



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	Oberstudierendirektorin	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.

Für 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

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 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
 Bezugspeile, Kirchhoff'sche Regeln 44
 R-, L-, C-Schaltungen 45
 Ersatzspannungsquelle und Anpassung, Ersatzstromquelle 46
 Spannungsteiler 47
 Netzwerkwandlung zwischen Stern- und Dreieckschaltung 48
 Netzwerkwandlung zwischen Reihen- und Parallelschaltung 49

Diagramme von Grundsaltungen 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 Grundsaltungen 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 Halbleiterbauelementen 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

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
Sinusooszillatoren	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
Zahenumwandlungen	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 Zählererschaltungen	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
Programmiersprachen und Programmier- sprachen	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-Schlüsselwörter	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-Anschlussstechnik 180
 Bildsensoren, CCD 181
 Komplexe Sensorsysteme 182
 Interne Peripheriebusse 1 186
 Interne Peripheriebusse 2 187

Aktoren

Mechatronische Aktoren 188
 Linear- und Piezo-Motoren 191
 Fernwirkssysteme 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
 Kleinststeuerung Logo! 208
 Kleinststeuerung 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 Ablauf-
 steuerungen 225
 Funktionspläne und Beispiele von Ablauf-
 steuerungen 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
 Antriebe 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



**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

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 Pulsmodulation PCM	277
OFDMA	278
Demodulation	279
Analoge Hörfunk-Empfänger	280
Hörfunk-Stereophonie	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 Multimediantechnik	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
Leitungscodecs	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, Kurzschlusschutz und
 Mindestquerschnitte von Leitungen 429
 Strombelastbarkeit von Leitungen bei
 Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 30\text{ °C}$ 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

EMV-gerechter Schaltschrankbau und Maschineninstallation	441	Lastenheft, Pflichtenheft	474
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV, Funkstörungen	442	Teamarbeit	475
Funkentstörung	443	Fachgespräch	476
Werkstoffe und Leitungen		Präsentation durch Vortrag	477
Chemische Grundlagen	444	Visualisierung	478
Periodensystem, Atombau, chemische Bindung	445	Zitierregeln	479
Chemische Grundstoffe (Elemente)	446	Informationen zur Abschlussprüfung (Kammerprüfung) in den Elektroberufen	480
Stoffwerte	447	Betriebliche Geschäftsprozesse	
Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	448	Qualitätsmanagement	481
Halbleiterwerkstoffe	449	Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen (gemäß EN 82079)	483
Lote, Widerstandswerkstoffe, Kontaktwerkstoffe	450	Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	484
Thermoplaste (Plastomere)	451	Kostenarten	485
Elastomere, Duromere, Schichtpresstoffe	452	Kostenkalkulation	486
Isolierstoffe	453	Betriebsabrechnungsbogen BAB	487
Kunststoffe als Isolierstoffe	454	Umgang mit Kunden	488
Arten und Typenschlüssel von Leitungen	455	Deutscher Geschäftsbrief nach DIN 5008	489
Kupferlitzenleiter der Informationstechnik	456	Kaufvertrag und Werkvertrag	490
Leitungen und Kabel für Signalanlagen und Datennetze	457	Arbeitsschutz	
Hochfrequenzleitungen	458	CE-Kennzeichnung	491
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	459	Arbeits- und Gesundheitsschutz 1	492
Lichtwellenleiter (LWL)	460	Arbeits- und Gesundheitsschutz 2	493
Konverter für Datenleitungen	461	Arbeits- und Gesundheitsschutz 3	494
Verbindungstechnik		Persönliche Schutzausrüstung PSA	495
Leiterplatten und Flachbaugruppen	462	Sicherheits- und Gesundheitsschutz- kennzeichnung	496
Arten von Leiterplatten	463	Umweltechnik	
Platinenanfertigung mit EAGLE	464	Energieeffizienzklassen	497
Leiterplattenherstellung	466	Umwelttechnische Begriffe	499
Steckverbinder	467	Gefährliche Stoffe	500
RJ45-Steckverbindungstechnik und Power over Ethernet	468	Schrott von Elektro- und Elektronikgeräten	501
Verbindungstechnik	469	Anhang	
PC-Netzteilstecker	470	Normungsorganisationen, Interessen- vertretungen und Verbände der elektronischen Industrie	502
BA Betrieb und sein Umfeld, Arbeits- schutz, Umwelt, Anhang		Wichtige Normen	503
Arbeitnehmer- und Geschäftsprozesse		Errichten von Niederspannungsanlagen nach DIN VDE 0100	505
Projektplanung	472	Literaturverzeichnis	506
Durchführung von Projekten der IT-Berufe	473	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
Netzwerkmumwandlung zwischen Stern- und Dreieckschaltung	48
Netzwerkmumwandlung zwischen Reihen- und Parallelschaltung	49
Diagramme von Grundsaltungen	50
Blindwiderstände, RC-Schaltungen, RL-Schaltungen	51
RLC-Schaltungen, Schwingkreise	52
Tiefpässe und Hochpässe	53
Impulsformer und Dämpfungsglieder	54
Bandpässe, Bandsperrern, Bandfilter	55
Komplexe Rechnung für Grundsaltungen	56
Drehstrom, Kompensation	57
Einphasentransformator	58

