



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
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30103

Europa-Nr.: 30548 XL mit Keycard

Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tett nang
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
Tkotch, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tett nang

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

Übersicht 11

G



Technische Dokumentation, Messen

Übersicht 67

TM



Elektrische Installation

Übersicht 133

EI



Sicherheit, Energieversorgung

Übersicht 233

SE



Informations- und Kommunikationstechnik

Übersicht 349

IK



Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln

Übersicht 405

AS



Werkstoffe, Verbindungen

Übersicht 505

W



Betrieb und Umwelt

Übersicht 539

BU

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, *Geometrische Produktspezifikation*, Stromkreise, Schaltzeichen, Schaltpläne, *Referenzkennzeichnung*, Dokumentation, Betriebsanleitung, *Messgeräte*, Messkategorien, *Messen in elektrischen Anlagen*, eHZ, hydraulische/pneumatische Elemente, Symbole der Verfahrenstechnik, *Fließbilder für PCE*, AC/DC-Größenerfassung, *Sensoren*, Lichtschranken.

Teil EI
**Elektrische
Installation**

Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten, Arbeiten in elektrischen Anlagen, *Installationsschaltungen*, Sprechanlagen, *Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen*, *Mindestausstattung von Anschlüssen und Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden*, Leiter für Schutzmaßnahmen, Verteilungssysteme, Dimmertypen, Dimmen von LEDs, Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik, Gebäudeautomation, *DALI*, *Smart-Home-Anlagen*, *Komponenten zur Funksteuerung*, Aufbau von Schaltschränken, Hausanschluss und Aufteilung des PEN-Leiters, Leitungsberechnung, *Spannungsfall*, *Oberschwingungen*, *Überstrom-Schutzeinrichtungen*, Leitungsführung, *Elektroinstallationen*, Lichttechnik, LED-Leuchtmittel, *LED-Leuchtröhren*, *Lichtwerbeanlagen*.

Teil SE
**Sicherheit,
Energieversorgung**

Arbeitssicherheit, Stromgefährdung durch DC, Basisschutz, Fehlerschutz, zusätzlicher Schutz, Fehlerströme, *Koordination der Betriebsmittel*, *RCD*, *RCM*, *AFDD*, *Prüfungen von Schutzmaßnahmen*, *Geräten*, *Maschinen*, *Anlagen und nach Instandsetzungen*, *Prüfstrichen*, Kraftwerksarten, HGÜ, Stromhandel, explosionsgeschützte Betriebsmittel, IC-Code, IK-Code, Isolierstoffklassen, Transformatoren, Freileitungssysteme, *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, *Energiemanagement*, *Elektrische Energieeffizienz*.

Teil IK
**Informations- und
Kommunikations-
technik**

Zahlensysteme, Codes, Kippschaltungen, *PC-Hauptplatine*, *Betriebssysteme*, Excel, *Digitalisierung*, Industrie 4.0, *IoT*, DA-/AD-Umsetzer, Modulation/Demodulation, Netze der Informationstechnik, *Trennklassen der Kommunikationsverabelung*, *Ethernet*, *Funk-LAN*, AS-i-Bussysteme, M-Bus und Smart Metering, 3D-Drucker, Netzwerkcommunication, *PROFINET*, Identifizierungssysteme, *Internet*, Fernwirken, Fernwarten, *Störungen bei der Funkübertragung*, Antennenanlagen, SAT-Anlagen, Satellitenempfang.

