

# Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Aufgaben der Raumklimatechnik .....</b>	<b>1</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>A1</b>	<b>Übersicht.....</b>	<b>1</b>
<b>A2</b>	<b>Raumbelastungen und Raumlasten.....</b>	<b>2</b>
A2.1	Raumbelastungen.....	2
A2.1.1	Allgemein .....	2
A2.1.2	Energiebelastungen.....	2
A2.1.2.1	Wärme.....	2
A2.1.2.2	Druck.....	3
A2.1.2.3	Geschwindigkeit .....	3
A2.1.2.4	Ladung.....	4
A2.1.3	Stoffbelastungen.....	4
A2.1.4	Speichern von Raumbelastungen .....	4
A2.2	Raumlasten .....	7
A2.2.1	Allgemein .....	7
A2.2.2	Energielasten .....	11
A2.2.2.1	Heizlasten.....	11
A2.2.2.2	Kühllasten .....	12
A2.2.2.3	Drucklasten.....	13
A2.2.2.4	Geschwindigkeitslasten* .....	14
A2.2.2.5	Ladungslasten.....	14
A2.2.3	Stofflasten .....	14
A2.2.3.1	Feuchtelasten .....	14
A2.2.3.2	Schadstofflasten .....	15
A2.2.4	Normlasten .....	16
A2.2.5	Norm-Auslegungslasten.....	16
	<b>Literatur.....</b>	<b>16</b>
<b>B</b>	<b>Abfuhr von Raumlasten .....</b>	<b>19</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>B1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen der Lastabfuhr.....</b>	<b>19</b>
<b>B2</b>	<b>Lastabfuhr über Raumwärmeaustauscher.....</b>	<b>20</b>
B2.1	Raumheizflächen.....	20
B2.1.1	Allgemein .....	20

B2.1.2	Integrierte Heizflächen.....	20
B2.1.2.1	Allgemein.....	20
B2.1.2.2	Deckenheizungen .....	21
B2.1.2.3	Fußbodenheizungen.....	21
B2.1.2.4	Wandheizungen.....	22
B2.1.3	Freie Raumheizflächen.....	22
B2.1.3.1	Deckenstrahlplatten .....	22
B2.1.3.2	Raumheizkörper .....	23
B2.2	Raumkühlflächen.....	24
B2.2.1	Allgemein.....	24
B2.2.2	Integrierte Kühlflächen .....	25
B2.2.2.1	Allgemein.....	25
B2.2.2.2	Kühldecken.....	25
B2.2.2.3	Kühlfußböden .....	25
B2.2.2.4	Kühlwände.....	26
B2.2.3	Freie Kühlflächen.....	26
<b>B3</b>	<b>Lastabfuhr über Raumstoffaustauscher .....</b>	<b>27</b>
B3.1	Allgemein.....	27
B3.2	Raumbefeuchter.....	28
B3.2.1	Allgemein.....	28
B3.2.2	Aerosolbefeuchter.....	28
B3.2.3	Verdunstungsbefeuchter.....	28
B3.2.4	Dampfbefeuchter .....	29
B3.3	Raumentfeuchter .....	29
B3.3.1	Allgemein.....	29
B3.3.2	Kondensationsentfeuchter.....	29
B3.3.2.1	Raumkühlkörper .....	29
B3.3.2.2	Umluftentfeuchter .....	30
B3.3.3	Sorptionsentfeuchter .....	30
B3.4	Raumentstoffer .....	30
B3.4.1	Allgemein.....	30
B3.4.2	Umluftentstoffer .....	30
B3.4.3	Oberflächenentstoffer.....	30
B3.5	Raumbestoffer.....	31
<b>B4</b>	<b>Lastabfuhr über Raumluftaustausch .....</b>	<b>31</b>
B4.1	Allgemein.....	31
B4.2	Grundprinzipien der konvektiven Abfuhr von Raumlasten .....	32
B4.2.1	Verdünnen.....	32
B4.2.2	Zonieren.....	33
B4.2.3	Verdrängen.....	34

B4.3	Definitionen von Raumluftkonzentrationen.....	35
B4.3.1	Allgemein.....	35
B4.3.2	Energielasten.....	35
B4.3.2.1	Wärmelasten.....	35
B4.3.2.2	Sensible Heiz- und Kühllasten.....	36
B4.3.2.3	Latente Heiz- und Kühllasten.....	36
B4.3.2.4	Drucklasten.....	36
B4.3.2.5	Geschwindigkeitslasten.....	36
B4.3.3	Stofflasten.....	37
B4.3.3.1	Be- und Entfeuchtungslasten.....	37
B4.3.3.2	Schadstofflasten.....	38
B4.4	Raumströmungsformen zur konvektiven Lastabfuhr.....	39
B4.4.1	Mischströmung.....	39
B4.4.2	Schichtströmung oder Quellluftströmung.....	40
B4.4.3	Verdrängungsströmung.....	41
B4.4.4	Umsetzung der Lastabfuhr mit den Raumströmungsformen.....	41
B4.4.5	Raumbelastungsgrad, Lüftungseffektivität.....	41
<b>B5</b>	<b>Raumbilanzen.....</b>	<b>43</b>
B5.1	Allgemein.....	43
B5.2	Energiebilanzen.....	44
B5.2.1	Wärmebilanzen.....	44
B5.2.1.1	Sensible Wärmelasten.....	44
B5.2.1.2	Latente Wärmelasten.....	47
B5.2.2	Druckbilanzen.....	49
B5.2.3	Geschwindigkeitsbilanzen.....	50
B5.3	Stoffbilanzen.....	50
B5.3.1	Feuchtebilanzen.....	50
B5.3.2	Schadstoffbilanzen.....	52
<b>Literatur.....</b>		<b>53</b>
<b>C</b>	<b>Raumlufttechnische Anlagen zur konvektiven Abfuhr von Raumlasten.....</b>	<b>55</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
C1	Arbeitsbereiche der Lufttechnik.....	55
C2	Funktion Raumlufttechnischer Anlagen.....	57
C3	Prozesse Raumlufttechnischer Anlagen.....	57
C3.1	Thermodynamische Prozesse.....	57
C3.1.1	Heizen.....	57
C3.1.2	Kühlen.....	59
C3.1.3	Befeuchten.....	60

