

Inhaltsverzeichnis

Autoren und Beiträge dieses Bandes	V
Vorwort zur 6. Auflage	VIII
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
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	62
4.3	Schachtlüftung	65
4.4	Dachaufsatzlüftung	67
4.5	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)	73
4.6	Vorbemessung der Raumlufttemperatur	75
4.6.1	Voraussetzungen	75
4.6.2	Tagesmittelwert der Raumlufttemperatur $\theta_{a,m}$	76
4.6.3	Tagesamplitude der Raumlufttemperatur $\hat{\theta}_a$	76
4.7	Literatur	78
5	Zuluftparameter	79
	<i>M. Schmidt</i>	
5.1	Einleitung	80
5.2	Definition von Zuluft und Zuluftparametern	80
5.3	Raumluftechnische Aufgabenstellungen	82
5.4	Bestimmen der Zuluftparameter für die wichtigsten raumluftechnischen Aufgabenstellungen	84
5.4.1	Vermindern von Luftverunreinigungen	84
5.4.2	Kompensieren der Raumlage	86
5.5	Berechnen der Schadstoffkonzentration	93
5.6	Literatur	96
6	Raumluftechnische Anlagen	97
	<i>U. Busweiler, K. Müller, U. Schnieder</i>	
6.1	Einleitung	98
6.2	Auswahl des Klimagesystems	101
6.2.1	Anlagenvarianten	101
6.2.2	Grundlagen der Systemauswahl	102
6.2.2.1	Das Anforderungsprofil raumluftechnischer Anlagen	102
6.2.2.2	Raumlage und Raumlagedeckung	105

6.2.2.3	Volumenvariable Systeme	106
6.2.3	Systementscheidung	107
6.3	Klimasysteme	109
6.3.1	RLT-Anlagen ohne nachgeschaltete Behandlung	109
6.3.2	Mehrzonenanlagen	118
6.3.3	Volumenvariable Einzelraumregelsysteme	120
6.4	Luft-Wasser-Systeme	128
6.4.1	Einleitung	128
6.4.2	Induktionsgeräte	130
6.4.3	Gebläsekonvektoren (<i>Fan-Coil</i> -Anlagen)	133
6.4.4	Dezentrale Lüftungstechnik, Fassadenlüftungsanlagen	134
6.4.5	Kühlkonvektoren	135
6.4.6	Raumkühlflächen	137
6.4.6.2	Kühldecken	138
6.4.6.3	Kühlsegel	141
6.4.6.4	Kühlfußboden	142
6.4.6.5	Thermische Bauteilaktivierung	142
6.5	Luft-Kältemittel-Systeme	143
6.6	Literaturverzeichnis	146
7	Raumlufströmung	147
7.1	Empirische Methoden und numerische Verfahren zur Bestimmung der Raumlufströmung	147
	<i>B. Boiting</i>	
7.1.2	Empirische Berechnungsansätze für Raumströmungen	149
7.1.2.1	Grenzschichtgleichungen	150
7.1.2.2	Turbulenter Freistrahler	154
7.1.3	Numerische Berechnung der Raumströmung	157
7.1.3.1	Kontinuitätsgleichung	159
7.1.3.2	Impulserhaltungsgleichung	159
7.1.3.3	Turbulenz	161
7.1.3.4	Bilanzgleichung für Transportgrößen	164
7.1.3.5	Energiebilanzgleichung	165
7.1.3.6	Lösung des Gleichungssystems	165
7.1.3.7	Beispiel für eine Raumlufströmungsberechnung mittels <i>CFD</i>	168
7.1.3.8	Messtechnische Verifikation der Raumströmungsberechnung	171
7.1.4	Literatur	173
7.2	Luftdurchlässe	174
	<i>R. Külpmann</i>	
7.2.1	Einführung	174
7.2.2	Grundformen und Hauptmerkmale von Raumlufströmungen	175
7.2.3	Zuluftdurchlässe für Mischluftströmungen	178
7.2.3.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	178

