



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# Tabellenbuch Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

**3. Auflage**

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

**Europa-Nr.: 16638**

**Autoren** des Tabellenbuches Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik:

Wigbert Hamschmidt	Studiendirektor	Rietberg
Michael Helleberg	Oberstudiendirektor	Köln
Dr. Friedhelm Heine	Oberstudienrat	Schwelm
Heinz Hofmeister	Fachlehrer	Gelnhausen
Michael Rohlf	Studiendirektor	Hamburg
Ulrich Uhr	Studiendirektor	Rheinfelden
Jürgen Weckler	Studiendirektor	Herbesthal

**Autoren bis zur 2. Auflage:**

Horst Herr  
Peter Bertrand

**Lektorat:**

Ulrich Uhr

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Maßgebend für die Anwendung der Normen und der anderen Regelwerke sind deren neueste Ausgaben. Sie können durch die Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

3. Auflage 2016

Druck 5 4 3

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf die korrigierten Druckfehler und kleine Normänderungen unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1665-2

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

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald und  
Michael M. Kappenstein, 60594 Frankfurt/Main  
Druck: Plump Druck&Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Mit diesem Nachschlagewerk haben wir die größte Lücke geschlossen, die in der Buchreihe des Verlages Europa-Lehrmittel für die Ausbildung zum **Anlagenmechaniker Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik** bestand.

Zahlen, Daten und Fakten in Formeln, Tabellen und Diagrammen stellen eine praxisnahe Basis für Übungen, Hausaufgaben und die Prüfungsvorbereitung dar, geben aber auch dem Fachmann wichtige Hinweise auf Konstruktionselemente und Arbeitsverfahren. Dabei haben wir Wert darauf gelegt, den Nutzern unseres Tabellenbuches möglichst umfassende Informationen zur Verfügung zu stellen, damit sie auch bei seltenen Problemstellungen eine sichere Hilfe finden.

Während die Lehr- und Arbeitsbücher für die SHK-Ausbildung die Lernfelder abbilden, ist dieses Nachschlagewerk sachlogisch aufgebaut, denn die Informationen der ersten sieben nebenstehend aufgeführten Hauptteile betreffen oft mehrere Lernfelder. Dagegen entspricht die Gliederung des umfangreichen achten Sachgebietes SHK im Wesentlichen den entsprechenden Lernfeldern.

Vierfarbdruck und eine einheitliche Gestaltung der Seiten werden dem Benutzer helfen, schnell die gesuchten Informationen zu ermitteln. Ein klar strukturiertes Inhaltsverzeichnis sowie ein ausführliches Sachwortverzeichnis mit englischer Übersetzung lassen schnell zu einzelnen Sachverhalten oder Begriffen die entsprechenden Seiten finden.

Das „**Tabellenbuch Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik**“ ist als umfangreiches Nachschlagewerk für Schülerinnen, Schüler 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 den **Akademien für handwerkliche Berufe**, um weiterführende Aufgaben im Beruf, beim Studium oder aber auch auf Baustellen lösen zu können.

Wir hoffen, dass sich dieses Tabellenbuch für unsere Leser bald zu einem wichtigen Arbeitsmittel in Unterricht und Praxis entwickeln wird, und würden uns freuen, von Ihnen Hinweise auf Fehler und Verbesserungsvorschläge unter der E-Mail-Adresse [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) zu erhalten.

In der **dritten Auflage** sind die inzwischen erschienenen Normänderungen bis Herbst 2015 berücksichtigt. Abbildungen wurden aktualisiert und Textstellen aufgrund von Leserhinweisen geändert oder ergänzt. Sämtliche Rechenbeispiele sind entfallen, lediglich einige Ablesebeispiele wurden zur Verdeutlichung beim Umgang mit Diagrammen und Tabellen beibehalten.

Neu und inhaltlich ergänzt wurden die Kapitel: – Umwelttechnik, – Wohnraumlüftung, – Energieeinspargesetzt und erneuerbare Energien.

Frühjahr 2016

Die Autoren des Arbeitskreises

**Grundlagen Mathematik,  
Geometrie und Chemie**

15 ... 46

G

G

**Mechanik der  
festen Körper,  
Flüssigkeiten und Gase**

47 ... 85

M

M

**Technische  
Kommunikation**

86 ... 107

K

K

**Werkstoffkunde /  
Fertigungs- und  
Montagetechnik**

108 ... 145

W  
F  
M

W  
F  
M

**Betriebswirtschaftslehre**

146 ... 163

B

B

**Elektrotechnik /  
Messen / Steuern / Regeln**

164 ... 202

E

E

**Sanitär-, Heizungs-  
und Klimatechnik**

203 ... 511

S  
H  
K

S  
H  
K

**Erneuerbare Energien /  
Umweltechnik**

512 ... 540

EE  
U

EE  
U

**Grundlagen Mathematik,****Geometrie und Chemie 15****Allgemeine Grundlagen 15**

Normung	15
Ebenen der Normung	15
Griechisches Alphabet	16
Römische Zahlzeichen	16
Mathematische Zeichen	16
Basisgrößen und Basiseinheiten	17
Formelzeichen, Größen und Einheiten	17
Indizes	20
Britische und US-Einheiten	20
Interpolieren	20
Schaubilder, Diagramme und Tabellen	21

**Allgemeine Mathematik 23**

Grundrechenarten	23
Strichrechnung	23
Multiplikation	23
Division	24
Bruchrechnung	24
Potenzieren	26
Radizieren (Wurzelziehen)	27
Logarithmen	27
Binomische Formeln	27
Gleichungen	28
Prozentrechnung	30
Zinsrechnung	30
Dreisatzrechnung	30
Runden	30
Rechnen mit dem Taschenrechner	31

**Technische Mathematik 32**

Flächenberechnung	32
Körperberechnung	33
Masse und Dichte	35
Dichte von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen	35
Dichte und spez. Volumen von Wasser	36
Berechnung der Masse bei Halbzeugen	37
Masse bei Halbzeugen	37
Längenbezogene Masse	37
Flächenbezogene Masse	37
Berechnung elementarer Rohdaten	37
Gestreckte Längen	38
Zusammengesetzte Längen und Flächen	38
Teilung von Längen (Gitterteilung)	38
Teilung auf dem Lochkreis	38

**Geometrie 39**

Winkelarten	39
Winkel an geschnittenen Parallelen	39
Winkelsumme im Dreieck und Seiten im rechteckigen Dreieck	39
Lehrsatz des Pythagoras	40
Lehrsatz des Euklid	40
Höhensatz	40
Winkelfunktionen	41
Trigonometrie des rechtwinkligen Dreiecks	41
Sinus, Cosinus, Tangens, Cotangens	41
Funktionswerte zwischen 0° und 360° sowie für Winkel > 360°	41

**Grundbegriffe aus der Chemie 42**

Bereiche der Chemie	42
Aufbau chemischer Elemente	42
Periodensystem der Elemente	43
Auswahl wichtiger chemischer Verbindungen	44
Chemische Reaktionen	45
Chemische Bindungen	46

**Mechanik der festen Körper,****Flüssigkeiten und Gase 47****Mechanik der festen Körper 47**

Resultierende Kraft im zentralen Kräftesystem	47
Hebelgesetz und Drehmoment (Kraftmoment)	48
Gleichförmige und ungleichförmige gradlinige Bewegung	48
Gleichförmige kreisförmige Bewegung	49
Dynamisches Grundgesetz	49
Kraft und Gewichtskraft	49
Mechanische Arbeit und mechanische Energie	49
Mechanische Leistung und Wirkungsgrad	50

**Mechanik der Flüssigkeiten und Gase 51**

Hydrostatischer Druck und Druckeinheiten	51
Aerostatischer Druck	51
Druckkraft auf Flächen	52
Statischer Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen	52
Saugwirkung	53
Steigung und Gefälle von Rohrleitungen	53
Kontinuitätsgleichung (Durchflussgleichung) inkompressibler Fluide	53
Massenstrom	53
Volumenstrom	53
Energiegleichung (Bernoulli) ohne Reibungsverluste	54
Statischer Druck, statische Höhe	54
Geodätischer Druck, geodätische Höhe	54
Geschwindigkeitsdruck, Geschwindigkeitshöhe	54
Druckgleichung, Druckhöhengleichung	54
Venturiprinzip	55
Viskosität	55
Druckverluste in geraden Rohren und Kanälen	57
Druckverluste in Rohrleitungssystemen	58

**Wärmelehre 60**

Temperatur, Temperaturdifferenz	60
Absoluter Nullpunkt, absolute Temperatur	60
Kelvin, Celsius, Fahrenheit	60
Wärmeausdehnung fester und flüssiger Stoffe	60
Längenänderung, Volumenänderung	60
Volumenänderung von Gasen	61
Wärmemenge bei Temperaturänderung	61
Spezifische Wärmekapazität	61
Wärmeleistung	62
Wassermischung	62
Mischungsregel, Mischungstemperatur	62
Mischungskreuz	63
Schmelzen und Erstarren	63
Verdampfen, Kondensieren, Sublimieren	64
Wobbe-Index bei Gasen	64
Geräteleistung und Wirkungsgrad	64
Brennwert und Heizwert	65
Gasgesetze	66
Gesetz von Boyle-Mariotte	66

1. und 2. Gesetz von Gay-Lussac .....	66
Vereinigtes Gasgesetz .....	66
Anschlusswert, Einstellwert und Düsendruck .....	66
Wärmestrahlung .....	67
Wärmestrom .....	68
Wärmeleitung .....	68
Wärmeübergang .....	68
Stoffwerte von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen .....	69
<b>Bauphysik</b> .....	<b>71</b>
Feuchtigkeitsschutz .....	71
Schwitzwasserbildung .....	71
Schallschutz .....	74
Schalldruck .....	75
Hörschwellendruck und Schmerzwellen .....	75
Schalldruckpegel, Schalleistungspegel .....	75
Lautstärkepegel .....	76
Schallbewertung .....	77
Gesamtschalldruck .....	77
Reflexion, Absorption, Dissipation, Transmission .....	78
Schallschutzmaßnahmen .....	78
Schalldämpfung und Schalldämmung .....	78
Brandschutz .....	79
Baustoffklassen .....	79
Widerstandsklassen nach DIN 4102 .....	80
Korrosionsschutz .....	81
Korrosionsarten und ihre Erscheinungsformen .....	81
Elektrochemische Spannungsreihe .....	81
Korrosionsschutz – Übersicht .....	81
<b>Festigkeitslehre und Statik</b> .....	<b>82</b>
Zugspannung .....	82
Druckspannung .....	82
Scherspannung .....	82
Dehnung und Verlängerung .....	82
Elastizitätsmodul .....	82
Torsion .....	83
Biegung .....	83
Belastungsfälle .....	83
Grenzspannung .....	84
Gleichmäßig verteilte Nutzlasten .....	85
<b>Technische Kommunikation</b> .....	<b>86</b>
<b>Grundlagen der Technischen Zeichnung</b> .....	<b>86</b>
Normschrift .....	86
Papierformate .....	86
Maßstäbe .....	86
Geometrische Grundkonstruktionen .....	87
Linienarten .....	88
Isometrische Projektion und besondere Darstellungen .....	89
Normalprojektionen .....	89
Axonometrische Projektionen .....	89
Darstellungsregeln .....	90
Schnittdarstellungen .....	91
Maßeintragung .....	92
Abwicklung von Körpern .....	94
<b>Bauzeichnungen</b> .....	<b>95</b>
Planungsstufen, Bauzeichnungen, Maßstäbe .....	95
Ansichten und Schnitte .....	95
Kennzeichnung von Schnittflächen .....	96
Linienarten in Bauzeichnungen .....	96