C3.1.4	Entfeuchten (s. G6) .....	63
C3.1.5	Mischen.....	66
C3.1.6	Druck aufprägen .....	67
C3.1.7	Geschwindigkeit aufprägen .....	67
C3.2	Mechanische Prozesse .....	68
C3.2.1	Luftförderung.....	68
C3.2.2	Luftreinigung .....	70
<b>Literatur</b>	.....	71
<b>D</b>	<b>Energetische Bewertung Raumluftechnischer Anlagen .....</b>	<b>73</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>D1</b>	<b>Optimierung Raumluftechnischer Prozesse .....</b>	<b>73</b>
D1.1	Allgemein.....	73
D1.2	Energieeinsatz .....	74
D1.2.1	Wärmerückgewinnung.....	74
D1.2.2	Wärme- und Stoffrückgewinnung .....	76
D1.2.3	Fremdwärmenutzung.....	78
D1.2.4	Förderenergie.....	78
D1.3	Stoffeinsatz .....	79
D1.3.1	Luft.....	79
D1.3.2	Wasser.....	80
D1.3.2.1	Befeuchtung.....	80
D1.3.2.2	Entfeuchtung.....	81
D1.4	Betriebszeiten.....	81
D1.5	Regelung und Steuerung .....	81
D1.5.1	Sollwerte und Istwerte.....	81
D1.5.2	Regelung oder Steuerung .....	82
D1.5.3	Regelstrategie .....	83
D1.6	Anlagenbetrieb.....	86
<b>D2</b>	<b>Energie- und Stoffbedarf Raumluftechnischer Anlagen .....</b>	<b>87</b>
D2.1	Allgemein.....	87
D2.2	Referenzbedarf.....	92
D2.3	Subsystem Nutzenübergabe.....	94
D2.4	Subsystem Verteilung .....	97
D2.5	Subsystem Erzeugung .....	98
D2.6	Berechnung des Energie- und Stoffbedarfs.....	99
D2.6.1	Allgemein.....	99
D2.6.2	Numerische Simulationsverfahren .....	101
D2.6.3	Näherungsverfahren.....	103
<b>Literatur</b>	.....	105

<b>E</b>	<b>Klassifikation von Raumlufotechnischen Anlagen</b> .....	107
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>E1</b>	<b>Kurzbezeichnung nach Luftbehandlungsfunktionen und Luftarten</b> .....	107
E1.1	Luftarten .....	107
E1.2	Kurzbezeichnungen .....	109
<b>E2</b>	<b>Systembezeichnungen nach verfahrenstechnischen Merkmalen</b> .....	110
E2.1	Allgemein .....	110
E2.2	Luftversorgung .....	111
E2.3	Luftart.....	111
E2.4	Umluftbehandlung.....	112
E2.5	Luftgeschwindigkeit in den Kanälen.....	112
E2.6	Druckdifferenz an den Durchlässen.....	113
E2.7	Luftvolumenstrom an den Durchlässen .....	113
E2.8	Transport thermischer Energie .....	113
E2.9	Zusammenfassung .....	114
	<b>Literatur</b> .....	115
<b>F</b>	<b>Luftströmung in belüfteten Räumen</b> .....	117
	KLAUS FITZNER	
<b>F1</b>	<b>Übersicht</b> .....	117
F1.1	Einleitung.....	117
F1.2	Mischströmung .....	118
F1.3	Verdrängungsströmung .....	118
F1.4	Quellluftströmung.....	119
F1.5	Sonderfälle .....	120
F1.6	Lokale Senken und Quellen.....	121
<b>F2</b>	<b>Erzwungene Raumströmung</b> .....	122
F2.1	Mischströmung .....	122
F2.1.1	Allgemeines .....	122
F2.1.2	Isotherme Luftstrahlen .....	125
F2.1.2.1	Isothermer Freistrah.....	125
F2.1.2.2	Mehrfachstrahlen .....	131
F2.1.2.3	Linearer Decken- oder Wandstrahl.....	135
F2.1.2.4	Radialer Freistrah.....	136
F2.1.2.5	Radialer Decken- oder Wandstrahl.....	138
F2.1.3	Anisotherme Strahlen.....	140
F2.1.3.1	Anisotherme Freistrahlen .....	140
F2.1.3.2	Anisotherme Decken- und Wandstrahlen.....	144
F2.2	Verdrängungsströmung .....	151
F2.2.1	Vertikale Verdrängungsströmung .....	151