Verwendete Formelzeichen Used formula symbols

Formelzeichen	Bedeutungen	Formelzeichen	Bedeutungen	Formelzeichen	Bedeutungen
Kleinbuchstaben		Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
<i>a</i>	1. Beschleunigung	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt	α (alpha)	1. Winkel
<i>b</i>	2. Temperaturleitfähigkeit		2. Ablenkkoeffizient	β (beta)	2. Temperaturkoeffizient
<i>c</i>	1. Breite	<i>B</i>	3. Dämpfungsmaß	γ (gamma)	1. Winkel
	2. Ladungsträgerbeweglichkeit		4. Auflösung		2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität		1. magn. Flussdichte		1. Winkel
	2. elektrochemisches Äquivalent	<i>C</i>	2. Blindleitwert	δ (delta)	2. spez. Leitfähigkeit
	3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen		3. Gleichstromverhältnis		3. Richtungsfaktor
<i>d</i>	1. Durchmesser		4. Bandbreite		1. Verlustwinkel
	2. Abstand	<i>D</i>	5. Zahlenbasis	ϵ (epsilon)	2. Modulationsindex
	3. Verlustfaktor		1. Kapazität	ϵ_0	1. Permittivität
	4. Differenztonfaktor		2. Wärmekapazität	ζ (zeta)	2. Dehnung
	5. Klirrfaktor	<i>E</i>	3. Taktanzahl	η (eta)	elektr. Feldkonstante
<i>e</i>	1. Elementarladung		4. Zählerkonstante	θ (theta)	Arbeitsgrad,
	2. Regeldifferenz		1. Elektr. Flussdichte	λ (lambda)	Nutzungsgrad
	3. Euler'sche Zahl 2,718 ...	<i>F</i>	2. Dämpfungsfaktor	μ (müh)	Wirkungsgrad
<i>f</i>	Frequenz		3. Dynamikbereich	μ_0	
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient	<i>G</i>	4. Richtungsmaß	π (pi)	Zahl 3,141 5926...
	2. Tastgrad		1. elektr. Feldstärke	ρ (rho)	1. spezifischer Widerstand
	3. Übertragungsmaß	<i>H</i>	2. Beleuchtungsstärke		2. Dichte
<i>h</i>	Höhe		1. Kraft, 2. Faktor	σ (sigma)	1. Streufaktor
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	3. Fehler	τ (tau)	2. Rauschabstand
<i>j</i>	Ruck	<i>J</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert	φ (phi)	Zeitkonstante
<i>k</i>	1. Verkürzungsfaktor	<i>K</i>	2. Verstärkungsmaß	ω (omega)	Winkel, insbesondere Phasenverschiebungswinkel
	2. allgem. Konstante		magnetische Feldstärke		1. Winkelgeschwindigkeit
	1. Länge, 2. Abstand	<i>H</i>	Stromstärke		2. Kreisfrequenz
<i>m</i>	1. Masse	<i>I</i>	1. Stromdichte	Griechische Großbuchstaben	
	2. Modulationsgrad	<i>J</i>	2. Trägheitsmoment	Δ (Delta)	Differenz
	3. Strangzahl	<i>K</i>	1. Konstante		z. B. Δf Frequenzhub
	4. Zahl der Stufen		2. Kopplungsfaktor	Θ (Theta)	$\Delta\hat{\varphi}$ Phasenhub
	5. Reglerausgangsgröße	<i>L</i>	3. Lichtgleichwert		elektrische Durchflutung
<i>n</i>	1. Umdrehungsfrequenz, Drehzahl	<i>M</i>	4. Koeffizient	Λ (Lambda)	magnetischer Leitwert
	2. ganze Zahl 1, 2, 3 ...		1. Induktivität, 2. Pegel	Φ (Phi)	1. magnetischer Fluss
	3. Brechzahl	<i>N</i>	1. Drehmoment, auch <i>T</i>	Ψ (Psi)	2. Lichtstrom
<i>p</i>	1. Polpaarzahl		2. Speicherkapazität		elektrischer Fluss
<i>q</i>	1. Querstromverhältnis	<i>P</i>	1. Zahl	Ω (Omega)	Raumwinkel
	2. Verdampfungswärme		2. Nachrichtenmenge		
<i>r</i>	1. Radius, 2. Rate, 3. differenzieller Widerstand	<i>P</i>	1. Leistung, Wirkleistung		
	4. Rückführgröße		2. Bit-, Zeichen-, Blockfehlerhäufigkeit		
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke	<i>Q</i>	1. Ladung, 2. Wärme		
	2. Siebfaktor		3. Blindleistung		
	3. Schlupf, bezogener	<i>R</i>	4. Gütefaktor, Güte		
	4. Korrektur		1. Federrate		
	5. Welligkeitsfaktor	<i>S</i>	2. Wirkwiderstand		
<i>t</i>	Zeit		1. Scheinleistung		
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	2. Steilheit		
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis		3. Übertragungsgröße		
	2. Übersteuerungsfaktor		4. Schlankheitsgrad		
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>U</i>	5. Signal		
<i>w</i>	1. Energiedichte		1. Periodendauer		
	2. Führungsgröße	<i>V</i>	2. Übertragungsfaktor		
<i>x</i>	Regelgröße		3. Temperatur in K		
<i>y</i>	Stellgröße	<i>W</i>	4. Kraftmoment		
<i>z</i>	1. ganze Zahl, z. B. Lagenzahl, Schrittzahl		Spannung		
	2. Störgröße	<i>X</i>	1. Volumen		
			2. Verstärkungsfaktor		
		<i>Y</i>	Arbeit, Energie		
			Blindwiderstand		
		<i>Z</i>	Scheinleitwert		
			1. Impedanz, Scheinwiderstand		
			2. Wellenwiderstand		
			3. Schwingungswiderstand		

