

Inhaltsverzeichnis

Beiträge der Autoren dieses Bandes	V
1 Einleitung	1
2 Gebäude und Klimatechnik.....	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.....	7
2.5 Bewertungskriterium Behaglichkeit	9
2.6 Simulationsprogramme.....	11
2.7 Vorbemessung des sommerlichen Wärmeschutzes	15
2.8 Integrale Planung	23
2.9 Literaturverzeichnis.....	23
3 Berechnung der Kühllast samt feuchter Last.....	27
<i>U. Schnieder</i>	
3.1 Begriffe der Lastberechnung	28
3.2 Das Speicherverhalten des Raumes	38
3.3 Innere und äußere Kühllast	40
3.3.1 Innere Kühllast Φ_I	40
3.3.2 Äußere Kühllast Φ_A	41
3.4 Ablaufschema einer Berechnung der trockenen Kühllast eines Raumes nach dem Kurzverfahren	43
3.5 EDV-Verfahren zur Kühllastberechnung.....	45
3.5.1 Möglichkeiten des EDV-Verfahrens	45
3.5.2 Beispiel zur Kühllastberechnung mittels EDV-Verfahren	46
3.5.3 Vergleich der Berechnungsergebnisse aus EDV- und Kurzverfahren	47
3.5.4 Kühllastberechnung mittels EDV-Verfahren nach VDI 2078 unter Berücksichtigung der operativen Raumtemperatur [3-7]	49
3.6 Übernahme von Ergebnissen aus der Heizlastberechnung	50
3.7 Lastberechnung bei offenen Wasserflächen am Beispiel eines Schwimmbades	51
3.8 Literaturverzeichnis.....	54

Inhaltsverzeichnis

4	Freie Lüftung	55
	<i>A. Trogisch</i>	
4.1	Grundlagen	56
4.1.1	Thermischer Auftrieb	57
4.1.2	Winddruck.....	60
4.2	Fensterlüftung.....	61
4.3	Schachtlüftung.....	64
4.4	Dachaufsatzlüftung	66
4.5	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)	67
4.6	Vorbemessung der Raumlufttemperatur	69
4.6.1	Voraussetzungen.....	69
4.6.2	Tagesmittelwert der Raumlufttemperatur $\theta_{a,m}$	70
4.6.3	Tagesamplitude der Raumlufttemperatur $\hat{\Theta}_a$	71
4.7	Literatur	72
5	Zuluftparameter	73
	<i>M. Schmidt</i>	
5.1	Einleitung.....	74
5.2	Definition von Zuluft und Zuluftparametern.....	74
5.3	Raumlufttechnische Aufgabenstellungen.....	76
5.4	Bestimmen der Zuluftparameter für die wichtigsten raumlufttechnischen Aufgabenstellungen	78
5.4.1	Vermindern von Luftverunreinigungen.....	78
5.4.2	Kompensieren der Raumlast	80
5.5	Berechnen der Schadstoffkonzentration.....	87
5.6	Literatur	90
6	Raumlufttechnische Anlagen	91
	<i>U. Busweiler, K. Müller, U. Schnieder</i>	
6.1	Einleitung.....	92
6.2	Auswahl des Klimasystems	95
6.2.1	Anlagenvarianten	95
6.2.2	Grundlagen der Systemauswahl	96
6.2.2.1	Das Anforderungsprofil raumlufttechnischer Anlagen	96
6.2.2.2	Raumlast und Raumlastdeckung	99
6.2.2.3	Volumenvariable Systeme.....	100
6.2.3	Systementscheidung.....	101

