

















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	Raumluftechnische 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	



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

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

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 Rohrnetzrechnungen 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.

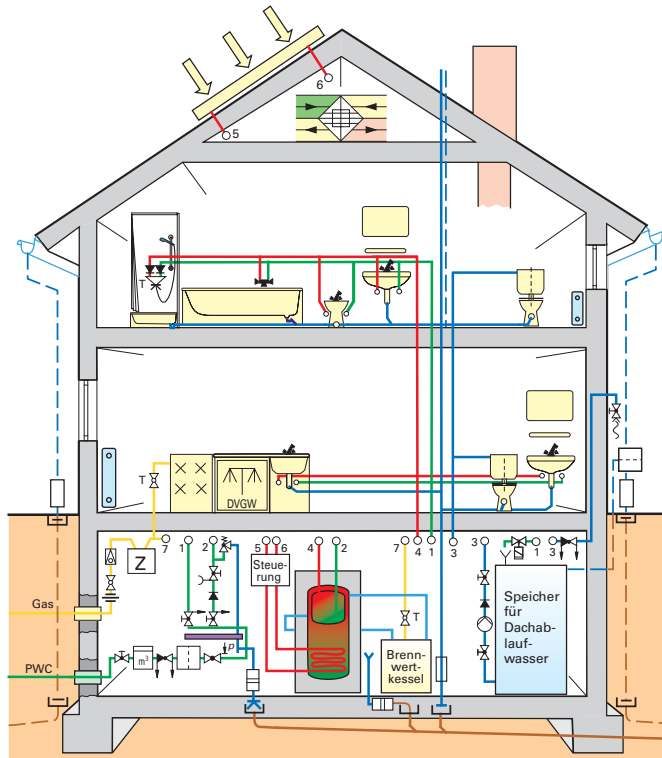
Sommer 2020

Die Verfasser

Lernbereiche



Leitprojekt



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

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, Rohrreibungsdruk- gefälle	85
3.4.3 Vereinfachte Auswahl der Rohrdurchmesser	87
3.4.4 Differenzierte Auswahl der Rohrdurchmesser	92

4 Trinkwasser-Erwärmungsanlagen



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

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 Gruppen- versorgung	129
4.7.2	Speicher für Nachtaufheizung	130
4.7.3	Speicherauswahl nach der Bedarfskennzahl	131
4.8	Solaranlagen zur Trink- wassererwärmung	135
4.9	Wärmepumpen zur Trink- wassererwärmung	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 Abwasserhebe- anlagen	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 Regen- wassernutzung	183

6.5	Längenänderung durch Temperatur- änderung	185
6.6	Projekt	187

7 Gasanlagen



7.1	Gasgesetze	189
7.1.1	Volumenänderung durch Druck- unterschiede	189
7.1.2	Volumenänderung durch Temperatur- unterschiede	190
7.1.3	Volumenänderung durch Druck- und Temperaturunterschiede	190
7.2	Gasverbrauch beim Schweißen	192
7.2.1	Sauerstoffverbrauch	192
7.2.2	Acetylgasverbrauch	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 Flüssiggas- leitungen	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 Düsendgröße	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 Außenluftvolumenstroms	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	11.5 Elektrische Energie	346
10.3.1 Volumenstrom	305	11.6 Energiekosten	348
10.3.2 Kontinuitätsgesetz	306	11.7 Erwärmzeit und Massenstrom	
10.3.3 Gleichung von Bernoulli	308	elektrischer Wasserewärmer	349
10.3.4 Hydraulischer Durchmesser		11.7.1 Erwärmzeit	349
(gleichwertiger Durchmesser)	310	11.7.2 Massenstrom	350
10.3.5 Druckverlustberechnung in		11.8 Projekt	351
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 Wand-	
einbau mit Wärmerückgewinnung	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