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	Indizes	Bedeutungen	Indizes	Bedeutungen
Ziffern, Zeichen		n	1. Bemessungs-, Nenn- 2. Rausch- (noise)	G	1. Gain 2. Gate 3. Gewicht 4. Glättung 5. Grün
0	1. Leerlauf 2. im Vakuum 3. Bezugsgröße	o	Oszillator		
1	1. Eingang 2. Reihenfolge	p	1. parallel 2. Pause 3. Puls, 4. potenziell 5. Brumm-, 6. Druck	H	1. Hysterese 2. Hall- 3. Höhe
2	1. Ausgang 2. Reihenfolge	q	Quer		
3, 4, ...	Reihenfolge	r	1. in Reihe 2. relativ, bezogen auf 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz 5. rated (Bemessungswerte)	K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke
z. B. \hat{u}	Maximalwert, Höchstwert,	s	1. Sieb- 2. Signal, 3. Serie 4. Störstrahlung 5. in Wegrichtung 6. Stoß- 7. Lautstärke, 8. Soll-, Schritt	L	1. induktiv, 2. Last, 3. Level 4. links 5. Laden 6. höchstzul. Berührungsspannung 7. Lorentz- Mitkopplung
z. B. \hat{u}	Tiefstwert, Kleinstwert, Minimalwert	sch	tief, unten, Totzeit	M	1. Bemessungs-, 2. Nutz- Quer-
z. B. \hat{u}	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite	t	thermisch, Wärme- total, gesamt	N	
z. B. u'	1. bezogen auf, 2. Hinweis, 3. Ableitung	th	total, gesamt	Q	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. Diode, Z-Diode 4. Drossel, 5. rechts 6. Regel-, 7. Rot 8. Ruhe
Δ	in Dreieckschaltung	tot	Spannungs-	R	1. Source 2. Schleife- 3. Sattel- 4. Schalt- 5. Schleusen- 6. Sektor
Y	in Sternschaltung	u	1. Vor-, 2. Verlust 3. visuell, Licht-, 4. Vergleich	S	1. Transformator 2. Träger 3. Spur (track) 4. Drehmoment (torque)
Kleinbuchstaben		v	1. Wirk-, wirksam 2. Führungsgröße 3. Wellen-, 4. Welligkeit 5. Wind-	T	Umgebung
a	1. Abschalten 2. Ausgang 3. außen 4. Abfall 5. Anker	w	1. unbekannte Größe 2. in x-Richtung	U	1. Spannungsmesser 2. Verstärkungs- 3. Video- 4. Vertikal-
ab	abgegeben	x	1. Stellgröße 2. in y-Richtung 3. Sternschaltung	V	am X-Eingang
auf	aufgenommen	y	1. Zwischen- 2. Zentripetal- zugeführt	X	1. am Y-Eingang 2. Luminanz 3. Sternschaltung
b	1. Betriebs- 2. Bit, 3. Blindgröße	z	zulässig	Y	1. Zener-, 2. zulässig
c	1. Grenz- (cut-off) 2. Form (crest)	zu		Z	
d	1. Gleichstrom betreffend 2. Dauer-, 3. Digit-, 4. Dämpfung	zul			
e	1. Eingang 2. Empfang	Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
eff	Effektivwert	A	1. Strommesser 2. Antenne 3. Anker- 4. Anode 5. Anzug, Anlauf 6. Anlagenerdung 7. Abtast-	α (alpha)	in Richtung des Winkels α
f	1. Frequenz 2. Abfalls- (fall)	B	1. Basis 2. Betrieb 3. Betriebserdung (Netz) 4. Bau-, 5. Blau	σ (sigma)	Streuung
ges	Gesamt-	C	1. Kollektor 2. kapazitiv 3. Takt 4. Cluster 5. koerzitiv	φ (phi)	Phasenverschiebung- (s-winkel)
h	hoch, oben	D	1. Drain, 2. Daten	Griechische Großbuchstaben	
i	1. innen, 2. induziert 3. Strom-, 4. ideell 5. Ist- 6. Impuls	E	1. Emittent 2. Entladen 3. Erde 4. Erregung (Gleichstrommotor)	Δ (Delta)	eine Differenz betreffend
j	1. Sperrschicht (von junction) 2. Ruck	F	1. Vorwärts- (forward) 2. Fläche 3. Fehler-, 4. Farbe		
k	1. Kurzschluss- 2. kinetisch				
m	1. magnetisch 2. Mittelwert 3. Messwerk 4. moduliert				
max	maximal, höchstens				
mec	mechanisch				
min	minimal, mindestens				

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.

