

# Inhaltsverzeichnis

<b>Beiträge der Autoren dieses Bands .....</b>	V
<b>Ehemalige Autoren und Herausgeber dieses Bands .....</b>	VII
<b>Vorwort zur 8. Auflage .....</b>	IX
<b>1 Einführung .....</b>	1
<b>2 Gebäude und Klimatechnik.....</b>	3
<i>M. Casties</i>	
2.1 Begriffsbestimmungen .....	3
2.2 Außenklima und Gebäudegestaltung .....	5
2.3 Energieeffiziente Gebäude .....	6
2.4 Klimagerechtes Planen und Bauen.....	8
2.5 Bewertungskriterium Behaglichkeit .....	10
2.6 Lüftung und Gesundheit.....	13
2.7 Simulationsprogramme.....	16
2.8 Integrale Planung .....	20
2.9 Literatur .....	20
<b>3 Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen – Auslegung Kühllast und Jahressimulation .....</b>	27
<i>A. Hantsch, T. Oppelt</i>	
3.1 Einleitung .....	29
3.2 Berechnung der Kühllast und Raumtemperaturen nach VDI 2078.....	30
3.2.1 Normative Zusammenhänge .....	30
3.2.2 Definition Kühllast nach VDI 2078.....	31
3.2.3 Anforderungen an die Berechnung der Kühllast und Raumtemperatur .....	33
3.3 Raummodell .....	34
3.3.1 Rechenverfahren zur Raumbilanz .....	34
3.3.1.1 Grundlagen .....	34
3.3.1.2 Beuken-Modell .....	36
3.3.1.3 n-Kapazitäten-Modell .....	37
3.3.1.4 2-Kapazitäten-Modell .....	39
3.3.1.5 1-Kapazitäten-Modell .....	39
3.3.2 Raummodell nach VDI 6007 Blatt 1 .....	39
3.3.2.1 Thermisches Verhalten der Bauteile .....	39

## Inhaltsverzeichnis

---

3.3.2.2	Thermisches Verhalten des Raums .....	41
3.3.2.3	Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr durch Heiz- bzw. Kühlsysteme.....	44
3.3.2.4	Wärmeübertragung zwischen den Außenbauteilen und der Umgebung.....	44
3.3.2.5	Analytische Behandlung.....	47
3.4	Fenstermodell .....	48
3.4.1	Energetische Kenngrößen .....	48
3.4.2	Berechnungsverfahren .....	50
3.5	Modell solarer Einstrahlung .....	52
3.5.1	Zusätzlicher Wärmeeintrag bei Fensterlüftung.....	53
3.5.2	Langwellige Ein- und Ausstrahlung.....	55
3.5.3	Grenzwerte der Einstrahlung für die Beleuchtungssteuerung .....	55
3.5.4	Sonneneinstrahlung und Beschattung .....	56
3.6	Meteorologische Daten .....	58
3.6.1	Testreferenzjahre.....	58
3.6.2	Kühllastzonen .....	59
3.7	Randbedingungen .....	60
3.7.1	Allgemeine Randbedingungen .....	60
3.7.2	Nutzungsbedingte Randbedingungen.....	61
3.7.3	Anlagentechnische Randbedingungen .....	65
3.8	Validierung Rechenverfahren/Simulationsprogramme .....	67
3.9	Abschätzverfahren nach VDI 2078 .....	69
3.10	Stofflasten .....	71
3.10.1	Feuchte Last – Entfernung durch Kondensation .....	71
3.10.2	Feuchte Last – Entfernung durch Ventilation .....	71
3.10.3	Andere Stofflasten .....	72
3.10.4	Bestimmung des Dampfmassenstroms.....	73
3.11	Beispielberechnungen für Einflüsse auf Lasten und Raumtemperaturen .....	74
3.11.1	Allgemeine Bedingungen und Referenzfall .....	75
3.11.2	Klimatische Bedingungen .....	78
3.11.2.1	Kühllastzone .....	79
3.11.2.2	Großstadtlage .....	80
3.11.3	Gebäudehülle und Innenbauteile .....	80
3.11.3.1	Bauschwere.....	80
3.11.3.2	Schichtaufbau .....	81
3.11.4	Thermische Quellen .....	82
3.11.4.1	Wärmeübertragungsmechanismus .....	82
3.11.4.2	Personenwärme.....	83
3.11.5	Raumlufttemperaturregelung .....	83
3.11.5.1	Zulässiger Schwankungsbereich .....	85
3.11.5.2	Außentemperaturgeführte Raumsolltemperatur .....	86
3.11.5.3	Zweipunktregelung .....	87
3.11.5.4	Durchgängige Klimatisierung.....	87

