

1. Physiologische Grundlagen	1
1.1. Überblick.	1
1.2. Lufttemperatur.	1
1.3. Temperatur und Raumumschließungsflächen	2
1.4. Luftfeuchte	3
1.5. Luftbewegung.	3
1.6. Bioklimatik	3
2. Elektrotechnische Grundlagen	4
2.1. Ohmsches Gesetz.	4
2.2. Elektrische Leistung.	4
2.3. Versorgung von Heizgeräten mit Drehstrom	5
3. Wärmetechnische Grundlagen	7
3.1. Wärmemenge	7
3.2. Wärmeleitung	7
3.3. Strahlung.	11
3.4. Das h,x-Diagramm für feuchte Luft nach <i>R. Mollier</i>	12
4. Meteorologische Grundlagen	18
5. Bedeutung der Elektrowärmeanwendung	22
5.1. Substitution von Mineralöl und Erdgas	22
5.2. Verbessern des Kraftwerkswirkungsgrads durch Elektro- speicherheizung.	23
5.3. Elektrizität als krisensichere Energie	24
5.4. Sicherung des Absatzes von heimischer Kohle	24
5.5. Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen.	25
5.6. Verminderung der Luftverschmutzung.	26
5.7. Einfluß der Wärmeverbrauchsmessung auf den Energie- verbrauch.	26

6.	Netzbelastung durch Elektroheizung	27
6.1.	Entstehungsgrundlage der Elektrospeicherheizung	27
6.2.	Das Tag-Nacht-Lastverhältnis	27
6.3.	Freigabezeiten für den verbilligten Nachtstrom	28
6.4.	Nachteil der Direktbeheizung im Hinblick auf die Netzbelastung.	29
6.5.	Die Bedeutung der Elektrospeicherheizung für die Betriebs- weise der Kraftwerke	29
6.6.	Anschlußleistungen und Anschlußkosten für Elektro- speicherheizungen	30
7.	Arten und Merkmale von Elektrospeicherheizungen	32
7.1.	Arten der Heizung	32
7.2.	Arten der Elektroheizung	32
7.3.	Entwicklung der Elektrospeicherheizung	33
7.4.	Wohnungsgröße und Stromverbrauch	34
7.5.	Vergleich der Elektrospeicherheizung mit der Fernwärme- versorgung durch Heizwerke	36
7.6.	Heizkostenabrechnung	36
7.7.	Wartung.	37
7.8.	Elektrospeicherheizung in Altbauwohnungen	37
7.9.	Heizkostenniveau	37
8.	Direktheizgeräte	39
8.1.	Allgemeines	39
8.2.	Ortsveränderliche Geräte.	39
8.3.	Ortsfeste Direktheizgeräte.	43
9.	Elektrospeicherheizgeräte	49
9.1.	Bauarten der Speicherheizgeräte	49
9.2.	Speichermedium	53
9.3.	Wärmeisolation	54
9.3.1.	Steinwolle	54
9.3.2.	Microtherm	55
9.3.3.	Oberflächentemperatur.	56

9.4.	Heizwiderstände	56
9.4.1.	Heizpatronen	56
9.4.2.	Rohrheizkörper.	57
9.4.3.	Speichersteine mit eingegossenen Heizdrähten. . .	58
9.5.	Aufbau der Speicherkerne	58
9.6.	Transport.	62
9.7.	Gebläse	62
9.8.	Luftführung	63
9.9.	Zusatzheizung.	65
9.10.	Anzeigeeinrichtungen.	66
9.11.	Steuern der Aufladung	66
9.11.1.	Leistungssteuerung	66
9.11.2.	Aufladedauersteuerung.	67
9.11.3.	Handbetätigte Aufladeregler	67
9.12.	Sicherheitstemperaturbegrenzer	68
9.13.	Entladeregelung	69
9.14.	Elektrische Schaltung.	70
9.15.	Begriffe und wärmetechnische Eigenschaften	74
9.15.1.	Leistungsaufnahme und Leistungsabgabe	74
9.15.2.	Heizleistungskurven	77
9.15.3.	Wärmeinhalt-Kennlinien	78
9.16.	Aufladezeiten	81
9.16.1.	Aufladezeit 8 h oder 8 h + 2 h	81
9.16.2.	Aufladezeit 8 h + 8 h	81
9.16.3.	Aufladezeit 5 h + 1,25 h	81
9.17.	Anlagekosten	81
10.	Die selbsttätige Aufladeregelung (Aufladeautomatik)	83
10.1.	Sinn der selbsttätigen Aufladeregelung.	83
10.2.	Der Witterungsfühler	83
10.3.	Aufladeautomatik ohne Zeitglied (Vorwärtssteuerung) . . .	85
10.4.	Aufladeautomatik mit Zeitglied (Rückwärtssteuerung) . . .	90
10.4.1.	Umkehren der Belastungskurve	90
10.4.2.	Elektrische Aufladeregelung mit Zeitglied	94
10.5.	Lastkennlinien der automatischen Aufladeregler	98
10.6.	Gruppensteuergerät	100