7.2.3.2	Häufige Bauformen	179
7.2.3.3	Auslegungshinweise	181
7.2.4	Luftdurchlässe für Quellluftströmungen	189
7.2.4.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	189
7.2.4.2	Häufige Bauformen	190
7.2.4.3	Auslegungshinweise	191
7.2.5	Luftdurchlässe für Verdrängungsströmungen	194
7.2.5.1	Eigenschaften der Strahlausbreitung	194
7.2.5.2	Häufige Bauformen	195
7.2.5.3	Auslegungshinweise	196
7.2.6	Überströmöffnungen und Außenluftdurchlässe	196
7.2.7	Abluft- und Fortluftdurchlässe	197
7.2.7.1	Übliche Abluftdurchlässe	197
7.2.7.2	Sonderbauformen von Abluftdurchlässen	198
7.2.7.3	Fortluftdurchlässe	199
7.2.8	Literatur	200
8	Kanalnetz	203
	<i>J. Janssen</i>	
8.1	Grundsätze zur Projektierung des Kanalnetzes	204
8.2	Berechnungsgrundlagen	205
8.2.1	Druckverlust in geraden Rohrleitungen	205
8.2.2	Hydraulischer und gleichwertiger Durchmesser	206
8.2.3	Druckverteilung in einer geraden Luftleitung	208
8.2.4	Druckverlust in Rohrleitungen durch Einzelwiderstände	211
8.3	Einregulierung	224
8.4	Addition der Widerstände	224
8.5	Berechnung des Kanalnetzes	226
8.6	Energieeffizienz und Leckage	230
8.7	Software zur Berechnung von Luftleitungen	232
8.8	Literaturverzeichnis	233
9	Komponenten zur Luftaufbereitung	237
9.1	Ventilatoren	237
	<i>F. Dittwald</i>	
9.1.1	Aufgabe von Ventilatoren	237
9.1.2	Einteilungskriterien von Ventilatoren (Gebläsen, Lüftern)	238
9.1.2.1	Unterscheidung nach der Bauart	238
9.1.2.2	Unterscheidung nach der Druckerhöhung Δp_t	239
9.1.2.3	Unterscheidung nach dem Einsatzbereich oder der Aufgabe	239
9.1.3	Antrieb von Ventilatoren	242

9.1.4	Größen für die Auswahl von Ventilatoren	244
9.1.4.1	Hauptauslegungsgrößen	244
9.1.4.2	Abhängigkeiten der Wirkungsgrade	245
9.1.4.3	Proportionalitätsgesetze	247
9.1.4.4	Kennlinien von Ventilatoren	248
9.1.5	Regelung von Ventilatoren	255
9.1.6	Stabiles oder instabiles Betriebsverhalten	256
9.1.7	Spezifische Ventilatorleistung (<i>Specific Fan Power – SFP</i>)	257
9.1.8	Literatur	257
9.2	Wärmeübertrager und deren hydraulische Schaltungen	258
9.2.1	Wärmeübertrager	258
	<i>F. R. Stupperich</i>	
9.2.1.1	Grundlagen	259
9.2.1.2	Gegenstromführung	262
9.2.1.3	Gleichstromführung	266
9.2.1.4	Kreuzstromführung	267
9.2.1.5	Kreuzstromführung mit einzelnen Rohrreihen	271
9.2.1.6	Kreislauf-Verbund-System (Zwei durch ein Zwischenfluid verbundene Rekuperatoren)	272
9.2.1.7	Kreuz-/Gegenstromführung	275
9.2.1.8	Regenerator	276
9.2.1.9	Effektivität verschiedener Systeme	284
9.2.1.10	Literatur	285
	<i>M. Heiser</i>	
9.2.2.1	Hydraulische Schaltungen beim Lufterhitzer	287
9.2.2.2	Hydraulische Schaltungen beim Luftkühler	290
9.2.2.3	Beispiele von Ventilauslegungen	294
9.2.2.4	Inbetriebnahme von Regelkreisen mit Wärmeübertragern	298
9.2.2.5	Literatur	301
9.3	Luftbefeuchter	302
	<i>M. Reichel</i>	
9.3.1	Einführung	302
9.3.2	Anforderungen	303
9.3.3	Verdunstungsbefeuchter	304
9.3.3.1	Düsenbefeuchter	304
9.3.3.2	Zerstäubungsbefeuchter	306
9.3.3.3	Rieselbefeuchter	309
9.3.3.4	Winglet-Wirbel-Befeuchter	311
9.3.4	Dampfbefeuchter	312
9.3.5	Vergleich der Befeuchtungssysteme	314
9.3.6	Regelung der Luftbefeuchter	315
9.3.6.1	Feuchteregelung	316
9.3.6.2	Wirtschaftliche Regelungskonzepte	317
9.3.7	Literatur	319