Teil AS
**Automatisierung,
Antriebe, Steuern
und Regeln**

Operationsverstärker, Stromrichter, Schaltnetzteile, Steuerrelais, *speicherprogrammierbare Steuerungen SPS*, *TIA-Portal*, GRAFCET, elektrische Ausrüstung von Maschinen, *funktionale Sicherheit SIL*, Schütze, Hilfsstromkreise von Steuerungen, elektropneumatische Steuerungen, Motorschutz, Regelungstechnik, *Bode-Diagramm*, *Drehstrommotoren*, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, *Effizienz von Antrieben*, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, Frequenzumrichter, *Sicherheitsfunktionen*, elektronische Grenzaster, 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*, *Betriebssicherheit*, *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) Stromverweigung 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	Gleichrichterbegriffe	61
Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches,		Magnetfeldabhängige Bauelemente	62
Prüfungsteile	10	Fotoelektronische Bauelemente	63
Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente	11	Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren ..	64
Formelzeichen dieses Buches	12	Bauelemente für Überspannungsschutz	65
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses		Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	66
Buches	13	Teil TM: Technische Dokumentation, Messen ..	67
Formelzeichen für drehende elektrische		Grafische Darstellung von Kennlinien	68
Maschinen	14	Allgemeine technische Kommunikation	69
Größen und Einheiten	15	Zeichnerische Darstellung von Körpern	70
Mathematische Zeichen	17	Maßpfeile, besondere Darstellungen	71
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen,		Maßeintragung	72
Dreisatzrechnung	18	Maßeintragung, Schraffur	73
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	19	Geometrische Produktspezifikation (GPS)	74
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	20	Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ..	76
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen ..	21	Weitere funktionsbezogene Dokumente	77
Längen und Flächen	22	Ortsbezogene und verbindungsbezogene	
Körper und Masse	23	Dokumente	78
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	24	Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) in	
Bewegungslehre	25	Schaltplänen	79
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung,		Kennzeichnungen in Schaltplänen	80
Energie	26	Anwenden der Referenzkennzeichnung nach	
Übersetzungen	27	DIN EN IEC 81346 in Anlagen	82
Rollen, Keile, Winden	28	Kontaktkenzeichnung in Stromlaufplänen	83
Wärme	29	Stromkreise und Schaltzeichen	84
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand ..	30	Allgemeine Schaltzeichen	85
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	31	Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen ..	86
Elektrisches Feld, Kondensator	32	Messinstrumente und Messgeräte	87
Wechselgrößen, Wellenlänge	33	Halbleiterbauelemente	88
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	34	Binäre Elemente	89
Magnetisches Feld, Spule	35	Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und	
Strom im Magnetfeld, Induktion	36	Tarifschalgeräte	91
Elektrische und magnetische Feldstärken	37	Audioumsetzer, Videoumsetzer und	
Schaltungen von Widerständen	38	Antennenanlagen	92
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln,		Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und	
Spannungsteiler	39	Installationspläne	93
Potenzimeter	40	Installationsschaltpläne	95
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle,		Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne	96
Anpassung	41	Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren	
Grundschaltungen von Induktivitäten und		Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser ..	98
Kapazitäten	42	Drehstrommotoren und Anlasser	99
Schalten von Kondensatoren und Spulen	43	Motoren mit Stromrichterspeisung	100
Reihenschaltung von R, L, C	44	Vergleich von Schaltzeichen	101
Parallelschaltung von R, L, C	45	Kurzzeichen an elektrischen Betriebsmitteln ..	103
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-		Hydraulische und pneumatische Elemente	104
Parallelschaltung	46	Symbole der Verfahrenstechnik	105
Einfache Filter	47	Fließbilder	106
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	48	Arten von Diagrammen	107
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung,		Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder	
Brückenschaltung	49	Anlagen	108
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei		Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	109
Dreiphasenwechselstrom	50	Elektrische Messgeräte und Messwerke	110
Widerstände und Kondensatoren	51	Piktogramme für die Messtechnik	111
Farbkennzeichnung von Widerständen und		Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung ..	112
Kondensatoren	52	Messbereichserweiterung	113
Bauarten von Widerständen und Kondensatoren		AC/DC-Größenerfassung	114
Anwendungsgruppen und Aufbau von		Messungen in elektrischen Anlagen	115
Kondensatoren	54	Niederspannungs-Leistungsmessgeräte	118
Halbleiterwiderstände	55	Elektrizitätszähler, Niederspannungs-	
Dioden	56	Leistungsmessgeräte	119
Feldeffekttransistoren, IGBTs	57	Elektronische kWh-Zähler	120
Bipolare Transistoren	58	Elektronische Haushaltszähler eHZ EDL und	
Thyristor	59	SMGW	121
Thyristorarten und Triggerdiode	60	Oszilloskope	122