10.7.	Stellgrößen	101
10.7.1.	Nachtaufladung	101
10.7.2.	Tagladung	103
10.8.	Bezeichnung der Steueradern	105
10.9.	Ladezeitschalter	105
11.	Elektrozentralspeicher	107
11.1.	Allgemeines	107
11.2.	Anwendung	107
11.3.	Speichermedien	108
11.4.	Warmluftheizung mit Magnesitspeicher	110
11.5.	Warmwasserheizung mit Magnesitspeicher	112
11.6.	Wasserzentralspeicher	115
11.6.1.	Temperatur des Speicherwassers	116
11.6.2.	Wärmedämmung des Zentralspeichers	117
11.6.3.	Statik der Aufstellungsfläche	117
11.6.4.	Normen	117
11.6.5.	Baugenehmigung	118
11.6.6.	Kombination von Wärmespeicher und Wärme- erzeugern	118
11.6.7.	Wasserspeicher mit getrenntem Durchlauf- erhitzer	119
11.6.8.	Wasserspeicher mit getrenntem Elektrodenkessel	119
11.6.9.	Wärmeverteilsystem	121
11.6.10.	Warmwasserbereitung	122
11.6.11.	Berechnung der Anschlußleistung	122
11.6.12.	Berechnung des Speichervolumens	123
11.6.13.	Investition	123
11.6.14.	Stromkosten	124
11.6.15.	Kosten für Wartung und Unterhaltung	125
12.	Elektrische Fußbodenheizung und weitere Flächenheizungen.	126
12.1.	Raumklimatische Vorteile	126
12.2.	Grundaufbau einer Fußbodenheizung	127
12.3.	Verlegungsarten	130
12.4.	Einbetten der Heizleitungen	132
12.5.	Heizleitungen	133

12.6.	Lieferformen der Heizleitungen	134
12.7.	Wärmeleistung der Fußbodenheizung und Anschlußwerte .	135
12.8.	Zusatz-Direktheizung	136
12.9.	Regelung von Fußbodenheizungen	138
	12.9.1. Aufladeregelung	138
	12.9.2. Entladeregelung	139
12.10.	Bodenbelag	141
12.11.	Baumaßnahmen	141
	12.11.1. Wärmedämmung des Gebäudes.	141
	12.11.2. Estrich	142
	12.11.3. Statik	143
	12.11.4. Geschößhöhe	143
12.12.	Fehlerortung	143
12.13.	Bemessen einer Fußbodenheizung.	144
	12.13.1. Spezifische Masse	144
	12.13.2. Bestimmung der Estrichdicke.	144
	12.13.3. Bestimmung der Leistung der Fußbodenheizung und der Zusatzheizung	146
12.14.	Elektroinstallation.	148
12.15.	Anlage- und Betriebskosten	150
12.16.	Deckenheizung	151
12.17.	Wandheizungen.	153
13.	Installieren von Speicherheizgeräten	155
	13.1. Planung von elektrischen Speicherheizanlagen.	155
	13.2. Steuerung und Messung ohne Gewährung von Mittags- nachladestrom	155
	13.3. Steuern und Messen bei Gewährung von Mittags- nachladestrom	158
	13.4. Grundinstallation einer Speicherheizanlage.	162
	13.5. Verteilungen.	173
	13.6. Leitungen und Klemmen.	175
14.	Bemessen von Elektroheizungen.	179
	14.1. Bestimmen des Wärmebedarfs	179
	14.2. Wärmebedarf nach DIN 4701.	182
	14.3. HEA-Nomogramm von <i>E. Gerber</i> und <i>A. Böbel</i>	186