Größen und Einheiten Quantities and units

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel			elektr. Kapazität	Farad	$1 F = 1 As/V = 1 C/V$
Länge	Meter (Zoll, Inch)	m $1'' = 25,4\text{mm}$	elektr. Strombelag	Ampere je Meter	A/m
Fläche	Quadratmeter	m^2	Permittivität, Dielektrizitäts- konstante	Farad je Meter	$1 F/m = 1 C/(Vm)$
Volumen	Kubikmeter (Liter)	m^3 $1 l = (1/1000)\text{m}^3$ $= 1 \text{ dm}^3$ $= 1000 \text{ cm}^3$	elektr. Stromstärke	Ampere	$1 A = 1 As/s$
Winkel (ebener)	Radian (Grad)	rad $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$	elektr. Stromdichte	Ampere je m^2	A/m^2
Raumwinkel	Steradian	sr	Spannungs- anstiegs- geschwindigkeit	Volt je Sekunde	$1 V/s$
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung			elektr. Widerstand, Wirkwiderstand, Blindwiderstand, Scheinwiderstand	Ohm	$1 \Omega = 1 V/A$
Zeit	Sekunde (Minute) (Stunde) (Tag) (Jahr)	s $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$ $1 \text{ a} = 8760 \text{ h}$	elektr. Wirkleitwert, Blindleitwert, Scheinleitwert	Siemens	$1 S = \frac{1}{1 \Omega}$
Frequenz	Hertz	$1 \text{ Hz} = 1/s$	spezifischer elektr. Widerstand	Ohmmeter	$1 \Omega \text{ m} = 100 \Omega \text{ cm}$ $1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} = 1 \mu\Omega \text{ m}$
Drehzahl, Um- drehungsfrequenz	je Sekunde (je Minute)	$1/s = 60/\text{min}$	elektrische Leitfähigkeit	Siemens je Meter	$1 \text{ Sm}/\text{mm}^2 = 1 \text{ MS}/\text{m}$
Kreisfrequenz	je Sekunde	$1/s$	Wirkleistung	Watt	$1 W = 1 V \cdot 1 A$
Geschwindigkeit	Meter je Sekunde	m/s $1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}$	Blindleistung	(Var) od. W	$1 \text{ var} = 1 V \cdot 1 A$
Winkelgeschwin- digkeit	Radian je Sekunde	rad/s	Scheinleistung	(VA) od. W	$1 VA = 1 V \cdot 1 A$
Beschleunigung	Meter je Se- kunde Quadrat	m/s^2	Induktivität	Henry	$1 H = 1 Vs/A$
Ruck	–	m/s^3	Arbeit, Energie	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	$1 J = 1 \text{Ws}$ $1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kNm}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$
Mechanik			Magnetismus		
Masse	Kilogramm (Tonne)	kg $1 t = 1000 \text{ kg}$	magnetische Durchflutung, magn. Spannung	Ampere	A
Dichte	Kilogramm je Kubikmeter	$\text{kg}/\text{m}^3, \text{kg}/\text{dm}^3$	magn. Feldstärke, Magnetisierung	Ampere je Meter	A/m
Trägheitsmoment	–	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	magnetischer Fluss	Weber	$1 \text{ Wb} = 1 \text{Vs}$
Kraft	Newton	$1 N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$	magn. Flussdichte, magn. Polarisation	Tesla	$1 T = 1 \text{Vs}/\text{m}^2$
Impuls	Newton- sekunde	$1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}$	Induktivität	Henry	$1 H = 1 \text{Vs}/A$
Druck	Pascal (Bar)	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$ $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$	Permeabilität	Henry je Meter	$1 H/\text{m} = 1 \text{Vs}/(\text{Am})$
Arbeit, Energie	Joule (Elektronvolt)	$1 J = 1 \text{ Nm} = 1 \text{Ws}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$	magn. Widerstand	–	$1/H = A/Vs$
Drehmoment	Newtonmeter	1 Nm	magn. Leitwert	Henry	H
Leistung	Watt	$1 W = 1 \text{ J}/\text{s}$ $= 1 \text{ Nm}/\text{s}$	Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)		
Elektrizität			Strahlungsenergie	Joule	$1 J = 1 \text{ Nm} = 1 \text{Ws}$
elektrische Ladung, elektrischer Fluss	Coulomb	$1 C = 1 As$	Strahlungsleistung	Watt	$1 W = 1 \text{ J}/\text{s}$
Flächenladungs- dichte, elektrische Flussdichte	Coulomb je Quadratmeter	C/m^2	Strahlstärke	Watt/ Steradian	W/sr
Raumladungs- dichte	Coulomb je Kubikmeter	C/m^3	Strahldichte	–	$\text{W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$
elektr. Spannung, elektr. Potenzial	Volt	$1 V = 1 \text{ J}/C$	spezifische Ausstrahlung, Bestrahlungsstärke	Watt je Quadratmeter	W/m^2
elektr. Feldstärke	Volt je Meter	$1 \text{ V}/\text{m} = 1 \text{ N}/C$			