3.11.6	Sonnenschutz und Beleuchtung .....	87
3.11.6.1	Lage des Sonnenschutzes .....	88
3.11.6.2	Manuelle Sonnenschutzsteuerung bei direkter Einstrahlung .....	89
3.11.6.3	Vergleich von Räumen mit Nord- und Südfenstern .....	89
3.11.6.4	Beleuchtung/Tageslichtsteuerung.....	89
3.11.7	Anlagenarten .....	89
3.11.7.1	Fensterlüftung ohne Kühlung .....	90
3.11.7.2	Lüftungsanlagen (mit und ohne Kühlung).....	91
3.11.7.3	Flächenkühlsystem mit Fensterlüftung.....	91
3.11.8	Zusammenfassung .....	91
3.12	Literatur .....	92
<b>4</b>	<b>Natürliche Lüftung.....</b>	<b>95</b>
	<i>A. Trogisch</i>	
4.1	Grundlagen .....	97
4.1.1	Thermischer Auftrieb .....	97
4.1.2	Winddruck.....	102
4.2	Fensterlüftung .....	103
4.3	Schachtlüftung.....	107
4.4	Dachaufsatzlüftung .....	109
4.5	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) .....	115
4.6	Hybride Lüftung.....	117
4.7	Vorbemessung der Raumlufttemperatur .....	120
4.7.1	Voraussetzungen.....	120
4.7.2	Tagesmittelwert der Raumlufttemperatur .....	121
4.7.3	Tagesamplitude der Raumlufttemperatur.....	121
4.8	Literatur .....	123
<b>5</b>	<b>Zuluftparameter .....</b>	<b>125</b>
	<i>U. Finke</i>	
5.1	Einleitung.....	126
5.2	Definition von Zuluft und Zuluftparametern.....	126
5.3	Raumlufttechnische Aufgabenstellungen.....	128
5.4	Bestimmung der Zuluftparameter für die wichtigsten raumlufttechnischen Aufgabenstellungen .....	130
5.4.1	Verminderung von Luftverunreinigungen.....	130
5.4.2	Kompensation der Raumlast .....	132
5.5	Berechnung der Schadstoffkonzentration .....	138
5.6	Literatur .....	140

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>6</b>	<b>Raumluftechnische Anlagen . . . . .</b>	141
	<i>U. Schnieder, U. Eser</i>	
6.1	Einleitung . . . . .	142
6.2	Auswahl des Klimasystems . . . . .	145
6.2.1	Anlagenvarianten . . . . .	145
6.2.2	Grundlagen der Systemauswahl . . . . .	146
6.2.2.1	Das Anforderungsprofil raumluftechnischer Anlagen . . . . .	146
6.2.2.2	Raumlast und Raumlastdeckung . . . . .	149
6.2.2.3	Volumenvariable Systeme . . . . .	150
6.2.3	Systementscheidung . . . . .	151
6.3	Klimasysteme . . . . .	153
6.3.1	RLT-Anlagen ohne nachgeschaltete Behandlung . . . . .	153
6.3.2	Mehrzonenanlagen . . . . .	162
6.3.3	Volumenvariable Einzelraumregelsysteme . . . . .	164
6.4	Luft-Wasser-Systeme . . . . .	172
6.4.1	Einleitung . . . . .	172
6.4.2	Induktionsgeräte . . . . .	174
6.4.3	Gebläsekonvektoren ( <i>Fan-Coil</i> -Anlagen) . . . . .	176
6.4.4	Dezentrale Lüftungstechnik, Fassadenlüftungsanlagen . . . . .	177
6.4.5	Kühlkonvektoren . . . . .	178
6.4.6	Raumkühl- und -heizflächen . . . . .	180
6.4.6.1	Kühldecken . . . . .	181
6.4.6.2	Kühlsegel . . . . .	184
6.4.6.3	Kühlfußboden . . . . .	185
6.4.6.4	Thermische Bauteilaktivierung . . . . .	185
6.5	Luft-Kältemittel-Systeme . . . . .	186
6.6	Literatur . . . . .	189
<b>7</b>	<b>Raumlufströmung . . . . .</b>	191
	<i>B. Boiting</i>	
7.1	Ingenieurmethoden zur Bestimmung der Raumlufströmung . . . . .	191
7.1.1	Einführung . . . . .	191
7.1.2	Validierung von Simulationsprogrammen, zur Vorausberechnung von Raumlufströmungen . . . . .	194
7.1.2.1	Preprocessing . . . . .	194
7.1.2.2	Processing . . . . .	196
7.1.2.3	Post Processing . . . . .	197
7.1.3	Beispiel für eine Raumlufströmungsberechnung mittels CFD . . . . .	199
7.1.4	Messtechnische Verifikation der Raumströmungsberechnung . . . . .	203
7.2	Luftdurchlässe . . . . .	205
7.2.1	Einführung . . . . .	205
7.2.2	Grundformen und Hauptmerkmale von Raumlufströmungen . . . . .	206