Maßeintragung und Schnittverlauf .....	97
Darstellung von Treppen .....	98
Darstellung von Türen .....	98
Darstellung angehängter Decken .....	98
Abkürzungen in Bauzeichnungen .....	99
Darstellung von Schlitz- und Aussparungen .....	99
Maße für Schlitz- und Aussparungen .....	99
<b>Sinnbilder</b> .....	<b>100</b>
Zeichnen von Sinnbildern .....	100
Sinnbilder Trinkwasserinstallation .....	100
Sanitäre Ausstattungsgegenstände .....	103
Abwassertechnik .....	103
Gastechnik .....	104
Heizungstechnik .....	104
Lüftungs- und Klimatechnik .....	105
Steuerungs- und Regeleinrichtungen .....	106
Elektrotechnik .....	106
Darstellung von Schweiß- und Lotnähten .....	107
<b>Werkstoffkunde</b> .....	<b>108</b>
<b>Grundlagen der Werkstoffkunde</b> .....	<b>108</b>
Einteilung der Werkstoffe .....	108
Von Feinstruktur zur Grobstruktur und zum Gefüge .....	109
Zweistofflegierungen und Zustandsschaubilder .....	110
Legierungsmetalle und nichtmetallische Legierungselemente .....	111
<b>Technische Werkstoffe</b> .....	<b>112</b>
Eisenwerkstoffe .....	112
Eisen-Gusswerkstoffe .....	112
Einteilung von Gusseisen .....	113
Stahl .....	114
Einteilung der Stähle .....	114
Stahlbezeichnungen .....	115
Kupfer – Eigenschaften .....	116
Kupfer- und Kupferlegierungen .....	117
Aluminium und Aluminiumlegierungen .....	118
Kunststoffe .....	119
Verbundwerkstoffe, Sinterwerkstoffe .....	121
Arbeitshilfen und Literatur zur Werkstoffkunde .....	121
<b>Fertigungs- und Montagetechnik</b> .....	<b>122</b>
Prüfen, Messen, Lehren .....	122
Längen- und Formprüfmittel .....	122
Richtungsprüfmittel .....	122
<b>Fertigungsverfahren</b> .....	<b>123</b>
Einteilung der Fertigungsverfahren .....	123
Sägen .....	123
Bohren .....	124
Schnittgeschwindigkeit beim Bohren .....	124
Drehfrequenz (Drehzahl)-Diagramm .....	125
Hauptnutzungszeit und Vorschubweg .....	125
Schleifen .....	126
Thermisches Trennen .....	127
Fügeverbindungen .....	127
<b>Gewinde</b> .....	<b>128</b>
Whitworth-Rohrgewinde .....	128
Metrische ISO-Gewinde .....	129
<b>Schrauben und Muttern</b> .....	<b>130</b>
Schraubenbezeichnung .....	130
Festigkeitsklassen von Schrauben .....	130

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

G

Festigkeitsklassen von Muttern .....	130
Muttern – Übersicht .....	130
Schrauben – Übersicht .....	131

**Unterlegscheiben / Pressverbindungen 133****Löten 134**

Lötverbindungen .....	134
Weichlöten, Flussmittel, Lote .....	134
Hartlöten, Flussmittel, Lote .....	135

**Schweißen 135**

Übersicht über Schweißverfahren .....	135
Gasschmelzschweißen .....	136
Kennzeichnung von Druckgasflaschen .....	136
Schweißstäbe für das Gasschmelzschweißen .....	136
Metallschutzgasschweißen .....	137
Drahtelektroden, Schutzgase .....	137

**Kleben 138****Befestigungselemente 139**

Dübel .....	139
Rohrbefestigungselemente .....	141
Rohrschellen .....	144
Befestigungsabstände für Rohrschellen .....	145

**Betriebswirtschaftslehre 146****Betriebswirtschaftslehre – Übersicht 146**

Übersicht der Prozesse im SHK-Betrieb .....	146
Einflussfaktoren des Umfeldes .....	146
Material- und Finanzmittelfluss .....	146

**Materialbeschaffung in SHK-Betrieb 147**

Ablauf der Materialbeschaffung .....	147
Beschaffungsmarkt erkunden und Lieferanten finden .....	147
Bezugspreise berechnen .....	147
Nicht geldbezogene Faktoren .....	147
Nutzwertanalyse .....	147
Kaufvertrag .....	148
Leistungsstörungen aus Verträgen .....	148

**Leistungserstellung im SHK-Betrieb 149**

Kundenauftrag im SHK-Betrieb .....	149
Ablauf der Leistungserstellung .....	149
Kundenkontakte .....	149
Phasen der Leistungserstellung .....	150

**Marktforschung, Marketing und Vertrieb 151**

Grundbegriffe .....	151
Unterprozesse der Marktforschung .....	151
Fragebogen für die Marktanalyse (Beispiel) .....	151
Marktprognose im SHK-Betrieb .....	151
Instrumente des Marketings im SHK-Betrieb .....	152
Produkt-/Sortimentsanalyse .....	152
Begriffe der Sortimentspolitik .....	152
Produktlebenszyklus .....	152
Produktelimination .....	152
Service im SHK-Betrieb .....	152
Kommunikationspolitik: Arten der Werbung .....	153
Regeln für Werbung .....	153
Ablauf einer Werbemaßnahme .....	153
Preis- und Konditionenpolitik .....	153
Distributionspolitik .....	153

**Leitung und Verwaltung im SHK-Handwerk 154**

Rechtsformen .....	154
Organisation im SHK-Handwerk .....	154

Aufbauorganisation im SHK-Handwerk .....	154
Ablauforganisation und Einsatzplanung .....	155
Projektmanagement .....	155
Qualitätsmanagement .....	155
Qualitätssicherungssysteme .....	155

**Buchführung im SHK-Betrieb 156**

Überblick .....	156
Randbedingungen der Buchführung .....	156
Klassifizieren von Belegen .....	156
Bearbeitung von Buchungsbelegen .....	156
Belegnummernsystem .....	156
Kontenrahmen .....	157
Bilanz .....	157
Gewinn- und Verlustrechnung .....	157

**Kostenrechnung und Kalkulation 158**

Begriffe und Abgrenzungen .....	158
Teilgebiete der Kostenrechnung .....	158
Betriebsabrechnungsbogen (BAB) .....	159
Kalkulation im SHK-Betrieb - Übersicht .....	159
Lohngruppen und Stundenlohn .....	159
Zusammensetzung von Personalkosten .....	159
Zuschlagkalkulation .....	160
Stundenverrechnungssatz .....	160
Einheitspreiskalkulation .....	160

**Controlling 161**

Controlling im SHK-Betrieb .....	161
Kennzahlen der betrieblichen Tätigkeit .....	161
Kennzahlen der Kosten- und Leistungsstruktur .....	161
Kennzahlen der Bilanz und betrieblichen Stabilität 161	

**Bauvertragsrecht 162**

Vertragsarten .....	162
Werkvertrag und VOB .....	162

**Elektrotechnik / Messen /****Steuern und Regeln 164****Elektrotechnik 164**

Bestandteile eines Stromkreises .....	164
Ohm'sches Gesetz .....	164
Elektrisches Feld .....	164
Spezifischer Widerstand .....	165
Temperaturabhängiger Widerstand .....	165
Kirchhoffsche Gesetze .....	165
Magnetisches Feld .....	165
Stern-Dreieck-Umwandlung .....	166
Reihen-, Parallel- und Gemischte Schaltungen .....	166
Strom- und Spannungsarten .....	167
Strom- und Spannungsformen .....	167
Arithmetischer Mittelwert .....	167
Quadratischer Mittelwert .....	167
Elektrische Leistung .....	168
Elektrische Arbeit .....	168
Elektrischer Wirkungsgrad .....	168
Stromversorgungssysteme .....	169
Schutzmaßnahmen in der Elektrotechnik .....	170
Wirkung des Stromes .....	170
Schutzarten .....	171
Schutz gegen elektrischen Schlag .....	171
Reststromgerät RCD .....	171
Überwachung mit RCM .....	171
Überwachungsrelais .....	171
Spannungsebenen .....	172

B

E

S  
H  
KEE  
U

Spannungsfrei schalten .....	172
Überstromschutzeinrichtungen .....	172
Schutzklassen .....	172
Hausanschlussraum .....	173
Installationszonen .....	173
Schutzbereiche in Bädern und Duschräumen .....	173
Kennzeichnung von Leitungen .....	174
Verlegung von Leitungen .....	175
Verlegungsarten .....	175
Mindestquerschnitte Kupferadern .....	175
Leitungen .....	175
Aderkennzeichnung .....	175
Schaltpläne in der Elektrotechnik .....	176
Kurzbezeichnung elektrischer Betriebsmittel .....	177
Stecksysteme .....	178
Installationserschaltungen .....	179
Schützsicherungen .....	179
Transformator .....	180
Wechselrichter .....	180
Frequenzumrichter .....	180
Leistungssteuerung .....	180
Elektromotoren .....	181
Leistungsschild .....	181
Gleichstrommotor .....	181
Einphasen-Wechselstrommotor .....	181
Drehstrommotor .....	181
Bauteile der Elektronik .....	182
Kondensator .....	182
Diode .....	182
LDR .....	182
PTC, NTC .....	182
Farbcode für Widerstände .....	182
<b>Messen</b> .....	<b>183</b>
Schreibweise von Messwerten .....	183
Messfehler .....	183
Begriffe der Messtechnik .....	183
Gegenüberstellung analoger und digitaler Messgeräte .....	184
Analoge Anzeige .....	184
Digitale Anzeige .....	184
Duspol .....	184
Skalensymbole .....	185
Messen mit dem Multimeter (Vielfachinstrument) .....	185
Messtechnik – Anwendungen .....	186
Messprotokolle erstellen .....	186
Aufnahme von Kennlinien .....	186
Prüfungen elektrischer Anlagen .....	187
Geräteprüfung nach DIN VDE 0701 – 0702 .....	188
Prüfprotokoll und Heizkurvenschar .....	189
Temperaturmessung .....	190
Druckmessung .....	191
Durchflussmessung .....	192
Füllstandmessung .....	193
Feuchtemessung .....	194
Drehzahlmessung .....	194
Lichtstärkenmessung .....	194
Gasanalyse (O <sub>2</sub> -Gehalt) .....	194
<b>Steuern und Regeln</b> .....	<b>195</b>
Begriffe der Regelungstechnik .....	195
Steuern, Regeln – Definition .....	195
Regler .....	196
Stetige Regler .....	196