14.4.	HEA-Tabellenschieber	188
14.5.	Kleinanalogrechner	190
14.6.	Bestimmen des Anschlußwerts eines Speicherheizgeräts . .	190
14.6.1.	Allgemeines	190
14.6.2.	Geräte der Bauart I	191
14.6.3.	Geräte der Bauart II und III.	193
14.6.3.1.	Heizleistung und Heizdauer	193
14.6.3.2.	Begriffe	193
14.6.3.3.	Berechnen der Nennaufnahme P_N bei einem Speicher- heizgerät je Raum	194
14.6.3.4.	Berechnen der Nennaufnahme P_N bei mehreren Speicherheizgeräten je Raum	199
14.7.	Jahresenergieverbrauch.	200
14.7.1.	Genaue Berechnung	200
14.7.2.	Überschlägige Ermittlung auf Grund der Voll- benutzungsdauer	205
14.7.3.	Abweichungen vom vorausberechneten Wärmever- brauch.	206
14.8.	Gesamtjahreskosten	207
15.	Baulicher Wärmeschutz.	209
15.1.	Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108.	209
15.2.	Der erhöhte Wärmeschutz	209
15.3.	Erhöhter Vollwärmeschutz und Behaglichkeit.	210
15.4.	Bemessen des erhöhten Vollwärmeschutzes	210
15.5.	Wasserdampfdiffusion	212
15.6.	Außenwände	212
15.6.1.	Wärmedämmung an der Wandaußenseite	212
15.6.2.	Wärmedämmung an der Wandinnenseite.	213
15.6.3.	Wärmedämmung in der Mitte (Kerndämmung) . .	214
15.7.	Innenwände	214
15.8.	Heizkörpernischen.	214
15.9.	Fenster	215
15.10.	Decken und ausgebaute Dachgeschosse	215
15.11.	Kellerdecken	216

16. Beheizen einzelner Objekte	217
16.1. Beheizen von Wohnungen	217
16.1.1. Wohn- und Kinderzimmer	217
16.1.2. Schlafzimmer	217
16.1.3. Küchen	217
16.1.4. Badezimmer	218
16.1.5. Diele	218
16.1.6. Toiletten	219
16.2. Ort der Aufstellung in den Räumen	219
16.3. Gewicht und Transport	220
16.4. Anlagekosten	220
16.5. Heizkosten	221
16.6. Elektrospeicherheizung in Schulen	222
16.6.1. Allgemeines	222
16.6.2. Wahl der Heizgeräte	223
16.6.3. Bemessungsfragen	223
16.6.4. Aufstellung der Speicherheizgeräte	224
16.6.5. Jahresenergieverbrauch	224
16.6.6. Stromversorgung	225
16.7. Beheizen von weiteren Objekten	225
16.7.1. Büros	225
16.7.2. Läden	225
16.7.3. Fertighäuser	226
16.7.4. Kirchen	226
16.7.5. Garagen	226
17. Die Wohnhaus-Wärmepumpe	228
17.1. Allgemeines	228
17.2. Veranschaulichen der Vorgänge des Wärmepumpenprozesses an Hand des lg ph-Diagramms	230
17.2.1. Änderungen des Aggregatzustandes	230
17.2.2. Bilden des lg ph-Diagramms	231
17.2.3. Die Verdampfung des Kältemittels	235
17.2.4. Die Verflüssigung des Kältemittels	235
17.3. Wärmebilanz	238
17.4. Die Leistungszahl	239
17.4.1. Die Leistungszahl nach dem lg ph-Diagramm	239
17.4.2. Die Wirkungsgrade	241

17.4.3.	Unterkühlung des Kältemittels	242
17.4.4.	Überhitzung des Kältemittels	242
17.4.5.	Der innere Wärmeaustausch	242
17.4.6.	Über den Carnotprozeß ermittelte Leistungszahl .	244
17.4.7.	Leistungszahl gemäß Herstellerangaben	246
17.4.8.	Berücksichtigung weiterer elektrischer Leistungen	247
17.5.	Jahresarbeitszahl der Gesamtanlage	248
17.6.	Volumetrische Heizleistung	248
17.7.	Maximaldruck des Verdichters	249
17.8.	Die Kältemittel	249
17.8.1.	Kältemittel R22	251
17.8.2.	Kältemittel R 12B1	251
17.8.3.	Kältemittel R12	251
17.8.4.	Kältemittel R114	252
17.8.5.	Kältemittel R502	252
17.9.	Verdichterarten.	252
17.9.1.	Der offene Verdichter	252
17.9.2.	Der halbhermetische Verdichter	254
17.9.3.	Der vollhermetische Verdichter	254
17.9.4.	Der Wankelverdichter.	254
17.9.5.	Verpacken des Verdichters	255
17.10.	Leistungsregelung der Wärmepumpe	256
17.11.	Wärmeübergang von der Wärmepumpe und zur Wärme- pumpe.	258
17.11.1.	Außenluft als Wärmequelle	259
17.11.2.	Wasser als Wärmequelle.	260
17.11.3.	Wärmeabgabe an das Heizsystem	262
17.12.	Betriebsarten der Wärmepumpe	263
17.13.	Wärmepumpe mit Außenluft als Wärmequelle	264
17.13.1.	Vereisung am Verdampfer.	264
17.13.2.	Monovalente Wärmepumpen	266
17.13.3.	Monovalente Wärmepumpen mit Latentspeicher .	267
17.13.4.	Außenluft-Wärmepumpe im bivalent parallelen Betrieb	269
17.13.5.	Außenluft-Wärmepumpe im bivalent alternativen Betrieb	269
17.14.	Grundwasser-Wärmepumpe	274
17.15.	Wärmequelle Erdreich	278