6.3	Klimasysteme	103
6.3.1	RLT-Anlagen ohne nachgeschaltete Behandlung.....	103
6.3.2	Mehrzonenanlagen.....	112
6.3.3	Volumenvariable Einzelraumregelsysteme.....	114
6.4	Luft-Wasser-Systeme.....	122
6.4.1	Einleitung.....	122
6.4.2	Induktionsgeräte.....	124
6.4.3	Gebläsekonvektoren (<i>Fan-Coil</i> -Anlagen).....	127
6.4.4	Dezentrale Lüftungstechnik, Fassadenlüftungsanlagen	128
6.4.5	Kühlkonvektoren	129
6.4.6	Raumkühlflächen	131
6.4.6.2	Kühldecken	132
6.4.6.3	Kühlsegel.....	135
6.4.6.4	Kühlfußboden.....	136
6.4.6.5	Thermische Bauteilaktivierung.....	136
6.5	Luft-Kältemittel-Systeme	137
6.6	Literaturverzeichnis.....	140
7	Raumlufströmung.....	141
7.1	Empirische Methoden und numerische Verfahren zur Bestimmung der Raumlufströmung.....	141
	<i>B. Boiting</i>	
7.1.2	Empirische Berechnungsansätze für Raumströmungen.....	143
7.1.2.1	Grenzschichtgleichungen.....	144
7.1.2.2	Turbulenter Freistrahl	148
7.1.3	Numerische Berechnung der Raumströmung.....	151
7.1.3.1	Kontinuitätsgleichung	153
7.1.3.2	Impulserhaltungsgleichung	153
7.1.3.3	Turbulenz	155
7.1.3.4	Bilanzgleichung für Transportgrößen.....	158
7.1.3.5	Energiebilanzgleichung	159
7.1.3.6	Lösung des Gleichungssystems.....	159
7.1.3.7	Beispiel für eine Raumlufströmungsberechnung mittels CFD	162
7.1.3.8	Messtechnische Verifikation der Raumströmungsberechnung.....	165
7.1.4	Literatur	167
7.2	Luftdurchlässe.....	168
	<i>R. Külpmann</i>	
7.2.1	Einführung.....	168
7.2.2	Grundformen und Hauptmerkmale von Raumlufströmungen.....	169
7.2.3	Zuluftdurchlässe für Mischluftströmungen.....	172
7.2.3.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	172
7.2.3.2	Häufige Bauformen	173
7.2.3.3	Auslegungshinweise.....	175

Inhaltsverzeichnis

7.2.4	Luftdurchlässe für Quellluftströmungen	183
7.2.4.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	183
7.2.4.2	Häufige Bauformen	184
7.2.4.3	Auslegungshinweise	185
7.2.5	Luftdurchlässe für Verdrängungsströmungen	188
7.2.5.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	188
7.2.5.2	Häufige Bauformen	189
7.2.5.3	Auslegungshinweise	190
7.2.6	Überströmöffnungen und Außenluftdurchlässe	190
7.2.7	Abluft- und Fortluftdurchlässe	191
7.2.7.1	Übliche Abluftdurchlässe	191
7.2.7.2	Sonderbauformen von Abluftdurchlässen	192
7.2.7.3	Fortluftdurchlässe	193
7.2.8	Literatur	194
 8	Kanalnetz	197
	<i>J. Janssen</i>	
8.1	Grundsätze zur Projektierung des Kanalnetzes	198
8.2	Berechnungsgrundlagen	199
8.2.1	Druckverlust in geraden Rohrleitungen	199
8.2.2	Hydraulischer und gleichwertiger Durchmesser	200
8.2.3	Druckverteilung in einer geraden Luftleitung	202
8.2.4	Druckverlust in Rohrleitungen durch Einzelwiderstände	205
8.3	Einregulierung	218
8.4	Addition der Widerstände	218
8.5	Berechnung des Kanalnetzes	220
8.6	Energieeffizienz und Leckage	224
8.7	Software zur Berechnung von Luftleitungen	226
8.8	Literaturverzeichnis	227
 9	Komponenten zur Luftaufbereitung	231
9.1	Ventilatoren	231
	<i>F. Dittwald</i>	
9.1.1	Aufgabe von Ventilatoren	231
9.1.2	Einteilungskriterien von Ventilatoren (Gebläsen, Lüftern)	232
9.1.2.1	Unterscheidung nach der Bauart	232
9.1.2.2	Unterscheidung nach der Druckerhöhung Δp_t	233
9.1.2.3	Unterscheidung nach dem Einsatzbereich oder der Aufgabe	233
9.1.3	Antrieb von Ventilatoren	236
9.1.4	Größen für die Auswahl von Ventilatoren	238
9.1.4.1	Hauptauslegungsgrößen	238