Digitale Regler .....	196
Unstetige Regler .....	197
Fuzzy- Regler .....	197
Regelstrecken .....	198
PC-Schnittstellen .....	199
Zahlensysteme .....	200
Digitalcodes .....	200
Logische Grundsicherungen .....	201
AD- Wandler .....	201
DA-Wandler .....	201
Bussysteme .....	202
Leittechnikenebenen .....	202
Gebäudeautomation .....	202

## Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik **203**

<b>Sanitärtechnik</b> .....	<b>203</b>
<b>Trinkwassertechnik</b> .....	<b>203</b>
Trinkwasser – Verbrauch, Kosten, Herkunft .....	203
Merkmale von Trinkwasser (Rechtsvorschriften) .....	204
Zentrale Trinkwasserversorgung .....	204
Wasserhärte .....	205
Trinkwasseraufbereitung .....	205
Trinkwasserbehandlungsverfahren .....	206
Nicht rückspülbare mechanische Filter .....	206
Rückspülbare mechanische Filter .....	206
Aktivkohlefilter .....	207
Enthärtungsanlage mit Ionenaustauschverfahren .....	207
Mineralstoff-Dosiergeräte .....	207
Physikalische Wasserbehandlung .....	208
Umkehrosmose-Anlagen .....	208
UV-Entkeimungsanlage .....	208
<b>Trinkwasserinstallation</b> .....	<b>209</b>
Trinkwasser-Versorgungsanlage .....	209
Trinkwasseranschluss Einzel- und Mehrspartenhauseinführung .....	209
Hauswasserzähler (Mehrstrahl-Flügelrad-Zähler) .....	209
Großwasserzähler (Woltmann-Zähler) .....	210
Druckminderer .....	210
Filterkombinationen .....	211
Absperrarmaturen .....	211
Außenarmaturen .....	211
Ventile .....	211
Schieber .....	211
Kugelhähne .....	211
Durchflussdiagramme für Ventile .....	213
Unterputzarmaturen .....	213
Eckregulierventile, Kombieckventile .....	213
Auslaufarmaturen .....	214
Unterputzzeibaukörper für Wannenbatterien .....	215
Flüssigkeitskategorien DIN EN 1717 .....	216
Sicherungsarmaturen im häuslichen Bereich .....	216
Flüssigkeitskategorie von Wärmeträgern .....	216
Sicherungseinrichtungen mit Flüssigkeitskategorien .....	217
Darstellung von Sicherungseinrichtungen .....	217
Einsatzbeispiele für Sicherungseinrichtungen .....	218
Sicherungseinrichtungen .....	220
Freier Auslauf .....	220
Systemtrenner .....	220
Rohrunterbrecher A1 .....	220

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

G

Rohrunterbrecher A2 .....	220
Rohrtrenner EA1, Rohrtrenner EA2, Rohrtrenner EA3 .....	221
Rückflussverhinderer .....	222
Rohrbelüfter (Bauform C) .....	222
Sicherungskombination .....	222
Inspektions- und Wartungsplan .....	223
Rohrwerkstoffe in der Trinkwassertechnik .....	223
Rohre aus unlegiertem Stahl .....	224
Tempergussfittings .....	224
Edelstahl-Rohre, Pressfittings .....	226
Kupferrohre für Wasser- und Gasleitungen .....	228
Lötfittings für Kupferrohre .....	228
Kupfer Pressfittings .....	231
Rohrkenngrößen, Kunststoff .....	232
PVC-C-Rohre, Fittings .....	232
Metallverbundrohre, Fittings .....	234
Prüfen von Trinkwasserleitungsanlagen .....	235
Spülen von Trinkwasserleitungen .....	235

M

K

<b>Dimensionierung trinkwassertechnischer Anlagen .....</b>	<b>236</b>
Verfahrensablauf zur Dimensionierung DIN EN 806-3 oder 1988-300 .....	236
Vereinfachtes Verfahren nach DIN EN 806-3 .....	237
Berechnungsbeispiel nach DIN EN 806-3 .....	238
Berechnungen nach DIN 1988-300 .....	238
Berechnungsdurchflüsse .....	239
Summendurchfluss .....	239
Spitzendurchfluss .....	240
Verfügbare Druckdifferenz für Rohrreibung und Einzelwiderstände .....	241
Verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle, rechnerische Fließgeschwindigkeit .....	241

W

F

M

Richtwerte für Druckverluste in Stockwerksleitungen und Einzelleitungen .....	242
Richtwerte für Druckverluste in Stockwerks-Verteilern .....	243
Richtwerte für Druckverluste in Einzelleitungen .....	243
Zirkulationsleitungsberechnung .....	243
Rohrreibungsdruckgefälle Gewindeohr .....	244
Rohrreibungsdruckgefälle nichtrostender Stähle .....	245
Rohrreibungsdruckgefälle Kupferrohr .....	246
Rohrreibungsdruckgefälle PVC-U-Rohr .....	247
Rohrreibungsdruckgefälle Verbundrohr .....	248
Druckverluste aus Einzelwiderständen .....	248
Grafische Symbole und Richtwerte für Verlustbeiwerte von Einzelwiderständen .....	249

B

E

S

H

K

EE

U

<b>Druckerhöhungsanlagen .....</b>	<b>250</b>
Ausführungsarten von Druckerhöhungsanlagen .....	250
Richtwerte für den maximalen Wasserbedarf verschiedener Gebäudetypen .....	251
Maximaler Förderstrom .....	251
Auslegung einer Druckerhöhungsanlage (DEA) .....	251
Druckwasserbehälter .....	251
<b>Trinkwassererwärmungsanlagen .....</b>	<b>252</b>
Ermittlung des Wärmebedarfs .....	252
Ermittlung der Bedarfskennzahl <i>N</i> .....	252
Zapfstellenbedarf je Wohnung .....	253
Sanitäre Ausstattung der Wohnung .....	253
Statistischer Warmwasserbedarf .....	253
Warmwasserbedarf im Haushalt .....	253
Speicherwassererwärmer, indirekt beheizt .....	254

Auswahl des Wassererwärmers .....	254
Zirkulation, Begleitheizung .....	255
Ziele Arbeitsblatt DVGW W551, W553 .....	255
Kurzverfahren nach Arbeitsblatt DVGW W553 .....	255
Vereinfachtes Verfahren nach Arbeitsblatt DVGW W553 .....	255
Zirkulationspumpen .....	256
Begleitheizung, Inliner-System .....	257
Elektrische Begleitheizung .....	257
Anschlussarten von Trinkwassererwärmern .....	258
Vorgeschriebene Armaturen in der Kaltwasserleitung vor TWE .....	259
Sicherheitsventile für geschlossene Trinkwassererwärmer .....	259
Membran-Druckausdehnungsgefäße für Trinkwasser .....	260
Schutz des Trinkwassers vor Legionellen .....	260
Wärmedämmung von Trinkwarmwasserleitungen .....	262
<b>Feuerlösch- und Brandschutzanlagen .....</b>	<b>264</b>
Brandklassen, Feuerlöscher, Löschmittel .....	264
Feuerlösch- und Brandschutzanlagen .....	264
Löschwasserverteilsysteme .....	264
Schmelzlot- und Glasfasssprinkler .....	265
Funktionsschema einer Sprinkleranlage .....	265
Verhalten im Brandfall, Brandschutzordnung A .....	265
<b>Sanitäre Einrichtungen .....</b>	<b>266</b>
Planungsgrundlagen für Bäder und WC-Räume .....	266
Seitliche Abstände von Stellflächen in Bädern und WC-Räumen .....	266
Bewegungsflächen .....	267
Sanitäre Mindestausstattung in Wohnungen .....	268
Einrichtungsgegenstände für unterschiedliche Gebäude .....	268
Werkstoffe für Sanitärgegenstände .....	269
Farbtöne von Sanitärobjekten .....	269
Farb- und Raumgestaltung von Bädern .....	270
Maße, Montagemaße sanitärer Einrichtungsgegenstände .....	271
Waschtische .....	271
Badewannen .....	271
Duschwannen .....	272
Sitzwaschbecken .....	272
Klosettanlagen .....	273
Fliesengerechte Installation .....	274
Elastische Fugen in Sanitäräumen .....	274
Barrierefreie Installation .....	275
<b>Abwasser- und Abscheideanlagen .....</b>	<b>276</b>
Arten von Abwässern, Schmutz- und Regenwasser .....	276
Normen .....	276
Systemübersicht .....	276
Schutz vor Überflutung .....	276
Füllungsgrad, Gefälle .....	277
Verlegerichtlinien liegender Leitungen innerhalb von Gebäuden .....	277
Verlegerichtlinien Falleitungen .....	278
Richtungsänderungen von Schmutzwasserfallleitungen .....	278
Mehrfach verzogene Falleitungen (Terrassenhäuser) .....	280
Lüftungsarten und Verlegeregeln .....	280

