

## Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Begriffe .....	1
1.2 Raumluftqualität .....	2
1.3 Nutzerakzeptanz von raumlufttechnischen Anlagen .....	4
1.4 Thermische Behaglichkeit/Raumklimakomponenten .....	4
1.4.1 Thermoregulation des Menschen .....	4
1.5 Wärmeabgabe des Menschen .....	7
1.5.1 Wärmetransport durch die Kleidung .....	7
1.5.2 Umgebungsfaktoren .....	8
1.5.3 Berechnung der Wärmeabgabe des Menschen .....	9
1.6 Behaglichkeitskriterien .....	13
1.6.1 Globale stationäre Kriterien .....	14
1.6.2 Lokale stationäre Kriterien .....	15
1.6.2.1 Zugluftrisiko .....	15
1.6.2.2 Strahlungsasymmetrie .....	16
1.6.2.3 Vertikaler Lufttemperaturgradient zwischen Kopf/Fußgelenken .....	17
1.6.2.4 Fußbodenoberflächentemperatur .....	17
1.6.2.5 Luftfeuchte .....	18
1.6.3 Instationäre Bewertungskriterien .....	19
1.7 Bewertung der Raumluftqualität .....	19
1.8 Gesundheitsrelevanter Maßstab: MAK-/MIK-Wert .....	20
<b>2 Volumenstromermittlung/Raumlast</b> .....	<b>23</b>
2.1 Stofflast .....	23
2.1.1 Die stationäre Schadstoffbilanz .....	23
2.1.2 Die instationäre Schadstoffbilanz .....	24
2.1.3 Alternative Volumenstrombestimmung in der Praxis .....	25
2.1.3.1 Luftwechsel-Bezugswert Raumvolumen $V_R$ .....	26
2.1.3.2 Luftwechsel-Bezugswert Grundfläche $A_R$ .....	26
2.1.3.3 Luftwechsel-Bezugswert Personenanzahl $z_p$ .....	27
2.1.4 Empfohlene Lüftungsraten nach DIN EN 15251 .....	27
2.1.5 Kriterien für die Lüftungswirksamkeit .....	28
2.1.6 Beispielrechnung .....	30
2.2 Wärmelast .....	32
2.2.1 Heizlastberechnung .....	32

2.2.1.1	Transmissionswärmeverlust.....	33
2.2.1.2	Lüftungwärmebedarf.....	35
2.2.1.3	Norm-Heizlast (Gebäude).....	36
2.2.2	Kühllastberechnung.....	36
2.3	Meteorologische Grundlagen.....	39
2.3.1	Lufttemperatur.....	39
2.3.2	Luftfeuchtigkeit.....	41
2.3.3	Sonnenstrahlung.....	42
2.3.4	Wind und Luftdruck.....	46
2.3.5	Erdreichtemperatur.....	47
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlagen für die Klimatechnik.....</b>	<b>49</b>
3.1	Wasserdampf-Luft-Gemisch.....	49
3.2	Mollier $h$ - $x$ -Diagramm der feuchten Luft.....	52
3.3	Signifikante Temperaturen im $h$ - $x$ -Diagramm.....	58
<b>4</b>	<b>Zustandsänderungen im <math>h</math>-<math>x</math>-Diagramm.....</b>	<b>61</b>
4.1	Mischen.....	61
4.2	Aufheizen.....	63
4.3	Abkühlen.....	67
4.4	Zufuhr von Wasser und Wasserdampf.....	70
4.5	Verdunstungsvorgänge.....	71
4.6	Effektivitätsbestimmung bei der Befeuchtung.....	81
4.6.1	Zerstäubungsgrad.....	81
4.6.2	Befeuchtungsgrad.....	82
4.6.3	Wasser-Luft-Zahl (B).....	83
4.6.4	Verdunstungsgrad.....	84
<b>5</b>	<b>Wärmerückgewinnung.....</b>	<b>85</b>
5.1	Grundlagen.....	85
5.2	Wärmerückgewinnungseinrichtungen.....	88
5.3	Rekuperatoren.....	88
5.4	Regeneratoren.....	92
<b>6</b>	<b>Luftkanäle.....</b>	<b>97</b>
6.1	Allgemeines.....	97
6.2	Grundzüge der Druckverlustberechnung.....	98
6.2.1	Durchmesser-Bestimmung bei Rechteck-Kanälen.....	106

