit Grundlüftung ... 1969
3.9.3-4.2.3 Induktionsanlagen ... 1972
3.9.3-4.2.4 Passive Kühlkonvektoren ... 1975
3.9.3-4.2.5 Fan-Coil-Systeme ... 1976
3.9.3-4.2.6 Luft-Kältemittel-Anlagen ... 1977
3.9.3-4.3 Dezentrale maschinelle Lüftung ... 1979
3.9.3-4.3.1 PCM-Geräte ... 1981
3.9.3-4.3.2 Abluftsysteme ... 1983
3.9.3-5 Zusammenfassung ... 1983

3.9.4 Schulen u. ä. ... 1985
3.9.4-1 Schulen ... 1985
3.9.4-2 Hörsäle ... 1996
3.9.4-2.1 Luftführung ... 1996

3.9.5 Krankenhäuser, Gebäude des Gesundheitswesens ... 1997
3.9.5-1 Allgemeines ... 1997
3.9.5-2 Übersicht Richtlinien und Empfehlungen ... 1998
3.9.5-3 Hygienisch relevante Grundmerkmale von Lüftungskonzepten ... 2005
3.9.5-4 Lüftung von Operationsräumen und Eingriffsräumen ... 2006
3.9.5-4.1 OP mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung (TAV) ... 2006
3.9.5-4.2 OP oder Eingriffsraum mit Mischlüftung (TML) ... 2009
3.9.5-4.3 Vergleichsbetrachtungen ... 2009
3.9.5-5 Weitere Räume einer OP-Abteilung ... 2010
3.9.5-6 Gesamtkonzept für Operationsabteilungen ... 2011
3.9.5-7 Weitere hygienisch relevante Räume ... 2012
3.9.5-7.1 Zimmer für protektive Isolation (Sterilpflegezimmer) ... 2012
3.9.5-7.2 Isolierzimmer für Patienten mit Freisetzung infektiöser Aerosole ... 2013
3.9.5-7.3 Intensivpflegezimmer und -station ... 2013
3.9.5-7.4 Notaufnahme, Warteräume, Zentralsterilisation ... 2013
3.9.5-7.5 Normalpflegestationen, Bettenzimmer ... 2013
3.9.5-8 Qualifizierung und Requalifizierung von OP-Raum-Lüftungskonzepten ... 2014
3.9.5-8.1 OP-Räume mit TAV ... 2014
3.9.5-8.2 Bemerkungen zu den Prüfverfahren ... 2015
3.9.5-8.3 OP-Räume mit TML ... 2017
3.9.5-9 Anforderungen an RLT-Geräte und Kanäle ... 2017
3.9.5-10 Kostenaspekte ... 2017
3.9.5-11 Betrieb ... 2018

REZENSIONSEXEMPLAR

3.9.6 Gebäude des Hotelgewerbes ... 2019
3.9.6-1 Hotels ... 2019
3.9.6-1.1 Allgemeines ... 2019
3.9.6-1.2 Das Hotelzimmer ... 2019
3.9.6-1.3 Varianten der technischen Ausstattung ... 2020
3.9.6-1.3.1 Kühlen mittels Umluftkühlgeräten mit Ventilator ... 2021
3.9.6-1.3.2 Kühlen und Heizen mittels Umlaufkühlgeräten mit Ventilator ... 2021
3.9.6-1.3.3 Lüftung ... 2022
3.9.6-1.3.4 Raumregelung ... 2022
3.9.6-1.3.5 Medienanbindung ... 2022
3.9.6-1.3.6 Übersicht ... 2022
3.9.6-1.4 Beispiel ... 2023
3.9.6-1.5 Kosten ... 2024
3.9.6-1.6 Interdisziplinärer Ansatz ... 2024
3.9.6-1.7 Vorschriften und Richtlinien ... 2024

3.9.7 Verkaufsstätten ... 2027
3.9.7-1 Allgemeines ... 2027
3.9.7-2 Vorschriften, Richtlinien ... 2028
3.9.7-3 Aufgaben und Arten der Lüftung ... 2028
3.9.7-4 Thermische Behaglichkeit in Verkaufsstätten ... 2028
3.9.7-5 Planungshinweise ... 2031
3.9.7-6 Luftschleier (Lufttüren) ... 2032
3.9.7-6.1 Anordnung von Luftschleieranlagen ... 2032
3.9.7-6.2 Auslegung ... 2033
3.9.7-6.3 Anwendungsbeispiel ... 2033

3.9.8 Betriebsgebäude und -anlagen ... 2034
3.9.8-1 Fertigungsstätten ... 2034
3.9.8-1.1 Allgemeines ... 2034
3.9.8-1.2 Industrielle Absauganlagen ... 2035
3.9.8-1.2.1 Allgemeines ... 2035
3.9.8-1.2.2 Ventilatoren für Absauganlagen ... 2036
3.9.8-1.2.3 Brand- und Explosionsgefahr ... 2037
3.9.8-1.2.4 Geschwindigkeiten in Rohrleitungen ... 2037
3.9.8-1.2.5 Störströmungen ... 2038
3.9.8-1.2.6 Erfassungseinrichtungen ... 2039
3.9.8-1.2.6.1 Allgemeines und Bauarten ... 2039
3.9.8-1.2.6.2 Konstruktive Ausführung und Materialwahl ... 2040
3.9.8-1.2.6.3 Auslegung nach dem Geschwindigkeitsverfahren ... 2040
3.9.8-1.2.6.4 Erfassungseinrichtungen offener Bauart ... 2042
3.9.8-1.2.6.5 Geschwindigkeitsfelder vor Saugöffnungen ... 2043
3.9.8-1.2.6.6 Berechnungsgrundlagen ... 2046
3.9.8-1.2.6.7 Volumenstrombilanzierung ... 2049
3.9.8-1.2.7 Erfassung für spezielle Produktionsverfahren ... 2051
3.9.8-1.2.7.1 Einhausungen, Kapselungen ... 2051
3.9.8-1.2.7.2 Industriebäder ... 2052
3.9.8-1.2.7.3 Trockenöfen, Backöfen, Verbrennungsöfen ... 2054
3.9.8-1.2.7.4 Putz- und Schleiftische ... 2055
3.9.8-1.2.7.5 Schweißen ... 2055
3.9.8-1.2.7.6 Maschinenabsaugung ... 2057
3.9.8-1.2.7.7 Kühlschmierstoffabsaugung an Werkzeugmaschinen ... 2059
3.9.8-1.2.7.8 Holzbearbeitungsmaschinen ... 2059
3.9.8-1.2.7.9 Sack- und Fassfüllung ... 2062
3.9.8-1.2.7.10 Transport und Bearbeitung von Schüttgütern ... 2062
3.9.8-1.2.7.11 Zentrale Staubsauganlagen ... 2063
3.9.8-1.2.7.12 Ortsveränderliche Absaugleitungen ... 2063

