00 (001-009) Titel 2018_ Titelei 2009 23.08.18 09:24 Seite U2

Wegweiser zu den Lernfeldern

für den Ausbildungsberuf
Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Die „Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik“ enthält differenziertere mathematische Aufgabenstellungen als die entsprechenden Fachkundebücher. Die einzelnen Aufgaben können entsprechend dem Lernfeld-Wegweiser den Lernfeldern und seinen Lernsituationen zugeordnet werden.

LF 1	Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen fertigen	Seiten: 10 bis 35	
LF 2	Bauelemente mit Maschinen fertigen	Seiten: 36 bis 41, 352 bis 370	
LF 3	Baugruppen herstellen und montieren	Seiten: 48 bis 59	
LF 4	Technische Systeme instand halten	Seiten: 41 bis 47 und 334 bis 348	
LF 5	Trinkwasseranlagen installieren	Seiten: 60 bis 89	
LF 6	Entwässerungsanlagen installieren	Seiten: 138 bis 187	
LF 7	Wärmeverteilungsanlagen installieren	Seiten: 224 bis 285	
LF 8	Sanitärräume ausstatten	Seiten: 352 bis 370	
LF 9	Trinkwassererwärmungsanlagen installieren	Seiten: 102 bis 137 und 338 bis 351	
LF 10	Wärmeerzeugungsanlagen für gasförmige Brennstoffe installieren	Seiten: 188 bis 223 und 286 bis 297	
LF 11	Wärmeerzeugungsanlagen für flüssige u. feste Brennstoffe installieren	Seiten: 245 bis 297	
LF 12	Ressourcenschonende Wärmeerzeugungsanlagen installieren	Seiten: 135 bis 137	
LF 13	Raumlufttechnische Anlagen installieren	Seiten: 298 bis 333	
LF 14	Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren	Die Technologie-Inhalte finden Sie im Fachkundebuch	
LF 15	Versorgungstechnische Anlagen instand halten	Seiten: 334 bis 346	
	Lernfeldübergreifend (Prüfungsvorbereitung)	Seiten: 371 bis 382	

00_001-009_Titel_ Titelei 2009 22.08.20 10:33 Seite 1

EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik

Bearbeitet von Lehrern an berufsbildenden Schulen und von Ingenieuren
(siehe Rückseite)

7. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 18111

00_001-009_Titel_ Titelei 2009 22.08.20 10:33 Seite 2

Autoren der „Technischen Mathematik Installations- und Heizungstechnik

Anderer, Ralf	Studienrat	Waldbronn
Blickle, Siegfried	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Freudenstadt
Flegel, Robert	Wissenschaftlicher Lehrer	Stuttgart
Grevenstein, Hans	Wissenschaftlicher Lehrer	Wurster Nordseeküste
Härterich, Manfred	M. A., Oberstudiendirektor	Ditzingen
Uhr, Ulrich	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Rheinfelden

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

Bildbearbeitung:

Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

7. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-7585-1061-8

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
http://www.europa-lehrmittel.de
Satz: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com
Umschlaggestaltung: G. Kuhl mediacreativ, 40724 Hilden
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

00_001-009_Titel_ Titelei 2009 22.08.20 10:33 Seite 3

Einführung

Die im Verlag Europa-Lehrmittel in der 7. Auflage erschienene „Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik" dient der Aus- und Weiterbildung im Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.

Inhalt

Der Inhalt des Buches ist auf die einschlägigen **Bildungspläne der Bundesländer** für Berufliche Schulen und auf die **Verordnung über die Berufsausbildung** zum/zur Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik des Bundesministeriums abgestimmt. Er umfasst den gesamten Lehrstoff der Berufsschul- bzw. Ausbildungsjahre sowie weitgehend der Meisterschule und der Technikerschule. Die Inhalte entsprechen den für diesen Fachbereich geltenden **technischen Regeln** und den gesetzlichen Verordnungen sowie den **fachbezogenen Vorschriften,** insbesondere den **DIN-Normen.**

Gliederung und Gestaltung

Das Mathematikbuch umfasst **dreizehn Kapitel.** In den Kapiteln eins bis zwölf ist die **Installations- und Heizungstechnik** in **zwölf Lernbereiche,** vergleichbar den Lernfeldern, sachlogisch aufgeteilt und dargestellt. Das Kapitel dreizehn enthält bereichsübergreifende Projekte. Bei der Gliederung des Buches wurde von einem **Leitprojekt** ausgegangen, das dem Inhaltsverzeichnis vorangestellt ist. Das Leitprojekt ist als Schnitt durch ein Wohngebäude dargestellt und enthält alle erforderlichen Bereiche der Installations- und Heizungstechnik. Der im jeweiligen Kapitel behandelte Teilbereich ist dem Leitprojekt entnommen. Eine entsprechende Schnittzeichnung fasst dessen Inhalt in anschaulicher Weise zusammen. Jedem Kapitel ist ein **Piktogramm** zugeordnet, das jeweils am Außenrand der Seiten angeordnet ist und auf den Inhalt der Seiten hinweist. Dadurch ist ein schnelles und müheloses Zurechtfinden im Buch gewährleistet.

Methodische Konzeption

Der methodischen Konzeption des Mathematikbuches liegt die Konzeption des Fachbuches **„Fachkunde Installations- und Heizungstechnik"** zugrunde. Dadurch ist es möglich, dass beide Bücher im Unterricht nebeneinander verwendet werden können. Das Mathematikbuch soll die mathematischen Lerninhalte der Fachkunde ergänzen und erweitern, sodass zum einen Aufgaben zum Üben und zum anderen erweiternde Inhalte für das Berufskolleg und die Fachschulen zur Verfügung stehen. Formeln und Tabellen sind farblich hervorgehoben. Viele Zeichnungen, Tabellen und Diagramme veranschaulichen den Text und ermöglichen es, handlungsorientiert zu arbeiten. In den einzelnen Lernbereichen werden Beispiele berechnet und Aufgaben zum Üben und Vertiefen zur Verfügung gestellt. Im letzten Kapitel des Buches werden themenübergreifende Projekte im Umfang der Berufsschulabschlussprüfung dargestellt.

Zielgruppen

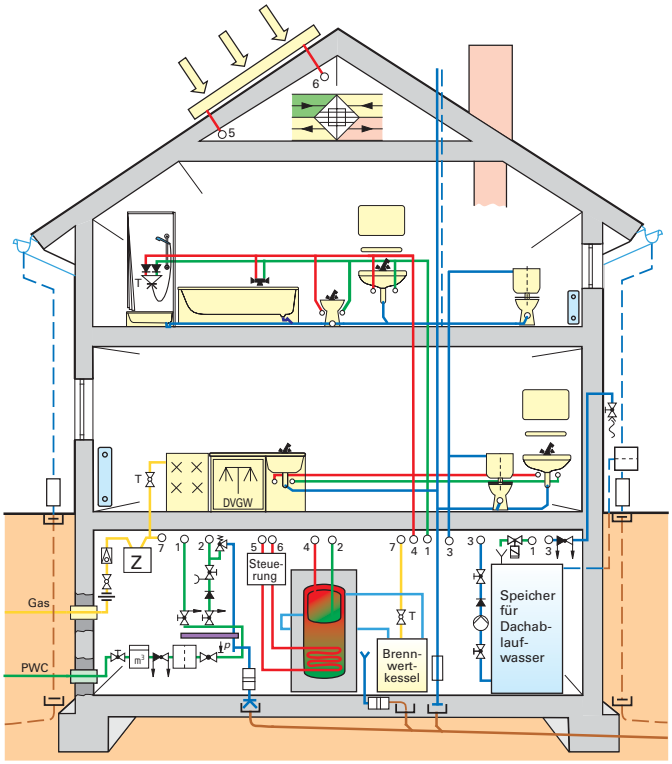
Die „Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik" ist als Lernmittel für Schüler, Schülerinnen und Auszubildende in der **Berufsschule,** in der **Berufsfachschule** und im **Berufskolleg** sowie in der **betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildung** konzipiert. Außerdem eignet es sich in der **Meisterschule, Technikerschule** und **Akademie für handwerkliche Berufe** zur Wiedergewinnung und Sicherung des Grundwissens sowie zur Vertiefung der Rohrnetzberechnungen und Anlagenauslegung. Daneben kann es in der Praxis als Informationsquelle und als Nachschlagewerk dienen.

Autoren und Verlag sind allen Benutzern der „Technischen Mathematik Installations- und Heizungstechnik" für kritische Hinweise und für Verbesserungsvorschläge dankbar.