9.4	Luftfilter	321
	<i>M. Sauer-Kunze</i>	
9.4.1	Einführung.....	321
9.4.2	Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik	322
9.4.3	Schwebstofffilter.....	326
9.4.4	Elektro-Luftfilter.....	329
9.4.5	Adsorptionsfilter.....	330
9.4.6	Literatur	332
10	Wärmerückgewinnung	333
	<i>A. Trogisch</i>	
10.1	Übersicht	335
10.2	Regenerative Verfahren.....	343
10.2.1	Regeneratoren	343
10.2.1.1	Aufbau.....	343
10.2.1.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen.....	347
10.2.1.3	Berechnung und Auslegung.....	350
10.2.1.4	Einbau und Schaltungen (u. a. Bypass, Frostschutz)	353
10.2.1.5	Betriebsweisen.....	356
10.2.2	Wechselspeicher/Umschaltregeneratoren	357
10.2.2.1	Aufbau.....	357
10.2.2.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen.....	359
10.2.2.3	Bemessung.....	359
10.3	Rekuperative Verfahren	360
10.3.1	Plattenwärmeübertrager	361
10.3.1.1	Aufbau.....	361
10.3.1.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen.....	363
10.3.1.2	Berechnung und Bemessung.....	363
10.3.1.3	Einbau und Schaltungen.....	364
10.3.2	Glattrohrwärmeübertrager	366
10.3.2.1	Aufbau.....	366
10.3.2.2	Berechnung und Bemessung.....	367
10.3.2.3	Einbau und Schaltungen.....	369
10.3.3	Wärmerohr.....	369
10.3.3.1	Aufbau.....	369
10.3.3.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen.....	371
10.3.3.3	Berechnung und Bemessung.....	371
10.3.4	KV-Systeme	373
10.3.4.1	Aufbau.....	373
10.3.4.2	Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen.....	375
10.3.4.3	Berechnung und Auslegung.....	376
10.3.4.4	Einbau und Schaltung	379
10.3.4.5	Betriebserfahrungen	380
10.4	Literatur	380

11	Kälteversorgung	383
11.1	Kälteanlagen	383
	<i>H. R. Engelhorn</i>	
11.1.1	Einleitung	384
11.1.2	Verdichterkälteanlagen	384
11.1.2.1	Kältemittelverdichter	384
11.1.2.2	Wärmeübertrager	400
11.1.2.3	Expansionsorgane	403
11.1.2.4	Komplette Kälteanlagen	404
11.1.2.5	Kälteaggregate	406
11.1.3	Sorptionskältemaschinen	408
11.1.3.1	Absorptionskältemaschinen	408
11.1.3.2	Adsorptionskältemaschinen	410
11.1.4	Kälteträger	411
11.1.4.1	Wasser-Glykol-Gemische	411
11.1.4.2	<i>FLO-ICE</i>	411
11.1.4.3	CO ₂ als Kälteträger	413
11.1.5	Rückkühlwerke	413
11.1.5.1	Nasskühltürme	413
11.1.5.2	Trockenkühlwerke	414
11.1.6	Literatur	415
11.2	Sorptionsgestützte Klimatisierung	416
	<i>U. Busweiler</i>	
11.2.1	Einleitung	416
11.2.2	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit festen Adsorbentien	417
11.2.3	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit flüssigen Sorbentien	421
11.2.4	Literaturverzeichnis	423
11.3	Kältespeicher	424
	<i>R. Agsten</i>	
11.3.1	Herkömmliche Eisspeicher	425
11.3.2	Binäreis	428
11.3.3	Kaltwasserspeicher und geothermische Speicher	430
11.3.4	PCM-Latentspeichersysteme zur aktiven Gebäudekühlung	433
11.3.5	Literatur	435
12	Akustische Auslegung von RLT-Anlagen	437
	<i>H. Bley, B. Hörner</i>	
12.1	Geräuschquellen	438
12.1.1	Geräuschenwicklung von Ventilatoren	439
12.1.2	Strömungsgeräusch in geraden Luftleitungen	444
12.1.3	Strömungsgeräusch in Umlenkungen, Abzweigen und Kreuzstücken mit Kreisquerschnitt	445
12.1.4	Strömungsgeräusch von Drosselklappen	449
12.1.5	Strömungsgeräusch von Luftdurchlässen	450