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

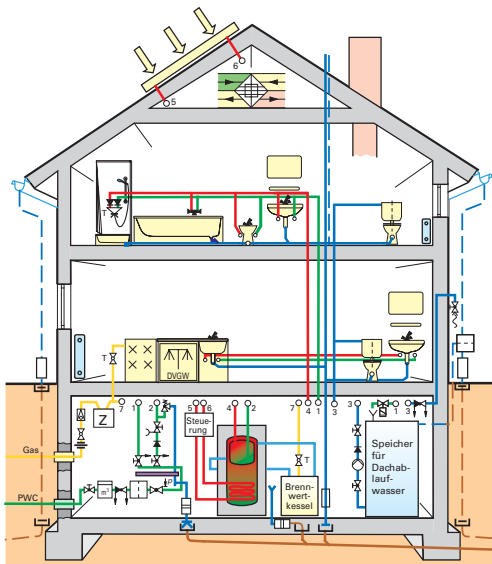
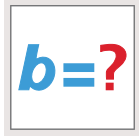
Anlagen: Tabellen und Formulare	383
Sachwortverzeichnis	395

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.

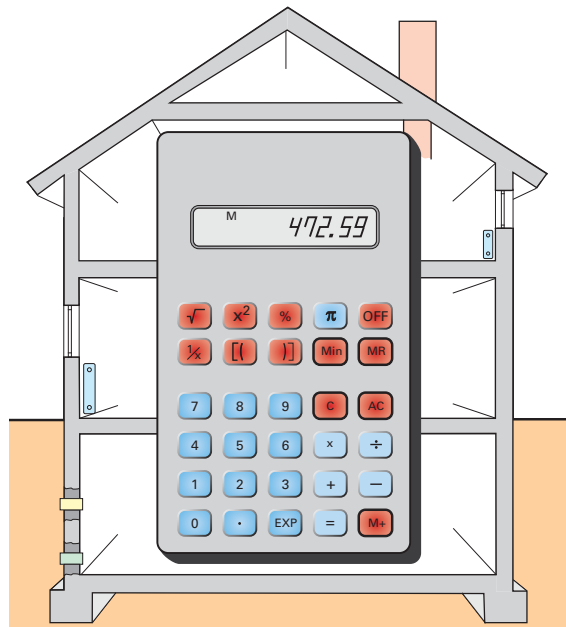
Allmess Schlumberger GmbH Oldenburg	fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co. KG Tumlingen/Waldachtal	Passavant-Werke AG Aarbergen
AQUA Butzke-Werke AG Berlin	FRIATEC AG Sanitär Division Mannheim	perma-trade Wassertechnik GmbH Leonberg
aquatherm GmbH Attendorn	Friedrich Grohe AG Hemer	RAUFOSS METALL GMBH Hemer
Badische Gas- und Elektrizitätsversorgung AG Lörrach	Geberit GmbH Pfullendorf	Robert Bosch GmbH Geschäftsbereich Junkers Wernau
Bauberufsgenossenschaft Frankfurt	Gebr. Kemper GmbH + Co., Metallwerke Olpe	Rotter GmbH & Co. KG Berlin
Bayernwerk AG München	GEORG FISCHER + GF + Georg Fischer GmbH Albershausen	RWE Energie AG Essen
Berthold Horstmann GmbH Essen	Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH Hochstadt	SCHARR Friedrich Scharr oHG Stuttgart
BEULCO-Armaturen Gebr. Beul GmbH & Co. KG Attendorn	Gütegemeinschaft Bauelemente aus Titanzink e.V. Düsseldorf	Schock Bad GmbH Treuchtlingen
Beuth Verlag GmbH Normenwesen Berlin	Halberg GmbH Entwässerungssysteme Köln	Schubert & Salzer Ingolstadt-Armaturen GmbH Ingolstadt
Buderus GmbH Wetzlar	Hans Grohe GmbH & Co. KG Schiltach	SEPPELFRICKE Systemtechnik GmbH & Co. Gelsenkirchen
Centra Bürkle GmbH Regelsysteme Ostfildern	Hansa Metallwerke AG Stuttgart	Sikla GmbH Befestigungstechnik Schwenningen
D + S Sanitärprodukte GmbH Schriesheim	Hilti Aktiengesellschaft Schaan	Steinzeug GmbH Köln
DAL – Georg Rost & Söhne GmbH Porta Westfalica	HOESCH Metall + Kunststoffwerk GmbH & Co. Düren	STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG Holzminden
Dallmer GmbH + Co. Sanitärtechnik Arnsberg	Honeywell AG, Braukmann-Armaturen Mosbach	Testo GmbH & Co. Lenzkirch
Danfoss GmbH Wärme- und Kältetechnik Heusenstamm	Ideal-Standard Bonn	UNICOR Rohrsysteme GmbH Hassfurt
Dornbracht Aloys F.GmbH & Co. KG Armaturenfabrik Iserlohn	Joh. Vaillant GmbH u. Co. Remscheid	VDI Verein deutscher Ingenieure Düsseldorf
DURAVIT AG Hornberg	JRG Gunzenhausen GmbH Rohrsysteme Neuburg/Donau	Viega Franz Viegner II, Sanitär- und Heizungssysteme Attendorn
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Bonn	JUNG PUMPEN GmbH & Co. Steinhagen	Viessmann Werke GmbH & Co. Allendorf
E. Missel GmbH Dämmsysteme Stuttgart	KABELWERK EUPEN AG Kunststoffrohrwerk Eupen	Villeroy & Boch AG Mettlach
EGGEMANN GmbH Iserlohn	KERAMAG Keramische Werke AG Ratingen	Wavin GmbH Kunststoff-Rohrsysteme Twist
Elster-Handel GmbH Mess- und Regeltechnik Mainz-Kastel	KESSEL GmbH Entwässerungstechnik Lenting	Weishaupt GmbH Brenner und Heizsysteme Schwendi
Eternit AG Berlin	KEUCO GmbH & Co. KG Hemer	Wieland-Werke AG Metallwerke Ulm
F. W. Oventrop KG Olsberg	LOROWERK K. H. Vahlbrauk GmbH & Co. KG Bad Gandersheim	WILO GmbH Dortmund
Flamco FLEXCON GmbH Genthin	Lunos Lüftung GmbH & Co. Ventilatoren KG Berlin	Zentralverband SHK St. Augustin
	Metabowerke GmbH & Co. Nürtingen	