Sommer 2020 — Die Verfasser

Lernbereiche

Leitprojekt



1 Grundlagen		7 Gasanlagen	
2 Rohrberechnungen		8 Heizungsanlagen	
3 Rohrleitungsanlagen		9 Abgasanlagen	
4 Trinkwasser-Erwärmungs-anlagen		10 Raumlufttechnische Anlagen	
5 Entwässerungsanlagen		11 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen	
6 Ableitung von Nieder-schlagswasser		12 Kostenrechnung	

00 (001-009) Titel 2018_ Titelei 2009 23.08.18 09:24 Seite 5

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen

1.1 Lösungsweg technischer Berechnungen ... 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
1.2 Dreisatz- und Prozentrechnen ... 21
1.3 Längen ... 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
1.4 Flächen ... 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
1.5 Volumenberechnung ... 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
1.6 Masse und Dichte ... 40
1.7 Kraft und Gewichtskraft ... 41
1.8 Hebel und Drehmoment ... 42
1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung ... 43
1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad ... 45
1.11 Aufgaben ... 47

2 Rohrberechnungen

2.1 Rohrabmessungen ... 49
2.2 Freier Querschnitt ... 50
2.3 Querschnittsverminderung ... 51
2.4 Rohroberflächen ... 52
2.5 Rohrmasse ... 52
2.6 Rohrinhalt ... 53
2.7 Längen- und Volumenänderung ... 54
2.7.1 Längenänderung ... 54
2.7.2 Dehnungsausgleich ... 56
2.7.3 Volumenänderung ... 58

3 Rohrleitungsanlagen

3.1 Druck in Flüssigkeiten ... 61
3.1.1 Druckeinheiten ... 61
3.1.2 Hydrostatischer Druck ... 62
3.1.3 Auftrieb in Flüssigkeiten ... 63
3.2 Strömung in Rohrleitungen ... 64
3.2.1 Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite ... 64
3.2.2 Druckarten in Rohrleitungen ... 67
3.2.3 Druckverluste in Rohrleitungen ... 68
3.3 Pumpenberechnungen ... 72
3.3.1 Förderstrom und Förderdruck ... 72
3.3.2 Pumpenleistung ... 74
3.3.3 Pumpenauswahl ... 74
3 3.4 Druckerhöhungsanlagen DEA ... 77
3.4 Rohrdimensionierung ... 79
3.4.1 Berechnungs- und Spitzendurchfluss ... 79
3.4.2 Druckverluste, Rohrreibungsdruck-gefälle ... 85
3.4.3 Vereinfachte Auswahl der Rohrdurchmesser ... 87
3.4.4 Differenzierte Auswahl der Rohrdurchmesser ... 92

4 Trinkwasser-Erwärmungs-anlagen

4.1 Temperatur ... 103
4.2 Wärmemenge ... 104
4.2.1 Wärmemenge bei Temperaturänderung 104
4.2.2 Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes ... 106
4.3 Wassermischung ... 107
4.3.1 Berechnung von Temperaturen ... 108
4.3.2 Berechnung von Wassermengen ... 108
4.4 Energie und Leistung ... 113
4.4.1 Wärmeleistung und Erwärmzeit ... 113
4.4.2 Wirkungsgrad ... 113
4.4.3 Energiekosten ... 116
4.5 Volumenänderung bei Wasser ... 120

00_001-009_Titel_ Titelei 2009 22.08.20 10:34 Seite 6

4.6 Zirkulationsanlagen 122
4.6.1 Kurzverfahren 122
4.6.2 Vereinfachtes Verfahren 123
4.7 Speichergrößen 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
4.8 Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung 135
4.9 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung 136

5 Entwässerungsanlagen

5.1 Gefälle von Rohrleitungen 139
5.2 Bemessen von Abwasser- und Lüftungsleitungen 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
5.3 Bemessen von Abwasserhebeanlagen 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
5.4 Bemessen von Abscheide- und Neutralisationsanlagen 162
5.4.1 Fettabscheider 162
5.4.2 Leichtflüssigkeitsabscheider 164
5.4.3 Neutralisationsanlagen 166
5.5 Längenänderung durch Temperaturänderung 167
5.6 Projekt 169

6 Ableitung von Niederschlagswasser

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

7 Gasanlagen

7.1 Gasgesetze 189
7.1.1 Volumenänderung durch Druckunterschiede 189
7.1.2 Volumenänderung durch Temperaturunterschiede 190
7.1.3 Volumenänderung durch Druck- und Temperaturunterschiede 190
7.2 Gasverbrauch beim Schweißen 192
7.2.1 Sauerstoffverbrauch 192
7.2.2 Acetylengasverbrauch 193
7.3 Gasverbrauch zur Stofferwärmung . . . 194
7.4 Geräteleistung und Wirkungsgrad 195
7.4.1 Nennleistung 196
7.4.2 Nennbelastung 196
7.4.3 Wirkungsgrad 197
7.5 Anschluss- und Einstellwerte 198
7.6 Kostenermittlung für Gasverbrauch . . 200
7.7 Raum- und Verbrennungsluft-Verbund 200
7.8 Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen 205
7.8.1 Diagrammverfahren 205
7.8.2 Tabellenverfahren 210
7.8.3 Berechnung von Flüssiggasleitungen 214
7.9 Projekte 220

8 Heizungsanlagen

8.1 Wärmeübertragung 225
8.1.1 Wärmeübergangswiderstände 225
8.1.2 Wärmedurchlasswiderstand 225
8.1.3 Wärmedurchgangskoeffizient, U-Wert 226
8.2 Berechnung der Norm-Heizlast 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

8.3 Heizflächen und Kesselgrößen bei Zweirohrheizungen ... 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

8.4 Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl ... 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 Rohrnetzkennlinien ... 257

8.5 Einrohrheizungen ... 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
8.5.5 Druckverluste und Pumpenauslegung ... 263

8.6 Fußbodenheizung ... 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

8.7 Druckausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil ... 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

8.8 Öldurchsatz und Auswahl von Brenndüsen ... 276
8.8.1 Öldurchsatz bei Brennerdüsen ... 276
8.8.2 Bestimmung der Düsengröße ... 276

8.9 Brennstoffbedarf und Brennstoffkosten ... 278
8.9.1 Brennstoffbedarf für die Gebäudeheizung ... 278
8.9.2 Brennstoffbedarf für die Trinkwassererwärmung ... 278
8.9.3 Jahresbrennstoffbedarf ... 279
8.9.4 Brennstofflagerung und Lagervolumen bei Ölheizung ... 279
8.9.5 Brennstoffbedarf und Lagervolumen bei Holzheizung ... 280
8.9.6 Brennstoffkosten ... 280

8.10 Energiekostenvergleich ... 281

8.11 Projekte ... 283

9 Abgasanlagen

9.1 Luftbedarf bei der Verbrennung ... 287
9.2 Abgasverluste und Wirkungsgrade ... 288
9.2.1 Abgasverluste und feuerungstechnischer Wirkungsgrad ... 288
9.2.2 Auskühlungsverluste und Kesselwirkungsgrad ... 290
9.2.3 Anlagenverluste und Anlagenwirkungsgrad ... 290
9.3 Abgasvolumen und Verbindungsstücke ... 293
9.4 Schornsteine (Abgasleitungen) ... 294
9.4.1 Einfachbelegung ... 294
9.4.2 Mehrfachbelegung ... 296

10 Raumlufttechnische Anlagen

10.1 Behaglichkeitskriterien ... 299
10.1.1 Raumlufttemperatur ... 299
10.1.2 Raumluftgeschwindigkeit ... 299
10.1.3 Aktivitätsgrad ... 300
10.1.4 Luftfeuchte ... 301

10.2 Lüftung von Nichtwohngebäuden nach DIN EN 13779 ... 301
10.2.1 Festlegung der Luftarten ... 301
10.2.2 Einteilung der Anlagentypen ... 301
10.2.3 Bestimmung des Außenluft-Volumenstroms ... 302
10.2.4 Außenluftbedarf nach der Maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) ... 303
10.2.5 Außenluftbedarf nach der Luftwechselzahl ... 304
10.2.6 Luftumwälzung ... 305

10.3 Berechnungen an Luftkanälen 305
10.3.1 Volumenstrom 305
10.3.2 Kontinuitätsgesetz 306
10.3.3 Gleichung von Bernoulli 308
10.3.4 Hydraulischer Durchmesser (gleichwertiger Durchmesser) 310
10.3.5 Druckverlustberechnung in Luftkanälen 311
10.4 Ventilatorleistung und Ventilatorauswahl 315
10.4.1 Ventilatorkennlinien 315
10.4.2 Anlagenkennlinie 316
10.4.3 Gesetzmäßigkeiten 316
10.4.4 Auswahldiagramme 317
10.5 Zustandsänderung der Luft 317
10.5.1 Mollier-Diagramm für feuchte Luft (auf Meereshöhe) 319
10.5.2 Lufterwärmung 321
10.5.3 Luftkühlung und Luftentfeuchtung 322
10.5.4 Luftbefeuchtung 323
10.5.5 Luftmischung 324
10.6 Wärmeleistung, Kühlleistung von Klimageräten 325
10.6.1 Äußere Wärmequellen 325
10.6.2 Innere Wärmequellen 325
10.6.3 Kühllast im Sommer 326
10.6.4 Heizlast im Winterbetrieb 327
10.7 Kontrollierte Wohnraumlüftung 328
10.7.1 Abluftanlagen mit Abluftventilatoren 328
10.7.2 Zentrale Abluftanlagen ohne WRG 329
10.7.3 Einzelraumlüftungsgeräte für Wandeinbau mit Wärmerückgewinung 329
10.7.4 Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung 330
10.8 Projekt 332