7.2.3	Zuluftdurchlässe für Mischluftströmungen .....	209
7.2.3.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung .....	209
7.2.3.2	Häufige Bauformen .....	210
7.2.3.3	Auslegungshinweise .....	212
7.2.4	Luftdurchlässe für Quellluftströmungen .....	221
7.2.4.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung .....	221
7.2.4.2	Häufige Bauformen .....	222
7.2.4.3	Auslegungshinweise .....	223
7.2.5	Luftdurchlässe für Verdrängungsströmungen .....	225
7.2.5.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung .....	225
7.2.5.2	Häufige Bauformen .....	226
7.2.5.3	Auslegungshinweise .....	227
7.2.6	Überströmöffnungen und Außenluftdurchlässe .....	228
7.2.7	Abluft- und Fortluftdurchlässe .....	229
7.2.7.1	Übliche Abluftdurchlässe .....	229
7.2.7.2	Sonderbauformen von Abluftdurchlässen .....	230
7.2.7.3	Fortluftdurchlässe .....	231
7.2.8	Literatur .....	232
<b>8</b>	<b>Kanalnetz .....</b>	<b>235</b>
	<i>B. Boiting</i>	
8.1	Grundsätze zur Projektierung des Kanalnetzes .....	236
8.2	Berechnungsgrundlagen .....	239
8.2.1	Druckverlust in geraden Rohrleitungen .....	239
8.2.2	Hydraulischer und gleichwertiger Durchmesser .....	240
8.2.3	Druckverteilung in einer geraden Luftleitung .....	242
8.2.4	Druckverlust in Rohrleitungen durch Einzelwiderstände .....	245
8.3	Einregulierung .....	258
8.4	Addition der Widerstände .....	258
8.5	Berechnung des Kanalnetzes .....	259
8.6	Energieeffizienz und Leckage .....	264
8.7	Software zur Berechnung von Luftleitungen .....	266
8.8	Literatur .....,	267
<b>9</b>	<b>Komponenten zur Luftaufbereitung .....</b>	<b>271</b>
9.1	Ventilatoren .....	271
	<i>B. Boiting</i>	
9.1.1	Aufgabe von Ventilatoren .....	271
9.1.2	Einteilungskriterien von Ventilatoren (Gebläsen, Lüftern) .....	272
9.1.2.1	Unterscheidung nach der Bauart .....	272
9.1.2.2	Unterscheidung nach der Druckerhöhung .....	273
9.1.2.3	Unterscheidung nach Einsatzbereich oder Aufgabe .....	273