1 Grundlagen



- 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

Leitprojekt



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 x 1 zu ermitteln (**Bild 1 und Bild 2**).

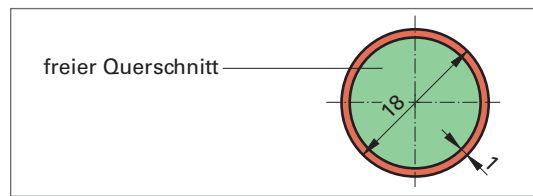


Bild 1: Querschnitt eines Kupferrohres

Geg.: $D = 18 \text{ mm}$ $s = 1 \text{ mm}$
 Ges.: A

Rechengrößen zusammenstellen

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

Formel aufschreiben

Nebenrechnung:
 $d = D - 2 \cdot s$
 $d = 18 \text{ mm} - 2 \cdot 1 \text{ mm}$
 $d = 16 \text{ mm}$

Zahlen mit Einheiten einsetzen

$$A = \frac{16 \text{ mm} \cdot 16 \text{ mm} \cdot \pi}{4}$$

Ergebnis ausrechnen

$$A = 201,06 \text{ mm}^2$$

Überschlagsrechnung:
 $\frac{4}{1} \cdot \frac{16}{1} \cdot \frac{16}{1} \cdot \pi \approx 60 \cdot 3$
 ≈ 180

Ergebnis runden

$$\underline{A = 201 \text{ mm}^2}$$

Bild 2: Lösungsweg



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.

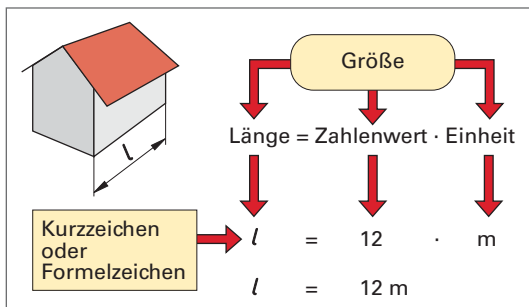


Bild 1: Grundbegriffe bei Größen

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	<i>l</i>	Meter	m
Zeit	<i>t</i>	Sekunden	s
Temperatur	ϑ	Grad Celsius	°C
Geschwindigkeit	<i>v</i>	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	<i>P</i>	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
ξ	Z	Zeta	Verlustbeiwert
η	H	Eta	Wirkungsgrad
ϑ	Θ	Theta	Temperatur
ι	I	Jota	
κ	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:

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

\Downarrow Vorsilbe \Downarrow Umrechnung \Downarrow 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**).

