

# 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.

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

6. 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“**

Bickle, Siegfried	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Freudenstadt
Flegel, Robert	Wissenschaftlicher Lehrer	Stuttgart
Härterich, Manfred	M. A., Oberstudiendirektor	Ditzingen
Jungmann, Friedrich	Oberstudienrat	Heidelberg
Küpper, Elmar	Dipl. Ing. (FH), Oberstudienrat	Wehr-Öfingen
Merkle, Helmut	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Forst
Uhr, Ulrich	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Rheinfelden

**Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:**

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

**Bildbearbeitung:**

Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

6. Auflage 2018

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 978-3-8085-1816-8

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Umschlaggestaltung: G. Kuhl mediacreativ, 40724 Hilden

Druck: optimal media GmbH, 17207 Röbel/Müritz

# Einführung



Die im Verlag Europa-Lehrmittel in der 6. Auflage erschienene „Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik“ dient der Aus- und Weiterbildung im Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.

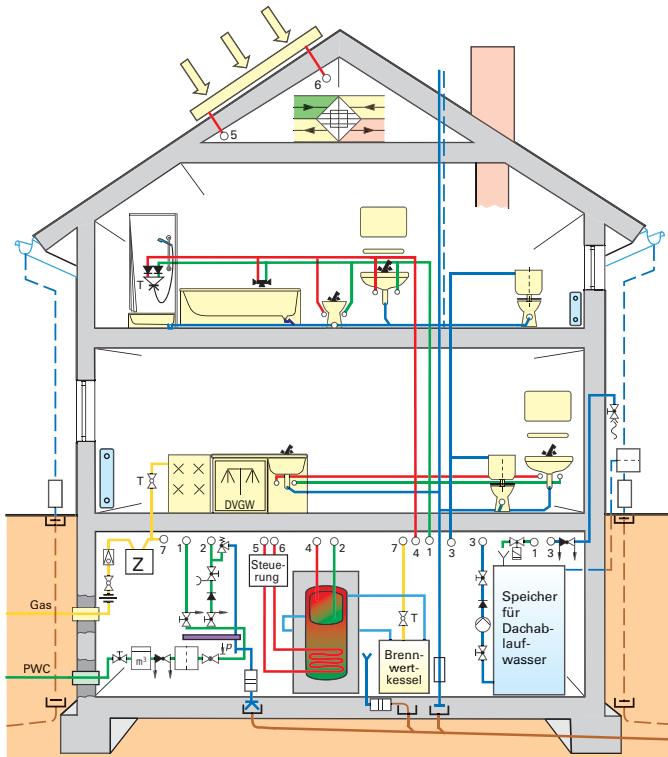
<b>Inhalt</b>	Der Inhalt des Buches ist auf die einschlägigen <b>Bildungspläne der Bundesländer</b> für Berufliche Schulen und auf die <b>Verordnung über die Berufsausbildung</b> zum/zur Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik des Bundesministeriums abgestimmt. Er umfasst den gesamten Lehrstoff der Berufsschul- bzw. Ausbildungsjahre sowie weitgehend der Meisterschule und der Technikerschule. Die Inhalte entsprechen den für diesen Fachbereich geltenden <b>technischen Regeln</b> und den gesetzlichen Verordnungen sowie den <b>fachbezogenen Vorschriften</b> , insbesondere den <b>DIN-Normen</b> .
<b>Gliederung und Gestaltung</b>	Das Mathematikbuch umfasst <b>dreizehn Kapitel</b> . In den Kapiteln eins bis zwölf ist die <b>Installations- und Heizungstechnik</b> in <b>zwölf Lernbereiche</b> , vergleichbar den Lernfeldern, sachlogisch aufgeteilt und dargestellt. Das Kapitel dreizehn enthält bereichsübergreifende Projekte. Bei der Gliederung des Buches wurde von einem <b>Leitprojekt</b> 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 <b>Piktogramm</b> 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.
<b>Methodische Konzeption</b>	Der methodischen Konzeption des Mathematikbuches liegt die Konzeption des Fachbuches „ <b>Fachkunde Installations- und Heizungstechnik</b> “ 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.
<b>Zielgruppen</b>	Die „Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik“ ist als Lernmittel für Schüler, Schülerinnen und Auszubildende in der <b>Berufsschule</b> , in der <b>Berufsfachschule</b> und im <b>Berufskolleg</b> sowie in der <b>betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildung</b> konzipiert. Außerdem eignet es sich in der <b>Meisterschule</b> , <b>Technikerschule</b> und <b>Akademie für handwerkliche Berufe</b> 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.

