EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Tabellenbuch Informations-, Geräte-, System- und Automatisierungstechnik

Tabellen · Formeln · Normanwendungen

12. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen, Fachhochschulen und Produktionsstätten (siehe Rückseite)

Ihre Meinung interessiert uns!

Bitte teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik, aber auch Ihre Zustimmung zum Buch mit.

Schreiben Sie uns an die E-Mail-Adresse: lektorat@europa-lehrmittel.de

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel Frühjahr 2019

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

Europa-Nr.: 31118 ohne Formelsammlung
Europa-Nr.: 33722 mit Formelsammlung

Autoren des Tabellenbuchs Informations-, Geräte, -System- und Automatisierungstechnik:

Monika Burgmaier	Oberstudiendirektorin	Durbach, Offenburg
Ulrich Freyer	Dipl.-Ing., Analyst für Medientechnik	Köln
Oliver Gomber	Studiendirektor	Freiburg
Bernhard Grimm	Oberstudienrat	Sindelfingen, Leonberg
Gregor Häberle	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Friedrichshafen
Jörg Andreas Oestreich	Dipl.-Ing., Studienrat	Schwäbisch Hall
Werner Philipp	Dipl.-Ing.	Heilbronn
Bernd Schiemann	Dipl.-Ing.	Durbach
Dietmar Schmid	Prof. Dr.-Ing.,	Essingen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises
Bernd Schiemann

Bildbearbeitung
Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt Verbindlich sind jedoch nur die DIN Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

Fur die Darstellung von Halbleitern wird auch die Norm IEC 60747-9 Halbleiterbauelemente angewandt.

12. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3620-9 (ohne Formelsammlung)
ISBN 978-3-8085-3619-3 (mit Formelsammlung)

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co KG, D 42781 Haan-Gruiten
http://www.europa-lehrmittel.de

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: © Jürgen Fälchle-Fotolia.com; Festplatte: Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co KG

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Mathematik, Physik Elektrotechnische Grundlagen	11 ... 58	**G**
Bauelemente, Baugruppen und Schaltungen	59 ... 108	**BS**
Digitaltechnik, Computertechnik	109 ... 154	**DC**
Messen, Sensorik und Aktorik, Steuern, Regeln, Automatisierungs- und Antriebstechnik, Hausautomation	155 ... 250	**MA**
Signale übertragen und verarbeiten Multimedia, Industrie 4.0	251 ... 324	**S**
Informations- und Kommunikationstechnik, Funknetze, Bussysteme, Internet	325 ... 390	**IK**
Technische Kommunikation, Werkstoffe, Verbindungstechnik	391 ... 470	**TK**
Betrieb und sein Umfeld, Arbeitsschutz, Umwelt, Anhang	471 ... 514	**BA**

Vorwort zur 12. Auflage

Das Buch ist ein umfassendes Nachschlagewerk für die Bereiche Kommunikationstechnik, Systemtechnik, Medientechnik, Automatisierungstechnik und Informationstechnik.

- Kompakte und übersichtliche Darstellung der wichtigsten Inhalte für die entsprechenden Berufe
- Informationen zur Abschlussprüfung der Kammern in den Elektroberufen.
- Formeln für Berufsanfänger sind gelb hinterlegt.

Berücksichtigung neuer Normen, z. B.: DIN VDE 0100-410, 0100-540, 701/702, DIN EN 60027-2, 3.

Besonderes Augenmerk wurde auf die *Übersichtlichkeit* der Darstellung gelegt. Deshalb werden die Informationen in strenger Gliederung tabellenartig präsentiert. Die im Bereich der Kommunikationstechnik unumgänglich zahlreichen Berechnungsformeln sind als Größengleichungen nach DIN 1303 angegeben.

Zur schnellen *Orientierung* dienen den Benutzern ein Griffregister, das Inhaltsverzeichnis am Buchanfang und ein ausführliches Sachwortverzeichnis am Buchende.

Das Buch enthält die Hauptabschnitte:

G	Mathematik, Physik, Elektrotechnische Grundlagen,
BS	Bauelemente, Baugruppen und Schaltungen,
DC	Digitaltechnik, Computertechnik,
MA	Messen, Sensorik und Aktorik, Steuern und Regeln, Automatisierungs-, Antriebstechnik, Hausautomation,
S	Signale übertragen und verarbeiten, Multimedia, Industrie 4.0,
IK	Informations- und Kommunikationstechnik, Funknetze, Bussysteme, Internet,
TK	Technische Kommunikation, Werkstoffe, Verbindungstechnik,
BA	Betrieb und sein Umfeld, Arbeitsschutz, Umwelt, Anhang.

Neu im Buch:

HEMT-Transistoren, Industrielle Netzteile, DC-Steuerstromkreis bei Schaltnetzteilen, PIC 16F887, Flächencodes, Interne Peripheriebusse, Energieüberwachung in Smartgrid-Anlagen, Thermoelemente nach IEC, Bildverarbeitung, Scanner, Lasertracker, Photogrammetrie, CT, Laser-Inferometer, Mechatronische Aktorarten mit: Tauchspulen, Magnetostriktion, Thermobimetallen, Memory-Metallen, Kapazitäten, MFR, Cloud-Dienste, ALL-IP-Anschluss, ISDN-Hausnetz am VoIP-Router, Proprietäre und zellulare Funknetzwerke, Modulationsverfahren bei LTE, LTE G4-G5-Netze, RFID, IO-Link, Geräteschutzschalter IK-Code, Power over Ethernet.

Eine Vielzahl von Seiten wurde völlig neu gestaltet oder überarbeitet.

Wichtige allgemeine Änderungen sind die durchgeführte Betriebsmittelkennzeichnung nach DIN EN 81346-2. Normänderungen der Schaltzeichen wurden berücksichtigt. Es bestehen aber auch verschiedene Normen nebeneinander, deren Inhalte voneinander abweichen. Dies trifft z. B. bei Stromverzweigungen, mit und ohne Punkt oder den Verstärkerzeichen Rechteck oder Dreieck zu.

Wer arbeitet mit dem Tabellenbuch Informations-, Geräte-. System- und Automatisierungstechnik?

Auszubildende in den folgenden Berufen:

- Elektroniker/-in für Geräte und Systeme und für Automatisierungstechnik
- Informationselektroniker in den Schwerpunkten Bürosystemtechnik und Geräte und Systemtechnik
- Elektroniker/in Fachrichtung Informations- und Telekommunikationstechnik
- Systemelektroniker/in und Systeminformatiker/in

Schüler folgender Bildungsgänge:

- IT-Gymnasium, Fachgymnasium, Fachoberschule und Berufsoberschule, Berufskollegs
- Studenten der Fachschulen für Technik und der Hochschulen.

G Mathematik, Physik, Elektrotechnische Grundlagen

Mathematik

Verwendete Formelzeichen . . . 12
Verwendete Indizes und Zeichen . . . 13
Größen und Einheiten . . . 14
Vorsätze, Potenzen, Schreibweise von Angaben . 16
Mathematische Zeichen . . . 17
Rechenregeln der Algebra . . . 18
Winkel und Winkelfunktionen . . . 19
Winkelfunktionen . . . 20
Funktionen und Graphen . . . 21
Komplexe Rechnung . . . 22

Physik

Körper und Masse . . . 23
Mechanische Größen . . . 24
Mechanische Arbeit und mechanische Energie . . 25
Bewegungslehre, Leistung, Wirkungsgrad . . . 26
Wärme . . . 27
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen . . . 28
Thermische Belastbarkeit von Halbleiter-bauelementen . . . 29
Elektrisches Feld . . . 30
Widerstand und Leitwert . . . 31
Ladung, Spannung, Stromstärke . . . 32
Magnetische Größen und Magnetisierungs-kennlinien . . . 33
Magnetwerkstoffe . . . 34
Induktion, Induktivität, Spule an Gleichspannung . . . 35
Strom im Magnetfeld . . . 36
Elektrische Wechselgrößen . . . 37
Frequenz, Wellenlänge, Impuls . . . 38
Lichtgrößen . . . 39
Fourier-Analyse . . . 40

Elektrotechnische Grundlagen

Ohm´sches Gesetz, elektrische Leistung, elektrische Arbeit . . . 41
Nichtlinearer Widerstand, Vierpol . . . 42
Kapazität und Schaltvorgänge von Kondensatoren . . . 43
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln . . . 44
R-, L-, C-Schaltungen . . . 45
Ersatzspannungsquelle und Anpassung, Ersatzstromquelle . . . 46
Spannungsteiler . . . 47
Netzwerkumwandlung zwischen Stern- und Dreieckschaltung . . . 48
Netzwerkumwandlung zwischen Reihen- und Parallelschaltung . . . 49
Diagramme von Grundschaltungen . . . 50
Blindwiderstände, RC-Schaltungen, RL-Schaltungen . . . 51
RLC-Schaltungen, Schwingkreise . . . 52
Tiefpässe und Hochpässe . . . 53
Impulsformer und Dämpfungsglieder . . . 54
Bandpässe, Bandsperren, Bandfilter . . . 55
Komplexe Rechnung für Grundschaltungen . . . 56
Drehstrom, Kompensation . . . 57
Einphasentransformator . . . 58