11 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen

11.1 Ohmsches Gesetz 335
11.2 Leiterwiderstand 337
11.3 Elektrische Leistung 338
11.3.1 Elektrische Leistung bei Wechselspannung 338
11.3.2 Elektrische Leistung bei Dreiphasenwechselspannung 341
11.3.3 Phasenverschiebung 342
11.4 Anschlussleistung und Absicherung 345
11.5 Elektrische Energie 346
11.6 Energiekosten 348
11.7 Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer 349
11.7.1 Erwärmzeit 349
11.7.2 Massenstrom 350
11.8 Projekt 351

12 Kostenrechnung

12 Kostenrechnung 353
12.1 Kostenarten 353
12.1.1 Einzel- und Gemeinkosten 353
12.1.2 Fixe und variable Kosten 353
12.2 Zuschlagskalkulation 354
12.2.1 Entstehung des Angebotspreises 354
12.2.2 Materialkosten 354
12.2.3 Lohnkosten 356
12.2.4 Gemeinkosten 357
12.2.5 Sonderkosten, Gewinn, Mehrwertsteuer 359
12.3 Angebotsbearbeitung 360
12.3.1 Bauvertragsrecht 360
12.3.2 Vorkalkulation 361
12.3.3 Nachkalkulation 367
12.4 Gerätekosten als Sonderkosten 368
12.4.1 Maschinenkosten 368
12.4.2 Kraftfahrzeugkosten 369
12.4.3 Schweißkosten 370

13 Projekte und Aufgaben

13.1 Projekte und Aufgaben 371
13.1.1 Projekt 1: Einfamilienhaus 371
13.1.2 Projekt 2: Mehrfamilienhaus 374
13.1.3 Aufgaben 375
13.2 Projekte und Aufgaben für die Handlungsfelder Wärme- und Lufttechnik 377
13.2.1 Projekt 1: Marbacher Weg 377
13.2.2 Projekt 2: Etagenwohnung – Ulm 379
13.2.3 Projekt „Tennishalle“ 380
13.2.4 Aufgaben 381

Anlagen: Tabellen und Formulare 383
Sachwortverzeichnis 395

Firmenverzeichnis

Die Autoren und der Verlag danken den folgenden Firmen, die sie bei der Bearbeitung der einzelnen Themen durch Beratungen, Druckschriften, Fotos und Retuschen unterstützt haben.

Allmess Schlumberger GmbH
Oldenburg

AQUA Butzke-Werke AG
Berlin

aquatherm GmbH
Attendorn

Badische Gas- und Elektrizitäts-versorgung AG
Lörrach

Bauberufsgenossenschaft
Frankfurt

Bayernwerk AG
München

Berthold Horstmann GmbH
Essen

BEULCO-Armaturen Gebr. Beul GmbH & Co. KG
Attendorn

Beuth Verlag GmbH Normenwesen
Berlin

Buderus GmbH
Wetzlar

Centra Bürkle GmbH Regelsysteme
Ostfildern

D + S Sanitärprodukte GmbH
Schriesheim

DAL – Georg Rost & Söhne GmbH
Porta Westfalica

Dallmer GmbH + Co. Sanitärtechnik
Arnsberg

Danfoss GmbH Wärme- und Kältetechnik
Heusenstamm

Dornbracht Aloys F.GmbH & Co. KG Armaturenfabrik
Iserlohn

DURAVIT AG
Hornberg

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
Bonn

E. Missel GmbH Dämmsysteme
Stuttgart

EGGEMANN GmbH
Iserlohn

Elster-Handel GmbH Mess- und Regeltechnik
Mainz-Kastel

Eternit AG
Berlin

F. W. Oventrop KG
Olsberg

Flamco FLEXCON GmbH
Genthin

fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co. KG
Tumlingen/Waldachtal

FRIATEC AG Sanitär Division
Mannheim

Friedrich Grohe AG
Hemer

Geberit GmbH
Pfullendorf

Gebr. Kemper GmbH + Co., Metallwerke
Olpe

GEORG FISCHER + GF + Georg Fischer GmbH
Albershausen

Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH
Hochstadt

Gütegemeinschaft Bauelemente aus Titanzink e.V.
Düsseldorf

Halberg GmbH Entwässerungssysteme
Köln

Hans Grohe GmbH & Co. KG
Schiltach

Hansa Metallwerke AG
Stuttgart

Hilti Aktiengesellschaft
Schaan

HOESCH Metall + Kunststoffwerk GmbH & Co.
Düren

Honeywell AG, Braukmann-Armaturen
Mosbach

Ideal-Standard
Bonn

Joh. Vaillant GmbH u. Co.
Remscheid

JRG Gunzenhausen GmbH Rohrsysteme
Neuburg/Donau

JUNG PUMPEN GmbH & Co.
Steinhagen

KABELWERK EUPEN AG Kunststoffrohrwerk
Eupen

KERAMAG Keramische Werke AG
Ratingen

KESSEL GmbH Entwässerungstechnik
Lenting

KEUCO GmbH & Co. KG
Hemer

LOROWERK K. H. Vahlbrauk GmbH & Co. KG
Bad Gandersheim

Lunos Lüftung GmbH & Co. Ventilatoren KG
Berlin

Metabowerke GmbH & Co.
Nürtingen

Passavant-Werke AG
Aarbergen

perma-trade Wassertechnik GmbH
Leonberg

RAUFOSS METALL GMBH
Hemer

Robert Bosch GmbH Geschäftsbereich Junkers
Wernau

Rotter GmbH & Co. KG
Berlin

RWE Energie AG
Essen

SCHARR Friedrich Scharr oHG
Stuttgart

Schock Bad GmbH
Treuchtlingen

Schubert & Salzer Ingolstadt-Armaturen GmbH
Ingolstadt

SEPPELFRICKE Systemtechnik GmbH & Co.
Gelsenkirchen

Sikla GmbH Befestigungstechnik
Schwenningen

Steinzeug GmbH
Köln

STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG
Holzminden

Testo GmbH & Co.
Lenzkirch

UNICOR Rohrsysteme GmbH
Hassfurt

VDI Verein deutscher Ingenieure
Düsseldorf

Viega Franz Viegener II, Sanitär- und Heizungssysteme
Attendorn

Viessmann Werke GmbH & Co.
Allendorf

Villeroy & Boch AG
Mettlach

Wavin GmbH Kunststoff-Rohrsysteme
Twist

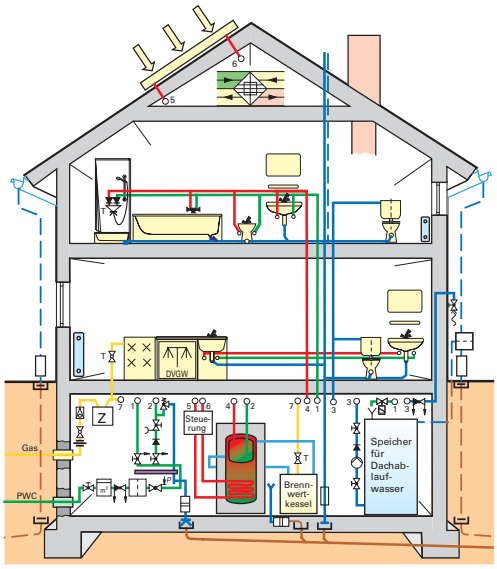
Weishaupt GmbH Brenner und Heizsysteme
Schwendi

Wieland-Werke AG Metallwerke
Ulm

WILO GmbH
Dortmund

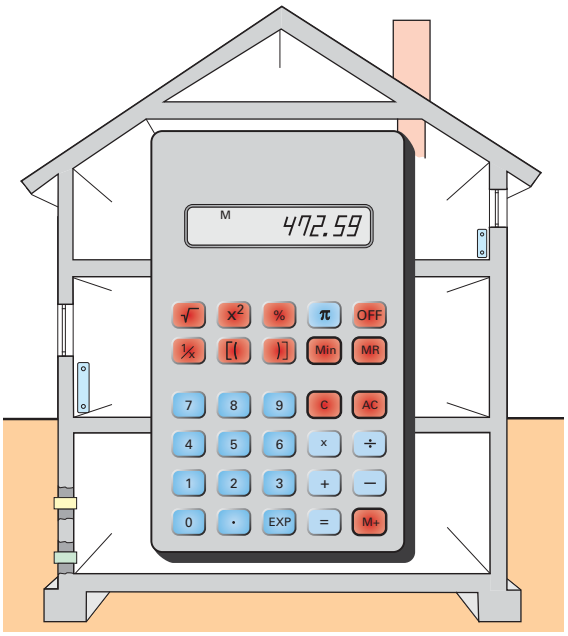
Zentralverband SHK
St. Augustin

1 Grundlagen



Leitprojekt

1.1 Lösungsweg technischer Berechnungen
1.2 Dreisatz- und Prozentrechnen
1.3 Längen
1.4 Flächen
1.5 Volumenberechnung
1.6 Masse und Dichte
1.7 Kraft und Gewichtskraft
1.8 Hebel und Drehmoment
1.9 Gradlinige und kreisförmige Bewegung
1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad
1.11 Aufgaben



Grundlagen

1 Grundlagen

Technische Berechnungen sind erforderlich, um z. B. Abstände und Rohrlängen zu ermitteln oder Dimensionierungen durchzuführen. Eine unverzichtbare Hilfe sind hierzu Tabellenbücher und Planungsunterlagen. Diesen können Informationen entnommen werden, die Ausgangsgrößen zur Lösung der Aufgabenstellung liefern oder den Rechenweg vereinfachen.

