



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische, elektronische,
mechatronische und informations-
technische Berufe

Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendungen

30. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

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

Europa-Nr.: 30103

Europa-Nr.: 30548 XL mit Keycard

Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tettnang
Häberle, Heinz †	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Häberle, Konstantin	MSc ETH ETIT	London
Häberle, Verena	MSc ETH ETIT	Zürich
Isele, Dieter	Ing. (HTL), Berufsschullehrer	Lauterach
Jöckel, Hans-Walter	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Krall, Rudolf	Dipl.-Päd., Ing., Berufsschuloberlehrer	St. Leonhard
Schiemann, Bernd	Dipl.-Ing.	Durbach
Schmid, Dietmar	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Biberach a.d. Riß
Schmitt, Siegfried	staatl. gepr. Techniker, Techn. Oberlehrer	Bad Bergzabern
Tkotz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tettnang

Herr Heinz O. Häberle hat dieses Werk in der ersten Auflage 1966 mitgegründet, als Lektor und Autor weiterentwickelt und geprägt bis zu seinem Tod in 2017. Durch seine vielfältigen schriftstellerischen Werke unterstützte er junge Menschen in ihrer Aus- und Weiterbildung im Bereich der Elektrotechnik über Jahrzehnte hinweg. Dafür sind wir ihm dankbar.

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Auszüge aus DIN-Normen mit VDE-Klassifikation sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 462.021 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE VERLAG GMBH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, www.vde-verlag.de, und der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, erhältlich sind.

30. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3076-4

ISBN 978-3-8085-3078-8 XL, mit Freischaltcode für das „Tabellenbuch interaktiv“

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagbilder: Icons: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt;

Weltkugel: © erdquadrat-stock.adobe.com

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg



Grundlagen, Physik, Bauelemente

G

Übersicht 11



Technische Dokumentation, Messen

TM

Übersicht 67



Elektrische Installation

EI

Übersicht 133



Sicherheit, Energieversorgung

SE

Übersicht 233



Informations- und Kommunikationstechnik

IK

Übersicht 349



Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln

AS

Übersicht 405



Werkstoffe, Verbindungen

W

Übersicht 505



Betrieb und Umwelt

BU

Übersicht 539

Die Weiterentwicklungen der Technik infolge **Digitalisierung**, Industrie 4.0 und **Klimaschutz** sowie auch der **Normen** hinsichtlich z.B. Sicherheit, Prüfen, Ennergieeffizienz führten zu einer Überarbeitung und Erweiterung dieses Buchs als **Kompendium** inklusive aller wichtigen **Formeln** für Auszubildende sowie für Praktiker. Dabei stand im Vordergrund, notwendiges **Wissen** bereitzustellen und die bestmögliche **Vorbereitung auf Prüfungen** zu gewährleisten. Neue und aktualisierte Inhalte sind nachstehend *kursiv* (schräg) gedruckt.

Teil G Grundlagen, Physik, Bauelemente	Formelzeichen, Größen und Einheiten, mathematische Zeichen, Vorsätze, Kraft, Drehmoment, Arbeit, Leistung, Wärme, Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Potenziometer, Wechselgrößen, Drehstrom, unsymmetrische Belastung bei Drehstrom, Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, Thyristoren, magnetfeldabhängige Bauelemente.
Teil TM Technische Dokumentation, Messen	Technisches Zeichnen, <i>Geometrische Produktspezifikation</i> , Stromkreise, Schaltzeichen, Schaltpläne, <i>Referenzkennzeichnung</i> , Dokumentation, Betriebsanleitung, <i>Messgeräte</i> , Messkategorien, <i>Messen in elektrischen Anlagen</i> , eHZ, hydraulische/pneumatische Elemente, Symbole der Verfahrenstechnik, <i>Fließbilder für PCE</i> , AC/DC-Größenerfassung, <i>Sensoren</i> , Lichtschranken.
Teil EI Elektrische Installation	<i>Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten</i> , Arbeiten in elektrischen Anlagen, <i>Installationsschaltungen</i> , Sprechanlagen, <i>Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen</i> , <i>Mindestausstattung von Anschlüssen und Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden</i> , Leiter für Schutzmaßnahmen, Verteilungssysteme, Dimmertypen, Dimmen von LEDs, Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik, Gebäudeautomation, DALI, <i>Smart-Home-Anlagen</i> , Komponenten zur Funksteuerung, Aufbau von Schaltschränken, Hausanschluss und Aufteilung des PEN-Leiters, Leitungsberechnung, <i>Spannungsfall</i> , <i>Ober-schwingungen</i> , <i>Überstrom-Schutzeinrichtungen</i> , Leitungsführung, <i>Elektroinstallationen</i> , Lichttechnik, LED-Leuchtmittel, <i>LED-Leuchtröhren</i> , <i>Lichtverbeanlagen</i> .
Teil SE Sicherheit, Energieversorgung	Arbeits sicherheit, Stromgefährdung durch DC, Basisschutz, Fehlerschutz, zusätzlicher Schutz, Fehlerströme, Koordination der Betriebsmittel, RCD, RCM, AFDD, Prüfungen von Schutzmaßnahmen, Geräten, Maschinen, Anlagen und nach Instandsetzungen, Prüffristen, Kraftwerkarten, HGÜ, Stromhandel, explosionsgeschützte Betriebsmittel, IC-Code, IK-Code, Isolierstoffklassen, Transformatoren, Freileitungsnetze, Schalter in Energienetzen, Erdkabel, PV-Anlagen und deren Blitzschutz, Brennstoffzellen, Primärelemente, Akkumulatoren, SSV-Anlagen, Ladestationen für Elektrofahrzeuge, EMV und Potenzialausgleich, Blitzschutz, Kompensation, Messen von Oberschwingungen, Regelung der Netzspannung und Netzfrequenz, Sicherheitstechnik, Brandschutz und Leitungsanlagen, Energy Harvesting, <i>Energiemanagement</i> , <i>Elektrische Energieeffizienz</i> .
Teil IK Informations- und Kommunikationstechnik	Zahlensysteme, Codes, Kippschaltungen, PC-Hauptplatine, Betriebssysteme, Excel, Digitalisierung, Industrie 4.0, IoT, DA-/AD-Umsetzer, Modulation/Demodulation, Netze der Informationstechnik, Trennklassen der Kommunikationsverkabelung, Ethernet, Funk-LAN, AS-i-Bussysteme, M-Bus und Smart Metering, 3D-Drucker, Netzwerkkommunikation, PROFINET, Identifizierungssysteme, Internet, Fernwirken, Fernwarten, Störungen bei der Funkübertragung, Antennenanlagen, SAT-Anlagen, Satellitenempfang.
Teil AS Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln	Operationsverstärker, Stromrichter, Schaltnetzteile, Steuerrrelais, speicherprogrammierbare Steuerungen SPS, TIA-Portal, GRAFCET, elektrische Ausrüstung von Maschinen, funktionale Sicherheit SIL, Schütze, Hilfstromkreise von Steuerungen, elektropneumatische Steuerungen, Motorschutz, Regelungstechnik, Bode-Diagramm, Drehstrommotoren, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, Effizienz von Antrieben, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, Frequenzumrichter, Sicherheitsfunktionen, elektronische Grenztaster, Softstarter.
Teil W Werkstoffe, Verbindungstechnik	Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormung, Magnetwerkstoffe, Isolierstoffe, Leitungen, Lichtwellenleiter, Erdkabel, Steckverbinder, Cat-7-Steckverbindungen, lötfreie Anschlusstechnik, Installationsrohre und -dosen, Gewinde, Schrauben, Muttern.
Teil BU Betrieb und Umfeld	Organisationsformen, Arbeiten im Team, Arbeitsplanung, Kosten/Kennzahlen, Durchführung von Projekten, Umgang mit Konflikten, Kommunikation mit Kunden, Gesetze für Arbeitsschutz, Betriebs sicherheit, Umweltschutz, Qualitätsmanagement, statistische Auswertungen, gefährliche Stoffe, Klimaschutz, Normen, Kurzformen, fachliches Englisch, Formelumstellungen.

Normänderungen wurden übernommen. Allgemein ist zu beachten, dass vielfach die Normen verschiedene Formen zulassen, z.B. in DIN EN 61082 (Dokumente der Elektrotechnik, Regeln) Stromverzweigung mit oder ohne „Punkt“. Davon wurde, wie in der beruflichen Praxis, auch im Buch Gebrauch gemacht.

Verlag und Autoren danken für die zahlreichen Benutzerhinweise, die zu einer weiteren Verbesserung des Buchs führten. Gerne nehmen wir auch künftig konstruktive Verbesserungsvorschläge dankbar entgegen. Diese können auch per E-Mail an lektorat@europa-lehrmittel.de gesendet werden.