BS Bauelemente, Baugruppen und Schaltungen

Bauelemente

Bauarten von Widerständen . . . 60
Widerstände und Kondensatoren . . . 61
Farbkennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren . . . 62
Abhängige Widerstände (PTC, NTC, VDR, LDR) . 63
Bauarten von Kondensatoren . . . 64
Spulen . . . 65
Bezeichnungen von Halbleiterbauelementen . . . 66
Gehäuseformen von Halbleiterbauelementen . . 67
Einbau von Halbleiterbauelementen . . . 68
Verarbeitung von SMD . . . 69
Elektrische Belastbarkeit von Halbleiter-bauelementen . . . 70
Dioden . . . 71
Bipolare Transistoren . . . 72
Feldeffekttransistoren (Unipolare Transistoren) . 73
HEMT . . . 74
Kennlinien des bipolaren Transistors BC 107 . . . 75
Kennwerte und Grenzdaten des bipolaren Transistors BC 107 . . . 76
Thyristor . . . 77
Thyristorarten . . . 78
Triggerdioden, Sonderthyristoren, IGBT . . . 79
Bauelemente zur Potenzialtrennung . . . 80
Fotoelektronische Bauelemente . . . 81
Batterien . . . 82
Akkumulatoren . . . 83
Solarzellen . . . 84
Relais . . . 85
Relaisarten . . . 86
Halbleiter-Relais und Sicherheitsrelais SSR . . . 87
Kleintransformatoren . . . 88

Baugruppen und Schaltungen

Bezeichnung von Stromrichterschaltungen . . . 89
Stromrichter-Begriffe . . . 90
Gleichrichtung, Glättung, Siebung . . . 91

Inhaltsverzeichnis

Gleichrichterschaltungen 92
Stromrichterschaltungen 93
Spannungsvervielfacherschaltungen, Arten der Stromrichter 94
Stromrichter für Antriebe 95
Kenngrößen von Operationsverstärkern 96
Schaltungen mit Operationsverstärkern 1 97
Schaltungen mit Operationsverstärkern 2 98
Sinusoszillatoren 99
Phasenregelkreis PLL 100
Aktive Filter 101
Gleichspannungswandler 102
Netzteile 103
Industrielle Netzteile 104
Überlastverhalten bei Schaltnetzteilen 105
Spannungsstabilisierung 106
Schaltspannungsregler 107
USV-Arten und Klassifizierungscode 108

DC Digitaltechnik, Computertechnik

Digitaltechnik

Begriffe der Informationstechnik 110
Zahlensysteme, Dualzahlen 112
Zahlenumwandlungen 113
Binärcodes 114
2D-Codes 115
Bar-Codes 116
ASCII-Code im Unicode 117
Binäre Verknüpfungen 118
Gesetze und Regeln der Schaltalgebra (Boole´sche Algebra) 119
KV-Diagramme für kombinatorische Schaltungen 120

Schaltungen der Digitaltechnik

Getaktete Kippglieder (Bistabile Kippschaltungen) 121
Frequenzteiler, synchrone Zähler 122
Synchrone Zählerschaltungen 123
Schieberegister 124
Programmierbare Logikbausteine PLD 125
FPGA mit VHDL 126
Festwertspeicher ROM 127
Flüchtige Speicher RAM 128
RAM-Speichermodule 129
Digital-Analog-Umsetzer DAU 130
Analog-Digital-Umsetzer ADU 131
Digitale Schaltkreise 132
Anschlüsse von IC in DIL-Gehäusen 133
Gehäuse für Integrierte Schaltkreise (IC) 134

Computertechnik

Betriebssystem Windows 135
Linux 136
Programmierplattformen und Programmiersprachen 137
Grafikformate 138
Programmdokumentation 139
Dateneingabegeräte 140
Datenausgabegeräte 141
Drucker und Kopierer 142
3D-Drucker 143
Magnetspeicher und Blu-ray-Speicher 145
Optische Speicher 146
Mikroprozessoren (Auswahl) 147
Aufbau von Mikroprozessoren mit Kernen 148
Mikrocontroller-Baugruppen 149
Mikrocontroller-Vergleich 150
Befehlsliste für die Mikrocontroller-Familie 8051 151
Systeme für Physical Computing 152
C-Zeichen, C-Datentypen und C-Operatoren . . . 153
C-Schlüsselworte 154

MA Messen, Sensorik und Aktorik, Steuern, Regeln, Automatisierungs- und Antriebstechnik, Hausautomation

Messtechnik

Zeigermessgeräte 156
Digitales Multimeter DMM 157
Digitales Messen 158
Leistungsmesser, Arbeitszähler 159
Elektronische Haushaltszähler eHz 160
Spannungsmessung und Strommessung 161
Widerstandsmessung 162
Oszilloskope 163
Messungen mit dem Oszilloskop 164
Datenerfassung für das Messen mit dem Computer 166
Störungen bei der Messsignalübertragung . . . 167
Messungen an Verstärkern 168
Logikanalysator 170

Sensoren

Analoge Wegmessung, berührend 171
Analoge Wegmessung, berührungslos 172
Näherungsschalter 173
Digitale Weg- und Winkelmessung 174
Geschwindigkeitsmessung 175
Messen von Kräften und Dehnungen 176
Temperaturmessung 177

Messwerterfassung 179
Sensor-Anschlusstechnik. 180
Bildsensoren, CCD. 181
Komplexe Sensorsysteme 182
Interne Peripheriebusse 1 186
Interne Peripheriebusse 2 187

Aktoren

Mechatronische Aktoren 188
Linear- und Piezo-Motoren 191
Fernwirksysteme 192
Energieüberwachung in Smartgrid-Anlagen 1 . 193
Energieüberwachung in Smartgrid-Anlagen 2 . 194
Digitalisierung von Messwerten. 195
Messkarten für den PC 196
Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer 197

Steuern und Regeln, Automatisierungstechnik

Begriffe der Steuerungstechnik 198
Steuerungstechnik. 199
Schütze, Taster und Leuchtmelder 200
Elektronische Leistungssteuerung 201
Schalten mit Transistoren 202
Zündschaltungen für Thyristoren und Triacs . . . 203
Elektronische Leistungsschalter 204
Lampenschaltungen mit Dimmern. 205
Lampenschaltungen mit elektronischen Transformatoren 206
Lichtmanagementsysteme 207
Kleinsteuerung Logo! 208
Kleinsteuerung easy 209
Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS. . 210
Programmierregeln für SPS 212
Speicher, Zähler, Zeitglieder bei SPS. 213
Programmieren von Zählern und Zeitgliedern in SPS S7 214
Elementare Datentypen in SPS 215
Wortverarbeitung mit SPS 216
Modulare SPS-Programmierung 217
SPS-Programmierung mit Strukturiertem Text ST 1. 218
SPS-Programmierung mit Strukturiertem Text ST 2. 219
Digitale Regelung mit SPS 220
Maschinensicherheit 221
Integrierte Sicherheitsfunktionen geregelter Antriebe (IEC 61800-5-2) 222
Instandhaltung. 223
Instandhaltung (Fortsetzung) 224
GRAFCET, Funktionspläne der Ablaufsteuerungen 225
Funktionspläne und Beispiele von Ablaufsteuerungen 228
Zustandsübergangsdiagramme bei Automaten 229
Regelungstechnik. 230
Unstetige Regelglieder 231
Übertragungsglieder und stetige Regler 232
Analoge stetige Regelglieder 233
Reglerentwurf 234
Systemparameter aus der Sprungantwort ermitteln 235
Digitale Regelung 236
Regelungsverfahren mit Frequenzumrichter. . . 238

Antriebstechnik

Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse 239
Betriebsarten und Grenzübertemperaturen . . . 240
Berechnungsformeln für rotierende elektrische Maschinen 241
Einphasen- Wechselstrommotoren 242
Drehstrommotoren und Gleichstrommotoren . 243
Motorschutz 244
Schrittmotoren 245
Ansteuerung von Schrittmotoren. 246
Kleinmotoren 247
CNC-Antriebssysteme 248
Elektropneumatik. 249
Aufbau pneumatischer Schaltpläne 250

S Signale übertragen und verarbeiten, Multimedia, Industrie 4.0

Signale übertragen

Akustische Begriffe und Größen 252
Lautstärkemessung, Raumakustik 253
Kenngrößen von Mikrofonen und Lautsprechern 254
Mikrofonarten 255
Lautsprecherarten 256
Schaltungen mit bipolaren Transistoren, Feldeffekttransistoren 257
Verstärker 258
Leistungsverstärker und Gegenkopplung 259
Signalübertragung. 260
Ausbreitung elektromagnetischer Wellen 261
Wellenwiderstand einer Leitung, HF-Leitungen als Bauelemente 262
Dämpfung und Pegel. 263
Rauschen 264
Terrestrische Empfangsantennen. 265
Satelliten-Empfangsantennen 266
Oberflächenwellenfilter OFW 267
Schwingquarze, keramische Resonatoren. 268

Inhaltsverzeichnis

Digitale Filter 269
Optische Signalübertragung 270
Bildschirme 271
Flachbildschirme 272
Elektronische Anzeigeeinheiten 273
Frequenzbereiche für Funktechnik und Kabelnetze 274
ISM-Frequenzbereiche 275

