

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Grundlagen

<b>1.1 Lösungsweg technischer Berechnungen</b>	11
1.1.1 Größen, Zahlenwert und Einheit	12
1.1.2 Gleichungen	13
1.1.3 Rechnen mit dem Taschenrechner	16
1.1.4 Schaubilder, Diagramme und Tabellen	18
<b>1.2 Dreisatz- und Prozentrechnen</b>	21
<b>1.3 Längen</b>	23
1.3.1 Längeneinheiten, Maßstäbe	23
1.3.2 Teilungen	24
1.3.3 Gebogene und gestreckte Längen	26
1.3.4 Pythagoras	28
<b>1.4 Flächen</b>	29
1.4.1 Flächeneinheiten	29
1.4.2 Flächen mit geraden Linien	29
1.4.3 Flächen mit gebogenen Linien	32
1.4.4 Zusammengesetzte Flächen	34
<b>1.5 Volumenberechnung</b>	36
1.5.1 Volumeneinheiten	36
1.5.2 Gleichdicke Körper	36
1.5.3 Spitze Körper	37
1.5.4 Abgestumpfte Körper	37
1.5.5 Kugeln	38
1.5.6 Ringförmige Körper	38
1.5.7 Zusammengesetzte Körper	38
<b>1.6 Masse und Dichte</b>	40
<b>1.7 Kraft und Gewichtskraft</b>	41
<b>1.8 Hebel und Drehmoment</b>	42
<b>1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung</b>	43
<b>1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad</b>	45
<b>1.11 Aufgaben</b>	47

## 2 Rohrberechnungen

<b>2.1 Rohrabmessungen</b>	49
<b>2.2 Freier Querschnitt</b>	50
<b>2.3 Querschnittsverminderung</b>	51

<b>2.4 Rohroberflächen</b>	52
<b>2.5 Rohrmasse</b>	52
<b>2.6 Rohrinhalt</b>	53
<b>2.7 Längen- und Volumenänderung</b>	54
2.7.1 Längenänderung	54
2.7.2 Dehnungsausgleich	56
2.7.3 Volumenänderung	58

## 3 Rohrleitungsanlagen

<b>3.1 Druck in Flüssigkeiten</b>	61
3.1.1 Druckeinheiten	61
3.1.2 Hydrostatischer Druck	62
3.1.3 Auftrieb in Flüssigkeiten	63
<b>3.2 Strömung in Rohrleitungen</b>	64
3.2.1 Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite	64
3.2.2 Druckarten in Rohrleitungen	67
3.2.3 Druckverluste in Rohrleitungen	68
<b>3.3 Pumpenberechnungen</b>	72
3.3.1 Förderstrom und Förderdruck	72
3.3.2 Pumpenleistung	74
3.3.3 Pumpenauswahl	74
3.3.4 Druckerhöhungsanlagen DEA	77
<b>3.4 Rohrdimensionierung</b>	79
3.4.1 Berechnungs- und Spitzendurchfluss	79
3.4.2 Druckverluste, Rohrreibungsdruk- gefälle	83
3.4.3 Auswahl der Rohrdurchmesser	89

## 4 Trinkwasser-Erwärmungs- anlagen

<b>4.1 Temperatur</b>	103
<b>4.2 Wärmemenge</b>	104
4.2.1 Wärmemenge bei Temperaturänderung	104
4.2.2 Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes	106
<b>4.3 Wassermischung</b>	107
4.3.1 Berechnung von Temperaturen	108
4.3.2 Berechnung von Wassermengen	108

<b>4.4 Energie und Leistung</b>	113
4.4.1 Wärmeleistung und Erwärmzeit	113
4.4.2 Wirkungsgrad	113
4.4.3 Energiekosten	116
<b>4.5 Volumenänderung bei Wasser</b>	120
<b>4.6 Zirkulationsanlagen</b>	122
4.6.1 Kurzverfahren	122
4.6.2 Vereinfachtes Verfahren	123
<b>4.7 Speichergrößen</b>	129
4.7.1 Speicher für Einzel- und Gruppenversorgung	129
4.7.2 Speicher für Nachtaufheizung	130
4.7.3 Speicherauswahl nach der Bedarfskennzahl	131
<b>4.8 Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung</b>	135
<b>4.9 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung</b>	136