# 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



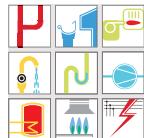
6 Ableitung von Niederschlagswasser



12 Kostenrechnung



# Inhaltsverzeichnis



## 1 Grundlagen



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

## 2 Rohrberechnungen



<b>2.1 Rohrabmessungen</b>	49
<b>2.2 Freier Querschnitt</b>	50
<b>2.3 Querschnittsverminderung</b>	51
<b>2.4 Rohroberflächen</b>	52
<b>2.5 Rohrmasse</b>	52

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

## 3 Rohrleitungsanlagen



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

## 4 Trinkwasser-Erwärmungsanlagen



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

<b>4.6</b>	<b>Zirkulationsanlagen</b>	122	<b>6.5</b>	<b>Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	185
4.6.1	Kurzverfahren	122	<b>6.6</b>	<b>Projekt</b>	187
4.6.2	Vereinfachtes Verfahren	123			
<b>4.7</b>	<b>Speichergrößen</b>	129			
4.7.1	Speicher für Einzel- und Gruppenversorgung	129	<b>7</b>	<b>Gasanlagen</b>	
4.7.2	Speicher für Nachtaufheizung	130			
4.7.3	Speicherauswahl nach der Bedarfskennzahl	131	<b>7.1</b>	<b>Gasgesetze</b>	189
<b>4.8</b>	<b>Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung</b>	135	7.1.1	Volumenänderung durch Druckunterschiede	189
<b>4.9</b>	<b>Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung</b>	136	7.1.2	Volumenänderung durch Temperaturunterschiede	190
			7.1.3	Volumenänderung durch Druck- und Temperaturunterschiede	190
<b>5</b>	<b>Entwässerungsanlagen</b>		<b>7.2</b>	<b>Gasverbrauch beim Schweißen</b>	192
5.1	Gefälle von Rohrleitungen	139	7.2.1	Sauerstoffverbrauch	192
5.2	Bemessen von Abwasser- und Lüftungsleitungen	142	7.2.2	Acetylenverbrauch	193
5.2.1	Schmutzwasserabfluss	142	<b>7.3</b>	<b>Gasverbrauch zur Stofferwärmung</b>	194
5.2.2	Anschlussleitungen	143	<b>7.4</b>	<b>Geräteleistung und Wirkungsgrad</b>	195
5.2.3	Schmutzwasser-Fallleitungen	145	7.4.1	Nennleistung	196
5.2.4	Regenwasser-Fallleitungen	146	7.4.2	Nennbelastung	196
5.2.5	Sammel- und Grundleitungen	148	7.4.3	Wirkungsgrad	197
5.2.6	Lüftungsleitungen	149	<b>7.5</b>	<b>Anschluss- und Einstellwerte</b>	198
5.2.7	Rohrweitenberechnung Abwasser	151	<b>7.6</b>	<b>Kostenermittlung für Gasverbrauch</b>	200
5.3	Bemessen von Abwasserhebe-anlagen	156	<b>7.7</b>	<b>Raum- und Verbrennungsluft-Verbund</b>	200
5.3.1	Bemessen des Förderstromes	157	<b>7.8</b>	<b>Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen</b>	204
5.3.2	Bemessen der Förderhöhe	157	7.8.1	Diagrammverfahren	204
5.3.3	Pumpengröße und Pumpenleistung	159	7.8.2	Tabellenverfahren	211
5.3.4	Behälter- und Schachtgröße	160	7.8.3	Berechnung von Flüssiggas-leitungen	216
5.4	Bemessen von Abscheide- und Neutralisationsanlagen	162	<b>7.9</b>	<b>Projekte</b>	222
5.4.1	Fettab scheider	162			
5.4.2	Leichtflüssigkeitsabscheider	164			
5.4.3	Neutralisationsanlagen	166			
<b>5.5</b>	<b>Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	167			
<b>5.6</b>	<b>Projekt</b>	169			
<b>6</b>	<b>Ableitung von Niederschlagswasser</b>		<b>8</b>	<b>Heizungsanlagen</b>	
6.1	Zuschnitte	171	<b>8.1</b>	<b>Wärmeübertragung</b>	225
6.2	Blechbedarf, Blechgewicht	171	8.1.1	Wärmeübergangswiderstände	225
6.3	Bemessen von Dachrinnen und Regenwasserleitungen	173	8.1.2	Wärmedurchlasswiderstand	225
6.3.1	Entwässerung bei Teillfüllung	173	8.1.3	Wärmedurchgangskoeffizient, U-Wert	226
6.3.2	Dachentwässerung mit Druckströmung	177	<b>8.2</b>	<b>Berechnung der Norm-Heizlast</b>	228
6.4	Bemessen von Anlagen zur Regenwassernutzung	183	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



