

Inhaltsverzeichnis

Vorwort..... V

Autoren VI

Vorschau: Kompendium der Lüftungs- und Klimatechnik, Band II..... VIII

AbkürzungsverzeichnisXXIII

1 Gleichungen, Einheiten und dimensionslose Kennzahlen 1

1.1 Verwendete Formelzeichen und Definitionen 1

1.2 Gleichungen 2

1.3 Einheiten 4

1.4 Dimensionslose Kennzahlen..... 6

1.5 Literatur für Kapitel 1 8

2 Meteorologie 9

2.1 Verwendete Formelzeichen und Definitionen 9

2.2 Einführung..... 9

2.3 Vom Wetter zum Klima 10

2.4 Atmosphäre 10

2.4.1 Geschichte der Atmosphäre 10

2.4.2 Höhenabhängigkeit meteorologischer Elemente 12

2.4.2.1 Luftdruck..... 12

2.4.2.2 Temperatur der Atmosphäre 13

2.4.2.3 Dichte der Luft 14

2.4.2.4 Zusammenfassung des Kapitels 2.4.2 14

2.4.3 Weitere meteorologische Elemente..... 16

2.4.3.1 Sonnenstrahlung 16

2.4.3.2 Wind 20

2.4.3.3 Wasser 20

2.5 Klimawandel 21

2.6 Literatur für Kapitel 2 31

3 Aufgabe der Raumluftechnik 35

3.1 Verwendete Formelzeichen, Definitionen und Indices 35

 3.1.1 Formelzeichen 35

 3.1.2 Indices 35

3.2 Einführung 36

3.3 Behaglichkeit 37

3.4 Lasten 45

 3.4.1 Überblick 45

 3.4.2 Thermische Lasten 52

 3.4.3 Stofflasten 53

 3.4.4 Drucklasten 56

3.5 Literatur für Kapitel 3 58

4 Psychrometrie 61

4.1 Verwendete Formelzeichen, Definitionen und Indices 61

 4.1.1 Formelzeichen und Definitionen 61

 4.1.2 Indices 62

4.2 Einführung 63

4.3 Grundlagen der Psychrometrie 64

 4.3.1 Zustandsgleichung idealer Gase 64

 4.3.2 Masse feuchter Luft 65

 4.3.3 Partialdrücke 65

 4.3.4 Wasserdampfgehalt 67

 4.3.5 Enthalpie 69

 4.3.6 Sättigungskurve 71

 4.3.7 Feuchtkugeltemperatur 72

 4.3.8 Taupunkt 75

 4.3.9 Dichte feuchter Luft 76

- 4.4 Grafische Darstellung 76**
 - 4.4.1 Übersicht 76
 - 4.4.2 Das Mollier-Diagramm 77
 - 4.4.3 Das ASHRAE-Diagramm 80
- 4.5 Beschreibung eines Luftzustands 83**
 - 4.5.1 Übersicht 83
 - 4.5.2 Wertepaare für die Beschreibung eines Luftzustands 83
 - 4.5.2.1 Trockenkugel- und Feuchtkugeltemperatur 83
 - 4.5.2.2 Trockenkugel- und Taupunkttemperatur 87
 - 4.5.2.3 Trockenkugeltemperatur und relative Feuchte 88
 - 4.5.2.4 Trockenkugeltemperatur und Wasserdampfbeladung 91
 - 4.5.2.5 Trockenkugeltemperatur und spezifische Enthalpie 92
 - 4.5.2.6 Taupunkttemperatur und relative Feuchte 92
- 4.6 Zustandsänderungen feuchter Luft 94**
 - 4.6.1 Überblick 94
 - 4.6.2 Adiabate Mischung zweier Luftmassenströme 94
 - 4.6.3 Erwärmung 97
 - 4.6.4 Kühlung 100
 - 4.6.4.1 Überblick 100
 - 4.6.4.2 Kühlung ohne Entfeuchtung 101
 - 4.6.4.3 Kühlung mit Entfeuchtung 102
 - 4.6.4.4 Kühlung mit optimierter Entfeuchtung 107
 - 4.6.4.5 Kühlung mit Bypass 108
 - 4.6.4.6 Kühlung direkt mit Kältemittel 112
 - 4.6.5 Befeuchtung 113
 - 4.6.5.1 Überblick 113
 - 4.6.5.2 Adiabate Befeuchtung 114
 - 4.6.5.3 Befeuchtung mit temperiertem Wasser 116
 - 4.6.5.4 Dampfbefeuchtung 116
 - 4.6.6 Wärmerückgewinnung 118
 - 4.6.6.1 Überblick 118
 - 4.6.6.2 Regenerative Wärmerückgewinner 120
 - 4.6.6.3 Rekuperative Wärmerückgewinner 122
 - 4.6.7 Entfeuchtung ohne Oberflächenkühlung 123
- 4.7 Kühlturm 126**
 - 4.7.1 Einführung 126
 - 4.7.2 Verdunstungskühlturm 128