9.1.4.2	Abhängigkeiten der Wirkungsgrade	239
9.1.4.3	Proportionalitätsgesetze	241
9.1.4.4	Kennlinien von Ventilatoren	242
9.1.5	Regelung von Ventilatoren	249
9.1.6	Stabiles oder instabiles Betriebsverhalten	250
9.1.7	Spezifische Ventilatorleistung (<i>Specific Fan Power – SFP</i>)	251
9.1.8	Literatur	251
9.2	Wärmeübertrager und deren hydraulische Schaltungen	252
9.2.1	Wärmeübertrager	252
	<i>F. R. Stupperich</i>	
9.2.1.1	Grundlagen	253
9.2.1.2	Gegenstromführung	256
9.2.1.3	Gleichstromführung	260
9.2.1.4	Kreuzstromführung	261
9.2.1.5	Kreuzstromführung mit einzelnen Rohrreihen	265
9.2.1.6	Kreislauf-Verbund-System (Zwei durch ein Zwischenfluid verbundene Rekuperatoren)	266
9.2.1.7	Kreuz-/Gegenstromführung	269
9.2.1.8	Regenerator	270
9.2.1.9	Effektivität verschiedener Systeme	278
9.2.1.10	Literatur	279
	<i>M. Heiser</i>	
9.2.2.1	Hydraulische Schaltungen beim Luftheritzer	281
9.2.2.2	Hydraulische Schaltungen beim Luftkühler	284
9.2.2.3	Beispiele von Ventilauslegungen	288
9.2.2.4	Inbetriebnahme von Regelkreisen mit Wärmeübertragern	292
9.2.2.5	Literatur	295
9.3	Luftbefeuchter	296
	<i>M. Reichel</i>	
9.3.1	Einführung	296
9.3.2	Anforderungen	297
9.3.3	Verdunstungsbefeuchter	298
9.3.3.1	Düsengebefeuchter	298
9.3.3.2	Zerstäubungsbefeuchter	300
9.3.3.3	Rieselbefeuchter	303
9.3.3.4	Winglet-Wirbel-Befeuchter	305
9.3.4	Dampfbefeuchter	306
9.3.5	Vergleich der Befeuchtungssysteme	308
9.3.6	Regelung der Luftbefeuchter	309
9.3.6.1	Feuchteregelung	310
9.3.6.2	Wirtschaftliche Regelungskonzepte	311
9.3.7	Literatur	313

