

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	XXXIII
-------------------	--------

1.	GRUNDLAGEN	1
1.1	Meteorologische Grundlagen	1
1.1.1	Luft	1
-1	Reine Luft	1
-2	Verunreinigungen	2
1.1.2	Lufttemperatur	10
-1	Mittelwerte der Temperatur	10
-2	Extremwerte der Temperatur	13
-3	Heizgradtage (Gradtagzahl G_T)	13
-4	Lüftungsgradstunden G_L	15
-5	Kühlgradstunden G_K	17
1.1.3	Luftfeuchte	17
-1	Bezeichnungen	18
-2	Mittlere Feuchte	18
-3	Entfeuchtungs- und Befeuchtungsgrammstunden	19
-4	Extremwerte der Feuchte	20
-5	Temperatur und Feuchte	21
-6	Feuchte-Gleichgewicht	29
1.1.4	Sonnenstrahlung	30
-1	Solarkonstante	30
-2	Linkescher Trübungsfaktor T_L	31
-3	Direkte Sonnenstrahlung auf beliebige Flächen	33
-4	Diffuse Strahlung	33
-5	Gegenstrahlung der Atmosphäre	36
-6	Gesamtstrahlung	37
-7	Sonnenstrahlung und Fenster	39
-8	Besonnung im Jahresablauf	41
1.1.5	Wind	42
1.2	Hygienische Grundlagen	46
1.2.1	Wärmehaushalt des Menschen	46
1.2.2	Wärmeabgabe des Menschen	48
1.2.3	Behaglichkeit	50
-1	Raumlufttemperatur	51
-2	Umschließungsflächentemperatur	53
-3	Luftfeuchte	57
-4	Luftbewegung	59
-5	Kleidung	60
-6	Sonstige Einflüsse	62
1.2.4	Behaglichkeitsmaßstäbe	69
-1	Thermische Behaglichkeit	69
-2	Raumluftqualität	75
1.2.5	Gesundheitliche Maßstäbe	84
-1	Einführung in das Sick-Building-Syndrom	84
-2	Physikalische Einflußfaktoren	86
-3	Hygienische Faktoren	87
-4	Maßnahmen zur Prophylaxe und Sanierung	89

1.3	Wärmetechnische Grundlagen	91
1.3.1	Thermisch-mechanische Grundgrößen	91
-1	Einheitensysteme	91
-2	Masse, Kraft und Gewicht	92
-3	Druck	92
-4	Dichte und spezifisches Volumen	92
-5	Temperatur	94
-6	Energiearten und Leistung	96
-7	Zustandsformen	100
-8	Ausdehnung durch Temperaturerhöhung	102
-9	Hauptsätze der Thermodynamik	104
1.3.2	Gase	104
-1	Gasgesetze	104
-2	Zustandsgleichung	105
-3	Normzustand	107
-4	Gasmischungen	107
-5	Spezifische Wärmekapazität	108
-6	Innere Energie, Enthalpie und Arbeit	109
-7	Entropie	111
-8	Zustandsänderungen	112
-9	Kreisprozesse	113
1.3.3	Dämpfe	114
-1	Verdampfungsvorgang	114
-2	Bezeichnungen der Dampfstände	116
-3	Zustandsgrößen des Wasserdampfes (Naßdampf)	116
-4	Zustandsgrößen des Wasserdampfes (Heißdampf)	117
-5	Diagramme für Wasserdampf	124
-6	Zustandsänderungen mit Wasserdampf	125
-7	Zustandsgleichung	126
1.3.4	Feuchte Luft	126
-1	Allgemeines	126
-2	Relative Feuchte und Taupunkt	127
-3	Absolute Feuchte	127
-4	Dichte und spezifisches Volumen	133
-5	Enthalpie	133
-6	h,x-Diagramm von Mollier	134
-7	Zustandsänderungen feuchter Luft	135
1.3.5	Wärmeübertragung	139
-1	Wärmeleitung	139
-2	Konvektion	150
-3	Wärmestrahlung	168
-4	Wärmedurchgang	179
-5	Wasserdampf-Diffusion	187
1.3.6	Brennstoffe	190
-1	Feste Brennstoffe	190
-2	Flüssige Brennstoffe	193
-3	Gasförmige Brennstoffe	198
1.3.7	Verbrennung	205
-1	Allgemeines	205
-2	Heizwert und Brennwert	205
-3	Verbrennungsluftmenge und Abgase	210
-4	Verbrennungstemperatur	217
-5	Abgasprüfung	219
-6	Zündtemperatur und Zündgrenzen	223
-7	Katalytische Verbrennung	225
1.3.8	Wärmekraftmaschinen	227
-1	Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen	227
-2	Verbrennungskraftmaschinen	229
1.3.9	Brennstoffzellen	232
-1	Funktionsprinzip	232
-2	Typen	233

-3	Systeme	234
-4	Anwendungen	234
-5	Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit	236
1.4	Strömungstechnische Grundlagen	237
1.4.1	Strömung ohne Reibung	237
-1	Ideale Flüssigkeit	237
-2	Kontinuitätsgleichung	237
-3	Energiesatz	237
-4	Kreisströmung	238
-5	Strömungsbilder	239
-6	Impulssatz	239
-7	Strömung durch ein Schaufelgitter	240
-8	Impulsmomentensatz	240
1.4.2	Ausfluß aus Öffnungen	241
1.4.3	Blenden und Düsen	242
1.4.4	Kritischer Druck	243
1.4.5	Enthalpie und Geschwindigkeit	244
1.4.6	Drosselung	244
1.4.7	Reibungszahl	245
1.4.8	Einzelwiderstände	251
1.4.9	Druckverlust	254
1.4.10	Anlagenkennlinien	256
1.5	Schalltechnische Grundlagen	259
1.5.1	Allgemeine Bezeichnungen	259
1.5.2	Schallfeldgrößen	260
1.5.3	Tonspektrum und Klangfarbe	261
1.5.4	Geräuschbewertung	262
-1	Dezibel-Maßstab	262
-2	Frequenzspektren	263
-3	Lautstärke	264
-4	Bewerteter Schallpegel	266
-5	Grenzkurven	266
-6	Infraschall	267
1.5.5	Schallausbreitung	267
1.5.6	Luftschalldämmung	269
-1	Definition	269
-2	Schalldämm-Maß	269
-3	Sollkurven der Schalldämmung	270
-4	Prüfung	270
-5	Einschalige Wände und Decken	270
-6	Mehrschalige Wände	271
-7	Mehrschalige Decken	272
-8	Fenster und Türen	272
-9	Zusammengesetzte Wände	273
1.5.7	Körperschalldämmung	273
1.5.8	Schallabsorption	274
1.5.9	Akustik großer Räume	275
1.6	Meßtechnische Grundlagen	276
1.6.1	Allgemeines	276
1.6.2	Druckmessung	276
-1	Allgemeines	276
-2	U-Rohr-Manometer	277
-3	Ringwaagen	278