1.1 Lösungsweg technischer Berechnungen

Die Lösung von Aufgabenstellungen in der folgenden Reihenfolge hat sich bewährt:

- **Aufgabentext analysieren**

Der Text ist langsam durchzulesen, Skizzen oder Zeichnungen sind zu erfassen. Die Fragestellung, die oft einen Lösungsweg vorgibt, ist zu berücksichtigen.

- **Rechengrößen zusammenstellen**

Der Aufgabenstellung werden die gegebenen Größen entnommen. Sie werden in Form einer Gleichung mit Formelzeichen, Zahlenwert und Einheit aufgeschrieben.

- **Formel aufschreiben**

Die Formel ist entweder bekannt oder muss in der Formelsammlung gesucht werden.

- **Formel umstellen**

Steht die gesuchte Größe auf der rechten Seite, ist die Formel umzustellen. Fehlende Größen werden durch Nebenrechnungen ermittelt und in die Formel übernommen.

- **Zahlen mit Einheiten einsetzen**

Die Buchstaben der Formel werden durch Zahlenwert und Einheit ersetzt.

- **Ergebnis ausrechnen**

Das Ergebnis besteht aus Zahlenwert und Einheit. Deshalb muss man beides ausrechnen. Zweckmäßig ist, zunächst eine Überschlagsrechnung vorzunehmen und dann die genaue Rechnung mit dem Taschenrechner durchzuführen. Berechnungen mit dem Taschenrechner sollten grundsätzlich zweimal ausgeführt werden, um Bedienungsfehler auszuschließen. Das Kürzen und Berechnen der Einheiten ist eine zusätzliche Kontrolle des Rechenwegs und ist deshalb unverzichtbar.

- **Ergebnis runden**

Das Ergebnis ist in einer sinnvollen Einheit anzugeben und zu runden. Beim Runden werden Werte unter ...,5 abgerundet, Werte darüber rundet man auf.

- **Übersichtliche Darstellung**

Ein übersichtlicher Aufbau des Rechenwegs hilft Fehler zu vermeiden. Deshalb schreibt man alle Gleichheitszeichen untereinander. Bruchstriche stehen in Höhe des Gleichheitszeichens und werden mit dem Lineal gezeichnet. Ergebnisse sind z. B. durch Unterstreichen mit dem Lineal hervorzuheben.

Beispiel:

Es ist der freie Querschnitt eines Kupferrohres Cu 18 × 1 zu ermitteln **(Bild 1 und Bild 2).**

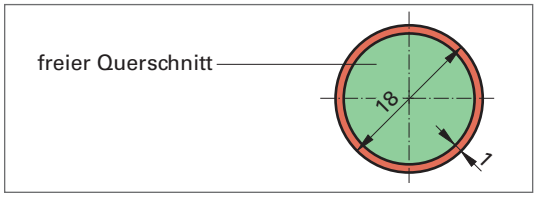


Bild 1: Querschnitt eines Kupferrohres

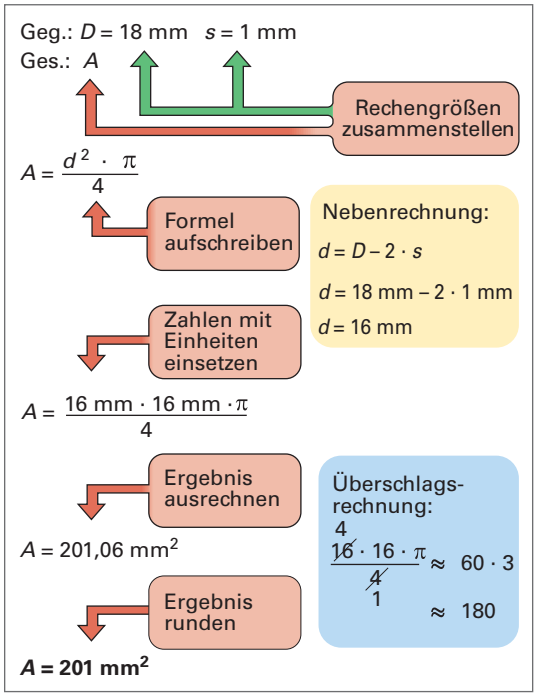


Bild 2: Lösungsweg

b=?

1.1.1 Größen, Zahlenwert und Einheit

Die Mehrzahl der technologischen Werte, die z. B. zu messen, dem Tabellenbuch zu entnehmen oder zu berechnen sind, stellen physikalische Größen dar. Diese Größen sind ein Produkt aus Zahlenwert und Einheit **(Bild 1)**.

Zur vereinfachten Darstellung der Größen werden Kurzzeichen verwendet. Zwischen Zahlenwert und Einheit wird zur Vereinfachung der Schreibweise auf das Malzeichen verzichtet. Kurzzeichen benötigt man auch zum Aufstellen von Formeln und deren Berechnung, deshalb werden sie auch als Formelzeichen bezeichnet.

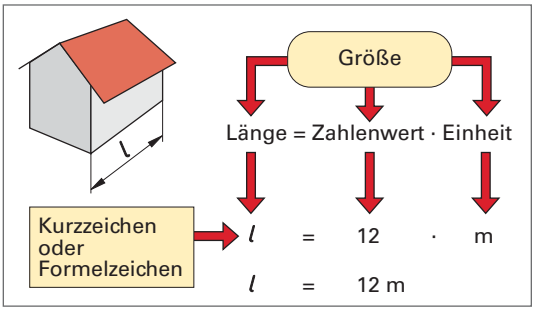


Bild 1: Grundbegriffe bei Größen

Eine physikalische Größe ist das Produkt aus Zahlenwert und Einheit

Die Bezeichnung der Größen ist genormt und wird Tabellen entnommen **(Tabelle 1)**.

Tabelle 1: Größen, Formelzeichen und Einheiten (Auswahl)

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	l	Meter	m
Zeit	t	Sekunden	s
Temperatur	ϑ	Grad Celsius	°C
Geschwindigkeit	v	Meter durch Sekunde	$\frac{m}{s}$
Volumenstrom	$\dot{V}$	Liter durch Sekunde	$\frac{l}{s}$
Dichte	ϱ	Kilogramm durch Kubikmeter	$\frac{kg}{m^3}$
Leistung	P	Watt	W

Zur genauen Beschreibung der Größen werden oft auch Buchstaben des griechischen Alphabets benutzt **(Tabelle 2)**.

Tabelle 2: Griechisches Alphabet

Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung Größe
α	A	Alpha	Winkel
β	B	Beta	Winkel
γ	Γ	Gamma	Winkel
δ	Δ	Delta	Unterschied
ε	E	Epsilon	Leistungszahl
ζ	Z	Zeta	Verlustbeiwert
η	H	Eta	Wirkungsgrad
ϑ	Θ	Theta	Temperatur
ι	I	Jota	
$\varkappa$	K	Kappa	
λ	Λ	Lambda	Wärmeleitfähigkeit
μ	M	My	Rauigkeit
ν	N	Ny	
ξ	Ξ	Xi	
o	O	Omikron	
π	Π	Pi	Kreisberechnung
ϱ	P	Rho	Dichte
σ	Σ	Sigma	Summe
τ	T	Tau	
υ	Y	Ypsilon	
φ	Φ	Phi	Feuchte, Heizlast
χ	X	Chi	
ψ	Ψ	Psi	
ω	Ω	Omega	Widerstand

Die Grundeinheiten sind oft nicht anschaulich, da sie manchmal einen zu kleinen oder zu großen Zahlenwert ergeben. Aus diesem Grunde benutzt man Vorsilben für Teile oder Vielfaches der Grundeinheiten **(Tabelle 3)**.

Beispiel:

1 Zentimeter = $\frac{1}{100}$ m = 1 cm

⇓ Vorsilbe ⇓ Umrechnung ⇓ Einheit

Tabelle 3: Vorsilben der Einheiten

Vorsilbe	Umrechnung	Einheitenzeichen
Mega ...	$1\,000\,000 = 10^6$	M ...
Kilo ...	$1\,000 = 10^3$	k ...
Hekto ...	$100 = 10^2$	h ...
Deka ...	$10 = 10^1$	da ...
Dezi ...	$\frac{1}{10} = 0{,}1 = 10^{-1}$	d ...
Zenti ...	$\frac{1}{100} = 0{,}01 = 10^{-2}$	c ...
Milli ...	$\frac{1}{1\,000} = 0{,}001 = 10^{-3}$	m ...
Mikro ...	$\frac{1}{1\,000\,000} = 0{,}000\,001 = 10^{-6}$	µ ...

1.1.2 Gleichungen

Mit Gleichungen werden mathematische Zusammenhänge und wissenschaftliche Gesetze dargestellt. Die Ausdrücke links und rechts vom Gleichheitszeichen sind gleich groß. Sie werden deshalb oft mit einer Waage verglichen **(Bild 1)**.

