

Inhalt

A	Energiewirtschaftliche Aspekte	1
	L. ROUVEL, H. SCHAEFER, H.J. SCHULTZ	
A1	Energieversorgung	1
A2	Primärenergiearten und -quellen	2
A2.1	Fossile Energieträger	2
A2.2	Kernenergie	2
A2.3	Wasserkraft	2
A2.4	Holz, Stroh, Torf, Müll, Klärschlamm	2
A2.5	Erneuerbare Energien	3
A2.5.1	Gezeitenenergie	3
A2.5.2	Windenergie	3
A2.5.3	Geothermische Energie	3
A2.5.4	Sonnenenergie	3
A2.5.5	Biogas	4
A2.6	Energiereserven der Welt	4
A3	Primärenergieverbrauch der Welt	5
A4	Eigenaufkommen der wichtigsten Primärenergieträger in der Bundesrepublik Deutschland	6
A4.1	Rohbraunkohle	6
A4.2	Steinkohle	7
A4.3	Erdgas	8
A4.4	Erdöl	9
A4.5	Wasserkraft	9
A4.6	Kernenergie	9
A5	Import und Export von Primärenergie in der Bundesrepublik Deutschland	10
A6	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland	11
A7	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland	12
A8	Energiebilanz in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1988	14

XII	Inhalt	
A9	Struktur des Endenergiebedarfs auf Verbrauchssektoren und Bedarfsarten in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1988	15
A10	Energiehaushalten	18
A10.1	Energiesparen	18
A10.2	Rationelle Energienutzung	19
A10.3	Substitution von Energieträgern	21
A11	Ökologische Belastung durch den Energieverbrauch	21
A11.1	Luftverschmutzung	21
A11.2	Wasserverschmutzung	22
A11.3	Thermische Belastung	22
A11.4	Lärmbelästigung	23
A11.5	Optische Beeinträchtigung	23
A12	Literatur	23
B	Außenklima	25
	H. FORTAK	
B1	Die Erdatmosphäre	25
B1.1	Einführung	25
B1.2	Allgemeine Eigenschaften der Atmosphäre	26
B1.2.1	Zusammensetzung der Atmosphäre	26
B1.2.2	Mittlere Vertikalstruktur der Atmosphäre	27
B1.3	Atmosphärische Zirkulation und Klima	30
B1.3.1	Ursachen und Charakter der atmosphärischen Zirkulation, Klimasystem	30
B1.3.2	Planetarische Grenzschicht und Stadtklima	34
B2	Klimaelemente und Klimadaten	37
B2.1	Einführung	37
B2.2	Klimaelemente, Definitionen	37
B2.2.1	Strahlung und Sonnenscheindauer	37
B2.2.2	Lufttemperatur	51
B2.2.3	Luftfeuchte	52
B2.2.4	Bewölkung und Niederschlag	54
B2.2.5	Luftdruck und Wind	54
B3	Klimadaten für die Praxis	57
B3.1	Einführung	57
B3.2	Klimadatensammlungen für die Heiz- und Raumlufttechnik	61
B3.2.1	DIN-Normen und VDI-Richtlinien (Regelwerke)	61
B3.2.2	Testreferenzjahre	67
B3.3	Lufttemperatur	70
B3.3.1	Mittlere Tages- und Jahresgänge	70
B3.3.2	Extremwerte der Lufttemperatur	72
B3.3.3	Häufigkeitsverteilungen	75