-4	Federmanometer	278
-5	Elektrische Manometer	279
1.6.3	Temperaturmessung	280
-1	Allgemeines	280
-2	Ausdehnungs-Thermometer	280
-3	Elektrische Widerstandsthermometer	282
-4	Thermoelemente	284
-5	Strahlungsthermometer (Infrarotthermometer, Pyrometer)	285
-6	Infrarot-Thermographie	286
-7	Globethermometer	286
-8	Sonstige Meßverfahren	286
1.6.4	Geschwindigkeitsmessung	287
-1	Staugeräte	287
-2	Thermische Anemometer, Hitzdraht-Anemometer	288
-3	Flügelradanemometer	288
-4	Laser-Doppler-Geräte	289
-5	Messung der Raumluftgeschwindigkeit	290
1.6.5	Mengen- und Durchflußmessung	291
-1	Wägung und Ausmessung	291
-2	Trommelzähler	291
-3	Gaszähler	291
-4	Verdrängungszähler	292
-5	Flügelradzähler	293
-6	Schwebekörper-Durchflußmesser	293
-7	Drosselgeräte	294
-8	Ultraschallverfahren	295
-9	Induktionsverfahren	296
-10	Volumenstrommessung in Kanälen	296
-11	Volumenstrommessung an Luftdurchlässen	298
1.6.6	Wärmemengenmessung	300
-1	Heizungsanlagen	300
-2	Warmwasseranlagen	306
1.6.7	Füllstandsmessung	307
-1	Schauglasmethode	307
-2	Peilstabmethode	307
-3	Schwimmermethode	307
-4	Verdrängermethode	307
-5	Einperlrohrmethode	307
-6	Hydrostatische Druckmethode	308
-7	Wägemethode	308
-8	Leitfähigkeitsmeßmethode	308
-9	Kapazitive Meßmethode	309
-10	Strahlungsdämpfungsmethode	309
-11	Reflexionsmeßmethode	310
1.6.8	Abgasprüfung	310
1.6.9	Feuchtemessung	313
-1	Absorptionsverfahren	313
-2	Taupunktmethode	313
-3	Haarhygrometer	313
-4	Psychrometer	313
-5	Lithiumchlorid-Feuchtemesser	315
-6	Farbhygrometer	316
-7	Bi-Plastik-Elemente	316
-8	Leitfilm-Hygrometer	316
-9	Kapazitäts-Hygrometer	316
-10	Taupunktsensoren	317
1.6.10	Sonstige Meßgeräte	317
-1	Kalorimeter	317
-2	pH-Wert-Messung	317
-3	Rußmessung	318
-4	Schallpegelmesser	318

-5	Staubmessung	319
-6	Gasanalysengeräte	321
-7	Messung der Radioaktivität der Luft	323
-8	Messung der Leitfähigkeit	323
-9	Messung des Außenluftwechsels	323
-10	Kombinierte Meßgeräte	324
-11	Meßwerterfassung	325
1.7	Regelungstechnische Grundlagen	326
1.7.1	Grundbegriffe	326
1.7.2	Regelstrecke	327
1.7.3	Regeleinrichtungen	331
1.7.4	Reglerbauarten	332
-1	Zweipunktregler (Schaltende Regler)	332
-2	Proportionalregler (P-Regler)	334
-3	Integral-Regler (I-Regler)	338
-4	Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)	339
-5	DDC-Regelung (Mikrocomputer)	340
-6	Fuzzy-Logik	342
1.8	Energiewirtschaftliche Grundlagen	345
1.8.1	Definitionen	345
1.8.2	Primärenergieträger	345
-1	Kohle	345
-2	Rohöl	346
-3	Erdgas	346
-4	Uran	346
-5	Regenerative Energien	347
1.8.3	Energieumwandlung	347
-1	Kraftwerk	347
-2	Heizwerk	348
-3	Heizkraftwerk	348
-4	Kernkraftwerk	348
-5	Wasserkraftwerk	349
-6	Windkraftanlagen	349
1.8.4	Energieverbrauch	349
1.8.5	Energiepreise	350
-1	Strompreise	350
-2	Gaspreise	352
-3	Fernwärmepreise	352
-4	Mineralölpreise	353
-5	Kohlepreise	353
-6	Vergütungen für Stromeinspeisung regenerativer Energien	353
1.8.6	Emissionen	354
-1	Emissionsfaktoren	354
-2	CO ₂ -Emissionen	355
1.8.7	Contracting	356
1.9	Umweltschutz, Luftreinhaltung	358
1.9.1	Emissionsbelastung	358
1.9.2	Einwirkung von Emissionen	359
1.9.3	Maßnahmen zur Begrenzung von Schadstoffemissionen im Energiesektor	361
-1	Brennstoffseitige Maßnahmen	361
-2	Feuerungstechnische Maßnahmen	363
-3	Abgasbehandlung	364
-4	Einsatz von regenerativen/alternativen Energien	366