Inhaltsverzeichnis

9.4	Luftfilter	315
	<i>M. Sauer-Kunze</i>	
9.4.1	Einführung	315
9.4.2	Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik	316
9.4.3	Schwebstofffilter	320
9.4.4	Elektro-Luftfilter	323
9.4.5	Adsorptionsfilter	324
9.4.6	Literatur	326
10	Wärmerückgewinnung	327
	<i>A. Trogisch</i>	
10.1	Übersicht	328
10.2	Regenerative Verfahren	332
10.2.1	Regeneratoren	332
10.2.1.1	Aufbau	332
10.2.1.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen	336
10.2.1.3	Berechnung und Auslegung	339
10.2.1.4	Einbau und Schaltungen (u. a. Bypass, Frostschutz)	342
10.2.1.5	Betriebsweisen	345
10.2.2	Wechselspeicher/Umschaltregeneratoren	346
10.2.2.1	Aufbau	346
10.2.2.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen	348
10.2.2.3	Bemessung	348
10.3	Rekuperative Verfahren	349
10.3.1	Plattenwärmevertrager	350
10.3.1.1	Aufbau	350
10.3.1.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen	352
10.3.1.2	Berechnung und Bemessung	352
10.3.1.3	Einbau und Schaltungen	353
10.3.2	Glattrohrwärmevertrager	355
10.3.2.1	Aufbau	355
10.3.2.2	Berechnung und Bemessung	356
10.3.2.3	Einbau und Schaltungen	358
10.3.3	Wärmerohr	358
10.3.3.1	Aufbau	358
10.3.3.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen	360
10.3.3.3	Berechnung und Bemessung	360
10.3.4	KV-Systeme	362
10.3.4.1	Aufbau	362
10.3.4.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen	364
10.3.4.3	Berechnung und Auslegung	365
10.3.4.4	Einbau und Schaltung	368
10.3.4.5	Betriebserfahrungen	369
10.4	Literatur	369

11	Kälteversorgung	371
11.1	Kälteanlagen	371
	<i>H. R. Engelhorn</i>	
11.1.1	Einleitung	372
11.1.2	Verdichterkälteanlagen	372
11.1.2.1	Kältemittelverdichter	372
11.1.2.2	Wärmeübertrager	388
11.1.2.3	Expansionsorgane	391
11.1.2.4	Komplette Kälteanlagen	392
11.1.2.5	Kälteaggregate	394
11.1.3	Sorptionskältemaschinen	396
11.1.3.1	Absorptionskältemaschinen	396
11.1.3.2	Adsorptionskältemaschinen	398
11.1.4	Kälteträger	399
11.1.4.1	Wasser-Glykol-Gemische	399
11.1.4.2	<i>FLO-ICE</i>	399
11.1.4.3	CO ₂ als Kälteträger	401
11.1.5	Rückkühlwerke	401
11.1.5.1	Nasskühltürme	401
11.1.5.2	Trockenkühlwerke	402
11.1.6	Danksagung	403
11.1.7	Literatur	403
11.2	Sorptionsgestützte Klimatisierung	404
	<i>U. Busweiler</i>	
11.2.1	Einleitung	404
11.2.2	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit festen Adsorbentien	405
11.2.3	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit flüssigen Sorbentien	409
11.2.4	Literaturverzeichnis	411
11.3	Kältespeicher	412
	<i>R. Agsten</i>	
11.3.1	Herkömmliche Eisspeicher	413
11.3.2	Binäreis	416
11.3.3	Kaltwasserspeicher und geothermische Speicher	418
11.3.4	PCM-Latentspeichersysteme zur aktiven Gebäudekühlung	420
11.3.5	Literatur	422
12	Akustische Auslegung von RLT-Anlagen	423
	<i>H. Bley, B. Hörner</i>	
12.1	Geräuschquellen	424
12.1.1	Geräuschentwicklung von Ventilatoren	425
12.1.2	Strömungsgeräusch in geraden Luftleitungen	430
12.1.3	Strömungsgeräusch in Umlenkungen, Abzweigen und Kreuzstücken mit Kreisquerschnitt	431
12.1.4	Strömungsgeräusch von Drosselklappen	435