Vorwort zur 30. Auflage	4
Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches,	
Prüfungsteile	10
Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente	11
Formelzeichen dieses Buches	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	13
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen	14
Größen und Einheiten	15
Mathematische Zeichen	17
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung	18
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	21
Längen und Flächen	22
Körper und Masse	23
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	24
Bewegungslehre	25
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	26
Übersetzungen	27
Rollen, Keile, Winden	28
Wärme	29
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	30
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	31
Elektrisches Feld, Kondensator	32
Wechselgrößen, Wellenlänge	33
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	34
Magnetisches Feld, Spule	35
Strom im Magnetfeld, Induktion	36
Elektrische und magnetische Feldstärken	37
Schaltungen von Widerständen	38
Bezugsgriffe, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	39
Potentiometer	40
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	41
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	42
Schalten von Kondensatoren und Spulen	43
Reihenschaltung von R, L, C	44
Parallelschaltung von R, L, C	45
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung	46
Einfache Filter	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung	49
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei Dreiphasenwechselstrom	50
Widerstände und Kondensatoren	51
Farbkennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	52
Bauarten von Widerständen und Kondensatoren	53
Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren	54
Halbleiterwiderstände	55
Dioden	56
Feldeffekttransistoren, IGBTs	57
Bipolare Transistoren	58
Thyristor	59
Thyristortypen und Triggerdiode	60
Gleichrichterbegriffe	61
Magnetfeldabhängige Bauelemente	62
Fotoelektronische Bauelemente	63
Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren	64
Bauelemente für Überspannungsschutz	65
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	66
Teil TM: Technische Dokumentation, Messen	67
Grafische Darstellung von Kennlinien	68
Allgemeine technische Kommunikation	69
Zeichnerische Darstellung von Körpern	70
Maßpfeile, besondere Darstellungen	71
Maßeintragung	72
Maßeintragung, Schraffur	73
Geometrische Produktspezifikation (GPS)	74
Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente	76
Weitere funktionsbezogene Dokumente	77
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente	78
Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) in Schaltplänen	79
Kennzeichnungen in Schaltplänen	80
Anwenden der Referenzkennzeichnung nach DIN EN IEC 81346 in Anlagen	82
Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen	83
Stromkreise und Schaltzeichen	84
Allgemeine Schaltzeichen	85
Zusatzzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen	86
Messinstrumente und Messgeräte	87
Halbleiterbauelemente	88
Binäre Elemente	89
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschaltgeräte	91
Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen	92
Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne	93
Installationsschaltpläne	95
Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne	96
Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser	97
Drehstrommotoren und Anlasser	99
Motoren mit Stromrichterspeisung	100
Vergleich von Schaltzeichen	101
Kurzzeichen an elektrischen Betriebsmitteln	103
Hydraulische und pneumatische Elemente	104
Symbole der Verfahrenstechnik	105
Fließbilder	106
Arten von Diagrammen	107
Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen	108
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	109
Elektrische Messgeräte und Messwerke	110
Piktogramme für die Messtechnik	111
Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung	112
Messbereichserweiterung	113
AC/DC-Größenerfassung	114
Messungen in elektrischen Anlagen	115
Niederspannungs-Leistungsmessgeräte	118
Elektrizitätszähler, Niederspannungs-Leistungsmessgeräte	119
Elektronische kWh-Zähler	120
Elektronische Haushaltsschaltzähler eHZ EDL und SMGW	121
Oszilloskope	122

Messen mit dem Oszilloskop	123	Zählerplatzinstallation	182
Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren	124	Elektrische Mindestausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze	183
Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren	125	Mindestausstattung an Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden	184
Bewegungsmessung mit Sensoren	126	Leitungsführung in Wohngebäuden	185
Temperaturmessung mit Sensoren	127	Leitungsberechnung ohne Verzweigung	186
Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken)	128	Leitungsberechnung mit Verzweigung	188
Näherungsschalter (Sensoren)	129	Induktivitätsbelag und Spannungsfall	189
Ultraschall-Sensoren	130	Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	190
Weitere Sensoren	131	Maximale Leitungslängen nach Spannungsfall	191
Anschluss von Näherungssensoren der Steuerungstechnik	132	Verlegearten für feste Verlegung	192
Teil E1: Elektrische Installation	133	Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen bei $\vartheta_U = 25^\circ\text{C}$	193
Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten	134	Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen bei $\vartheta_U = 30^\circ\text{C}$	194
Arbeiten in elektrischen Anlagen	135	Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen	195
Werkstattausrüstung	136	Ergänzungen zur Strombelastbarkeit	196
Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung	137	Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit	197
Ausschaltungen, Serienschaltung	138	Leitungsberechnung bei Oberschwingungen	198
Wechselschaltung, Kreuzschaltung	139	Verteilerstromkreis bei Oberschwingungen	199
Reale Ausführung von Installationsschaltungen	140	Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln	200
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner	141	Überstrom-Schutzeinrichtungen (Niederspannungssicherungen)	201
Schaltungen mit Stromstoßschaltern	142	Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	204
Jalousieschaltungen	143	Orte mit Badewanne oder Dusche	205
Einfache Türsprechanlagen mit Bussystem	145	Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	206
Videoanlagen für Hauskommunikation	146	Saunaanlagen, Schwimmbecken, begehbarer Becken	207
Ausführungen von Türsprechanlagen	147	Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	208
Dimmen konventioneller Lampen	148	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betriebsstätten	209
Konventionelle Tastdimmer, Dimmertypen	149	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	210
Dimmen von LED-Lichtquellen	150	Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	212
Lichtmanagement mit DALI	151	Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	213
Automatikschatzter mit Wärmesensor	152	Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	214
Automatikschatzter mit Ultraschall-Bewegungssensor	153	Aufbau von Schaltschränken	215
Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenglühlampen	154	Lichttechnik	216
Feldarme Elektroinstallation	155	Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung in Innenräumen	217
Gebäudeleitechnik und Gebäudesystemtechnik	156	Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtungen	218
Linien und Bereiche beim Installationsbus KNX-TP	157	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	219
Schaltzeichen des KNX	158	Beleuchtung und Blendung	220
Systemkomponenten für den KNX-TP	159	Leuchtstofflampen für AC 230 V	221
Sensoren für den KNX-TP	160	Temperaturstrahler, Gasentladungslampen	222
Aktoren für den KNX-TP	161	Energiesparlampen, Farbwiedergabe	223
Installationsbus mit FSK-Steuerung KNX-PL	162	Induktionslampen und Lichtwellenleiter	224
Projektierung einer Smart-Home-Anlage	163	EVG für Leuchtstofflampen	225
Projektierung und Inbetriebnahme beim KNX	164	LED-Beleuchtung	226
Smart Home mit Busch-free@home	166	LED-Leuchtmittel	227
Busch-free@home-Komponenten	167	LED-Leuchtröhren, LED-Module	228
LON	168	Leuchtstoffflampenersatz	229
LON-Komponenten	169	Lichttechnische Daten von Leuchten	230
LCN	170	Lichtwerbeanlagen für Niederspannung	231
Elektroinstallation mit Funksteuerung	171	Leuchtröhrenanlagen, Kaltkathoden-Fluoreszenzlampen	232
Komponenten zur Funksteuerung	173		
Gebäudeautomation über bestehende Stromleitungen	174		
Verteilungssysteme	175		
Hausanschluss mit Schutzzpotenzialausgleich	176		
Hausanschluss und Aufteilung des PEN-Leiters	177		
Leiter für Schutzmaßnahmen	178		
Fundamenterder im Beton oder in Erde	179		
Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen in Wohngebäuden	180		
Hauptleitungen in Wohnanlagen	181		

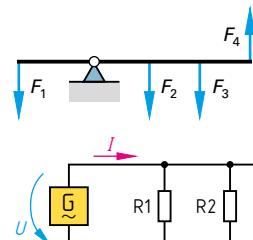
Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung	233
Persönliche Schutzausrüstung (PSA),	
Sicherheitsfarben	234
Zeichen zur Unfallverhütung	235
Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit	239
Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten	240
Weitere Stromgefährdungen	241
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	242
Schutz gegen elektrischen Schlag	243
Differenzstromgeräte RCD, RCM	244
Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	245
Weitere Schutzmaßnahmen	247
Koordination elektrischer Betriebsmittel	248
Fehlerströme und RCDs bei	
Stromrichterschaltungen	249
Überwachung der Endstromkreise	250
Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen	251
Prüfungen nach DIN VDE 0100 Teil 600	252
Prüfung der Schutzmaßnahmen	253
Wiederkehrende Prüfungen	255
Reparatur und Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte	256
Prüfen von elektrischen Maschinen und Anlagen	260
Transformatoren und Drosselpulen, Prüfung der Isolation	262
Berechnung von Transformatoren	263
Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren	264
Kleintransformatoren	265
Isolierstoffklassen, Leistungsschilder von Transformatoren	266
Transformatoren für Drehstrom	267
Transformatoren in Parallelbetrieb	268
Netze der Energietechnik	269
Freileitungen	270
Freileitungsnetze	271
Kabel für die Energieverteilung	272
Schalter in Energienetzen	273
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ	274
Verlegen von Erdkabeln	275
Kraftwerkarten	276
Drehende Generatoren	277
Windkraftanlagen	278
Eigenerzeugungsanlagen	279
Fotovoltaik	281
Fotovoltaikanlagen	282
Blitz- und Überspannungsschutz bei Fotovoltaikanlagen	283
Prüfungen und Energieermittlung bei Fotovoltaikanlagen	284
Brennstoffzellen	285
Intelligente Stromnetze	286
Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen	287
Messumformer in Smart-Grid-Anlagen	288
Stromhandel	289
Schutzzarten elektrischer Betriebsmittel, ENEC-Zeichen	290
Explosionsschutz, ATEX-Kennzeichnung	291
IK-Code, IC-Code	292
Elektrochemie	293
Primärelemente (Batterien)	294
Akkumulatoren (Sekundärelemente)	295
Ladetechniken für Akkumulatoren	296
Energie ernten für Sensoren und Aktoren	297
Notstromversorgung und Notbeleuchtung	298
Sicherheits-Stromversorgungsanlagen (SSV-Anlagen)	299
USV-Systeme (Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme)	300
Energieversorgung für Baustellen	301
Ladestationen für Elektrofahrzeuge	302
Anschlüsse und Antriebe von Elektrofahrzeugen	303
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV	304
Elektromagnetische Störungen EMI	305
Maßnahmen gegen EMIs	306
EMV und Potenzialausgleich	307
Innerer Blitzschutz	308
Äußerer Blitzschutz	309
Fangeinrichtungen und Ableitungen	311
Qualität der Stromversorgung	312
Merkmale der Versorgungsspannung	313
Oberschwingungen OS	314
THD-Werte von Oberschwingungen	315
Messen von Oberschwingungen OS	316
Regelung der Netzspannung	317
Regelung der Netzfrequenz	318
Kompensation	319
Kompensation der Blindleistung	320
Melde- und Überwachungsanlagen	322
Sicherheitstechnik in Gebäuden	323
Rauchwarnmelder RWM	324
Brandschutzschalter	325
Risiko-, Sicherheitsbewertung zum Einsatz von AFDDs	326
Brandschutz	327
Brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen	328
Brandmeldeanlagen	329
Gefahrenmeldeanlagen	330
Einbruchmeldeanlage EMA	331
Video-Überwachung	332
Raumheizung	333
Umschlossene Heizungssysteme	334
Klimatisierung von Räumen	335
Klimatisierung von Schalschränken	336
Kochstellen für Elektroherde	337
Warmwassergeräte	338
Hausgeräte	339
CE-Kennzeichnung	340
Elektrische Energieeffizienz	341
Punktesystem für die Energieeffizienz elektrischer Anlagen	342
Ermittlung des Energieverbrauchskenntwertes von Gebäuden	343
Energieeffizienzklasse von Geräten	344
Energie-Einsparpotenziale	346
Wärmepumpe	347
Stromtarife	348
Teil IK: Informations- und Kommunikationstechnik	349
Digitalisierung (Industrie 4.0)	350
Internet of Things (IIoT und IoT)	351
Dualzahlen und Binäräcodes	352
Sedezimalzahlen und Oktalzahlen	353
ASCII-Code und Unicode	354
Binäre Verknüpfungen	355
Schaltalgebra	356
Entwicklung von Schaltnetzen	357