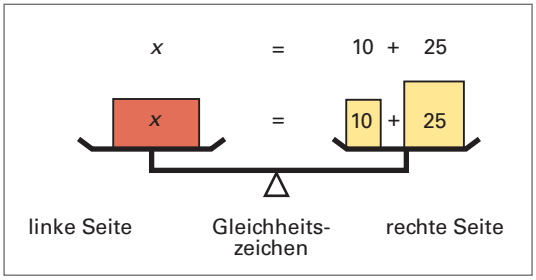


Bild 1: Waage als Symbol der Gleichung

Gleichungen dienen dazu, um aus bekannten Werten, die neuen, unbekannten Werte zu berechnen. Diese gesuchten Werte werden in Zahlengleichungen meist mit x und in Größengleichungen mit der geforderten Größe, z. B. Länge l, bezeichnet. Diese Größe steht links **(Bild 2)**.

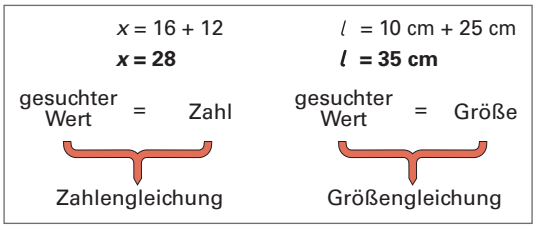


Bild 2: Arten der Gleichungen

Bei Größengleichungen werden die Einheiten stets zum Zahlenwert geschrieben. Bei den Einheiten wird wie mit einer Zahl gerechnet, sie können z. B. miteinander multipliziert oder dividiert werden. Die richtige Einheit ist die Voraussetzung für die vollständige Angabe des Ergebnisses.

Umformen von Gleichungen

Gleichungen sind oft umzuformen, damit die gesuchte Größe alleine links im Zähler steht und positiv ist. Es ist möglich, die Seiten vollständig zu tauschen oder einzelne Rechenvorgänge nach besonderen Vorschriften durchzuführen.

Ein vollständiger Seitentausch erfolgt, ohne dass Vorzeichen geändert werden müssen **(Bild 3)**. Die Waage bleibt im Gleichgewicht.

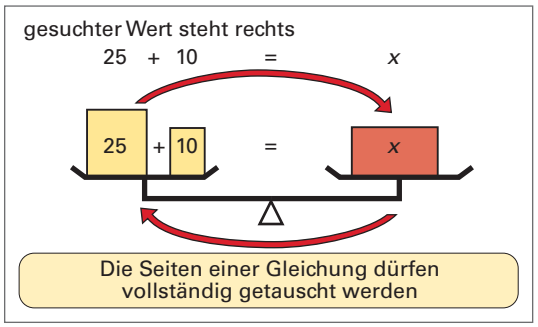


Bild 3: Vollständiger Seitentausch

Werden nur Teile der Gleichung verändert, muss dies auf beiden Seiten vorgenommen werden. Daraus ergibt sich, dass beim Seitenwechsel eines Teils der Gleichung, dessen Vorzeichen zu wechseln ist **(Bild 4)**.

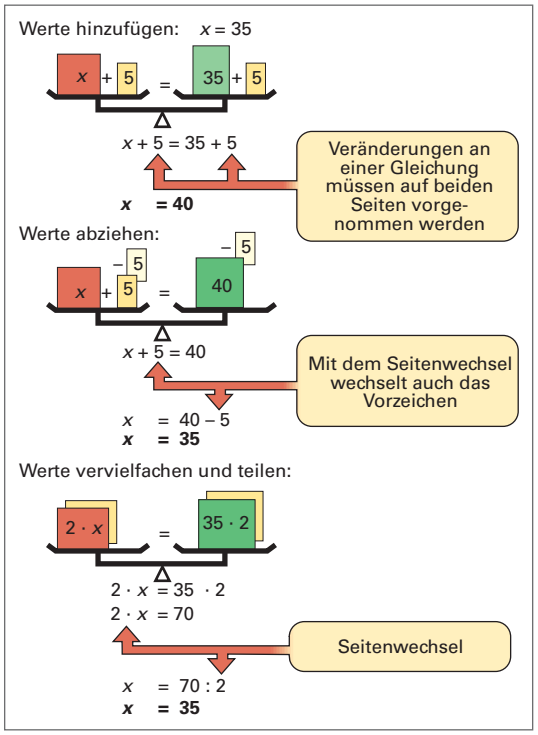


Bild 4: Umstellregeln bei Gleichungen

Umstellregeln beim Seitenwechsel:

aus	+	wird	−	aus	·	wird	:
aus	−	wird	+	aus	:	wird	·

Der Seitenwechsel erfolgt immer mit der gegenteiligen Rechenoperation.

Beispiele:

$5\ \text{m} = l \quad \Leftrightarrow \quad l = 5\ \text{m}$

⇒ Beide Seiten dürfen vertauscht werden.

$l + 1\ \text{m} = 6\ \text{m} \quad \Leftrightarrow \quad l = 6\ \text{m} - 1\ \text{m}$

⇒ aus + wird – und aus – wird +

$2 \cdot l = 10\ \text{m} \quad \Leftrightarrow \quad l = 10\ \text{m} : 2$

⇒ aus · wird : und aus : wird ·

Potenzen und Wurzeln in Gleichungen sind erforderlich, wenn z. B. Flächen und Längen bestimmt werden müssen **(Bild 1)**.

$l = 5\ \text{m}$ $\qquad$ $l^2 = 25\ \text{m}^2$

$l^2 = 5^2 \cdot \text{m}^2$ $\qquad$ $\sqrt{l^2} = \sqrt{25\ \text{m}^2}$

$\boldsymbol{l^2 = 25\ \text{m}^2}$ $\qquad$ $\boldsymbol{l = 5\ \text{m}}$

Auf beiden Seiten müssen dieselben Rechenschritte mit Größe und Einheit vorgenommen werden

Bild 1: Gleichungen mit Potenzen und Wurzeln

Zu beachten ist, dass bei umfangreicheren Gleichungen die Wertigkeit von Klammer-, Punkt- und Strichrechnung berücksichtigt werden muss.

Klammern in Gleichungen benötigt man, um die Reihenfolge der Rechenschritte festzulegen und Rechnungen zu vereinfachen. Beim Ausklammern werden gemeinsame Werte in der Regel als Faktor vor die Klammer geschrieben. Das dazugehörige Multiplikationszeichen vor der Klammer wird nicht geschrieben **(Bild 2)**.

$U = l + b + l + b$

Gleiche Größen werden zusammengefasst:

$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$

Die gemeinsamen Faktoren werden ausgeklammert:

$U = 2\,(l + b)$

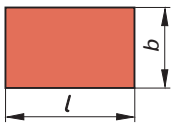


Bild 2: Klammersetzung

Der Inhalt der Klammer entspricht einer Zahl, die durch diese Klammer geschützt wird. Zum Weiterrechnen müssen Klammern oft entfernt werden.

Klammern können entfallen, wenn ihr Inhalt berechnet wird, ihr Faktor +1 ist, oder der Faktor in die Klammer multipliziert wird **(Bild 3, Bild 4 und Bild 5)**. Stört ein negatives Vorzeichen vor der Klammer, wird mit –1 multipliziert oder mit der Klammer einschließlich des Vorzeichens die Seite gewechselt. Die entsprechenden Rechenschritte sind mit besonderer Sorgfalt durchzuführen.

$U = 2\,(l + \text{b})$ — ohne Rechenzeichen

$U = 2(3\ \text{m} + 2\ \text{m})$ — geschützter Inhalt

$U = 2 \cdot 5\ \text{m}$ — Klammerinhalt wird zuerst berechnet

$\boldsymbol{U = 10\ \text{m}}$ — Rechenzeichen wird geschrieben

Bild 3: Berechnen des Klammerinhalts

$U = 2\,(3\ \text{m} + 2\ \text{m})$ — multiplizieren mit jedem Glied der Klammer

$U = 2 \cdot 3\ \text{m} + 2 \cdot 2\ \text{m}$

$\boldsymbol{U = 10\ \text{m}}$

Bild 4: Multiplizieren in die Klammer

$10\ \text{m} = 2\,(l + 2\ \text{m})$	Seitenwechsel des Faktors
$\frac{10\ \text{m}}{2} = 1\,(l + 2\ \text{m})$	(aus · wird :)
$5\ \text{m} = l + 2\ \text{m}$	Klammer kann entfallen
$5\ \text{m} - 2\ \text{m} = l$	(aus + wird –)
$3\ \text{m} = l$	
$l = 3\ \text{m}$	Seitentausch

Bild 5: Entfernen eines Faktors vor der Klammer

Klammern und Brüche sind Bestandteile vieler Formeln, hierbei ist zu beachten, dass ein Bruchstrich eine Klammer ersetzt und umgekehrt **(Bild 6)**.