F2.2.2	Horizontale Verdrängungsströmung .....	153
F2.2.3	Anwendung in der Reinraumtechnik .....	154
F2.2.3.1	Verhalten kleiner Teile.....	154
F2.2.3.2	Reinraumklassen .....	156
F2.2.3.3	Laminare und turbulente Verdrängungsströmung.....	158
F2.2.3.4	Partiell beaufschlagte Reinraumdecken .....	170
<b>F3</b>	<b>Quellluftströmung</b> .....	174
F3.1	Beurteilungsmethoden.....	174
F3.2	Strömungsbild.....	177
F3.3	Auftrieb an einer Wärmequelle.....	179
F3.4	Temperatur-, Konzentrations- und Geschwindigkeitsverteilungen im Raum.....	181
F3.5	Rechenmodelle für die Temperaturprofile.....	187
F3.6	Beschleunigung vor dem Luftdurchlass .....	190
F3.7	Fensterlüftung.....	193
F3.8	Deckenkühlung mit Quelllüftung .....	194
<b>F4</b>	<b>Unterschiede bei Misch- und Quellluftströmung</b> .....	195
F4.1	Anwendungsbereiche von Verdrängungs-, Misch- und Quelllüftung.....	195
F4.2	Unterschiede zwischen Quell- und Mischlüftung beim Stoff- und Wärmeübergang an der Oberfläche einer Person .....	197
<b>Literatur</b>	.....	200
<b>G</b>	<b>Bauelemente raumluftechnischer Anlagen</b> .....	205
	G1 TIBOR RÁKÓCZY, G1–G7 KLAUS FITZNER	
<b>G1</b>	<b>Ventilatoren</b> .....	205
G1.1	Einführung .....	205
G1.2	Bauarten.....	207
G1.3	Radialventilatoren .....	207
G1.3.1	Bauform und Geschwindigkeitsdreiecke.....	207
G1.3.2	Drücke.....	212
G1.3.3	Reaktionsgrad .....	214
G1.3.4	Dimensionslose Kennzahlen .....	215
G1.3.5	Kennlinien.....	218
G1.3.6	Betrieb von Ventilatoren.....	225
G1.3.6.1	Auslegung.....	225
G1.3.6.2	Regelung .....	226
G1.3.6.3	Schaltungen .....	233
G1.3.7	Einbau von Ventilatoren.....	237
G1.4	Axialventilatoren .....	243
G1.4.1	Bauform .....	243
G1.4.2	Drücke.....	246

G1.4.3	Dimensionslose Kennzahlen.....	247
G1.4.4	Kennlinien .....	249
G1.4.5	Betrieb von Ventilatoren .....	251
G1.4.5.1	Auslegung .....	251
G1.4.5.2	Regelung.....	252
G1.4.5.3	Schaltung.....	255
G1.4.6	Einbau von Ventilatoren .....	257
G1.5	Querstromventilatoren.....	259
G1.5.1	Bauform .....	259
G1.6	Anschluss des Ventilators an das Kanalsystem.....	260
G1.7	Auswahl von Ventilatoren und Antrieben.....	262
G1.7.1	Spezifische Ventilatorleistung .....	264
G1.7.2	Ventilatorantriebe.....	265
<b>Literatur</b> .....		272
<b>G2</b>	<b>Lufterwärmer</b> .....	273
G2.1	Einleitung.....	273
G2.2	Wärmeleistungsvermögen $k \cdot A$ .....	275
G2.3	Bauformen der Lufterwärmer .....	279
G2.4	Temperaturen.....	281
G2.5	Thermisches Betriebsverhalten .....	285
G2.6	Auslegung .....	287
G2.7	Betriebsverhalten und Regelung.....	290
<b>Literatur</b> .....		291
<b>G3</b>	<b>Luftkühler</b> .....	291
G3.1	Allgemeines .....	291
G3.2	Direktverdampfer .....	292
G3.2.1	Einleitung.....	292
G3.2.2	Wärmeaustauschgrad.....	293
G3.2.3	Wärmedurchgangskoeffizienten .....	293
G3.2.4	Auslegung .....	293
G3.2.5	Betriebsverhalten und Regelung.....	293
G3.3	Wasserkühler.....	294
<b>G4</b>	<b>Wärmerückgewinnungssysteme</b> .....	294
G4.1	Übersicht.....	294
G4.2	Rekuperative Systeme.....	298
G4.2.1	Bauformen .....	298
G4.2.2	Auslegung .....	300
G4.2.3	Betriebsverhalten und Regelung.....	302
G4.3	Regenerative Systeme .....	304
G4.3.1	Kreislaufverbundene Systeme mit Pumpenkreislauf .....	304
G4.3.1.1	Auslegung .....	304
G4.3.1.2	Betriebsverhalten und Regelung.....	307