12.1.5	Strömungsgeräusch von Luftdurchlässen	436
12.1.5.1	Lüftungsgitter	436
12.1.5.2	Induktionsgeräte	438
12.1.6	Strömungsrauschen der Schalldämpfer	439
12.2	Geräuschkinderung	439
12.2.1	Schalldämpfung in geraden Luftleitungen	439
12.2.2	Pegelminderung durch Formstücke	441
12.2.2.1	Pegelminderung durch Umlenkungen	442
12.2.2.2	Pegelminderung durch Verzweigungen	444
12.2.2.3	Pegelminderung durch Querschnittsänderungen	445
12.2.3	Pegelminderung durch Einbauteile	446
12.2.3.1	Entspannungs- und Luftverteilkasten	446
12.2.3.2	Pegelminderung durch Bauteile einer Klimazentrale	446
12.2.4	Pegelminderung durch Luftdurchlässe	446
12.2.5	Schalldämpfer	448
12.2.5.1	Absorptionsdämpfer	448
12.2.5.2	Resonanzdämpfer	449
12.2.5.3	Beispiele von Schalldämpfern für raumlufttechnische Anlagen	450
12.2.5.4	Druckverlust in Schalldämpfern	452
12.2.5.5	Strömungsgeräusche in Schalldämpfern	453
12.2.5.6	Beeinflussung der Dämpfung durch die Luftströmung	454
12.2.5.7	Montage der Schalldämpfer	454
12.2.6	Schallpegelsenkung im Raum	455
12.3	Schalldämpferauslegung am Beispiel einer Zuluftanlage	455
12.4	Schalldämmung von Luftleitungen	467
12.4.1	Schalldämmmaß R_{ia} und R_{ai}	467
12.4.1.1	Schalldämmmaße Wickelfalzrohre (R_{ia} und R_{ai})	468
12.4.1.2	Schalldämmmaß Rechteckluftleitung	470
12.4.2	Schallabstrahlung und Schalleinstrahlung über die Wand von Luftleitungen ..	471
12.4.2.1	Schallabstrahlung über die Wand einer Luftleitung in einen Raum (Bild 12-32) ..	471
12.4.2.2	Schalleinstrahlung in eine Luftleitung (Bild 12-34)	472
12.4.2.3	Schallübertragung über Lüftungsleitungen zwischen zwei Räumen	473
12.4.3	Beispiel für die Schallabstrahlung aus einer Luftleitung	474
12.5	Körperschalldämmung	476
12.5.1	Berechnung des einfachen Schwingungssystems	477
12.5.2	Bemessungsbeispiel Ventilatoraufstellung	480
12.5.3	Beispiele aus der Praxis	481
12.6	Praktische Empfehlungen	484
12.6.1	Beurteilung der Sollpegel und Raumzuordnungen	484
12.6.2	Durchführung von Pegelmessungen	484
12.6.3	Ermittlung der Geräuschübertragung	485
12.6.4	Abhilfemaßnahmen	486
12.7	Literatur	487

13	Brandschutz in RLT-Anlagen und Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden im Brandfall	489
	B. Rahn	
13.1	Brandschutz in RLT-Anlagen	489
13.1.1	Bauaufsichtliche Anforderungen und Begriffe	489
13.1.1.1	Musterbauordnung (MBO 97) und Landesbauordnungen	489
13.1.1.2	Sonderbauverordnungen	490
13.1.1.3	Liste der Technischen Baubestimmungen	491
13.1.1.4	Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C	492
13.1.1.5	Anforderungen nach der MLüAR	493
13.1.2	Absperrvorrichtungen, Brandschutzklappen, Rauchschutzklappen	505
13.1.2.1	Brandschutzklappen K30 und K90	506
13.1.2.2	Brandschutzklappen K30-U bzw. K90-U	506
13.1.2.3	Absperrvorrichtungen K30-18017 bzw. K90-18017 und K30-18017S bzw. K90-18017S	507
13.1.2.4	Absperrvorrichtungen K30-18017 bzw. K90-18017 und K30-18017S bzw. K90-18017S	507
13.1.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	507
13.1.3.1	Unterscheidungsmerkmale	507
13.1.3.2	Anforderungen an feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	508
13.1.3.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach DIN 4102-4	509
13.1.3.4	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen	510
13.1.3.5	Abhängungen für waagerechte feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	512
13.2	Rauch- und Wärmeableitungen in Gebäuden im Brandfalle	515
13.2.1	Brandgeschehen und dessen Beeinflussung	515
13.2.2	Rauchbewegung in Gebäuden im Brandfall	516
13.2.2.1	Schutzziele und Anwendungsbereiche von Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden	517
13.2.2.2	Grundsatzforderungen an Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden	517
13.2.3	Maschinelle Rauchabzüge (Rauchabzugsanlagen)	518
13.2.3.1	Anlagekonzept und Bauteile	518
13.2.3.2	Voraussetzungen für die Bemessung der Bauteile maschineller Rauchabzugsanlagen	520
13.2.3.3	Bemessungsansätze	520
13.2.3.4	Anforderungen an die Bauteile von maschinellen Rauchabzügen	522
13.2.4	Druckbelüftungsanlagen (Differenzdruckanlagen)	526
13.2.4.1	Wirkungsweise und Anwendungsbereiche	526
13.2.4.2	Einflussgrößen	527
13.2.4.3	Anlagenanforderungen	528
13.3	Europäische Klassifikation für den Feuerwiderstand	529
13.4	Literatur	529