## Inhaltsverzeichnis

---

9.1.3	Antrieb von Ventilatoren .....	276
9.1.4	Auslegungsparameter für die Auswahl von Ventilatoren.....	278
9.1.4.1	Hauptauslegungsparameter .....	278
9.1.4.2	Abhängigkeiten der Wirkungsgrade .....	279
9.1.4.3	Proportionalitätsgesetze .....	282
9.1.4.4	Kennlinien von Ventilatoren .....	283
9.1.5	Regelung von Ventilatoren.....	290
9.1.6	Stabiles oder instabiles Betriebsverhalten.....	291
9.1.7	Spezifische Ventilatorleistung (Specific Fan Power – SFP) .....	291
9.1.8	Literatur .....	292
9.2	Wärmeübertrager und deren hydraulische Schaltungen .....	293
9.2.1	Wärmeübertrager.....	293
	<i>J. Morgenstern</i>	
9.2.1.1	Übersicht .....	294
9.2.1.2	Charakterisierung der Rekuperatoren.....	295
9.2.1.3	Berechnung der Rekuperatoren über die mittlere Temperaturdifferenz .....	298
9.2.1.4	Betriebscharakteristik und Wirkungsgrad eines Rekuperators.....	300
9.2.1.5	Bestimmung des U-Werts von Rekuperatoren .....	305
9.2.1.6	Wärmeübergangskoeffizienten .....	306
9.2.1.7	Berippte Wärmeübertragerflächen .....	313
9.2.1.8	Luftkühler.....	314
9.2.1.9	Anwendungshinweise .....	315
9.2.1.10	Regeneratoren – Rotationswärmeübertrager.....	315
9.2.1.11	Literatur .....	320
9.2.2	Hydraulische Schaltungen .....	322
	<i>M. Shan</i>	
9.2.2.1	Regelung des Wärmeübergangs in Wasser-Luft-Wärmeübertragern .....	322
9.2.2.2	Hydraulische Schaltungen beim Luftheritzer .....	324
9.2.2.3	Hydraulische Schaltungen beim Luftkühler .....	326
9.2.2.4	Beispiele von Ventilauslegungen.....	330
9.2.2.5	Inbetriebnahme von Regelkreisen mit Wärmeübertragern .....	336
9.2.2.6	Literatur .....	338
9.3	Luftbefeuchter .....	339
	<i>M. Renner</i>	
9.3.1	Einführung.....	339
9.3.2	Anforderungen .....	340
9.3.3	Beschreibung der Befeuchtersysteme .....	341
9.3.3.1	Umlaufsprühbefeuchter .....	341
9.3.3.2	Rieselbefeuchter .....	343
9.3.3.3	Zerstäubungsbefeuchter .....	345
9.3.3.4	Hybridbefeuchter .....	348
9.3.3.5	Winglet-Wirbel-Befeuchter .....	348
9.3.4	Membran-Befeuchter .....	349
9.3.5	Dampfbefeuchter .....	350
9.3.6	Vergleich der Befeuchtungssysteme.....	352

9.3.7	Regelung der Luftbefeuchter .....	354
9.3.7.1	Feuchteregelung .....	354
9.3.7.2	Wirtschaftliche Regelungskonzepte.....	355
9.3.8	Literatur .....	358
9.4	Luftfilter .....	360
	<i>M. Sauer-Kunze</i>	
9.4.1	Einführung.....	360
9.4.2	Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik .....	361
9.4.3	Grob- und Feinstaubfilter.....	364
9.4.4	Schwebstofffilter .....	368
9.4.5	Elektro-Luftfilter.....	370
9.4.6	Adsorptionsfilter.....	371
9.4.7	Literatur .....	374
<b>10</b>	<b>Wärmerückgewinnung .....</b>	<b>377</b>
	<i>A. Trogisch</i>	
10.1	Übersicht .....	379
10.2	Regenerative Verfahren.....	388
10.2.1	Regeneratoren .....	388
10.2.1.1	Aufbau.....	388
10.2.1.2	Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen.....	392
10.2.1.3	Berechnung und Bemessung.....	395
10.2.1.4	Einbau und Schaltungen.....	398
10.2.1.5	Betriebsweisen.....	401
10.2.2	Wechselspeicher/Umschaltregeneratoren .....	402
10.2.2.1	Aufbau.....	402
10.2.2.2	Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen.....	404
10.2.2.3	Berechnung und Bemessung.....	404
10.3	Rekuperative Verfahren .....	405
10.3.1	Plattenwärmeübertrager.....	406
10.3.1.1	Aufbau.....	406
10.3.1.2	Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen.....	408
10.3.1.3	Berechnung und Bemessung.....	408
10.3.1.4	Einbau und Schaltungen.....	409
10.3.2	Glattrohrwärmeübertrager .....	411
10.3.2.1	Aufbau.....	411
10.3.2.2	Berechnung und Bemessung.....	412
10.3.2.3	Einbau und Schaltungen.....	414
10.3.3	Wärmerohr.....	414
10.3.3.1	Aufbau.....	414
10.3.3.2	Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen.....	416
10.3.3.3	Berechnung und Bemessung.....	416
10.3.4	Kreislaufverbund-Systeme .....	418
10.3.4.1	Aufbau.....	418