4.8 Verdunstung 130

4.9 Literatur für Kapitel 4 132

5 Wärmetransportmechanismen 137

5.1 Verwendete Formelzeichen und Definitionen 137

5.2 Überblick 138

5.3 Wärmeleitung 139

 5.3.1 Ebene Wand 141

 5.3.2 Zylinderschale 144

 5.3.3 Kugelschale 145

5.4 Konvektion 147

 5.4.1 Ähnlichkeitstheorie des Wärmeübergangs 147

 5.4.2 Ähnlichkeitsgleichungen 149

5.5 Wärmestrahlung 151

 5.5.1 Strahlungsaustausch zwischen Oberflächen..... 155

 5.5.2 Sonderfälle: planparallele Platten und Körper mit Umhüllung 157

5.6 Beispiel Verglasungen 158

5.7 Literatur für Kapitel 5 164

6 Thermische Bauphysik 165

6.1 Verwendete Formelzeichen und Definitionen 165

6.2 Überblick 168

6.3 Wärme 169

 6.3.1 Eindimensionaler stationärer Wärmedurchgang: Der U-Wert 169

 6.3.2 Wärmebrücken 174

 6.3.3 Wärmespeicherung 178

6.4 Feuchte 181

 6.4.1 Wasserdampfdiffusion durch Bauteile 181

 6.4.2 Das Glaser-Verfahren..... 186

6.5	Tageslicht	190
6.5.1	Einführung	190
6.5.2	Strahlungsphysikalische und photometrische Größen	190
6.5.3	Tageslichtangebot.....	194
6.5.4	Tageslichtsysteme und optimale Anordnung von Verglasungen	195
6.5.5	Tageslichtsimulation	199
6.6	Energiebilanz / Leistung	202
6.6.1	Energiebilanzierung stationär und dynamisch.....	202
6.6.2	Leistungsermittlung, geordnete Jahresdauerlinie.....	202
6.6.3	Faustformeln für Wärmesenken	204
6.6.4	Simulation.....	206
6.7	Literatur für Kapitel 6	210
7	Angewandte Strömungslehre	213
7.1	Verwendete Formelzeichen, Definitionen und Indices	213
7.1.1	Verwendete Formelzeichen	213
7.1.2	Indices der verwendeten Formelzeichen.....	216
7.2	Überblick	217
7.3	Viskosität Newtonscher Fluide	218
7.4	Gesetze der reibungsfreien Strömung	220
7.4.1	Einführung	220
7.4.2	Kontinuitätsgleichung	220
7.4.3	Energiegleichung	222
7.4.3.1	Energie in einem Strömungssystem.....	222
7.4.3.2	Bernoullische Gleichung.....	223
7.4.4	Definition der Drücke einer Strömung	224
7.4.5	Impulsgleichung.....	227
7.5	Strömungsformen bei reibungsbehafteter Rohrströmung	227
7.5.1	Überblick.....	227
7.5.2	Laminare Rohrströmung.....	227