	Inhalt	XIII
B3.4	Luftfeuchte	76
B3.4.1	Mittlere Tages- und Jahresgänge	76
B3.4.2	Häufigkeitsverteilungen, Korrelation zwischen Lufttemperatur und Feuchtegehalt der Luft	80
B3.5	Wind	83
B3.5.1	Mittlere Tages- und Jahresgänge	83
B3.5.2	Häufigkeitsverteilungen	85
B3.5.3	Korrelation zwischen Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur	87
B3.6	Strahlung	89
B3.6.1	Abhängigkeit der Strahlung von der Trübung der Atmosphäre	89
B3.6.2	Mittlere Tages- und Jahresgänge	91
B3.6.3	Bedeckungsgrad und Sonnenscheindauer	95
B4	Modelle für Klimadaten eines Ortes	99
B4.1	Einführung	99
B4.2	Modellierung mittlerer Tagesgänge der Bestrahlung an geneigten Flächen	100
B4.2.1	Modellierung der kurzwelligen Strahlungsbilanz	100
B4.2.2	Modellierung der langwelligen Strahlungsbilanz	115
	Anhang	120
B5	Literatur	123
C	Mensch und Raumklima	125
	P. O. FANGER	
C1	Einleitung	125
C2	Thermisches Raumklima	126
C2.1	Vorbemerkung	126
C2.2	Thermoregulation des Menschen	126
C2.3	Thermische Raumklimaparameter	128
C2.4	Die Wärmebilanz des Menschen	135
C2.5	Behaglichkeitsgleichung	138
C2.6	Lokales thermisches Unbehagen	147
C2.7	Applikationen	150
C3	Raumluftqualität	153
C3.1	Einleitung	153
C3.2	Empfundene Luftqualität	154
C3.3	Die Maßeinheit „olf“	155
C3.4	Die Maßeinheit „dezipol“	157
C3.5	Behaglichkeitsgleichung der Raumluftqualität	158
C3.6	Quantifizierung von Verunreinigungslasten und empfundenen Luftqualitäten	162
C3.7	Gesundheitsrisiken	162
C4	Literatur	175

D	Technische Akustik	177
	M. HECKL	
D1	Einleitung	177
D2	Akustische Kenngrößen für Luftschall	178
D2.1	Schalldruck, Schalldruckpegel, Spektren	178
D2.2	Schalleistung, Schalleistungspegel	181
D2.3	Weitere Kenngrößen	183
D3	Grundbegriffe des Körperschalls	184
D4	Entstehungsmechanismen für Schall	189
D4.1	Luftschallentstehung	189
D4.2	Körperschallentstehung	191
D5	Schallentstehung durch Rückkopplungsmechanismen	191
D6	Ungehinderte Schallausbreitung	192
D6.1	Energiebetrachtungen	192
D6.2	Das Schallfeld in Kanälen	193
D7	Schallabsorption	195
D7.1	Luftschallabsorption (Schallschluckung)	195
D7.2	Körperschalldämpfung	198
D8	Schalldämmung	200
D9	Lärminderung durch Gegenquellen (Antischall)	201
D10	Einige Eigenschaften des Ohres	202
D11	Literatur	205
E	Lichttechnik	207
	H. KAASE	
E1	Einführung	207
E2	Licht- und Strahlungsgrößen	209
E3	Farbe	211
E4	Lampen und Leuchten	213
E5	Gütemerkmale für die Beleuchtung	218
E5.1	Helligkeit und Beleuchtungsstärkeverteilung	218
E5.2	Blendungsbegrenzung	218
E5.3	Kontrastwiedergabe	219
E5.4	Farbwiedergabe	219
E5.5	Energieverbrauch	219
E6	Tageslicht für Innenraumbeleuchtung	220
E7	Literatur	221
F	Thermodynamische Grundlagen der Kältetechnik	223
	H. KNAPP	
F1	Einführung	223
F1.1	Bedeutung der Temperatur	223