$D = s + d + s$	Zusammenfassung gleicher Größen
$D = 2s + d$	vollständiger Seitentausch
$2s + d = D$	Seitenwechsel von d
$2s = D - d$	
$s = (D - d) : 2$	Faktor wechselt die Seite
$s = \frac{D - d}{2}$	Klammer und Bruchstrich sind gleichwertig

Bild 6: Gleichung mit Klammern und Brüchen

Aufgaben

1 Das Ergebnis ist sinnvoll zu runden.

a) 0,8214 m + 1,01324 m

b) 14,341 cm + 20,73 cm + 3,21 cm

c) 132,12 mm – 9,361 mm – 10,54 mm

d) 9,362 m^2 – 0,4536 m^2 + 21,48 m^2

e) 18,427 kg + 5,7623 kg – 4,789 kg

f) 0,037 kg + 1,3521 kg + 0,561 kg

g) 34,61 + 7,851 – 0,951 – 234,61 + 466,341

h) 76,5 N – 4,76 N – 24,85 N + 21,22 N

2 Die Lösungen sind überschlägig zu bestimmen.

a) $49 \cdot 105 + 152 \cdot 3$

b) $1980 \cdot \pi + 460$

b) $890 \cdot \frac{3{,}14}{4} + 69 \cdot \pi$

d) $205 \cdot \frac{3{,}14}{20} + 210$

e) $\frac{3\,100}{3{,}14} + 149 \cdot \frac{3{,}14}{4}$

f) $460 \cdot 12 + \frac{102 \cdot 13}{40}$

g) $3608 : 9 + 124 \cdot 8$

h) $\frac{24 \cdot 4 + 298}{42} + 110$

3 Wozu werden folgende griechischen Buchstaben verwendet?

a) α b) γ c) Ω

d) π e) ϱ f) μ

4 Welche Bedeutung haben folgende Vorsilben?

a) M b) da c) m

d) h e) c f) k

5 Die Zahlengleichungen sind zu berechnen.

a) $x + 50 = 70$

b) $x - 12 = 48$

c) $6x - 12 = 60$

d) $4x - 42 = 58$

e) $16 - 3x = -14$

f) $4 = 2x + 6$

g) $7x + 14 = 3x + 54$

h) $x + 9 = -3x + 11$

i) $\frac{6}{x} = 0{,}5$

j) $\frac{18}{x} - 5 = 13$

k) $4{,}5 = \frac{0{,}9}{x}$

l) $2x = 3\,(x + 1)$

m) $1 = \frac{4}{(x + 2) \cdot 3}$

n) $2\,(3x - 7) = 28 - x$

6 Die Gleichungen mit Quadratzahlen, Wurzeln und Klammern sind zu lösen.

a) $x^2 = 160 - 16$

b) $5x^2 - 48 = 4x^2 + 1$

c) $x = \sqrt{38 - 13}$

d) $x = \sqrt{\frac{2670 - 420}{10}}$

e) $5x + 2\,(6 + x) - 3 = 8\,(x + 7) - 16$

f) $(x + 1) \cdot 4 - 5x + 6 = -3x + 20$

7 Die Größengleichungen sind zu lösen.

a) $U - 16\text{ m} = 64\text{ m} - 12\text{ m}$

b) $A = 2\,(18\text{ m}^2 + 7\text{ m}^2)$

c) $A = 0{,}64\text{ m}^2 + 3{,}56\text{ m}^2 + 4\,(1{,}2\text{ m}^2 - 0{,}8\text{ m}^2)$

d) $l - 2{,}45\text{ m} = 4{,}85\text{ m} - 5\,(0{,}26\text{ m} - 0{,}12\text{ m})$

e) $V = 1{,}2\text{ m} \cdot 1{,}2\text{ m} \cdot \frac{3{,}14}{4} \cdot 3{,}6\text{ m} - 2{,}2\text{ m}^3$

8 Die Formeln sind nach jedem Formelzeichen umzustellen.

a) $U = 2\,(l + b)$

b) $A = l \cdot b$

c) $A = d \cdot \pi \cdot l$

d) $A = 6a^2$

e) $V = \frac{A \cdot h}{3}$

f) $A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$

g) $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$

h) $A = d^2 \cdot \frac{\pi}{4}$

i) $A = \frac{d \cdot \pi \cdot s}{2}$

j) $V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$

9 Für die Textaufgaben ist zuerst eine Formel zu erstellen und dann die Lösung zu berechnen.

a) Von einem Stab Kupferrohr der Dimension 12×1 von 5 m Länge werden mit einem Rohrabschneider nacheinander 76 cm, 137,5 cm, 36 cm und 231,5 cm abgetrennt.
Wie lang ist der Rest?

b) Ein Lieferwagen hatte ohne Einbauten eine Zulademöglichkeit von 800 kg. Die im Wagen eingebaute Werkstatteinrichtung wiegt 220 kg. Es werden eine Gewindeschneidmaschine von 51 kg, zwei Werkzeugkoffer von je 20 kg und ein Koffer mit einem Bohrhammer von 16 kg zugeladen.
Wie viel kg können noch genutzt werden?

c) Wie viel Stangen Gewinderohr zu je 6 m Länge erhält man für 100 €, wenn 1 m 2,35 € kostet?

d) Ein Lüftungskanal mit einer Luft durchströmten Fläche von 3200 cm^2 teilt sich in zwei gleich große quadratische Rohre auf.
Welche Fläche haben diese Rohre jeweils und wie groß sind die Seitenlängen?
Dabei gilt: $A_{ges} = 2 \cdot A_1$.

e) Das Gefälle einer Abwasserleitung soll sich wie 1 : 50 verhalten.
Wie groß ist, der Höhenunterschied bei einer 6 m langen Abwasserleitung?

1.1.3 Rechnen mit dem Taschenrechner

Taschenrechner sind ein unentbehrliches Hilfsmittel, um schnell Berechnungen durchführen zu können. Diese sind mit ihm zwar schnell auszuführen, doch müssen die grundlegenden Rechenregeln beachtet werden.

Beim Kauf eines Taschenrechners ist zu berücksichtigen, dass mindestens die Zahl π und die Quadratwurzel als Funktionstasten vorhanden sind, da sie z. B. bei Rohrdimensionierungen oft benötigt werden.

Weitere Funktionen sind bei technisch-wissenschaftlichen Rechnern nötig. Diese Rechner sind Hilfsmittel, um umfangreichere, wiederkehrende Rechenschritte, wie sie z. B. bei der Auswertung von Laborversuchen nötig sind, schnell durchzuführen **(Bild 1)**.

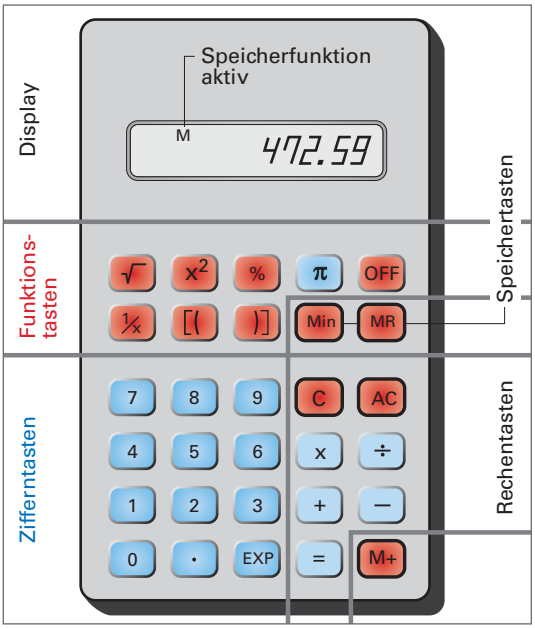


Bild 1: Technisch-wissenschaftlicher Rechner

Rechenbeispiele am einfachen Taschenrechner

Bei Taschenrechnern werden die Aufgaben eingegeben, wie man sie schreibt, von links nach rechts. Dabei ist die dem Rechner einprogrammierte Rechenlogik zu beachten. Punktrechnung geht vor Strichrechnung. Dies ist bei Aufgaben mit Klammern zu berücksichtigen. Deshalb werden Klammern zuvor in einer Nebenrechnung berechnet **(Bild 2)**.

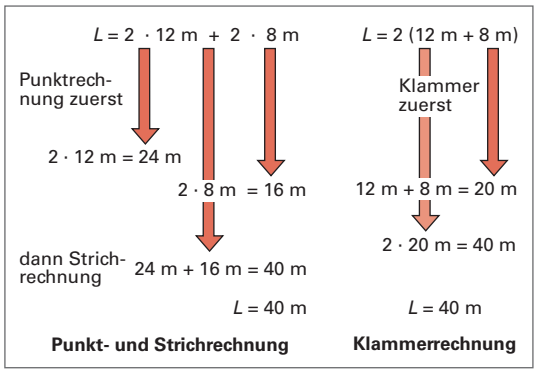


Bild 2: Rechenfolge

Die Rechenfolge von Klammer, Punkt- und Strichrechnung ist stets zu beachten.

Taschenrechner sind unterschiedlich. Deshalb ist die einprogrammierte Rechenlogik zu prüfen und zu beachten.

Man kann Zwischenrechnungen vermeiden, wenn der Rechner Funktionstasten besitzt, wie z. B. ein technisch-wissenschaftlicher Rechner **(Bild 1)**.

Rechenbeispiele am technisch-wissenschaftlichen Rechner

Diese Rechner besitzen Zusatzfunktionen, wie z. B. Klammern und Speicher.

Beispiel:

$A = 2 \cdot 12\ m + 2 \cdot (12\ m - 4\ m)$ Rechenfolge

2 × 12 + 2 × (12 − 4) = 40

Die Klammern müssen unbedingt am Rechner eingegeben werden.

Speicher vereinfachen wiederkehrende Rechenoperationen mit gleichen Zahlen. Im Display ist zu erkennen, ob im Speicher eine Zahl abgelegt ist. Die Bedienung des Speichers erfolgt meist über vier Zusatztasten **(Bild 3)**.