G4.3.1.3	Bauformen.....	308
G4.3.2	Systeme mit Wärmerohren.....	308
G4.3.2.1	Bauformen.....	308
G4.3.2.2	Betriebsverhalten und Regelung .....	310
G4.3.2.3	Auslegung.....	311
G4.3.3	Thermosiphons.....	312
G4.3.4	Systeme mit rotierender nicht sorptionsfähiger Speichermasse.....	313
G4.3.4.1	Bauformen.....	313
G4.3.4.2	Betriebsverhalten und Regelung .....	314
G4.3.4.3	Auslegung.....	317
G4.3.5	Systeme mit rotierender sorptionsfähiger Speichermasse .....	317
G4.3.6	Rückfeuchtzahl .....	318
G4.3.7	Systeme mit flüssigen sorptionsfähigen Speichermedien.....	320
G4.4	Wirtschaftlichkeitsvergleiche .....	321
<b>Literatur</b>	.....	<b>325</b>
<b>G5</b>	<b>Befeuchter</b> .....	<b>326</b>
G5.1	Übersicht .....	326
G5.2	Wasserbefeuchter .....	326
G5.2.1	Übersicht .....	326
G5.2.2	Sprühbefeuchter.....	327
G5.2.2.1	Aufbau und Bauformen .....	327
G5.2.2.2	Auslegung des Sprühbefeuchters (s. auch C3.1.3).....	330
G5.2.2.3	Betriebsverhalten und Regelung (s. auch K2.6.2).....	341
G5.2.3	Rieselbefeuchter.....	344
G5.2.3.1	Bauformen.....	344
G5.2.3.2	Auslegung.....	345
G5.2.3.3	Betriebsverhalten und Regelung .....	345
G5.3	Dampfbefeuchter .....	345
G5.3.1	Bauformen.....	345
G5.3.2	Auslegung.....	347
G5.3.3	Betriebsverhalten und Regelung .....	349
<b>Literatur</b>	.....	<b>349</b>
<b>G6</b>	<b>Entfeuchter</b> .....	<b>350</b>
G6.1	Übersicht .....	350
G6.2	Kondensationsentfeuchter.....	351
G6.2.1	Bauformen.....	351
G6.2.2	Siphon .....	352
G6.2.3	Auslegung von Kühlern .....	352
G6.2.4	Betriebsverhalten und Regelung .....	354
G6.3	Sorptionsentfeuchter.....	354
G6.3.1	Systeme mit fester Sorptionsmasse.....	354
G6.3.1.1	Diskontinuierliche Systeme .....	354
G6.3.1.2	Kontinuierliche Systeme .....	356



G6.3.2	Systeme mit flüssiger Sorptionsmasse .....	357
G6.3.3	Auslegung .....	359
G6.3.4	Betriebsverhalten und Regelung.....	359
G6.3.5	Bauformen .....	360
<b>Literatur</b> .....		360
<b>G7</b>	<b>Luftdurchlässe</b> .....	361
G7.1	Wetterschutzgitter .....	361
G7.1.1	Bauformen .....	361
G7.1.2	Auslegung .....	362
G7.2	Zuluftdurchlässe.....	364
G7.2.1	Zuluftdurchlässe für Mischströmung .....	364
G7.2.1.1	Bauformen .....	364
G7.2.1.2	Gitterdurchlässe (Luftgitter).....	365
G7.2.1.3	Schlitzdurchlässe.....	369
G7.2.1.4	Durchlässe in Wandnähe für Tangentialströmung im Raum.....	372
G7.2.1.5	Düsenluftdurchlässe .....	374
G7.2.1.6	Radial- und Dralldurchlässe .....	375
G7.2.1.7	Luftdurchlässe für lokale Mischströmung.....	377
G7.2.2	Zuluftdurchlässe für Quellluftströmung.....	381
G7.2.2.1	Luftdurchströmter Doppelboden.....	381
G7.2.2.2	Bodenluftdurchlässe .....	383
G7.2.2.3	Ebene Wanddurchlässe .....	385
G7.2.2.4	Radiale Quelluftdurchlässe .....	388
G7.2.3	Auswahl von Raumgeräten und Luftdurchlässen entsprechend der Kühlleistungsdichte .....	389
G7.2.4	Luftdurchlässe für Verdrängungsströmung.....	390
G7.3	Abluftdurchlässe .....	391
G7.3.1	Abluftdurchlässe in Wänden oder Abluftleitungen.....	391
G7.3.2	Abluftöffnungen zur Absaugung von Verunreinigungen im Raum.....	398
<b>Literatur</b> .....		403
<b>H</b>	<b>Dezentrale RLT-Anlagen</b> .....	405
	THOMAS SEFKER	
<b>H1</b>	<b>Systembeschreibung</b> .....	405
<b>H2</b>	<b>Bauformen dezentraler Lüftungsgeräte</b> .....	405
<b>H3</b>	<b>Anforderungen an dezentrale Lüftungsgeräte</b> .....	409
H3.1	Akustische Anforderungen .....	409
H3.2	Kondensatbildung.....	409
H3.3	Wärmerückgewinnung.....	409
H3.3.1	Bypass für das WRG-System aus energetischen Gründen .....	410