Signale verarbeiten

Analoge Modulation 276
Digitale Modulation und Pulscodemodulation PCM 277
OFDMA 278
Demodulation 279
Analoge Hörfunk-Empfänger 280
Hörfunk-Stereofonie 281
Radio-Daten-System RDS 282
Terrestrischer digitaler Hörfunk DAB/DAB + . . . 283
WLAN-Radio (IP-Radio) 284
Digitales Fernsehen 2. Generation DVB 285
Satelliten-Zwischenfrequenz-Verteilnetze 286
Breitband-Kabelnetze 287
Kopfstellen für Kabelnetze 288
IPTV Internet Protokoll Fernsehen 289
Triple Play 290
HbbTV 291
Dreidimensionales Fernsehen 3D-TV 292
Sehbereich, Farbräume und Kontrast 293
DVB-Empfang 294
Hochauflösendes Fernsehen HDTV 295
Ultra HD (UHD) 296
Entwicklung von HDR (High Dynamic Range) . . 298
Videotext für analoges Kabelfernsehen 299
Satelliten-Empfangsanlagen (Struktur) 300
Digitale Satellitenempfänger 301

Multimedia

Compact Disk CD 302
Informationsverarbeitung bei der CD 303
Speichermedien DVD und BD 304
Digitale Bildaufzeichnung 305
Videocodierung und Audiocodierung 306
Signale und Schnittstellen in der Medientechnik 307
Begriffe aus der Multimediatechnik 308
Multimedia-Anwendungen 309
Multimedia Heimvernetzung 310
Heimvernetzung 311
Soundsysteme 313
Verschlüsselungsverfahren 314

Industrie 4.0

Biometrische Identifizierungssysteme 315
CPS und Industrie 4.0 316
Cloud Computing 317
Cloud-Dienste 318
Geräte der mobilen Kommunikation 319
Betriebssysteme für Mobilphone und Smartphone 320
Fernwartung für Windows 321
Podcasting 322
Satellitennavigation GPS 323
Richtfunksysteme 324

IK Informations- und Kommunikationstechnik, Funknetze, Bussysteme, Internet

Informations-und Kommunikationstechnik

Ruf- und Sprechanlagen 326
Haustürüberwachung 327
Gefahrenmeldeanlagen 328
Video-Überwachung 329
Telefon-Grundfunktionen (Analog) 330
Netzformen der Informationstechnik 331
OSI-7-Schichtenmodell 332
Bussysteme und Netze 333
Faxgeräte 334
All-IP-Kommunikationsnetz 335
ISDN-Hausnetz am VoIP-Router 336
Voice-over-IP-Telefonie 337
VoIP-Telefonanlage 338

Funknetze

Schnurlose Telekommunikation gemäß DECT-Standard 339
GSM-Netze und Dienste 340
Mobilfunksystem GSM 341
Sprachübertragung in GSM-Netzen 342
Mobilfunksystem UMTS 343
Mobilfunksystem LTE (3.9 G) 344
Modulationsverfahren bei LTE 345
LTE 4G-5G-Netze 346
Proprietäre und zellulare Funknetzwerke 347
Funk-Bus-Systeme 348
Hotspots 349
RFID-Systeme 350
Bluetooth 351
WLAN 352
WLAN analysieren 353
WLAN-Sicherheit 354
Leitungscodes 355

Bitfehler in der Datenübertragung 357
Fehlererkennung und Fehlerkorrektur 358

Bussysteme

Serielle Schnittstellen 359
RS-485-Schnittstelle. 360
IO-Link. 361
USB Universal Serial Bus 362
Firewire IEEE 1394 363
PROFIBUS. 364
CAN-Bus 365
Aktor-Sensor-Interface AS-i. 366
PROFINET 367
Netzwerktechnik mit Ethernet. 368
Aufbau eines Ethernet-Netzes für mehrere Computer 369
Gebäudeautomation und Gebäudesystemtechnik. 370
KNX. 371
Projektierung und Inbetriebnahme bei KNX . . . 372
Systemkomponenten bei KNX 373
Sensoren für den KNX 374
PROFIBUS-Inbetriebnahme 375
PROFINET IO-Inbetriebnahme 376
DSL-Kommunikation 377
ADSL-Kommunikation 378
Powerline Communication PLC 379

Internet

Internet und World Wide Web 380
Protokolle im Internet 381
Komponenten für Datennetze. 382
Aktive Netzwerkkomponenten 383
Netzwerk-Begriffe 384
Passwörter 385
MAC-Adresse 386
Subnetze bilden 387
IP-Adressklassen im Internet. 388
HTML-Anweisungen 389

TK Technische Kommunikation, Werkstoffe, Verbindungstechnik

Technische Dokumentation

Darstellung von Kennlinien 392
Zeichnerische Darstellung von Körpern. 393
Darstellungsregeln und Maßeintragungen 394
Funktionsbezogene Dokumente 396
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente. 398
Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) in Schaltplänen 399
Arbeiten mit Datenblättern 400
Allgemeine Schaltzeichen 401
Halbleiterbauelemente 403
Binäre Elemente. 404
Binärelemente und Bussysteme, Laser und Leitungen 406
Struktogramm (DIN 66 261), Programmablaufplan (DIN 66 001). 407
Messinstrumente und Messgeräte. 408
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschaltgeräte 409
Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne 410
Schaltzeichen der Telekommunikation 411
Elektroakustische Wandler und Antennenanlagen 412
Schaltzeichen für elektrische Maschinen und Anlasser vgl. EN 60617-6. 413
Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne. 414
KNX-Schaltzeichen. 415
Schaltzeichenvergleich 416
Schaltzeichenvergleich analoger und binärer Elemente. 418
Vergleich pneumatischer und elektrischer Schaltelemente 419
Schaltzeichen für Hydraulik und Pneumatik . . . 420
Kurzzeichen für elektrische Betriebsmittel. 421

Schutzmaßnahmen und EMV

Verteilungssysteme und Anwendungen der Schutzeinrichtungen mit Schutzleiter. 422
Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten 423
Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren . . 424
Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren (Fortsetzung), Geräteschutzklassen 426
Schutzpotenzialausgleich und Erdungsanlagen für Antennen 427
Auszug aus einer Technischen Anschluss-bedingung (TAB) 428
Überlastschutz, Kurzschlussschutz und Mindestquerschnitte von Leitungen 429
Strombelastbarkeit von Leitungen bei Umgebungstemperatur ϑ_u = 30 °C. 430
Geräteschutzsicherungen 431
Geräteschutzschalter 432
Überstrom-Schutzeinrichtung. 433
Überstromschutz-Steuerstromkreise. 434
Fehlerschutz mit RCD und RCM, Isolationsüberwachung. 435
Bauelemente für den Überspannungsschutz . . 436
Schaltungen für den Überspannungsschutz . . . 437
Schutzarten elektrischer Betriebsmittel 438
Prüfen elektrischer Geräte. 439

Inhaltsverzeichnis

EMV-gerechter Schaltschrankbau und Maschineninstallation 441
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV, Funkstörungen 442
Funkentstörung 443

Werkstoffe und Leitungen

Chemische Grundlagen 444
Periodensystem, Atombau, chemische Bindung 445
Chemische Grundstoffe (Elemente) 446
Stoffwerte 447
Nichteisenmetalle (NE-Metalle) 448
Halbleiterwerkstoffe 449
Lote, Widerstandswerkstoffe, Kontaktwerkstoffe 450
Thermoplaste (Plastomere) 451
Elastomere, Duromere, Schichtpressstoffe 452
Isolierstoffe 453
Kunststoffe als Isolierstoffe 454
Arten und Typenschlüssel von Leitungen 455
Kupferlitzenleiter der Informationstechnik 456
Leitungen und Kabel für Signalanlagen und Datennetze 457
Hochfrequenzleitungen 458
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen 459
Lichtwellenleiter (LWL) 460
Konverter für Datenleitungen 461

Verbindungstechnik

Leiterplatten und Flachbaugruppen 462
Arten von Leiterplatten 463
Platinenanfertigung mit EAGLE 464
Leiterplattenherstellung 466
Steckverbinder 467
RJ45-Steckverbindungstechnik und Power over Ethernet 468
Verbindungstechnik 469
PC-Netzteilstecker 470

BA **Betrieb und sein Umfeld, Arbeitsschutz, Umwelt, Anhang**

Arbeitnehmer- und Geschäftsprozesse

Projektplanung 472
Durchführung von Projekten der IT-Berufe 473
Lastenheft, Pflichtenheft 474
Teamarbeit 475
Fachgespräch 476
Präsentation durch Vortrag 477
Visualisierung 478
Zitierregeln 479
Informationen zur Abschlussprüfung (Kammerprüfung) in den Elektroberufen 480

Betriebliche Geschäftsprozesse

Qualitätsmanagement 481
Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen (gemäß EN 82079) 483
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung 484
Kostenarten 485
Kostenkalkulation 486
Betriebsabrechnungsbogen BAB 487
Umgang mit Kunden 488
Deutscher Geschäftsbrief nach DIN 5008 489
Kaufvertrag und Werkvertrag 490

Arbeitsschutz

CE-Kennzeichnung 491
Arbeits- und Gesundheitsschutz 1 492
Arbeits- und Gesundheitsschutz 2 493
Arbeits- und Gesundheitsschutz 3 494
Persönliche Schutzausrüstung PSA 495
Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung 496

Umwelttechnik

Energieeffizienzklassen 497
Umwelttechnische Begriffe 499
Gefährliche Stoffe 500
Schrott von Elektro- und Elektronikgeräten 501

Anhang

Normungsorganisationen, Interessenvertretungen und Verbände der elektronischen Industrie 502
Wichtige Normen 503
Errichten von Niederspannungsanlagen nach DIN VDE 0100 505
Literaturverzeichnis 506
Firmen und Dienststellen 508
Bildquellenverzeichnis 510
Sachwortverzeichnis 511