## 7 Gasanlagen



## 5 Entwässerungsanlagen

## 8 Heizungsanlagen



## 6 Ableitung von Niederschlagswasser



<b>6.1</b>	<b>Zuschnitte</b>	171
<b>6.2</b>	<b>Blechbedarf, Blechgewicht</b>	171
<b>6.3</b>	<b>Bemessen von Dachrinnen und Regenwasserleitungen</b>	173
6.3.1	Entwässerung bei Teillfüllung	173
6.3.2	Dachentwässerung mit Druckströmung	177
<b>6.4</b>	<b>Bemessen von Anlagen zur Regenwassernutzung</b>	183

8.2.9	Räume mit unterbrochenem Heizbetrieb .....	233	<b>8.8</b>	<b>Öldurchsatz und Auswahl von Brenndüsen</b> .....	276
8.2.10	Norm-Heizlast eines Raumes .....	234	8.8.1	Öldurchsatz bei Brennerdüsen .....	276
8.2.11	Norm-Heizlast eines Gebäudes .....	234	8.8.2	Bestimmung der Düsengröße .....	276
8.2.12	Auslegungsheizlast eines Raumes .....	234	<b>8.9</b>	<b>Brennstoffbedarf und Brennstoffkosten</b> .....	278
8.2.13	Auslegungsheizlast eines Gebäudes .....	234	8.9.1	Brennstoffbedarf für die Gebäudeheizung .....	278
8.2.14	Bestimmung der Raummaße .....	235	8.9.2	Brennstoffbedarf für die Trinkwassererwärmung .....	278
8.2.15	Beispielrechnung Norm-Heizlast .....	235	8.9.3	Jahresbrennstoffbedarf .....	279
<b>8.3</b>	<b>Heizflächen und Kesselgrößen bei Zweirohrheizungen</b> .....	239	8.9.4	Brennstofflagerung und Lagervolumen bei Ölheizung .....	279
8.3.1	Auslegungszuschlag .....	239	8.9.5	Brennstoffbedarf und Lagervolumen bei Holzheizung .....	280
8.3.2	Norm-Heizleistung .....	239	8.9.6	Brennstoffkosten .....	280
8.3.3	Temperatur-Umrechnungsfaktor .....	241	<b>8.10</b>	<b>Energiekostenvergleich</b> .....	281
8.3.4	Leistungsminderungen .....	242	<b>8.11</b>	<b>Projekte</b> .....	283
8.3.5	Heizkörpergrößen .....	243			
8.3.6	Konvektoren .....	244			
8.3.7	Heizkesselgröße .....	245			
8.3.8	Wärmetauscher .....	246			
<b>8.4</b>	<b>Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl</b> .....	248			
8.4.1	Massenstrom .....	248			
8.4.2	Druckverluste bei Zweirohrheizungen .....	248			
8.4.3	Einzelwiderstände .....	249	<b>9</b>	<b>Abgasanlagen</b>	
8.4.4	Druckverluste in Teilstrecken .....	249	<b>9.1</b>	<b>Luftbedarf bei der Verbrennung</b> .....	287
8.4.5	Druckverluste in Thermostatventilen und Mischern .....	250	<b>9.2</b>	<b>Abgasverluste und Wirkungsgrade</b> .....	288
8.4.6	Rohrnetzauslegung und Pumpendruck .....	252	9.2.1	Abgasverluste und feuerungstechnischer Wirkungsgrad .....	288
8.4.7	Pumpenauswahl und Rohrnetzkennlinien .....	257	9.2.2	Auskühlungsverluste und Kesselwirkungsgrad .....	290
<b>8.5</b>	<b>Einrohrheizungen</b> .....	260	9.2.3	Anlagenverluste und Anlagenwirkungsgrad .....	290
8.5.1	Massenstrom im Heizkreis .....	260	<b>9.3</b>	<b>Abgasvolumen und Verbindungsstücke</b> .....	293
8.5.2	Gleiche Temperaturdifferenzen .....	260	<b>9.4</b>	<b>Schornsteine (Abgasleitungen)</b> .....	294
8.5.3	Gleiche Massenströme .....	261	9.4.1	Einfachbelegung .....	294
8.5.4	Bestimmung der Heizflächen .....	262	9.4.2	Mehrfachbelegung .....	296
8.5.5	Druckverluste und Pumpenauslegung .....	263			
<b>8.6</b>	<b>Fußbodenheizung</b> .....	266			
8.6.1	Wärmeleistung .....	266			
8.6.2	Wärmestromdichte .....	266			
8.6.3	Fußboden-Oberflächentemperatur .....	267			
8.6.4	Rohrabstand und Heizwasser-temperatur .....	268			
8.6.5	Druckverlust und Pumpenauslegung .....	269	<b>10</b>	<b>Raumluftechnische Anlagen</b>	
<b>8.7</b>	<b>Druckausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil</b> .....	272	<b>10.1</b>	<b>Behaglichkeitskriterien</b> .....	299
8.7.1	Wasserinhalt der Heizungsanlage .....	272	10.1.1	Raumlufttemperatur .....	299
8.7.2	Heizwasserausdehnung .....	272	10.1.2	Raumluggeschwindigkeit .....	299
8.7.3	Wasservorlage im MAG .....	273	10.1.3	Aktivitätsgrad .....	300
8.7.4	Vordruck und Fülldruck im MAG .....	273	10.1.4	Luftfeuchte .....	301
8.7.5	Enddruck im MAG .....	274	<b>10.2</b>	<b>Lüftung von Nichtwohngebäuden nach DIN EN 13779</b> .....	301
8.7.6	Größenbestimmung des MAG .....	274	10.2.1	Festlegung der Luftarten .....	301
8.7.7	Memran-Sicherheitsventil .....	275	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