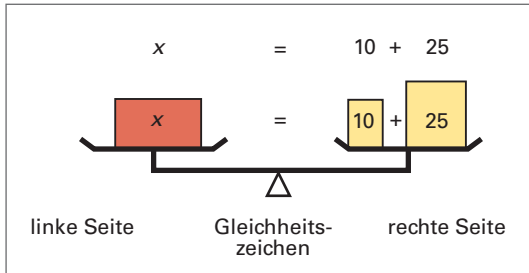


Bild 1: Waage als Symbol der Gleichung

Gleichungen dienen dazu, um aus bekannten Werten, die neuen, unbekannt 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**).

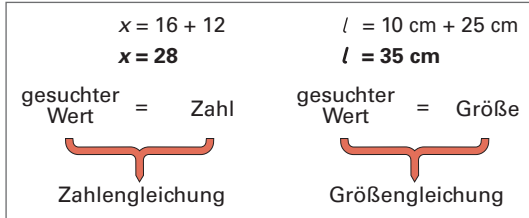


Bild 2: Arten der Gleichungen

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.

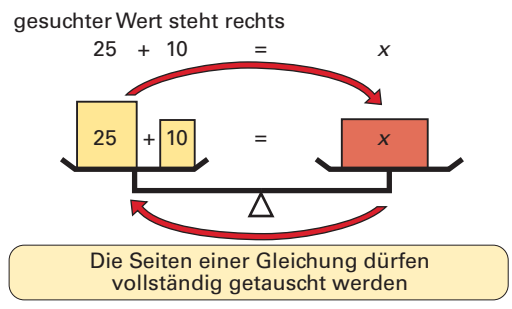


Bild 3: Vollständiger Seitentausch

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**).

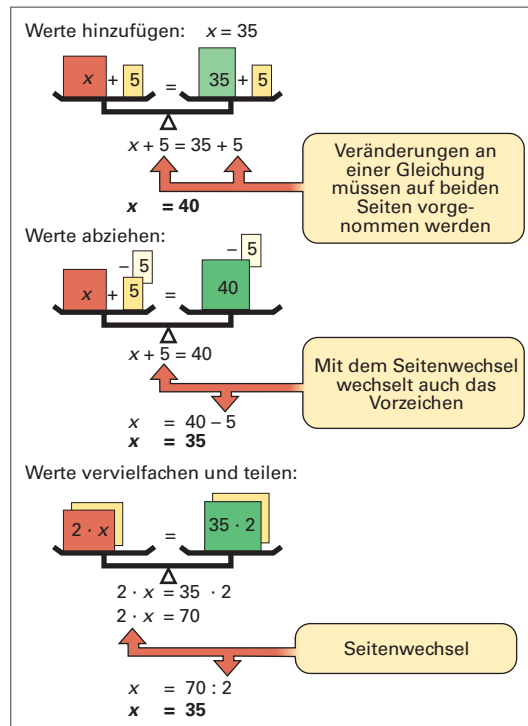


Bild 4: Umstellregeln bei Gleichungen

Umstellregeln beim Seitenwechsel:

aus $+$ wird $-$ aus \cdot wird $:$
aus $-$ wird $+$ aus $:$ wird \cdot

Der Seitenwechsel erfolgt immer mit der gegenteiligen Rechenoperation.



Beispiele:

$5 \text{ m} = l \Leftrightarrow l = 5 \text{ m}$
 \Rightarrow Beide Seiten dürfen vertauscht werden.
 $l + 1 \text{ m} = 6 \text{ m} \Leftrightarrow l = 6 \text{ m} - 1 \text{ m}$
 \Rightarrow aus + wird - und aus - wird +
 $2 \cdot l = 10 \text{ m} \Leftrightarrow l = 10 \text{ m} : 2$
 \Rightarrow aus \cdot wird $:$ und aus $:$ wird \cdot

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

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

\rightarrow 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**).