PROBEXEMPLAR

3.9.8-1.3 Lüftung ... 2065
3.9.8-1.3.1 Allgemeines ... 2065
3.9.8-1.3.2 Mechanische Belüftung ... 2065
3.9.8-1.3.3 Grundlagen für die Auslegung ... 2066
3.9.8-1.3.4 Auswahl der Luftführung und Bemessung der Zu- und Abluftströme ... 2069
3.9.8-1.4 Luftschleieranlagen in Industriehallen ... 2076
3.9.8-1.4.1 Wirkungsweise ... 2077
3.9.8-1.4.2 Ausführungsarten ... 2077
3.9.8-1.4.3 Einflussgrößen ... 2077
3.9.8-1.4.4 Volumenzunahme und Mischungsverlust im Luftschleier ... 2079
3.9.8-1.4.5 Auslegung ... 2080
3.9.8-1.4.6 Ausführungsbeispiel Industrietor ... 2081
3.9.8-2 Laboratorien ... 2082
3.9.8-2.1 Allgemeines ... 2082
3.9.8-2.2 Anforderung an die maschinelle Lüftung ... 2083
3.9.8-2.3 Volumenstrom ... 2084
3.9.8-2.4 Filter ... 2087
3.9.8-2.5 Raumklimakonditionen ... 2087
3.9.8-2.6 Luftführung ... 2087
3.9.8-2.7 Gebäudetechnische Erschließung ... 2088
3.9.8-2.8 Energieeffizienzmaßnahmen ... 2089
3.9.8-3 Batterieräume (Akkumulatorenräume) ... 2090
3.9.8-3.1 Allgemeines ... 2090
3.9.8-3.2 Volumenstromermittlung ... 2090
3.9.8-3.3 Natürliche Belüftung ... 2091
3.9.8-3.4 Maschinelle Belüftung (Zwangsbelüftung) ... 2091
3.9.8-4 Klimatisierung von Rechenzentren ... 2092
3.9.8-4.1 Vorbemerkung ... 2092
3.9.8-4.2 Auslegungsgrundlagen ... 2092
3.9.8-4.3 Luftführungssysteme ... 2093
3.9.8-4.4 Anlagentechnische Lösungen ... 2095
3.9.8-4.5 Betriebssicherheit/Verfügbarkeit ... 2097
3.9.8-4.6 Abwärmenutzung aus Rechenzentren ... 2097
3.9.8-4.7 Energieeffizienz/Wirtschaftlichkeit ... 2098
3.9.8-5 Reinraumtechnik ... 2099
3.9.8-5.1 Partikelquellen ... 2101
3.9.8-5.2 Reinraumklassifizierung als Reinheitsklassen der Luft ... 2103
3.9.8-5.3 Reinraum-/Reinheitsmesstechnik ... 2104
3.9.8-5.4 Schwebstofffilter ... 2105
3.9.8-5.5 Strömungsformen ... 2106
3.9.8-5.6 Luftversorgung ... 2107
3.9.8-5.7 Ausführungsbeispiele ... 2111
3.9.8-6 Lackieranlagen ... 2116
3.9.8-6.1 Allgemeines ... 2116
3.9.8-6.2 Spritzwände ... 2117
3.9.8-6.3 Spritzstände ... 2117
3.9.8-6.4 Spritzkabinen ... 2117
3.9.8-6.5 Automatische Spritzkabinen ... 2118
3.9.8-6.6 Zuluft ... 2119
3.9.8-6.7 Abluft ... 2119
3.9.8-7 Textilbetriebe ... 2119
3.9.8-7.1 Allgemeines ... 2119
3.9.8-7.2 Aufgaben der Textillufttechnik ... 2120
3.9.8-7.3 RLT-Systeme ... 2121
3.9.8-7.3.1 Übersättigungsanlagen ... 2121
3.9.8-7.3.2 Konventionelle Anlagen ... 2121

REZENSIONSEXEMPLAR

3.9.8-7.3.3 Gemischtes Klimatisierungssystem für Webereien ... 2122
3.9.8-7.4 Spezielle Textilluft-Komponenten ... 2123
3.9.8-7.4.1 Trommelfilter ... 2124
3.9.8-7.4.2 Paneel-Filter ... 2125
3.9.8-7.4.3 Compact-Drum-Filter ... 2125
3.9.8-7.4.4 Vliesdrehfilter ... 2126
3.9.8-7.4.5 Luftwäscher ... 2126
3.9.8-7.4.6 Wanderreiniger ... 2127
3.9.8-7.4.7 Abscheider, Kompaktoren ... 2127

3.9.9 Theater, Saalbauten ... 2129
3.9.9-1 Anlagengestaltung ... 2129
3.9.9-2 Luftführung ... 2130
3.9.9-3 Regelung ... 2131

3.9.10 Museen ... 2131
3.9.10-1 Allgemeines ... 2131
3.9.10-2 Forderungen an das Raumklima ... 2132
3.9.10-3 Heiz-und Kühllasten ... 2138
3.9.10-4 Systemlösungen/Anlagensysteme ... 2141
3.9.10-5 Befeuchtungstechnik ... 2143
3.9.10-6 Schadstofffilterung ... 2145
3.9.10-7 Regelung ... 2146
3.9.10-8 Vitrinenklimatisierung ... 2146