Codeumsetzer	358	Vollgesteuerte Stromrichter	417
Komparatoren und bistabile Kippschaltungen	359	Wechselrichter	418
Digitale Zähler und Schieberegister	360	Gleichstromsteller, U-Umrichter	419
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	361	U-Umrichter mit Zwischenkreis	420
Mikrocomputer	362	Frequenzumrichter auswählen und einrichten	421
PC-Hauptplatine und PC-Anschlüsse	363	Ansteuerschaltungen für Halbleiter	422
Bildschirmgeräte	364	Glättung und Spannungsstabilisierung	423
3D-Drucker	365	Grundlagen der Schaltnetzteile	424
Schnittstellen und Steckverbinder des PC	366	Schaltnetzteile	425
Schnittstellenkopplungen, Schnittstellenkonverter	367	Halbleiterrelais und Sicherheitsrelais	426
Betriebssysteme	368	Steuerungstechnik	427
Windows-10-Tastenkürzel	369	Kleinsteuerung LOGO!	428
Diagrammerstellung in Excel	370	LOGO! 8 mit Ethernet-Schnittstelle	429
Netze der Informationstechnik	371	Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer	430
Netzwerkkommunikation	372	Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	431
Komponenten für Datennetze	373	SPS-Programmierung im TIA-Portal	432
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung	374	Programmstruktur für SPS	433
Leitungen in Datennetzen	375	Programmieranweisungen für SPS	434
Kommunikationsnetzwerke mit Lichtwellenleiter LWL	376	Boole'sche SPS-Anweisungen	435
Kommunikation bei Ethernet	377	SPS-Programmierung nach DIN EN 61131-3	436
Errichten eines Ethernet-Netzwerks	378	Zähler und Zeitglieder in SPS	437
Power over Ethernet (PoE)	379	Wortverarbeitung bei SPS	438
Industrial Ethernet	380	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine	439
Signalübertragung	381	Programmiersprachen Strukturierter Text ST, Ablaufsprache AS	440
Modulation und Demodulation	382	Struktogramme und Programmablaufpläne (PAP)	441
Datenübertragung mittels Funk	383	Ablaufsteuerung mit GRAFCET	442
Funk-LAN	384	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	444
Störungen bei Funkübertragungen in Werkstätten	385	Architekturen von Steuerungen	445
Identifikationssysteme	386	Funktionale Sicherheit nach SIL	446
AS-i-Bussystem	387	Bestimmung und Anwendung des SIL	447
Querkommunikation bei Feldbussen	388	Sicherheitsfunktionen bei Antrieben	448
PROFIBUS	389	EU-Maschinenrichtlinie	449
M-Bus und Smart Metering	390	Elektrische Niederspannungs-Ausrüstung von Maschinen	450
Fernwirksysteme	391	Grenztaster, Befehlsgeräte	451
Fernwirken, Fernwarten mittels Kurznachrichten	392	Elektronische Grenztaster	452
Anschluss an das Telefonnetz	393	Schütze	453
Internet-Telefonie (VoIP)	394	Spezielle Schützarten	454
Internet-Zugänge	395	Kennzeichnung und Antriebe der Schütze	455
Anwendungen des Internets	396	Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen	456
Sichern und Schützen von Daten	397	Schützschaltungen	457
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen	398	Schützschaltung mit Steuereinrichtung	459
SAT-Anlagen	399	Hilfsstromkreise	460
Satellitenantennenanlagen	400	Motorschutz	461
Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T2	401	Elektronischer Motorschutz	462
Gemeinschaftsantennenanlagen	402	Steuerung durch Motorschalter	463
Errichtung von Antennenanlagen	403	Kennzeichnung in elektropneumatischen Steuerungen	464
Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen)	404	Elektropneumatische Grundschaltungen	465
Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln	405	Regelungstechnik	466
Verstärker-Grundschaltungen	406	Unstetige Regelglieder	467
Grundlagen des Operationsverstärkers	407	Digitale stetige Regelglieder	468
Schaltungen mit Operationsverstärkern	408	Analoge stetige Regelglieder	469
Schalttransistor und Kippschaltungen	410	Anwendung des Bode-Diagramms	470
Aufgaben von Stromrichtern	411	Digitale Regelung	471
Benennung von Stromrichterschaltungen	412	Einstellung von Regelkreisen	472
Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter	413	Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei Maschinen	475
Wechselwegschaltungen, Steuerkennlinien	414	Effizienz von elektrischen Antrieben	476
Betriebsquadranten bei Antrieben, Linearmotoren	415	Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung	477
Halbgesteuerte Stromrichter	416	Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren)	478
		Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	479

Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen	480
Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse	481
Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln	482
Grenzwerte der Anschlussleistung im öffentlichen Netz	483
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	484
Konventionelle Gleichstromantriebe	485
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	486
Drehstrommotoren	487
Anlassarten von Drehstromasynchronmotoren ..	488
Polumschaltbare Motoren	489
Fehlerbereitstellung bei Drehstrom-Asynchronmotoren	490
Einphasen-Wechselstrommotoren	491
Gleichstrommotoren	492
Servomotoren	493
Ansteuerung von Servomotoren	494
Schrittmotoren	495
Kleinstmotoren	496
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe von Kleinstmotoren	497
Linearantriebe	498
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe	499
Prüfung elektrischer Maschinen	500
Antriebstechnik	501
Wahl des Antriebsmotors	502
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	503
Sanftanlasser	504
Teil W: Werkstoffe, Verbindungen	505
Periodensystem, chemische Bindung	506
Stoffwerte	507
Stahlnormung	508
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle)	509
Magnetisierungskennlinien	510
Magnetwerkstoffe	511
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten	512
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen	513
Isolierstoffe	514
Kunststoffe als Isolierstoffe	516
Weitere Isolierstoffe	517
Hilfsstoffe	518
Leitungen und Kabel	519
Starkstromleitungen (nicht harmonisiert)	520
Nicht harmonisierte Starkstromleitungen (Auswahl)	521
Starkstromleitungen (harmonisiert)	522
Weitere harmonisierte Leitungen	523
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	524
Lichtwellenleiter LWL	525
Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung	526
Multimedialverkabelung im Heimbereich	527
Kurzzeichen für Starkstromkabel,	
Farbkennzeichnung	528
Steckvorrichtungen der Energietechnik	529
Steckverbinder	530
Steckverbinder RJ45, Cat-7-Steckverbindungen	531
Lötfreie Anschlusstechnik	532
Installationsrohre	533
Dosen der Elektroinstallation	534
Dübel	535
Bezeichnungsbeispiele für Schrauben und Muttern	536
Metrische ISO-Gewinde	537
Toleranzen und Passungen	538
Teil BU: Betrieb und Umwelt	539
Organisationsformen in Unternehmen	540
Organisation der Arbeit	541
Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation	542
Arbeitsplanung, Netzplantechnik	543
Arbeiten im Team	544
Umgang mit Konflikten	545
Business-Etikette	546
Prozesse analysieren und gestalten	547
Vorbereitung einer Präsentation	548
Präsentation eines Projekts	549
Durchführung von Projekten	550
Anwendung des Projektmanagements	551
Lastenheft, Pflichtenheft	552
Systematisches Marketing	553
Kommunikation mit Kunden	554
Durchführung von Kundenschulungen	555
Bestandteile eines Tarifvertrags	556
Arbeitsschutzgesetz,	
Betriebssicherheitsverordnung	557
Rechtsgeschäfte im Betrieb	558
Kosten und Kennzahlen	559
Kalkulation der Kosten	560
Erstellen eines Angebots	561
Begriffe des Qualitätsmanagements	562
Zertifizierung, Auditierung	563
Statistische Auswertung im Qualitätsmanagement	564
Wichtige Vorschriften im Bereich Umweltschutz ..	565
Gefährliche Stoffe	566
Risikosätze (H-Sätze) für Gefahrstoffe	567
Sicherheitsratschläge (P-Sätze) für Gefahrstoffe ..	568
Umweltmanagement und Abfallwirtschaft	569
Klimaschutz	570
Anhang	571
Normen	571
Wichtige Normen	572
VDE-Normen	575
Glossar	578
Kurzformen von Fachbegriffen	582
Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch)	586
Sachwortverzeichnis	594
Unterstützende Firmen und Dienststellen	615
Bildquellenverzeichnis, Literaturhinweise	616
Erste Hilfe am Arbeitsplatz	U2
Rechenregeln zum Umstellen von Formeln – Beispiele	U3