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

Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größen	SI-Einheiten (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Licht, Optik			Kernreaktion, ionisierende Strahlung		
Lichtstärke	Candela	cd	Aktivität einer radioaktiven Substanz	Becquerel	1 Bq = 1/s
Leuchtdichte	Candela je m ²	cd/m ²	Energiedosis	Gray	1 Gy = 1 J/kg
Lichtstrom	Lumen	lm	Energiedosisrate	Gray je Sekunde	Gy/s
Lichtausbeute	Lumen je Watt	lm/W	Äquivalentdosis	Sievert	1 Sv = 1 J/kg
Lichtmenge	Lumensekunde (Lumenstunde)	lm s 1 lm h = 3 600 lm s	Aquivalentdosisrate	Sievert je Sekunde	1 Sv/s = 1 J/(kg · s)
spezifische Lichtausstrahlung	Lumen je Quadratmeter	lm/m ²	Ionendosis	Coulomb je Kilogramm	C/kg
Beleuchtungsstärke	Lux	1 lx = 1 lm/m ²	Ionendosisrate	Ampere je Kilogramm	1 A/kg = 1 C/(kg · s)
Belichtung	–	Lux · s			
Brechwert von Linsen	– (Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1/m			
Wärme			Akustik		
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C	Schalldruck	Pascal	1 Pa = 1 N/m ²
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K 0 K \triangleq – 273,15 °C 0 °C \triangleq 273,15 K	Schalldruckpegel	Dezibel	dB
Temperaturdifferenz	Kelvin	K	" , bewertet	–	dB (A), dB (B), dB (C), dB (D)
Wärme, innere Energie	Joule	1 J = 1 Ws	Lautstärkepegel	Phon	phon \approx dB(A)
Wärmestrom	Watt	1 W = 1 J/s	Schallschnelle	Meter je Sekunde	m/s
Wärme-widerstand (von Bauelementen)	Kelvin je Watt	K/W	Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit)	Meter je Sekunde	m/s
Wärmeleitfähigkeit	–	W/(K · m)	Schallfluss	–	1 m ³ /s = 1 m ² · 1 m/s
Wärmeübergangskoeffizient	–	W/(K · m ²)	Schallintensität	–	W/m ²
Wärmekapazität, Entropie	Joule je Kelvin	J/K	spezifische Schallimpedanz	–	Pa · s/m
spezifische Wärmekapazität	–	J/(kg · K)	akustische Impedanz	–	Pa · s/m ³
Temperaturleitfähigkeit	Quadratmeter je Sekunde	m ² /s	mechanische Impedanz	–	N · s/m
Chemie, Molekularphysik			äquivalente Absorptionsfläche	Quadratmeter	m ²
Stoffmenge	Mol	mol	Sonstige Bereiche		
Stoffmengenkonzentration	–	mol/m ³	Entfernung in der Astronomie	(Astronomische Einheit)	1 AE = 149,6 Gm = 149 597 870 691 m
stoffmengenbezogenes Volumen (molares Volumen)	–	m ³ /mol		Parsec (Parallaxensekunde)	1 Pc = 30,857 Pm
Molalität	–	mol/kg	Masse in der Atomphysik	(atomare Masseneinheit)	1 u = 1,66 · 10 ⁻²⁷ kg
molare Masse	–	kg/mol	Fläche von Grundstücken	Ar Hektar	1 a = 100 m ² 1 ha = 100 a = 10 000 m ²
molare Wärmekapazität	–	J/(mol · K)			
Diffusionskoeffizient	–	m ² /s			

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 = 10³ bit/s = 1000 bit/s; 1 Mbit/s = 10⁶ bit/s = 1000 kbit/s; 1 Gbit/s = 10⁹ bit/s.

