

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Formelzeichen und Abkürzungen | XV |
| 1 Einleitung | 1 |
| 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 Strahlungssymmetrie | 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 |
| 2 Volumenstromermittlung/Raumlast | 23 |
| 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 Beispieldurchrechnung | 30 |
| 2.2 Wärmelast | 32 |
| 2.2.1 Heizlastberechnung | 32 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 2.2.1.1 | Transmissionswärmeverlust..... | 33 |
| 2.2.1.2 | Lüftungswärmebedarf..... | 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 |
| 3 | Theoretische Grundlagen für die Klimatechnik..... | 49 |
| 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 |
| 4 | Zustandsänderungen im h-x-Diagramm | 61 |
| 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 |
| 5 | Wärmerückgewinnung | 85 |
| 5.1 | Grundlagen | 85 |
| 5.2 | Wärmerückgewinnungseinrichtungen | 88 |
| 5.3 | Rekuperatoren | 88 |
| 5.4 | Regeneratoren | 92 |
| 6 | Luftkanäle | 97 |
| 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 |
| 7 | Ventilatoren | 111 |
| 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 |
| 8 | Schalltechnik | 121 |
| 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 |
| 9 | Luftfilter | 131 |
| 9.1 | Grundlagen | 131 |
| 9.2 | Effekte der Partikelabscheidung..... | 132 |
| 9.3 | Filterleistungscharakterisierung/Filtereinteilung..... | 133 |
| 9.4 | Filterauswahl | 135 |
| 9.5 | Filterkonstruktion | 136 |
| 10 | Freie Lüftung | 141 |
| 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 |
| 11 | Ventilatorgestützte Lüftung | 165 |
| 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 |
| 12 | Wohnungslüftung | 179 |
| 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 |
| 13 | Luftführung im Raum | 199 |
| 13.1 | Formen der Raumluftströmung | 199 |
| 13.2 | Grundlagen der Strahlausbreitung (Zuluft) | 201 |
| 13.2.1 | Waagerechter, runder, isothermer Freistrahl | 201 |
| 13.2.2 | Waagerechter, nichtisothermer Freistrahl | 204 |
| 13.3 | Behinderung der Strahlausbreitung | 207 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 13.4 | Abluftströmung | 208 |
| 14 | Luftdurchlässe | 211 |
| 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 |
| 15 | Raumkühlung | 221 |
| 15.1 | Grundlagen | 221 |
| 15.2 | Luftkühlung | 221 |
| 15.3 | Flächenkühlung | 226 |
| 16 | Rein-/OP-Räume | 231 |
| 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 |
| 17 | Klimaanlagen | 237 |
| 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 |
| 18 | Regelung von RLT-Anlagen | 265 |
| 18.1 | Grundlagen | 265 |
| 18.2 | Regelungskonzepte von Klimaanlagen | 265 |
| 18.2.1 | Allgemeines | 265 |
| 18.2.2 | Taupunktregelung von Klimaanlagen | 266 |
| 18.2.3 | Direkte Feuchteregelung von Klimaanlagen | 267 |
| 18.2.4 | Regelung von Zweikanal-Klimaanlagen | 269 |
| 18.2.5 | Regelung von Induktionsgeräten | 270 |
| 18.2.6 | Regelung von DEC-Klimaanlagen | 271 |
| 19 | Entrauchung von Gebäuden | 273 |
| 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 |
| 20 | Energetische Bilanzierung von RLT-Anlagen | 281 |
| 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 |
| 21 | Numerische Berechnung | 295 |
| 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 |

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