

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Raum- und Klimatechnik	23
1.1 Begriffe	23
1.2 Raumlufthqualität	25
1.3 Nutzerakzeptanz von raumlufthtechnischen Anlagen	27
1.4 Thermische Behaglichkeit / Raumklimakomponenten	28
1.4.1 Thermoregulation des Menschen	28
1.5 Wärmeabgabe des Menschen	30
1.5.1 Wärmetransport durch die Kleidung	30
1.5.2 Umgebungsfaktoren	31
1.5.3 Berechnung der Wärmeabgabe des Menschen	32
1.6 Behaglichkeitskriterien	35
1.6.1 Stationäre Kriterien	35
1.6.2 Instationäre Kriterien	40
1.7 Bewertung der Raumlufthqualität	43
1.8 Gesundheitsrelevante Maßstäbe	43
1.8.1 MAK-/MIK-Wert	43
1.8.2 AGW-Wert	44
2 Volumenstromermittlung/Raumlast	45
2.1 Stofflast	45
2.1.1 Stationäre Schadstoffbilanz	45
2.1.2 Instationäre Schadstoffbilanz	46
2.1.3 Alternative Volumenstrombestimmung in der Praxis	47
2.1.4 Empfohlene Lüftungsraten nach DIN EN 16798-1	49
2.1.5 Kriterien für die Lüftungswirksamkeit	49
2.1.6 Raumlufthygiene – Infektionsrisiko durch Viren	50
2.1.7 Beispielrechnung	53
2.2 Wärmelast	55
2.2.1 Heizlastberechnung	55
2.2.2 Kühllastberechnung	58
2.3 Meteorologische Grundlagen	60
2.3.1 Lufttemperatur	60
2.3.2 Luftfeuchtigkeit	62
2.3.3 Sonnenstrahlung	63
2.3.4 Wind und Luftdruck	67
2.3.5 Erdoberflächtemperatur	67
3 Thermodynamische Grundlagen für die Klimatechnik	69
3.1 Grundlagen	69
3.2 Wasserdampf-Luft-Gemisch	69
3.3 Mollier h,x-Diagramm der feuchten Luft	75
3.4 Signifikante Temperaturen im h,x-Diagramm	80
3.5 Psychrometer-Diagramm (Carrier-Diagramm)	82
4 Zustandsänderungen im h,x-Diagramm	85
4.1 Mischen	85
4.2 Aufheizen	86
4.3 Abkühlen	90

4.4	Zufuhr von Wasser und Wasserdampf	92
4.5	Verdunstungsvorgänge	93
4.6	Effektivitätsbestimmung bei der Befeuchtung	102
4.6.1	Zerstäubungsgrad	102
4.6.2	Befeuchtungsgrad	102
4.6.3	Wasser-Luft-Zahl (B)	104
4.6.4	Verdunstungsgrad	105
5	Systeme zur Wärme- und Kälteerzeugung	107
5.1	Systeme zur Wärmeerzeugung	107
5.1.1	Heizkessel/ Brennwertkessel	107
5.1.2	Wärmepumpen	111
5.1.3	Kraft-Wärme-Kälte-Systeme	115
5.1.4	Fernwärmesysteme	117
5.2	Systeme zur Kälteerzeugung	118
5.2.1	Klassische Verdichterkältemaschinen	118
5.2.2	Sorptionskältemaschinen	122
5.2.3	Kältemittel	124
5.3	Kälteanlagen mit Wasser als Kühl- und Kältemittel	126
6	Wärmerückgewinnung	129
6.1	Grundlagen	129
6.2	Wärmerückgewinnungseinrichtungen	132
6.3	Rekuperatoren	133
6.4	Regeneratoren	136
6.5	Vergleich von Wärmerückgewinnungssystemen	139
7	Luftkanäle	141
7.1	Allgemeines	141
7.2	Grundzüge der Druckverlustberechnung	142
7.2.1	Durchmesser-Bestimmung bei Rechteck-Kanälen	148
7.2.2	Querschnitts-Bestimmung unter Praxisbedingungen	150
8	Ventilatoren	153
8.1	Grundlagen	153
8.2	Ventilatorauslegung/-regelung	154
8.3	Bauformen von Ventilatoren	156
8.3.1	Radialventilatoren	156
8.3.2	Axialventilatoren	160
8.3.3	Querstromgebläse	160
8.4	Installation von Ventilatoren	161
9	Schalltechnik	163
9.1	Grundlagen	163
9.2	Schallpegelminderung im Raum	165
9.3	Bauakustik	166
9.4	Akustische Wirkung von Anlagenkomponenten	167
9.4.1	Schallquellen in RLT-Anlagen	167
9.4.2	Schalldämpfung in RLT-Anlagen	168
9.5	Allgemeine Schallschutzmaßnahmen	170
9.6	Schallpegel – Grenzwerte	170