6.2.2	Querschnittbestimmung unter Praxisbedingungen .....	108
<b>7</b>	<b>Ventilatoren .....</b>	<b>111</b>
7.1	Grundlagen .....	111
7.2	Ventilatorauslegung/-regelung .....	113
7.3	Bauformen von Ventilatoren .....	114
7.3.1	Radialventilatoren .....	114
7.3.2	Axialventilatoren .....	118
7.3.3	Querstromgebläse.....	118
<b>8</b>	<b>Schalltechnik .....</b>	<b>121</b>
8.1	Grundlagen .....	121
8.2	Schallpegelminderung im Raum .....	124
8.3	Bauakustik .....	125
8.4	Akustische Wirkung von Anlagenkomponenten.....	126
8.4.1	Schallquellen in RLT-Anlagen.....	126
8.4.2	Schalldämpfung in RLT-Anlagen.....	127
8.5	Allgemeine Schallschutzmaßnahmen.....	129
<b>9</b>	<b>Luftfilter.....</b>	<b>131</b>
9.1	Grundlagen .....	131
9.2	Effekte der Partikelabscheidung .....	132
9.3	Filterleistungscharakterisierung/Filtereinteilung.....	133
9.4	Filterauswahl .....	135
9.5	Filterkonstruktion .....	136
<b>10</b>	<b>Freie Lüftung .....</b>	<b>141</b>
10.1	Grundlagen .....	141
10.2	Thermischer Auftrieb .....	141
10.3	Winddruck.....	143
10.4	Druckverluste/Volumenstrom.....	151
10.5	Lüftungsarten .....	152
10.5.1	Fugenlüftung .....	152
10.5.2	Fensterlüftung.....	152
10.5.3	Schachtlüftung.....	159
10.5.4	Dachaufsatzlüftung .....	160

10.6	Bemessung von Dachaufsatzlüftungen .....	163
<b>11</b>	<b>Ventilatorgestützte Lüftung</b> .....	<b>165</b>
11.1	Grundlagen .....	165
11.2	Einfluss der Ventilatoranordnung auf die Druckverhältnisse .....	165
11.2.1	Überdruckprinzip (Zuluftanlage) .....	166
11.2.2	Unterdruckprinzip (Abluftanlage) .....	166
11.2.3	Gleichdruckprinzip (Zu-/Abluftanlage) .....	167
11.3	Lüftungstechnische Zentralen .....	167
11.4	Außen- und Fortluftkanäle .....	168
11.5	Anlagenübersicht .....	168
11.5.1	Abluftanlagen .....	168
11.5.2	Zuluftanlagen .....	170
11.5.3	Zu-/Abluftanlagen .....	170
11.5.4	Zu-/Abluftgeräte .....	171
11.6	Hybride Lüftung .....	172
<b>12</b>	<b>Wohnungslüftung</b> .....	<b>179</b>
12.1	Grundlagen .....	179
12.2	Luftschadstoffe .....	180
12.2.1	Feuchte und mikrobiologische Belastungen .....	180
12.2.2	Kohlendioxid .....	182
12.2.3	Volatile Organic Compound (VOC) .....	184
12.2.4	Radon .....	184
12.2.5	Weitere Luftschadstoffe .....	186
12.3	Lüftungskonzept und Anlagenauslegung nach DIN 1946-6 .....	187
12.3.1	Lüftungskonzept (Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen) .....	187
12.3.2	Lüftungskonzept (Festlegung des Lüftungssystems und der Lüftungsstufen) .....	189
12.3.3	Auslegung von Lüftungssystemen .....	190
12.3.4	Auslegung von Lüftungskomponenten .....	193
12.4	Lüftung innenliegender Bäder/WC nach DIN 18017-3 .....	195
<b>13</b>	<b>Luftführung im Raum</b> .....	<b>199</b>
13.1	Formen der Raumluchtströmung .....	199
13.2	Grundlagen der Strahlausbreitung (Zuluft) .....	201
13.2.1	Waagerechter, runder, isothermer Freistrahler .....	201
13.2.2	Waagerechter, nichtisothermer Freistrahler .....	204
13.3	Behinderung der Strahlausbreitung .....	207