<b>10.3</b>	<b>Berechnungen an Luftkanälen</b>	305	<b>11.5</b>	<b>Elektrische Energie</b>	346
10.3.1	Volumenstrom	305	<b>11.6</b>	<b>Energiekosten</b>	348
10.3.2	Kontinuitätsgesetz	306	<b>11.7</b>	<b>Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer</b>	349
10.3.3	Gleichung von Bernoulli	308	11.7.1	Erwärmzeit	349
10.3.4	Hydraulischer Durchmesser (gleichwertiger Durchmesser)	310	11.7.2	Massenstrom	350
10.3.5	Druckverlustberechnung in Luftkanälen	311	<b>11.8</b>	<b>Projekt</b>	351
<b>10.4</b>	<b>Ventilatorleistung und Ventilator- auswahl</b>	315			
10.4.1	Ventilatorkennlinien	315			
10.4.2	Anlagenkennlinie	316			
10.4.3	Gesetzmäßigkeiten	316			
10.4.4	Auswahldiagramme	317			
<b>10.5</b>	<b>Zustandsänderung der Luft</b>	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	Luftbefeuertung	323			
10.5.5	Luftmischung	324			
<b>10.6</b>	<b>Wärmeleistung, Kühlleistung von Klimageräten</b>	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			
<b>10.7</b>	<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung</b>	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 Wärme- rückgewinnung	330			
<b>10.8</b>	<b>Projekt</b>	332			



## 12 Kostenrechnung

<b>12</b>	<b>Kostenrechnung</b>	353
12.1	Kostenarten	353
12.1.1	Einzel- und Gemeinkosten	353
12.1.2	Fixe und variable Kosten	353
<b>12.2</b>	<b>Zuschlagskalkulation</b>	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
<b>12.3</b>	<b>Angebotsbearbeitung</b>	360
12.3.1	Bauvertragsrecht	360
12.3.2	Vorkalkulation	361
12.3.3	Nachkalkulation	367
<b>12.4</b>	<b>Gerätekosten als Sonderkosten</b>	368
12.4.1	Maschinenkosten	368
12.4.2	Kraftfahrzeugkosten	369
12.4.3	Schweißkosten	370



## 13 Projekte und Aufgaben

### 11 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen



<b>11.1</b>	<b>Ohmsches Gesetz</b>	335
<b>11.2</b>	<b>Leiterwiderstand</b>	337
<b>11.3</b>	<b>Elektrische Leistung</b>	338
11.3.1	Elektrische Leistung bei Wechselspannung	338
11.3.2	Elektrische Leistung bei Dreiphasenwechselspannung	341
11.3.3	Phasenverschiebung	342
<b>11.4</b>	<b>Anschlussleistung und Absicherung</b>	345

<b>13.1</b>	<b>Projekte und Aufgaben</b>	371
13.1.1	Projekt 1: Einfamilienhaus	371
13.1.2	Projekt 2: Mehrfamilienhaus	374
13.1.3	Aufgaben	375
<b>13.2</b>	<b>Projekte und Aufgaben für die Handlungsfelder Wärme- und Lufttechnik</b>	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
	<b>Anlagen: Tabellen und Formulare</b>	383
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	395

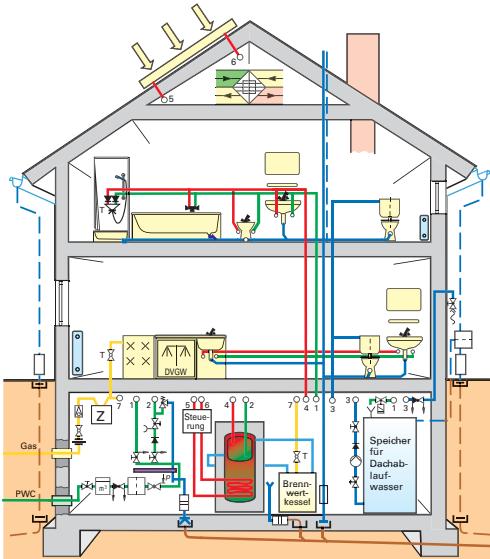
# Firmenverzeichnis

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 Leонberg
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 Viegener 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 Dämmssysteme Stuttgart	KABELWERK EUPEN AG Kunststoffrohrwerk Eupen	Villeroy & Boch AG Metzlar
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	