Lern-feld	Lernfeld (Aufgabe)	enthalten im Hauptabschnitt (HA) vom Tabellenbuch Elektrotechnik			Prüfung Teil	
		HA	Seiten (Beispiele)		1	2
1	Elektrotechnische Systeme analysieren, Funktionen prüfen und Fehler beheben	G	Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, RLC-Schaltungen	Schaltzeichen, Stromlaufpläne, Kennlinien Arbeitssicherheit, Schutzmaßnahmen Durchführung von Projekten, Arbeitsplanung	X	X
		TM SE BU	Schaltzeichen, Stromlaufpläne, Kennlinien Arbeitssicherheit, Schutzmaßnahmen Durchführung von Projekten, Arbeitsplanung			
2	Elektrische Systeme planen und installieren	TM EI	Installationspläne, Schaltzeichen Aus-, Serien-, Wechselschaltung, Hausanschluss, Beleuchtungstechnik, Gebäudesystemtechnik, Smart Home, Lichtmanagement, Spannungsfall Leitungen in Niederspannungsanlagen	W	X	X
		W	W			
3	Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren	TM IK	Schaltzeichen, Arten von Diagrammen, Messinstrumente Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Mikrocomputer	AS	X	X
		AS	Verstärker, Schütze, SPS, Regelungstechnik			
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen	G	Filter, Kühlung, Bauelemente für Überspannungsschutz	TM IK SE	X	X
		TM IK SE	DA-Umsetzer, AD-Umsetzer, analoge Informationsverarbeitung, Codeumsetzer, Oszilloskop Dualzahlen, Binärcodes, Funk-LAN, PROFINET, Industrial Ethernet, Internet-Zugang, Antennen Oberschwingungen, USV-Systeme			
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren	TM	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen	SE	X	X
		SE	Freileitungen, intelligente Stromnetze, HGÜ, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz, Lichtschranken			
6	Elektrotechnische Systeme analysieren und prüfen	TM SE	HalbleiterSpeicher, optische Speicher, Messen Schnittstellen, Bildschirmarbeitsplätze, Prüfen, Fehlerstrom, Fehlerströme, Schutzarten Leitungen, Steckverbinder	W	X	X
		W	W			
7	Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren	TM AS	Schaltzeichen, Sensoren, Messwerterfassung Aktoren, Ablaufsteuerungen, Kleinsteuerungen, SPS, Regelungstechnik, Drehzahlregelung Datennetze, PROFINET, Gateways	IK	X	X
		IK	IK			
8	Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren	G TM AS	Dreiphasenwechselstrom, Drehstrom Pneumatik, Hydraulik Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen	Modulationen, Demodulationen, Ethernet	X	X
		Modulationen, Demodulationen, Ethernet	Modulationen, Demodulationen, Ethernet			
9	Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren	TM EI	Schaltpläne, Dokumentation über Anlagen KNX, Gebäudeautomation, Gefahrenmeldeanlagen, Videoüberwachung, Smart Home Modulationen, Demodulationen, Ethernet	IK	X	X
		IK	IK			
10	Elektrische Geräte und Anlagen der Haustechnik planen, in Betrieb nehmen und übergeben	EI AS	Hausanschluss, Leistungsberechnung, KNX EU-Maschinenrichtlinie, USV-Systeme, Überspannungsschutz Funksteuerung, Fernwirken, Gateways	IK	X	X
		IK	IK			
11	Energietechnische Systeme errichten, in Betrieb nehmen und instand halten	EI AS	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott Überwachung der Stromkreise, Anlagendiagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne	X	X	X
		X	X			
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren	BU	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft	AS	X	X
		AS	Antriebe von Schützen, Kleinsteuerungen, Schützschaltungen, Hilfsstromkreise			
13	Energie- und gebäudetechnische Systeme anpassen und dokumentieren	SE IK AS	Elektrische Energieeffizienz, Schutzmaßnahmen Photovoltaik, Qualität der Stromversorgung Anschluss an das Telefonnetz, Antennen Überlast- und Kurzschlussschutz	X	X	X
		X	X			

Mathematik	Weitere Seiten mit Formeln
Formelzeichen dieses Buches	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	13
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen ..	14
Größen und Einheiten	15
Mathematische Zeichen	17
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung ..	18
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	21
Physik	
Längen und Flächen	22
Körper und Masse	23
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	24
Bewegungslehre	25
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie ..	26
Übersetzungen	27
Wärme	29
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	30
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	31
Elektrisches Feld, Kondensator	32
Wechselgrößen, Wellenlänge	33
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	34
Magnetisches Feld, Spule	35
Strom im Magnetfeld, Induktion	36
Elektrische und magnetische Feldstärken	37
Schaltungstheorie	
Schaltungen von Widerständen	38
Bezugspeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	39
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung ..	41
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten ..	42
Schalten von Kondensatoren und Spulen	43
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	46
Einfache Filter	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung	49
Bauelemente	
Widerstände und Kondensatoren	51
Halbleiterwiderstände	55
Dioden	56
Feldeffekttransistoren, IGBTs	57
Bipolare Transistoren	58
Thyristor	59
Gleichrichterbegriffe	61
Magnetfeldabhängige Bauelemente	62
Fotoelektronische Bauelemente	63
Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren	64
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	66
AFDD-Risikoanalyse	326
Akkumulatoren	295
Antennenanlagen	398, 403
Antriebe, Elektromotoren ..	484 f.
Beleuchtungsanlagen	217
DA-/AD-Umsetzer	361
Digitaltechnik	352 f.
Elektrochemie, Chemie ..	293, 506
Elektromotoren	484 f.
Energieeffizienz	342
Fehlerschutz	245 f.
Fotovoltaik	281, 284
Frequenzumrichter	421
Glättung, Stabilisierung	423
Kippschaltungen	410
Kompensation	320
Kostenberechnungen	559 f.
Kurzschlusschutz	190
Leitungsberechnung	186 f.
Lichttechnik	216
Messbereichserweiterung ..	113
Messfehler	110
Messwandler	113
Oberschwingungen ..	198, 314 f.
Operationsverstärker	407 f.
Oszilloskop	123
Regelungstechnik	469 f.
Schrittmotoren	495
Schutzmaßnahmen ..	245 f., 253
Signalübertragung	375, 381
Spannungsfall	187 f.
Spannungsstabilisierung ..	423
Statistische Auswertungen ..	564
Stromrichter	413 f.
Stromtarife	348
Transformatoren	263 f.
Transistoren	406, 410
Überlastschutz	190
Wärmeleitung	127
Widerstandsbestimmung ..	112
Windkraftanlagen	278



Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
Kleinbuchstaben		Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
<i>a</i>	Beschleunigung	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt 2. Ablenkkoefizient 3. Dämpfungsmaß	α (alpha)	1. Winkel 2. Temperaturkoefizient 3. Zündwinkel
<i>b</i>	Breite	<i>B</i>	1. magn. Flussdichte 2. Blindleitwert 3. Gleichstromverhältnis 4. Zahlenbasis 5. Bandbreite	β (beta)	1. Winkel 2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen 4. Beiwert	<i>C</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität	γ (gamma)	1. Winkel 2. Leitfähigkeit
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor	<i>D</i>	1. Elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor 3. Richtgröße Feder	δ (delta)	Verlustwinkel
<i>e</i>	Elementarladung	<i>E</i>	1. elektrische Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke	ϵ_0 (epsilon)	elektrische Feldkonstante
<i>f</i>	Frequenz	<i>F</i>	1. Kraft; 2. Faktor 3. Fehler	ζ (zeta)	Permittivität
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoefizient 2. Tastgrad	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Gewichtskraft	η (eta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
<i>h</i>	Höhe	<i>H</i>	magnetische Feldstärke	ϑ (theta)	Wirkungsgrad
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	1. Stromstärke 2. Lichtstärke	χ (kappa)	Temperatur in °C
<i>j</i>	Ruck	<i>J</i>	1. Strohdichte 2. Trägheitsmoment	λ (lambda)	Leitfähigkeit (neben γ üblich)
<i>l</i>	1. Länge 2. Abstand	<i>K</i>	1. Konstante 2. Faktor; 3. Kapital	μ (mu)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>m</i>	1. Masse 2. Strangzahl	<i>L</i>	1. Induktivität; 2. Pegel	μ_0	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>M</i>	1. Drehmoment 2. Speicherkapazität	ν (nu)	magn. Feldkonstante
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck 3. Prozentsatz	<i>N</i>	Windungszahl	π (pi)	Ordnungszahl
<i>q</i>	Querstromverhältnis	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	ρ (rho)	Zahl 3,1415926...
<i>r</i>	1. Radius 2. Rate 3. differenzieller Widerstand	<i>Q</i>	1. Ladung; 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Gütefaktor	σ (sigma)	1. spezifischer Widerstand 2. Dichte
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke 2. Siebfaktor 3. bezogener Schlupf 4. Korrektur 5. Empfindlichkeit	<i>R</i>	1. Wirkwiderstand 2. Ferradrate 3. Festigkeit	τ (tau)	1. Streufaktor 2. mechanische Spannung
<i>t</i>	Zeit	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit 3. Schlupf (absolut) 4. Übertragungsgröße	φ (phi)	Zeitkonstante
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	ω (omega)	Winkel, insbesondere für Phasenverschiebung
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>THD</i>	Spannungsverzerrung		1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>U</i>	Spannung	Griechische Großbuchstaben	
<i>w</i>	1. Energiedichte 2. Führungsgröße	<i>V</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor	Δ (Delta)	Differenz
<i>x</i>	Regelgröße	<i>W</i>	1. Arbeit 2. Energie	Θ (Theta)	elektrische Durchflutung
<i>y</i>	Stellgröße	<i>X</i>	Blindwiderstand	Σ (Sigma)	Summe
<i>z</i>	ganze Zahl, z.B. Lagenzahl	<i>Y</i>	Scheinleitwert	Φ (Phi)	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
		<i>Z</i>	1. Impedanz, Scheinwiderstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswiderstand	Ψ (Psi)	elektrischer Fluss
				Ω (Omega)	Raumwinkel

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



Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches

Indices and Signs for Formula Symbols in this Book

G

Index, Zeichen	Bedeutung	Index	Bedeutung	Index	Bedeutung
Ziffern, Zeichen					
0	1. Leerlauf 2. im Vakuum 3. Bezugsgroße	n	1. Nenn-; 2. Normal- 3. Rausch- (noise)	F	1. Vorwärts- (forward) 2. Fläche; 3. Fehler-
1	1. Eingang 2. Reihenfolge	o	Oszillatorkreis	G	1. Gate 2. Gewicht 3. Glättung
2	1. Ausgang 2. Reihenfolge	out	heraus, abgegeben	H	1. Hysteresekreis 2. Hall-; 3. Höhe
3, 4, ...	Reihenfolge	p	1. parallel; 2. Pause 3. Puls; 4. potenziell 5. Druck; 6. Prüfung 7. Leistungs- 8. proportional	I	Integrier-
\hat{z} , z.B. \hat{u}	Maximalwert, Höchstwert	q	Quer-	K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke
\check{z} , z.B. \check{u}	Tiefstwert, Kleinstwert	r	1. in Reihe 2. Bemessungs- (von rated) 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz 5. Remanenz	L	1. induktiv; 2. Last 3. links; 4. Laden 5. höchstzul. Berührungs- spannung 6. Lorentz-
$'$, z.B. u'	1. bezogen auf 2. Hinweis; 3. Ableitung	s	1. Sieb- 2. Signal-; 3. Serie 4. in Wegrichtung 5. Soll-; 6. spezifisch	M	Mitkopplung
Δ	in Dreieckschaltung	sch	Schritt	N	1. Bemessungs-; 2. Nutz-
Y	in Sternschaltung	t	tiefe, unten, tripping, tot	Q	Quer-
Kleinbuchstaben					
a	1. Abschalten 2. Ausgang; 3. außen 4. Ableit-; 5. Anker	th	thermisch, Wärme-	R	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. rechts 4. Regel- 5. Rot
ab	abgegeben	tot	total, gesamt	S	1. Source; 2. Schleife 3. Sattel-; 4. Schalt- 5. Schleusen- 6. Sektor
auf	aufgenommen	u	Spannungs-	T	1. Transformator- 2. Träger; 3. Spur (track) 4. Drehmoment 5. Antenne
b	1. Bit; 2. Blindgröße 3. Brems-	v	1. Vor-; 2. Verlust 3. Vergleich 4. visuell; Licht-	U	Umgebung
c	1. Grenz- (cut-off) 2. Form (crest)	w	1. Wirk-, wirksam 2. Führungsgröße 3. Wellen-; 4. Wind-	V	1. Spannungsmesser 2. Verstärkungs- 3. Volumen
d	1. Gleichstrom betreffend 2. Dauer-; 3. Digit 4. Dämpfung	x	1. unbekannte Größe 2. in x-Richtung	X	am X-Eingang
e	1. Eingang; 2. Empfang	y	1. Stellgröße 2. in y-Richtung 3. Sternschaltung	Y	1. am Y-Eingang 2. Sternschaltung
eff	Effektivwert	z	1. Zwischen- 2. Zentripetal- 3. Zickzackschaltung	Z	1. Zener- 2. zulässig
ges	Gesamt	zu	zugeführt		
h	hoch, oben	zul	zulässig		
i	1. innen; 2. induziert 3. Strom-; 4. ideell 5. Ist-; 6. Impuls	Großbuchstaben			
in	hinein, zugeführt	A	1. Strommesser 2. Antenne; 3. Anode 4. Anzug, Anlauf 5. Anlagenerdung 6. Abtast-		
j	Sperrschicht (von junction)	B	1. Basis 2. Betriebserzung (Netz) 3. Bau-; 4. Betriebs-		
k	1. Kurzschluss- 2. kinetisch	C	1. Kollektor; 2. kapazitiv 3. Takt; 4. koerzitiv 5. Cluster		
m	1. magnetisch 2. Mittelwert 3. Messwerk, gemessen	D	1. Drain; 2. Daten		
max	maximal, höchstens	E	1. Emitter 2. Entladen; 3. Erde		
mec	mechanisch	Griechische Kleinbuchstaben			
min	minimal, mindestens	α (alpha)	in Richtung des Winkels α		
		σ (sigma)	Streuung		
		φ (phi)	Phasenverschiebung betreffend		
Griechische Großbuchstaben					
		Δ (Delta)	eine Differenz betreffend		

Die Indizes können kombiniert werden, z.B. bei U_{CE} für Kollektor-Emitter-Spannung. Indizes, die aus mehreren Buchstaben bestehen, z.B. sch, können bis auf den Anfangsbuchstaben, z.B. s, gekürzt werden.



Größe	Formel-zeichen bisher	Formelzeichen		Einheit, Einheitenzeichen	
		Vorzugszeichen	Ausweich-zeichen		
Stromstärken und verwandte Größen					
Bemessungsstrom	I_N	I_{rat}	I_N	Ampere, A	
Nennstrom	I_n	I_n oder I_{nom}	-		
Dauerkurzschlussstrom	I_{kd}	I_k	I_{sc}		
Stoßkurzschlussstrom	I_s	\hat{I}_k	\hat{I}_{sc}		
Stoßkurzschlusswechselstrom	i_s	I_{ko}	I_{sco}		
transienter Strom (kurzzeitiger Strom)	i	I_k'	I_{sc}'		
Subtransienter Strom (sehr kurzzeitiger Strom)	i_s	I_k''	I_{sc}''		
Strombelag	I'	A	entfällt	Ampere je Meter, A/m	
Spannungen und verwandte Größen					
Bemessungsspannung	U_N	U_{rat}	U_N	Volt, V	
Nennspannung	U_n	U_n oder U_{nom}	entfällt		
Induzierte Spannung	U_i	U_g			
Leerlaufspannung	U_0	U_0			
Leistungen und verwandte Größen					
Bemessungsleistung	P_N	P_{rat}	P_N	Watt, W	
Bemessungsscheinleistung	S_N	S_{rat}	S_N	Voltampere, VA	
Nennleistung	P_n	P_n oder P_{nom}	entfällt	Watt, W	
Eingangsleistung	P_1 oder P_e	P_{in}			
Ausgangsleistung	P_2 oder P_a	P_{out}			
mechanische Leistung	P	P_{mec}			
Verlustleistung	P_V	P_t			
Leistungsfaktor	$\cos \varphi$	λ (Lambda)	eins (keine Einheit)	Watt, W	
Wirkfaktor	-	$\cos \varphi$			
Drehmomente, Kraftmomente					
Drehmoment, Kraftmoment	M	T	M	Newtonmeter, Nm	
Nennmoment	M_n	T_{nom}	entfällt		
Bemessungsmoment	M_N	T_{rat}	M_{rat}		
Kippdrehmoment	M_K	T_b	M_b		
Haltemoment	M_H	T_H	M_H		
Sattelmoment	M_S	T_u	M_u		
Anzugsmoment	M_A	T_l	M_l		
b von backward = rückwärts, g von gain = Ertrag, l von Lock = verriegeln, nom von nominal = Nenn-, rat von rated = bewertet, sc von short circuit = Kurzschluss, T von Torsion = Verdrehung und torque = Drehmoment, u von pull-up = hochziehen, Wirkfaktor = Kosinus der Grundschwingung (ohne Oberschwingungen), Leistungsfaktor = Verhältnis Wirkleistung zu Scheinleistung (mit Oberschwingungen)					