10	Luftfilter	173
10.1	Grundlagen	173
10.2	Effekte der Partikelabscheidung in Luftfiltern	174
10.3	Filterleistungscharakterisierung/Filttereinteilung	175
10.4	Filterauswahl	177
10.5	Filterkonstruktion	178
11	Freie Lüftung	183
11.1	Grundlagen	183
11.2	Thermischer Auftrieb	183
11.3	Winddruck	185
11.4	Druckverluste/Volumenstrom	190
11.5	Lüftungsarten	190
11.5.1	Fugenlüftung	191
11.5.2	Fensterlüftung	191
11.5.3	Schachtlüftung	197
11.5.4	Dachaufsatzlüftung	198
11.6	Bemessung von Dachaufsatzlüftungen	200
12	Ventilatorgestützte Lüftung	203
12.1	Grundlagen	203
12.2	Einfluss der Ventilatoranordnung auf die Druckverhältnisse	203
12.2.1	Überdruckprinzip (Zuluftanlage)	203
12.2.2	Unterdruckprinzip (Abluftanlage)	204
12.2.3	Gleichdruckprinzip (Zu-/Abluftanlage)	204
12.3	Lüftungstechnische Zentralen	205
12.4	Außen- und Fortluftkanäle	205
12.5	Anlagenübersicht	206
12.5.1	Abluftanlagen	206
12.5.2	Zuluftanlagen	207
12.5.3	Zu-/Abluftanlagen	207
12.5.4	Zu-/Abluftgeräte	208
12.6	Hybride Lüftung	209
13	Wohnungslüftung	215
13.1	Grundlagen	215
13.2	Luftschadstoffe	216
13.2.1	Feuchte und mikrobiologische Belastungen	216
13.2.2	Kohlendioxid	217
13.2.3	Volatile Organic Compound (VOC)	219
13.2.4	Radon	219
13.2.5	Weitere Luftschadstoffe	221
13.3	Lüftungskonzept und Anlagenauslegung nach DIN 1946-6	222
13.3.1	Lüftungskonzept (Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen)	222
13.3.2	Lüftungskonzept (Festlegung des Lüftungssystems und Lüftungsstufen)	223
13.3.3	Auslegung von Lüftungssystemen	225
13.3.4	Auslegung von Lüftungskomponenten	227
13.4	Lüftung innen liegender Bäder/WCs nach DIN 18017-3	229
14	Luftführung im Raum	233
14.1	Formen der Raumluchtströmung	233