1.9.4	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien	367
-1	Bundes-Immissionsschutzgesetz	367
-2	Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen	367
-3	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen	369
-4	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	369
-5	Großfeuerungsanlagen-Verordnung	372
-6	Smog-Verordnungen	372
-7	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes	372
-8	Umwelthaftung	374
-9	Weitere gesetzliche Regelungen	375
1.10	Korrosions- und Steinschutz	376
1.10.1	Grundlagen der Korrosion	376
-1	Begriffe	376
-2	Elektrochemische Grundlagen	377
-3	Wasserbeschaffenheit	379
1.10.2	Korrosion in Warmwasserheizungen	380
-1	Wanddurchbruch bei Eisenwerkstoffen	380
-2	Gasbildung	383
-3	Schlamm- und Steinbildung	384
-4	Eisencarbonat-Steinbildung	386
-5	Korrosion von Kupfer-Werkstoffen	387
-6	Korrosion von Aluminium-Werkstoffen	388
-7	Korrosion von feuerverzinktem Stahl	388
-8	Korrosion von nichtrostenden Stählen	389
-9	Kontaktkorrosion, Mischinstallation	389
-10	Korrosionsschutz bei Planung und Inbetriebnahme	389
-11	Korrosionsschutz durch Vermeidung von Unterdruck	391
-12	Korrosionsschutz durch Wasserbehandlung	393
-13	Frostschutzmittel	395
1.10.3	Korrosion in Niederdruck-Dampfanlagen	395
-1	Korrosionsschäden	395
-2	Korrosionsschutz	397
-3	Anforderungen an die Beschaffenheit des Speisewassers	398
-4	Betriebsweise	399
1.10.4	Korrosion in Wassererwärmern	400
-1	Wassererwärmer aus emailliertem Stahl	400
-2	Wassererwärmer aus kunststoffbeschichtetem Stahl	401
-3	Wassererwärmer aus nichtrostendem Stahl	402
-4	Kathodischer Schutz	403
1.10.5	Abgasseitige Korrosion	404
-1	Korrosionsursachen	405
-2	Korrosionsschäden	406
-3	Korrosionsschutz	407
1.10.6	Steinbildung	408
-1	Steinbildung in Wassererwärmungsanlagen	409
-2	Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen	410
-3	Maßnahmen gegen Steinbildung	410
1.11	Grundlagen der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung	414
1.11.1	Begriffsabgrenzungen und Definitionen	414
1.11.2	Grundlagen der Kostenrechnung	416
-1	Aufgaben der Kostenrechnung	416
-2	Kostenrechnungssysteme	416
-3	Aufbau der betrieblichen Kostenrechnung	418
-4	Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen nach VDI 2067	418
1.11.3	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	419
-1	Aufgaben der Wirtschaftlichkeitsrechnung	419

-2	Entscheidungskriterien und Randbedingungen der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechenverfahren	423
-3	Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren nach der VDI 2067 für Wärmeversorgungsanlagen	425
1.12	Bauphysikalische Grundlagen zum baulichen Wärmeschutz	428
1.12.1	Winterlicher Wärmeschutz	428
-1	Allgemeines	428
-2	Transmissionswärmeverluste	428
-3	Lüftungswärmeverluste	434
-4	Passive Solarenergiegewinne	435
-5	Wärmespeicherung	440
1.12.2	Sommerlicher Wärmeschutz	440
-1	Beurteilungsgrößen	440
-2	Einflußparameter	441
-3	Planungsgröße	441
1.12.3	Tauwasserbildung auf Innenoberflächen von Außenbauteilen	442
1.12.4	Normative Anforderungen	445
1.12.5	Anforderungen Wärmeschutzverordnung '95	446
1.12.6	Konzept der Energieeinsparverordnung	446
1.13	Bauherr, Architekt, Fachingenieur – Planung bis Instandhaltung	448
1.13.1	Allgemeines	448
1.13.2	Definitionen	448
-1	Bauherr	448
-2	Architekt	448
-3	Projektsteuerung	448
-4	Fachplaner	448
-5	Generalplaner	449
-6	Generalfachplaner	449
-7	Fachunternehmer	449
-8	Generalunternehmer	449
-9	Generalübernehmer	449
-10	Hauptunternehmer	449
-11	Nebenunternehmer	449
-12	Nachunternehmer	449
-13	Facility Manager	450
1.13.3	Planung und Ausschreibung	450
-1	Allgemeines	450
-2	Leistungsbild nach § 73 HOAI	450
-3	Ausschreibungsverfahren	453
1.13.4	Vergabe, Ausführung und Abnahme	454
-1	Allgemeines	454
-2	Leistungsbild nach § 73 HOAI	454
-3	Vergabeunterlagen	454
-4	Prüfen und Werten der Angebote	455
-5	Vergabearten	455
-6	Vertragsinhalte	455
-7	Objektüberwachung	456
-8	Abnahmen	456
1.13.5	Gewährleistung	458
1.13.6	Anlagenbetrieb	460
-1	Allgemeines	460
-2	Bedienung und Betrieb	460
-3	Instandhaltung	461
1.13.7	Investitionskosten	464
-1	Allgemeines	464

-2	Heizungsanlagen und Warmwasserbereitung	466
-3	Raumluftechnik und Kälteanlagen	467
1.13.8	Nutzungskosten	470
-1	Allgemeines	470
-2	Heizungsanlagen und Warmwasserbereitung	470
-3	Raumluftechnik und Kälteanlagen	476
2.	HEIZUNG	479
2.1	Allgemeines	479
2.1.1	Anforderungen an Heizanlagen	479
2.1.2	Kennfarben und Sinnbilder der Heizungs- und Wärmetechnik.	480
2.2	Heizungssysteme	485
2.2.1	Einzelheizungen	485
-1	Kamine	485
-2	Kachelöfen (Speicheröfen)	487
-3	Eiserne Öfen	490
-4	Großraumöfen	493
-5	Warmluft-Kachelöfen	493
-6	Gasheizgeräte	495
-7	Elektrische Raumheizung	507
-8	Ölbeheizte Öfen	522
2.2.2	Zentrale Gebäudeheizungen	527
-1	Warmwasserheizungen (WWH)	527
-2	Dampfheizungen	550
-3	Luftheizungen (Luftheizungsanlagen)	560
-4	Heizungssysteme mit Wärmepumpen	569
-5	Heizsysteme mit Sonnenkollektoren und sonstigen Absorbern	595
2.2.3	Fernheizungen und Heizkraftwirtschaft	605
-1	Fernheizungen	605
-2	Heizkraftwirtschaft	628
2.3	Bestandteile der Heizungsanlagen	646
2.3.1	Wärmeerzeuger	646
-1	Allgemeines	646
-2	Heizkessel-Bauarten	649
-3	Wärmeübertrager	712
2.3.2	Brenner, Brennstofflagerung	717
-1	Ölbrenner	717
-2	Öltank und Ölleitungen	740
-3	Gasbrenner	748
2.3.3	Abgasanlagen	764
-1	Schornsteine	764
-2	Abgasleitungen	779
-3	Verbindungsstücke	783
2.3.4	Rohrleitungen	785
-1	Stahlrohre	785
-2	Kupferrohre	803
-3	Kunststoffrohre	808
-4	Schläuche	810
2.3.5	Rohrleitungszubehör	810
-1	Absperrorgane	810
-2	Druckregler	818
-3	Dehnungsausgleicher	821
-4	Kondensatableiter	826
-5	Kondensatableiterüberwachung	830
-6	Be- und Entlüfter	830
-7	Sonstiges Zubehör	832