Dimensionierung von Lüftungsleitungen .....	281	<b>Gas- und Abgastechnik</b> .....	<b>306</b>
Rückstausicherungen .....	281	<b>Gastechnik</b> .....	<b>306</b>
Rückstauverschluss .....	282	Aufbau von Erdgasanlagen .....	306
Hebeanlage mit Rückstauschleife .....	282	Ermittlung der Rohrdurchmesser in Gasanlagen .....	306
Sinkstoffabscheider, Leichtflüssigkeits- abscheider, Fettsabscheider .....	283	Auswahl Strömungswächter .....	306
Abwasserkanäle und Formstücke (PVC-U) .....	284	Auswahl Balgengaszähler .....	306
Rohre und Formstücke HT .....	285	Rohrdruckgefälle von Kupfer- und Edelstahlrohren .....	307
Rohre und Formstücke PE-HD .....	286	Rohrdruckgefälle von Stahlrohren .....	307
Schallgedämmte Abwasserrohre und Formstücke .....	288	Längenzuschlag für Formteile in metallinen Leitungen .....	308
Bodenabläufe, Geruchverschlüsse .....	290	Geräteanschlussarmatur mit integrierter TAE .....	308
Prüfen von Freispiegelleitungen .....	291	Druckverluste und Rohrdruckgefälle für metallene Verbrauchs- und Verteilungs- leitungen (Streckenbelastung $\hat{Q}_{SB}$ ) .....	309
Inspektions- und Wartungsmaßnahmen .....	292	Druckverluste für Gasströmungswächter .....	309
<b>Dimensionierung abwassertechnischer Anlagen</b> .....	<b>293</b>	Druckverluste für Balgengaszähler .....	309
Schmutzwasserabfluss, Anschlusswerte und Nennweite von Einzelanschlussleitungen .....	293	Rohrdruckgefälle von Kupfer- und Edelstahlrohren in Verbrauchs- und Verteilungsleitungen .....	309
Abflusskennzahlen .....	294	Rohrdruckgefälle von Stahlrohren in Verbrauchs- und Verteilungsleitungen .....	310
Gesamtschmutzwasserabfluss .....	294	Zusatz – GS K .....	310
Zulässiger Schmutzwasserabfluss und Nennweite .....	294	Druckverluste für Absperrrichtungen – Einzelzuleitungen und Abzweigleitungen .....	310
Anwendungsgrenzen bei Einzelanschlussleitungen .....	294	Druckverluste für Absperrrichtungen – Verbrauchs- und Verteilungsleitungen .....	311
Minimale Luftmenge für Belüftungsventile in Anschlussleitungen .....	294	Längenzuschlag für Formteile .....	311
Bemessung von Sammelanschlussleitungen .....	295	Längensabgleich Gasströmungswächter .....	312
Anwendungsgrenzen für unbelüftete Sammel- anschlussleitungen .....	295	Berechnungsgang zur Rohrleitungsbemessung .....	313
Zulässiger Schmutzwasserabfluss und Nennweite für Fallleitungen .....	295	Rohrleitungsdurchmesser im Diagramm- verfahren .....	314
Bemessung von Sammel- und Grundleitungen .....	296	Gaszähler, Abmessungen .....	317
Anwendungsgrenzen bei Sammel- und Grundleitungen .....	297	Gas-Kugelhahn, Eckform .....	317
<b>Regenwassernutzung</b> .....	<b>298</b>	Gas-Kugelhahn-Durchgang .....	317
Möglichkeiten der Regenwassernutzung .....	298	Thermisch auslösende Absperrrichtung .....	317
Rechtliche Rahmenbedingungen .....	298	Gas-Strömungswächter .....	318
Aufbau einer Regenwassernutzungsanlage .....	298	Auswahl von Strömungswächtern .....	318
Abflussbeiwerte verschiedener Dächer .....	298	Rohr-/Verbindungsstücke für Gasleitungen .....	319
Regenmengen .....	299	Rohrverbindungen für Gasleitungen .....	319
Regenwasserertrag .....	299	Rohrverbindungsarten, Beispiele .....	320
Betriebswasserbedarf je Person und Tag .....	299	Dichtungsmaterialien für Gasleitungen .....	320
Tankgröße .....	299	Äußerer Korrosionsschutz bei Gasleitungen .....	320
Regenwasserspeicher .....	300	Prüfung und Inbetriebnahme von Gasleitungen .....	321
Tankarten .....	300	Gasleckmengen .....	321
Belastbarkeitsklassen .....	300	Inbetriebnahme von Gasleitungen .....	322
Trinkwassernachspeisung .....	300	Abnahmeprotokoll .....	322
Filter (Zulauf zum Speicher) .....	300	Aufbau von Flüssiggasanlagen .....	323
Leitungssystem .....	301	Aufstellrichtlinien – Ortsbewegliche Flüssiggasbehälter in Gebäuden .....	323
Kennzeichnung und Sicherheitseinrichtungen .....	301	Flüssiggaslagerung – Ortsfeste Flüssiggasbehälter im Freien .....	324
Inspektions- und Wartungsintervalle .....	301	Druckregelgeräte für Flüssiggasanlagen .....	325
<b>Schall- und Brandschutz in der Installations- technik</b> .....	<b>302</b>	Inhalt von ortsbeweglichen Flüssiggasbehältern .....	325
Schallschutz .....	302	Explosionsgefährdete Bereiche .....	325
Schallschutzstufen .....	302	Anforderungen an Aufstellung von Flüssiggastanks .....	326
Schallschutzmaßnahmen .....	302	Abstände zu Brandlasten .....	326
Schallschutzklassen im Wohnungsbau .....	303	Druckregelgeräte in Flüssiggasanlagen .....	326
Brandschutz .....	304	Rohre für Flüssiggasleitungen .....	327
Gebäudeklassen .....	304	Rohrverbindungen für Flüssiggasleitungen .....	327
Feuerwiderstandsklassen .....	304	Rohre für Innenleitungen .....	327
Teilabnahme der Leitungen .....	305		
Dokumentation der Abnahme .....	305		

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

	Prüfung und Inbetriebnahme von Flüssiggasanlagen .....	328	<b>Norm-Heizlast</b> .....	<b>355</b>
<b>G</b>	Rohrweitenbestimmung von Flüssiggasleitungen, Diagrammverfahren .....	328	Prozess zur Berechnung der Norm-Heizlast .....	355
	Niederdruckleitungen $\Delta p < 100$ mbar .....	328	Grundlagen zur Heizlastberechnung .....	356
	Einzelzuleitungen Kupfer-/Edelstahlrohr .....	328	Wärmedurchgang durch Bauteile und Temperaturverlauf .....	357
	Einzelzuleitungen Präzisionsstahlrohr .....	329	Wärmeübertragung .....	357
	Mitteldruckleitungen $\Delta p > 100$ mbar .....	329	Wärmedurchgangskoeffizient ( <i>U</i> -Wert) .....	357
	Kupfer-/Edelstahlrohr .....	329	Wärmeleitfähigkeit .....	358
	Präzisionsstahlrohr .....	329	Wärmedurchlasswiderstand .....	359
<b>M</b>	Niederdruckleitungen, Tabellenverfahren .....	330	Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster und Fenstertüren .....	360
	Druckverluste für Gasströmungswächter .....	330	Berechnung der Norm-Heizlast .....	361
	Druckverluste für Gaszähler .....	330	Norm-Außentemperaturen .....	366
	Druckverluste für Absperrarmaturen .....	330	Klimazonen und Jahresmittel-Außentemperaturen .....	367
	Druckverluste für Geräteanschlussarmaturen .....	331	Norm-Innentemperaturen .....	367
	Druckverluste für Rohrleitungen .....	331	Luftwechszahlen .....	368
	Gasgerätearten nach Luft- und Abgasführung .....	332	Höhenkorrekturfaktor .....	368
	Verbrennungsluftversorgung und Abgasführung von Gasgeräten .....	333	Innentemperaturabfall bei Altbauten .....	368
<b>K</b>	Aufstellbedingungen für Gasgeräte .....	333	Wiederaufheizefaktoren .....	369
	Kennzeichnung von Gasgeräten .....	334	Wärmeübergangskoeffizient .....	370
	Geräteschild nach Gasgeräterichtlinie .....	334	Temperatur-Reduktionsfaktor .....	371
	Aufschlüsselung Ländercode .....	334	Wärmebrückenanschlag .....	371
	Aufschlüsselung Jahreszahl .....	334	Norm-Heizlast, Formblatt .....	372
	Verbrennungsluftversorgung von Gasgeräten .....	334	Transmissions-Heizlast .....	373
<b>W</b>	Verbrennungsluftverbund .....	335	Lüftungsheizlast .....	374
<b>F</b>	Anrechenbare Nennleistung .....	335	<b>Energieeinsparverordnung</b> .....	<b>375</b>
<b>M</b>	<b>Abgastechnik</b> .....		Energieeinsparverordnung EnEV 2014 .....	375
	Abgas-Verbindungsstücke und Material .....	336	Geltungsbereich .....	375
	Abgasführung über Dach .....	336	Änderungen im Vergleich zur EnEV 2009 .....	376
	Mündungen in der Fassade .....	337	Energieausweis .....	377
			Gültigkeit älterer Energieausweise .....	378
			Energieanforderungen an Neubauten .....	379
			Anforderung an Wohngebäude .....	380
			Anforderung an Nichtwohngebäude .....	382
			Wärmedurchgangskoeffizienten für Nichtwohngebäude .....	385
			Jahres-Primärenergiebedarf .....	385
			U-Werte für Wohn- und Nichtwohngebäude .....	386
			Gebäudedichtheit .....	386
			Sonnenschutzanforderungen .....	386
			Wärmedämmung von Rohrleitungen .....	387
			Transmissionswärmeverlust .....	388
			Anlagenaufwandszahl, Anlagentyp 1 .....	388
			Anlagenaufwandszahl, Anlagentyp 2 .....	389
			Anlagenaufwandszahl, Anlagentyp 3 .....	389
			<b>Bemessung von Raumheizeinrichtungen</b> .....	<b>390</b>
			Heizkörperauslegung für Einrohrheizung .....	390
			Heizkörperauslegung für Zweirohrheizung .....	391
			Untergruppen der Heizflächen .....	392
			Heizkörperberechnungen .....	392
			Minderungsfaktoren, Drücke .....	394
			Umrechnungsfaktor $f_u$ .....	395
			Radiatoren .....	396
			Spezialradiatoren .....	397
			Fachheizkörper, Befestigungen .....	398
			Konvektoren .....	399
			Rohrheizkörper .....	401
			Deckenstrahlplatten .....	402
			Fußbodenheizung – Auslegung .....	404
			Aufteilung von Heizflächen .....	406
			Fußboden-Oberflächentemperatur .....	407
<b>B</b>				
	Planung, Ausführung, Betrieb und Kosten .....	338		
	Kennzeichen von Heizungsanlagen .....	339		
	Heizungsarten .....	340		
	Richtlinien zum Immissionsschutz .....	341		
	Grenzwerte Feuerungsanlage fester Brennstoffe .....	342		
	Aufstellrichtlinien für Wärmeerzeuger .....	342		
	Aufstell- und Heizraum .....	343		
	Verbrennungsluftleitungen für Heizräume .....	344		
	Abluftquerschnitt bei Heizräumen .....	344		
	Brennstofflagerräume .....	344		
<b>E</b>	Bestandteile, Angebot und Abnahme einer Heizungsanlage .....	345		
	Wirtschaftlichkeit und Kosten einer Heizungsanlage .....	346		
	Heizkostenverordnung .....	347		
	Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten und Verbrauchskosten .....	348		
	Vollkosten für Heizungs- und Warmwassersystem .....	349		
	Jährliche Energiekosten von Heizungs- und TWW-Anlage .....	350		
	Zusammensetzung der Heizkosten bei Zentralheizungen .....	353		
	Verbrauchsabhängige Kosten .....	353		
	Wärmemengenzähler .....	353		
	Verbrennung .....	354		
	Verluste und Wirkungsgrade .....	354		
	Nutzungsgrade .....	354		
<b>S</b>				
<b>H</b>				
<b>K</b>				
<b>EE</b>				
<b>U</b>				