## Inhaltsverzeichnis

---

10.3.4.2	Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen .....	420
10.3.4.3	Berechnung und Bemessung .....	421
10.3.4.4	Einbau und Schaltungen .....	424
10.3.4.5	Betriebserfahrungen .....	425
10.4	Literatur .....	425
<b>11</b>	<b>Kälteversorgung .....</b>	<b>427</b>
11.1	Kälteanlagen .....	427
	<i>T. Maurer</i>	
11.1.1	Einführung .....	427
11.1.2	Aufgabenstellung und zu klärende Randbedingungen .....	429
11.1.2.1	Anhaltswerte für die Temperaturen .....	431
11.1.2.2	Hinweise zur Kälteerzeugung .....	431
11.1.3	VRF-Systeme .....	432
11.1.3.1	Direkte VRF-Systeme .....	432
11.1.3.2	Komponenten .....	435
11.1.3.3	Indirekte VRF-Systeme .....	436
11.1.3.4	Planung und Betrieb von VRF-Systemen .....	437
11.1.4	Kaltwassersysteme .....	439
11.1.4.1	Einkreissysteme .....	441
11.1.4.2	Zweikreissysteme .....	443
11.1.4.3	Hinweise zum Kaltwassernetz .....	445
11.1.5	Komponenten der Kälteerzeugung .....	448
11.1.5.1	Kältemittel .....	448
11.1.5.2	Kältemittelverdichter .....	450
11.1.5.3	Abwärmennutzung bei Verdichterkältemaschinen .....	454
11.1.5.4	Rückkühlung .....	455
11.1.5.5	Kältespeicherung .....	456
11.1.5.6	Technische Kältespeicher – Pufferspeicher .....	457
11.2	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit offenen Verfahren .....	459
	<i>T. Maurer</i>	
11.2.1	Einleitung .....	459
11.2.2	DEC – Funktionsbeschreibung .....	461
11.2.2.1	Klimatisierung Sommerfall .....	462
11.2.2.2	Klimatisierung Winterfall .....	464
11.2.2.3	Zahlenbeispiel .....	465
11.2.2.4	Flüssige Sorbenzien .....	467
11.3	Kältespeicher .....	470
	<i>B. Massa</i>	
11.3.1	Herkömmliche Eisspeicher .....	472
11.3.2	Binäreis .....	477
11.3.3	Kaltwasserspeicher und geothermische Speicher .....	479
11.3.4	PCM-Latentspeichersysteme zur aktiven Gebäudekühlung .....	482
11.4	Literatur .....	486