2.3.6	Maschinen und Apparate	834
-1	Pumpen	834
-2	Kleindampfturbinen für Pumpenantrieb	844
-3	Kondensatrückspeisegeräte und Wasserstandsregler	844
-4	Kondensat-Sammelbehälter	846
-5	Ausdehnungsgefäße und Druckhalteeinrichtungen	847
2.3.7	Meß-, Steuerungs- und Regelanlagen	857
-1	Einzelraum-Temperaturregelung	857
-2	Regler für Kessel	863
-3	Ventile im Regelkreis	874
-4	Regler bei Umformern	882
-5	Rücklauf temperaturregler	883
-6	Strangreguliertventile	884
2.3.8	Raumheizeinrichtungen	885
-1	Stahlrohrradiatoren	886
-2	Rippenrohrheizkörper	888
-3	Plattenheizkörper (Flachheizkörper)	888
-4	Radiatoren (Gliederheizkörper)	891
-5	Rohrradiatoren (Sonderbauformen)	895
-6	Konvektoren	896
-7	Sockel-Heizkörper	900
-8	Fensterrahmen-Heizelement (Fassadenheizung)	902
-9	Deckenstrahlungsheizflächen	903
-10	Fußbodenheizflächen	907
-11	Wandheizungen	912
2.3.9	Anlagen zum Korrosions- und Steinschutz	912
-1	Allgemeines	912
-2	Anlagen zur physikalischen Entgasung	912
-3	Anlagen zur chemischen Sauerstoffbindung	913
-4	Anlagen zur elektrochemischen Sauerstoffbindung	914
-5	Ionenaustauscher	915
-6	Anlagen zur Umkehrosmose	915
2.3.10	Wärmeverluste von Rohrleitungen	915
2.3.11	Schallschutz	919
2.4	Berechnung und Auslegung der Heizungsanlagen	921
2.4.1	Berechnung des Wärmebedarfs	921
-1	Aufbau der Rechnung	921
-2	Temperaturen	921
-3	Korrekturen	922
-4	Norm-Transmissionswärmebedarf $\dot{Q}_T$	922
-5	Norm-Lüftungswärmebedarf $\dot{Q}_L$	923
-6	Norm-Gebäudewärmebedarf	925
-7	Überschlagszahlen für den Wärmebedarf	926
-8	Sonderfälle	926
-9	Beispiel	927
2.4.2	Auslegung der Wärmeerzeuger	939
2.4.3	Auslegung und Berechnung der Rohrnetze	940
-1	Heizwasserleitungen	940
-2	Dampf- und Kondensatleitungen	949
-3	Gasleitungen	959
2.4.4	Auslegung der Raumheizeinrichtungen	961
-1	Allgemeines	961
-2	Raumheizkörper	961
-3	Deckenstrahlungsheizflächen	972
-4	Fußbodenheizung	978
-5	Konvektoren und Sockelheizkörper	983
-6	Wandheizung	983

2.5	Ausführung der Heizung in verschiedenen Gebäudearten ..	984
2.5.1	Technische und bauliche Entscheidungen	984
-1	Wahl der Heizungsart	984
-2	Bautechnische Maßnahmen	987
2.5.2	Wohngebäude	994
-1	Einfamilienhäuser	995
-2	Mehrfamilienhäuser	997
-3	Niedrigenergiehäuser	1000
2.5.3	Büro- und Verwaltungsgebäude	1001
-1	Bürogebäude	1001
2.5.4	Schulen u. ä.	1008
-1	Schulen	1008
2.5.5	Krankenhäuser u. ä.	1009
-1	Krankenhäuser	1009
2.5.6	Gebäude für Sport- oder Versammlungszwecke	1020
-1	Sporthallen	1020
-2	Hallenschwimmbäder	1023
-3	Kirchen	1027
2.5.7	Sonstige Anwendungsfälle	1032
-1	Garagen	1032
-2	Freiflächenheizung	1034
2.6	Verbrauchsgebundene Kosten der Heizung und Warmwasserbereitung	1037
2.6.1	Allgemeines	1037
2.6.2	Grundgleichungen des Jahresheizenergiebedarfs	1039
2.6.3	Heizwärmebedarf und Nutzwärmebedarf der Warmwasserbereitung	1040
-1	Heizzeit, Heizperiode, Gradtagszahl sowie mittlere Innen- und Außentemperatur	1040
-2	Transmissionswärmebedarf Q_T	1040
-3	Lüftungswärmebedarf Q_V	1041
-4	Solare Strahlungswärme Q_S	1042
-5	Innere Fremdwärme Q_f	1043
-6	Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung Q_w	1043
-7	Regenerative Energien Q_r	1044
-8	Mehrzonengebäude	1044
2.6.4	Jahresenergiebedarf der Heizung und Warmwasserbereitung	1044
-1	Wärmeübergabe	1044
-2	Wärmeverteilung	1044
-3	Wärmespeicherung	1046
-4	Wärmeerzeugung	1048
2.6.5	Eingeschränkter Heizbetrieb, Einfluß der Regelung der Wärmeabgabe	1054
2.6.6	Jahresenergiekosten, Jahresbrennstoffverbrauch und Jahresprimärenergiebedarf	1055
2.6.7	Übersicht der Ergebnisse	1057
3.	LÜFTUNGS- UND KLIMATECHNIK	1059
3.1	Allgemeines	1059
3.1.1	Geschichte der Lüftungs- und Klimatechnik	1059
3.1.2	Einteilung der Raumluftechnik	1060
-1	Freie Lüftung	1061
-2	Raumluftechnische Anlagen	1061
-3	Industrielle Absaugungsanlagen	1062
-4	Lüftungstechnische Sonderanlagen	1062
-5	Baueinheiten	1062