12.1.5.1	Lüftungsgitter	450
12.1.5.2	Induktionsgeräte	452
12.1.6	Strömungsrauschen der Schalldämpfer	453
12.2	Geräuschminderung	453
12.2.1	Schalldämpfung in geraden Luftleitungen	453
12.2.2	Pegelminderung durch Formstücke	455
12.2.2.1	Pegelminderung durch Umlenkungen	456
12.2.2.2	Pegelminderung durch Verzweigungen	458
12.2.2.3	Pegelminderung durch Querschnittsänderungen	459
12.2.3	Pegelminderung durch Einbauteile	460
12.2.3.1	Entspannungs- und Luftverteilkasten	460
12.2.3.2	Pegelminderung durch Bauteile einer Klimazentrale	460
12.2.4	Pegelminderung durch Luftdurchlässe	460
12.2.5	Schalldämpfer	462
12.2.5.1	Absorptionsdämpfer	462
12.2.5.2	Resonanzdämpfer	463
12.2.5.3	Beispiele von Schalldämpfern für raumluftechnische Anlagen	464
12.2.5.4	Druckverlust in Schalldämpfern	466
12.2.5.5	Strömungsgeräusche in Schalldämpfern	467
12.2.5.6	Beeinflussung der Dämpfung durch die Luftströmung	468
12.2.5.7	Montage der Schalldämpfer	468
12.2.6	Schallpegelsenkung im Raum	469
12.3	Schalldämpferauslegung am Beispiel einer Zuluftanlage	469
12.4	Schalldämmung von Luftleitungen	481
12.4.1	Schalldämmmaß R_{ia} und R_{ai}	481
12.4.1.1	Schalldämmmaße Wickelfalzrohre (R_{ia} und R_{ai})	482
12.4.1.2	Schalldämmmaß Rechteckluftleitung	484
12.4.2	Schallabstrahlung und Schalleinstrahlung über die Wand von Luftleitungen	485
12.4.2.1	Schallabstrahlung über die Wand einer Luftleitung in einen Raum (Bild 12-32)	485
12.4.2.2	Schalleinstrahlung in eine Luftleitung (Bild 12-34)	486
12.4.2.3	Schallübertragung über Lüftungsleitungen zwischen zwei Räumen	487
12.4.3	Beispiel für die Schallabstrahlung aus einer Luftleitung	488
12.5	Körperschalldämmung	490
12.5.1	Berechnung des einfachen Schwingungssystems	491
12.5.2	Bemessungsbeispiel Ventilatoraufstellung	494
12.5.3	Beispiele aus der Praxis	495
12.6	Praktische Empfehlungen	498
12.6.1	Beurteilung der Sollpegel und Raumzuordnungen	498
12.6.2	Durchführung von Pegelmessungen	498
12.6.3	Ermittlung der Geräuschübertragung	499
12.6.4	Abhilfemaßnahmen	500
12.7	Literatur	501