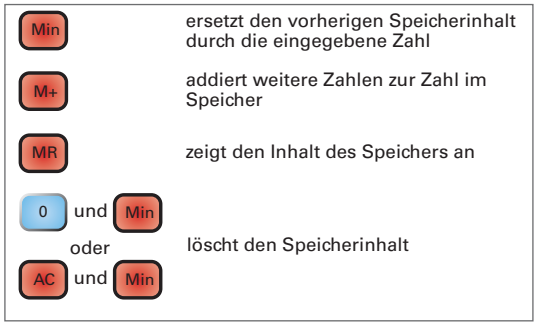


Bild 3: Speicherfunktionen eines Taschenrechners

Aufgaben: Rechnen mit dem Taschenrechner

Die Ergebnisse sind auf höchstens zwei Stellen nach dem Komma zu runden.

1 Addition und Subtraktion

a) 45,12 + 237,985 + 2,569+ 587,5

b) 0,576 + 1,236 + 0,098 + 393,82

c) 98,456 – 6,7823 – 0,458 – 21,7923

d) – 0,45 + 6,734 + 0,0457 – 4,361

e) 8,427 m + 5,062 m –1,789 m + 0,675 m

f) 6,033 kg + 1,657 kg – 0,561 kg – 2,675 kg

g) 94,6 l – 7,85 l – 0,65 l + 275,6 l – 66,375 l

h) 60,5 N + 14,75 N – 34,65 N + 51,28 N

2 Multiplikation und Division

a) $4{,}49 \cdot 78{,}05$ b) $8{,}986 \cdot 376{,}60$

c) $0{,}572 \cdot 45{,}6 \cdot 2{,}76$ d) $-756{,}2 \cdot 0{,}0221$

e) $935{,}67 : 23{,}42$ f) $0{,}0547 : 2{,}43$

g) $67{,}2 \cdot \pi$ h) $3{,}46 \cdot \pi : 7{,}2$

i) $0{,}078 : \pi \cdot 64{,}5$ j) $-7{,}89 : 2{,}21$

3 Multiplikation und Brüche

a) $\dfrac{4{,}67 \cdot 3{,}14}{8{,}32}$ b) $\dfrac{5{,}84 \cdot 2{,}67 \cdot 0{,}45}{8{,}74}$

c) $\dfrac{0{,}98 \cdot 5{,}69}{2{,}56 \cdot 1{,}76}$ d) $\dfrac{4{,}56 \cdot 0{,}43 \cdot 0{,}02}{6{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}21}$

e) $\dfrac{12}{0{,}34 \cdot 2{,}76 \cdot 0{,}75}$ f) $\dfrac{-43{,}6 \cdot 6{,}461}{0{,}55 \cdot 2{,}91}$

Es ist zu beachten, dass Produkte im Nenner stets als Division auszuführen sind.

4 Rechnen mit Klammern

a) $45{,}2 \cdot (76{,}45 - 21{,}5)$

b) $(87{,}3 + 0{,}754) \cdot 0{,}98$

c) $3{,}24 + 5{,}46 \cdot (72{,}12 - 52{,}21 - 0{,}93)$

d) $(7{,}21 - 0{,}36 + 5{,}63) \cdot \pi - 2{,}51 + 0{,}67$

e) $(4{,}56 + 0{,}21) \cdot 4{,}28 + 2{,}1 \cdot (7{,}98 + 1{,}23)$

f) $8{,}7 \cdot (4{,}2 - 2{,}5) - (8{,}43 + 1{,}05) \cdot 0{,}2$

g) $\pi \cdot 76{,}2 + (6{,}4 - 3{,}25) \cdot 71 - 46{,}2 \cdot \pi$

h) $(6{,}21 - 3{,}47) \cdot (0{,}87 + 6{,}79 - 2{,}37) \cdot 0{,}25$

5 Quadratzahlen und Wurzeln

a) $32{,}5^2$ b) $25^2 \cdot 0{,}785$

c) $52{,}05^2 \cdot 0{,}5 \cdot 3{,}2$ d) $(75{,}5 - 7{,}6)^2 : 4$

e) $7 \cdot 2{,}1^2$ f) $4{,}2 \cdot (6{,}05 - 2{,}16)^2$

g) $(9{,}23 - 0{,}34 + 2{,}7) \cdot 5 + 7{,}25^2$

h) $\sqrt{50} \cdot 0{,}36$ j) $8{,}9 \cdot \sqrt{92{,}6}$

j) $2{,}5 \cdot \sqrt{88{,}6 - 56{,}2}$ k) $\sqrt{\dfrac{365}{87}}$

l) $\sqrt{\dfrac{46{,}1 - 5{,}6}{21{,}4}}$ m) $\sqrt{\dfrac{44{,}5 + 3{,}2 \cdot \pi}{5{,}2 - 2{,}1}}$

n) $3{,}2 \cdot \sqrt{8{,}24 - 3 \cdot 0{,}61}$

6 Rechnen mit dem Speicher

a) $(7{,}21 - 1{,}4) \cdot 8 - 2{,}1 \cdot (23{,}2 - 7{,}05)$

b) $(56{,}2 - 2{,}11 + 22{,}5^2) \cdot 3{,}1 - 22{,}5^2$

c) $333 \cdot \pi + 2 \cdot (250 \cdot \pi + 333 \cdot \pi)$

d) $60 \cdot \pi - 14 + 3 \cdot (60 \cdot \pi + 21)$

e) $(120 \cdot 2{,}1 + 65 \cdot 0{,}2 + 3 \cdot \pi) : 45{,}2$

7 Gemischte Aufgaben

a) $181{,}7 \cdot \pi + 4861 - 591{,}12 + 3{,}1 \cdot 0{,}88$

b) $\dfrac{96 \cdot \pi}{15} - 66{,}5 + 18{,}2 \cdot \pi + 0{,}65 \cdot 3{,}2$

c) $54{,}6 - \dfrac{4{,}12 \cdot 3{,}14}{0{,}16 \cdot 4} + 44{,}5 \cdot 2{,}1$

d) $4{,}18 \cdot (10{,}12 - 4{,}16) + 57{,}6 \cdot \pi$

e) $16 \cdot \pi + 122 \cdot \pi + 196$

f) $\dfrac{125{,}2 \cdot 3{,}5 - 43{,}1}{11} + 56{,}2 \cdot 3{,}1$

g) $\sqrt{112} + 3 \cdot \sqrt{4{,}5 - 0{,}2} - 13{,}2$

h) $41{,}7 \cdot \pi + 81{,}16 \cdot \dfrac{55}{2{,}5} - 33{,}6 \cdot (\pi - 0{,}33)$

8 Berechnungen mit Einheiten

a) $A = 25\text{ cm} \cdot 23\text{ cm} + 40\text{ cm} \cdot 65\text{ cm}$

b) $A = 13\text{ mm} \cdot 13\text{ mm} \cdot \dfrac{\pi}{4}$

c) $A = 2 \cdot (32{,}5\text{ cm}^2 + 65\text{ cm}^2) - 42{,}5\text{ cm}^2$

d) $V = 1{,}25\text{ m} \cdot 2{,}5\text{ m} \cdot 5\text{ m} - 3{,}2\text{ m}^3$

e) $F = 80{,}5\text{ N} - 2{,}5\text{ N} \cdot \dfrac{50\text{ cm}^2 - 32\text{ cm}^2}{20\text{ cm}^2}$

f) $A = 8\text{ cm}^2 + \dfrac{8{,}2\text{ cm} + 2{,}4\text{ cm}}{2} \cdot 10{,}5\text{ cm} + 460\text{ cm}^2$

g) $d = 4{,}6\text{ cm} \cdot \pi + 6{,}5\text{ cm} - 2 \cdot \dfrac{81{,}5\text{ cm} - 32{,}6\text{ cm}}{8}$

b=?

1.1.4 Schaubilder, Diagramme und Tabellen

Mit Schaubildern werden z. B. technische Werte oder Bilanzen eindeutiger und einfacher dargestellt, als es Texte und Zahlenwerte aussagen können. Sie sind übersichtlich und leicht ablesbar.

Säulen-Schaubilder verwendet man, um z. B. Inhalte oder Volumenströme anschaulich zeigen zu können. Die Darstellung wird in Aussehen und Maßstab so gewählt, dass Sachzusammenhänge gut erkennbar sind. Zahlenwerte werden angegeben **(Bild 1)**.

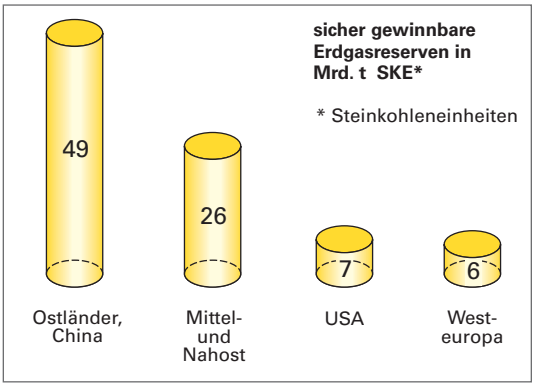


Bild 1: Säulenschaubild

Kreis-Schaubilder gibt es in Flächen- und Kuchenform, sie dienen zur Angabe von Gesamtanteilen, wie z. B. bei der Energiegewinnung oder dem Werkstoffverbrauch **(Bild 2)**.