$U = l + b + l + b$
 \rightarrow Gleiche Größen werden zusammengefasst:
 $U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$
 \rightarrow Die gemeinsamen Faktoren werden ausgeklammert:
 $U = 2 (l + b)$

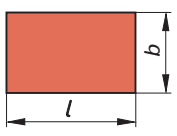


Bild 2: Klammersetzung

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.

$U = 2(l + b)$ ohne Rechenzeichen
 $U = 2(3 \text{ m} + 2 \text{ m})$ geschützter Inhalt
 $U = 2 \cdot 5 \text{ m}$ Klammerinhalt wird zuerst berechnet
 $U = 10 \text{ m}$ Rechenzeichen wird geschrieben

Bild 3: Berechnen des Klammerinhalts

$U = 2(3 \text{ m} + 2 \text{ m})$ multiplizieren mit jedem Glied der Klammer
 $U = 2 \cdot 3 \text{ m} + 2 \cdot 2 \text{ m}$
 $U = 10 \text{ m}$

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 \cdot 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) $0,8214 \text{ m} + 1,01324 \text{ m}$
 b) $14,341 \text{ cm} + 20,73 \text{ cm} + 3,21 \text{ cm}$
 c) $132,12 \text{ mm} - 9,361 \text{ mm} - 10,54 \text{ mm}$
 d) $9,362 \text{ m}^2 - 0,4536 \text{ m}^2 + 21,48 \text{ m}^2$
 e) $18,427 \text{ kg} + 5,7623 \text{ kg} - 4,789 \text{ kg}$
 f) $0,037 \text{ kg} + 1,3521 \text{ kg} + 0,561 \text{ kg}$
 g) $34,61 + 7,851 - 0,951 - 234,61 + 466,341$
 h) $76,5 \text{ N} - 4,76 \text{ N} - 24,85 \text{ N} + 21,22 \text{ N}$

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) $\frac{3100}{3,14} + 149 \cdot \frac{3,14}{4}$ 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: $A_{\text{ges}} = 2 \cdot A_1$.
- 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).

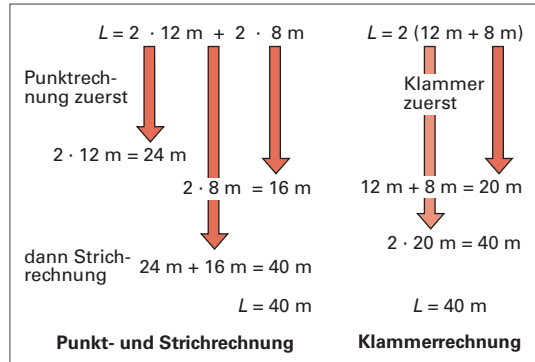


Bild 2: Rechenfolge

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:

$A = 2 \cdot 12 \text{ m} + 2 \cdot (12 \text{ m} - 4 \text{ m})$ Rechenfolge
 $2 \times 12 + 2 \times (12 - 4) = 40$

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).

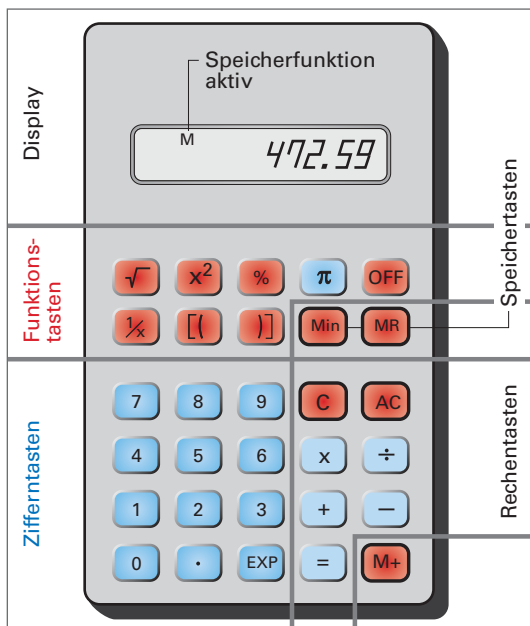


Bild 1: Technisch-wissenschaftlicher Rechner

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).