3.1.3	Sinnbilder	1063
3.1.4	Bezeichnungen	1064
3.2	Lüftungs- und Klimatisierungssysteme	1065
3.2.1	Freie Lüftung	1065
-1	Fugenlüftung	1065
-2	Fensterlüftung	1066
-3	Schachtlüftung	1067
-4	Dachaufsatz-Lüftung	1068
3.2.2	Entlüftung (Unterdrucklüftung, Absaugung)	1070
3.2.3	Belüftung (Überdrucklüftung)	1070
3.2.4	Be- und Entlüftung	1071
3.2.5	Luftkühlung	1071
3.2.6	Luftbefeuchtung	1072
3.2.7	Luftentfeuchtung	1073
3.2.8	Klimaanlagen	1074
-1	Allgemeines	1074
-2	Wirkungsweise	1078
-3	Nur-Luft-Klimaanlagen	1079
-4	Luft-Wasser-Klimaanlagen	1094
-5	Sorptionsgestützte Klimatisierung	1106
3.2.9	Thermisch aktive Raumflächen	1108
-1	Kühldecken	1109
-2	Kühlkonvektoren	1116
-3	Massivdeckenkühlung (Betonkernaktivierung)	1118
-4	Kombinierte Kühl- und Heizdecken	1120
-5	Kühlwände und -böden	1122
3.3	Bestandteile	1123
3.3.1	Ventilatoren	1123
-1	Radialventilatoren	1124
-2	Axialventilatoren	1141
-3	Prüfbestimmungen	1150
3.3.2	Lufterwärmer und Luftkühler	1151
-1	Lufterwärmer für Dampf und Wasser	1151
-2	Elektrische Lufterwärmer	1160
-3	Luftkühler	1161
3.3.3	Luftfilter	1167
-1	Filtertheorie	1167
-2	Filterprüfung	1169
-3	Druckdifferenzen, Standzeiten	1173
-4	Filterbauarten	1173
3.3.4	Luftbefeuchter und Luftentfeuchter	1183
-1	Luftbefeuchter	1184
-2	Luftentfeuchter	1199
3.3.5	Luftverteilung	1205
-1	Luftleitungen	1205
-2	Druckverluste	1209
-3	Wärmeverluste von Luftleitungen	1216
-4	Luftauslässe (Zuluft-Durchlässe)	1217
-5	Volumenstromregler, Variable Volumenstrom-(VVS-), Einkanal- und Zweikanal-Geräte	1265
-6	Induktions-Geräte	1270
-7	Sonstiges Zubehör	1272
-8	Berechnung von Luftleitungen	1275
3.3.6	Geräuschminderung	1280
-1	Geräuschenstehung	1280
-2	Geräuschfortpflanzung	1287

-3	Geräuschniveau	1288
-4	Luftschalldämpfung	1290
-5	Luftschalldämmung	1307
-6	Körperschalldämmung und Schwingungsisolierung	1308
-7	Entdröhnung	1315
-8	Bauakustische Maßnahmen	1316
3.3.7	Regelung	1317
-1	Regler (Regelgeräte)	1317
-2	Fühler	1326
-3	Stellantriebe	1331
-4	Stellventile	1334
-5	Stellklappen	1343
-6	Sonstiges Zubehör	1345
-7	Regelanlagen	1345
-8	Frostschutz	1351
-9	Mikroelektronik (DDC)	1352
3.3.8	Wärmerückgewinnung	1367
-1	Allgemeines	1367
-2	Regenerativ-Wärmeaustauscher mit umlaufender Speichermasse (Rotationswärmeaustauscher)	1372
-3	Kreislaufverbundsystem	1375
-4	Kapillarventilatoren	1377
-5	Platten-Wärmeaustauscher	1377
-6	Wärmerohre (Heat Pipes)	1379
-7	Wirtschaftlichkeit	1381
3.3.9	Brandschutz	1384
-1	Richtlinien und Normen	1384
-2	Baustoffe und Bauteile	1385
-3	Lüftungszentralen	1386
-4	Lüftungsleitungen	1386
-5	Brandschutz-Absperrvorrichtungen	1392
-6	Schutz vor Rauchübertragung durch lufttechnische Anlagen	1399
-7	Besondere Anforderungen	1401
-8	Anlagen zur Rauch- und Wärmeableitung	1402
-9	Rauchfreihaltung innenliegender Treppenträume	1417
3.4	Lüftungstechnische Geräte	1420
3.4.1	Lüftungsgeräte	1421
-1	Zuluftgeräte	1421
-2	Abluftgeräte	1426
-3	Kombinierte Zu- und Abluftgeräte	1427
-4	Kompaktgeräte	1427
3.4.2	Teilklima- und Klimageräte	1427
-1	Schrank-Klimageräte	1428
-2	Kasten-Klimageräte	1432
-3	Klimageräte in Kammerbauweise	1434
-4	Dach-Klimazentralen	1436
-5	Mehrzonenklimageräte	1438
-6	Raumklimageräte	1438
3.4.3	Sondergeräte	1441
-1	Luftheizgeräte	1441
-2	Luftschleier (Lufttüren)	1453
-3	Ozongeräte	1456
3.5	Berechnung der Lüftungs- und Klimaanlage	1458
3.5.1	Lüftungsanlagen	1458
-1	Luftstrom (Luftvolumenstrom)	1458
-2	Lufterwärmer	1467
-3	Luftkanäle	1467
-4	Ventilatoren	1467