7.5.3	Turbulente Rohrströmung.....	229
7.5.4	Grenzschicht.....	231
7.5.5	Druckverlust einer Rohrströmung.....	233
7.6	Ventilatoren	245
7.7	Raumströmung	253
7.7.1	Einführung	253
7.7.2	Mischströmung	253
7.7.3	Verdrängungsströmung	255
7.7.4	Abluftdurchlässe	259
7.8	Geschwindigkeitsprofile von Zu- und Abluftströmen.....	259
7.8.1	Einführung	259
7.8.2	Frei- und Wandstrahlen	260
7.8.2.1	Überblick.....	260
7.8.2.2	Isothermer, runder Freistrahls	260
7.8.2.3	Anisotheimer runder Freistrahls.....	264
7.8.2.4	Ebener Freistrahls	269
7.8.2.5	Ebener Wandstrahl.....	270
7.8.2.6	Empirische Berechnungsansätze für Zuluftstrahlen.....	271
7.8.2.7	Regelung von anisothermen Freistrahlen.....	272
7.8.3	Abluftströme	275
7.8.3.1	Überblick.....	275
7.8.3.2	Geschwindigkeitsprofil an einer runden Saugöffnung	275
7.8.4	Fazit.....	277
7.9	Freie Lüftungssysteme	277
7.9.1	Einführung	277
7.9.2	Windkräfte	277
7.9.3	Thermischer Auftrieb	282
7.9.4	Luftströme durch Öffnungen.....	284
7.9.5	Bestimmung der Luftstromverteilung im Gebäude	289
7.9.5.1	Einführung	289
7.9.5.2	Vereinfachtes Modell	289
7.9.5.3	Netzwerkmodelle	289
7.10	Literatur für Kapitel 7	290

8	Kältetechnik	295
8.1	Verwendete Formelzeichen, Definitionen und Indices	295
8.1.1	Formelzeichen und Definitionen	295
8.1.2	Indices der verwendeten Formelzeichen	296
8.2	Überblick	297
8.2.1	Kälteerzeugung – Grundlagen der Thermodynamik	298
8.2.2	Thermische Zustandsgrößen und Zustandsgleichungen	299
8.2.3	Zustandsänderung und Zustandsänderungsdiagramme	305
8.3	Prozesse der Kälteerzeugung	308
8.3.1	Verschleißprozesse	308
8.3.1.1	Trockeneis und Eis	309
8.3.1.2	Kältemischungen	312
8.3.2	Kreisprozesse	314
8.3.2.1	Kompressionskälteprozess	314
8.3.2.2	Kaltwassersatz	323
8.3.2.3	Absorptionskälteanlage	325
8.3.2.4	Adsorptionsunterstützte Kühlung	330
8.4	Kältemittel	332
8.4.1	Überblick	332
8.4.2	Kältemittel für Kompressionskälteanlagen	333
8.4.3	Kältemittel für Absorptionskälteanlagen	340
8.5	Bauelemente der Kälteanlagen	343
8.5.1	Einführung	343
8.5.2	Verdichter	343
8.5.2.1	Hubkolbenverdichter	344
8.5.2.2	Rotationsverdichter	346
8.5.3	Verdampfer	351
8.5.3.1	Einführung	351
8.5.3.2	Verdampferbauarten	353
8.5.4	Verflüssiger	356
8.5.4.1	Einführung	356
8.5.4.2	Bauarten von Verflüssigern	357
8.5.5	Drossel	361
8.5.6	Rückkühlwerke	366