Min	ersetzt den vorherigen Speicherinhalt durch die eingegebene Zahl
M+	addiert weitere Zahlen zur Zahl im Speicher
MR	zeigt den Inhalt des Speichers an
0 und Min oder AC und Min	löscht den Speicherinhalt

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) $8,427 \text{ m} + 5,062 \text{ m} - 1,789 \text{ m} + 0,675 \text{ m}$
 f) $6,033 \text{ kg} + 1,657 \text{ kg} - 0,561 \text{ kg} - 2,675 \text{ kg}$
 g) $94,6 \text{ l} - 7,85 \text{ l} - 0,65 \text{ l} + 275,6 \text{ l} - 66,375 \text{ l}$
 h) $60,5 \text{ N} + 14,75 \text{ N} - 34,65 \text{ N} + 51,28 \text{ N}$

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) $\frac{4,67 \cdot 3,14}{8,32}$ b) $\frac{5,84 \cdot 2,67 \cdot 0,45}{8,74}$
 c) $\frac{0,98 \cdot 5,69}{2,56 \cdot 1,76}$ d) $\frac{4,56 \cdot 0,43 \cdot 0,02}{6,5 \cdot 0,1 \cdot 0,21}$
 e) $\frac{12}{0,34 \cdot 2,76 \cdot 0,75}$ f) $\frac{-43,6 \cdot 6,461}{0,55 \cdot 2,91}$

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) $\sqrt{\frac{365}{87}}$
 l) $\sqrt{\frac{46,1 - 5,6}{21,4}}$ m) $\sqrt{\frac{44,5 + 3,2 \cdot \pi}{5,2 - 2,1}}$
 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) $\frac{96 \cdot \pi}{15} - 66,5 + 18,2 \cdot \pi + 0,65 \cdot 3,2$
 c) $54,6 - \frac{4,12 \cdot 3,14}{0,16 \cdot 4} + 44,5 \cdot 2,1$
 d) $4,18 \cdot (10,12 - 4,16) + 57,6 \cdot \pi$
 e) $16 \cdot \pi + 122 \cdot \pi + 196$
 f) $\frac{125,2 \cdot 3,5 - 43,1}{11} + 56,2 \cdot 3,1$
 g) $\sqrt[3]{112 + 3 \cdot \sqrt{4,5 - 0,2}} - 13,2$
 h) $41,7 \cdot \pi + 81,16 \cdot \frac{55}{2,5} - 33,6 \cdot (\pi - 0,33)$

8 Berechnungen mit Einheiten

- a) $A = 25 \text{ cm} \cdot 23 \text{ cm} + 40 \text{ cm} \cdot 65 \text{ cm}$
 b) $A = 13 \text{ mm} \cdot 13 \text{ mm} \cdot \frac{\pi}{4}$
 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) $F = 80,5 \text{ N} - 2,5 \text{ N} \cdot \frac{50 \text{ cm}^2 - 32 \text{ cm}^2}{20 \text{ cm}^2}$
 f) $A = 8 \text{ cm}^2 + \frac{8,2 \text{ cm} + 2,4 \text{ cm}}{2} \cdot 10,5 \text{ cm} + 460 \text{ cm}^2$
 g) $d = 4,6 \text{ cm} \cdot \pi + 6,5 \text{ cm} - 2 \cdot \frac{81,5 \text{ cm} - 32,6 \text{ cm}}{8}$



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**).

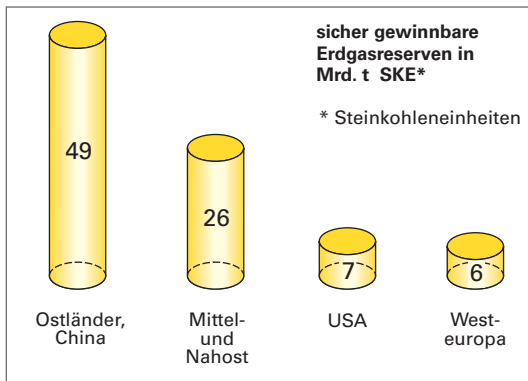


Bild 1: Säulenschaubild

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**).