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

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 Drosselspulen, 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
Kraftwerksarten	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
Schutzarten 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 Schaltschränken	336
Kochstellen für Elektroherde	337
Warmwassergeräte	338
Hausgeräte	339
CE-Kennzeichnung	340
Elektrische Energieeffizienz	341
Punktesystem für die Energieeffizienz elektrischer Anlagen	342
Ermittlung des Energieverbrauchskennwertes 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 Binärcores	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	Kleinststeuerung LOGO!	428
Diagrammerstellung in Excel	370	LOGO! 8 mit Ethernet-Schnittstelle	429
Netze der Informationstechnik	371	Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer	430
Netzwerkcommunication	372	Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	431
Komponenten für Datenetze	373	SPS-Programmierung im TIA-Portal	432
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung	374	Programmstruktur für SPS	433
Leitungen in Datenetzen	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
Fernwirkssysteme	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	Schützsicherungen	457
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen	398	Schützsicherung 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 Grundsicherungen	465
Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln	405	Regelungstechnik	466
Verstärker-Grundsicherungen	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
Fehlerbeseitigung 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
Multimediaverkabelung im Heimbereich	527
Kurzzeichen für Starkstromkabel, Farbkennzeichnung	528
Steckvorrichtungen der Energietechnik	529

Steckverbinder	530
Steckverbinder RJ45, Cat-7-Steckverbindungen	531
Lötfreie Anschlussstechnik	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 Kundens Schulungen	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

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

Mathematik

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

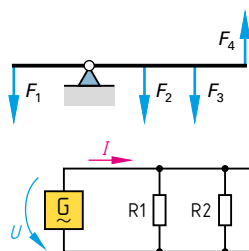
Schaltungen von Widerständen	38
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	39
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	41
Grundsicherungen von Induktivitäten und Kapazitäten	42
Schalten von Kondensatoren und Spulen	43
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	46
Einfache 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

Weitere Seiten mit Formeln

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
Leitungsrechnung	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
Wärmeleistung	127
Widerstandsbestimmung ..	112
Windkraftanlagen	278



Formel- zeichen	Bedeutung	Formel- zeichen	Bedeutung	Formel- zeichen	Bedeutung
Kleinbuchstaben		Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
<i>a</i>	Beschleunigung	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt 2. Ablenkkoeffizient 3. Dämpfungsmaß	α (alpha)	1. Winkel 2. Temperaturkoeffizient 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-Strom- verstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungs- geschwindigkeit 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	elektrische Feldkonstante
<i>f</i>	Frequenz	<i>F</i>	1. Kraft; 2. Faktor 3. Fehler	ϵ (epsilon)	Permittivität
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient 2. Tastgrad	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Gewichtskraft	ζ (zeta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
<i>h</i>	Höhe	<i>H</i>	magnetische Feldstärke	η (eta)	Wirkungsgrad
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	1. Stromstärke 2. Lichtstärke	ϑ (theta)	Temperatur in °C
<i>j</i>	Ruck	<i>J</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	χ (kappa)	Leitfähigkeit (neben γ üblich)
<i>l</i>	1. Länge 2. Abstand	<i>K</i>	1. Konstante 2. Faktor; 3. Kapital	λ (lambda)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>m</i>	1. Masse 2. Strangzahl	<i>L</i>	1. Induktivität; 2. Pegel	μ (mü)	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdre- hungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>M</i>	1. Drehmoment 2. Speicherkapazität	μ_0	magn. Feldkonstante
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck 3. Prozentsatz	<i>N</i>	Windungszahl	ν (nü)	Ordnungszahl
<i>q</i>	Querstromverhältnis	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	π (pi)	Zahl 3,1415926...
<i>r</i>	1. Radius 2. Rate 3. differenzieller Widerstand	<i>Q</i>	1. Ladung; 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Gütefaktor	ρ (rho)	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. Federrate 3. Festigkeit	σ (sigma)	1. Streufaktor 2. mechanische Spannung
<i>t</i>	Zeit	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit 3. Schlupf (absolut) 4. Übertragungsgröße	τ (tau)	Zeitkonstante
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	φ (phi)	Winkel, insbesondere für Phasenverschiebung
<i>ü</i>	1. Übersetzungs- verhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>THD</i>	Spannungsverzerrung	ω (omega)	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. Lagen- zahl	<i>Y</i>	Scheinleitwert	Φ (Phi)	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
		<i>Z</i>	1. Impedanz, Schein- widerstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswider- stand	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.