<b>12</b>	<b>Akustische Auslegung von RLT-Anlagen .....</b>	<b>489</b>
	<i>M. Renner</i>	
12.1	Geräuschquellen .....	490
12.1.1	Geräuschenentwicklung von Ventilatoren .....	491
12.1.2	Geräusche von RLT-Geräten .....	497
12.1.3	Strömungsgeräusch in geraden Luftleitungen.....	498
12.1.4	Strömungsgeräusch in Umlenkungen, Abzweigen und Kreuzstücken mit Kreisquerschnitt .....	499
12.1.5	Strömungsgeräusch von Drosselklappen .....	503
12.1.6	Strömungsgeräusch von Luftdurchlässen.....	505
12.1.6.1	Lüftungsgitter .....	506
12.1.6.2	Induktionsgeräte.....	508
12.1.7	Strömungsrauschen der Schalldämpfer .....	508
12.2	Geräuschminderung .....	509
12.2.1	Schalldämpfung in geraden Luftleitungen.....	509
12.2.2	Pegelminderung durch Formstücke.....	510
12.2.2.1	Pegelminderung durch Umlenkungen .....	510
12.2.2.2	Pegelminderung durch Verzweigungen .....	513
12.2.2.3	Pegelminderung durch Querschnittsänderungen .....	514
12.2.3	Pegelminderung durch Einbauteile .....	515
12.2.3.1	Entspannungs- und Luftverteilkästen .....	515
12.2.3.2	Pegelminderung durch Bauteile einer Klimazentrale .....	515
12.2.4	Pegelminderung durch Luftdurchlässe .....	516
12.2.5	Schalldämpfer .....	517
12.2.5.1	Absorptionsdämpfer .....	517
12.2.5.2	Resonanzdämpfer.....	517
12.2.5.3	Beispiele von Schalldämpfern für raumluftechnische Anlagen.....	518
12.2.5.4	Druckverlust in Schalldämpfern.....	520
12.2.5.5	Strömungsgeräusche in Schalldämpfern.....	522
12.2.5.6	Beeinflussung der Dämpfung durch die Luftströmung .....	523
12.2.5.7	Montage der Schalldämpfer.....	523
12.2.6	Schallpegelsenkung im Raum .....	524
12.3	Schalldämpferauslegung für eine Zuluftanlage.....	524
12.4	Schalldämmung von Luftleitungen .....	533
12.4.1	Schalldämmmaß $R_{ia}$ und $R_{ai}$ .....	533
12.4.1.1	Schalldämmmaße Wickelfalzrohre ( $R_{ia}$ und $R_{ai}$ ) .....	534
12.4.1.2	Schalldämmmaß Rechteckluftleitung .....	536
12.4.2	Schallabstrahlung und Schalleinstrahlung über die Wandung von Luftleitungen	537
12.4.2.1	Schallabstrahlung über die Wandung einer Luftleitung in einen Raum.....	537
12.4.2.2	Schalleinstrahlung in eine Luftleitung.....	539
12.4.2.3	Schallübertragung über Lüftungsleitungen zwischen zwei Räumen.....	539
12.4.3	Schallabstrahlung aus einer Luftleitung .....	541
12.5	Körperschalldämmung .....	542

## Inhaltsverzeichnis

---

12.5.1	Berechnung des einfachen Schwingungssystems .....	543
12.5.2	Bemessungsbeispiel Ventilatoraufstellung .....	546
12.5.3	Beispiele aus der Praxis .....	547
12.6	Praktische Empfehlungen .....	550
12.6.1	Beurteilung der Sollpegel und Raumzuordnungen .....	550
12.6.2	Durchführung von Pegelmessungen .....	550
12.6.3	Ermittlung der Geräuschübertragung .....	551
12.6.4	Abhilfemaßnahmen .....	552
12.7	Literatur .....	552
<b>13</b>	<b>Hygienische Anforderungen an RLT-Anlagen .....</b>	<b>555</b>
	<i>U. Finke</i>	
13.1	Einleitung .....	555
13.2	Planung einer hygienegerechten lufttechnischen Anlage .....	556
13.2.1	Außenumluftansaugung .....	556
13.2.2	Luftfilter .....	557
13.2.3	Luftbefeuchter .....	558
13.2.4	Wärmeübertrager, speziell Luftkühler .....	559
13.2.5	Sauberkeit und Dichtheit von Komponenten und Luftleitungen .....	560
13.3	Hygieneerstinspektion von Raumlufttechnischen Anlagen .....	561
13.4	Betrieb und Instandhaltung .....	565
13.5	Hygienekontrollen und Hygieneinspektion .....	566
13.5.1	Hygienekontrollen .....	566
13.5.2	Hygieneinspektion .....	566
13.6	Literatur .....	567
<b>14</b>	<b>Brandschutz in RLT-Anlagen und Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden im Brandfall .....</b>	<b>569</b>
	<i>G. Blume</i>	
14.1	Brandschutz in Lüftungsanlagen .....	569
14.1.1	Bauaufsichtliche Anforderungen und Begriffe .....	569
14.1.1.1	Musterbauordnung (MBO 2016) und Landesbauordnungen .....	569
14.1.1.2	Sonderbauverordnungen .....	574
14.1.1.3	Liste der Technischen Baubestimmungen .....	574
14.1.1.4	Abschnitt C der MVV TB – Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten .....	575
14.1.1.5	Anforderungen nach der M-LüAR .....	577
14.1.2	Absperrvorrichtungen, Brandschutzklappen, Rauchschutzklappen .....	594
14.1.2.1	Brandschutzklappen .....	598
14.1.2.2	Brandschutzklappen K 30 U bis K 90 U .....	600
14.1.2.3	Absperrvorrichtungen K30/60/90-18017 bzw. K30/60/90-18017S .....	602