H3.3.2	Bypass des WRG-Systems zum Schutz vor Vereisung.....	410
H3.4	Hygiene.....	411
H3.5	Sekundärluftbetrieb.....	411
H3.6	Windeinfluss.....	412
H3.6.1	Kompensation von Windeinflüssen.....	413
<b>H4</b>	<b>Luftführung im Raum.....</b>	<b>414</b>
<b>H5</b>	<b>Brand- und Rauchschutz.....</b>	<b>415</b>
<b>H6</b>	<b>Wartung.....</b>	<b>416</b>
<b>H7</b>	<b>Systemvorteile und -nachteile.....</b>	<b>416</b>
<b>H8</b>	<b>Anwendungsgebiete und Einsatzgrenzen.....</b>	<b>417</b>
<b>H9</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>417</b>
<b>Literatur</b>	<b>.....</b>	<b>418</b>
<b>I</b>	<b>Hygiene in Raumlufotechnischen Anlagen.....</b>	<b>419</b>
	ULRICH FINKE	
<b>I1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>419</b>
<b>I2</b>	<b>Hygieneanforderungen an Raumlufotechnische Anlagen.....</b>	<b>419</b>
<b>I3</b>	<b>Planung, Ausführung und Betrieb.....</b>	<b>420</b>
I3.1	Ansaugung von Außenluft.....	421
I3.2	Luftfilter.....	422
I3.3	Befeuchter.....	424
I3.4	Schalldämpfer.....	425
I3.5	Wärmeübertrager, speziell Kühler.....	426
I3.6	Gerätegehäuse.....	427
<b>I4</b>	<b>Überwachung der Hygieneanforderungen.....</b>	<b>428</b>
I4.1	Hygienekontrolle.....	428
I4.2	Hygieneinspektion.....	428
<b>I5</b>	<b>Hygienische Messverfahren.....</b>	<b>429</b>
I5.1	Staubflächendichtebestimmung.....	429
I5.1.1	Messverfahren.....	431
I5.1.1.1	Vlies-Rotationsverfahren.....	431
I5.1.1.2	Saugverfahren.....	431
I5.1.1.3	Wischverfahren.....	432
I5.1.1.4	Tapeverfahren.....	432
I5.1.2	Kriterien für die Probenahme.....	433
I5.1.3	Bewertung.....	433

15.2	Messverfahren für die Untersuchung von Wasser.....	433
15.2.1	Orientierende Keimzahlbestimmung.....	433
15.2.2	Untersuchung der Gesamtkeimzahl und der Legionellenkonzentration.....	435
15.3	Oberflächenuntersuchung.....	435
15.4	Luftkeimmessung.....	437
<b>16</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>437</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>438</b>
<b>J</b>	<b>Kälteversorgung</b> .....	<b>439</b>
	ANTON REINHART	
<b>J1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>439</b>
J1.1	Luftkühlung ohne Feuchteentzug.....	440
J1.2	Luftkühlung mit Entfeuchten .....	441
<b>J2</b>	<b>Kühlung ohne Kältemaschinen</b> .....	<b>442</b>
J2.1	Kühlung mit Wasser .....	442
J2.2	Kühlung mit Oberflächenwasser .....	443
J2.3	Kühlwasser aus Rückkühlwerken.....	443
J2.4	Kühlung durch Verdunstung.....	443
J2.5	Das DEC-Verfahren .....	444
<b>J3</b>	<b>Übersicht der Kälteverfahren</b> .....	<b>447</b>
J3.1	Kaltdampf-Kompressionsverfahren.....	450
J3.2	Kaltgasverfahren .....	457
J3.3	Sorptionsverfahren .....	457
J3.3.1	Das Absorptionsverfahren mit Wasser-Lithiumbromid.....	458
J3.3.2	Adsorptionsverfahren mit Wasser-Kieselgel .....	462
<b>J4</b>	<b>Der Kälte-trägerkreislauf</b> .....	<b>462</b>
J4.1	Kreislaufschaltungen der Kälte-träger .....	463
J4.1.1	Das 1-Kreis-System .....	463
J4.1.2	Das 2-Kreis-System .....	464
J4.2	Speicher im Kälte-trägersystem .....	466
J4.2.1	Kurzzeit-Speicher .....	466
J4.2.2	Langzeit-Speicher .....	468
J4.3	Schaltung und Regelung der Kälte-erzeuger.....	468
J4.4	Kälte-träger .....	471
J4.4.1	Wasser als Kälte-träger .....	471
J4.4.2	Sole als Kälte-träger.....	472
<b>J5</b>	<b>Flüssigkeitskühlsätze</b> .....	<b>473</b>
J5.1	Konzeption .....	473
J5.1.1	Definition.....	473
J5.1.2	Anforderungen/Aufgaben/Vorgaben.....	473