Mathematik, Physik, Elektrotechnische Grundlagen

Mathematik

Verwendete Formelzeichen 12
Verwendete Indizes und Zeichen 13
Größen und Einheiten 14
Vorsätze, Potenzen, Schreibweise von Angaben 16
Mathematische Zeichen 17
Rechenregeln der Algebra 18
Winkel und Winkelfunktionen 19
Winkelfunktionen 20
Funktionen und Graphen 21
Komplexe Rechnung 22

Physik

Körper und Masse 23
Mechanische Größen 24
Mechanische Arbeit und mechanische Energie 25
Bewegungslehre, Leistung, Wirkungsgrad 26
Wärme 27
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen 28
Thermische Belastbarkeit von Halbleiterbauelementen 29
Elektrisches Feld 30
Widerstand und Leitwert 31
Ladung, Spannung, Stromstärke 32
Magnetische Größen und Magnetisierungskennlinien 33
Magnetwerkstoffe 34
Induktion, Induktivität, Spule an Gleichspannung 35
Strom im Magnetfeld 36
Elektrische Wechselgrößen 37
Frequenz, Wellenlänge, Impuls 38
Lichtgrößen 39
Fourier-Analyse 40

Elektrotechnische Grundlagen

Ohm´sches Gesetz, elektrische Leistung, elektrische Arbeit 41
Nichtlinearer Widerstand, Vierpol 42
Kapazität und Schaltvorgänge von Kondensatoren 43
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln 44
R-, L-, C-Schaltungen 45
Ersatzspannungsquelle und Anpassung, Ersatzstromquelle 46
Spannungsteiler 47
Netzwerkumwandlung zwischen Stern- und Dreieckschaltung 48
Netzwerkumwandlung zwischen Reihen- und Parallelschaltung 49
Diagramme von Grundschaltungen 50
Blindwiderstände, RC-Schaltungen, RL-Schaltungen 51
RLC-Schaltungen, Schwingkreise 52
Tiefpässe und Hochpässe 53
Impulsformer und Dämpfungsglieder 54
Bandpässe, Bandsperren, Bandfilter 55
Komplexe Rechnung für Grundschaltungen 56
Drehstrom, Kompensation 57
Einphasentransformator 58

G

Verwendete Formelzeichen Used formula symbols

Kleinbuchstaben

Formelzeichen	Bedeutungen
a	1. Beschleunigung 2. Temperaturleitfähigkeit
b	1. Breite 2. Ladungsträgerbeweglichkeit
c	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen
d	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor 4. Differenztonfaktor 5. Klirrfaktor
e	1. Elementarladung 2. Regeldifferenz 3. Euler´sche Zahl 2,718 ...
f	Frequenz
g	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient 2. Tastgrad 3. Übertragungsmaß
h	Höhe
i	zeitabhängige Stromstärke
j	Ruck
k	1. Verkürzungsfaktor 2. allgem. Konstante
l	1. Länge, 2. Abstand
m	1. Masse 2. Modulationsgrad 3. Strangzahl 4. Zahl der Stufen 5. Reglerausgangsgröße
n	1. Umdrehungsfrequenz, Drehzahl 2. ganze Zahl 1, 2. 3 ... 3. Brechzahl
p	1. Polpaarzahl 2. Druck
q	1. Querstromverhältnis 2. Verdampfungswärme
r	1. Radius, 2. Rate, 3. differenzieller Widerstand 4. Rückführgröße
s	1. Strecke, Dicke 2. Siebfaktor 3. Schlupf, bezogener 4. Korrektur 5. Welligkeitsfaktor
t	Zeit
u	zeitabhängige Spannung
$ü$	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor
v	Geschwindigkeit
w	1. Energiedichte 2. Führungsgröße
x	Regelgröße
y	Stellgröße
z	1. ganze Zahl, z. B. Lagenzahl, Schrittzahl 2. Störgröße

Großbuchstaben

Formelzeichen	Bedeutungen
A	1. Fläche, Querschnitt 2. Ablenkkoeffizient 3. Dämpfungsmaß 4. Auflösung
B	1. magn. Flussdichte 2. Blindleitwert 3. Gleichstromverhältnis 4. Bandbreite 5. Zahlenbasis
C	1. Kapazität 2. Wärmekapazität 3. Taktanzahl 4. Zählerkonstante
D	1. Elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor 3. Dynamikbereich 4. Richtungsmaß
E	1. elektr. Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke
F	1. Kraft, 2. Faktor 3. Fehler
G	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß
H	magnetische Feldstärke
I	Stromstärke
J	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment
K	1. Konstante 2. Kopplungsfaktor 3. Lichtgleichwert 4. Koeffizient
L	1. Induktivität, 2. Pegel
M	1. Drehmoment, auch T 2. Speicherkapazität
N	1. Zahl 2. Nachrichtenmenge
P	1. Leistung, Wirkleistung 2. Bit-, Zeichen-, Blockfehlerhäufigkeit
Q	1. Ladung, 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Gütefaktor, Güte
R	1. Federrate 2. Wirkwiderstand
S	1. Scheinleistung 2. Steilheit 3. Übertragungsgröße 4. Schlankheitsgrad 5. Signal
T	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K 4. Kraftmoment
U	Spannung
V	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor
W	Arbeit, Energie
X	Blindwiderstand
Y	Scheinleitwert
Z	1. Impedanz, Scheinwiderstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswiderstand

Griechische Kleinbuchstaben

Formelzeichen	Bedeutungen
α (alpha)	1. Winkel 2. Temperaturkoeffizient
β (beta)	1. Winkel 2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
γ (gamma)	1. Winkel 2. spez. Leitfähigkeit 3. Richtungsfaktor
δ (delta)	1. Verlustwinkel 2. Modulationsindex
ε (epsilon)	1. Permittivität 2. Dehnung
ε_0	elektr. Feldkonstante
ζ (zeta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
η (eta)	Wirkungsgrad
ϑ (theta)	Temperatur in °C
λ (lambda)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor 3. Wärmeleitfähigkeit
μ (müh)	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
μ_0	magn. Feldkonstante
π (pi)	Zahl 3,141 5926...
ϱ (rho)	1. spezifischer Widerstand 2. Dichte
σ (sigma)	1. Streufaktor 2. Rauschabstand
τ (tau)	Zeitkonstante
φ (phi)	Winkel, insbesondere Phasenverschiebungswinkel
ω (omega)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz

Griechische Großbuchstaben

Formelzeichen	Bedeutungen
Δ (Delta)	Differenz z. B. $\Delta\hat{f}$ Frequenzhub $\Delta\hat{\varphi}$ Phasenhub
Θ (Theta)	elektrische Durchflutung
Λ (Lambda)	magnetischer Leitwert
Φ (Phi)	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
Ψ (Psi)	elektrischer Fluss
Ω (Omega)	Raumwinkel

Spezielle Formelzeichen werden gebildet, indem man an die Formelzeichen-Buchstaben einen Index, mehrere Indizes anhängt oder sonstige Zeichen dazu setzt.

Verwendete Indizes und Zeichen Used indexes and characters

Indizes, Zeichen	Bedeutungen
Ziffern, Zeichen	
0	1. Leerlauf 2. im Vakuum 3. Bezugsgröße
1	1. Eingang 2. Reihenfolge
2	1. Ausgang 2. Reihenfolge
3, 4, …	Reihenfolge
$\hat{}$, z. B. $\hat{u}$	Maximalwert, Höchstwert,
$\breve{}$, z. B. $\breve{u}$	Tiefstwert, Kleinstwert, Minimalwert
$\hat{}\breve{}$, z. B. $\hat{\breve{u}}$	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite
′, z. B. u'	1. bezogen auf, 2. Hinweis, 3. Ableitung
△	in Dreieckschaltung
Y	in Sternschaltung
Kleinbuchstaben	
a	1. Abschalten 2. Ausgang 3. außen 4. Abfall 5. Anker
ab	abgegeben
auf	aufgenommen
b	1. Betriebs- 2. Bit, 3. Blindgröße
c	1. Grenz- (cut-off) 2. Form (crest)
d	1. Gleichstrom betreffend 2. Dauer-, 3. Digit-, 4. Dämpfung
e	1. Eingang 2. Empfang
eff	Effektivwert
f	1. Frequenz 2. Abfalls- (fall)
ges	Gesamt-
h	hoch, oben
i	1. innen, 2. induziert 3. Strom-, 4. ideell 5. Ist- 6. Impuls
j	1. Sperrschicht (von junction) 2. Ruck
k	1. Kurzschluss- 2. kinetisch
m	1. magnetisch 2. Mittelwert 3. Messwerk 4. moduliert
max	maximal, höchstens
mec	mechanisch
min	minimal, mindestens