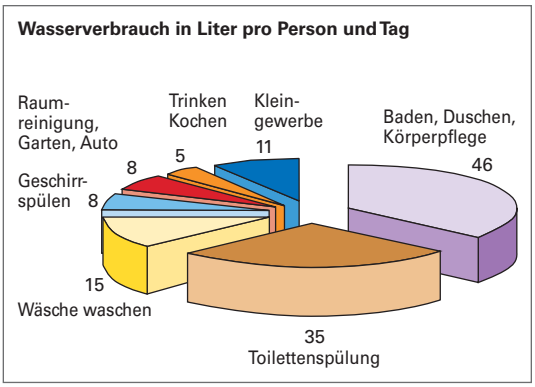


Bild 2: Kreis-Schaubild

Balkendiagramme sind Schaubilder, an ihnen können Zusammenhänge abgelesen und Werte entnommen oder auch ermittelt werden. Es

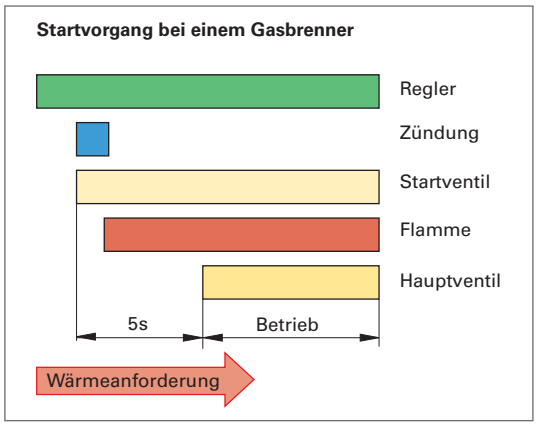


Bild 3: Balkendiagramm

werden oftmals technische Abläufe dargestellt, wie z. B. der Startvorgang eines Gasbrenners **(Bild 3)**.

Beispiel:

Für die Dichte der Werkstoffe Silber, Kupfer, Zinn, Stahl, Aluminium und Magnesium ist ein Schaubild zu erstellen. Dazu werden dem Tabellenbuch folgende Werte entnommen:

$$\varrho_{Ag} = 10{,}5\ \frac{kg}{dm^3} \quad \varrho_{Cu} = 8{,}9\ \frac{kg}{dm^3} \quad \varrho_{Al} = 2{,}7\ \frac{kg}{dm^3}$$

$$\varrho_{Sn} = 7{,}28\ \frac{kg}{dm^3} \quad \varrho_{St} = 7{,}85\ \frac{kg}{dm^3} \quad \varrho_{Mg} = 1{,}74\ \frac{kg}{dm^3}$$

Als mögliche Form des Schaubilds wird ein Säulendiagramm gewählt. Die Höhen werden maßstäblich gezeichnet. Die Reihenfolge der Metalle kann z. B. nach fallender Dichte vorgenommen werden. Weitere Details der Darstellung werden anschaulich und ansprechend angeordnet **(Bild 4)**.

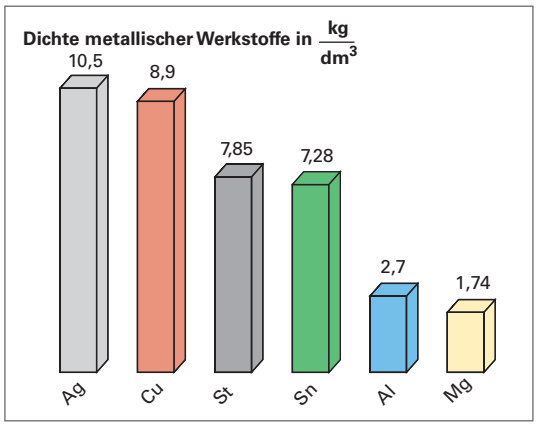


Bild 4: Dichte von Metallen

Tabellen können aus Zahlen oder Texten entstehen. Sie sind Schaubilder, an denen Zuordnungen oder Zahlenwerte direkt abgelesen werden können. Da sie oft benötigt werden, sind sie im Tabellenbuch gesammelt. Sie geben Regeln vor, vereinfachen oder erübrigen technische Berechnungen. Soll z. B. eine Trinkwasserleitung durch Löten verbunden werden, kann man der Tabelle als Vorschrift entnehmen, dass über DN 25 bei Trinkwasserinstallationen hartgelötet werden darf. Alle aufgeführten Lote sind zulässig **(Tabelle 1)**.

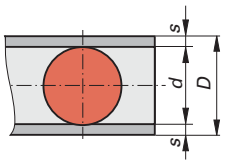
Umfangreichere Tabellen enthalten oft zusätzliche Informationen durch Skizzen oder Zeichnungen sowie Erläuterungen oder Fußnoten **(Tabelle 2)**.

Tabelle 1: Hartlote nach DIN EN 1044 für Kupferrohre

Hartlot	Zusammensetzung	Arbeitstemperatur in °C	Einsatzmöglichkeiten
AG 106 (L-Ag34Sn)	34 % Ag 36 % Cu 3 % Sn 27 % Zn	710	Trinkwasserrohrleitungen ab DN 32*
AG 203 (L-AG 44)	44 % AG 30 % Cu 26 % Zn	730	Heizungsrohrleitungen
AG 104 (L-AG45Sn)	45 % AG 27 % Cu 3 % Sn 25 % Zn	670	Gasrohrleitungen
CP 105 (L-Ag2P)	2 % Ag 92 % Cu 6 % P	710	
CP 203 (L-CuP6)	94 % Cu 6 % P	730	

*) Hartlöten für Kupferrohre bei Kalt- und Warmwasserinstallationen nicht mehr empfohlen.

Tabelle 2: Stahlrohre, mittelschwere Gewinderohre DIN EN 10255



A lichter Querschnitt in cm^2
A'_0 Rohroberfläche in m^2/m
m′ Rohrmasse in kg/m
V' Volumen in l/m
R Whitworth- Rohrgewinde

DN	R	D in mm	A'_0 in m^2/m	s in mm	d in mm	A in cm^2	V′ in l/m	m′ in kg/m
10	R 3/8	17,2	0,054	2,35	12,5	1,23	0,12	0,852
15	R 1/2	21,3	0,067	2,65	16,0	2,01	0,20	1,22
20	R 3/4	26,9	0,085	2,65	21,6	3,66	0,37	1,58
25	R1	33,7	0,106	3,25	27,2	5,81	0,58	2,44
32	R 1 1/4	42,4	0,133	3,25	35,9	10,12	1,01	3,14
40	R 1 1/2	48,3	0,152	3,25	41,81	3,72	1,37	3,61
50	R 2	60,3	0,189	3,65	53,0	22,06	2,21	5,10

Aufgaben

1 Für das Lot AG106 sind die Anteile der Legierungsbestandteile zu ermitteln und in einem Kreis-Schaubild darzustellen.

2 Die Rechnung für eine Rohrinstallation beträgt 1620 € ohne Mehrwertsteuer.
Folgende Kosten sind zu berücksichtigen: Rohre und Fittings 170 €, Rohrbefestigungen 60 €, Lohn 520 €, Gemeinkosten 600 € und der Gewinn. Die Kostenanteile sind in einem Schaubild darzustellen.

3 Wie viel Liter Wasser enthält ein Gewinderohr DIN EN 10 255-M DN 15 bei einer Länge von 6 m?

4 Welchen Außen- und Innendurchmesser hat ein Gewinderohr DIN EN 10 255-M DN 25?

5 Welche Masse haben 6 m Gewinderohr DIN EN 10 255-M der Nennweite 32?

Grafische Darstellung von Funktionen

Funktionen geben Zusammenhänge verschiedener Einflussgrößen an. Sie werden in Schaubildern dargestellt, damit die Zusammenhänge schnell abzulesen und Tendenzen erkennbar sind. Für ihre Darstellung benötigt man ein rechtwinkliges Koordinatensystem. Die Waagerechte nennt man *x*-Achse oder Abszisse, die Senkrechte *y*-Achse oder Ordinate. Bei der Mehrzahl der technischen Schaubilder wird nur die positive *x*- und *y*-Achse benutzt, d.h. die Punkte liegen im ersten Quadranten **(Bild 1)**.

Lineare Funktionen zeigen den Zusammenhang zweier Größen in Form einer Geraden. Alle Zwischenwerte können auf beiden Achsen abgelesen werden. Die Lösungsgenauigkeit hängt stets von der Qualität der Zeichnung und insbesondere vom Maßstab ab **(Bild 1, Seite 20)**.

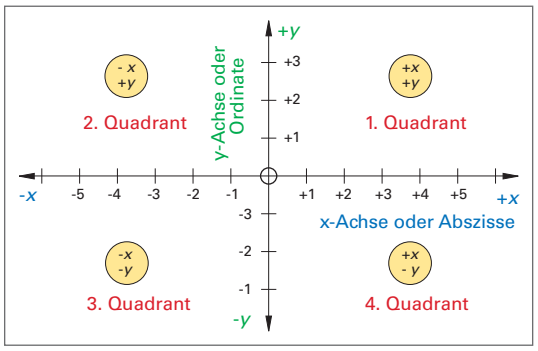


Bild 1: Koordinatensystem