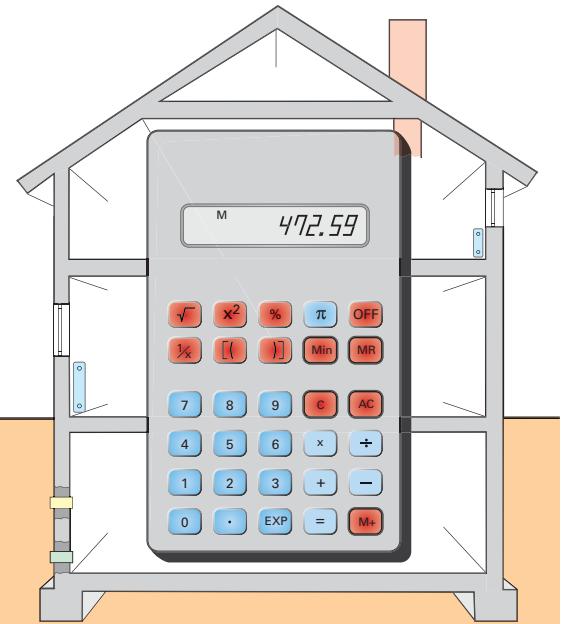
# 1 Grundlagen

b=?



- 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

b=?

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 Kupferrohrs Cu 18 × 1 zu ermitteln (**Bild 1** und **Bild 2**).

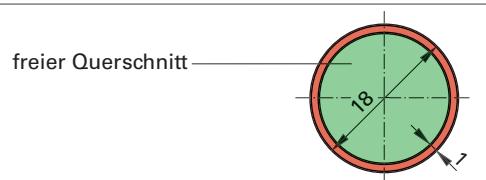


Bild 1: Querschnitt eines Kupferrohrs

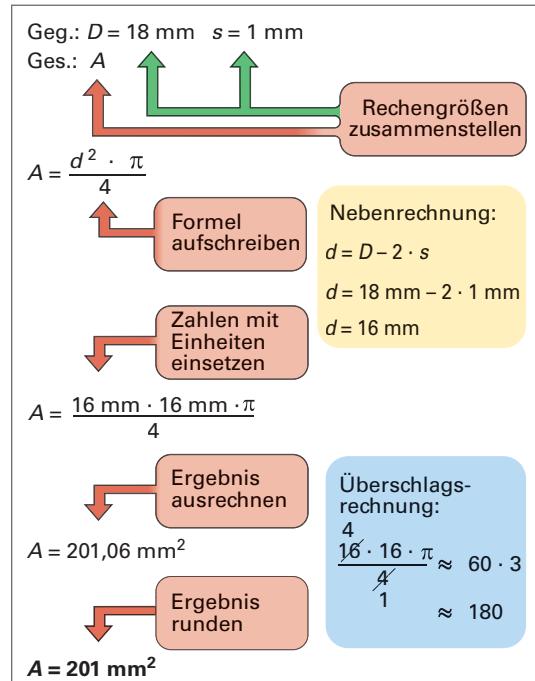
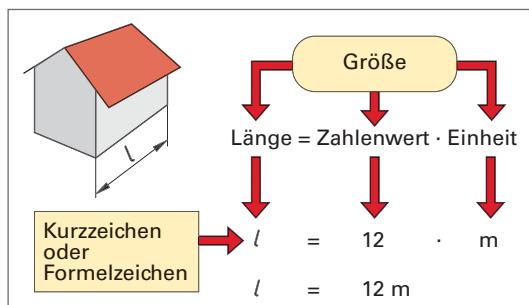


Bild 2: Lösungsweg

## 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	$l$	Meter	m
Zeit	$t$	Sekunden	s
Temperatur	$\vartheta$	Grad Celsius	°C
Geschwindigkeit	$v$	Meter durch Sekunde	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Volumenstrom	$\dot{V}$	Liter durch Sekunde	$\frac{\text{l}}{\text{s}}$
Dichte	$\varrho$	Kilogramm durch Kubikmeter	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
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
$\alpha$	A	Alpha	Winkel
$\beta$	B	Beta	Winkel
$\gamma$	$\Gamma$	Gamma	Winkel
$\delta$	$\Delta$	Delta	Unterschied
$\varepsilon$	E	Epsilon	Leistungszahl
$\zeta$	Z	Zeta	Verlustbeiwert
$\eta$	H	Eta	Wirkungsgrad
$\vartheta$	$\Theta$	Theta	Temperatur
$\iota$	I	Jota	
$\kappa$	K	Kappa	
$\lambda$	$\Lambda$	Lambda	Wärmeleitfähigkeit
$\mu$	M	My	Rauigkeit
$\nu$	N	Ny	
$\xi$	$\Xi$	Xi	
$\o$	O	Omkron	
$\pi$	$\Pi$	Pi	Kreisberechnung
$\varrho$	P	Rho	Dichte
$\sigma$	$\Sigma$	Sigma	Summe
$\tau$	T	Tau	
$\upsilon$	Y	Ypsilon	
$\varphi$	$\Phi$	Phi	Feuchte, Heizlast
$\chi$	X	Chi	
$\psi$	$\Psi$	Psi	
$\omega$	$\Omega$	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:**