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

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	Formelzeichen bisher	Formelzeichen		Einheit, Einheitenzeichen
		Vorzugszeichen	Ausweichzeichen	
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)
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_i	M_i	
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)				



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 sm = 1852 m 1 ml = 1609,344 m 1" = 25,4 mm	el. Ladung Q , el. Fluss Ψ	Coulomb	1 C = 1 A · s = 1 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 l = 1 dm ³ = = 1/1000 m ³	Raumladungs- dichte ρ	Coulomb je Kubikmeter	C/m ³
Winkel (ebener) (siehe Seite 20)	Radian, RAD (Grad, DEG)	rad 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad,	el. Spannung U , el. Potenzial φ , V	Volt	1 V = 1 J/C
Raumwinkel Ω	Steradian	sr	el. Feldstärke E	Volt je Meter	1 V/m = 1 N/C
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung			el. Kapazität C	Farad	1 F = 1 As/V = 1 C/V
Zeit t	Sekunde (Minute) (Stunde) (Tag)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s 1 d = 24 h	elektr. Strom- belag A	Ampere je Meter	A/m
Frequenz f	Hertz	1 Hz = 1/s = 1 c/s	Permittivität, Dielektrizitäts- konstante ϵ	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
Drehzahl, Umdre- hungsfrequenz n	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min	el. Stromstärke I	Ampere	1 A = 1 C/s
Kreisfrequenz ω	je Sekunde	1/s	el. Stromdichte J	Ampere je m ²	A/m ²
Geschwindig- keit v	Meter je Sekunde (Knoten)	m/s 1 kn = 1 sm/h = 0,5144 m/s 1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand R , Blindwider- stand X , Schein- widerstand Z	Ohm	1 Ω = 1 V/A
Winkelgeschwin- digkeit ω	Radian je Sekunde	rad/s	elektr. Leitwert elektr. Wirkleit- wert G , Blindleit- wert B , Schein- leitwert Y	Siemens	1 S = $\frac{1}{1 \Omega}$
Beschleunigung a	–	m/s ²	spezifischer elektr. Widerstand ρ	Ohmmeter	1 Ω m = 100 Ω cm 1 Ω mm ² /m = 1 $\mu\Omega$ m
Ruck j	–	m/s ³	elektrische Leit- fähigkeit γ	Siemens je Meter	1 Sm/mm ² = 1 MS/m
Mechanik			Leistung P	Watt	1 W = 1 V · 1 A
Masse m	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg 1 Kt = 0,2 g 1 t = 1000 kg	Blindleistung Q	(var)	1 var = 1 V · 1 A
Dichte ρ	–	kg/m ³ , kg/dm ³	Scheinleistung S	(VA)	1 VA = 1 V · 1 A
Trägheits- moment J	–	kg · m ²	Induktivität L	Henry	1 H = 1 Vs/A
Kraft F	Newton	1 N = 1 kg · m/s ²	Arbeit W , Energie E , W	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Drehmoment, Kraftmoment M	–	Nm	Magnetismus		
Impuls p	Newtonsek.	1 Ns = 1 kg · m/s	elektrische Durchflutung Θ	Ampere	A