13	Brandschutz in RLT-Anlagen und Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden im Brandfall	503
	<i>B. Rahn</i>	
13.1	Brandschutz in RLT-Anlagen	503
13.1.1	Bauaufsichtliche Anforderungen und Begriffe	503
13.1.1.1	Musterbauordnung (MBO 97) und Landesbauordnungen	503
13.1.1.2	Sonderbauverordnungen	504
13.1.1.3	Liste der Technischen Baubestimmungen	505
13.1.1.4	Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C	506
13.1.1.5	Anforderungen nach der MLüAR.....	507
13.1.2	Absperrvorrichtungen, Brandschutzklappen, Rauchschutzklappen	519
13.1.2.1	Brandschutzklappen K30 und K90	520
13.1.2.2	Brandschutzklappen K30-U bzw. K90-U	520
13.1.2.3	Absperrvorrichtungen K30-18017 bzw. K90-18017 und K30-18017S bzw. K90-18017S.....	521
13.1.2.4	Absperrvorrichtungen K30-18017 bzw. K90-18017 und K30-18017S bzw. K90-18017S.....	521
13.1.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	521
13.1.3.1	Unterscheidungsmerkmale	521
13.1.3.2	Anforderungen an feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	522
13.1.3.3	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach DIN 4102-4	523
13.1.3.4	Feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen	524
13.1.3.5	Abhängungen für waagerechte feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen	526
13.2	Rauch- und Wärmeableitungen in Gebäuden im Brandfalle	529
13.2.1	Brandgeschehen und dessen Beeinflussung.....	529
13.2.2	Rauchbewegung in Gebäuden im Brandfall	530
13.2.2.1	Schutzziele und Anwendungsbereiche von Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden	531
13.2.2.2	Grundsatzforderungen an Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung in Gebäuden	531
13.2.3	Maschinelle Rauchabzüge (Rauchabzugsanlagen).....	532
13.2.3.1	Anlagekonzept und Bauteile	532
13.2.3.2	Voraussetzungen für die Bemessung der Bauteile maschineller Rauchabzugsanlagen	534
13.2.3.3	Bemessungsansätze	534
13.2.3.4	Anforderungen an die Bauteile von maschinellen Rauchabzügen.....	536
13.2.4	Druckbelüftungsanlagen (Differenzdruckanlagen).....	540
13.2.4.1	Wirkungsweise und Anwendungsbereiche	540
13.2.4.2	Einflussgrößen	541
13.2.4.3	Anlagenanforderungen	542
13.3	Europäische Klassifikation für den Feuerwiderstand	543
13.4	Literatur	543

14	Abnahme von RLT-Anlagen	545
	<i>A. Henne, M. Reichel</i>	
14.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	545
14.2	Abnahme gemäß DIN EN 12599	546
14.2.1	Vollständigkeitsprüfung	547
14.2.2	Funktionsprüfung	552
14.2.3	Funktionsmessung	555
14.3	Raumlufthygienische Abnahme nach VDI 6022	563
14.3.1	Rahmenbedingungen	563
14.3.2	VDI 6022 – Blatt 1	563
14.3.3	VDI 6022 – Blatt 1.1	565
14.3.4	VDI 6022 – Blatt 1.2	565
14.4	Abnahme an Raumkühlflächen nach VDI 6031 [14-8]	566
14.5	Literatur	567
15	Betriebsführung und Instandhaltung in der Klimatechnik	569
	<i>O. Clausen</i>	
15.1	Betriebsführung und Instandhaltung im Kontext des Gebäudemanagements ...	569
15.2	Organisationsmodell für die Klimatechnik	571
15.2.1	Instandhaltungsstrategie	572
15.2.2	Instandhaltungsorganisation	576
15.2.2.1	Aufbauorganisation	576
15.2.2.2	Ablauforganisation	577
15.2.2.3	Leistungskataloge und Arbeitsaufträge	579
15.2.3	Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen	582
15.2.3.1	Auswahl der Ausschreibungsform	582
15.2.3.2	Inhalte eines Dienstleistungsvertrages	582
15.2.3.3	Bewertung der Angebote	583
15.3	Gebäudeleittechnik in der Klimatechnik (GLT)	583
15.4	IT-Systeme in der Instandhaltung	586
15.5	Controlling	589
15.6	Bewirtschaftungsaspekte bei der Anlagenprojektierung und im Anlagenbau ...	591
15.7	Literatur	592
16	Wirtschaftlichkeit von Anlagen	593
	<i>A. Gerhardy</i>	
16.1	Überblick	593
16.2	Verbrauchsgebundene Kosten	593

16.3	Haupteinflussgrößen auf den Jahresenergie- und -medienverbrauch.....	596
16.3.1	Jahreshäufigkeit einzelner Außenluftzustände	596
16.3.2	Anforderungsprofile	597
16.3.3	Einfluss der Regelstrategie auf den Jahresenergieverbrauch	600
16.3.4	Einfluss der Anlagentechnik auf die Wirtschaftlichkeit.....	611
16.4	RLT-Anlagen mit erweitertem Funktionsumfang	620
16.4.1	Volumenvariabler Betrieb	620
16.4.2	Betrieb mit unterschiedlichen Betriebsvarianten.....	623
16.4.3	Betrieb im Anlagenverbund.....	625
16.4.4	Einbinden des Verdunstungsbefeuchters in die Kühlung.....	627
16.5	Gestaltungsgrundsätze	631
16.6	Literatur	632
	Stichwortverzeichnis	633