J5.1.3	Übersicht .....	473
J5.1.4	Kühlmedium und Verflüssiger .....	474
J5.1.5	Verdichter .....	475
J5.1.6	Leistungsregelung .....	475
J5.1.7	Verdampfer .....	477
J5.2	Flüssigkeitskühlsätze mit Hubkolbenverdichter .....	478
J5.2.1	Flüssigkeitskühlsatz mit überflutetem Verdampfer .....	479
J5.2.2	Flüssigkeitskühlsätze mit variabler Temperatur des Kühlmediums .....	482
J5.2.3	Flüssigkeitskühlsätze mit Hubkolbenverdichter mit Trockenexpansionsverdampfer .....	485
J5.3	Flüssigkeitskühlsätze mit Spiral-Verdichtern .....	486
J5.4	Flüssigkeitskühlsätze mit Schraubenverdichter .....	486
J5.5	Flüssigkeitskühlsätze mit Turboverdichter .....	487
J5.6	Wasserkühlanlagen mit Dampfstrahlverdichtern .....	489
J5.7	Absorptionskältesätze .....	490
J5.8	Adsorptionskühlsätze .....	491
<b>J6</b>	<b>Arbeitsstoffe</b> .....	491
J6.1	Kältemittel .....	492
J6.2	Kältemaschinenöl .....	495
J6.3	Absorptionsgemische .....	496
<b>J7</b>	<b>Komponenten des Kühl-/Kältekreislaufes</b> .....	497
J7.1	Verdichter .....	497
J7.1.1	Kolbenverdichter .....	499
J7.1.2	Spiralverdichter .....	500
J7.1.3	Schraubenverdichter .....	501
J7.1.4	Turboverdichter .....	502
J7.2	Verdampfer .....	505
J7.2.1	Trockenexpansionsverdampfer .....	506
J7.2.2	Überflutete Verdampfer .....	508
J7.2.3	Umwälzverdampfer .....	510
J7.2.4	Rieselfilmverdampfer .....	510
J7.3	Verflüssiger .....	510
J7.3.1	Wassergekühlte Verflüssiger .....	510
J7.3.2	Luftgekühlte Verflüssiger .....	512
J7.3.3	Verdunstungsverflüssiger .....	512
<b>J8</b>	<b>Wasser-Rückkühlwerke (Kühltürme)</b> .....	513
J8.1	Grundlagen .....	513
J8.2	Bauformen .....	516
J8.3	Lärm und Lärmschutz .....	517
J8.4	Wasseraufbereitung und Wasserabschlammung .....	517

<b>J9</b>	<b>Gesetze, Normen, Vorschriften .....</b>	<b>518</b>
<b>Literatur.....</b>		<b>519</b>
<b>K</b>	<b>Regelung, Steuerung von Raumlufotechnischen Anlagen.....</b>	<b>521</b>
	SIEGFRIED BAUMGARTH, GEORG-PETER SCHERNUS	
<b>K1</b>	<b>Automation in der Raumlufotechnik.....</b>	<b>521</b>
K1.1	Feldebene, Automatisierungsebene, Leitebene.....	521
K1.2	Globale Struktur: Kopplung von Systemen .....	523
K1.3	Zentrale – dezentrale Verarbeitung von Daten.....	525
<b>K2</b>	<b>Regelung von Raumlufotechnischen Anlagen .....</b>	<b>526</b>
K2.1	Übersicht.....	526
K2.2	Sensoren und Aktuatoren .....	526
K2.2.1	Sensoren.....	526
K2.2.2	Aktuatoren.....	531
K2.3	Hydraulische Schaltungen.....	533
K2.3.1	Lufterwärmer.....	533
K2.3.2	Luftkühler, Entfeuchter .....	535
K2.3.3	Ventilauslegung.....	537
K2.4	Informationspunkte.....	545
K2.5	Regelung der Temperatur von RLT-Anlagen .....	548
K2.5.1	Übersicht.....	548
K2.5.2	Raum-Zulufttemperatur-Kaskadenregelung: .....	548
K2.5.3	Raum-Zulufttemperatur-Kaskadenregelung mit Umluftbeimischung: .....	550
K2.5.4	Temperaturregelung einer VVS-Anlage .....	551
K2.6	Regelung einer Klimaanlage .....	553
K2.6.1	Übersicht.....	553
K2.6.2	Klimaanlage mit Umlaufsprühbefeuchter .....	553
K2.6.3	Klimaanlage mit Dampfbefeuchter .....	556
K2.6.4	Klimaanlage mit h,x-geführter Mischklappenregelung .....	558
K2.6.5	Klimaanlage mit Enthalprierückgewinnung.....	565
<b>K3</b>	<b>Steuerungstechnik.....</b>	<b>566</b>
K3.1	Übersicht.....	566
K3.2	Konventionelle (kontaktbehaftete) Steuerungstechnik .....	567
K3.2.1	Darstellung und heutige Bedeutung.....	567
K3.2.2	Hauptstromkreise .....	570
K3.2.2.1	Übersicht.....	570
K3.2.2.2	Drehrichtungsumsteuerung (Wendeschtaltung) .....	570
K3.2.2.3	Stern-Dreieck-Anlauf .....	571
K3.2.2.4	Drehzahlumschtaltung eines D-Motors mit getrennten Wicklungssystemen.....	572
K3.2.2.5	Drehzahlumschtaltung eines D-Motors mit Dahlander-Wicklung .....	573