---

14.1.2.4	Rauchschutzklappen in Lüftungsanlagen .....	602
14.1.2.5	Feuerwiderstandsfähige Abschlüsse besonderer Bauart und Verwendung .....	602
14.1.2.6	Bauprodukte zum Verschließen von Überströmöffnungen in feuerwiderstandsfähigen Bauteilen .....	603
14.1.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen .....	603
14.1.3.1	Unterscheidungsmerkmale .....	603
14.1.3.2	Anforderungen an feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen .....	605
14.1.3.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach DIN 4102-4 .....	607
14.1.3.4	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen .....	607
14.1.3.5	Abhängungen für waagerechte feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen .....	610
14.2	Rauch- und Wärmeableitung aus Gebäuden im Brandfalle .....	612
14.2.1	Brandgeschehen und dessen Beeinflussung .....	612
14.2.2	Rauchbewegung in Gebäuden im Brandfall .....	614
14.2.2.1	Schutzziele und Anwendungsbereiche von Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden .....	614
14.2.2.2	Grundsatzforderungen an Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden .....	615
14.2.3	Maschinelle Rauchabzüge (Rauchabzugsanlagen) .....	615
14.2.3.1	Anlagekonzept und Bauteile .....	615
14.2.3.2	Voraussetzungen für die Bemessung der Bauteile maschineller Rauchabzugsanlagen .....	617
14.2.3.3	Bemessungsansätze .....	617
14.2.3.4	DIN 18232-5 (MRA) .....	618
14.2.3.5	Anforderungen an die Bauteile von maschinellen Rauchabzügen .....	624
14.2.4	Druckbelüftungsanlagen (Differenzdruckanlagen) .....	630
14.2.4.1	Wirkungsweise und Anwendungsbereiche .....	630
14.2.4.2	Einflussgrößen .....	631
14.2.4.3	Produktanforderungen für Differenzdruckanlagen .....	632
14.2.5	Natürliche Rauchabzugsanlagen .....	636
14.2.5.1	DIN 18232-2 (NRA) .....	636
14.3	Europäische Klassifizierung für den Feuerwiderstand .....	641
14.4	Literatur .....	646
14.5	Normen und Richtlinien .....	647
15	<b>Betrieb von RLT-Anlagen .....</b>	651
15.1	Abnahme von RLT-Anlagen .....	651
	<i>F. Hausmann</i>	
15.1.1	Rechtliche Rahmenbedingungen .....	651
15.1.2	Abnahme gemäß DIN EN 12599 .....	652
15.1.2.1	Vollständigkeitsprüfung .....	652
15.1.2.2	Funktionsprüfung .....	653
15.1.2.3	Funktionsmessung .....	655