3.9.11 Sonstige Gebäude und Gebäudeteile ... 2150
3.9.11-1 Garagen ... 2150
3.9.11-1.1 Allgemeines ... 2150
3.9.11-1.2 Abgase durch Verbrennungsmotore ... 2150
3.9.11-1.3 Natürliche Lüftung ... 2151
3.9.11-1.4 Maschinelle Lüftung ... 2152
3.9.11-1.4.1 Überwachung, Schaltung und Steuerung ... 2152
3.9.11-1.5 Luftführung und Volumenstrom ... 2153
3.9.11-1.6 CO-Warnanlagen ... 2155
3.9.11-1.7 Wartung, Prüfungen und Betrieb ... 2156
3.9.11-2 Küchen ... 2156
3.9.11-2.1 Anwendungsbereich ... 2156
3.9.11-2.2 Wärme- und Stofflasten ... 2157
3.9.11-2.3 Freisetzungsprozesse von Schadstoffen und Wärme ... 2157
3.9.11-2.4 Ablufterfassung ... 2158
3.9.11-2.4.1 Küchenlüftungsdecken ... 2158
3.9.11-2.5 Luftführung im Raum ... 2158
3.9.11-2.5.1 Mischströmung ... 2158
3.9.11-2.5.2 Schichtströmung ... 2159
3.9.11-2.6 Dimensionierung Raumlufttechnischer Anlagen ... 2161
3.9.11-2.6.1 Thermikluftstrom ... 2161
3.9.11-2.6.2 Erfassungsluftstrom für Küchenlüftungshauben ... 2161
3.9.11-2.6.3 Zuluftstrom/Abluftstrom ... 2161
3.9.11-2.6.4 Abluftströme in Verbindung mit Küchenlüftungshauben ... 2164
3.9.11-2.6.5 Abluftströme in Verbindung mit Küchenlüftungsdecken ... 2164
3.9.11-2.6.6 Kontrollrechnung ... 2164
3.9.11-2.7 Abschätzen der Luftströme ... 2165
3.9.11-2.8 Hinweise ... 2165
3.9.11-2.8.1 Thermische Behaglichkeit – Erträglichkeit ... 2165
3.9.11-2.8.2 Hygiene ... 2165
3.9.11-3 Tierställe ... 2166
3.9.11-3.1 Bauweisen und Ventilation ... 2166
3.9.11-3.2 Außenklimaställe mit natürlicher Lüftung ... 2167
3.9.11-3.3 Wärmegedämmte Ställe mit erzwungener Lüftung ... 2167

PANDOR-EXEMPLAR

3.9.11-3.3.1 Vorgehensweise bei der lüftungstechnischen Planung ... 2167
3.9.11-3.3.2 Erstellung der Wärmebilanzen (Rechengang und Interpretation) ... 2176

3.9.12 Tunnel ... 2179
3.9.12-1 Tunnellüftung ... 2179
3.9.12-1.1 Straßentunnel ... 2180
3.9.12-1.1.1 Natürliche Lüftung ... 2182
3.9.12-1.1.2 Mechanische Längslüftung ... 2182
3.9.12-1.1.3 Punktuelle Absaugung ... 2183
3.9.12-1.1.4 Halbquerlüftung (HQ) ... 2183
3.9.12-1.1.5 Vollquerlüftung (VQ) ... 2184
3.9.12-1.2 Eisenbahntunnel ... 2184
3.9.12-1.3 U-Bahn-Systeme (Metros) ... 2185
3.9.12-1.4 Fluchtstollenbelüftungen ... 2187
3.9.12-1.5 Baulüftungen ... 2188
3.9.12-1.6 Unterirdische technische Anlagen ... 2188
3.9.12-1.7 Untergrundräume ... 2189
3.9.12-1.8 Maschinentechnische Ausstattung ... 2189
3.9.12-1.8.1 Axialventilatoren ... 2189
3.9.12-1.8.2 Strahlventilatoren ... 2189
3.9.12-1.8.3 Radialventilatoren ... 2189
3.9.12-1.8.4 Klappen ... 2190
3.9.12-1.8.5 Steuerung ... 2190
3.9.12-1.8.6 Energieversorgung ... 2190
3.9.12-2 Tunnelklimatisierung ... 2190
3.9.12-2.1 Konventionelle Klimaaggregate ... 2190
3.9.12-2.2 Sprühkühlung ... 2191
3.9.12-3 Tunnelaerodynamik ... 2191
3.9.12-4 Verantwortung des Tunnellüftungsingenieurs ... 2194

4 TRINKWASSERTECHNIK ... 2197

4.1 Aufgaben und Bedeutung ... 2197

4.1.1 Begriffe, Symbole ... 2198

4.2 Anforderungen an die Planung ... 2202

4.2.1 Rechtliche Anforderungen ... 2203
4.2.1-1 Trinkwasserverordnung ... 2203
4.2.1-2 AVBWasserV ... 2205
4.2.1-3 Überblick Regelwerke TRWI ... 2205

4.2.2 Anforderungen an die Trinkwasserhygiene ... 2207
4.2.2-1 Trinkwasseranalyse ... 2207
4.2.2-2 Bestimmungsgemäßer Betrieb – Raumbuch ... 2208
4.2.2-3 Größe der Anlage ... 2210
4.2.2-4 Stagnation ... 2211
4.2.2-5 Kaltwassertemperatur PWC ... 2211
4.2.2-6 Warmwassertemperatur PWH ... 2212
4.2.2-7 Anlagensicherheit, Verbindung zu Nichttrinkwasser ... 2212
4.2.2-8 Betriebsunterbrechung und Wiederinbetriebnahme ... 2212
4.2.2-9 Anforderungen aufgrund von Bauordnungen ... 2212

4.2.3 Schallschutztechnische Anforderungen ... 2213
4.2.3-1 DIN 4109 Schallschutz im Hochbau ... 2213

REZENSIONSEXEMPLAR

4.2.3-2 VDI 4100 Schallschutz im Hochbau ... 2218
4.2.3-3 Schallschutztechnische Maßnahmen ... 2220
4.2.3-3.1 Vermeidung von Körperschall ... 2221
4.2.3-3.2 Fließgeschwindigkeiten ... 2222
4.2.3-3.3 Ruhedruck ... 2222
4.2.3-3.4 Armaturen und Geräte ... 2223

4.2.4 Dämmung von Trinkwasserleitungen ... 2224
4.2.4-1 Trinkwasserleitungen kalt (PWC) ... 2224
4.2.4-2 Trinkwasserleitungen warm (PWH und PWH-C) ... 2225

4.3 Aufbau und Bestandteile von Trinkwasserinstallationen ... 2227

4.3.1 Leitungsanlage ... 2227
4.3.1-1 Hausanschluss ... 2227
4.3.1-2 Leitungstypen ... 2228
4.3.1-3 Rohrleitungsmaterialien ... 2229
4.3.1-4 Leitungsführung ... 2231
4.3.1-4.1 Verteiler mit Einzelzuleitungen ... 2232
4.3.1-4.2 T-Stück-Installation ... 2232
4.3.1-4.3 Reihenleitung ... 2233
4.3.1-4.4 Ringleitung ... 2233
4.3.1-4.5 Empfehlung bei Stockwerksinstallationen mit Wasserzähler ... 2233
4.3.1-4.6 Stockwerksinstallationen ohne Wasserzähler ... 2234
4.3.1-4.6.1 Verhinderung des Wärmeübergangs von PWH auf PWC ... 2236