Indizes	Bedeutungen
n	1. Bemessungs-, Nenn- 2. Rausch- (noise)
o	Oszillator-
p	1. parallel 2. Pause 3. Puls, 4. potenziell 5. Brumm-, 6. Druck
q	Quer
r	1. in Reihe 2. relativ, bezogen auf 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz 5. rated (Bemessungswerte)
s	1. Sieb- 2. Signal, 3. Serie 4. Störstrahlung 5. in Wegrichtung 6. Stoß- 7. Lautstärke, 8. Soll-
sch	Schritt
t	tief, unten, Totzeit
th	thermisch, Wärme-
tot	total, gesamt
u	Spannungs-
v	1. Vor-, 2. Verlust 3. visuell, Licht-, 4. Vergleich
w	1. Wirk-, wirksam 2. Führungsgröße 3. Wellen-, 4. Welligkeit 5. Wind-
x	1. unbekannte Größe 2. in x-Richtung
y	1. Stellgröße 2. in y-Richtung 3. Sternschaltung
z	1. Zwischen- 2. Zentripetal-
zu	zugeführt
zul	zulässig
Großbuchstaben	
A	1. Strommesser 2. Antenne 3. Anker- 4. Anode 5. Anzug, Anlauf 6. Anlagenerdung 7. Abtast-
B	1. Basis 2. Betrieb 3. Betriebserdung (Netz) 4. Bau-, 5. Blau
C	1. Kollektor 2. kapazitiv 3. Takt 4. Cluster 5. koerzitiv
D	1. Drain, 2. Daten
E	1. Emitter 2. Entladen 3. Erde 4. Erregung (Gleichstrommotor)
F	1. Vorwärts- (forward) 2. Fläche 3. Fehler-, 4. Farbe

Indizes	Bedeutungen
G	1. Gain 2. Gate 3. Gewicht 4. Glättung 5. Grün
H	1. Hysterese 2. Hall- 3. Höhe
K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke
L	1. induktiv, 2. Last, 3. Level 4. links 5. Laden 6. höchstzul. Berührungs-spannung 7. Lorentz-
M	Mitkopplung
N	1. Bemessungs-, 2. Nutz-
Q	Quer-
R	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. Diode, Z-Diode 4. Drossel, 5. rechts 6. Regel-, 7. Rot 8. Ruhe
S	1. Source 2. Schleife- 3. Sattel- 4. Schalt- 5. Schleusen- 6. Sektor
T	1. Transformator 2. Träger 3. Spur (track) 4. Drehmoment (torque)
U	Umgebung
V	1. Spannungsmesser 2. Verstärkungs- 3. Video- 4. Vertikal-
X	am X-Eingang
Y	1. am Y-Eingang 2. Luminanz 3. Sternschaltung
Z	1. Zener-, 2. zulässig
Griechische Kleinbuchstaben	
α (alpha)	in Richtung des Winkels α
σ (sigma)	Streuung
φ (phi)	Phasenverschiebung-(s-winkel)
Griechische Großbuchstaben	
Δ (Delta)	eine Differenz betreffend

Die Indizes können kombiniert werden, z. B. bei U_{CE} für Kollektor-Emitter-Spannung. Zur Kennzeichnung von Werkstoffen können die Symbole für das Material verwendet werden, z. B. P_{vCu} für Kupferverlustleistung.

G

Größen und Einheiten Quantities and units

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel		
Länge	Meter (Zoll, Inch)	m 1″ = 25,4mm
Fläche	Quadratmeter	m^2
Volumen	Kubikmeter (Liter)	m^3 1 l = (1/1000)m^3 = 1 dm^3 = 1000 cm^3
Winkel (ebener)	Radiant (Grad)	rad $1° = \frac{\pi}{180}$ rad
Raumwinkel	Steradiant	sr
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung		
Zeit	Sekunde (Minute) (Stunde) (Tag) (Jahr)	s 1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 24 h 1 a = 8760 h
Frequenz	Hertz	1 Hz = 1/s
Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min
Kreisfrequenz	je Sekunde	1/s
Geschwindigkeit	Meter je Sekunde	m/s $1 \text{ km/h} = \frac{1}{3{,}6}$ m/s
Winkelgeschwindigkeit	Radiant je Sekunde	rad/s
Beschleunigung	Meter je Sekunde Quadrat	m/s^2
Ruck	–	m/s^3
Mechanik		
Masse	Kilogramm (Tonne)	kg 1 t = 1000 kg
Dichte	Kilogramm je Kubikmeter	kg/m^3, kg/dm^3
Trägheitsmoment	–	$kg \cdot m^2$
Kraft	Newton	1 N = $kg \cdot m/s^2$
Impuls	Newton-sekunde	1 Ns = 1 $kg \cdot m/s$
Druck	Pascal (Bar)	1 Pa = 1 N/m^2 1 bar = 0,1 MPa
Arbeit, Energie	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ
Drehmoment	Newtonmeter	1 Nm
Leistung	Watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s
Elektrizität		
elektrische Ladung, elektrischer Fluss	Coulomb	1 C = 1 As
Flächenladungsdichte, elektrische Flussdichte	Coulomb je Quadratmeter	C/m^2
Raumladungsdichte	Coulomb je Kubikmeter	C/m^3
elektr. Spannung, elektr. Potenzial	Volt	1 V = 1 J/C
elektr. Feldstärke	Volt je Meter	1 V/m = 1 N/C

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
elektr. Kapazität	Farad	1 F = 1 As/V = 1 C/V
elektr. Strombelag	Ampere je Meter	A/m
Permittivität, Dielektrizitätskonstante	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
elektr. Stromstärke	Ampere	1 A = 1 As/s
elektr. Stromdichte	Ampere je m^2	A/m^2
Spannungsanstiegsgeschwindigkeit	Volt je Sekunde	1 V/s
elektr. Widerstand, Wirkwiderstand, Blindwiderstand, Scheinwiderstand	Ohm	1 Ω = 1 V/A
elektr. Wirkleitwert, Blindleitwert, Scheinleitwert	Siemens	$1 \text{ S} = \frac{1}{1\,\Omega}$
spezifischer elektr. Widerstand	Ohmmeter	1 Ωm = 100 Ωcm 1 $\Omega mm^2/m$ = 1μΩm
elektrische Leitfähigkeit	Siemens je Meter	1 Sm/mm^2 = 1 MS/m
Wirkleistung	Watt	1 W = 1 V · 1 A
Blindleistung	(Var) od. W	1 var = 1 V · 1 A
Scheinleistung	(VA) od. W	1 VA = 1 V · 1 A
Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A
Arbeit, Energie	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Magnetismus		
magnetische Durchflutung, magn. Spannung	Ampere	A
magn. Feldstärke, Magnetisierung	Ampere je Meter	A/m
magnetischer Fluss	Weber	1 Wb = 1 Vs
magn. Flussdichte, magn. Polarisation	Tesla	1 T = 1 Vs/m^2
Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A
Permeabilität	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
magn. Widerstand	–	1/H = A/Vs
magn. Leitwert	Henry	H
Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)		
Strahlungsenergie	Joule	1 J = 1 Nm = 1Ws
Strahlungsleistung	Watt	1 W = 1 J/s
Strahlstärke	Watt/ Steradiant	W/sr
Strahldichte	–	$W/(sr \cdot m^2)$
spezifische Ausstrahlung, Bestrahlungsstärke	Watt je Quadratmeter	W/m^2

Größen und Einheiten (Fortsetzung) Quantities and units (continued)

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Licht, Optik		
Lichtstärke	Candela	cd
Leuchtdichte	Candela je m^2	cd/m^2
Lichtstrom	Lumen	lm
Lichtausbeute	Lumen je Watt	lm/W
Lichtmenge	Lumensekunde (Lumenstunde)	lm s 1 lm h = 3600 lm s
spezifische Lichtausstrahlung	Lumen je Quadratmeter	lm/m^2
Beleuchtungsstärke	Lux	1 lx = 1 lm/m^2
Belichtung	–	Lux · s
Brechwert von Linsen	– (Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1/m
Wärme		
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K 0 K ≙ – 273,15 °C 0 °C ≙ 273,15 K
Temperaturdifferenz	Kelvin	K
Wärme, innere Energie	Joule	1 J = 1 Ws
Wärmestrom	Watt	1 W =1 J/s
Wärmewiderstand (von Bauelementen)	Kelvin je Watt	K/W
Wärmeleitfähigkeit	–	W/(K · m)
Wärmeübergangskoeffizient	–	$W/(K \cdot m^2)$
Wärmekapazität, Entropie	Joule je Kelvin	J/K
spezifische Wärmekapazität	–	J/(kg · K)
Temperaturleitfähigkeit	Quadratmeter je Sekunde	m^2/s
Chemie, Molekularphysik		
Stoffmenge	Mol	mol
Stoffmengenkonzentration	–	mol/m^3
stoffmengenbezogenes Volumen (molares Volumen)	–	m^3/mol
Molalität	–	mol/kg
molare Masse	–	kg/mol
molare Wärmekapazität	–	J/(mol · K)
Diffusionskoeffizient	–	m^2/s