Druck p	Pascal (Bar)	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm ²	magnetische Feldstärke H	Ampere je Meter	A/m
Flächen- pression p , Festigkeit R_p , R_{eT} , Elastizitäts- modul E	–	N/mm ²	magnetischer Fluss Φ	Weber	1 Wb = 1 T · 1 m ² = 1 Vs
Arbeit W , Energie E , W	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	magn. Fluss- dichte B , magn. Polarisation J	Tesla	1 T = 1 Wb/m ² = 1 Vs/m ²
Leistung P	Watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s	Induktivität L	Henry	1 H = 1 Vs/A
			Permeabilität μ	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
			magn. Wider- stand R_m	–	1/H = 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			Ionendosis J	Coulomb je Kilogramm	C/kg
Lichtstärke I_v	Candela	cd	Ionendosisrate J'	Ampere je Kilogramm	1 A/kg = 1 C/(kg · s)
Leuchtdichte L_v	Candela je m ²	cd/m ²	Akustik		
Lichtstrom Φ_v	Lumen	lm	Schalldruck p	Pascal	1 Pa = 1 N/m ²
Lichtausbeute η_v	Lumen je Watt	lm/W	Schallschnelle v	Meter je Sekunde	m/s
Beleuchtungsstärke E_v	Lux	1 lx = 1 lm/m ²	Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit) c_s	Meter je Sekunde	m/s
Brechwert von Linsen D	– (Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1/m	Schallfluss q	–	1 m ³ /s = 1 m ² · 1 m/s
Wärme			Schallintensität I	–	W/m ²
Celsius-Temperatur ϑ	Grad Celsius	°C	spezifische Schallkennimpedanz Z	–	Pa · s/m = Ns/m ³
thermodynamische Temperatur T	Kelvin	K (0 K \triangleq – 273,15 °C)	akustische Impedanz Z_f	–	N · s/m ³
Temperaturdifferenz ΔT	Kelvin	K	mechanische Impedanz Z_M	–	N · s/m = kg/s
Wärme Q , innere Energie U	Joule	1 J = 1 Ws	äquivalente Absorptionsfläche A	Quadratmeter	m ²
Wärmestrom Φ	Watt	1 W = 1 J/s	Sonstige Bereiche		
Wärmewiderstand (von Bauelementen) R_{th}	Kelvin je Watt	K/W	Entfernung in der Astronomie l	(Astronomische Einheit) Parsec	1 AE = 149,6 Gm ¹ 1 pc = 30,857 Pm ¹ c \approx 300 000 km/s
Wärmeleitfähigkeit λ	–	W/(K · m)	Lichtgeschwindigkeit c	km/s	
Wärmeübergangskoeffizient h	–	W/(K · m ²)	Lichtjahr L_j	km	1 Lj = 9,461 · 10 ¹² km
Wärmekapazität C , Entropie S	Joule je Kelvin	J/K	Masse in der Atomphysik m	(Atomare Masseneinheit u)	1 u = 1,66 · 10 ^{–27} kg
spezifische Wärmekapazität c	–	J/(kg · K)	längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen T_t	Tex	1 tex = 1 g/kg
Chemie, Molekularphysik			Fläche von Grundstücken A	Ar Hektar	1 a = 100 m ² 1 ha = 100 a
Stoffmenge n	Mol	mol	1 Vorsätze G, P siehe Seite 18		
Stoffmengenkonzentration c	–	mol/m ³			
stoffmengenbezog. Volumen V_m (molares Volumen)	–	m ³ /mol			
Molalität b	–	mol/kg			
molare Masse M	–	kg/mol			
molare Wärmekapazität c_p, c_v	–	J/(mol · K)			
Diffusionskoeffizient D	–	m ² /s			