4.3.2 Armaturen ... 2237
4.3.2-1 Armaturenwerkstoffe ... 2237
4.3.2-2 Entnahmearmaturen ... 2238
4.3.2-3 Leitungsarmaturen ... 2239
4.3.2-3.1 Absperrarmaturen ... 2239
4.3.2-3.2 Kompensatoren ... 2240
4.3.2-3.3 Schläuche ... 2240
4.3.2-3.4 Zirkulationsregulierventile ... 2241
4.3.2-3.5 Sicherheitsarmaturen ... 2242
4.3.2-3.6 Thermische Ablaufsicherung ... 2244
4.3.2-3.7 Sicherungsarmaturen ... 2246
4.3.2-3.8 Druckminderer ... 2255

4.3.3 Wasserbehandlungsmaßnahmen ... 2256

4.3.4 Probenahmestellen ... 2257
4.3.4-1 Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen ... 2257
4.3.4-2 Probenahme für chemische Untersuchungen ... 2261

4.3.5 Desinfektion von Trinkwasser und Anlagen ... 2261
4.3.5-1 Trinkwasserdesinfektion ... 2262
4.3.5-1.1 Desinfektion mit Chlor oder Hypochlorit ... 2262
4.3.5-1.2 Desinfektion mit Chlordioxid ... 2262
4.3.5-1.3 Ozon ... 2262
4.3.5-1.4 Desinfektion durch UV-Bestrahlung – „Aachener Konzept“ ... 2263
4.3.5-1.5 Konservierung ... 2264
4.3.5-1.6 Thermische Verfahren ... 2264
4.3.5-1.6.1 Abkochen ... 2264
4.3.5-1.6.2 „55-°C-Regel“ aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 ... 2264
4.3.5-1.6.3 Legionellenschaltung ... 2264
4.3.5-2 Anlagendesinfektion ... 2264

LEZER CONCEPTUAL

4.4 Hydraulische Berechnung von Trinkwasserinstallationen ... 2266

4.4.1 Normative Grundlagen ... 2266

4.4.2 Schritte der Rohrnetzberechnung ... 2266
4.4.2-1 Berechnungsdurchfluss ... 2267
4.4.2-2 Summendurchfluss ... 2268
4.4.2-3 Spitzendurchfluss ... 2268
4.4.2-4 Nutzungseinheiten ... 2269
4.4.2-5 Berechnungsstartpunkt ... 2270
4.4.2-6 Verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle ... 2271
4.4.2-7 Druckverlust in Apparaten ... 2272
4.4.2-8 Fließgeschwindigkeiten ... 2272
4.4.2-9 Druckverlust aus Rohrreibung ... 2273
4.4.2-10 Druckverlust aus Einzelwiderständen ... 2273
4.4.2-11 Bemessung von Zirkulationsleitungen ... 2275
4.4.2-12 Inliner-Zirkulationen ... 2278

4.4.3 Druckerhöhungsanlagen ... 2280
4.4.3-1 Begriffsbestimmung ... 2281
4.4.3-1.1 Fließ- und Ruhedruck ... 2282
4.4.3-1.2 Fließgeschwindigkeit ... 2282
4.4.3-2 Grundlagen Druckerhöhungsanlagen ... 2282
4.4.3-2.1 Drehzahlregelung ... 2282
4.4.3-2.2 Anforderungen an Bauteile, Apparate und Werkstoffe ... 2283
4.4.3-2.3 Selbstansaugende Pumpen ... 2283
4.4.3-2.4 Normalsaugende Pumpen ... 2283
4.4.3-2.5 Haltedruckhöhe ... 2284
4.4.3-2.6 Pumpenkennlinie ... 2285
4.4.3-2.7 Anlagenkennlinie/Rohrnetzparabel ... 2286
4.4.3-2.8 Reihenschaltung von Druckstufen ... 2287
4.4.3-2.9 Pumpenparallelschaltung ... 2288
4.4.3-3 Auslegung von Druckerhöhungsanlagen ... 2289
4.4.3-3.1 Förderstrom (Spitzendurchfluss Q_D) ... 2289
4.4.3-3.2 Förderdruck ΔP_P ... 2289
4.4.3-3.3 Zulaufdruck P_{vor} ... 2289
4.4.3-3.4 Ausgangsdruck nach DEA P_{nach} ... 2290
4.4.3-4 Anschlussarten ... 2291
4.4.3-5 Druckzonen ... 2293

4.5 Trinkwasser-Erwärmungsanlagen ... 2296

4.5.1 Anforderungen ... 2296

4.5.2 Systematik der Einteilung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen ... 2296

4.6 Ausführungsarten ... 2299

4.6.1 Dezentrale Trinkwassererwärmung ... 2299
4.6.1-1 Einzel- und Gruppenversorgung im Durchflusssystem ... 2299
4.6.1-1.1 Direkte Beheizung mit Strom bei Durchflusssystemen (Durchlauferhitzer) ... 2300
4.6.1-1.2 Direkte Beheizung mit Gas bei Durchflusssystemen (Gas-Durchlauferhitzer) ... 2300
4.6.1-1.3 Indirekte Beheizung bei Durchflusssystemen (Wohnungsstationen) ... 2301
4.6.1-2 Einzel- und Gruppenversorgung im Speichersystem ... 2303
4.6.1-2.1 Direkte Beheizung mit Strom bei Speichersystemen ... 2303

REZENSIONSEXEMPLAR

4.6.1-2.1.1 Drucklose (offene) Speicher ... 2303
4.6.1-2.1.2 Druckspeicher (geschlossene Speicher) ... 2303
4.6.1-2.2 Direkte Beheizung mit Gas bei Speichersystemen ... 2304
4.6.1-2.3 Indirekte Beheizung mit Gas bei Speichersystemen ... 2304