## 6 Ableitung von Niederschlagswasser

<b>6.1 Zuschnitte</b>	171
<b>6.2 Blechbedarf, Blechgewicht</b>	171
<b>6.3 Bemessen von Dachrinnen und Regenwasserleitungen</b>	173
6.3.1 Entwässerung bei Teilfüllung	173
6.3.2 Dachentwässerung mit Druckströmung	177
<b>6.4 Bemessen von Anlagen zur Regenwassernutzung</b>	183
<b>6.5 Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	185
<b>6.6 Projekt</b>	187

## 7 Gasanlagen

### 5 Entwässerungsanlagen

<b>5.1 Gefälle von Rohrleitungen</b>	139
<b>5.2 Bemessen von Abwasser- und Lüftungsleitungen</b>	142
5.2.1 Schmutzwasserabfluss	142
5.2.2 Anschlussleitungen	143
5.2.3 Schmutzwasser-Fallleitungen	145
5.2.4 Regenwasser-Fallleitungen	146
5.2.5 Sammel- und Grundleitungen	148
5.2.6 Lüftungsleitungen	149
5.2.7 Rohrweitenberechnung Abwasser	151
<b>5.3 Bemessen von Abwasserhebeanlagen</b>	156
5.3.1 Bemessen des Förderstromes	157
5.3.2 Bemessen der Förderhöhe	157
5.3.3 Pumpengröße und Pumpenleistung	159
5.3.4 Behälter- und Schachtgröße	160
<b>5.4 Bemessen von Abscheide- und Neutralisationsanlagen</b>	162
5.4.1 Fettabscheider	162
5.4.2 Leichtflüssigkeitsabscheider	164
5.4.3 Neutralisationsanlagen	166
<b>5.5 Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	167
<b>5.6 Projekt</b>	169

<b>7.1 Gasgesetze</b>	189
7.1.1 Volumenänderung durch Druckunterschiede	189
7.1.2 Volumenänderung durch Temperaturunterschiede	190
7.1.3 Volumenänderung durch Druck- und Temperaturunterschiede	190
<b>7.2 Gasverbrauch beim Schweißen</b>	192
7.2.1 Sauerstoffverbrauch	192
7.2.1 Acetylenverbrauch	193
<b>7.3 Gasverbrauch zur Stofferwärmung</b>	194
<b>7.4 Geräteleistung und Wirkungsgrad</b>	195
7.4.1 Nennleistung	196
7.4.2 Nennbelastung	196
7.4.3 Wirkungsgrad	197
<b>7.5 Anschluss- und Einstellwerte</b>	198
<b>7.6 Kostenermittlung für Gasverbrauch</b>	200
<b>7.7 Raum- und Verbrennungsluft-Verbund</b>	200
<b>7.8 Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen</b>	204
7.8.1 Diagrammverfahren	204
7.8.2 Tabellenverfahren	211
7.8.3 Berechnung von Flüssiggasleitungen	216
<b>7.9 Projekte</b>	222