13.4	Abluftströmung.....	208
<b>14</b>	<b>Luftdurchlässe .....</b>	<b>211</b>
14.1	Wandluftdurchlässe.....	212
14.2	Deckenluftauslässe.....	213
14.3	Kanalauslässe in Schlitzform.....	215
14.4	Lüftungs- und Klimadecken in Form von Lochdecken .....	217
14.5	Fußbodenauslässe.....	217
14.6	Stuhl-, Tisch-, Pultauslässe.....	218
14.7	Außenluftdurchlässe (ALD) .....	218
<b>15</b>	<b>Raumkühlung .....</b>	<b>221</b>
15.1	Grundlagen .....	221
15.2	Luftkühlung .....	221
15.3	Flächenkühlung .....	226
<b>16</b>	<b>Rein-/OP-Räume.....</b>	<b>231</b>
16.1	Einführung.....	231
16.2	Begrenzung der Luftkontamination.....	231
16.3	Nichttechnische Maßnahmen.....	232
16.4	Technische Maßnahmen.....	233
16.5	Besonderheiten bei OP-Räumen .....	235
<b>17</b>	<b>Klimaanlagen.....</b>	<b>237</b>
17.1	Grundlagen .....	237
17.2	Nur-Luft-Klimaanlagen .....	241
17.2.1	Einkanal-Klimaanlage mit konstantem Volumenstrom (KVS-Anlage) .....	241
17.2.2	Einkanal-Klimaanlage mit variablem Volumenstrom (VVS-Anlage).....	246
17.2.3	Zweikanal-Klimaanlage .....	248
17.3	Luft-Wasser-Klimaanlagen .....	251
17.3.1	Vierrohr-/Dreirohr- und Zweirohr-Systeme.....	252
17.3.2	Induktionsgeräte.....	253
17.4	DEC-Klimaanlagen .....	255
17.4.1	Anlagentechnische Fragestellungen.....	257
17.4.2	Besonderheiten in der Prozessführung bei DEC-Anlagen.....	259
17.4.3	Modifizierte DEC-Anlagen .....	261

17.4.4	Sorptionsregenerator .....	263
<b>18</b>	<b>Regelung von RLT-Anlagen .....</b>	<b>265</b>
18.1	Grundlagen .....	265
18.2	Regelungskonzepte von Klimaanlage .....	265
18.2.1	Allgemeines .....	265
18.2.2	Taupunktregelung von Klimaanlage .....	266
18.2.3	Direkte Feuchteregelung von Klimaanlage .....	267
18.2.4	Regelung von Zweikanal-Klimaanlagen .....	269
18.2.5	Regelung von Induktionsgeräten .....	270
18.2.6	Regelung von DEC-Klimaanlagen .....	271
<b>19</b>	<b>Entrauchung von Gebäuden .....</b>	<b>273</b>
19.1	Grundlagen .....	273
19.2	Brandentwicklungsphasen .....	274
19.3	Brandschutztechnische Maßnahmen in RLT-Anlagen .....	275
19.3.1	Natürlich wirkende Rauchabzugsanlagen (NRA) .....	277
19.3.2	Maschinelle Rauchabzugsanlagen (MRA) .....	278
19.3.3	Sprinkleranlagen .....	278
19.4	Druckbelüftung von Treppenhäusern .....	279
<b>20</b>	<b>Energetische Bilanzierung von RLT-Anlagen .....</b>	<b>281</b>
20.1	Energieeinsparverordnung .....	281
20.2	Energetische Bilanzierung nach EnEV .....	281
20.2.1	Grundlagen .....	281
20.2.2	Lüftungssysteme für Wohngebäude .....	284
20.2.3	RLT-Systeme für Nichtwohngebäude .....	288
20.3	Energetische Inspektion von RLT-Anlagen .....	291
<b>21</b>	<b>Numerische Berechnung .....</b>	<b>295</b>
21.1	Grundlagen .....	295
21.2	Raumluftströmung .....	296
21.2.1	Turbulente Strömungen .....	299
21.2.2	Turbulenzmodellierung .....	302
21.2.3	Kopplung von Strömungssimulation und Gebäude-/Anlagensimulation .....	303

<b>Literatur</b> .....	307
<b>Anhang</b> .....	313
<b>A</b> <b>Thermodynamische Grundlagen</b> .....	313
<b>B</b> <b>Schaltbilder raumlufotechnischer Anlagenkomponenten</b> .....	317
<b>C</b> <b>Beispiel: Nur-Luft-Klimaanlagen</b> .....	325
C.1      Aufgabenstellung .....	325
C.2      Musterlösung .....	326
<b>D</b> <b>Beispiel: Luft-Wasser-Klimaanlagen</b> .....	341
D.1      Aufgabenstellung .....	341
D.2      Lösung .....	343
<b>E</b> <b>Kontrollfragen</b> .....	357
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	359