4.6.2 Zentrale Trinkwassererwärmung ... 2305
4.6.2-1 Durchflusssysteme ... 2305
4.6.2-1.1 Funktionsprinzip ... 2305
4.6.2-1.2 Beheizungsarten/Energiearten ... 2306
4.6.2-2 Speichersysteme ... 2306
4.6.2-2.1 Funktionsprinzip ... 2306
4.6.2-2.2 Beheizungssysteme bei Trinkwasserspeichern ... 2307
4.6.2-2.2.1 Direkt (unmittelbar) beheizte Speichersysteme ... 2307
4.6.2-2.2.2 Indirekt (mittelbar) beheizte Speichersysteme ... 2308
4.6.2-2.3 Energiearten ... 2309
4.6.2-2.3.1 Beheizung mit Heizkessel (Öl, Gas, oder festen Brennstoffen) ... 2309
4.6.2-2.3.2 Beheizung mit Fernwärme (direkte Einspeisung) ... 2310
4.6.2-2.3.3 Solare Beheizung ... 2311
4.6.2-2.3.4 Elektrische Beheizung ... 2312
4.6.2-2.3.5 Beheizung mittels Wärmepumpe ... 2313
4.6.2-2.3.6 Abwärmenutzung ... 2313
4.6.2-3 Speicherladesystem ... 2314
4.6.2-3.1 Funktionsprinzip ... 2314
4.6.2-3.2 Beheizungsarten/Energiearten ... 2315
4.6.2-3.2.1 Beheizung mit Heizkessel (Öl, Gas, oder festen Brennstoffen) ... 2315
4.6.2-3.2.2 Beheizung mit Fernwärme (direkte Einspeisung) ... 2317
4.6.2-3.2.3 Beheizung mit Dampf ... 2318

4.7 Auslegung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen ... 2320

4.7.1 Warmwasser- und Wärmemengenbedarf ... 2321

4.7.2 Dezentrale Trinkwassererwärmung mittels Wasser-Wasser-Wärmeübertrager ... 2325

4.7.3 Zentrale Trinkwasser-Erwärmungsanlagen ... 2331
4.7.3-1 Auslegung von Durchflusssystemen ... 2331
4.7.3-2 Auslegung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen mit Hilfe des Wärmeschaubildes (Summenlinienverfahren) ... 2331
4.7.3-3 DIN EN 12831-3 und ihre Anwendung ... 2338
4.7.3-3.1 Bestimmung der Energiebedarfskennlinie für erwärmtes Trinkwasser ... 2339
4.7.3-3.2 Bestimmung der Angebots- oder Energieversorgungskennlinie für die Trinkwassererwärmung ... 2341
4.7.3-3.2.1 Maximale Speicherkapazität $Q_{S,max}$ ... 2342
4.7.3-3.2.2 Minimale Speicherkapazität $Q_{S,min}$ ... 2343
4.7.3-3.2.3 Wärmeverluste des Speichers $Q_{w,s,t}$ ... 2343
4.7.3-3.2.4 Wärmeverluste der Verteilleitungen $Q_{w,d,t}$ ... 2344
4.7.3-3.2.5 Bestimmung des Ein- und Ausschaltpunktes für die Nachheizung ... 2346
4.7.3-3.2.6 Bestimmung der Verzögerungszeit für die Nachheizung ... 2346
4.7.3-3.2.7 Bestimmung der effektiven Energie Q_{eff} und Nachheizleistung ... 2348
4.7.3-3.2.8 Schritte zur Auslegung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen gemäß dem in der DIN EN 12831-3 beschriebenen Verfahren ... 2350
4.7.3-3.2.9 Bestimmung von Anlagen zur Trinkwassererwärmung mit direktem Durchfluss ohne Speichervolumen (Durchlauferhitzer) ... 2351
4.7.3-3.3 Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Energiebedarfs für die Trinkwassererwärmung ... 2351
4.7.3-3.3.1 Energiebedarf für erwärmtes Trinkwasser, beruhend auf Bedarfs-/Zapf- oder Lastprofilen ... 2351

EXPLOSIONSSCHUTZ-EMPLAR

4.7.3-3.3.1.1 Bedarfsprofile aufgrund von Messungen von warmem Trinkwasser 2352
4.7.3-3.3.1.2 Lastprofile nach DIN EN 12831 Anhang 2374
4.7.3-3.3.2 Energiebedarf für erwärmtes Trinkwasser, beruhend auf dem erforderlichen Volumen 2377
4.7.3-3.3.2.1 Entnahmetemperatur des erwärmten Trinkwassers 2377
4.7.3-3.3.2.2 Kaltwasser-Zulauftemperatur 2377
4.7.3-3.3.2.3 Volumen an erwärmtem Trinkwasser 2378
4.7.3-3.3.3 Flächen- und nutzungsbezogener Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung 2380
4.7.3-3.3.3.1 Flächenbezogener Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung 2380
4.7.3-3.3.3.2 Nutzungsbezogener Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung 2380
4.7.3-4 DIN 4708 Auslegung mit der Bedarfskennzahl für Wohngebäude 2382

4.8 Regelung von Trinkwassererwärmungsanlagen 2390

4.8.1 Regelung von zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen 2390
4.8.1-1 Regelung von Speichersystemen 2390
4.8.1-1.1 Regelung von Warmwasserspeichern mit innenliegendem Wärmeübertrager 2390
4.8.1-1.2 Regelung von Warmwasserspeichern mit außenliegendem Wärmeübertrager 2392
4.8.1-1.3 Regelung von Warmwasserspeichern über einen Doppelmantel 2392
4.8.1-2 Zusatzfunktionen 2393
4.8.1-2.1 Optimierung der Schaltzeiten 2393
4.8.1-2.2 Parallelbetrieb 2394
4.8.1-2.3 Nachlaufzeit der Warmwasser-Speicherladepumpe 2394
4.8.1-2.4 Legionellenfunktion 2394
4.8.1-2.5 Mindesttemperatur 2394
4.8.1-2.6 Sommerschaltung 2395
4.8.1-2.7 Pumpenkick 2395
4.8.1-2.8 Zirkulation 2395

4.8.2 Regelung von dezentralen Trinkwassererwärmungsanlagen 2396

5 KÄLTETECHNIK 2397

5.1 Allgemeines 2397

5.2 Theoretische Grundlagen 2398

5.2.1 Kaltdampf-Kompressionskälteprozess 2398
5.2.1-1 Thermodynamische Grundlagen 2398
5.2.1-2 Kreisprozess der Kaltdampfmaschine 2399
5.2.1-3 Energiebilanz, Temperaturdifferenzen 2403
5.2.1-4 Wirtschaftlichkeit, Leistungszahl 2407