## Inhaltsverzeichnis

---

15.1.2.4	Beispiel Messung des Luftvolumenstroms . . . . .	655
15.1.3	Sachverständigen-Abnahme gemäß Bauordnungsrecht . . . . .	660
15.1.4	Literatur . . . . .	662
15.2	Betriebsführung und Instandhaltung in der Klimatechnik . . . . .	663
	<i>O. Clausen</i>	
15.2.1	Betriebsführung und Instandhaltung im Kontext des Gebäudemanagements . . . . .	663
15.2.2	Organisationsmodell für die Klimatechnik . . . . .	665
15.2.2.1	Instandhaltungsstrategie . . . . .	666
15.2.2.2	Instandhaltungsorganisation . . . . .	670
15.2.2.3	Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen . . . . .	676
15.2.3	Gebäudeleittechnik in der Klimatechnik (GLT) . . . . .	677
15.2.4	IT-Systeme in der Instandhaltung . . . . .	680
15.2.5	Controlling . . . . .	683
15.2.6	Bewirtschaftungsaspekte bei der Anlagenprojektierung und im Anlagenbau . . . . .	685
15.2.7	Literatur . . . . .	686
15.3	Monitoring . . . . .	687
	<i>A. Trogisch</i>	
15.3.1	Verfahrensbetrachtungen . . . . .	687
15.3.2	Schlussfolgerungen . . . . .	693
15.3.3	Literatur . . . . .	693
15.4	Inspektion von RLT-Anlagen . . . . .	695
	<i>A. Trogisch</i>	
15.4.1	Allgemeine Aspekte zur Inspektion . . . . .	695
15.4.2	Soll-Ist-Vergleich . . . . .	698
15.4.3	Energetische Inspektion von Klimaanlagen . . . . .	700
15.4.3.1	Allgemeines . . . . .	700
15.4.3.2	Neue Definition „Klimaanlage“ . . . . .	700
15.4.3.3	Gesetzliche Grundlagen . . . . .	702
15.4.3.4	Inspektionsstufen . . . . .	705
15.4.3.5	Prioritätenschema – Überprüfung betriebs- und anlagenspezifischer Daten . . . . .	711
15.4.3.6	Leitfaden für Bewertung bei einer Inspektion . . . . .	713
15.4.3.7	Empfehlungen zur Beauftragung einer energetischen Inspektion . . . . .	718
15.4.4	Literatur . . . . .	722
<b>16</b>	<b>Wirtschaftlichkeit von RLT-Anlagen . . . . .</b>	<b>725</b>
	<i>B. Massa</i>	
16.1	Überblick . . . . .	726
16.2	Einfluss auf verbrauchsgebundene Kosten in der Anlagenplanung . . . . .	726
16.3	Verbrauchsgebundene Kosten . . . . .	727
16.4	Haupteinflussgrößen auf den Jahresenergie- und -medienverbrauch . . . . .	730
16.4.1	Jahreshäufigkeit einzelner Außenluftzustände . . . . .	731
16.4.2	Anforderungsprofile . . . . .	732

16.4.3	Einfluss der Regelstrategie auf den Jahresenergieverbrauch .....	736
16.4.4	Weiterer wirtschaftlicher Einfluss der Anlagentechnik .....	748
16.5	RLT-Anlagen mit erweitertem Funktionsumfang .....	750
16.5.1	Volumenvariabler Betrieb .....	750
16.5.2	Betrieb mit unterschiedlichen Betriebsvarianten.....	752
16.5.3	Betrieb im Anlagenverbund.....	755
16.5.4	Einbinden eines adiabaten Befeuchters in die Kühlung .....	757
16.6	Gestaltungsgrundsätze .....	761
16.7	Literatur .....	762
<b>17</b>	<b>Building Information Modeling (BIM) .....</b>	<b>763</b>
	<i>C. Fieberg</i>	
17.1	BIM-Methodik .....	763
17.2	Einteilung von BIM-Projekten .....	764
17.2.1	BIM-Kategorien .....	764
17.2.2	Nutzen von BIM für die Klimatechnik.....	765
17.2.3	BIM-Dimensionen.....	766
17.3	Struktur von BIM-Projekten .....	767
17.3.1	BIM-Ziele und Anwendungsfälle.....	767
17.3.2	Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) .....	768
17.3.3	BIM-Abwicklungsplan (BAP) .....	768
17.3.4	Information Delivery Manual (IDM) .....	769
17.3.5	Rollen im BIM-Prozess.....	769
17.4	Daten und Objekte der TGA .....	770
17.4.1	Objekte und Attribute .....	770
17.4.2	Level of Development (LOD) .....	770
17.4.3	Datenformate.....	772
17.4.3.1	Industry Foundation Classes (IFC) .....	772
17.4.3.2	VDI 3805 .....	772
17.4.3.3	BIM Collaboration Format (BCF) .....	772
17.4.3.4	Model View Definition (MVD) .....	773
17.4.4	Abgeleitete Daten .....	773
17.5	Datenmanagement .....	773
17.5.1	Common Data Environment (CDE) .....	773
17.5.2	BIM-Prozesse und Workflows.....	774
17.6	Beispiele TGA-relevanter Attribute und Nutzungsmöglichkeiten .....	775
17.6.1	Dimensionierung von Luftverteilnetzen.....	775
17.6.2	Kühllastberechnung.....	776
17.7	Literatur .....	777
<b>Anhang: Arbeitsblätter zu Kapitel 8 „Kanalnetz“ .....</b>	<b>779</b>	
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>785</b>	