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

↓ Vorsilbe      ↓ Umrechnung      ↓ Einheit

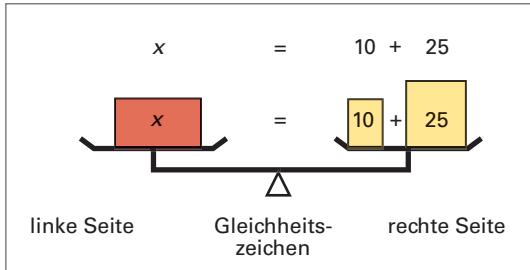
**Tabelle 3: Vorsilben der Einheiten**

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 ...	$\frac{1}{1\ 000\ 000} = 0,000\ 001 = 10^{-6}$	$\mu$ ...

## 1.1.2 Gleichungen

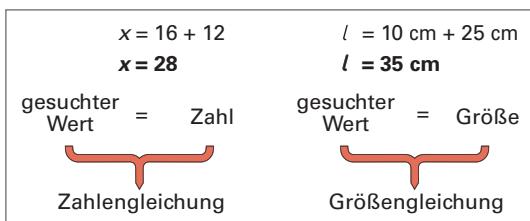
b=?

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

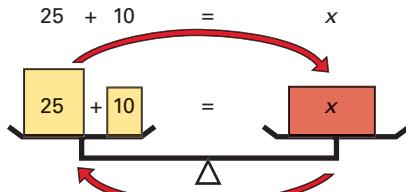
Bei Größengleichungen werden die Einheiten stets zum Zahlenwert geschrieben. Bei den Einheiten wird wie mit einer Zahl gerechnet, sie können z.B. miteinander multipliziert oder dividiert werden. Die richtige Einheit ist die Voraussetzung für die vollständige Angabe des Ergebnisses.

### 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.

gesuchter Wert steht rechts

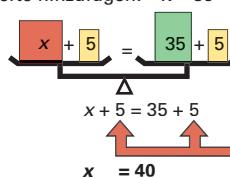


Die Seiten einer Gleichung dürfen vollständig getauscht werden

**Bild 3:** Vollständiger Seitentausch

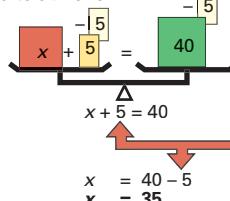
Werden nur Teile der Gleichung verändert, muss dies auf beiden Seiten vorgenommen werden. Daraus ergibt sich, dass beim Seitenwechsel eines Teils der Gleichung, dessen Vorzeichen zu wechseln ist (**Bild 4**).

Werte hinzufügen:  $x = 35$



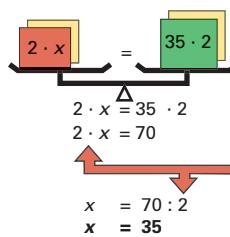
Veränderungen an einer Gleichung müssen auf beiden Seiten vorgenommen werden

Werte abziehen:



Mit dem Seitenwechsel wechselt auch das Vorzeichen

Werte vervielfachen und teilen:



Seitenwechsel

**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.

**b=?****Beispiele:**

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

⇒ Beide Seiten dürfen vertauscht werden.

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

⇒ aus + wird – und aus – wird +

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

⇒ aus · wird : und aus : wird ·

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

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

$$l^2 = 5^2 \cdot m^2$$

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

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

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

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

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**).

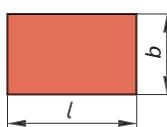
$$U = l + b + l + b$$

→ Gleiche Größen werden zusammengefasst:

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

→ Die gemeinsamen Faktoren werden ausgeklammert:

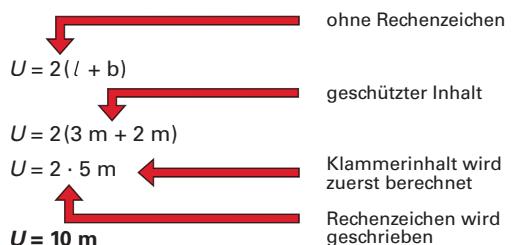
$$U = 2(l + b)$$

**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 multipli-

ziert oder mit der Klammer einschließlich des Vorzeichens die Seite gewechselt. Die entsprechenden Rechenschritte sind mit besonderer Sorgfalt durchzuführen.