F1.2	Anwendungen der Tieftemperaturtechnik	224
F1.3	Unterschied zwischen „Wärme“ und „Kältetechnik“	224
F1.4	Hauptsätze der Thermodynamik	225
F1.5	Energiewandlungsprozesse	226
F1.5.1	Wärmekraftmaschine	227
F1.5.1.1	Exergie der Wärme	227
F1.5.1.2	Wärmeübertragung, Entropieproduktion	227
F1.5.1.3	Exergieverlust	228
F1.5.2	Kältemaschine bei $T_0 = \text{const.}$	228
F1.5.3	Abkühlanlage von T_u auf T_0	228
F1.5.4	Wärmepumpe	229
F1.6	Reale Prozesse	230
F1.6.1	Auslegung einer Anlage	230
F1.7	Ermittlung der Stoffdaten	232
F1.7.1	Thermodynamische Eigenschaften	232
F2	Wichtige Kreisprozesse	235
F2.1	Wärmeübertragung an die Umgebung oder von der Umgebung	236
F2.2	Wärmekraftanlage	236
F2.2.1	Heizkraftwerk	239
F2.3	Kompressionskältekreisläufe	239
F2.3.1	Kältekreislauf mit Verdampfung und Verflüssigung	239
F2.3.2	Kreislauf mit Joule-Thomson-Entspannung	240
F2.3.3	Kreislauf mit arbeitsleistender Entspannung	241
F2.4	Dampfstrahlkälteanlage	242
F2.5	Absorptionskältekreisläufe	243
F3	Wärmepumpen und Wärmetransformatoren	247
F3.1	Kompressionswärmepumpe	247
F3.1.1	Beispiel: Kompressionskreisläufe zur Heizung eines Wohnhauses im Winter und zur Kühlung eines Wohnhauses im Sommer (s. Bild F3-1)	247
F3.2	Heizung von Gebäuden mit Hilfe von Wärmepumpen	249
F3.3	Wärmetransformatoren mit Absorptionskreisläufen	249
F3.2.1	Kälteanlagen	250
F3.2.2	Wärmetransformator zur Erhöhung der Quantität der Heizwärme Q_h	250
F3.2.3	Wärmetransformator zur Erhöhung der Qualität der Heizwärme Q_h	251
F4	Feuchte Luft	252
F4.1	Zustandsgrößen feuchter Luft (Mollier-Diagramm)	252
F4.2	Bedeutung und Berechnungsgrundlage wichtiger Größen	252
F4.3	Zustandsänderungen im h,x-Diagramm	254
F4.3.1	Beispiel 1: Abkühlen und Erwärmen	254
F4.3.2	Beispiel 2: Mischen	255
F4.3.3	Beispiel 3: Befeuchten der Luft mit Wasser	256
F4.3.4	Beispiel 4: Befeuchten mit Dampf	257

G	Wärme- und Stoffübertragung	259
	W. KAST	
G1	Wärmeübertragung	259
G1.1	Einführung	259
G1.2	Die Wärmestrahlung	259
G1.2.1	Grundlagen	259
G1.2.2	Absorption, Reflexion, Durchlaß	261
G1.2.3	Die Strahlungsemission	266
G1.2.4	Der Wärmeaustausch durch Strahlung	272
G1.2.5	Die Einstrahlzahl	275
G1.2.6	Der Strahlungsaustausch im Raum bei Berücksichtigung mehrfacher Reflexionen zwischen den Raumflächen	279
G1.2.7	Der Strahlungsaustausch zwischen einem Gas (Atmosphäre) und einer Fläche	283
G1.3	Wärmeleitung	285
G1.3.1	Grundgesetze der Wärmeleitung	285
G1.3.2	Die Wärmeleitfähigkeit fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe	287
G1.3.3	Die Wärmeleitfähigkeit trockener, poriger Stoffe	287
G1.3.4	Der Einfluß der Temperatur	292
G1.3.5	Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit vom Druck und von den Porenabmessungen	292
G1.3.6	Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Feuchte	293
G1.3.7	Die Berechnung der stationären Wärmeleitung in geometrisch einfachen Körpern	294
G1.3.8	Instationäre Anlaufvorgänge	297
G1.3.9	Instationäre Ausgleichsvorgänge	300
G1.3.10	Instationäre periodische Temperaturänderungen	305
G1.4	Wärmeübergang und Wärmedurchgang	307
G1.4.1	Problemstellungen	307
G1.4.2	Der Wärmeübergang bei außenumströmten Einzelkörpern und die Kenngrößen des Wärmeübergangs	308
G1.4.3	Parallel angeströmte Platte bei laminarer Grenzschicht	310
G1.4.4	Parallel angeströmte Platte bei turbulenter Grenzschicht	312
G1.4.5	Die versuchsmäßig ermittelten Abhängigkeiten des Wärmeüberganges bei außenumströmten Körpern	313
G1.4.6	Freie Strömung (Auf- und Abtriebsströmung)	315
G1.4.7	Freie Strömungen in geschlossenen horizontalen und vertikalen Schichten	317
G1.4.8	Freie Strömung in beheizten offenen vertikalen Kanälen	320
G1.4.9	Der Wärmeübergang bei innendurchströmten Kanälen	322
G1.4.10	Zusammenfassende Darstellung des Wärmeübergangs bei durch- und überströmten Körpern an Luft	325
G1.4.11	Wärmeübergang beim Verdampfen	329
G1.4.12	Wärmeübergang bei der Kondensation reiner Dämpfe	330