## 8 Heizungsanlagen

<b>8.1 Wärmeübertragung</b>	225
8.1.1 Wärmeübergangswiderstände	225
8.1.2 Wärmedurchlasswiderstand	225
8.1.3 Wärmedurchgangskoeffizient, U-Wert	226
<b>8.2 Berechnung der Norm-Heizlast</b>	228
8.2.1 Norm-Außentemperatur	228
8.2.2 Norm-Innentemperatur	228
8.2.3 Bauteilkennzeichnung	229
8.2.4 Gesamt-Norm-Wärmeverlust	230
8.2.5 Norm-Transmissionswärmeverluste	230
8.2.6 Norm-Lüftungswärmeverluste	232
8.2.7 Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung	232
8.2.8 Lüftungswärmeverluste bei maschineller Lüftung	233
8.2.9 Räume mit unterbrochenem Heizbetrieb	233
8.2.10 Norm-Heizlast eines Raumes	234
8.2.11 Norm-Heizlast eines Gebäudes	234
8.2.12 Auslegungsheizlast eines Raumes	234
8.2.13 Auslegungsheizlast eines Gebäudes	234
8.2.14 Bestimmung der Raummaße	235
8.2.15 Beispielrechnung Norm-Heizlast	235
<b>8.3 Heizflächen und Kesselgrößen bei Zweirohrheizungen</b>	239
8.3.1 Auslegungszuschlag	239
8.3.2 Norm-Heizleistung	239
8.3.3 Temperatur-Umrechnungsfaktor	241
8.3.4 Leistungsminderungen	242
8.3.5 Heizkörpergrößen	243
8.3.6 Konvektoren	244
8.3.7 Heizkesselgröße	245
8.3.8 Wärmetauscher	246
<b>8.4 Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl</b>	248
8.4.1 Massenstrom	248
8.4.2 Druckverluste bei Zweirohrheizungen	248
8.4.3 Einzelwiderstände	249
8.4.4 Druckverluste in Teilstrecken	249
8.4.5 Druckverluste in Thermostatventilen und Mischern	250
8.4.6 Rohrnetzauslegung und Pumpendruck	252
8.4.7 Pumpenauswahl und Rohrnetzkenlinien	257
<b>8.5 Einrohrheizungen</b>	260
8.5.1 Massenstrom im Heizkreis	260
8.5.2 Gleiche Temperaturdifferenzen	260
8.5.3 Gleiche Massenströme	261
8.5.4 Bestimmung der Heizflächen	262

<b>8.5.5 Druckverluste und Pumpenauslegung</b>	263
<b>8.6 Fußbodenheizung</b>	266
8.6.1 Wärmeleistung	266
8.6.2 Wärmestromdichte	266
8.6.3 Fußboden-Oberflächentemperatur	267
8.6.4 Rohrabstand und Heizwassertemperatur	268
8.6.5 Druckverlust und Pumpenauslegung	269
<b>8.7 Druckausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil</b>	272
8.7.1 Wasserinhalt der Heizungsanlage	272
8.7.2 Heizwasserausdehnung	272
8.7.3 Wasservorlage im MAG	273
8.7.4 Vordruck und Fülldruck im MAG	273
8.7.5 Enddruck im MAG	274
8.7.6 Größenbestimmung des MAG	274
8.7.7 Membran-Sicherheitsventil	275
<b>8.8 Öldurchsatz und Auswahl von Brenndüsen</b>	276
8.8.1 Öldurchsatz bei Brennerdüsen	276
8.8.2 Bestimmung der Düsendgröße	276
<b>8.9 Brennstoffbedarf und Brennstoffkosten</b>	278
8.9.1 Brennstoffbedarf für die Gebäudeheizung	278
8.9.2 Brennstoffbedarf für die Trinkwassererwärmung	278
8.9.3 Brennstoffkosten	279
<b>8.10 Energiekostenvergleich</b>	279
<b>8.11 Projekte</b>	281

## 9 Abgasanlagen

<b>9.1 Luftbedarf bei der Verbrennung</b>	285
<b>9.2 Abgasverluste und Wirkungsgrade</b>	286
9.2.1 Abgasverluste und feuerungstechnischer Wirkungsgrad	286
9.2.2 Auskühlungsverluste und Kesselwirkungsgrad	288
9.2.3 Anlagenverluste und Anlagenwirkungsgrad	288
<b>9.3 Abgasvolumen und Verbindungsstücke</b>	291
<b>9.4 Schornsteine, Abgasleitungen</b>	292
9.4.1 Einfachbelegung	292
9.4.2 Mehrfachbelegung	294