- 8.6 Literatur für Kapitel 8 368
- 9 Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik – Grundlage der Gebäudeautomation 371
 - 9.1 Verwendete Formelzeichen 371
 - 9.2 Ziele und Anforderungen an die Gebäudeautomation..... 371
 - 9.3 Struktur und Aufbau der Gebäudeautomation..... 372
 - 9.4 Einordnung der Gebäudeautomation im Bauwesen..... 375
 - 9.5 Aktuelle und zukünftige Relevanz der Gebäudeautomation 376
 - 9.6 Messtechnik 376
 - 9.6.1 Einführung 376
 - 9.6.2 Messen elektrischer Größen 378
 - 9.6.2.1 Überblick.....378
 - 9.6.2.2 Analog digital – digital analog-Wandlung379
 - 9.6.2.3 Spannungsmessung.....382
 - 9.6.2.4 Strommessung382
 - 9.6.2.5 Widerstandsmessung383
 - 9.6.2.6 Kapazitätsmessung383
 - 9.6.3 Messen nichtelektrischer Größen..... 383
 - 9.6.3.1 Überblick.....383
 - 9.6.3.2 Temperaturmessung.....384
 - 9.6.3.3 Feuchtemessung390
 - 9.6.3.4 Druckmessung.....390
 - 9.6.3.5 Volumenstrommessung von Luft393
 - 9.6.3.6 CO₂ - Messung396
 - 9.6.3.7 VOC-Messung397
 - 9.6.3.8 Bewegung/Präsenz-Erfassung398
 - 9.7 Steuerungstechnik 399
 - 9.7.1 Einführung 399
 - 9.7.2 Struktur, Aufbau und Arten von Steuerungen 400
 - 9.7.3 Logische Schaltungen 403
 - 9.7.4 Verbindungs- und Speicherprogrammierte Steuerungen 407
 - 9.7.5 Stellglieder 408
 - 9.7.5.1 Überblick.....408

9.7.5.2	Arten von Steuerungssignalen	408
9.7.5.3	Stellventile	410
9.8	Regelungstechnik	411
9.8.1	Einführung	411
9.8.2	Der Regelkreis	412
9.8.3	Regelstrecken	414
9.8.3.1	Einleitung	414
9.8.3.2	Strecken mit Ausgleich	414
9.8.3.3	Strecken ohne Ausgleich	419
9.8.4	Regler	420
9.8.4.1	Übersicht	420
9.8.4.2	Zweipunktregler	421
9.8.4.3	Proportionalregler (P-Regler)	422
9.8.4.4	Integralregler (I-Regler)	423
9.8.4.5	Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)	425
9.8.4.6	Differentialregler (D-Regler/PD-Regler)	426
9.8.4.7	Proportional-Integral-Differentialregler (PID-Regler)	427
9.8.5	Regelstrategien in der Lüftungs- und Klimatechnik	429
9.8.5.1	Einleitung	429
9.8.5.2	Temperaturregelung	430
9.8.5.3	Feuchteregelung	432
9.8.5.4	Luftqualitätsregelung	434
9.8.5.5	Druckregelung	434
9.9	Literatur für Kapitel 9	437
10	Building Information Modeling	439
10.1	Abkürzungsverzeichnis	439
10.2	Einleitung	440
10.3	Prozesse und Rollen	444
10.3.1	Einführung	444
10.3.2	BIM-Prozess	448
10.3.3	AIA – Auftraggeber Informationsanforderung	449
10.3.4	BAP – BIM Abwicklungsplan	451
10.3.5	IDM – Information Delivery Manual	453
10.3.6	MVD – Model View Definition	455

Inhaltsverzeichnis

- 10.3.7 IDS – Information Delivery Specification 456
 - 10.3.8 PSD – Property Set Definition 458
 - 10.3.9 BIM-Rollen 459
- 10.4 Interoperabilität..... 462**
 - 10.4.1 CDE – Common Data Environment..... 464
 - 10.4.2 IFC – Industry Foundation Classes 467
 - 10.4.3 gbXML – Green Building XML 475
- 10.5 Spezifikationen der technischen Gebäudeausrüstung 479**
 - 10.5.1 Bedarfsermittlung 480
 - 10.5.2 Systementwurf 488
 - 10.5.3 Ausführungsplanung..... 495
 - 10.5.4 Ausschreibungsphase 497
 - 10.5.5 Errichtungsphase 499
 - 10.5.6 Betriebsphase 499
- 10.6 Literatur für Kapitel 10 501**
-
- 11 Anhang 505**
 - 11.1 Umrechnungstabellen 505**
 - 11.2 Stoffwerte 508**
 - 11.3 Literatur für Kapitel 11..... 509**
- Abbildungsverzeichnis511**
- Stichwortverzeichnis 517**