Verlegeabstand .....	407	<b>Gasfeuerung</b> .....	<b>436</b>
Fußbodenaufbau .....	408	Eigenschaften von Brenngasen nach Familien .....	436
Fußbodenbeläge .....	409	Verbrennungseigenschaften von Brenngasen .....	436
Rohrbedarf pro Heizkreis .....	409	Gasbrenner, Einteilung und Aufbau .....	436
Druckverlust-Diagramme .....	410	Ausrüstung und Sicherheitszeiten (Gasbrenner ohne und mit Gebläse) .....	437
<b>Rohmetz</b> .....	<b>411</b>	Einstellwerte von Gaswärmeerzeugern .....	438
Rohrnetzauslegung .....	411	Brennwerttechnik .....	438
Rohre in der Heizungstechnik .....	411	Ermittlung des Normnutzungsgrades von Heizkesseln .....	439
Stahlrohre .....	412	Reduzierung der Heizwassermitteltemperatur .....	440
Präzisionsstahlrohre .....	413	Kondensationszahl $\alpha$ .....	440
Kupferrohre .....	413	Eigenschaften des Kondenswassers .....	440
Kunststoffrohre aus Polybuten .....	414	<b>Ölfeuerung</b> .....	<b>441</b>
Rohre aus Polyethylen .....	414	Heizöl EL .....	441
Rohre aus PE-MDX .....	415	Anforderungen an Heizöl EL .....	441
Rohre aus Polypropylen .....	415	Verbrennung von Heizöl EL .....	441
Verbundrohre PE-X .....	415	Ölbrennerarten .....	441
Rohrverbindungen .....	416	Schematischer Aufbau von Ölbrennern .....	442
Wärmeverteilungssysteme .....	416	Regelungs-/sicherheitstechnische Ausrüstung von Ölbrennern .....	442
Rohrsysteme .....	417	Ölzerstäuberdüsen – Eigenschaften und Kennzeichnung .....	442
Rohrnetzberechnung .....	417	Auslegung und Auswahl von Ölzerstäuberdüsen .....	443
Rohrnenntweiten und Druckverluste .....	418	Öllagerung .....	444
Druckverluste durch Einzelwiderstände .....	419	Lagermengen .....	444
Druckverluste für Präzisionsstahlrohr .....	419	Tankbauarten .....	444
Druckverluste durch Kupferrohre .....	420	Füll-, Be- und Entlüftungseinrichtungen und Entnahmeleitungen bei Öltanks .....	444
Druckverluste durch Stahlrohre .....	421	Ölzuführung im Ein- und Zweistrangsystem .....	445
Druckverluste durch PE-X-Rohre .....	422	Armaturen für unter- und oberirdische Öllagerung .....	445
Druckverluste durch Drei-/Vierwegmischer .....	422	<b>Festbrennstoff-Feuerung</b> .....	<b>446</b>
Widerstandsbeiwerte und Einzelwiderstände .....	423	Holzfeuerungen .....	446
<b>Hydraulischer Abgleich</b> .....	<b>424</b>	Heizwerte im Vergleich .....	446
Vorgehensweise zum hydraulischen Abgleich .....	424	Ausführungen und Eigenschaften von Holzfeuerungen .....	446
Einstellung von Abgleicheinrichtungen .....	424	<b>Fernwärmeversorgung</b> .....	<b>447</b>
Einstellungen an Heizkörper-Armaturen .....	425	Fernwärmeanlagen .....	447
Auswahl hydraulischer Strangregler .....	426	Eigenschaften .....	447
Hydraulische Weiche .....	426	Bereiche und Leitungszonen .....	447
<b>Heizungspumpen</b> .....	<b>427</b>	Indirekte und direkte Versorgung .....	447
Proportionalgesetze bei Drehzahländerung .....	427	Temperaturabsicherung .....	447
Geregelte Elektronikpumpen .....	427	<b>Dampfkesselanlagen</b> .....	<b>448</b>
Pumpenauswahl, -regelung, -einbau .....	428	Aufbau von Dampfkesselanlagen .....	448
Pumpenkennlinien .....	429	Arten von Wasserdampf in Dampfheizungen .....	448
<b>Sicherheitstechnische Ausrüstung</b> .....	<b>430</b>	Eigenschaften von Wasserdampf .....	448
Anlagenausrüstung .....	430	Leistung von Dampfkesseln .....	449
Geschlossene Anlagen .....	430	Durchmesser von Dampf- und Kondensatleitungen .....	449
Umtriebsdruck in offenen Systemen .....	431	Dimensionierung von Kondensatleitungen .....	450
Sicherheitsleitungen bei offenen Systemen .....	431	Anforderungen an die Wasserqualität bei Dampfkesseln .....	450
Sicherheitsventile, Leitungen und Entspannungstöpe .....	432	Kondensatableiter .....	450
Abblaseleistung .....	432	<b>Raumlufttechnik</b> .....	<b>451</b>
Sicherheitstechnische Einrichtungen (Übersicht) .....	432	<b>Thermische Behaglichkeit</b> .....	<b>451</b>
Membran-Ausdehnungsgefäße .....	433	Einteilung der lufttechnischen Anlagen .....	451
Ermittlung des Anlagenvolumens .....	433	Auslegungskriterien für Lüftungs- und Klimaanlage .....	451
Bestimmung des vom MAG aufzunehmenden Ausdehnungsvolumens .....	433	Ergonomie der thermischen Umgebung .....	452
Bestimmung der Nenngröße des MAG .....	433		
Inhalt und Abmessung von MAG .....	434		
Gefäßgröße .....	434		
Ermittlung des benötigten Fülldruckes .....	434		
Montagebeispiele für Membran-Ausdehnungsgefäße .....	434		
<b>Heizungsregelung</b> .....	<b>435</b>		
Regler in Heizungsanlagen .....	435		
Arten der Temperaturregelung .....	435		

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

	Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV, predicted mean vote) .....	452	<b>Wohnraumlüftung</b> .....	<b>465</b>
	Kategorien des Umgebungsklimas .....	452	Systeme der Wohnungslüftung .....	465
<b>G</b>	Lokale thermische Unbehaglichkeit .....	452	Freie Lüftung .....	465
	Optimale operative Temperatur .....	452	Abluftsystem .....	465
	Höchstzulässige mittlere Luftgeschwindigkeit bei lokaler Temperatur .....	453	Zu- und Abluftsystem .....	465
	Gestaltungskriterien für Räume .....	453	<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung</b> .....	<b>466</b>
	Energieumsätze von Menschen in Abhängigkeit der Tätigkeit .....	453	Außenluftvolumenströme für Räume mit Außenfenster .....	466
<b>M</b>	Zustandsgrößen trockener und gesättigter Luft ..	454	Außenluftvolumenströme für fensterlose Räume ..	466
	<b>Luftvolumenströme in Nichtwohngebäuden</b> .....	<b>455</b>	Lüftung von Wohnungen .....	466
	Lüftung von Nichtwohngebäuden .....	455	Be- und Entlüftung von Einzelräumen mit Wanddurchlasselementen .....	466
	Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage	455	Zentralgeräte für Wohngebäude und Etagenwohnungen .....	467
	Festlegung der Luftarten .....	455	Standgeräte mit Wärmerückgewinnung .....	467
	Anlagentypen von Lüftungs- und Klimaanlage	456	Deckengeräte mit Wärmerückgewinnung .....	468
	Klassifizierung der Abluft (ABL) .....	456	Zentrallüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung	469
	Klassifizierung der Fortluft (FOL) .....	456	Abmessungen für Standgeräte .....	469
<b>K</b>	Klassifizierung der Außenluft (AUL) .....	456	Abmessungen für Lüftungskanäle .....	469
	Verunreinigungskonzentrationen der AUL .....	456	<b>Kühllastberechnung</b> .....	<b>470</b>
	Klassifizierung der Zuluft (ZUL) .....	456	Kühllastberechnung im Sommerbetrieb .....	470
	Allgemeine Klassifizierung der Raumluft .....	457	Kühllast der elektrischen Beleuchtung und elektrischen Geräte .....	470
	Klassifizierung durch CO <sub>2</sub> -Konzentration (Direkte Klassifizierung) .....	457	Anhaltswerte für Wärmeeinfall von elektrischen Geräten .....	470
<b>W</b>	Außenluftvolumenströme je Person (Indirekte Klassifizierung) .....	457	Wärmeabgabe $\phi_M$ von Drehstrom- Asynchronmotoren bei Volllast .....	470
<b>F</b>	Volumenstrom der AUL oder ÜSL je Netto-Bodenfläche (indirekt) .....	457	Wärmeabgabe des Menschen; Personenwärme ..	470
<b>M</b>	Auslegungswerte für Abluftvolumenströme .....	457	Äußere Kühllast .....	471
	Wiederverwendung von Abluft und Überströmung .....	458	Sonnendurchlassfaktoren $b$ bei Verglasung und Sonnenschutz .....	471
	Auslegungskriterien für die Netto-Bodenfläche je Person .....	458	Überschlagswerte $g_v$ für Glasflächenanteil von Fenstern .....	471
<b>B</b>	MAK- und TRK-Werte für Gefahrstoffe .....	458	Mitteltemperaturen angrenzender Räume im Sommer .....	471
	Bestimmung der Luftvolumenströme $q_v$ .....	459	<b>Volumenstromberechnung</b> .....	<b>472</b>
	Zuluftvolumenstrom $q_{v,ZUL}$ durch Personenbelegung .....	459	Volumenstromberechnung zur Deckung der Heizlast .....	472
	Zuluftvolumenstrom $q_{v,ZUL}$ durch bekannte Emissionen .....	459	Volumenstromberechnung zur Deckung der trockenen Kühllast .....	472
	Zuluftvolumenstrom $q_{v,ZUL}$ durch Heiz- und/oder Kühllast .....	459	Technische Ausführung der Luftkühlung .....	472
<b>E</b>	Außenluftbedarf nach Luftwechselzahl .....	459	Kühlung ohne Kältemaschine .....	472
	<b>Auslegung von RLT-Anlagen</b> .....	<b>460</b>	Kühlung mit Kältemaschine .....	473
	Druckverluste von Bauteilen in Zu- und Abluftanlagen .....	460	<b>Thermodynamische Luftbehandlung</b> .....	<b>473</b>
	Empfohlene Filterklassen je Filterstufe .....	460	Wärmeinhalt (Enthalpie) von Luft $h$ .....	473
	Anordnung der AUL- und der FOL-Öffnung .....	460	Luftheizung .....	473
	RLT-Anlagen für Küchen .....	461	Luftkühlung, trocken .....	474
	Aus hygienischen Gründen erforderliche Raumtemperaturen .....	461	Luftkühlung und Entfeuchtung .....	474
<b>S</b>	Zulässige Raumluftzustände im Aufenthaltsbereich der Küche .....	461	Luftbefeuchtung mit Dampf .....	474
<b>H</b>	Luftmengenabschätzung (Küche) .....	461	Luftbefeuchtung mit Wasser .....	474
<b>K</b>	Luftmengen für Nebenräume .....	461	Luftmischung .....	474
	RLT-Anlagen für Garagen .....	462	Zustandsgrößen und Zustandsänderung feuchter Luft im $h,x$ -Diagramm .....	475
	Außenluftvolumenstrom für geschlossene Garagen .....	462	<b>Kanäle und Formstücke</b> .....	<b>476</b>
<b>EE</b>	RLT-Anlagen für Hallenbäder .....	463	Luftleitungen aus Stahlblech mit rundem Querschnitt .....	476
<b>U</b>	RLT-Anlagen für Krankenhäuser .....	464	Wanddicken für runde Blechrohre und zulässige Überdrücke .....	476
	RLT-Anlagen für Laboratorien .....	465	Luftleitungen aus Stahlblech mit rechteckigem Querschnitt .....	476
			Dichtheitsklassen von Lüftungsbauteilen .....	476