G1.4.13	Wärmedurchgang	332
G2	Stoffübertragung	334
G2.1	Einführung	334
G2.2	Grundgesetze der Diffusion	335
G2.2.1	Zweiseitige Diffusion von Gasen ineinander	335
G2.2.2	Einseitige Diffusion eines Dampfes in ein Gas (Verdunstung) ..	337
G2.2.3	Die Diffusion durch porige Stoffe und der Diffusionswiderstandsfaktor	338
G2.3	Stoffübergang	339
G2.3.1	Der Stoffübergangskoeffizient	339
G2.3.2	Der Zusammenhang zwischen Wärme- und Stoffübergang	340
G2.3.3	Stoffwerte für die Berechnung des Stofftransports in feuchter Luft	341
G2.4	Oberflächendiffusion und Kapillarwasserbewegung	346
G2.5	Zum Stofftransport in porösen Stoffen	348
G2.5.1	Problemstellung	348
G2.5.2	Der Zusammenhang zwischen Dampfdruck (Luftfeuchte) und Feuchte des Gutes (Sorptionsgleichgewicht)	350
G2.5.3	Das Zusammenwirken von Dampfdiffusion, Feuchtebewegung und Sorptionsgleichgewicht	353
G2.6	Der Wärme- und Stofftransport bei der Verdunstung	355
G2.7	Wärme- und Stofftransport bei der Partialkondensation aus Dampf-Gasgemischen	357
G2.8	Allgemeine Betrachtungen zur Wärmeübertragung bei Kondensation und Verdunstung in feuchter Luft	358
G3	Literatur	363
H	Feuerungstechnik	367
	F. BRANDT	
H1	Verbrennungsrechnung	367
H1.1	Verbrennungsreaktionen	367
H1.2	Bezogene Verbrennungsluft- und Rauchgasmassen	368
H1.3	Statistische Verbrennungsrechnung	373
H1.4	Dichte und spez. Wärmekapazität des Rauchgases	379
H1.5	Bestimmung der Verbrennungsluft- und Rauchgasmassen aus Abgasmessungen	381
H2	Bezogene Leistungs- und Verlustdaten von Heizungskesseln	385
H2.1	Definition des Heizwerts und Brennwertes	385
H2.2	Energie- und Massebilanz eines Heizkessels	385
H2.3	Wirkungsgrad und bezogene Verluste	388
H2.4	Kesselheizzahl und bezogene Verluste bei Brennwertkesseln	389
H2.5	Nutzungsgrade und Nutzheizzahlen	396
H3	Heizkessel-Betrieb	399