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



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:

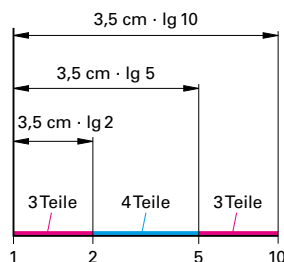
$$a^m \cdot a^n = a^{m+n} \quad a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m \quad a^m/a^n = a^{m-n} \quad a^m/b^m = (a/b)^m \quad 1/a^n = a^{-n} \quad (a^m)^n = a^{m \cdot n} \quad \sqrt[n]{a} = a^{1/n}$$

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

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

Logarithmen



Logarithmische Teilung

(Siehe auch Seite 68.)

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 ($e = 2,718\dots$).

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

Der Zweierlogarithmus \lg_2 hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

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

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

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

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

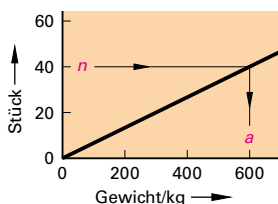
$$\lg_a \sqrt[n]{c} = \frac{1}{n} \log_a c \quad 4$$

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

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

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

Dreisatzrechnung



Dreisatzrechnung für ein proportionales Verhältnis

Lösungsschritte

Proportionales Verhältnis (Einheit durch Division)

1. Aussage
2. Berechnung für 1 Objekt
3. 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)

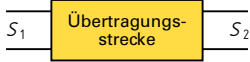
1. Aussage
2. Berechnung für 1 Objekt
3. Berechnung für z Objekte

n Arbeiter brauchen a Stunden

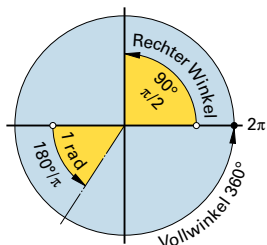
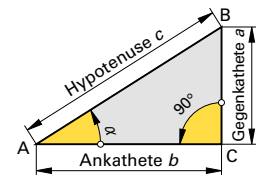
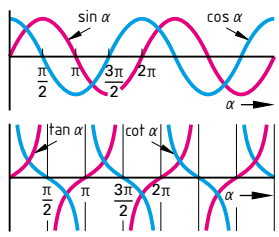
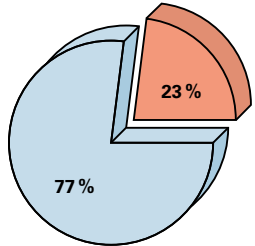
1 Arbeiter braucht $n \cdot a$ Stunden