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Kernreaktion, ionisierende Strahlung		
Aktivität einer radioaktiven Substanz	Becquerel	1 Bq = 1/s
Energiedosis	Gray	1 Gy = 1 J/kg
Energiedosisrate	Gray je Sekunde	Gy/s
Äquivalentdosis	Sievert	1 Sv = 1 J/kg
Äquivalentdosisrate	Sievert je Sekunde	1 Sv/s = 1 J/(kg · s)
Ionendosis	Coulomb je Kilogramm	C/kg
Ionendosisrate	Ampere je Kilogramm	1 A/kg = 1 C/(kg · s)
Akustik		
Schalldruck	Pascal	1 Pa = 1 N/m^2
Schalldruckpegel	Dezibel	dB
″ , bewertet	–	dB (A), dB (B), dB (C), dB (D)
Lautstärkepegel	Phon	phon ≈ dB(A)
Schallschnelle	Meter je Sekunde	m/s
Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit)	Meter je Sekunde	m/s
Schallfluss	–	1 m^3/s = 1 m^2 · 1 m/s
Schallintensität	–	W/m^2
spezifische Schallimpedanz	–	Pa · s/m
akustische Impedanz	–	$Pa \cdot s/m^3$
mechanische Impedanz	–	N · s/m
äquivalente Absorptionsfläche	Quadratmeter	m^2
Sonstige Bereiche		
Entfernung in der Astronomie	(**A**stronomische **E**inheit)	1 AE = 149,6 Gm = 149 597 870 691 m
	Parse**c** (Parallaxensekunde)	1 Pc = 30,857 Pm
Masse in der Atomphysik	(atomare Masseneinheit)	1 u = 1,66 · 10^{-27} kg
Fläche von Grundstücken	Ar Hektar	1 a = 100 m^2 1 ha = 100 a = 10 000 m^2

G

Vorsätze, Potenzen, Schreibweise von Angaben
Prefixes, exponents, notation

Vorsatzzeichen

Vorsatzzeichen	Vorsätze	Bedeutungen	Vorsatzzeichen	Vorsätze	Bedeutungen
y	Yokto	10^{-24}	da	Deka	10^{1}
z	Zepto	10^{-21}	h	Hekto	10^{2}
a	Atto	10^{-18}	k, K	Kilo	10^{3}
f	Femto	10^{-15}	M	Mega	10^{6}
p	Piko	10^{-12}	G	Giga	10^{9}
n	Nano	10^{-9}	T	Tera	10^{12}
µ	Mikro	10^{-6}	P	Peta	10^{15}
m	Milli	10^{-3}	E	Exa	10^{18}
c	Zenti	10^{-2}	Z	Zetta	10^{21}
d	Dezi	10^{-1}	Y	Yotta	10^{24}

Bei Bitraten: 1 kbit/s = 10^3 bit/s = 1000 bit/s; 1 Mbit/s = 10^6 bit/s = 1000 kbit/s; 1 Gbit/s = 10^9 bit/s.

Vorsätze für Größen der Computertechnik (nach IEC 60027-2)

Faktoren (binär)	IEC-Namen	Vorsatz-zeichen	Ursprünge	SI-Herkunft	Vorsatz-zeichen	Faktoren (dezimal)
2^{10}	kibi	Ki	kilobinary	Kilo	k	$(10^3)^1 = 10^3$
2^{20}	mebi	Mi	megabinary	Mega	M	$(10^3)^2 = 10^6$
2^{30}	gibi	Gi	gigabinary	Giga	G	$(10^3)^3 = 10^9$
2^{40}	tebi	Ti	terabinary	Tera	T	$(10^3)^4 = 10^{12}$
2^{50}	pebi	Pi	petabinary	Peta	P	$(10^3)^5 = 10^{15}$
2^{60}	exbi	Ei	exabinary	Exa	E	$(10^3)^6 = 10^{18}$
2^{70}	zebi	Zi	zettabinary	Zetta	Z	$(10^3)^7 = 10^{21}$
2^{80}	yobi	Yi	yottabinary	Yotta	Y	$(10^3)^8 = 10^{24}$

Rechenregeln für Vorsätze

Ersatz durch Zehnerpotenzen

Man ersetzt die Vorsatzzeichen durch die Zehnerpotenzen und fasst diese rechnerisch zusammen. Zuletzt ersetzt man das Ergebnis der Zusammenfassung wieder durch den Vorsatz.

Beispiel 1:

$P = U \cdot I = 600\,\text{mV} \cdot 2\,\text{mA} = 1200\,\text{mV} \cdot \text{mA}$
$= 1200 \cdot 10^{-3}\,\text{V} \cdot 10^{-3}\,\text{A} = 1200\ 10^{-6}\,\text{VA}$
$= 1{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{W} = \mathbf{1{,}2\ mW}$

Stehen Vorsätze unter dem Quadratwurzelzeichen, so muss die Zehnerpotenz unter dem Wurzelzeichen geradzahlig gemacht werden, damit die Quadratwurzel aus dieser Zehnerpotenz leicht gezogen werden kann.

Beispiel 2:

$f = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C}) = 1/(2\pi\sqrt{1{,}5\,\text{mH} \cdot 22\,\text{pF}})$
$= 1/(2\pi \cdot \sqrt{1{,}5 \cdot 10^{-3}\,\text{H} \cdot 22 \cdot 10^{-12}\,\text{F}})$
$= 1/(2\pi \cdot \sqrt{33 \cdot 10^{-15}\,\Omega\text{s} \cdot \text{s}/\Omega})$
$= 1/(2\pi \cdot \sqrt{3{,}3 \cdot 10^{-14}\,\text{s}^2})$
$= 1/(2\pi \cdot 1{,}82 \cdot 10^{-7}\,\text{s}) = 1/(1{,}14 \cdot 10^{-6}\,\text{s})$
$= 10^6\,\text{Hz}/1{,}14 = \mathbf{876\ kHz}$

Gegenseitiges Aufrechnen

Meist ist es möglich, den Vorsatz der Ergebniseinheit unmittelbar zu berechnen. Wenn die Einheit m (Meter) vorkommt, darf diese nicht mit dem Vorsatz Milli (m) verwechelt werden. Deshalb steht m für Meter immer hinten, m für Milli aber vorn.

Multiplizieren (Malnehmen)	
1 k · 1 µ = 1 m	1 m · 1 m = 1 µ
1 M · 1 µ = 1	1 m · 1 µ = 1 n
1 m · 1 k = 1	1 p · 1 M = 1 µ

Dividieren (Teilen)	
1/1 µ = 1 M	1 k/1 M = 1 m
1/1 m = 1 k	1 M/1 k = 1 k
1/1 k = 1 m	1 µ/1 k = 1 n

Beispiel:

$P = U \cdot I = 800\,\text{mV} \cdot 4\,\text{mA}$
$= 3200\,\mu\text{W} = \mathbf{3{,}2\ mW}$

Berechnung mit Taschenrechner

Man gibt für die Vorsatzzeichen die Zehnerpotenzen ein.

Tastenbeschriftungen:
[EE] oder [EXP] oder [x 10^x]
[+/_] oder [(–)]

Beispiel:

$P = U \cdot I = 620\,\text{mV} \cdot 22\,\text{mA}$

620 [×] 22 = und dann
[×] [1] [EXP] [(–)] [6] [=]
0.01364

oder:

620 [×] 22 [×] 10 [^] – 6

Ergebnis:

$P = 0{,}01364\,\text{W} = \mathbf{13{,}64\ mW}$

Für beliebige Potenzen oder Wurzeln wird [^], [$\sqrt[x]{\ }$], [x^y] oder [y^x] verwendet.

Schreibweise von Ergebnissen und Angaben

Größenangaben

Größen sind so anzugeben, dass der Zahlenwert zwischen 0,1 und 1000 liegt.
Einheiten mit Vorsätzen sind anschaulicher als Zehnerpotenzen.

Beispiel: $3{,}1 \cdot 10^{-8}\,\text{s} = 31 \cdot 10^{-9}\,\text{s}$
$= 31\,\text{ns}$

Einheitenprodukte

Produkte von Einheiten können mit oder ohne Malpunkt (·) geschrieben werden.

Beispiele:
Newtonmeter N · m oder Nm;
Ω · m oder Ωm
Milli (m) steht davor.

Quotienten von Einheiten

Darstellung als Bruch oder Potenz.

Beispiel: $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ oder m/s oder $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\frac{1}{\text{s}}$ oder 1/s oder s^{-1}

Die 1 kann bei vorgesetzter Zahl entfallen.

Beispiel: $3000\,\text{s}^{-1} = 3000/\text{s}$

Mathematische Zeichen mathematical symbols and expressions

Zeichen	Bedeutung	Beispiele
Allgemeine Zeichen		
( )	Nummerieren von Formeln	$U = I \cdot R \quad (1)$
...	und so weiter bis	$k = 1, 2, 3, \ldots, n$
...	und so unbegrenzt weiter	$n = 1, 2, 3, \ldots$ $\sqrt{2} = 1{,}41421\ldots$
Logik, Schaltalgebra		
$\neg a$, $\bar{a}$	Negation NICHT a (not a)	$\overline{a \wedge b} = \bar{a} \vee \bar{b}$
$\wedge$	Konjunktion, UND (AND)	$a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$
$\vee$	Disjunktion, ODER (OR)	$a \vee b$ oder $\vee (a, b)$
$\overline{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \overline{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$
$\overline{\vee}$	NICHT ODER (NOR)	$a \overline{\vee} b = \overline{a \vee b}$
Mengenlehre		
$\in$	Element von	$a \in M$: a ist Element von M
$\subset$	Teilmenge von	$M_1 \subset M_2$
$\cup$	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\}$ $= \{1, 2, 3, 4\}$
$\cap$	Schnittmenge, Durchschnitt	$\{1, 2, 3\} \cap \{2, 3, 4, 5\}$ $= \{2, 3\}$
$\setminus$	Differenzmenge	$\mathbb{N}_+ = \mathbb{N} \setminus \{0\}$
Arithmetik		
$=$	gleich	$P = U \cdot I$
$\neq$	nicht gleich	$4 \neq 5$
$\Rightarrow$	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$
$\sim$	proportional	$u \sim r$
$\approx$	angenähert gleich, rund, etwa	$\pi \approx 3{,}14$
$\triangleq$	entspricht	$1\ \text{cm} \triangleq 20\ \text{N}$
$<$	kleiner als	$2 < 3$
$>$	größer als	$5 > 2$
$\leq$	höchstens gleich	$a \leq 10$
$\geq$	mindestens gleich	$n \geq 7$
$\ll$	klein gegen, wesentlich kleiner	$R \ll 100\ \text{k}\Omega$
$\gg$	groß gegen, wesentlich größer	$R_x \gg R_n$
$\cdot$, $\times$	mal	$a \cdot b = ab$, $12 \cdot 3 = 36$
—,	durch, geteilt	$\frac{7}{2}$
/, :	durch, zu, dividiert	a/b, $R_1 : R_2 = R_3 : R_4$
%	Prozent, vom Hundert	$1\,\% = 10^{-2}$, $50\,\% = 0{,}5$
‰	Promille, vom Tausend	$1‰ = 10^{-3}$, $8‰ = 0{,}8\,\%$
( ), [ ], { }, ⟨ ⟩	runde, eckige, geschweifte, spitze Klammer	$[a(b - c) + d]^2$
$\lvert z \rvert$	Betrag von z	$\lvert 4 \rvert = 4$, $\lvert -7 \rvert = 7$
$n!$	n Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n$, $3! = 6$
Σ	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$
$\sqrt{\ }$, $\sqrt[n]{\ }$	Quadratwurzel aus, n-te Wurzel aus	$\sqrt{16} = 4$, $\sqrt[3]{8} = 2$