H3.1	Messung des Heizkesselwirkungsgrads	399
H3.2	Umweltschutz-Vorschriften	401
H3.3	Emissionsrechnungen	404
H3.4	Schwefelsäuretaupunkt	406
H3.5	Austauschbarkeit von Brenngasen	407
H4	Literatur	409
J	Strömungstechnik	411
	E. TRUCKENBRODT	
J1	Grundlagen der Fluidmechanik (Strömungsmechanik)	411
J1.1	Eigenschaften und Stoffgrößen der Fluide	411
J1.1.1	Aggregatzustand	411
J1.1.2	Dichteänderung (Kompressibilität)	411
J1.1.3	Schwereinfluß (Gravitation)	414
J1.1.4	Reibungseinfluß (Zähigkeit, Turbulenz)	415
J1.1.5	Grenzflächeneinfluß (Kapillarität)	418
J1.2	Fluidmechanische Ähnlichkeit	420
J1.2.1	Grundsätzliches	420
J1.2.2	Kennzahlen der Fluidmechanik	420
J1.2.3	Ähnlichkeitsgesetze der Fluidmechanik	425
J1.3	Grundgesetze der Fluidmechanik	425
J1.3.1	Ruhende Fluide	425
J1.3.2	Darstellungsmethoden strömender Fluide	428
J1.3.3	Bewegungszustand	429
J1.3.4	Stromfadentheorie	431
J1.3.5	Bewegungsgleichungen der Fluidmechanik	436
J1.3.6	Grenzschichtströmung	437
J1.4	Fluidmechanische Meßtechnik	440
J1.4.1	Druckmessung	442
J1.4.2	Geschwindigkeitsmessung	444
J1.4.3	Volumenstrommessung	446
J2	Strömungen in Rohrleitungen (Rohrhydraulik)	448
J2.1	Strömungsverhalten	448
J2.2	Ausgangsgleichungen	448
J2.2.1	Kontinuitätsgleichung	448
J2.2.2	Impulsgleichung	450
J2.2.3	Energiegleichung	450
J2.2.4	Fluidmechanischer Energieverlust	451
J2.3	Geradlinig verlaufende lange Rohre	452
J2.3.1	Geometrie	452
J2.3.2	Kennzahl	452
J2.3.3	Geschwindigkeitsprofile	453
J2.3.4	Vollausgebildete Rohrströmung	454

J2.3.5	Rohreinlaufströmung	459
J2.3.6	Rohreintrittsströmung	460
J2.4	Formstücke und Armaturen	461
J2.4.1	Fluidmechanischer Energieverlust	461
J2.4.2	Rohrquerschnittsänderungen	462
J2.4.3	Rohrrichtungsänderungen	472
J2.4.4	Rohrverzweigungen	484
J2.4.5	Volumenstromdrosselung	499
J2.4.6	Einbau einer Strömungsmaschine	504
J3	Strömungsvorgänge bei der Lüftung von Räumen	504
J3.1	Raumströmungsformen	504
J3.2	Freistrahlen	505
J3.2.1	Fluidmechanisches Verhalten freier Strahlen	505
J3.2.2	Strahlaustrittsströmung	511
J3.2.3	Sich ausbildende Freistrahlsströmung	516
J3.2.4	Vollausgebildete Freistrahlsströmung	519
J3.2.5	Eigenschaften isothermer Freistrahlen	522
J3.2.6	Eigenschaften anisothermer Freistrahlen	533
J3.3	Wandstrahlen	542
J3.3.1	Fluidmechanisches Verhalten einseitig anliegender Freistrahlen .	542
J3.3.2	Sich ausbildende Wandstrahlströmung	543
J3.3.3	Vollausgebildete Wandstrahlströmung	544
J3.3.4	Eigenschaften isothermer Wandstrahlen	545
J3.3.5	Eigenschaften anisothermer Wandstrahlen	547
J4	Literatur	549
K	Regelungs- und Steuerungstechnik	553
	H. PROTZ	
K1	Allgemeines	553
K1.1	Aufgaben der Regelung und Steuerung	553
K1.2	Begriffe und Größen	553
K2	Signalübertragung	556
K2.1	Signalarten	556
K2.2	Grundsaltungen der Übertragungsglieder	558
K3	Übertragungsverhalten	559
K3.1	Statisches Verhalten	559
K3.2	Dynamisches Verhalten	561
K3.3	Lineares Verhalten	562
K3.4	Nichtlineares Verhalten	562
K4	Grundformen des linearen Übertragungsverhaltens	566
K4.1	Beschreibung der Übertragungsglieder	566
K4.2	Verhalten typischer Übertragungsglieder	566
K4.2.1	Proportionalglied (P-Glied), Bild K4-1	566