14.2 Grundlagen der Strahlausbreitung (Zuluft)	235
14.2.1 Waagerechter, runder, isothermer Freistrah	235
14.2.2 Waagerechter, nichtisothermer Freistrah	237
14.3 Behinderung der Strahlausbreitung	240
14.4 Abluftströmung	241
15 Luftdurchlässe	243
15.1 Wandluftdurchlässe	244
15.2 Deckenluftauslässe	244
15.3 Kanalauslässe in Schlitzform	247
15.4 Lüftungs- und Klimadecken in Form von Lochdecken	248
15.5 Fußbodenauslässe	248
15.6 Stuhl-, Tisch-, Pultauslässe	249
15.7 Außenluftdurchlässe (ALD)	249
16 Raumkühlung	251
16.1 Grundlagen	251
16.2 Luftkühlung	251
16.3 Flächenkühlung	256
16.3.1 Allgemeines	256
16.3.2 Konstruktionsdetails zu Flächenheiz- und Flächenkühlssystemen	258
16.4 Vergleich von Luft- und Flächenkühlungssystemen	262
17 Rein-/OP-Räume	265
17.1 Einführung	265
17.2 Begrenzung der Luftkontamination	265
17.3 Nichttechnische Maßnahmen	266
17.4 Technische Maßnahmen	267
17.5 Besonderheiten bei OP-Räumen	270
18 Klimaanlagen	271
18.1 Grundlagen	271
18.2 Nur-Luft-Klimaanlagen	274
18.2.1 Einkanal-Klimaanlage mit konstantem Volumenstrom (KVS-Anlage)	274
18.2.2 Einkanal-Klimaanlage mit variablem Volumenstrom (VVS-Anlage)	279
18.2.3 Zweikanal-Klimaanlage	280
18.3 Luft-Wasser-Klimaanlagen	282
18.3.1 Vierrohr-/ Dreirohr- und Zweirohr-Systeme	284
18.3.2 Induktionsgeräte	285
18.4 DEC-Klimaanlagen	287
18.4.1 Anlagentechnische Fragestellungen	289
18.4.2 Besonderheiten in der Prozessführung bei DEC-Anlagen	290
18.4.3 Modifizierte DEC-Anlagen	292
18.4.4 Sorptionsregenerator	293
18.5 Splitsysteme / VRF-Systeme	294
19 Regelung von RLT-Anlagen	297
19.1 Grundlagen	297
19.2 Regelungskonzepte von Klimaanlagen	299
19.2.1 Allgemeines	299
19.2.2 Taupunktregelung von Klimaanlagen	299

19.2.3	Direkte Feuchterege- lung von Klimaanlage- nen	301
19.2.4	Regelung von Zweikanal-Klima- anlagen	303
19.2.5	Regelung von Induktionsgerä- ten	303
19.2.6	Regelung von DEC-Klima- anlagen	305
19.3	Kennzeichnung	306
20	Entrauchung von Gebäuden	309
20.1	Grundlagen	309
20.2	Brandentwicklungsphasen	309
20.3	Brandschutztechnische Maß- nahmen in RLT-Anlagen	311
20.3.1	Natürlich wirkende Rauchab- zugsanlagen (NRA)	312
20.3.2	Maschinelle Rauchabzugs- anlagen (MRA)	313
20.3.3	Sprinkleranlagen	314
20.4	Druckbelüftung von Treppen- häusern	315
21	Energetische Bilanzierung von RLT-Anlagen	317
21.1	Gebäudeenergiegesetz	317
21.2	Energetische Bilanzierung nach GEG	317
21.2.1	Grundlagen	317
21.2.2	Lüftungssysteme für Wohnge- bäude	321
21.2.3	RLT-Systeme für Nichtwohn- gebäude	323
21.3	Energetische Inspektion von RLT-Anlagen	326
22	Numerische Berechnung	329
22.1	Grundlagen	329
22.2	Raumluftströmung	330
22.2.1	Turbulente Strömungen	332
22.2.2	Turbulenzmodellierung	334
22.2.3	Kopplung von Strömungssim- ulation und Gebäude-/Anlagen- simulation	336
23	Versuchsstände für die Raumluf- t- und Klimatechnik	339
23.1	Combined Energy Lab (CEL) der TU Dresden	339
23.2	Raumströmungszelle der FH Zwickau	341
23.3	Raumklimaraum der TU Kopen- hagen	342
23.4	Raumklimaraum der RWTH Aachen	343
A	Thermodynamische Grundlagen	345
B	Zustandsänderungen im Psychrometer-Diagramm (Carrier-Diagramm)	348
C	Schaltbilder raumluf- ttechnischer Anlagenkomponenten	351
D	Beispiel: Nur-Luft-Klima- anlagen	359
D.1	Aufgabenstellung	359
D.2	Musterlösung	360
E	Beispiel: Luft-Wasser-Klima- anlagen	372
E.1	Aufgabenstellung	372
E.2	Lösung	373
F	Beispiel: DEC-Klima- anlagen	384
F.1	Aufgabenstellung	384

F.2 Lösung	385
G Kontrollfragen	389
Literatur	391