K3.2.3	Wichtige Hilfsstromkreise .....	575
K3.2.3.1	Kontaktverriegelung.....	575
K3.2.3.2	Handbedienung und lokale Vorrangbedienung (LVB) .....	575
K3.2.3.3	Wächter und Begrenzer.....	577
K3.3	Programmierbare Steuerungstechnik.....	579
K3.3.1	Übersicht .....	579
K3.3.2	Verknüpfungsfunktionen .....	579
K3.3.3	Binäre Speicherfunktionen .....	583
K3.3.4	Vergleicher .....	584
K3.3.5	Zeitfunktionen .....	585
K3.4	Programmierung von binären Steuerungsfunktionen.....	586
K3.4.1	Übersicht .....	586
K3.4.2	Anweisungsliste .....	587
K3.4.3	Strukturierter Text.....	589
K3.4.4	Funktionsbausteinsprache.....	589
K3.4.5	Kontaktplan (KOP).....	590
K3.4.6	Tabellarische Programmierung.....	591
K3.5	Funktionen und Funktionsbausteine für RLT-Anlagen .....	593
K3.5.1	Übersicht .....	593
K3.5.2	Speicherung von Störungsmeldungen.....	593
K3.5.3	Sammelstörmeldung mit Hupe .....	594
K3.5.4	Pumpensteuerung für Wärmeübertrager.....	595
K3.5.5	Filterüberwachung.....	597
K3.5.6	Keilriemen- und Strömungsüberwachung.....	597
K3.5.7	Frostüberwachung und Frostschutzroutine.....	599
<b>Literatur</b>	.....	<b>602</b>
<b>L</b>	<b>Schall- und Schwingungsdämpfung in raumluftechnischen Anlagen....</b>	<b>605</b>
	MANFRED HECKL, MICHAEL MÖSER	
<b>L1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>605</b>
<b>L2</b>	<b>Schallquellen</b> .....	<b>607</b>
L2.1	Vorbemerkung.....	607
L2.2	Ventilatoren .....	608
L2.2.1	Entstehungsmechanismen für Luftschall.....	608
L2.2.1.1	Drehklang.....	609
L2.2.1.2	Breitbandgeräusch.....	611
L2.2.1.3	Radialventilatoren mit vorwärts gekrümmten Schaufeln und Querstromventilatoren.....	612
L2.2.2	Messverfahren.....	613
L2.2.2.1	Messgrößen .....	613
L2.2.2.2	Kanalverfahren.....	613
L2.2.2.3	Hüllflächen-, Hallraum- und Vergleichsquellenverfahren.....	615
L2.2.3	Messbeispiele .....	618

L2.2.4	Erfahrungsformeln.....	619
L2.2.5	Möglichkeiten zur Geräuschminderung.....	621
L2.2.6	Körperschallerzeugung durch Ventilatoren.....	622
L2.3	Elektromotore und Getriebe .....	622
L2.4	Kompressoren .....	623
<b>L3</b>	<b>Strömungsgeräusche in Luftleitungen, Umlenkungen, Auslässen, etc. ....</b>	<b>624</b>
L3.1	Gerade Leitungen .....	624
L3.2	Abzweigungen, Umlenkungen etc.....	625
L3.3	Drossel- und Absperelemente, Volumenstrom- und Mischregler .....	627
L3.4	Luftdurchlässe, Gitter etc. ....	628
L3.5	Induktionsgeräte .....	630
<b>L4</b>	<b>Schallpegelminderung in Luftleitungen .....</b>	<b>631</b>
L4.1	Prinzipielle Möglichkeiten zur Schallminderung .....	631
L4.2	Gerade, nicht ausgekleidete Leitungen .....	632
L4.3	Gerade, schallschluckend ausgekleidete Leitungen.....	632
L4.4	Querschnittsprünge, Verzweigungen .....	633
L4.5	Umlenkungen .....	635
L4.6	Durchlässe (Mündungsreflexion).....	635
L4.7	Sonstige Einbauten .....	636
L4.8	Schalldämpfer .....	637
L4.8.1	Funktionsweise.....	637
L4.8.2	Messverfahren und Messergebnisse.....	639
L4.8.3	Telefonieschalldämpfer .....	641
L4.8.4	Weitere Gesichtspunkte für die Auswahl von Schalldämpfern .....	642
L4.9	Zusammenhang zwischen Schalleistung und Schalldruck in einem Raum .....	643
<b>L5</b>	<b>Weitere Schallschutzmaßnahmen bei RLT-Anlagen .....</b>	<b>644</b>
<b>L6</b>	<b>Beispielrechnung .....</b>	<b>646</b>
<b>Literatur</b> .....		<b>653</b>
<b>M</b>	<b>Wasserbehandlung in Kühlwasser-, Rückkühl-, Kaltwasser- und Befeuchtungs-Systemen.....</b>	<b>655</b>
	LUDWIG HÖHENBERGER	
<b>M1</b>	<b>Kühlwasser- und Rückkühlssysteme.....</b>	<b>655</b>
M1.1	Übersicht und Definitionen .....	655
M1.2	Durchlauf-Kühlssysteme.....	655
M1.2.1	Belagbildung und Korrosion.....	656
M1.2.2	Schutz vor Ablagerung und Korrosion .....	657
M1.2.3	Wasseraufbereitung und Konditionierung .....	658