XX	Inhalt	
K4.2.2	Integrierendes Glied (I-Glied), Bild K4-2	566
K4.2.3	Differenzierendes Glied (D-Glied), Bild K4-3	567
K4.2.4	Proportionalglied mit Verzögerung erster Ordnung (PT ₁ -Glied), Bild K4-4	567
K4.2.5	Proportionalglied mit Verzögerung zweiter Ordnung (PT ₂ -Glied), Bild K4-5	568
K4.2.6	Proportionalglied mit Verzögerung höherer Ordnung (PT _n -Glied), Bild K4-6	568
K4.2.7	Totzeitglied (T _t -Glied)	569
K4.2.8	Integrierendes Glied mit Verzögerung erster Ordnung (IT ₁ -Glied)	569
K4.2.9	Differenzierendes Glied mit Verzögerung erster Ordnung (DT ₁ -Glied)	570
K4.3	Glieder mit realem Übertragungsverhalten	570
K5	Regelstrecke	571
K5.1	Klassifizierung der Regelstrecke	571
K5.2	Stellglieder	572
K5.2.1	Stellventile	573
K5.2.2	Stellklappen	577
K5.2.3	Fördereinrichtungen	577
K6	Regeleinrichtung	577
K6.1	Begriffe und Bezeichnungen	577
K6.2	Übertragungsverhalten kontinuierlicher analoger Regler	578
K6.2.1	Proportionalregler	578
K6.2.2	Integralregler	579
K6.2.3	Proportional-Integralregler	579
K6.2.4	Proportional-Differentialregler	580
K6.2.5	Proportional-, Integral-, Differentialregler	581
K6.3	Übertragungsverhalten von Mehrpunktreglern	581
K6.3.1	Zweipunktregler	581
K6.3.2	Dreipunktregler	582
K6.4	Erzeugung des Übertragungsverhaltens mit Rückführungen	583
K6.5	Regler ohne Hilfsenergie	584
K6.6	Regeleinrichtungen mit pneumatischer Hilfsenergie	585
K6.6.1	Umformsysteme	585
K6.6.2	Regler	586
K6.6.3	Stellantrieb	588
K6.7	Regler mit elektrischer Hilfsenergie	589
K6.7.1	Regler mit kontinuierlichem Verhalten	589
K6.7.2	Regler mit diskontinuierlichem Verhalten	590
K6.7.3	Regler mit Zweipunktverhalten	593
K6.7.4	Motorischer Stellantrieb	594
K7	Digitale Verfahren	595
K7.1	Begriffe zum Mikroprozessor	595

	Inhalt	XXI
K7.2	Direkte digitale Regelung	596
K7.3	Hierarchischer Aufbau	597
K7.4	Vernetzung	598
K8	Bewertung der Hilfsenergie	599
K8.1	Elektrische Hilfsenergie	599
K8.2	Pneumatische Hilfsenergie	599
K9	Der Regelkreis mit stetigen Reglern	600
K9.1	Verhalten des Regelkreises	600
K9.2	Stabilität des Regelkreises	604
K9.3	Reglereinstellung	606
K9.3.1	Güte der Regelung	606
K9.3.2	Optimierte Einstellung des Reglers nach der Übergangsfunktion der Strecke	607
K9.3.3	Optimierte Einstellung des Reglers nach dem Verhalten des Regelkreises	607
K9.4	Verbesserung des Regelverhaltens	608
K9.4.1	Vorregelung der Einflußgrößen	608
K9.4.2	Störgrößenaufschaltung	608
K9.4.3	Kaskadenregelung	609
K10	Der Regelkreis mit Zweipunktreglern	610
K11	Literatur	612
L	Wasserchemie	613
	L. HÖHENBERGER	
L1	Chemische Eigenschaften des Wassers	613
L2	Grundbegriffe	614
L2.1	Einheiten der Wasserchemie	614
L2.2	pH-Wert	615
L2.3	Leitfähigkeit	615
L2.4	Säure- und Basekapazität	616
L3	Inhaltsstoffe des Wassers	617
L3.1	Übersicht	617
L3.2	Salze der Alkalien	617
L3.3	Salze der Erdalkalien – Härte des Wassers	618
L3.4	Salze der Leicht- und Schwermetalle	618
L3.5	Kieselsäure	622
L3.6	Gase	622
L3.7	Organische Stoffe	622
L3.8	Mikrobielle Inhaltsstoffe	623
L4	Definition wichtiger Wasserarten	624
L5	Wasseraufbereitung	625
L5.1	Definition und Zweck	625
L5.2	Vorbehandlung von Wasser	625