3.5.2	Luftheizanlagen	1468
-1	Luftvolumenstrom	1468
-2	Lufterwärmer	1469
3.5.3	Luftkühlanlagen	1469
-1	Von Menschen abgegebene Wärme $\dot{Q}_P$	1469
-2	Von Maschinen abgegebene Wärme $\dot{Q}_M$	1469
-3	Transmissionswärme durch Wände $\dot{Q}_w$	1471
-4	Wärmedurchgang durchs Fenster	1477
-5	Beleuchtungswärme	1487
-6	Wärmespeicherung	1491
-7	Luftwechsel	1500
-8	Beispiel einer Kühllastberechnung	1501
-9	Luftkanäle und Ventilatoren	1507
3.5.4	Luftbefeuchtungsanlagen mit Luftwäscher	1508
-1	Mischung von Außenluft und Umluft	1508
-2	Vorerwärmung der Außenluft	1509
-3	Wassererwärmung durch Gegenstromapparat	1509
3.5.5	Luftentfeuchtung	1511
-1	Kühlmethode	1511
-2	Adsorptionsmethode	1513
3.5.6	Klimaanlagen	1514
-1	Sommerbetrieb	1514
-2	Winterbetrieb	1515
3.6	Ausführung der Lüftung in verschiedenen Gebäude- und Raumarten	1520
3.6.1	Technische und bauliche Entscheidungen	1520
-1	Allgemeines	1520
-2	Wahl der Lüftungsart	1521
-3	Bautechnische Maßnahmen	1522
3.6.2	Wohngebäude	1525
-1	Wohnungen	1525
3.6.3	Büro- und Verwaltungsgebäude	1532
-1	Bürogebäude	1532
3.6.4	Schulen, Museen	1549
-1	Schulen	1549
-2	Größere Schulen	1550
-3	Hörsäle	1550
-4	Museen	1553
3.6.5	Krankenhäuser	1558
-1	Krankenhäuser	1558
3.6.6	Gebäude des Hotelgewerbes	1571
-1	Hotels	1571
3.6.7	Verkaufsstätten	1574
-1	Allgemeines	1574
-2	Vorschriften, Richtlinien	1574
-3	Luftvolumenströme und Raumlufttemperaturen	1574
-4	Reinigung der Luft	1575
-5	Geräusche	1575
-6	Zugfreiheit	1575
-7	Luftschleier an den Eingängen	1576
-8	Brandschutz	1576
-9	RLT-Anlagensysteme für Verkaufsstätten	1577
-10	Sonstige Planungshinweise	1578
-11	Anlagenverbund in besonderen Fällen	1578
-12	Energiebedarf für Lüftungsanlagen in Verkaufsstätten	1578
-13	Einkaufszentren (EKZ)	1579
3.6.8	Betriebsgebäude und -anlagen	1580
-1	Fertigungsstätten	1580
-2	Laboratorien	1590

-3	Akkumulatorenräume (Batterieräume)	1593
-4	EDV-Anlagen, Telefonvermittlungssysteme, CAD-Arbeitsplätze.	1595
-5	Klimaprüfkammern	1599
-6	Reinraumtechnik	1600
-7	Lackieranlagen	1607
-8	Textilbetriebe	1610
3.6.9	Gebäude für Sport- und Versammlungszwecke.	1618
-1	Hallenschwimmbäder	1618
-2	Theater, Saalbauten	1622
3.6.10	Sonstige Gebäude und Gebäudeteile	1626
-1	Garagen	1626
-2	Tunnel	1629
-3	Tierställe.	1631
3.6.11	Sonstige Räume	1638
-1	Küchen	1638
-2	Toilettenräume (Aborte).	1646
-3	Schutzräume.	1649
-4	Wertstoffsortieranlagen	1650
3.7	Industrielle Absaugungen.	1651
3.7.1	Allgemeines	1651
3.7.2	Erfassungseinrichtung	1651
-1	Freie Saugöffnungen	1652
-2	Freie Saugöffnungen mit Flansch	1652
-3	Saughauben	1652
-4	Saugschlitze	1653
-5	Ventilatoren	1653
-6	Brand- und Explosionsgefahr.	1654
-7	Geschwindigkeiten in Rohrleitungen.	1654
3.7.3	Geschwindigkeitsfelder bei Saugöffnungen	1654
-1	Allgemeines	1654
-2	Freie Saugöffnungen	1655
-3	Saugöffnung mit Flansch	1656
-4	Saughauben	1657
-5	Saugschlitze	1658
3.7.4	Berechnungsgrundlagen.	1659
-1	Oberhauben über Tischen, Behältern, Bädern	1659
-2	Seitenhauben auf Arbeitstischen	1659
-3	Unterhauben.	1660
-4	Saugschlitze bei Bädern.	1660
3.7.5	Ausführung der Erfassungseinrichtungen	1662
-1	Absaugen mittels Hauben	1662
-2	Schweißen	1666
-3	Maschinenabsaugung.	1669
-4	Sack- und Faßfüllung	1673
-5	Zentrale Staubsauganlagen	1673
-6	Ortsveränderliche Erfassungselemente	1674
4	WARMWASSERVERSORGUNG	1677
4.1	Allgemeines	1677
4.1.1	Aufgabe der Warmwasserversorgung (WWV)	1677
4.1.2	Anforderungen an die WWV	1677
4.1.3	Einteilung der WWV-Anlagen.	1677
4.1.4	Graphische Symbole	1678
4.1.5	Bestimmungen zur Sicherheit und Energieeinsparung	1680

4.2	Wasser-Erwärmungssysteme	1681
4.2.1	Einzel- und Gruppenversorgung	1681
-1	Kohle- und ölbeheizte Speicherwassererwärmer	1681
-2	Elektrowassererwärmer	1682
-3	Gas-Wassererwärmer	1687
4.2.2	Zentrale Wasser-Erwärmungsanlagen (ZWE)	1692
-1	Wasser-Erwärmungsanlagen nach dem Speichersystem	1692
-2	Warmwassererzeugungsanlagen nach dem Durchfluß-System	1695
-3	Warmwasser-Temperaturbegrenzung	1697
-4	Anschluß des Warmwassererzeugers	1699
-5	Zirkulationsleitung, Begleitheizung	1703
-6	Rohrnetz	1705
4.2.3	Wärmepumpen zur Warmwassererzeugung	1705
4.3	Bestandteile der Wasser-Erwärmungsanlagen	1708
4.3.1	Wärmeerzeuger	1708
4.3.2	Speicher-Wassererwärmer	1712
4.3.3	Ladespeicher	1714
4.3.4	Durchfluß-Wassererwärmer	1716
4.3.5	Warmwasserspeicher kombiniert mit Durchflußbatterie	1717
4.3.6	Mischapparate	1717
4.3.7	Korrosions- und Versteingungsschutz	1719
4.3.8	Hygienische Anforderungen	1720
4.4	Berechnung der Wasser-Erwärmungsanlagen	1723
4.4.1	Warmwasserbedarf und Temperaturen	1723
4.4.2	Wärmebedarf	1726
-1	Berechnung mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor 1726	
-2	Berechnung nach der Leistungskennzahl	1730
-3	Berechnung nach der Verbrauchskurve	1732
4.4.3	Kesselleistung	1733
4.4.4	Speicherinhalt	1734
-1	Speichersystem	1734
-2	Durchflußsystem	1735
-3	Erfahrungsformeln	1735
4.4.5	Speicherheizfläche	1736
4.4.6	Ausdehnungsgefäß	1737
4.4.7	Rohrnetz	1738
-1	Kaltwasser- und Warmwasserleitungen	1738
-2	Zirkulationsleitung	1743
-3	Heizleitungen	1747
-4	Überschlagswerte	1747
4.4.8	Beispiele	1747
5.	KÄLTETECHNIK	1751
5.1	Allgemeines	1751
5.2	Theoretische Grundlagen	1752
5.2.1	Kaltdampf-Kompressionskälteprozeß	1752
-1	Funktion	1752
-2	Energiebilanz, Temperaturdifferenzen	1753
-3	Wirtschaftlichkeit, Leistungszahl	1755
-4	Kreisprozeß der Kaltdampfmaschine	1758