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

Faktoren (binär)	IEC-Namen	Vorsatzzeichen	Ursprünge	SI-Herkunft	Vorsatzzeichen	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	Gegenseitiges Aufrechnen	Berechnung mit Taschenrechner																
<p>Man ersetzt die Vorsatzzeichen durch die Zehnerpotenzen und fasst diese rechnerisch zusammen. Zuletzt ersetzt man das Ergebnis der Zusammenfassung wieder durch den Vorsatz.</p> <p>Beispiel 1: $P = U \cdot I = 600 \text{ mV} \cdot 2 \text{ mA} = 1200 \text{ mV} \cdot \text{mA} = 1200 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 10^{-3} \text{ A} = 1200 \cdot 10^{-6} \text{ VA} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ W} = \mathbf{1,2 \text{ mW}}$</p> <p>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.</p> <p>Beispiel 2: $f = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C}) = 1/(2\pi\sqrt{1,5 \text{ mH} \cdot 22 \text{ pF}})$ $= 1/(2\pi \cdot \sqrt{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 22 \cdot 10^{-12} \text{ F}})$ $= 1/(2\pi \cdot \sqrt{33 \cdot 10^{-15} \text{ Ωs} \cdot \text{s/Ω}})$ $= 1/(2\pi \cdot \sqrt{3,3 \cdot 10^{-14} \text{ s}^2})$ $= 1/(2\pi \cdot 1,82 \cdot 10^{-7} \text{ s}) = 1/(1,14 \cdot 10^{-6} \text{ s})$ $= 10^6 \text{ Hz}/1,14 = \mathbf{876 \text{ kHz}}$</p>	<p>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) verwechselt werden. Deshalb steht m für Meter immer hinten, m für Milli aber vorn.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Multiplizieren (Malnehmen)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 k · 1 μ = 1 m</td> <td>1 m · 1 m = 1 μ</td> </tr> <tr> <td>1 M · 1 μ = 1</td> <td>1 m · 1 μ = 1 n</td> </tr> <tr> <td>1 m · 1 k = 1</td> <td>1 p · 1 M = 1 μ</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dividieren (Teilen)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/1 μ = 1 M</td> <td>1 k/1 M = 1 m</td> </tr> <tr> <td>1/1 m = 1 k</td> <td>1 M/1 k = 1 k</td> </tr> <tr> <td>1/1 k = 1 m</td> <td>1 μ/1 k = 1 n</td> </tr> </tbody> </table> <p>Beispiel: $P = U \cdot I = 800 \text{ mV} \cdot 4 \text{ mA} = 3200 \text{ μW} = \mathbf{3,2 \text{ mW}}$</p>	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	<p>Man gibt für die Vorsatzzeichen die Zehnerpotenzen ein.</p> <p>Tastenbeschriftungen: \boxed{EE} oder \boxed{EXP} oder $\boxed{\times 10^x}$ $\boxed{+/-}$ oder $\boxed{(-)}$</p> <p>Beispiel: $P = U \cdot I = 620 \text{ mV} \cdot 22 \text{ mA}$ $620 \boxed{\times} 22 = \text{und dann}$ $\boxed{\times} \boxed{1} \boxed{EXP} \boxed{(-)} \boxed{6} \boxed{=}$ 0.01364</p> <p>oder: $620 \boxed{\times} 22 \boxed{\times} 10 \boxed{\Delta} - 6$</p> <p>Ergebnis: $P = 0,01364 \text{ W} = \mathbf{13,64 \text{ mW}}$</p> <p>Für beliebige Potenzen oder Wurzeln wird $\boxed{\Delta}$, $\boxed{\sqrt{x}}$, $\boxed{x^y}$ oder $\boxed{\sqrt[y]{x}}$ verwendet.</p>
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																	

Schreibweise von Ergebnissen und Angaben

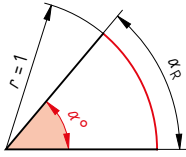
Größenangaben	Einheitenprodukte	Quotienten von Einheiten
<p>Größen sind so anzugeben, dass der Zahlenwert zwischen 0,1 und 1000 liegt.</p> <p>Einheiten mit Vorsätzen sind anschaulicher als Zehnerpotenzen.</p> <p>Beispiel: $3,1 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 31 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 31 \text{ ns}$</p>	<p>Produkte von Einheiten können mit oder ohne Malpunkt (·) geschrieben werden.</p> <p>Beispiele: Newtonmeter N · m oder Nm; Ω · m oder Ωm Milli (m) steht davor.</p>	<p>Darstellung als Bruch oder Potenz.</p> <p>Beispiel: $\frac{m}{s}$ oder m/s oder m · s⁻¹ $\frac{1}{s}$ oder 1/s oder s⁻¹</p> <p>Die 1 kann bei vorgesetzter Zahl entfallen.</p> <p>Beispiel: $3000 \text{ s}^{-1} = 3000/\text{s}$</p>