Vergleich des Leckvolumenstroms runder und eckiger Kanäle ..... 476

Längsverbindungen bei eckigen Blechkanälen ..... 477

Stoßverbindungen bei Blechkanälen ..... 477

Nennweiten und Dichtheitsklassen ..... 477

Formstücke aus Blech ..... 477

Nennweiten flexibler Rohre, zulässige Drücke und längenbezogene Masse ..... 478

Kanalquerschnittsbestimmung ..... 478

Widerstandsbeiwerte für Formstücke ..... 478

**Druckverluste in geraden Kanälen ..... 480**

Bestimmung des Druckgefälles  $R$  im geraden waagerechten Rohr ..... 480

Luftgeschwindigkeit  $v$  in RLT-Anlagen ..... 480

$R$ -Werte für Wickelfalzhohre bei trockener Luft ..... 481

**Druckverluste in Lüftungs- und Klimaanlage ..... 482**

Dimensionierungsbeispiel Abluftkanal ..... 482

**Ventilatoren in Lüftungs- und Klimaanlage ..... 483**

Ventilatorbauarten ..... 483

Ventilatorleistung ..... 483

Ventilatordruck ..... 483

Zusammenhang Drehzahl  $n$ , Druck  $p$  und Leistung  $P$  ..... 484

Ventilator Kennlinien – Radialventilator ..... 484

Auswahltable für Axialventilatoren ..... 484

**Filter für RLT-Anlagen ..... 485**

Bauarten von Luftfiltern ..... 485

Luftverunreinigungen und Abscheidemethoden ..... 485

Differenzdrücke bei Luftfiltern ..... 485

Partikel-Luftfilter – Klasseneinteilung ..... 486

Schwebstoff- und Hochleistungs-Schwebstofffilter – Klasseneinteilung ..... 486

Anfangswiderstände von Taschenfiltern in Lüftungsgeräten ..... 486

Bauteile für Zu- und Abluftanlagen ..... 486

Lufterwärmer/-kühler in einer Kammeranlage ..... 486

Luftauslässe ..... 487

Aufbau von Lüftungs- und Klimazentralen ..... 488

**Schallschutz ..... 488**

Ventilator-Schalldaten (Herstellerangaben) ..... 488

Größenbestimmung von Kulissenschalldämpfern ..... 488

Zulässiger Schalldruckpegel am Arbeitsplatz ..... 489

Richtwerte für Schalldruckpegel in Nichtwohnungen ..... 489

Schallschutz in Mehrfamilienhäusern ..... 489

Schalldruckpegel auf die Nachbarschaft ..... 489

**Wärmerückgewinnungssysteme ..... 490**

Wärmerückgewinnung (WRG) ..... 490

Wärmerückgewinnungsverfahren – Übersicht ..... 490

**Brandschutz in RLT-Anlagen ..... 491**

Technische Ausführung des Brandschutzes in RLT-Anlagen ..... 491

Maße von Brandschutzklappen ..... 491

Dimensionierung von Brandschutzklappen ..... 492

**Regelung von RLT-Anlagen ..... 493**

Regelungsmöglichkeiten ..... 493

**Planungshinweise ..... 493**

Checkliste für Entwurf und Auslegung von Lüftungs- und Klimaanlage ..... 393

**Klempnerertechnik – Grundlagen ..... 494**

Dachgestaltung ..... 494

Bezeichnungen am Dach ..... 494

Dachformen ..... 494

Dachöffnungen ..... 494

Dachneigung von Metalldächern ..... 495

Dachaufbau der Metalldächer ..... 495

Belüftetes Metalldach ..... 495

Unbelüftetes Metalldach ..... 495

Deckblech ..... 495

Trennschicht ..... 495

Wärmedämmschicht ..... 495

Dampfsperre ..... 495

Be- und Entlüftung bei belüfteten Metalldächern ..... 495

Korrosion bei Klempnerarbeiten ..... 496

Korrosionsschutz bei Klempnerarbeiten ..... 496

Werkstoffkombination bei Klempnerarbeiten ..... 496

Schallschutz bei Metalldachkonstruktionen ..... 497

**Dimensionierung von Regenwasserleitungen ..... 498**

Bemessung von Dachrinnen und Regenfallrohren ..... 498

Regenspenden ausgewählter Orte ..... 499

Abflussbeiwert  $C$  ..... 500

Wirksame Dachfläche  $A$  ..... 500

Abflussvermögen vorgehängter Dachrinnen ..... 500

Abflussvermögen von runden und quadratischen Falleleitungen ..... 501

Beispielrechnung ..... 501

**Dachrinnen und Rinnenhalter ..... 502**

Dachrinnen (Maße) ..... 502

Rinnenhalter (Maße) ..... 502

Beanspruchungskategorien für Rinnenhalter ..... 502

Bohrungsdurchmesser für Rinnenhalter ..... 502

Einteilung von Dachrinnen ..... 503

Regenrinnen-Teiligkeit ..... 503

Regenrinnen-Notüberlauf ..... 503

DIN-Bezeichnung Dachrinne ..... 504

DIN-Bezeichnung Regenfallrohr ..... 504

**Fallrohre und Stutzen ..... 504**

Regenfallrohre – Maße ..... 504

Regenfallrohre – Nähte ..... 504

Trichterförmige Rinneneinhangstutzen für halbrunde Rinnen ..... 504

**Haft- und Klammern ..... 505**

Haftausführungen ..... 505

Anordnung der Schichthaft- Haft- und Befestigungsmittel, Anforderungen ..... 506

Klammern als Befestigungsmittel ..... 506

Kamineinfassung ..... 506

**Scharen und Querfalze ..... 507**

Mindest-Werkstoffdicken der Deckbleche ..... 507

Maximale Scharenlängen ..... 507

Einfalzverluste für Bänder ..... 507

Falzarten ..... 507

Wasserdichte Quernähte und Verbindungen ..... 507

Querverbindungen der Scharen ..... 508

Maximale Abstände von Bewegungsausgleichern ..... 508

Schornsteinkopfbekleidungen ..... 508

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

<b>Windsoglasten</b> .....	<b>509</b>
Windsoglasten bei Dächern .....	509
Windzonen .....	509
Flächeneinteilung für verschiedene Dachformen .....	509
Abstände und Anzahl der Hafte .....	510
Windzone WZ 1 .....	510
Windzone WZ 2 .....	510
Windzone WZ 3 .....	511

## **Erneuerbare Energien** **512**

<b>Wärmepumpen</b> .....	<b>512</b>
Übersicht der Wärmepumpensysteme .....	512
Kompressionswärmepumpen .....	512
Absorptionswärmepumpen .....	512
Energieflussdarstellung .....	513
Wärmeleistung .....	513
Kennzahlen .....	513
Leistungszahlen .....	513
Einstufung von Wärmepumpen .....	513
Auslegung von Wärmepumpenanlagen mittels Jahresdauerlinie .....	513
Wärmepumpenanlagen nach Art der Wärmequelle .....	514
Leistungsdaten für Wärmepumpen .....	515

<b>Solaranlagen</b> .....	<b>516</b>
Einteilung von thermischen Solaranlagen .....	516
Solaraten für den Standort Deutschland .....	516
Kennzahlen .....	516
Ablaufschema für die Planung einer thermischen Solaranlage .....	517
Bestimmung von Kollektorfläche und Speichervolumen .....	517
Solarertrag abhängig von Neigung und Ausrichtung .....	517
Jahreszeitlicher Verlauf .....	517
Solaranlage zur Trinkwassererwärmung .....	517
Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung .....	517
Daten für Solarkollektoren .....	518

<b>Biomasseanlagen</b> .....	<b>519</b>
Begriffe und Zusammenhänge .....	519
Energieinhalt von Biomasse .....	519
Flüssige Kraftstoffe aus Biomasse .....	519
Gasförmige Brennstoffe aus Biomasse .....	519
Richtwerte für Gaserträge .....	520
Genehmigung von Biogasanlagen .....	520
Prozess der Biogaserzeugung .....	520
Vereinfachtes Anlagenschema einer Biogasanlage .....	520
Aspekte zur Sicherheit von Biogasanlagen .....	520
Feste Biomasse .....	521
Verbrennungssysteme für die feste Biomasse .....	521

<b>Windkraftanlagen</b> .....	<b>522</b>
Begriffe .....	522
Aufbau und Elemente einer WKA .....	522
Unterscheidung von WKA .....	522
Entstehung von Wind .....	522
Physikalische Zusammenhänge .....	522
Umweltauswirkungen von WKA .....	522
Berechnungsgrundlage für Windkraftanlagen .....	523
Kennzahlen von Windkraftanlagen .....	523
Daten für Windkraftanlagen .....	52

<b>Wasserkraftanlagen</b> .....	<b>524</b>
Begriffe .....	524
Wasserkraftanlagen (Übersicht) .....	524
Grundlegende Turbinenarten .....	524
Hochdruckkraftwerk mit Kaplan-Turbine .....	524
Gezeitenkraftwerk .....	524
Berechnungsgrundlagen zu Wasserkraftanlagen .....	525
Elektrische Leistung und Wirkungsgrad .....	525
Turbinenwirkungsgrad .....	525
Einsatzgebiete der Turbinenarten .....	525

<b>Blockheizkraftwerke</b> .....	<b>526</b>
Aufbau und Arten .....	526
Berechnungsgrundlagen von BHKW .....	526
Energieflussdarstellung und Wirkungsgrade .....	527
Wirkungsgrade (Beispieldaten) .....	527
Betriebsarten .....	527
Einbindung von BHKW in Energieerzeugungs- anlagen .....	527
Betriebsdaten von BHKW .....	528

<b>Geothermie</b> .....	<b>529</b>
Begriffe .....	529
Klassifikation der Erdwärmequellen .....	529
Nutzung der Erdwärme .....	529
Anlagenschema zur direkten Nutzung für Heizzwecke .....	529

## **Umweltechnik** **530**

<b>Transport und Speicherung elektrischer Energie</b> .....	<b>530</b>
Stromtransport .....	530
Energiespeicherung .....	530

<b>Zusammenhänge und Effekte der Umweltechnik</b> .....	<b>531</b>
Emission .....	531
Immission .....	531
Treibhauseffekt .....	531
Umweltrecht .....	532
Umweltstrafrecht .....	532

<b>Analytik in der Umweltechnik</b> .....	<b>533</b>
Instrumentelle Analytik .....	534
Summenparameter .....	534

<b>Grundlagen der Umweltechnik</b> .....	<b>535</b>
Disperse Systeme .....	535
Bedeutung, Fakten und Handhabung .....	535
Trennen disperser Systeme .....	535
Lösungsmittel .....	536
Gehaltsangaben .....	537
Anteile, Konzentrationen .....	537
Boden .....	538
Belastungen .....	538
Prüfwerke .....	538
Luft .....	539
Gasförmige Immissionen .....	539
Gesundheitsschädliche Stäube .....	539
Grenzwerte für Abgasverkuste .....	540
Abgasmessung .....	540