5.2.2	Kaltluft-Kompressionskälteprozeß	1760
5.2.3	Absorptionskälteprozeß	1761
-1	Funktion	1761
-2	Energiebilanz, Temperaturdifferenzen	1762
-3	Wirtschaftlichkeit, Wärmeverhältnis	1762
-4	Kreisprozeß der Absorptionsmaschine	1763
5.2.4	Adsorptionskälteprozeß	1764
-1	Aufbau	1764
-2	Kreisprozeß der Adsorptionskältemaschine	1766
-3	Energiebilanz	1767
-4	Wärmeverhältnis	1768
5.2.5	Dampfstrahlkälteprozeß	1769
5.2.6	Thermoelektrische Kälteerzeugung	1770
5.2.7	Primärenergie-Nutzungszahl	1771
5.3	Betriebsmittel für Kälteanlagen	1772
5.3.1	Kältemittel	1772
5.3.2	Arbeitsstoffpaare für Absorptionsanlagen	1782
5.3.3	Kältemaschinenöl	1783
5.3.4	Sole	1784
5.4	Bauelemente für Kälteanlagen	1786
5.4.1	Verdrängungsverdichter (-kompressoren)	1786
-1	Hubkolbenverdichter	1786
-2	Schraubenverdichter	1790
-3	Rollkolbenverdichter	1792
-4	Drehkolbenverdichter	1792
-5	Spiral-(Scroll)-Verdichter	1793
5.4.2	Turboverdichter (-kompressoren)	1793
5.4.3	Verflüssiger (Kondensatoren)	1795
-1	Grundlagen	1795
-2	Wassergekühlte Verflüssiger	1797
-3	Luftgekühlte Verflüssiger	1799
-4	Verdunstungsverflüssiger	1800
5.4.4	Verdampfer (Kühler)	1800
-1	Grundlagen	1800
-2	Verdampfer zur Kühlung von Wasser	1802
-2.1	Rohrbündelverdampfer mit trockener Verdampfung	1802
-2.2	Röhrenkesselverdampfer für überfluteten Betrieb	1803
-3	Luftkühler für direkte Verdampfung	1804
-4	Plattenwärmeaustauscher	1805
5.4.5	Sonstige Bauteile im Kältemittelkreislauf	1805
-1	Kältemitteltrockner	1805
-2	Kältemittelschäugläser	1806
-3	Kältemittelsammler	1806
-4	Ölabscheider	1806
-5	Überhitzer (Wärmeaustauscher)	1806
-6	Kompensatoren	1806
-7	Ölheizung	1807
5.4.6	Verdichterantriebsmotoren	1807
5.4.7	Regel- und Steuergeräte	1808
-1	Kältemittelmengenregelung	1808
-2	Schaltende Regler	1811
-3	Regler im Kältemittelkreislauf	1811
-4	Kühlwasserregelung	1813
-5	Sicherheitseinrichtungen	1813
-6	Kondensat-Abführung	1816

5.4.8	Wasserrückkühlung	1817
-1	Allgemeines	1817
-2	Ausführung offener Rückkühlwerke	1820
-3	Betrieb offener Rückkühlwerke	1822
-4	Geschlossene Rückkühlwerke	1823
5.5	Ausführung von Kälteanlagen	1825
5.5.1	Allgemeines	1825
5.5.2	Direkte Kühlung – Luftkühlanlagen	1826
-1	Allgemeines	1826
-2	Kältesätze für Luftkühlung	1827
-3	Kälteanlagen für Luftkühlung	1828
-4	Luftkühlung mit Absorptionsmaschinen	1828
5.5.3	Indirekte Kühlung – Wasserkühlanlagen	1829
-1	Allgemeines	1829
-2	Wasserkühlung mit Hubkolbenverdichtern	1830
-3	Wasserkühlung mit Schraubenverdichtern	1834
-4	Wasserkühlung mit Turboverdichtern	1836
-5	Wasserkühlung mit Absorptionsmaschinen	1838
-6	Wasserkühlung mit Dampfstrahlmaschinen	1842
-7	Wasserkühlung thermoelektrisch	1843
5.5.4	Thermische Antriebe	1843
-1	Benzin- und Dieselmotoren	1843
-2	Gasmotoren	1843
-3	Gasturbinen	1844
-4	Dampfturbinen	1844
-5	Kombinierte Systeme	1844
5.5.5	Fernkälteanlagen	1845
-1	Allgemeines	1845
-2	Fernkältezentralen	1846
-3	Heiz-Kraft-Kälte-Kopplung	1847
-4	Kaltwassernetz	1847
-5	Kühlwassernetz	1847
5.5.6	Kältemittel-Rohrleitungen	1848
5.5.7	Kaltwasser-Rohrnetze	1851
5.6	Berechnung von Kälteanlagen zur Luftkühlung	1853
5.6.1	Dimensionierung der Kälteanlage	1853
-1	Luftkühlanlagen für direkte Kühlung	1853
-2	Indirekte Kühlung – Wasserkühlanlagen	1853
5.6.2	Teillastverhalten von Kältemaschinen	1854
-1	Einfluß der Verflüssigungstemperatur	1854
-2	Einfluß der Wärmeaustauschflächen	1855
-3	Teillastverhalten von Turboverdichtern	1855
-4	Teillastverhalten von Schraubenverdichtern	1858
-5	Teillastverhalten von Hubkolbenverdichtern	1858
-6	Teillastverhalten von Absorptionskältemaschinen	1861
-7	Teillastverhalten im Wärmepumpenbetrieb	1861
-8	Aussagen zum Teillastverhalten	1862
5.6.3	Auslegung der Kälteanlage	1862
-1	Investitionskosten	1863
-2	Leistungsaufteilung	1863
-3	Wärmerückgewinnung	1865
-4	Jahres-Energieverbrauch	1865
5.6.4	Kältespeicher	1866
-1	Speicherdichte = Speicherkapazität	1867
-2	Eisspeicher, Funktion, Aufbau	1867
-3	Auslegung des Kältespeichers	1870
-4	Regelung und optimales Zeitprogramm	1871
-5	Kosten, Wirtschaftlichkeit	1871