Größen und Einheiten

Quantities and Units

G

Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel			Elektrizität		
Länge l	Meter (Seemeile) (Meile) (Zoll, Inch)	m $1 \text{ sm} = 1852 \text{ m}$ $1 \text{ ml} = 1609,344 \text{ m}$ $1'' = 25,4 \text{ mm}$	el. Ladung Q , el. Fluss Ψ	Coulomb	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$ $= 1 \text{ As}$
Fläche A	Quadratmeter	m^2	Flächenladungs-dichte σ , el. Flussdichte D	Coulomb je Quadratmeter	C/m^2
Volumen V	Kubikmeter (Liter)	m^3 $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 =$ $= 1/1000 \text{ m}^3$	Raumladungs-dichte ρ	Coulomb je Kubikmeter	C/m^3
Winkel (ebener) (siehe Seite 20)	Radian, RAD (Grad, DEG)	rad $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$,	el. Spannung U , el. Potenzial φ , V	Volt	$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
Raumwinkel Ω	Steradian	sr	el. Feldstärke E	Volt je Meter	$1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$
			el. Kapazität C	Farad	$1 \text{ F} = 1 \text{ As/V} = 1 \text{ C/V}$
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung			elektr. Strom- belag A	Ampere je Meter	A/m
Zeit t	Sekunde (Minute) (Stunde)	s $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$	Permittivität, Dielektrizitätskonstante ϵ	Farad je Meter	$1 \text{ F/m} = 1 \text{ C/(Vm)}$
Frequenz f	(Tag)	1 d $= 24 \text{ h}$	el. Stromstärke I	Ampere	$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$
Drehzahl, Umdrehungsfrequenz n	Hertz je Sekunde (je Minute)	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = 1 \text{ c/s}$ $1/\text{s} = 60/\text{min}$	el. Stromdichte J	Ampere je m^2	A/m^2
Kreisfrequenz ω	je Sekunde	$1/\text{s}$	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand R , Blindwiderstand X , Scheinwiderstand Z	Ohm	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Geschwindigkeit v	Meter je Sekunde (Knoten)	m/s $1 \text{ kn} = 1 \text{ sm/h} = 0,5144 \text{ m/s}$	elektr. Leitwert elektr. Wirkleitwert G , Blindleitwert B , Scheinleitwert Y	Siemens	$1 \text{ S} = \frac{1}{1 \Omega}$
Winkelgeschwindigkeit ω	Radian je Sekunde	$1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}$ rad/s	spezifischer elektr. Widerstand ρ	Ohmmeter	$1 \Omega \text{m} = 100 \Omega \text{cm}$ $1 \Omega \text{mm}^2/\text{m} = 1 \mu\Omega\text{m}$
Beschleunigung a	–	m/s^2	elektrische Leitfähigkeit γ	Siemens je Meter	$1 \text{ Sm/mm}^2 = 1 \text{ MS/m}$
Ruck j	–	m/s^3			
Mechanik					
Masse m	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg $1 \text{ kt} = 0,2 \text{ g}$ $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$	Leistung P	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Dichte ρ	–	$\text{kg/m}^3, \text{kg/dm}^3$	Blindleistung Q	(var)	$1 \text{ var} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Trägheitsmoment J	–	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Scheinleistung S	(VA)	$1 \text{ VA} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Kraft F	Newton	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$	Induktivität L	Henry	$1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$
Drehmoment, Kraftmoment M	–	Nm	Arbeit W , Energie E , W	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ $1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kNm}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$
Impuls p	Newtonsek.	$1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$			
Druck p	Pascal (Bar)	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 10 \text{ N/cm}^2$	elektrische Durchflutung Θ	Ampere	A
Flächen- druck p , Festigkeit R_p , R_e , Elastizitätsmodul E	–	N/mm ²	magnetische Feldstärke H	Ampere je Meter	A/m
Arbeit W , Energie E , W	Joule (Elektronvolt)	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$	magnetischer Fluss Φ	Weber	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ Vs}$
Leistung P	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$	magn. Flussdichte B , magn. Polarisierung J	Tesla	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ Vs/m}^2$
			Induktivität L	Henry	$1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$
			Permeabilität μ	Henry je Meter	$1 \text{ H/m} = 1 \text{ Vs/(Am)}$
			magn. Widerstand R_m	–	$1/\text{H} = \text{A/Vs}$



Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)					Kernreaktionen, ionisierende Strahlung
Strahlenergie Q_e	Joule	1 J = 1 Nm = 1 Ws	Aktivität einer radioaktiven Substanz A	Becquerel	1 Bq = 1/s
Strahlungsleistung Φ_e	Watt	1 W = 1 J/s	Energiedosis D	Gray	1 Gy = 1 J/kg
Strahlstärke I	Watt/Sterad.	W/sr	Energiedosisrate D'	Gray je Sekunde	Gy/s
Strahldichte L	–	W/(sr · m ²)	Äquivalentdosis H	Sievert	1 Sv = 1 J/kg
Bestrahlungsstärke E	–	W/m ²	Äquivalentdosisrate H'	Sievert je Sekunde	1 Sv/s = 1 J/(kg · s)
Licht, Optik					Akustik
Lichtstärke I_v	Candela	cd	Ionendosis J	Coulomb je Kilogramm	
Leuchtdichte L_v	Candela je m ²	cd/m ²	Ionendosisrate J'	Ampere je Kilogramm	1 A/kg = 1 C/(kg · s)
Lichtstrom Φ_v	Lumen	lm			
Lichtausbeute η_v	Lumen je Watt	lm/W			
Beleuchtungsstärke E_v	Lux	1 lx = 1 lm/m ²			
Brechwert von Linsen D	– (Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1/m	Schalldruck p	Pascal	1 Pa = 1 N/m ²
			Schallschnelle v	Meter je Sekunde	m/s
Wärme					m/s
Celsius-Temperatur ϑ	Grad Celsius	°C	Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit) c_s	Meter je Sekunde	
thermodynamische Temperatur T	Kelvin	K (0 K $\triangleq -273,15$ °C)	Schallfluss q	–	1 m ³ /s = 1 m ² · 1 m/s
Temperaturdifferenz ΔT	Kelvin	K	Schallintensität I	–	W/m ²
Wärme Q , innere Energie U	Joule	1 J = 1 Ws	spezifische Schallkennimpedanz Z	–	Pa · s/m = Ns/m ³
Wärmestrom Φ	Watt	1 W = 1 J/s	akustische Impedanz Z_F	–	
Wärmewiderstand (von Bauelementen) R_{th}	Kelvin je Watt	K/W	mechanische Impedanz Z_M	–	N · s/m = kg/s
Wärmeleitfähigkeit λ	–	W/(K · m)	äquivalente Absorptionsfläche A	Quadratmeter	m ²
Wärmeübergangskoeffizient h	–	W/(K · m ²)			
Wärmekapazität C , Entropie S	Joule je Kelvin	J/K			
spezifische Wärmekapazität c	–	J/(kg · K)			
Chemie, Molekularphysik					Sonstige Bereiche
Stoffmenge n	Mol	mol	Lichtgeschwindigkeit c	(Astronomische Einheit) Parsec	1 AE = 149,6 Gm ¹
Stoffmengenkonzentration c	–	mol/m ³	Lichtjahr L_j	km	1 pc = 30,857 Pm ¹
stoffmengenbezog. Volumen V_m (molares Volumen)	–	m ³ /mol	Masse in der Atomphysik m	(Atomare Masseneinheit u)	c ≈ 300 000 km/s
Molalität b	–	mol/kg	längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen T_l	Tex	
molare Masse M	–	kg/mol	Fläche von Grundstücken A	Ar	1 a = 100 m ²
molare Wärmekapazität c_p , c_v	–	J/(mol · K)		Hektar	1 ha = 100 a
Diffusionskoeffizient D	–	m ² /s			