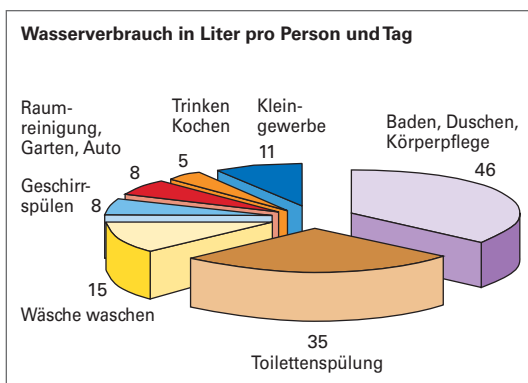


Bild 2: Kreis-Schaubild

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

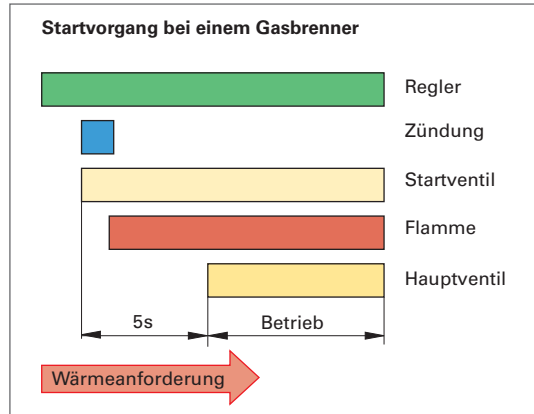


Bild 3: Balkendiagramm

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:

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

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

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**).

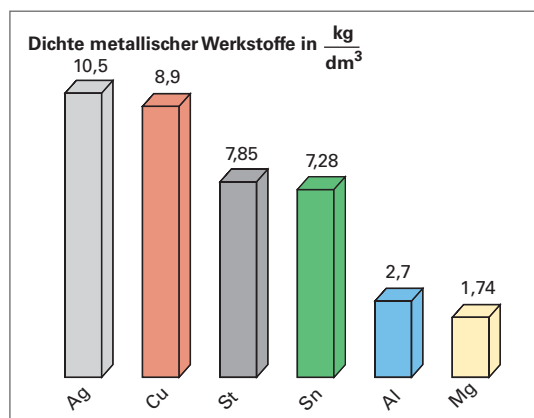


Bild 4: Dichte von Metallen



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 Lötten 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	Arbeits-temperatur in °C	Einsatz-möglichkeiten
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	

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

Tabelle 2: Stahlrohre, mittelschwere Gewinderohre DIN EN 10255									
<p>A lichter Querschnitt in cm² A₀ Rohroberfläche in m²/m m' Rohrmasse in kg/m V Volumen in l/m R Whitworth-Rohrgewinde</p>									
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	R 1	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

- Für das Lot AG106 sind die Anteile der Legierungsbestandteile zu ermitteln und in einem Kreis-Schaubild darzustellen.
- 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.
- Wie viel Liter Wasser enthält ein Gewinderohr DIN EN 10255-M DN 15 bei einer Länge von 6 m?
- Welchen Außen- und Innendurchmesser hat ein Gewinderohr DIN EN 10255-M DN 25?
- Welche Masse haben 6 m Gewinderohr DIN EN 10255-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**).

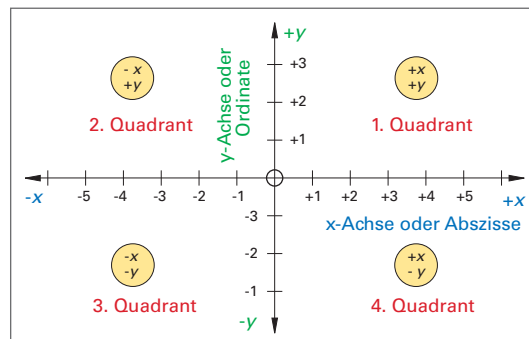


Bild 1: Koordinatensystem