L5.2.1	Entfernung mechanischer Verunreinigungen	625
L5.2.2	Entsäuerung	627
L5.2.3	Enteisenung, Entmanganung	628
L5.2.4	Entkeimung, Desinfektion	628
L5.3	Konditionierung durch Chemikaliendosierung	629
L5.4	Physikalische Wasserbehandlung	629
L5.5	Fällverfahren, Kalkentkarbonisierung	630
L5.6	Ionenaustauschverfahren	630
L5.6.1	Ionenaustauscher – Allgemeines	630
L5.6.2	Filter- und Anlagentechnik	632
L5.6.3	Enthärtung	632
L5.6.4	Wasserstoff-Entkarbonisierung	632
L5.6.5	Entsalzung und Vollentsalzung	634
L5.7	Wasseraufbereitung durch Membranverfahren	635
L5.8	Entgasung	638
L5.8.1	Übersicht	638
L5.8.2	Physikalische Entgasung	638
L5.8.3	Chemische Entgasung	641
L6	Belagbildung und Schutzverfahren	642
L6.1	Übersicht	642
L6.2	Chemische und physikalische Faktoren der Belagbildung in belüfteten Systemen	642
L6.3	Schutz vor Belagbildung in belüfteten Systemen	643
L6.4	Chemische und physikalische Faktoren der Belagbildung in sauerstoffarm betriebenen Systemen	644
L6.5	Schutz vor Belagbildung in sauerstoffarm betriebenen Kreisläufen	645
L7	Korrosion und Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe	645
L7.1	Allgemeines	645
L7.2	Korrosionsarten	647
L7.3	Das Korrosionsverhalten technischer Werkstoffe	649
L7.3.1	Übersicht	649
L7.3.2	Unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe	649
L7.3.3	Feuerverzinkte Eisenwerkstoffe	650
L7.3.4	Nichtrostende Stähle	652
L7.3.5	Kupfer und Kupferlegierungen	653
L7.3.6	Aluminiumwerkstoffe	654
L7.3.7	Nichtmetallische Werkstoffe	655
L7.3.7.1	Organische Materialien	655
L7.3.7.2	Anorganische Materialien	655
L7.4	Korrosionsschutz	656
L7.4.1	Allgemeines	656
L7.4.2	Korrosionsschutz durch Konditionierung und Inhibierung	656
L7.4.2.1	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	656
L7.4.2.2	Verzinkte Eisenwerkstoffe	657

L7.4.2.3	Nichtrostender Stahl	657
L7.4.2.4	Kupfer und Kupferlegierungen	657
L7.4.2.5	Aluminiumlegierungen	658
L7.4.3	Korrosionsschutz durch Beschichtung	658
L7.4.4	Kathodische Schutzverfahren	659
L8	Konservierung	660
L8.1	Übersicht	660
L8.2	Naßkonservierung	660
L8.3	Trockenkonservierung	661
L9	Chemische Reinigung	661
L10	Wasseranalyse und chemische Überwachung	662
L11	Arbeits- und Umweltschutz	664
L12	Literatur	665
M	Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung	667
	H.-J. WARNECKE	
M1	Begriffsbestimmung	667
M1.1	Wirtschaftlichkeits- und Investitionsrechnung	667
M1.2	Investitionsarten	667
M1.3	Einteilung des Verfahrens zur Investitionsrechnung	667
M1.4	Investitionsplanung	668
M1.5	Phasen der Investitionsplanung	668
M2	Statische Verfahren	669
M2.1	Übersicht	669
M2.2	Kostenvergleichsrechnung	669
M2.3	Rentabilitätsrechnung	670
M2.4	Amortisationsrechnung	671
M3	Dynamische Verfahren	672
M3.1	Übersicht	672
M3.2	Grundbegriffe	672
M3.3	Beschreibung der dynamischen Verfahren	675
M3.3.1	Vorbemerkung	675
M3.3.2	Kapitalwertmethode	675
M3.3.3	Annuitätenmethode	678
M3.3.4	Dynamische Amortisationsrechnung	679
M3.3.5	Interne Zinssatzmethode	679
M4	Wirtschaftlichkeitsrechnung unter Unsicherheit	680
M4.1	Übersicht	680
M4.2	Verfahren	680
M4.2.1	Korrekturverfahren	680
M4.2.2	Sensitivitätsanalysen	681
M4.2.3	Risikoanalyse	681
M4.3	Bewertung der Wirtschaftlichkeitsrechnung unter Unsicherheit ..	681