Zeichen	Bedeutung	Beispiele
π	Pi	$\pi = 3{,}14159\ldots$
∞	unendlich	$n = 1, 2, 3, \ldots, \infty$
$\rightarrow$	gegen, nähert sich	$x \rightarrow a$: x nähert sich dem Wert a
$f(x)$	Funktion von x	$f(I) = I^2 \cdot R$
i oder j	imaginäre Einheit	$i^2 = j^2 = -1$
$\underline{Z}$	komplexe Größe $\underline{Z}$	$\underline{Z} = R + jX = Z \cdot e^{j\varphi}$
Geometrie		
$\parallel$	parallel	$g_1 \parallel g_2$, R1‖R2
$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
$\uparrow\downarrow$	gegensinnig parallel	$g_1 \uparrow\downarrow g_2$
$\perp$	rechtwinklig zu, senkrecht auf	$g \perp h$
$\triangle$	Dreieck	$\triangle ABC$
$\cong$	kongruent (deckungsgleich)	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
$\sim$	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
$\sphericalangle$	Winkel	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle(\overline{BA}, \overline{BC})$,
$\overline{AB}$	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
$\widehat{AB}$	Bogen AB	$\widehat{AB} = \sphericalangle \gamma$
Vektoren		
$\vec{A}$, $\vec{B}$	Vektor $\vec{A}$, Vektor $\vec{B}$	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
$\lvert\vec{A}\rvert$, A	Betrag des Vektors $\vec{A}$	$\lvert\vec{F}\rvert = 50\ \text{N}$, $F = 50\ \text{N}$
Differenzieren, Integrieren		
Δ	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
y', $\dot{y}$	y Strich, $\dot{y}$ Punkt	y' bzw. $\dot{y}$ ist die erste Ableitung von y
$\frac{dy}{dx}$, $\frac{\delta_y}{\delta_x}$	dy nach dx, δ_y partiell nach δ_x	erster Differenzialquotient $y' = dy/dx$
$\int$	Integral	$\int f(x)\,dx$, $A = \int_a^b f(x)\,dx$
Logarithmen, Exponenten		
a^x	a hoch x	5^3, 10^x
e^x	Exponentialfunktion	$e^1 = 2{,}71828182846\ldots$
$\log_a$	Logarithmus zur Basis a	$\log_3 9 = 2$
lg	Zehnerlogarithmus	$\lg x = \log_{10} x$, $\lg 2 = 0{,}30102\ldots$
lb	Zweierlogarithmus	$\text{lb}\, x = \log_2 x$, $\text{lb}\, 8 = 3$
ln	natürlicher Logarithmus	$\ln x = \log_e x$, $\ln 10 = 2{,}302585\ldots$
Trigonometrie		
sin	Sinus	$\sin \alpha$
cos	Kosinus (Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha =$ $(\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
tan	Tangens	$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$
cot	Kotangens (Cotangens)	$\cot \alpha = \tan^{-1} \alpha$
arcsin	Arkussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
arccos	Arkuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
arctan	Arkustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$

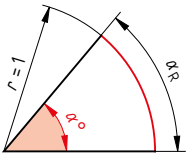
G

Rechenregeln der Algebra — Rules of calculation for algebra

Aufgabenstellung	Bemerkungen	Beispiele
Summieren $a + b + c = a + c + b$ $= (a + b) + c = a + (c + b)$ $+ (+ a) = + a \qquad - (+ a) - a$ $- (- a) = + a \qquad + (- a) = - a$	*Kommutativgesetz*: Glieder eines Summenterms darf man vertauschen. *Assoziativgesetz*: Glieder eines Summenterms darf man zu Teilsummen zusammenfassen.	$2 + 4 + 5 = 2 + 5 + 4 =$ $= (2 + 4) + 5 = 2 + (5 + 4) = 11$ $5 + (- 3) = 2$ $7 - (- 4) = 11$
Multiplizieren $a \cdot b \cdot c = a \cdot c \cdot b =$ $= (a \cdot b) \cdot c = a \cdot (c \cdot b)$ $(+) \cdot (+) \rightarrow + \qquad (-) \cdot (+) \rightarrow -$ $(-) \cdot (-) \rightarrow + \qquad (+) \cdot (-) \rightarrow -$ $a\,(b + c) = ab + ac$ $(a - b) \cdot (c + d) = ac + ad - bc - bd$	Beim Multiplizieren gelten Kommutativgesetz und Assoziativgesetz. Faktor · Faktor = Produkt *Distributivgesetz*: Beim Produkt aus Faktor und Summenterm multipliziert man jedes Glied des Summenterms mit dem Faktor.	$2 \cdot 4 \cdot 5 = 2 \cdot 5 \cdot 4 =$ $= (2 \cdot 4) \cdot 5 = 2 \cdot (5 \cdot 4) = 40$ $5(4 + 3) = 5 \cdot 4 + 5 \cdot 3 = 35$ $(5 - 3)(7 + 1) =$ $= 5 \cdot 7 + 5 \cdot 1 - 3 \cdot 7 - 3 \cdot 1 =$ $= 35 + 5 - 21 - 3 = 16$
Dividieren, Bruchrechnen $a/b = a : b = c$ $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = ac/(b \cdot d)$ $\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c} = ad/(b \cdot c)$ $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$ **Kürzen, Erweitern** $\frac{a \cdot c}{b \cdot c} = \frac{a}{b}; \quad \frac{a}{b} = \frac{a \cdot d}{b \cdot d}$	Dividend/Divisor = Quotient Vorzeichenregelung wie bei Multiplikation. Zähler mal Zähler geteilt durch Nenner mal Nenner. Multiplikation mit Kehrwert des zweiten Bruches. Hauptnenner suchen, erweitern, Zähler addieren. Wert des Bruches bleibt unverändert, wenn Zähler und Nenner mit derselben Zahl multipliziert oder durch dieselbe Zahl dividiert werden.	$8/2 = 8 : 2 = 4$ $\boxed{8}\ \boxed{\div}\ \boxed{2}\ \boxed{=}$ $\frac{8}{2} \cdot \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 6}{2 \cdot 3} = 8$ $\boxed{8}\ \boxed{\times}\ \boxed{6}\ \boxed{\div}\ \boxed{(}\ \boxed{2}\ \boxed{\times}\ \boxed{3}\ \boxed{)}\ \boxed{=}$ $\frac{8}{2} : \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 3}{2 \cdot 6} = 2$ $\frac{3}{2} + \frac{5}{7} = \frac{3 \cdot 7 + 5 \cdot 2}{2 \cdot 7} = \frac{31}{14}$ $\frac{3c}{7c} = \frac{3}{7}, \quad \frac{5}{9} = \frac{5d}{9d}$
Potenzieren $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$ $a^m/a^n = a^{m-n}$ $a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$ $(a^m)^n = a^{m \cdot n}$ $a^0 = 1$ (mit $a \neq 0$) **Radizieren** (Wurzelziehen) $\sqrt[n]{a} = a^{1/n}$ $\sqrt{a} = a^{1/2}$ $\sqrt[n]{a^m} = a^{m/n}$ $\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$	*a* Basis; *m*, *n* Exponenten *a* Radikand, *n* Wurzelexponent	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$ $\boxed{3}\ \boxed{x^y}\ \boxed{2}\ \boxed{\times}\ \boxed{3}\ \boxed{x^y}\ \boxed{3}\ \boxed{=}$ $3^2/3^3 = 3^{2-3} = 3^{-1} = 1/3$ $6^2 \cdot 2^2 = (6 \cdot 2)^2 = 12^2 = 144$ $(2^2)^3 = 2^{2 \cdot 3} = 2^6 = 64$ $5^0 = 1$ $\sqrt{16} = 16^{1/2} = 4$ $\sqrt[3]{64} = \sqrt[3]{2^6} = 2^{6/3} = 2^2 = 4$ $\boxed{6}\ \boxed{4}\ \boxed{\text{INV}}\ \boxed{y^{1/y}}\ \boxed{3}\ \boxed{=}$
Logarithmieren $\log (a \cdot b) = \log a + \log b$ $\log (a/b) = \log a - \log b$ $\lg x = \ln x/\ln 10 = 0{,}4343 \cdot \ln x$ $\text{lb}\ x = \lg x/\lg 2 = 3{,}3219 \cdot \lg x$	log Logarithmus, allgemein; Basis ist jeweils anzugeben. lg Zehnerlogarithmus lb Zweierlogarithmus ln natürlicher Logarithmus	$\log (3 \cdot 4) = \log 3 + \log 4$ $\log (6/3) = \log 6 - \log 3$ $\lg 0{,}01 = - 2;\ (10^{-2} = 0{,}01)$ $\text{lb}\ 32 = 5;\ (2^5 = 32)$ $\ln 2{,}718 = 1\ (e^{\wedge 1}) = 2{,}718$
Gleichung $a = b \cdot x + c \Rightarrow bx + c = a$ $a \cdot (- 1) = (bx + c) \cdot (- 1)$ **Ungleichung** $a > b + c \Rightarrow b + c < a$ $(b + c) \cdot (- 1) > a \cdot (- 1)$ $1/a < 1/(b + c)$	Die beiden Seiten einer Gleichung darf man vertauschen oder durch den gleichen Rechenvorgang ändern. Aus > wird < und umgekehrt bei Seitentausch, Multiplikation mit (– 1) und Kehrwertbildung.	$10 = 3 \cdot x + 4 \Rightarrow 3 \cdot x + 4 = 10$ $- 10 = - 3x - 4$ $10 - 4 = 3x$ $6/3 = x \Rightarrow x = 2$ $10 > 3 + 4 \Rightarrow 3 + 4 < 10$ $- (3 + 4) > - 10$ $1/10 < 1/(3 + 4)$