M1.3	Kreislaufkühlsysteme .....	659
M1.3.1	Belagbildung und Korrosion .....	659
M1.3.2	Schutz vor Ablagerung und Korrosion.....	660
M1.3.3	Wasseraufbereitung, Konditionierung und chemische Anforderungen an das Kühlwasser .....	661
<b>M2</b>	<b>Kaltwasser- und Zwischenkühlkreisläufe.....</b>	<b>663</b>
M2.1	Übersicht und Definitionen.....	663
M2.2	Belagbildung und Korrosion .....	663
M2.3	Schutz vor Belagbildung und Korrosion .....	663
M2.4	Wasseraufbereitung, Konditionierung und chemische Anforderungen an das Kalt- und Kühlwasser.....	664
<b>M3</b>	<b>Luftbefeuchtungssysteme.....</b>	<b>664</b>
M3.1	Übersicht und Definitionen.....	664
M3.2	Sprühbefeuchter.....	665
M3.2.1	Belagbildung und Korrosion .....	665
M3.2.2	Schutz vor Belagbildung und Korrosion .....	665
M3.2.3	Wasseraufbereitung, Konditionierung und chemische Anforderungen an Wasser zur Luftbefeuchtung ...	667
M3.3	Dampfbefeuchter .....	668
M3.3.1	Anforderungen an den Dampf .....	668
M3.3.2	Maßnahmen zur Verbesserung der Dampfqualität .....	669
<b>M4</b>	<b>Feuerlöschsysteme .....</b>	<b>670</b>
<b>Literatur</b> .....		<b>670</b>
<b>N</b>	<b>Sensorische Bestimmung der Luftqualität .....</b>	<b>673</b>
	FRANK BITTER, ARNE DAHMS, JOHANNES KASCHE, BIRGIT MÜLLER, DIRK MÜLLER, JANA PANASKOVA	
<b>N1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>673</b>
<b>N2</b>	<b>Ursachen der Geruchsentstehung .....</b>	<b>674</b>
<b>N3</b>	<b>Grundlagen der Geruchswahrnehmung .....</b>	<b>676</b>
N3.1	Geruchssinn.....	676
N3.2	Geruchswahrnehmung.....	679
N3.3	Geruchsschwellen .....	682
<b>N4</b>	<b>Bewertungsgrößen für die Luftqualität .....</b>	<b>683</b>
N4.1	Empfundene Intensität.....	683
N4.2	Hedonik .....	686
N4.3	Akzeptanz .....	687
N4.4	Klassifizierung von Gerüchen.....	690
N4.5	Einfluss von Temperatur und Feuchte .....	691



<b>N5</b>	<b>Bewertungsverfahren für die Luftqualität</b> .....	694
N5.1	Statistische Auswertung der Bewertungen .....	696
N5.2	Probennahme und Probendarbietung .....	698
N5.2.1	Notwendige Luftmenge für eine Luftqualitätsbewertung.....	699
N5.2.2	Bewertungstrichter.....	700
N5.3	Probennahmeverfahren.....	701
N5.4	Emissionskammern .....	703
N5.5	Intensitätsbewertungen .....	705
N5.5.1	Kategoriemethode.....	705
N5.5.2	Referenzmethode .....	706
N5.6	Dynamische Olfaktometrie .....	708
N5.7	Hedonikbewertungen .....	710
N5.8	Akzeptanzbewertungen .....	712
<b>N6</b>	<b>Technische Messsysteme</b> .....	714
N6.1	Chemische Analytik.....	714
N6.1.1	Thermodesorption, Gaschromatographie und Massenspektroskopie.....	714
N6.1.2	Auswertung von Gaschromatogrammen.....	717
N6.1.3	Olfactory Detector Port (ODP) .....	718
N6.2	Luftqualitätssensoren .....	719
N6.3	Multigassensoren.....	721
N6.3.1	Gassensoren.....	722
N6.3.2	Multivariate Datenanalyse .....	726
<b>Literatur</b> .....		727
<b>0</b>	<b>Rentabilität von Verbesserungen des Raumklimas</b> .....	729
	OLLI SEPPÄNEN, WILLIAM FISK, ÜBERSETZUNG UND VORWORT VON KLAUS FITZNER	
<b>01</b>	<b>Vorwort</b> .....	729
<b>02</b>	<b>Einleitung</b> .....	729
<b>03</b>	<b>Raumluftqualität und Leistungsfähigkeit</b> .....	730
<b>04</b>	<b>Vorteile</b> .....	731
<b>05</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b> .....	732
<b>06</b>	<b>Außenluftwechsel und Arbeitsausfall durch kurze Krankheiten</b> ...	733
<b>07</b>	<b>Luftaustausch und Leistungsfähigkeit</b> .....	734
<b>08</b>	<b>Empfundene Luft-Qualität und Leistungsfähigkeit</b> .....	736
<b>09</b>	<b>Temperatur und Leistung</b> .....	738
<b>010</b>	<b>Einfluss des Betrachterstandpunktes</b> .....	741

---

<b>O11</b>	<b>Anwendung der Berechnungsmethode.....</b>	<b>742</b>
O11.1	Kühlung durch Nachtlüftung .....	742
O11.2	Rentabilität der Temperaturbegrenzung in einem Bürogebäude...	743
O11.3	Economizer .....	748
O11.4	Empfundene Luftqualität und Leistungsfähigkeit.....	750
<b>O12</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>750</b>
<b>O13</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>751</b>
<b>Literatur</b>	.....	<b>751</b>
<b>Sachverzeichnis</b>	.....	<b>755</b>