M5	Kosten-Nutzenanalyse	682
M5.1	Übersicht	682
M5.2	Nutzwertanalyse	683
M5.2.1	Prinzip der Nutzwertanalyse	683
M5.2.2	Aufstellen des Zielsystems (Arbeitsschritt 1)	684
M5.2.2.1	Zusammenstellung der Zielkriterien	684
M5.2.2.2	Feststellen der Zielerträge	685
M5.2.3	Gewichtung der Zielkriterien (Arbeitsschritt 2)	685
M5.2.4	Ermittlung der Zielwerte (Arbeitsschritt 3)	686
M5.2.5	Bestimmen des Nutzwerts (Arbeitsschritt 4)	686
M5.2.6	Erstellen einer Rangordnung (Arbeitsschritt 5)	686
M5.3	Vom Bewertungsproblem zur Entscheidungsgrundlage	686
M6	Hinweis	688
M7	Literatur	688
N	Luftreinigung	689
	H. H. SCHICHT	
N1	Aufgabe der Luftreinigung	689
N2	Arten der Luftverunreinigungen	689
N2.1	Übersicht	689
N2.2	Staub, Partikel und Aerosole	690
N2.3	Luftfremde Gase und Dämpfe	691
N2.4	Mikroorganismen und Pollen	691
N3	Quellen der Raumluftverunreinigung und ihre Wechselwirkung mit Mensch und Arbeitsprozeß	692
N3.1	Übersicht	692
N3.2	Außenluft und Umfeld	692
N3.3	Komponenten der raumluftechnischen Anlage	693
N3.4	Mensch und Prozeß im Raum	693
N4	Luftreiniger: Grundkonzepte, Abscheidemechanismen	694
N4.1	Bauarten	694
N4.2	Faserfilter	694
N4.3	Elektrofilter	699
N4.4	Sorptionsfilter	699
N4.5	Naßfilter	700
N4.6	Fliehkraftabscheider	701
N5	Qualitätsstufen und Bauarten von Staubfiltern	701
N5.1	Gütestufen der Faserfilter	701
N5.2	Grobfilter	701
N5.3	Feinfilter	702
N5.4	Schwebstofffilter	704
N5.5	Filterkombinationen	706
N6	Leistungsmerkmale von Staubfiltern	707

N6.1	Wirtschaftlichkeit im Vordergrund	707
N6.2	Abscheideleistung	707
N6.2.1	Unterschiedlichkeit der Prüfverfahren	707
N6.2.2	Gravimetrischer Abscheidegrad	707
N6.2.3	Wirkungsgrad	708
N6.2.4	Durchlaßgrad und Abscheidegrad bei Schwebstofffiltern	708
N6.3	Druckverlust	709
N6.4	Staubspeicherfähigkeit, Standzeit	709
N6.5	Sonderanforderungen für Schwebstofffilter	710
N6.5.1	Leckfreiheit	710
N6.5.2	Homogenität des Geschwindigkeitsfelds	710
N7	Prüfung, Klassierung, Qualitätssicherung	710
N7.1	Übersicht	710
N7.2	Prüfung von Grob- und Feinstaubfiltern	711
N7.3	Prüfung von Schwebstofffiltern	711
N7.4	Einteilung der Filterklassen	713
N7.5	Qualitätssicherung	715
N8	Luftfilter im Spannungsfeld von Hygiene und Ökologie	715
N8.1	Übersicht	715
N8.2	Filter – Akkumulatoren von Luftfremdstoffen	715
N8.3	Entsorgung von Luftfiltern	716
N9	Literatur	717
Sachverzeichnis		719



<http://www.springer.com/978-3-540-54466-1>

Raumklimatechnik

Grundlagen

Rietschel, H.; Esdorn, H. (Hrsg.)

1994, XXV, 730 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-54466-1