**Bild 3: Berechnen des Klammerinhalts**

$$U = 2(3m + 2m)$$

$$U = 2 \cdot 3m + 2 \cdot 2m$$

$$U = 10m$$

multiplizieren mit jedem Glied der Klammer

**Bild 4: Multiplizieren in die Klammer**

$$10m = 2(l + 2m)$$

Seitenwechsel des Faktors

$$\frac{10m}{2} = 1(l + 2m)$$

(aus · wird :)

$$5m = l + 2m$$

Klammer kann entfallen

$$5m - 2m = l$$

(aus + wird –)

$$3m = l$$

$$l = 3m$$

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)  $\alpha$       b)  $\gamma$       c)  $\Omega$   
 d)  $\pi$       e)  $\varrho$       f)  $\mu$

**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.

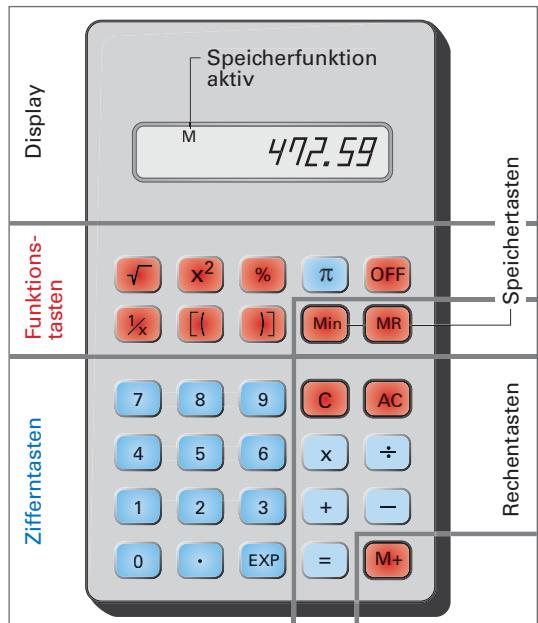
- a) Von einem Stab Kupferrohr der Dimension  $12 \times 1$  von  $5 \text{ m}$  Länge werden mit einem Rohrabschneider nacheinander  $76 \text{ cm}$ ,  $137,5 \text{ cm}$ ,  $36 \text{ cm}$  und  $231,5 \text{ cm}$  abgetrennt.  
 Wie lang ist der Rest?  
 b) Ein Lieferwagen hatte ohne Einbauten eine Zulademöglichkeit von  $800 \text{ kg}$ . Die im Wagen eingebaute Werkstatteinrichtung wiegt  $220 \text{ kg}$ . Es werden eine Gewindeschneidemaschine von  $51 \text{ kg}$ , zwei Werkzeugkoffer von je  $20 \text{ kg}$  und ein Koffer mit einem Bohrhammer von  $16 \text{ kg}$  zugeladen.  
 Wie viel  $\text{kg}$  können noch genutzt werden?  
 c) Wie viel Stangen Gewinderohr zu je  $6 \text{ m}$  Länge erhält man für  $100 \text{ €}$ , wenn  $1 \text{ m} 2,35 \text{ €}$  kostet?  
 d) Ein Lüftungskanal mit einer Luft durchströmten Fläche von  $3200 \text{ cm}^2$  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  $6 \text{ m}$  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  $\pi$  und die Quadratwurzel als Funktionstasten vorhanden sind, da sie z.B. bei Rohrdimensionierungen oft benötigt werden.

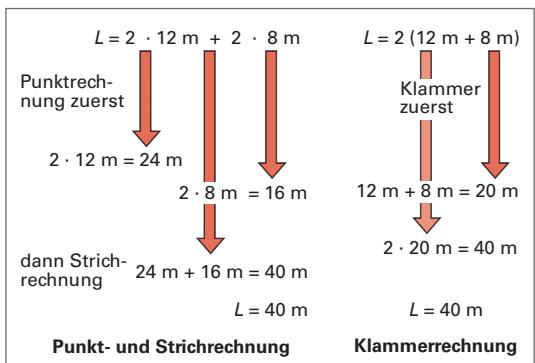
Weitere Funktionen sind bei technisch-wissenschaftlichen Rechnern nötig. Diese Rechner sind Hilfsmittel, um umfangreichere, wiederkehrende Rechenschritte, wie sie z.B. bei der Auswertung von Laborversuchen nötig sind, schnell durchzuführen (**Bild 1**).



**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:

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

$$2 \times 12 + 2 \times 12 - 4 = 40$$

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**).