5.2.2 Kaltluft-Kompressionskälteprozess 2410

5.2.3 Absorptionskälteprozess 2411
5.2.3-1 Arbeitsweise 2411
5.2.3-2 Energiebilanz, Temperaturdifferenzen 2412
5.2.3-3 Wirtschaftlichkeit, Wärmeverhältnis 2412
5.2.3-4 Kreisprozess der Absorptionsmaschine 2414

5.2.4 Adsorptionskälteprozess 2415
5.2.4-1 Aufbau 2416
5.2.4-2 Kreisprozess der Adsorptionskältemaschine 2418
5.2.4-3 Energiebilanz 2418

REZENSIONS-EXEMPLAR

5.2.4-4 Wärmeverhältnis ... 2419

5.2.5 Dampfstrahlkälteprozess ... 2419

5.2.6 Thermoelektrische Kälteerzeugung ... 2420

5.2.7 Primärenergie-Nutzungszahl ... 2421

5.3 Betriebsmittel für Kälteanlagen ... 2422

5.3.1 Kältemittel ... 2422

5.3.2 Arbeitsstoffpaare für Absorptionsanlagen ... 2429

5.3.3 Kältemaschinenöl ... 2430

5.3.4 Wärmeträger und Kälteträger ... 2431

5.4 Bauelemente für Kälteanlagen ... 2434

5.4.1 Verdrängungsverdichter (-kompressoren) ... 2434
5.4.1-1 Hubkolbenverdichter ... 2434
5.4.1-2 Schraubenverdichter ... 2440
5.4.1-3 Rollkolbenverdichter ... 2442
5.4.1-4 Drehkolbenverdichter ... 2442
5.4.1-5 Spiral-(Scroll)-Verdichter ... 2443

5.4.2 Turboverdichter (-kompressoren) ... 2444

5.4.3 Verflüssiger (Kondensatoren) ... 2446
5.4.3-1 Grundlagen ... 2446
5.4.3-2 Wassergekühlte Verflüssiger ... 2447
5.4.3-3 Luftgekühlte Verflüssiger ... 2451
5.4.3-4 Verdunstungsverflüssiger ... 2452

5.4.4 Verdampfer (Kühler) ... 2453
5.4.4-1 Grundlagen ... 2453
5.4.4-2 Verdampfer zur Kühlung von Wasser ... 2455
5.4.4-2.1 Verdampfer mit trockener Verdampfung ... 2455
5.4.4-2.2 Rohrbündelverdampfer für überfluteten Betrieb ... 2457
5.4.4-2.3 Umlaufverdampfer ... 2459
5.4.4-3 Luftkühler für direkte Verdampfung ... 2460

5.4.5 Sonstige Bauteile im Kältemittelkreislauf ... 2462
5.4.5-1 Kältemitteltrockner ... 2462
5.4.5-2 Kältemittelschaugläser ... 2462
5.4.5-3 Kältemittelsammler ... 2462
5.4.5-4 Ölabscheider ... 2462
5.4.5-5 Überhitzer (Wärmeübertrager) ... 2463
5.4.5-6 Kompensatoren ... 2463
5.4.5-7 Ölheizung ... 2463

5.4.6 Verdichterantriebsmotoren ... 2463

5.4.7 Mess-, Steuer- und Regelgeräte ... 2464
5.4.7-1 Kältemittelmengenregelung ... 2464
5.4.7-1.1 Kapillarrohre ... 2464
5.4.7-1.2 Thermostatisches Expansionsventil ... 2464
5.4.7-1.3 Elektronisches Expansionsventil ... 2466
5.4.7-1.4 Mehrfacheinspritzung ... 2466
5.4.7-1.5 Schwimmerregelung ... 2467
5.4.7-1.6 Expansionsturbine ... 2467
5.4.7-2 Schaltende Regler ... 2467
5.4.7-2.1 Temperaturschalter (Thermostate) ... 2467

REZENSIONSEXEMPLAR

5.4.7-2.2 Druckschalter (Pressostate) ... 2467
5.4.7-2.3 Verbundsteuerung ... 2467
5.4.7-3 Regler im Kältemittelkreislauf ... 2467
5.4.7-3.1 Verdampfungsdruckregler ... 2468
5.4.7-3.2 Temperaturregler ... 2468
5.4.7-3.3 Startregler ... 2468
5.4.7-3.4 Leistungsregler (Heißgasbeipassregler) ... 2469
5.4.7-3.5 Magnetventile ... 2469
5.4.7-4 Kühlwasserregelung ... 2469
5.4.7-5 Sicherheitseinrichtungen ... 2470
5.4.7-5.1 Sicherheit gegen Überdruck ... 2470
5.4.7-5.1.1 Sicherheitsschalteinrichtungen ... 2471
5.4.7-5.1.2 Druckentlastungseinrichtungen ... 2471
5.4.7-5.2 Unterdruckschalter ... 2471
5.4.7-5.3 Öldifferenzdruckschalter ... 2471
5.4.7-5.4 Überstromauslöser ... 2472
5.4.7-5.5 Wicklungsthermostate ... 2472
5.4.7-5.6 Motorvollschutz ... 2472
5.4.7-5.7 Druckrohrthermostat ... 2472
5.4.7-5.8 Frostschutzthermostat ... 2472
5.4.7-5.9 Strömungswächter ... 2472
5.4.7-6 Kondensat-Abführung ... 2472

5.4.8 Wasserrückkühlung ... 2473
5.4.8-1 Allgemeines ... 2473
5.4.8-2 Ausführung offener Rückkühlwerke ... 2476
5.4.8-3 Betrieb offener Rückkühlwerke ... 2478
5.4.8-4 Geschlossene Rückkühlwerke ... 2480

5.5 Ausführung von Kälteanlagen ... 2482

5.5.1 Allgemeines ... 2482

5.5.2 Direkte Kühlung – Luftkühlanlagen ... 2483
5.5.2-1 Allgemeines ... 2483
5.5.2-2 Kältesätze für Luftkühlung ... 2484
5.5.2-3 Kälteanlagen für Luftkühlung ... 2485
5.5.2-4 Luftkühlung mit Absorptionsmaschinen ... 2485

5.5.3 Indirekte Kühlung – Wasserkühlanlagen ... 2486
5.5.3-1 Allgemeines ... 2486
5.5.3-2 Wasserkühlung mit Hubkolbenverdichtern ... 2487
5.5.3-3 Wasserkühlung mit Schraubenverdichtern ... 2491
5.5.3-4 Wasserkühlung mit Turboverdichtern ... 2493
5.5.3-5 Wasserkühlung mit Absorptionsmaschinen ... 2495
5.5.3-6 Wasserkühlung mit Dampfstrahlmaschinen ... 2498
5.5.3-7 Wasserkühlung thermoelektrisch ... 2499