G

Zeichen	Bedeutung	Beispiele	Zeichen	Bedeutung	Beispiele
Allgemeine Zeichen			π	Pi	$\pi = 3,14159\dots$
()	Nummerieren von Formeln	$U = I \cdot R \quad (1)$	∞	unendlich	$n = 1,2,3, \dots, \infty$
...	und so weiter bis	$k = 1, 2, 3, \dots, n$	\rightarrow	gegen, nähert sich	$x \rightarrow a$: x nähert sich dem Wert a
...	und so unbegrenzt weiter	$n = 1, 2, 3, \dots$ $\sqrt{2} = 1,41421\dots$	$f(x)$	Funktion von x	$f(I) = I^2 \cdot R$
Logik, Schaltalgebra			i oder j	imaginäre Einheit	$i^2 = j^2 = -1$
$\neg a, \bar{a}$	Negation NICHT a (not a)	$\overline{a \wedge b} = \bar{a} \vee \bar{b}$	\mathbb{Z}	komplexe Größe \mathbb{Z}	$\mathbb{Z} = R + jX = Z \cdot e^{j\varphi}$
\wedge	Konjunktion, UND (AND)	$a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$	Geometrie		
\vee	Disjunktion, ODER (OR)	$a \vee b$ oder $\vee (a, b)$	\parallel	parallel	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$
$\bar{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \bar{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
∇	NICHT ODER (NOR)	$a \nabla b = \overline{a \vee b}$	$\uparrow\downarrow$	gegennsinnig parallel	$g_1 \uparrow\downarrow g_2$
Mengenlehre			\perp	rechtwinklig zu, senkrecht auf	$g \perp h$
\in	Element von	$a \in M$: a ist Element von M	\triangle	Dreieck	$\triangle ABC$
\subset	Teilmenge von	$M_1 \subset M_2$	\cong	kongruent (deckungsgleich)	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
\cup	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\}$ $= \{1, 2, 3, 4\}$	\sim	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
\cap	Schnittmenge, Durchschnitt	$\{1, 2, 3\} \cap \{2, 3, 4, 5\}$ $= \{2, 3\}$	\sphericalangle	Winkel	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC})$,
\setminus	Differenzmenge	$N_* = N \setminus \{0\}$	\overline{AB}	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
Arithmetik			\widehat{AB}	Bogen AB	$\widehat{AB} = \sphericalangle \gamma$
$=$	gleich	$P = U \cdot I$	Vektoren		
\neq	nicht gleich	$4 \neq 5$	\vec{A}, \vec{B}	Vektor \vec{A} , Vektor \vec{B}	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
\Rightarrow	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	$ \vec{A} , A$	Betrag des Vektors \vec{A}	$ \vec{F} = 50 \text{ N}, F = 50 \text{ N}$
\sim	proportional	$u \sim r$	Differenzieren, Integrieren		
\approx	angenähert gleich, rund, etwa	$\pi \approx 3,14$	Δ	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
\triangleq	entspricht	$1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$	y', \dot{y}	y Strich, \dot{y} Punkt	y' bzw. \dot{y} ist die erste Ableitung von y
$<$	kleiner als	$2 < 3$	$\frac{dy}{dx} \frac{\delta_y}{\delta_x}$	dy nach dx, δ_y partiell nach δ_x	erster Differenzialquotient $y' = dy/dx$
$>$	größer als	$5 > 2$	\int	Integral	$\int f(x) dx, A = \int_a^b f(x) dx$
\leq	höchstens gleich	$a \leq 10$	Logarithmen, Exponenten		
\geq	mindestens gleich	$n \geq 7$	a^x	a hoch x	$5^3, 10^x$
\ll	klein gegen, wesentlich kleiner	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$	e^x	Exponentialfunktion	$e^1 = 2,71828182846\dots$
\gg	groß gegen, wesentlich größer	$R_x \gg R_n$	\log_a	Logarithmus zur Basis a	$\log_3 9 = 2$
\cdot, \times	mal	$a \cdot b = ab$, $12 \cdot 3 = 36$	lg	Zehnerlogarithmus	$\lg x = \log_{10} x$, $\lg 2 = 0,30102\dots$
$-, /, :$	durch, geteilt	$\frac{7}{2}$	lb	Zweierlogarithmus	$\text{lb } x = \log_2 x$, $\text{lb } 8 = 3$
%	Prozent, vom Hundert	$1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$	ln	natürlicher Logarithmus	$\ln x = \log_e x$, $\ln 10 = 2,302585\dots$
‰	Promille, vom Tausend	$1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$	Trigonometrie		
(), [], { }, ()	runde, eckige, geschweifte, spitze Klammer	$a(b - c) + d]^2$	sin	Sinus	$\sin \alpha$
z	Betrag von z	$ 4 = 4, -7 = 7$	cos	Kosinus (Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha =$ $(\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
n!	n Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$, $3! = 6$	tan	Tangens	$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$
Σ	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	cot	Kotangens (Cotangens)	$\cot \alpha = \tan^{-1} \alpha$
$\sqrt{\quad}, \sqrt[n]{\quad}$	Quadratwurzel aus, n-te Wurzel aus	$\sqrt{16} = 4, \sqrt[3]{8} = 2$	arcsin	Arkussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
			arccos	Arkuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
			arctan	Arkustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$