¹ Vorsätze G, P siehe Seite 18

Mathematische Zeichen

Mathematical Symbols

Zeichen	Bedeutung	Beispiel	Zeichen	Bedeutung	Beispiel
Allgemeine Zeichen					
$\dots n$	und so weiter bis n	$k = 1, 2, 3, \dots, n$	∞	unendlich	$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$
\dots	und so unbegrenzt weiter	$n = 1, 2, 3, \dots$	\rightarrow	gegen, nähert sich, geht über	$x \rightarrow a, x$ nähert sich dem Wert a
		$\sqrt{2} = 1,41421 \dots$	$f(x)$	Funktion von x	$f(I) = I^2 \cdot R$
Schaltalgebra					
$\neg a, \bar{a}$	NICHT a (NOT a)	$\overline{a \wedge b} = \neg (a \wedge b)$	i oder j	imaginäre Einheit	$i^2 = j^2 = -1$
\wedge	UND (AND)	$a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$	\leq	komplexe Größe Z	$Z = R + jX$
\vee	ODER (OR)	$a \vee b$ oder $\vee (a, b)$			
$\overline{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \overline{\wedge} b = \bar{a} \wedge \bar{b}$			
$\overline{\vee}$	NICHT ODER (NOR)	$a \overline{\vee} b = \bar{a} \vee \bar{b}$			
Mengenlehre					
\in	Element von	$a \in M: a$ ist Element von M	\parallel	parallel	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$
\subset	Teilmenge	$M_1 \subset M_2: M_1$ ist Teilmenge von M_2	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
\cup	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\uparrow\downarrow$	gegensinnig parallel	$g_1 \uparrow\downarrow g_2$
\Rightarrow	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	\perp	rechtwinklig zu, senkrecht auf	$g \perp h$
Arithmetik					
$=$	gleich	$P = U \cdot I$	\triangle	Dreieck	$\triangle ABC$
\neq	nicht gleich, ungleich	$4 \neq 5$	\cong	kongruent, deckungsgleich	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
\sim	proportional	$u \sim r$	\sim	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
\approx	etwa	$\pi \approx 3,14$	\measuredangle	Winkel	$\measuredangle ABC = \measuredangle (\vec{BA}, \vec{BC}), \measuredangle (\vec{a}, \vec{b})$
$\hat{=}$	entspricht	$1 \text{ cm} \hat{=} 20 \text{ N}$	\overline{AB}	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
$<$	kleiner als	$2 < 3$	\widehat{AB}	Bogen AB	$\widehat{AB} = \measuredangle \gamma$
$>$	größer als	$5 > 2$	$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$	Vektoren A, B, C	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
\leq	kleiner gleich	$a \leq 10$	$ A $	Betrag des Vektors A	$ \vec{F} = 50 \text{ N}$
\geq	größer gleich	$n \geq 7$			
\ll	wesentlich kleiner	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$			
\gg	wesentlich größer	$R_x \gg R_n$			
\cdot, \times	mal, multipliziert	$a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$			
$-/, :$	durch, geteilt, zu, dividiert	$\frac{7}{2} = 7/2 = 7 : 2$			
$\%$	Prozent, von Hundert	$1 \% = 10^{-2}, 50 \% = 0,5$			
\%o	Promille, von Tausend	$1 \text{\%o} = 10^{-3}, 8 \text{\%o} = 0,8 \%$			
$(,), [], \{, \}, <, >$	ronde, eckige, geschweifte, spitze Klammern	$[a(b - c) + d]^2$			
$ z $	Betrag von z	$ 4 = 4, -7 = 7$			
$n!$	n Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n, 3! = 6$			
Σ	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$			
\prod	Produkt	$\prod k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$			
$\sqrt{}$	Quadratwurzel aus	$\sqrt{16} = 4$			
$\sqrt[n]{}$	n -te Wurzel aus	$\sqrt[3]{8} = 2$			
π	pi	$\pi = 3,14159\dots$			
Geometrie, Vektoren					
			\parallel	parallel	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$
			$\uparrow\uparrow$	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	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
			\measuredangle	Winkel	$\measuredangle ABC = \measuredangle (\vec{BA}, \vec{BC}), \measuredangle (\vec{a}, \vec{b})$
			\overline{AB}	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
			\widehat{AB}	Bogen AB	$\widehat{AB} = \measuredangle \gamma$
			$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$	Vektoren A, B, C	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
			$ A $	Betrag des Vektors A	$ \vec{F} = 50 \text{ N}$
Differenzieren, Integrieren					
			Δ	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
			y'	y Strich	y' ist die erste Ableitung von y , erster Differenzialquotient
			$\frac{dy}{dx}$	dy nach dx	$y' = dy/dx$
			\int	Integral	$\int f(x) dx, \int_a^b f(x) dx$
Potenzen, Logarithmen					
			a^x	a hoch x	$5^3, 10^x$
			\exp	Exponentialfunktion	$\exp x = e^x$, mit $e = 2,718\dots$
			\log	allgemeiner Logarithmus	
			\log_a	Logarithmus zur Basis a	$\log_3 9 = 2$
			\lg	Zehnerlogarithmus	$\lg 2 = 0,30103\dots$
			\ln	Zweierlogarithmus	$\ln 8 = 3$
					$\ln 10 = 2,3025\dots$
Trigonometrie					
			\sin	Sinus	$\sin \alpha$
			\cos	Kosinus (auch Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
			\tan	Tangens	$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$
			\cot	Kotangens	$\cot \alpha = 1 / \tan \alpha$
			\arcsin	Arcussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
			\arccos	Arcuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
			\arctan	Arcustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$
			arcot	Arcuskotangens	$\cot \alpha = x \Rightarrow \operatorname{arcot} x = \alpha$



Potenzen

Werte kleiner als 1 können als Vielfaches von Zehnerpotenzen mit negativen Exponenten dargestellt werden.
Werte größer als 1 können als Vielfaches von Zehnerpotenzen mit positiven Exponenten dargestellt werden.

Wert	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1 000	10 000	100 000	1 000 000
Zehnerpotenz	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6

In der Digitaltechnik wird mit Zweierpotenzen gearbeitet. Hier ist die Basis 2.

Wert	1/128	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	64	128
Zweierpotenz	2^{-7}	2^{-6}	2^{-5}	2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7

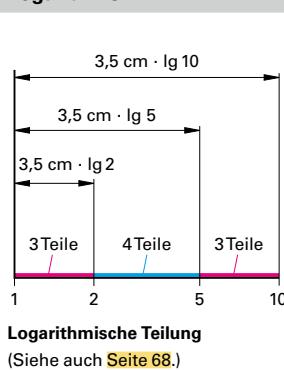
Rechenregeln:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n} \quad a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m \quad a^m/a^n = a^{m-n} \quad a^m/b^m = (a/b)^m \quad 1/a^n = a^{-n} \quad (a^m)^n = a^{mn} \quad \sqrt[n]{a} = a^{1/n}$$

Dezimale Vorsätze

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
y	Yokto	10^{-24}	da	Deka	10	-	-	-
z	Zepto	10^{-21}	h	Hekto	10^2	-	-	-
a	Atto	10^{-18}	k	Kilo	10^3	Ki	Kibi	2^{10} Bei großen
f	Femto	10^{-15}	M	Mega	10^6	Mi	Mebi	2^{20} Massenspeicher
p	Pico	10^{-12}	G	Giga	10^9	Gi	Gibi	2^{30} chern gelten
n	Nano	10^{-9}	T	Tera	10^{12}	Ti	Tebi	2^{40} oft die Bedeutung
μ	Mikro	10^{-6}	P	Peta	10^{15}	Pi	Pebi	2^{50} tungen der
m	Milli	10^{-3}	E	Exa	10^{18}	Ei	Exbi	2^{60} physikalischen
c	Zenti	10^{-2}	Z	Zetta	10^{21}	Zi	Zebi	2^{70} Größen (de-
d	Dezi	10^{-1}	Y	Yotta	10^{24}	Yi	Yobi	2^{80} zimale Vorsätze).

Vorsätze dürfen nicht kombiniert werden. Zu einer Einheit gehört maximal ein Vorsatz.

Logarithmen

Der Logarithmus \log gibt an, mit welcher Zahl b die Basis a zu potenzieren ist, um das Logarithmusargument c zu erhalten. Es gilt
 $a^b = c$, $\log_a c = b$

Der Zehnerlogarithmus \lg hat die Basis 10. Der natürliche Logarithmus \ln hat die Basis der e-Funktion ($e = 2,718\dots$).

Es gilt: $x = \ln(e^x) = e^{\ln(x)}$

Der Zweierlogarithmus \lg_2 hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

$$\log_a c = \frac{\ln c}{\ln a} = \frac{\lg c}{\lg a}$$

$$\log_a(cd) = \log_a c + \log_a d \quad 1$$

$$\log_a \frac{c}{d} = \log_a c - \log_a d \quad 2$$

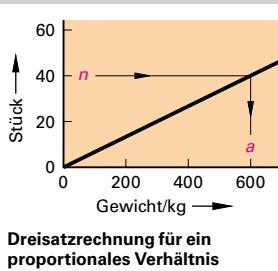
$$\log_a(c^m) = m \cdot \log_a c \quad 3$$

$$\lg_a \sqrt[n]{c} = \frac{1}{n} \log_a c \quad 4$$

$$\lg x = \ln x / \ln 10 \quad 5$$

$$\ln x = \lg x / \lg e \quad 6$$

$$\lg x = \lg x / \lg 2 \quad 7$$

Dreisatzrechnung**Lösungsschritte****Proportionales Verhältnis (Einheit durch Division)**

- Aussage
 - Berechnung für 1 Objekt
 - Berechnung für z Objekte
- n Elemente wiegen a kg
 1 Element wiegt a/n kg
 z Elemente wiegen $z \cdot a/n$ kg

Invers proportionales Verhältnis (Einheit durch Multiplikation)

- Aussage
 - Berechnung für 1 Objekt
 - Berechnung für z Objekte
- n Arbeiter brauchen a Stunden
 1 Arbeiter braucht $n \cdot a$ Stunden
 z Arbeiter brauchen $n \cdot a/z$ Stunden



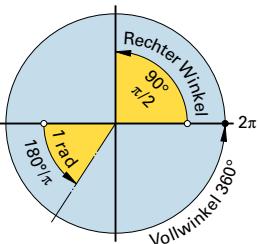
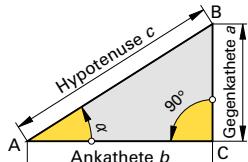
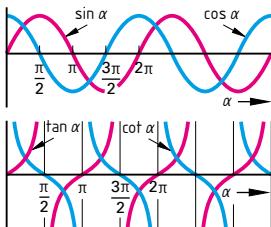
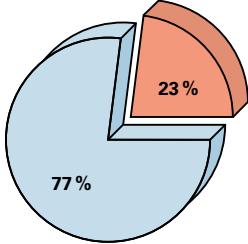
Verstärkung, Dämpfung, Pegel