5.5.4 Thermische Antriebe ... 2500
5.5.4-1 Benzin- und Dieselmotoren ... 2500
5.5.4-2 Gasmotoren ... 2500
5.5.4-3 Gasturbinen ... 2500
5.5.4-4 Dampfturbinen ... 2501
5.5.4-5 Kombinierte Systeme ... 2501

5.5.5 Fernkälteanlagen ... 2502
5.5.5-1 Allgemeines ... 2502
5.5.5-2 Fernkältezentralen ... 2503
5.5.5-3 Heiz-Kraft-Kälte-Kopplung ... 2503

REZENSIONSEXEMPLAR

5.5.5-4 Kaltwassernetz ... 2504
5.5.5-5 Kühlwassernetz ... 2504

5.5.6 Kältemittel-Rohrleitungen ... 2505

5.5.7 Kaltwasser-Rohrnetze ... 2508

5.6 Berechnung von Kälteanlagen zur Luftkühlung ... 2510

5.6.1 Dimensionierung der Kälteanlage ... 2510
5.6.1-1 Luftkühlanlagen für direkte Kühlung ... 2510
5.6.1-2 Indirekte Kühlung – Wasserkühlanlagen ... 2510

5.6.2 Teillastverhalten von Kältemaschinen ... 2511
5.6.2-1 Teillastbedingungen und Abnahmemessungen ... 2511
5.6.2-2 Einfluss der Verflüssigungstemperatur ... 2514
5.6.2-3 Einfluss der Wärmeübertragerflächen ... 2515
5.6.2-4 Teillastverhalten von Turboverdichtern ... 2516
5.6.2-5 Teillastverhalten von Schraubenverdichtern ... 2518
5.6.2-6 Teillastverhalten von Hubkolbenverdichtern ... 2518
5.6.2-7 Teillastverhalten von Absorptionskältemaschinen ... 2520
5.6.2-8 Teillastverhalten im Wärmepumpenbetrieb ... 2521
5.6.2-9 Aussagen zum Teillastverhalten ... 2522

5.6.3 Auslegung der Kälteanlage ... 2523
5.6.3-1 Investitionskosten ... 2523
5.6.3-2 Leistungsaufteilung ... 2524
5.6.3-3 Wärmerückgewinnung ... 2526
5.6.3-4 Jahres-Energieverbrauch ... 2526

5.6.4 Kältespeicher ... 2526
5.6.4-1 Speicherdichte = Speicherkapazität (Kältespeicher) ... 2527
5.6.4-2 Eisspeicher, Funktion, Aufbau ... 2528
5.6.4-3 Auslegung des Kältespeichers ... 2530
5.6.4-4 Regelung und optimales Zeitprogramm (Eisspeicher) ... 2531
5.6.4-5 Kosten, Wirtschaftlichkeit (Eisspeicher) ... 2532

5.6.5 Wärmerückgewinnung/Wärmepumpe ... 2533
5.6.5-1 Heizung mit Kältemittel ... 2534
5.6.5-2 Geschlossener Kühlwasserkreislauf ... 2535
5.6.5-3 Zusätzlicher Heizwasserkreislauf ... 2536
5.6.5-4 Wirtschaftlichkeit ... 2536

5.7 Regelung von Kälteanlagen ... 2538

5.7.1 Regelung bei direkter Luftkühlung ... 2538
5.7.1-1 Ein-Aus-Schaltung des Verdichters ... 2538
5.7.1-2 Saugdruckregelung ... 2539
5.7.1-3 Temperaturregler im Kältekreislauf ... 2539
5.7.1-3.1 Thermostatisches Expansionsventil ... 2539
5.7.1-3.2 Elektronisches Expansionsventil ... 2539
5.7.1-4 Leistungsregler im Kältekreislauf ... 2540
5.7.1-5 Luftseitige Beipassregelung ... 2541
5.7.1-6 Regelung mit Verdampferunterteilung ... 2542
5.7.1-7 Leistungsgeregelte Verdichter ... 2542
5.7.1-8 Regelung von Temperatur und Feuchte ... 2543
5.7.1-9 Regler für Kälteanlagen ... 2544

5.7.2 Regelung bei indirekter Luftkühlung ... 2545
5.7.2-1 Kaltwassermengenregelung ... 2545

BEZEIT UNSEXEMPLAR

5.7.2-2 Kaltwasserbeimischregelung 2545
5.7.2-3 Luftseitige Beipassregelung 2545

5.7.3 Regelung des Kaltwasserkreislaufes 2546
5.7.3-1 Kaltwasserkreislauf mit einer Pumpe 2546
5.7.3-2 Kaltwasserkreislauf mit mehreren Pumpen 2547

5.7.4 Regelung der Wasserkühlsätze 2548

5.8 Aufstellung von Kälteanlagen, Maschinenraum, Geräusche 2549

5.8.1 Aufstellungsbereiche 2550

5.8.2 Kälteübertragungssysteme 2551

5.8.3 Kältemittelgruppen 2551

5.8.4 Aufstellungsvorschriften 2553

5.8.5 Maschinenraum 2553

5.8.6 Geräuschentwicklung 2556

6 ENERGIEKONZEPTE 2557

6.1 Allgemeines 2557

6.1.1 Was versteht man unter Energiekonzepten? 2557
6.1.1-1 Inhalte von Energiekonzepten? 2558

6.1.2 Wechselwirkung zwischen Gebäude, Raumklimasystem und Energieerzeugung 2560
6.1.2-1 Fassade und Nutzenübergabe des Raumklimasystems 2560
6.1.2-2 Konzeption von Raumklimasystemen 2561
6.1.2-3 Konzeption der Energieerzeugung 2567
6.1.2-4 Werkzeuge beim Erstellen von Energiekonzepten 2573
6.1.2-5 Energiekonzept in der Umsetzung 2575

6.1.3 Energie- und Betriebsmanagement 2582
6.1.3-1 Hausautomation und Smart Home 2582
6.1.3-1.1 Hausautomation 2583
6.1.3-1.1.1 Was ist Hausautomation 2583
6.1.3-1.1.2 Hausautomationssysteme 2585
6.1.3-1.2 Smart Home 2588
6.1.3-1.2.1 Smart Metering 2588
6.1.3-1.2.2 Smart Grids 2589