## **Sachwortverzeichnis** **541**

## **Firmenverzeichnis** **560**

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

<b>Normung</b>				EN 45 020: 2007-03		
<b>Ebenen der Normung und Terminologie</b>						
<b>Kurzzeichen</b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Aufgabe und Ziel</b>				
<b>Internationale Normen (ISO-Normen), Genf</b>						
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization (aus dem Griechischen „isos = gleich“)	Sie gibt weltweite Spezifikationen für Produkte, Dienstleistungen und Systeme, um die Qualität, Sicherheit und Effizienz zur Erleichterung des internationalen Handels zu gewährleisten.				
<b>Europäische Normen (EN-Normen), Brüssel</b>						
<b>EN</b>	Europäische Normungsorganisation CEN = Comité Européen de Normalisation	Sie harmonisiert die nationalen Normen in den Mitgliedsländern. Handelshemmnisse sollen abgebaut, gleiche Rahmen- und Wettbewerbsbedingungen für den europäischen Binnenmarkt geschaffen werden.				
<b>Deutsche Normen (DIN-Normen), Berlin</b>						
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung e.V.	Sie organisiert zum Nutzen der Allgemeinheit unter Wahrung des öffentlichen Interesses die Normung und Standardisierung und dient der Innovation, Sicherheit und Verständigung in Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Öffentlichkeit.				
<b>Weitere Bezeichnungen von DIN-Normen</b>						
<b>DIN EN</b>	Deutsche unveränderte Übernahme einer Europäischen Norm (EN)					
<b>DIN EN ISO</b>	Deutsche Übernahme von ISO oder CEN entstandenen und veröffentlichten Normen					
<b>DIN ISO</b>	Deutsche unveränderte Übernahme einer ISO-Norm					
<b>DIN VDE</b>	Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik werden gemeinsam von DIN und VDE durch die DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik) bearbeitet.					
<b>Weitere Regelwerke</b>						
<b>BImSchG</b>	Bundes-Immissionsschutzgesetz	<b>TRD</b>	Technische Regeln für Dampfkessel			
<b>BImSchV</b>	Bundes-Immissionsschutzverordnung	<b>TRG</b>	Technische Regeln Druckgase			
<b>BBodSchG</b>	Bundesbodenschutzgesetz	<b>TRGJ</b>	Technische Regeln für Gas-Installationen			
<b>DGQ</b>	Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.					
<b>DVGW</b>	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (Bonn)	<b>TRF</b>	Technische Regeln Flüssiggase			
		<b>TRGS</b>	Technische Regeln für Gefahrstoffe			
		<b>TrinkW</b>	Trinkwasserverordnung			
<b>DWA</b>	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser u. Abfall e. V. (Hennef)	<b>VDE</b>	Verband Deutscher Elektrotechniker e.V. (Frankfurt am Main)			
		<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Düsseldorf)			
<b>EE-WärmeG</b>	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz	<b>VOB</b>	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen			
<b>EnEV</b>	Energieeinsparverordnung					
<b>FeuVo</b>	Feuerungsverordnung					
<b>GefStoffV</b>	Gefahrstoffverordnung					
<b>MLAR</b>	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie	<b>W</b>	Arbeitsblätter zur Trinkwasserverordnung TrinkW			
<b>TRB</b>	Technische Regeln zur Druckbehälterverordnung					
<b>TRbF</b>	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten	<b>WHG</b>	Wasserhaushaltsgesetz			
		<b>ZVSHK</b>	Zentralverband Sanitär, Heizung, Klima (Sankt Augustin)			
<b>Benennung</b>						
<b>Begriff</b>	<b>Norm</b>	<b>Teil einer Norm</b>	<b>Beiblatt</b>	<b>Entwurf</b>	<b>Vornorm</b>	<b>Gültigkeitsdatum</b>
Beispiel	DIN 16893	DIN 422-2	DIN EN 12831 Bbl. 2	E DIN 1999-100	DIN V 4107	DIN EN 673 2011-04

G

M

K

W

F

M

B

E

S

H

K

EE

U

G

M

K

W  
F  
M

B

E

S  
H  
K

EE  
U

Griechisches Alphabet							
Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe	Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe
$\alpha$	$A$	Alpha	Winkel, Längenausdehnung	$\nu$	$N$	Ny	kinematische Viskosität
$\beta$	$B$	Beta	Winkel	$\xi$	$\Xi$	Xi	Massenanteile
$\gamma$	$\Gamma$	Gamma	Winkel	$o$	$O$	Omikron	Oberfläche, Oktave
$\delta$	$\Delta$	Delta	Winkel, Differenz	$\pi$	$\Pi$	Pi	Ludolph'sche Zahl 3,14159
$\varepsilon$	$E$	Epsilon	Emissionskoeffizient, Dehnung	$\rho$	$P$	Rho	Dichte
$\zeta$	$Z$	Zeta	Widerstandsbeiwert	$\sigma$	$\Sigma$	Sigma	Spannung, Summe
$\eta$	$H$	Eta	Wirkungsgrad	$\tau$	$T$	Tau	Schubspannung
$\vartheta$	$\Theta$	Theta	Temperatur in °C	$\upsilon$	$Y$	Ypsilon	Geschwindigkeit
$\iota$	$I$	Jota	nicht das Geringste	$\varphi$	$\Phi$	Phi	Luftfeuchte, Wärmestrom
$\kappa$	$K$	Kappa	Isotropen-/Adiabatenexponent	$\chi$	$X$	Chi	Stoffmengenanteil
$\lambda$	$\Lambda$	Lambda	Wärmeleitfähigkeit	$\psi$	$\Psi$	Psi	Abflussbeiwert
$\mu$	$M$	My	Rauigkeit	$\omega$	$\Omega$	Omega	elektrischer Widerstand

Römische Zahlzeichen					
Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern
I	1	XX	20	CC	200
II	2	XXX	30	CCC	300
III	3	XL	40	CD	400
IV	4	L	50	D	500
V	5	LX	60	DC	600
VI	6	LXX	70	DCC	700
VII	7	LXXX	80	DCCC	800
VIII	8	XC	90	CM	900
IX	9	C	100	M	1000
X	10				

Zeichen nebeneinander addieren. Kleinere Zahlen folgen größeren, max. 3 gleiche Zeichen aufeinander (III, XXX, CCC, MMM); V, L, D nie mehrfach (VV ist XI)

MDCLXXXVII = 1687	MMIII = 2003
MCMXCIX = 1999	XCIX = 99

Mathematische Zeichen					
Auswahl nach DIN 1302: 1999-12					
Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung
...	bis, und so weiter bis	-	minus, weniger	$\Delta$	Delta, Zeichen f. Differenz
=	gleich	$\sqrt{a}$	Quadratwurzel aus a	$\cong$	kongruent
$\neq$	nicht gleich, ungleich	$\cdot, \times$	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	$\equiv$	identisch
$\sim$	proportional	$:, /, -$	durch, geteilt durch, dividiert durch	$\sphericalangle$	Winkel
$\approx$	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	%	Prozent, von Hundert	$\overline{AB}$	Strecke AB
$\hat{=}$	entspricht	‰	Promille, von Tausend	$\widehat{AB}$	Bogen AB
<	kleiner als	{, }, { }	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	$\Sigma$	Summe
>	größer als		parallel	e	Euler'sche Zahl e = 2,718 281 828 ...
$\geq$	größer oder gleich, mindestens gleich	$\neq$	nicht parallel	$\pi$	Pi = 3,141 59...
$\leq$	kleiner oder gleich, höchstens gleich	$\perp$	rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf	$\infty$	unendlich
+	plus, mehr, und	tan	Tangens	log	Logarithmus (allgemein)
sin	Sinus	cot	Cotangens	lg	Zehnerlogarithmus
cos	Cosinus			ln	natürlicher Logarithmus
				lb	binärer Logarithmus

SI-Basiseinheiten<sup>1)</sup> DIN 1301-1: 2010-10

Größe	Länge	Masse	Zeit	Elektrische Stromstärke	Thermodynamische Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Einheitenname	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Einheitenzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd

<sup>1)</sup> SI ist die Abkürzung für „Système International d’Unités“ (Internationales Einheitensystem)

Formelzeichen, Größen, Einheiten

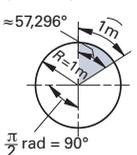
Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung
-------	---------------	--------------	---------	-----------------------

Länge, Fläche, Volumen, Winkel

Länge	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung					
Länge	$l$	<b>Meter</b>	m	m					
Breite	$b$			1 km	1000	1000	10000	100000	1000000
Höhe, Tiefe	$h, t$			1 m	1	10	100	1000	
Radius	$r$			1 dm	0,1	1	10	100	
Durchmesser	$d, \varnothing$			1 cm	0,01	0,1	1	10	
Dicke	$d, D$			1 mm	0,001	0,01	0,1	1	
Umfang	$U$			1 $\mu$ m	0,000001	0,00001	0,0001	0,001	0,001
Weglänge	$s$			<b>Ablesebeispiel: 1 dm = 0,1 m = 10 cm = 100 mm</b>					

Fläche Oberfläche Querschnittsfläche Grundstücksfläche	A	Quadratmeter	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>				
				1 m <sup>2</sup>	1	100	1000	1000000
				1 dm <sup>2</sup>	0,01	1	100	10000
	A	Ar, Hektar	a ha	1 cm <sup>2</sup>	0,0001	0,01	1	100
				1 mm <sup>2</sup>	0,000001	0,0001	0,01	1
<b>Ablesebeispiel: 1 dm<sup>2</sup> = 0,01 m<sup>2</sup> = 100 cm<sup>2</sup> = 10000 mm<sup>2</sup></b>								

Volumen	V	Kubikmeter	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>				
				1 m <sup>3</sup>	1	1000	1000000	
				1 dm <sup>3</sup> (l)	0,001	1	1000	1000000
				1 cm <sup>3</sup> (ml)	0,000001	0,01	1	1000
<b>Ablesebeispiel: 1 dm<sup>3</sup> = 0,001 m<sup>3</sup> = 1000 cm<sup>3</sup> = 1000000 mm<sup>3</sup></b>								

ebener Winkel (Winkel) $\approx 57,296^\circ$  $\frac{\pi}{2} \text{ rad} = 90^\circ$	$\alpha, \beta, \gamma, \dots$	Radiant	rad	$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Bogen)}} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57,2957 \dots^\circ$
		Vollwinkel		$1 \text{ Vollwinkel} = 2 \cdot \pi \text{ rad}$
		Grad		$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad} = 60'$
		Minute		$1' = (1/60)^\circ = 60''$
		Sekunde		$1'' = (1/60)' \text{ rad} = (1/3600)^\circ$

Mechanik

Masse	$m$	Kilogramm	kg	1 kg	1000 g	0,001 mg (t)
				1 Mg (t)	1000000 g	1000 kg
längenbezogene Masse	$m'$	Kilogramm pro Meter	kg/m	Berechnung der Masse bei Stäben, Profilen, Rohren, Heizkörpern		
flächenbezogene Masse	$m''$	Kilogramm pro Quadratmeter	kg/m <sup>2</sup>	Berechnung der Masse bei Blechen und Platten		
spezifisches Volumen	$v$	Kubikmeter pro Kilogramm	m <sup>3</sup> /kg	1 m <sup>3</sup> /kg	1000 dm <sup>3</sup> /kg	1 dm <sup>3</sup> /g