## 10 Raumlufttechnische Anlagen

<b>10.1</b>	<b>Behaglichkeitskriterien</b>	297
10.1.1	Raumlufttemperatur	297
10.1.2	Raumluftgeschwindigkeit	297
10.1.3	Aktivitätsgrad	298
10.1.4	Luftfeuchte	299
<b>10.2</b>	<b>Grundlagen zur Berechnung von raumlufttechnischen Anlagen</b>	299
10.2.1	Einteilung nach DIN EN 13799	299
10.2.2	Außenluft	299
10.2.3	Außenluft nach dem Mindest- außenluftstrom	300
10.2.4	Außenluftbedarf nach der maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK)	301
10.2.5	Außenluftbedarf nach der Luftwechselzahl	302
10.2.6	Luftumwälzung	303
<b>10.3</b>	<b>Berechnungen an Luftkanälen</b>	303
10.3.1	Volumenstrom	303
10.3.2	Kontinuitätsgesetz	304
10.3.3	Gleichung von Bernoulli	306
10.3.4	Hydraulischer Durchmesser	308
10.3.5	Druckverlustberechnung in Luftkanälen	309
<b>10.4</b>	<b>Ventilatorleistung und Ventilator- auswahl</b>	313
10.4.1	Ventilator Kennlinien	313
10.4.2	Anlagenkennlinie	314
10.4.3	Gesetzmäßigkeiten	314
10.4.4	Auswahldiagramme	315
<b>10.5</b>	<b>Zustandsänderungen der Luft</b>	315
10.5.1	Mollier-Diagramm für feuchte Luft	317
10.5.2	Lufterwärmung	319
10.5.3	Luftkühlung und Entfeuchtung	320
10.5.4	Luftbefeuchtung	321
10.5.5	Luftmischung	322
<b>10.6</b>	<b>Wärmeleistung, Kühlleistung von Klimageräten</b>	323
10.6.1	Äußere Wärmequellen	323
10.6.2	Innere Wärmequellen	323
10.6.3	Kühllast im Sommer	324
10.6.4	Heizlast im Winterbetrieb	325
<b>10.7</b>	<b>Projekt</b>	326

## 11 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen

<b>11.1</b>	<b>Ohmsches Gesetz</b>	329
<b>11.2</b>	<b>Leiterwiderstand</b>	331
<b>11.3</b>	<b>Elektrische Leistung</b>	332
11.3.1	Elektrische Leistung bei Wechsel- spannung	332

<b>11.3.2</b>	<b>Elektrische Leistung bei Dreiphasen- wechselspannung</b>	335
<b>11.3.3</b>	<b>Phasenverschiebung</b>	336
<b>11.4</b>	<b>Anschlussleistung und Absicherung</b>	339
<b>11.5</b>	<b>Elektrische Energie</b>	340
<b>11.6</b>	<b>Energiekosten</b>	342
<b>11.7</b>	<b>Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wasssererwärmer</b>	343
11.7.1	Erwärmzeit	343
11.7.2	Massenstrom	344
<b>11.8</b>	<b>Projekt</b>	345

## 12 Kostenrechnung

<b>12.1</b>	<b>Kostenarten</b>	347
12.1.1	Einzel- und Gemeinkosten	347
12.1.2	Fixe und variable Kosten	347
<b>12.2</b>	<b>Zuschlagskalkulation</b>	348
12.2.1	Entstehung des Angebotspreises	348
12.2.2	Materialkosten	348
12.2.3	Lohnkosten	350
12.2.4	Gemeinkosten	351
12.2.5	Sonderkosten, Gewinn, Mehrwertsteuer	353
<b>12.3</b>	<b>Angebotsbearbeitung</b>	354
12.3.1	Bauvertragsrecht	354
12.3.2	Vorkalkulation	354
12.3.3	Nachkalkulation	361
<b>12.4</b>	<b>Gerätekosten als Sonderkosten</b>	362
12.4.1	Maschinenkosten	362
12.4.2	Kraftfahrzeugkosten	363
12.4.3	Schweißkosten	364

## 13 Projekte und Aufgaben

<b>13.1</b>	<b>Projekte und Aufgaben im Handlungsfeld Wassertechnik</b>	365
13.1.1	Projekt 1: Einfamilienhaus	365
13.1.2	Projekt 2: Mehrfamilienhaus	368
13.1.3	Aufgaben	369
<b>13.2</b>	<b>Projekte und Aufgaben für die Handlungsfelder Wärme- und Lufttechnik</b>	371
13.2.1	Projekt 1: Marbacher Weg	371
13.2.2	Projekt 2: Etagenwohnung – Ulm	373
13.2.3	Projekt 3: Tennishalle	374
13.2.4	Aufgaben	375
<b>Anlagen: Tabellen und Formulare</b>		377
<b>Sachwortverzeichnis</b>		389