14	Abnahme von RLT-Anlagen	531
	<i>A. Henne, M. Reichel</i>	
14.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	531
14.2	Abnahme gemäß DIN EN 12599	532
14.2.1	Vollständigkeitsprüfung	533
14.2.2	Funktionsprüfung	538
14.2.3	Funktionsmessung	541
14.3	Raumlufthygienische Abnahme nach VDI 6022	549
14.3.1	Rahmenbedingungen	549
14.3.2	VDI 6022 Blatt 1	549
14.3.3	VDI 6022 Blatt 2 [14-6]	550
14.4	Abnahme an Raumkühlflächen nach VDI 6031 [14-8]	551
14.5	Literatur	552
15	Betriebsführung und Instandhaltung in der Klimatechnik	553
	<i>O. Clausen</i>	
15.1	Betriebsführung und Instandhaltung im Kontext des Gebäudemanagements ...	553
15.2	Organisationsmodell für die Klimatechnik	555
15.2.1	Instandhaltungsstrategie	556
15.2.2	Instandhaltungsorganisation	560
15.2.2.1	Aufbauorganisation	560
15.2.2.2	Ablauforganisation	561
15.2.2.3	Leistungskataloge und Arbeitsaufträge	563
15.2.3	Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen	566
15.2.3.1	Auswahl der Ausschreibungsform	566
15.2.3.2	Inhalte eines Dienstleistungsvertrages	566
15.2.3.3	Bewertung der Angebote	567
15.3	Gebäudeleittechnik in der Klimatechnik (GLT)	567
15.4	IT-Systeme in der Instandhaltung	570
15.5	Controlling	573
15.6	Bewirtschaftungsaspekte bei der Anlagenprojektierung und im Anlagenbau ...	575
15.7	Literatur	576
16	Wirtschaftlichkeit von Anlagen	577
	<i>A. Gerhardy</i>	
16.1	Überblick	577
16.2	Verbrauchsgebundene Kosten	577
16.3	Haupteinflussgrößen auf den Jahresenergie- und -medienvorbrauch	580

16.3.1	Jahreshäufigkeit einzelner Außenluftzustände	580
16.3.2	Anforderungsprofile	581
16.3.3	Einfluss der Regelstrategie auf den Jahresenergieverbrauch	584
16.3.4	Einfluss der Anlagentechnik auf die Wirtschaftlichkeit	595
16.4	RLT-Anlagen mit erweitertem Funktionsumfang	604
16.4.1	Volumenvariabler Betrieb	604
16.4.2	Betrieb mit unterschiedlichen Betriebsvarianten	607
16.4.3	Betrieb im Anlagenverbund	609
16.4.4	Einbinden des Verdunstungsbefeuchters in die Kühlung	611
16.5	Gestaltungsgrundsätze	615
16.6	Literatur	616
	Stichwortverzeichnis	617