Aufgabenstellung	Bemerkungen	Beispiele
Summieren $a + b + c = a + c + b$ $= (a + b) + c = a + (c + b)$ $+(+a) = +a \quad -(+a) = -a$ $-(-a) = +a \quad +(-a) = -a$	Kommutativgesetz: Glieder eines Summenterms darf man vertauschen. Assoziativgesetz: Glieder eines Summenterms darf man zu Teilsommen zusammenfassen.	$2 + 4 + 5 = 2 + 5 + 4 =$ $= (2 + 4) + 5 = 2 + (5 + 4) = 11$ $5 + (-3) = 2$ $7 - (-4) = 11$
Multiplizieren $a \cdot b \cdot c = a \cdot c \cdot b =$ $= (a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$ $(+) \cdot (+) \rightarrow + \quad (-) \cdot (+) \rightarrow -$ $(-) \cdot (-) \rightarrow + \quad (+) \cdot (-) \rightarrow -$ $a(b + c) = ab + ac$ $(a - b) \cdot (c + d) = ac + ad - bc - bd$	Beim Multiplizieren gelten Kommutativgesetz und Assoziativgesetz. Faktor \cdot 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.	$8/2 = 8 : 2 = 4$ $\boxed{8} \boxed{\div} \boxed{2} \boxed{=}$ $\frac{8}{2} \cdot \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 6}{2 \cdot 3} = 8$ $\boxed{8} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{\div} \boxed{2} \boxed{\times} \boxed{3} \boxed{=} \boxed{=}$ $\frac{8}{2} \cdot \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 3}{2 \cdot 6} = 2$ $\frac{3}{2} + \frac{5}{7} = \frac{3 \cdot 7 + 5 \cdot 2}{2 \cdot 7} = \frac{31}{14}$ $\frac{3c}{7c} = \frac{3}{7}, \quad \frac{5}{9} = \frac{5d}{9d}$
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	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$ $\boxed{3} \boxed{\times} \boxed{3} \boxed{=} \boxed{243}$ $3^2/3^3 = 3^{2-3} = 3^{-1} = 1/3$ $6^2 \cdot 2^2 = (6 \cdot 2)^2 = 12^2 = 144$ $(2^2)^3 = 2^{2 \cdot 3} = 2^6 = 64$ $5^0 = 1$ $\sqrt{16} = 16^{1/2} = 4$ $\sqrt[3]{64} = \sqrt[3]{2^6} = 2^{6/3} = 2^2 = 4$ $\boxed{6} \boxed{4} \boxed{\text{INV}} \boxed{\sqrt{\text{IV}}} \boxed{3} \boxed{=} \boxed{=}$
Logarithmieren $\log(a \cdot b) = \log a + \log b$ $\log(a/b) = \log a - \log b$ $\lg x = \ln x / \ln 10 = 0,4343 \cdot \ln x$ $\lg x = \ln x / \ln 2 = 3,3219 \cdot \ln x$	log Logarithmus, allgemein; Basis ist jeweils anzugeben. lg Zehnerlogarithmus lb Zweierlogarithmus ln natürlicher Logarithmus	$\log(3 \cdot 4) = \log 3 + \log 4$ $\log(6/3) = \log 6 - \log 3$ $\lg 0,01 = -2; (10^{-2} = 0,01)$ $\lg 32 = 5; (2^5 = 32)$ $\ln 2,718 = 1 (e^{1.1} = 2,718)$
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 Rechengang 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



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

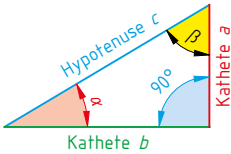
- DEG** (degree = Grad) Vollwinkel = 360°
- RAD** (Radian, rad) Vollwinkel = 2π
- GRAD** (Neugrad) Vollwinkel = 400°

$$\alpha_R = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

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

α_R Winkel in rad
 α° Winkel in Grad

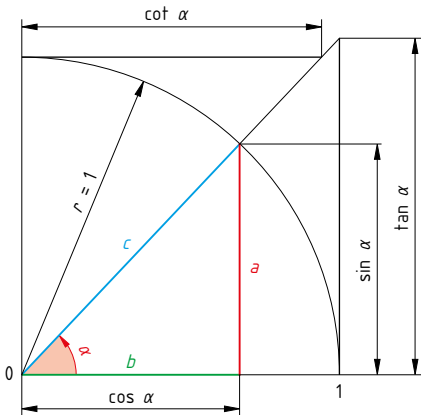
Bezeichnungen am rechtwinkligen Dreieck



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).

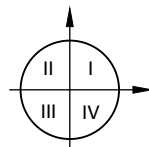
Winkelfunktionen

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



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 : $0^\circ < \alpha < 90^\circ$
- II : $90^\circ < \alpha < 180^\circ$
- III : $180^\circ < \alpha < 270^\circ$
- IV : $270^\circ < \alpha < 360^\circ$

Darstellung am Einheitskreis im Quadrant I

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

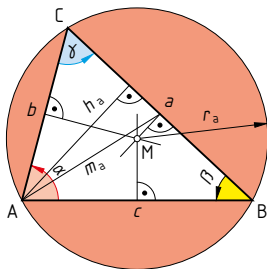
Reduktionsformeln

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

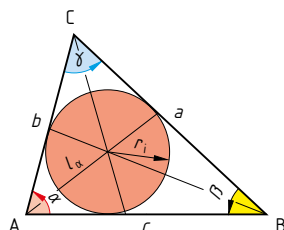
Allgemeine trigonometrische Beziehungen

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$	$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \cot \alpha$	$\cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$
$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$		$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{\cot \alpha}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$	
$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cot \alpha}$		$\cot \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\tan \alpha}$	
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$		$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$	
$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$		$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$	
$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}(\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta))$			
$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$	$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$	$\tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha}$	$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos \alpha)}$
$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 + \cos 2\alpha)$	$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$	$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2 \cot \alpha}$	$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \cos \alpha)}$

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 $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$