Winkel und Winkelfunktionen — Angles and trigonometric functions

Winkel



Winkel werden in den Einheiten Grad oder Radiant angegeben. Winkeleingaben beim Taschenrechner:

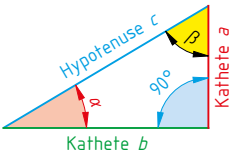
DEG	(degree = Grad)	Vollwinkel = 360°
RAD	(Radiant, rad)	Vollwinkel = 2π
GRAD	(Neugrad)	Vollwinkel = 400°

Die Einheit Radiant (rad) verwendet man beim Bogenmaß, d. h. für die Bogenlänge am Einheitskreis.

$$\alpha_R = \alpha° \cdot \frac{\pi}{180°} \quad (1)$$

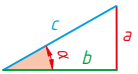
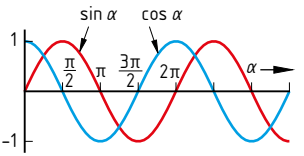
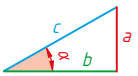
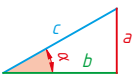
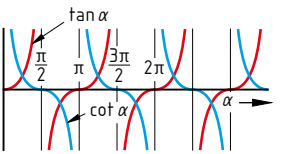
α_R Winkel in rad
$\alpha°$ Winkel in Grad

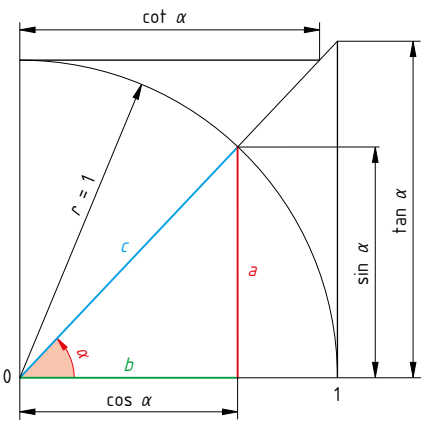
Bezeichnungen am rechtwinkligen Dreieck



Die längste Seite (c) des rechtwinkligen Dreiecks nennt man **Hypotenuse**. Sie liegt dem rechten Winkel gegenüber. Die beiden **Katheten** *a* und *b* bilden den rechten Winkel. Dem spitzen Winkel α gegenüber liegt dessen **Gegenkathete** (*a*). Die dem Winkel α anliegende Kathete ist dessen **Ankathete** (*b*). Einen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck kann man durch das **Verhältnis zweier Dreiecksseiten** festlegen. Das Seitenverhältnis hängt von der Größe des Winkels ab. Deshalb nennt man die Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck **Winkelfunktionen** (Funktion = Abhängigkeit).

Winkelfunktionen

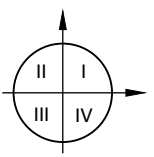
Bildliche Darstellung	Bezeichnung der Seitenverhältnisse	Anwendung auf Winkel α	Kurven der Winkelfunktionen
	Sinus = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\sin\alpha = \frac{a}{c}$ (2)	
	Kosinus = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\cos\alpha = \frac{b}{c}$ (3)	
	Tangens = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$	$\tan\alpha = \frac{a}{b}$ (4)	
	Kotangens = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$	$\cot\alpha = \frac{b}{a}$ (5)	



Darstellung am Einheitskreis im Quadrant I

Die Winkelfunktionen lassen sich im Einheitskreis (Kreis mit Radius $r = 1$) als Seitenlängen ablesen **(Bild)**.

Die zwei senkrecht aufeinander stehenden Durchmesser teilen den Einheitskreis in vier Quadranten (I, II, III, IV).



I : $0° < \alpha < 90°$
II : $90° < \alpha < 180°$
III : $180° < \alpha < 270°$
IV : $270° < \alpha < 360°$

Quadrant	I	II	III	IV
sin	+	+	–	–
cos	+	–	–	+

G

Winkelfunktionen Trigonometrical functions

Reduktionsformeln

Funktion	$\beta = 90° \pm \alpha$	$\beta = 180° \pm \alpha$	$\beta = 270° \pm \alpha$	$\beta = 360° - \alpha$
$\sin\beta$	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\sin\alpha$
$\cos\beta$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$	$+\cos\alpha$
$\tan\beta$	$\mp\cot\alpha$	$\mp\tan\alpha$	$\mp\cot\alpha$	$-\tan\alpha$
$\cot\beta$	$\mp\tan\alpha$	$\pm\cot\alpha$	$\mp\tan\alpha$	$-\cot\alpha$

Allgemeine trigonometrische Beziehungen

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha$

$\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \cot\alpha$

$\cot\alpha = \frac{1}{\tan\alpha}$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{1+\tan^2\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1+\cot^2\alpha}}$

$\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha} = \frac{1}{\cot\alpha}$

$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta \pm \cos\alpha \cdot \sin\beta$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\alpha}} = \frac{\cot\alpha}{\sqrt{1+\cot^2\alpha}}$

$\cot\alpha = \frac{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{\sin\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{1}{\tan\alpha}$

$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta \mp \sin\alpha \cdot \sin\beta$

$\sin\alpha \cdot \sin\beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta))$

$\sin\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}(\sin(\alpha-\beta) + \sin(\alpha+\beta))$

$\cos\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha-\beta) + \cos(\alpha+\beta))$

$\sin^2\alpha = \frac{1}{2}(1-\cos 2\alpha)$

$\cos^2\alpha = \frac{1}{2}(1+\cos 2\alpha)$

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha$

$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$

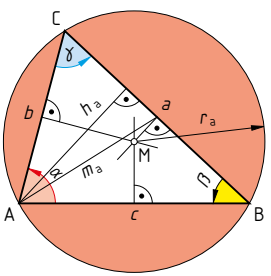
$\tan 2\alpha = \frac{2\tan\alpha}{1-\tan^2\alpha}$

$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2\alpha - 1}{2\cot\alpha}$

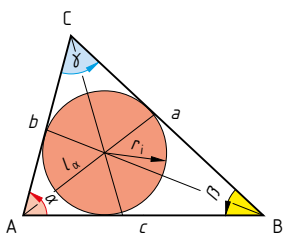
$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2}(1-\cos\alpha)}$

$\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2}(1+\cos\alpha)}$

Berechnungen im allgemeinen Dreieck



Umkreis und Größen des Dreiecks



Inkreis und Größen des Dreiecks

Sinussatz $\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = 2r_a$

Kosinussatz
$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos\alpha$
$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos\beta$
$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos\gamma$

Tangenssatz $\frac{a+b}{a-b} = \frac{\tan[1/2(\alpha+\beta)]}{\tan[1/2(\alpha-\beta)]}$

Fläche $A = \frac{1}{2}ab \cdot \sin\gamma = 2r_a^2 \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma$

Höhe auf a $h_a = b \cdot \sin\gamma = c \cdot \sin\beta$

Seitenhalbierende auf a $m_a = \frac{1}{2}\sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cdot \cos\alpha}$

Winkelhalbierende von a $l_a = \frac{2bc \cdot \cos(\alpha/2)}{b+c}$

Radius des Umkreises $r_a = \frac{a}{2 \cdot \sin\alpha} = \frac{b}{2 \cdot \sin\beta} = \frac{c}{2 \cdot \sin\gamma}$

Radius Inkreis $r_i = 4r \cdot \sin(\alpha/2) \cdot \sin(\beta/2) \cdot \sin(\gamma/2)$

Winkelgleichung $\alpha + \beta + \gamma = 180°$