5.6.5	Wärmerückgewinnung/Wärmepumpe	1873
-1	Heizung mit Kältemittel	1874
-2	Geschlossener Kühlwasserkreislauf	1875
-3	Zusätzlicher Heizwasserkreislauf	1876
-4	Wirtschaftlichkeit	1877
5.7	Regelung von Luftkühlanlagen	1879
5.7.1	Regelung bei direkter Luftkühlung	1879
-1	Ein-/Aus-Schaltung des Verdichters	1879
-2	Saugdruckregelung	1880
-3	Temperaturregler im Kältekreislauf	1880
-4	Leistungsregler im Kältekreislauf	1880
-5	Luftseitige Beipß-Regelung	1881
-6	Regelung mit Verdampfer-Unterteilung	1882
-7	Leistungsgeregelte Verdichter	1882
-8	Regelung von Temperatur und Feuchte	1883
5.7.2	Regelung bei indirekter Luftkühlung	1884
-1	Kaltwasser-Mengenregelung	1884
-2	Kaltwasser-Beimischregelung	1884
-3	Luftseitige Beipß-Regelung	1884
5.7.3	Regelung des Kaltwasserkreislaufes	1885
-1	Kaltwasserkreislauf mit einer Pumpe	1885
-2	Kaltwasserkreislauf mit mehreren Pumpen	1886
5.7.4	Regelung der Wasserkühlsätze	1887
5.8	Aufstellung von Kälteanlagen, Maschinenraum, Geräusche	1888
5.8.1	Aufstellungsbereiche	1888
5.8.2	Kälteübertragungssysteme	1888
5.8.3	Kältemittelgruppen	1889
5.8.4	Aufstellungsvorschriften	1889
5.8.5	Maschinenraum	1890
5.8.6	Geräuscentwicklung	1892
6.	ANHANG	1893
6.1	Deutsche bundes- und landesgesetzliche Regelungen	1893
6.1.1	Rechtsgebiete	1893
-1	Bauordnungsrecht	1893
-2	Bauplanungsrecht	1894
-3	Sicherheits- und Gewerberecht	1894
-4	Immissions- und Umweltschutzrecht	1895
-5	Natur-, Wald-, Wasser- und Straßenrecht sowie ähnliche Rechtsgebiete	1896
-6	Sonstige Rechtsgebiete	1896
-7	Verfahren- und Gebührenrecht	1896
6.1.2	Honorarordnung (HOAI)	1897
6.1.3	Verdingungsordnungen für Leistungen (VOL und VOF)	1898
-1	Verdingungsordnung für Leistungen – ausgenommen Bauleistungen – (VOL)	1898
-2	Verdingungsordnung für freiberufliche Leistungen (VOF)	1898
6.1.4	Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)	1898
6.1.5	Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnung	1899
-1	Wärmeschutzverordnung 1995	1899
-2	Konzept der zu erwartenden Energieeinsparverordnung	1905
6.1.6	Heizungsanlagen-Verordnung 1998	1915

6.1.7	DIN EN 832 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden. Berechnung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden	1917
6.2	Europäische gesetzliche Regelungen	1922
6.3	Deutsche, europäische und internationale Normung	1923
6.3.1	Definitionen	1923
6.3.2	Auswahl der wichtigsten Normblätter	1924
6.4	Regeln und Richtlinien verschiedener Institutionen	1940
6.5	Bücher und Zeitschriften der Heizungs- und Klimatechnik	1953
6.5.1	Grundlagen	1953
-1	Meteorologie	1953
-2	Hygiene	1953
-3	Wärmetechnik	1954
-4	Strömungslehre	1955
-5	Akustik	1956
-6	Meßtechnik	1956
-7	Regelungstechnik	1957
-8	Energiewirtschaft	1957
-9	Umweltschutz	1958
6.5.2	Heizungstechnik	1959
6.5.3	Lüftungs- und Klimatechnik	1961
6.5.4	Wärmepumpen, Sonnenenergie, Wärmerückgewinnung u.a.	1963
6.5.5	Kalt- und Warmwasser	1965
6.5.6	Kältetechnik	1966
6.5.7	Technische Gebäudeausrüstung	1966
6.5.8	Zeitschriften	1967
6.6	Vereinigungen, Verbände, Schulen und Institute	1971
6.6.1	Technisch-Wissenschaftliche Vereinigungen und Institute	1971
-1	Deutschland	1971
-2	Ausland	1974
6.6.2	Wirtschaftliche Vereinigungen und Verbände	1976
-1	Deutschland	1976
-2	Ausland	1978
6.6.3	Staatliche, kommunale und internationale Institutionen	1980
6.6.4	Lehranstalten	1982
-1	Technische Hochschulen und Universitäten sowie Gesamt- hochschulen	1982
-2	Fachhochschulen	1983
-3	Technikerschulen	1984
6.7	Einheiten und Formelzeichen	1986
6.8	Umrechnungstabellen	1988
Sachverzeichnis		1993
Falttafeln		2019
	<i>h</i> , <i>s</i> -(Mollier-)Diagramm für Wasserdampf.	2021
	Mollier- <i>h</i> , <i>x</i> -Diagramm für feuchte Luft unterschiedlicher Drücke	2022
	Rohrreibungsdiagramm für Luftleitungen.	2023
	Rohrreibungsdiagramm für Stahlrohre	2024