G  
M  
K  
W  
F  
M  
B  
E  
S  
H  
K  
E  
E  
U

G

M

K

W  
F  
M

B

E

S  
H  
K

EE  
U

Formelzeichen, Größen, Einheiten (Fortsetzung)								
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
<b>Mechanik (Fortsetzung)</b>								
Dichte (vom Ort abhängige Größe)	$\rho$	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m <sup>3</sup>		g/cm <sup>3</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
				1 kg/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	1	
Kraft Gewichtskraft	$F$ $F_G$	Newton	N		mN	N	daN	kN
				1 mN	1	0,001	0,000 1	0,000 001
				1 N	1000	1	0,01	0,001
				1 kN	1000 000	1 000	100	1
				1 MN	10 <sup>9</sup>	1 000 000	100 000	1 000
<b>1 N = 1 kg · 1 m/s<sup>2</sup> = 1 kg m/s<sup>2</sup></b>								
Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	$M$ $M_b$ $M_k$	Newton mal Meter	Nm		Ncm	Nm	kNm	
				1 Nm	100	1	0,001	
Druck  mechanische Spannung	$p$  $\sigma, \tau$	Pascal	Pa		Pa	mbar, hPa	bar	N/cm <sup>2</sup>
				1 Pa	1	0,01	0,000 01	0,000 1
		Newton pro Millimeter hoch zwei	N/mm <sup>2</sup>	1 mbar, 1 hPa	100	1	0,001	0,01
				1 bar	100 000	1 000	1	10
				1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	1 000	0,1	1
<b>1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup> = 1 bar = 10 mWS; 1 mbar = 1 hPa</b>								
Arbeit <sup>1)</sup> Energie Wärmemenge	$W$ $E, W$ $Q$	Joule	J		kWh	J	kJ	MJ
				1 kWh	1	3 600 000	3 600	3,6
				1 J	2,7 · 10 <sup>-7</sup>	1	0,001	0,000 001
				1 kJ	0,000 277 8	1 000	1	0,001
				1 MJ	0,27	1 000 000	1 000	1
<b>1 J = 1 N · m = 1 W · s = 1 kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup></b>								
Leistung mechanisch  Wärmestrom	$P$  $\dot{Q}, \Phi$	Watt	W		mW	W	kW	MW
				1 mW	1	0,001	0,000 001	10 <sup>-9</sup>
				1 W	1000	1	0,001	0,000 001
				1 kW	1 000 000	1 000	1	0,001
				1 MW	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000	1
<b>1 W = 1 J/s = 1 Nm/s</b>								
Volumenstrom	$\dot{V}$	Liter pro Sekunde	l/s	1 l/s = 60 l/min = 3600 l/h = 3,6 m <sup>3</sup> /h				
<b>Zeit</b>								
Zeit Zeitspanne Dauer	$t$	Sekunde Minute Stunde Tag Jahr	s min h d a		s	min	h	d
				1 s	1	1/60	1/3 600	1/86 400
				1 min	60	1	1/60	1/1 440
				1 h	3 600	60	1	1/24
				1 d	86 400	1 440	24	1
				1 a	31 556 952	525 949,2	8765,82	~365
<b>1 W = 1 J/s = 1 Nm/s</b>								
Frequenz	$f, \nu$	Hertz	Hz	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde 1 Hz = 1/s = s <sup>-1</sup>				
Drehzahl Kreiszfrequenz Periodendauer	$n$ $\omega$ $T$	Sekunde	1/min	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
			1/s					

Formelzeichen, Größen, Einheiten (Fortsetzung)							
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung			
		Name	Zeichen				
<b>Zeit (Fortsetzung)</b>							
Geschwindigkeit	$v$	Meter pro Sekunde	m/s		m/s	m/min	km/h
Umfangsgeschw.	$v$	Kilometer pro Stunde	km/h		0,01	16,667	1
Lichtgeschw.	$c$				1	60	3,6
Winkelgeschw.	$\omega$	Radian pro Sekunde	rad/s		1 m/min	0,01667	1
					1 km/h	0,2778	16,667
Beschleunigung	$a$	Meter pro Sekunde hoch zwei	$\text{m/s}^2$	Wirkungsrichtung: beliebig Wirkungsrichtung: zum Erdmittelpunkt $g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ Wird meist als Normalfallbeschleunigung angegeben.			
örtliche Fallbeschleunigung	$g$						
Winkelbeschleunigung	$\alpha$	Radian pro Sekunde hoch zwei	$\text{rad/s}^2$				
<b>Thermodynamik und Wärmeübertragung</b>							
Thermodynamische Temperatur	$T, t$	Kelvin	K	$T = 0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$			
Temperaturdifferenz	$\Delta T, \Delta\vartheta, \Delta\theta$			z. B. $\Delta\vartheta = 55 \text{ }^\circ\text{C} - 45 \text{ }^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$			
Temperatur	$\vartheta, \theta$	Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	$\vartheta = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$			
spezifische Wärmekapazität	$c$	Kilojoule durch Kilogramm mal Kelvin	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	Die spezifische Wärmekapazität wird oft für Wasser angegeben mit: $c = 4,180 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ bzw. $c = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$			
Wärmestrom	$\dot{Q}, \Phi$	Watt	W	1 Wh = 3600 Ws = 3,6 kJ 1 kWh = 1000 Wh = 3600000 Ws 1 kWh = 3600 kJ = 3,6 MJ			
Wärmeleitzahl	$\lambda$	Watt durch Meter mal Kelvin	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$				
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	$U$	Watt durch Meter hoch zwei mal Kelvin	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	früher $k$ -Wert			
Wärmeübergangszahl	$\alpha$	Watt durch Meter mal Kelvin	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$				
Brennwert	$H_s, H_{s,n}$	Kilowattstunden durch kg oder $\text{m}^3$	$\text{kWh}/\text{kg}$ oder $\text{kWh}/\text{m}^3$	früher: oberer Heizwert $H_o$ oder $H_{o,n}$ Index „s“ steht für superior = höher Index „n“ steht für Normzustand			
Heizwert	$H_i, H_{i,n}$	Kilowattstunden durch kg oder $\text{m}^3$	$\text{kWh}/\text{kg}$ oder $\text{kWh}/\text{m}^3$	früher: oberer Heizwert $H_u$ oder $H_{u,n}$ Index „i“ steht für inferior = unterer Index „n“ steht für Normzustand			
<b>Elektrizitätslehre, Elektrotechnik</b>							
Elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A	1 A = 1000 mA = 0,001 kA			
Elektrische Spannung	$U$	Volt	V	1 V = 1000 mV = 0,001 kV			
Elektrischer Widerstand	$R$	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$ = 1000 m $\Omega$ = 0,001 k $\Omega$			
Energie, Elektrische Arbeit	$W$	Joule	J	1 J = 1 W · s = 1 N · m 1 kWh = 3,6 MJ, 1 Wh = 3,6 kJ			
Leistung, Wirkleistung	$P$	Watt	W	1 J = 1 J/s = 1 N · m/s 1 W = V · A			

G

M

K

W  
F  
M

B

E

S  
H  
K

EE  
U

G

M

K

W  
F  
M

B

E

S  
H  
K

EE  
U

Indizes (Auszug)					
Index	Bedeutung	Index	Bedeutung	Index	Bedeutung
0	null, leerer Raum, Leerlauf	G	Gewicht	pot	potenziell
1	eins, primär, Eingang	geo	geodätisch	rad	radial
2	zwei, sekundär, Endzustand	ges	gesamt	rel	relativ
a	außen	ing	Eingang (ingressus)	R	Reibung
ab	abgegeben	int	innen (intus)	stat	stationär, statisch
abs	absolut	kin	kinetisch	tan	tangential
amb	umgebend (ambient)	max	maximal	verf	verfügbar
ax	axial	mec	mechanisch	zu	zugeführt
e	überschreitend (extens)	mes	gemessen	zul	zulässig
ex	Ausgang, außen (exterior)	min	minimal	Δ	Differenz
eff	effektiv	N	Normal	Σ	Summe

Britische und US-Einheiten (Auswahl)					
Größe/Einheit	Name	SI-Einheit	Größe/Einheit	Name	SI-Einheit
Länge 1 in bzw. 1"	inch (Zoll)	25,4 mm	Volumenstrom 1 gpm	gallon per minute	GB: 0,07577 l/s USA: 0,06309 l/s
Fläche 1 sq in	square inch	6,452 cm <sup>2</sup>	Massenstrom 1 oz/min	ounce per minute	0,4725 g/s
Volumen 1 cu in	cubic inch	16,39 cm <sup>3</sup>	Spezifische Wärme- kapazität	1 btu/(lb deg F)	4,1886 kJ/(kg · K)
1 U.S. gal	U.S.-gallon	3,785 dm <sup>3</sup>	Wärme- leitfähigkeit	1 btu/(ft·h deg F)	1,7306 W/(m · K)
1 Imp. gal	Imperial-gallon	4,546 dm <sup>3</sup>	Leistung 1 hp bzw. 1 Hp	horse power	0,7457 kW
Masse 1 gr	grain	64,80 mg			
1 oz	ounce	31,10 g			

Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten						
Mathematik			SI-Einheiten			
Zehner- potenz	Zahlenwert	Name	Vorsilbe		Beispiel	
			Name	Zeichen	Einheit	Bedeutung
10 <sup>12</sup>	1 000 000 000 000	Billion	Tera	T	1 TB	1 Tera-Byte
10 <sup>9</sup>	1 000 000 000	Milliarde	Giga	G	16 GB	16 Giga-Byte
10 <sup>6</sup>	1 000 000	Million	Mega	M	56 MBjt/s	56 Mega-Bit pro Sekunde
10 <sup>6</sup>	1 000	Tausend	Kilo	k	70 kg	70 Kilo-Gramm
10 <sup>2</sup>	100	Hundert	Hekto	h	3 hPa	3 Hekto-Pascal
10 <sup>1</sup>	10	Zehn	Deka	da	1 daHz	1 Deko-Hertz
10 <sup>0</sup>	1	Eins	–	–	5 · 1 m	5 Meter
10 <sup>-1</sup>	0,1	Zehntel	Dezi	d	4 dl	4 Dezi-Liter
10 <sup>-2</sup>	0,01	Hunderstel	Zenti	c	23 cm	23 Zenti-Meter
10 <sup>-3</sup>	0,001	Tausendstel	Milli	m	6 mm	6 Milli-Meter
10 <sup>-6</sup>	0,000 001	Millionstel	Mikro	μ	50 μA	50 Mikro-Ampere
10 <sup>-9</sup>	0,000 000 001	Milliardstel	Nano	n	10 nm	10 Nano-Meter
10 <sup>-12</sup>	0,000 000 000 001	Billionstel	Piko	p	30 pF	30 Pico-Farad