Amplification, Attenuation, Level

G

Übertragungsfaktoren und logarithmisches Maß Dezibel			siehe auch Seiten 375, 381
Begriff, Erklärung	Formel, Hinweis	Bemerkungen, Beispiel	
Übertragungsfaktor T	Zunahme > 1 und Abnahme < 1: $T = V = S_2/S_1 \quad 1$		S_1, S_2 Übertragungsgrößen
Verstärkungsfaktor V	$D = S_1/S_2 \quad 2$		
Dämpfungsfaktor D			
Leistungsbezogene Maße	Verstärkungsmaß $G = 10 \lg (P_2/P_1) \quad 3$	Beispiel 1: Eine Filterschaltung nimmt die Leistung von 500 mW auf und gibt 250 mW ab. Wie groß sind a) Dämpfungsfaktor D und b) Dämpfungsmaß A ? a) $D = S_1/S_2 = 500 \text{ mW}/250 \text{ mW} = 2$ b) $A = 10 \lg (500 \text{ mW}/250 \text{ mW}) = 3,01 \text{ dB}$	
Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A	Dämpfungsmaß $A = 10 \lg (P_1/P_2) \quad 4$		
Zur Kennzeichnung des logarithmischen Maßes setzt man hinter den eigentlich einheitslosen Zahlenwert den Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	$G = -A \quad 5$ $A = -G \quad 6$		
	dB für Dezibel (sprich Dezi-Bell) (nach amerikanischem Wissenschaftler Bell)		
Spannungsbezogene Maße, druckbezogene Maße	Verstärkungsmaß $G = 20 \lg (U_2/U_1) \quad 7$ $G = -A \quad 8$	Beispiel 2: Ein Verstärker wird mit 3 mV angesteuert und gibt 5 V ab. Wie groß sind a) Verstärkungsfaktor, b) Verstärkungsmaß? a) $V = U_2/U_1 = 5 \text{ V}/3 \text{ mV} = 1667$ b) $G = 20 \lg (U_2/U_1) = 20 \lg (5 \text{ V}/3 \text{ mV}) = 64,4 \text{ dB}$	
Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Schalldruckübertragungsmaß \bar{U}_p	Dämpfungsmaß $A = 20 \lg (U_1/U_2) \quad 9$ $A = -G \quad 10$		
Auch hier Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	Schallüberdruckmaß $\bar{U}_p = 20 \lg (p_2/p_1) \quad 11$		
Pegel in dB(*) * steht für ergänzende Angabe		siehe auch Seiten 375, 381	
Pegel, allgemein	Ein Pegel ist der Abstand von einem vereinbarten Bezugswert aus.	Der Bezugswert sollte bei Pegelangaben genannt werden.	
Leistungspegel L_p Kennzeichnung durch dB (1 mW) oder dBm,	Leistungspegel $L_p = 10 \lg (P/1 \text{ mW}) \quad 12$	Beispiel 3: Eine Antenne liefert 80 mV. $L_u = ?$ $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) = 98 \text{ dB}\mu$	Die vereinbarten Bezugswerte sind bei L_p 1 mW, bei L_u 1 mV, bei L_p 20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$.
Spannungspegel L_u Kennzeichnung durch dB (1 μV) oder $\text{dB}\mu$	Spannungspegel $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) \quad 13$		
Schalldruckpegel L_p eigentlich Kennzeichnung durch dB (20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$)	Schalldruckpegel $L_p = 20 \lg (p/20 \mu\text{N}/\text{m}^2) \quad 14$		
Bewerteter Schalldruckpegel Kennzeichnung je nach Korrektur durch dB(A), dB(B) oder dB(C)	Gemessen wird der Schalldruckpegel, die Messwerte werden für Frequenzen ungleich 1000 Hz durch ein Filter A, B oder C verändert.		
A Dämpfungsmaß (von attenuation)	L_u Spannungspegel	U Spannung	
D Dämpfungsfaktor	\lg Zehnerlogarithmus	V Verstärkungsfaktor	
G Verstärkungsmaß (von gain)	P Leistung	Indizes:	
L_p Leistungspegel (von level)	p Druck	1 Eingang, 2 Ausgang	
L_p Schalldruckpegel	T Übertragungsfaktor	der Übertragungsstrecke	



Abbildungen	Erklärungen	Bemerkungen, Formeln																														
Winkel  Winkelmaße	<p>Der Winkel hat die Einheiten Grad, Neugrad oder Radian.</p> <p>Der Vollwinkel beträgt</p> <p>a) in Grad 360° b) in Neugrad 400 gon c) in Radian $2\pi \text{ rad}$</p> <p>Die Einheit Radian entspricht in einem Kreis dem Verhältnis von Kreisbogenlänge zum Kreisradius.</p> $\alpha_r = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \quad 1$ $1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,296^\circ$	Wichtige Winkel <table border="1"> <tr> <td>Vollwinkel</td> <td>Gestreckter Winkel</td> <td>Rechter Winkel</td> </tr> <tr> <td>360°</td> <td>180°</td> <td>90°</td> </tr> <tr> <td>$2\pi \text{ rad}$</td> <td>$\pi \text{ rad}$</td> <td>$\frac{\pi}{2} \text{ rad}$</td> </tr> <tr> <td>$400 \text{ gon}$</td> <td>$200 \text{ gon}$</td> <td>$100 \text{ gon}$</td> </tr> </table> <p>In der Vermessungstechnik noch üblich: 1 gon = $(\pi/200)$ rad</p>	Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel	360°	180°	90°	$2\pi \text{ rad}$	$\pi \text{ rad}$	$\frac{\pi}{2} \text{ rad}$	400 gon	200 gon	100 gon																		
Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel																														
360°	180°	90°																														
$2\pi \text{ rad}$	$\pi \text{ rad}$	$\frac{\pi}{2} \text{ rad}$																														
400 gon	200 gon	100 gon																														
Winkelfunktionen  Rechtwinkliges Dreieck	<p>Die längste Seite (c) des rechtwinkligen Dreiecks nennt man Hypotenuse. Sie liegt dem rechten Winkel gegenüber. Die beiden anderen Seiten (a und b) des Dreiecks bilden den rechten Winkel. Diese Seiten bezeichnet man als Katheten. Dem spitzen Winkel α gegenüber liegt seine Gegenkathete (a). Die dem Winkel α anliegende Kathete ist seine Ankathete (b).</p>	<p>Einen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck kann man durch seine Winkelgrade oder durch das Verhältnis zweier Dreiecksseiten festlegen. Das Seitenverhältnis hängt von der Größe des Winkels ab. Deshalb nennt man Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck Winkelfunktionen (Funktion = Abhängigkeit) oder trigonometrische Funktionen.</p>																														
 Winkelfunktionen	<p>Sinus $= \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$</p> <p>Kosinus $= \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$</p> <p>Tangens $= \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$</p> <p>Kotangens $= \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$</p> <p>Siehe auch Seite 17.</p>	$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad 2$ $\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad 3$ $\tan \alpha = \frac{a}{b} \quad 4$ $\cot \alpha = \frac{b}{a} \quad 5$ <table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>0°</td> <td>30°</td> <td>45°</td> <td>60°</td> <td>90°</td> </tr> <tr> <td>$\sin \alpha$</td> <td>0</td> <td>$\frac{1}{2}$</td> <td>$\frac{\sqrt{2}}{2}$</td> <td>$\frac{\sqrt{3}}{2}$</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>$\cos \alpha$</td> <td>1</td> <td>$\frac{\sqrt{3}}{2}$</td> <td>$\frac{\sqrt{2}}{2}$</td> <td>$\frac{1}{2}$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$\tan \alpha$</td> <td>0</td> <td>$\sqrt{3}/3$</td> <td>1</td> <td>$\sqrt{3}$</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td>$\cot \alpha$</td> <td>∞</td> <td>$\sqrt{3}$</td> <td>1</td> <td>$\sqrt{3}/3$</td> <td>0</td> </tr> </table>	α	0°	30°	45°	60°	90°	$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\tan \alpha$	0	$\sqrt{3}/3$	1	$\sqrt{3}$	∞	$\cot \alpha$	∞	$\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}/3$	0
α	0°	30°	45°	60°	90°																											
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1																											
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0																											
$\tan \alpha$	0	$\sqrt{3}/3$	1	$\sqrt{3}$	∞																											
$\cot \alpha$	∞	$\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}/3$	0																											
Prozentrechnen 	<p>Prozent (lat. pro cent) bedeutet „von Hundert“. Die Gesamtmenge (Grundmenge) setzt man immer gleich Hundert, die Teilmenge (Prozentsatz) drückt man in Prozent (= Hundertstel) aus.</p> <p>23% von 300 € sind 69 €</p> <p>Prozentsatz Grundwert Prozentwert</p> $\text{Prozentsatz} = \frac{100\% \cdot \text{Prozentwert}}{\text{Grundwert}} \quad 8$	<p>Prozentberechnung</p> $p = \frac{P \cdot 100\%}{G} \quad 6$ <p>Zinsberechnung</p> $Z = \frac{K_0 \cdot p \cdot n}{100\%} \quad 7$ <p>Zinseszinsberechnung</p> $K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^n \quad 9$																														
a, b, c Seiten im rechtw. Dreieck G Grundwert K_0 Anfangskapital K_n Kapital nach n Jahren	n Laufzeit in Jahren P Prozentwert p Prozentsatz in %, Zinssatz in % Z Zinsen je Jahr	α, β, γ Winkel im Dreieck α° Winkel in Grad α_r Winkel in Radian																														