6.2 Beispiele zu Konzepten auf Gebäudeebene 2591

6.2.1 Kraft-Wärme-Kältekopplung für Liegenschaften 2591
6.2.1-1 Systemvoraussetzung (Wärme-, Kälte- und elektr. Energiebedarf) 2591
6.2.1-2 Bedarfsanalyse (Leistungsbilanz/Lastgangkennlinien) 2592
6.2.1-3 Systemauswahl 2595
6.2.1-4 Hydraulische Konzeption 2596
6.2.1-5 Konzeption der Regelung und Steuerung 2597
6.2.1-6 Ökonomische und ökologische Analyse 2599

6.2.2 Kälteerzeugung für einen Flughafen 2602
6.2.2-1 Systemvoraussetzungen 2602
6.2.2-2 Bedarfsanalyse 2604
6.2.2-3 Systemauswahl 2607

REZENSIONSEXEMPLAR

6.2.2-4 Hydraulische Konzeption ... 2612
6.2.2-5 Auslegung der Komponenten ... 2615
6.2.2-6 Konzeption der Regelung ... 2617
6.2.2-7 Wirtschaftlichkeitsanalyse ... 2619

6.2.3 Wärme- und Kälteerzeugung durch Einsatz einer Wärmepumpe ... 2621
6.2.3-1 Systemvoraussetzungen ... 2622
6.2.3-1.1 Bedarfsanalyse ... 2622
6.2.3-1.2 Festlegung der Nutzenübergabesysteme: ... 2623
6.2.3-2 Systemauswahl und Wärmestrom ... 2624
6.2.3-3 Bemessung der Wärmepumpe und des Speichers ... 2626
6.2.3-3.1 Grundlast und Spitzenlast im Heizfall ... 2626
6.2.3-3.2 Grundlast und Spitzenlast im Kühlfall ... 2628
6.2.3-4 Energiemanagement und Regelstrategie für Wärmequellen, Wärmesenken und Speicher ... 2630
6.2.3-5 Konzeption des Speichers ... 2632
6.2.3-6 Ökonomischer Vergleich zwischen Geothermie und Eisspeicher ... 2635

6.2.4 Stromerzeugung mit Photovoltaik ... 2635
6.2.4-1 Definition ... 2635
6.2.4-2 Systemvoraussetzung ... 2636
6.2.4-3 Bemessung ... 2636
6.2.4-3.1 Jahresenergieertrag ... 2636
6.2.4-3.2 Leistung ... 2637
6.2.4-3.3 Anlagenfläche ... 2637
6.2.4-3.3.1 Verschattungen ... 2637
6.2.4-3.3.2 Platzierung Satteldach ... 2638
6.2.4-3.3.3 Platzierung Flachdach ... 2638
6.2.4-4 Systemauswahl ... 2638
6.2.4-4.1 Direkte Nutzung ... 2638
6.2.4-4.2 Inselsysteme mit Batteriespeicher ... 2639
6.2.4-4.3 Nutzung mit Stromnetz ... 2639
6.2.4-4.4 Nutzung mit Stromnetz und steuerbaren Lasten ... 2640
6.2.4-4.5 Nutzung mit Stromnetz, steuerbaren Lasten und Batteriespeicher ... 2640
6.2.4-5 Technische Umsetzung ... 2641
6.2.4-5.1 Modulausrichtung ... 2641
6.2.4-5.2 Typische Arten der Modulanordnung ... 2642
6.2.4-5.2.1 Flachdachmontage ... 2642
6.2.4-5.2.2 Satteldachmontage ... 2644
6.2.4-5.2.3 Über-Kopf-Montage ... 2644
6.2.4-5.2.4 Fassadenmontage ... 2644
6.2.4-5.3 Wechselrichter ... 2645
6.2.4-5.3.1 Verschaltung ... 2645
6.2.4-5.3.2 Montage ... 2645
6.2.4-5.3.3 Verlustleistung ... 2645
6.2.4-5.3.4 Einbindung in Stromnetze ... 2645
6.2.4-6 Wirtschaftlichkeitsberechnung PV ... 2645
6.2.4-6.1 Randbedingungen ... 2645
6.2.4-6.2 Kostenbausteine ... 2645
6.2.4-6.2.1 Einnahmen ... 2646
6.2.4-6.2.2 Ausgaben ... 2646
6.2.4-6.3 Berechnungsverfahren ... 2646

6.3 Energiekonzepte auf Quartiersebene ... 2648

6.3.1 Allgemeines ... 2648
6.3.1-1 Allgemeine Zielsetzungen ... 2649
6.3.1-2 Systemische Ansätze ... 2649

EXZERPTIONSEXEMPLAR

6.3.1-3 Werkzeuge zur Erstellung von Energiekonzepten ... 2650
6.3.2 Beispiel zu Energiekonzepten auf Quartiersebene ... 2651
6.3.2-1 Energiekonzept für eine Neubausiedlung in Kassel ... 2651

7 Regelwerke, Formelzeichen, Umrechnungen ... 2655

7.1 Deutsche bundes- und landesgesetzliche Regelungen ... 2655

7.1.1 Rechtsgebiete ... 2656
7.1.1-1 Bauordnungsrecht ... 2656
7.1.1-2 Bauplanungsrecht ... 2657
7.1.1-3 Sicherheits- und Gewerberecht ... 2657
7.1.1-4 Immissions- und Umweltschutzrecht ... 2657
7.1.1-5 Natur-, Wald-, Wasser- und Straßenrecht sowie ähnliche Rechtsgebiete ... 2658
7.1.1-6 Sonstige Rechtsgebiete ... 2658

7.1.2 Honorarordnung (HOAI) ... 2658

7.1.3 Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (UVgO) ... 2659

7.1.4 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) ... 2659

7.2 Deutsche, europäische und internationale Normung ... 2661

7.2.1 Definitionen ... 2661

7.2.2 Zugang zu DIN-Normen und anderen technischen Regeln ... 2662

7.3 Literaturverzeichnis ... 2663

7.4 Einheiten und Formelzeichen ... 2682

7.5 Umrechnungstabellen ... 2695

7.6 Diagramm-Tafeln ... 2700

Sachverzeichnis ... 2709

Anzeigenteil ... 2743
Alphabetisches Firmenverzeichnis ... 2753
Branchenverzeichnis ... 2763
Inserentenverzeichnis ... 2769

REZENSIONSEXEMPLAR