17.16.	Das Wärmeverteilungssystem	280
17.16.1.	Warmluftheizung	280
17.16.2.	Warmwasser-Fußbodenheizung	281
17.16.3.	Warmwasser-Radiatoren	282
17.16.4.	Konvektoren	285
17.16.5.	Brauchwarmwasserbereitung	286
17.17.	Schaltung	287
17.17.1.	Brennstoffheizungen	287
17.17.2.	Heizwasserspeicher	290
17.17.3.	Schaltung monovalenter Wärmepumpen	292
17.17.4.	Schaltung bivalent alternativer Wärmepumpen	293
17.17.5.	Schaltung bivalent paralleler Wärmepumpen	295
17.18.	Anforderungen an die Elektroinstallation	297
17.19.	Investition	297
17.20.	Energiekosten	300
17.21.	Kombination von Sonnenkollektoren mit der Wärmepumpe	303
17.22.	Absorber	305
17.22.1.	Merkmale des Absorbers	305
17.22.2.	Ausführungsformen	306
17.22.3.	Eigenschaften als Wärmesammler	309
17.22.4.	Schaltungen der Kombination Absorber und Wärmepumpe	310
17.22.5.	Die Direktnutzung der vom Absorber gelieferten Wärme	310
17.22.6.	Kombination des Absorbers mit einem Erdreich-Wärmeübertrager	311
17.22.7.	Bemessung	312
17.23.	Sommerkühlung und Raumluftbefeuchtung	315
18.	Aufgaben und Bestandteile von Klimaanlage	317
18.1.	Aufgaben der Klimaanlage	319
18.2.	Bedeutung für das Elektrizitätsversorgungsunternehmen	320
18.3.	Kälterzeugung	320
18.3.1.	Kolbenverdichter	320
18.3.2.	Schraubenverdichter	324
18.3.3.	Turboverdichter	324
18.3.4.	Absorptionskältemaschinen	324

18.3.5.	Kältererzeugung mit Peltierelementen	325
18.3.6.	Einsatz von Kältemaschinen als Wärmepumpen . .	327
18.4.	Grundformen der Klimaanlage	327
18.4.1.	Dezentrale Luftaufbereitung	327
18.4.2.	Zentrale Luftaufbereitung für einzelne Räume eines Hauses	327
18.4.3.	Zentrale Luftaufbereitung für das ganze Gebäude	328
18.5.	Funktionen von Klimaanlage	328
18.5.1.	Kühlen	328
18.5.2.	Heizen.	328
18.5.3.	Lufttrocknung	329
18.5.4.	Luftbefeuchtung.	329
18.5.5.	Lüftung.	330
18.5.6.	Staubentfernung	331
19.	Ausführungsformen von Klimaanlage	332
19.1.	Klimageräte	332
19.2.	Klimatruhen.	334
19.2.1.	Klimatruhen mit Kältemaschine	334
19.2.2.	Klimatruhen ohne Kältemaschine	335
19.3.	Klimaschränke und Klimakästen.	335
19.4.	Klimazentralen	338
19.5.	Darstellung der Luftaufbereitung im h,x-Diagramm nach <i>R. Mollier</i>	339
19.5.1.	Winterbetrieb	339
19.5.2.	Sommerbetrieb.	341
20.	Luftverteilungssysteme.	342
20.1.	Einkanalanlagen	342
20.2.	Zweikanalanlagen	343
20.3.	Hochdruck-Induktionsanlagen	346
20.3.1.	Zweirohr-Anlagen	346
20.2.3.	Change-over-System.	347
20.3.3.	Non-Change-over-System	349
20.4.	Dreirohr-Anlagen.	349
20.5.	Vierrohr-Anlagen.	350

20.6.	Zu- und Abluftführung	352
20.7.	Abführen von Lampenwärme	354
20.8.	Direkte Verdampfungskühlung	358
21.	Kühllastberechnung	360
21.1.	Kühllastberechnung für Klimaanlage	360
21.2.	Wärmedurchgang durch Wände und Dächer	363
21.3.	Wärmedurchgang durch Fenster	363
21.4.	Wärme der Beleuchtung	364
21.5.	Sonstige Wärmequellen	364
21.6.	Regeln zum Berechnen des Kältebedarfs	365
21.7.	Anlage- und Betriebskosten	365
21.8.	HEA-Kühllast-Berechnung für Raumklimageräte	366
22.	Anhang: Umrechnung wichtiger Einheiten	371
23.	Schrifttum	373
24.	Sachwortverzeichnis	377