<b>Min</b>	ersetzt den vorherigen Speicherinhalt durch die eingegebene Zahl
<b>M+</b>	addiert weitere Zahlen zur Zahl im Speicher
<b>MR</b>	zeigt den Inhalt des Speichers an
<b>0</b> und <b>Min</b> oder <b>AC</b> und <b>Min</b>	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)  $\sqrt[3]{50} \cdot 0,36$   
 i)  $2,5 \cdot \sqrt{88,6 - 56,2}$   
 j)  $\sqrt{\frac{46,1 - 5,6}{21,4}}$   
 k)  $\sqrt{\frac{365}{87}}$   
 l)  $\sqrt{\frac{44,5 + 3,2 \cdot \bar{x}}{5,2 - 2,1}}$   
 m)  $3,2 \cdot \sqrt{8,24 - 3 \cdot 0,61}$

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

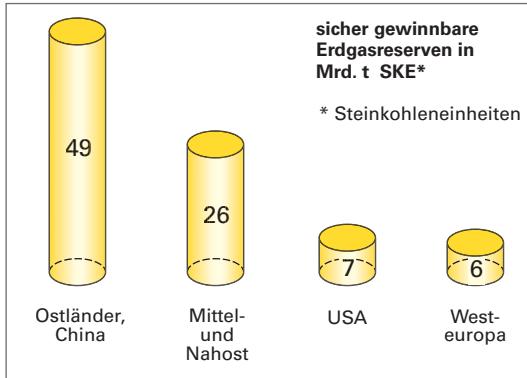


Bild 1: Säulenschaubild

**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**).

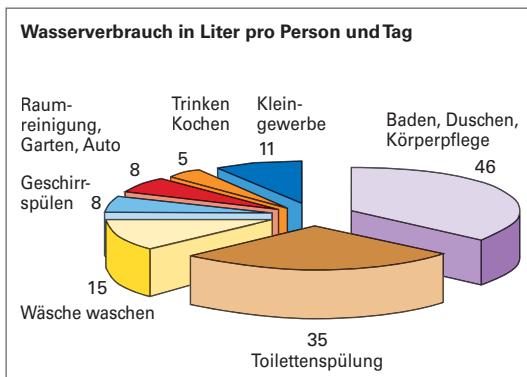


Bild 2: Kreis-Schaubild

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

### Startvorgang bei einem Gasbrenner

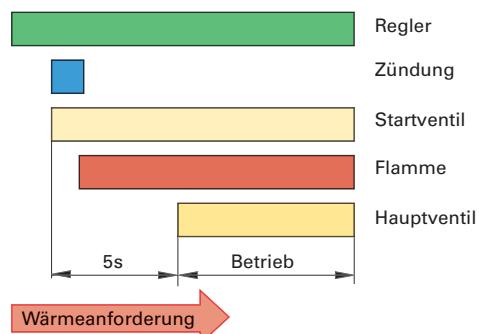


Bild 3: Balkendiagramm

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:

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

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

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**).

### Dichte metallischer Werkstoffe in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

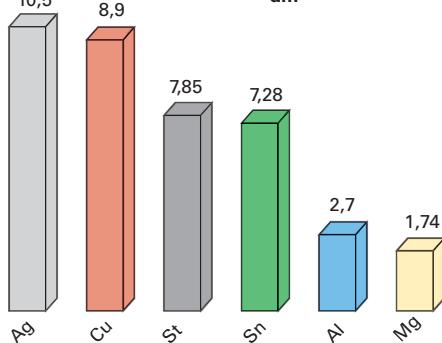


Bild 4: Dichte von Metallen

**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	Zusammen-setzung	Arbeits-temperatur in °C	Einsatz-möglichkeiten
AG 106 (L-Ag34Sn)	34 % Ag 36 % Cu 3 % Sn 27 % Zn	710	Trinkwasser-rohrleitungen ab DN 32*  Heizungs-rohrleitungen  Gasrohr-leitungen
AG 203 (L-AG 44)	44 % AG 30 % Cu 26 % Zn	730	
AG 104 (L-AG45Sn)	45 % AG 27 % Cu 3 % Sn 25 % Zn	670	
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**

DN	R	D in mm	$A'_0$ in $\text{m}^2/\text{m}$	s in mm	d in mm	A in $\text{cm}^2$	V' in $\text{l}/\text{m}$	$m'$ in $\text{kg}/\text{m}$	Geometrische Parameter			
									Wanddicke s	Radius d	Fläche A	Volumen V'
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				

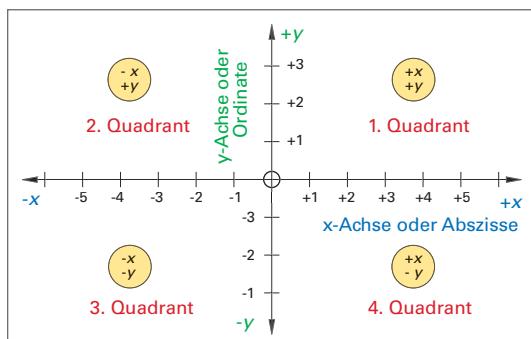
## Aufgaben

- 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**