z Arbeiter brauchen $n \cdot a/z$ Stunden



Übertragungsfaktoren und logarithmisches Maß Dezibel		siehe auch Seiten 375, 381
Begriff, Erklärung	Formel, Hinweise	Bemerkungen, Beispiel
Übertragungsfaktor T Verstärkungsfaktor V Dämpfungsfaktor D	Zunahme > 1 und Abnahme < 1 : $T = V = S_2/S_1$ 1 $D = S_1/S_2$ 2	 S_1, S_2 Übertragungsgrößen
Leistungsbezogene Maße Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Zur Kenntlichmachung des logarithmischen Maßes setzt man hinter den eigentlich einheitslosen Zahlenwert den Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	Verstärkungsmaß $G = 10 \lg (P_2/P_1)$ 3 Dämpfungsmaß $A = 10 \lg (P_1/P_2)$ 4 $G = -A$ 5 $A = -G$ 6 dB für Dezibel (sprich Dezi-Bell) (nach amerikanischem Wissenschaftler Bell)	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) $A = 10 \lg (500 \text{ mW}/250 \text{ mW}) = 3,01 \text{ dB}$
Spannungsbezogene Maße, druckbezogene Maße Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Schalldruckübertragungsmaß \ddot{U}_p Auch hier Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	Verstärkungsmaß $G = 20 \lg (U_2/U_1)$ 7 $G = -A$ 8 Dämpfungsmaß $A = 20 \lg (U_1/U_2)$ 9 $A = -G$ 10 Schallüberdruckmaß $\ddot{U}_p = 20 \lg (p_2/p_1)$ 11	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) $G = 20 \lg (U_2/U_1) = 20 \lg (5 \text{ V}/3 \text{ mV}) = 64,4 \text{ dB}$
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, Spannungspegel L_U Kennzeichnung durch dB (1 μV) oder dB μ Schalldruckpegel L_p eigentlich Kennzeichnung durch dB (20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$)	Leistungspegel $L_P = 10 \lg (P/1 \text{ mW})$ 12 Spannungspegel $L_U = 20 \lg (U/1 \mu\text{V})$ 13 Schalldruckpegel $L_p = 20 \lg (p/20 \mu\text{N}/\text{m}^2)$ 14	Die vereinbarten Bezugswerte sind bei L_P 1 mW, bei L_U 1 mV, bei L_p 20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$. Beispiel 3: Eine Antenne liefert 80 mV. $L_U = ?$ $L_U = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) = 98 \text{ dB}\mu$
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.	Der bewertete Schalldruckpegel in dB(A) entspricht weitgehend der vom Menschen empfundenen Lautstärke in Phon.
A Dämpfungsmaß (von attenuation) D Dämpfungsfaktor G Verstärkungsmaß (von gain) L_P Leistungspegel (von level) L_p Schalldruckpegel	L_U Spannungspegel \lg Zehnerlogarithmus P Leistung p Druck T Übertragungsfaktor	U Spannung V Verstärkungsfaktor Indizes: 1 Eingang, 2 Ausgang der Übertragungsstrecke



Abbildungen	Erklärungen	Bemerkungen, Formeln																														
Winkel																																
	<p>Der Winkel hat die Einheiten Grad, Neugrad oder Radiant.</p> <p>Der <i>Vollwinkel</i> beträgt</p> <p>a) in Grad 360° b) in Neugrad 400 gon c) in Radiant 2π rad</p> <p>Die Einheit Radiant entspricht in einem Kreis dem Verhältnis von Kreisbogenlänge zum Kreisradius.</p> <div>$\alpha_r = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$</div> <p>1 rad = $\frac{360^\circ}{2\pi} = 57,296^\circ$</p>	<table><tr><th colspan="3">Wichtige Winkel</th></tr><tr><th>Vollwinkel</th><th>Gestreckter Winkel</th><th>Rechter Winkel</th></tr><tr><td>360°</td><td>180°</td><td>90°</td></tr><tr><td>2 π rad</td><td>π rad</td><td>$\frac{\pi}{2}$ rad</td></tr><tr><td>400 gon</td><td>200 gon</td><td>100 gon</td></tr></table> <p>In der Vermessungstechnik noch üblich: 1 gon = (π/200) rad</p>	Wichtige Winkel			Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel	360°	180°	90°	2 π rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad	400 gon	200 gon	100 gon															
Wichtige Winkel																																
Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel																														
360°	180°	90°																														
2 π rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad																														
400 gon	200 gon	100 gon																														
Winkelmaße																																
Winkelfunktionen																																
	<p>Die längste Seite (c) des rechtwinkligen Dreiecks nennt man <i>Hypotenuse</i>. Sie liegt dem rechten Winkel gegenüber. Die beiden anderen Seiten (a und b) des Dreiecks bilden den rechten Winkel. Diese Seiten bezeichnet man als <i>Katheten</i>. Dem spitzen Winkel α gegenüber liegt seine Gegenkathete (a). Die dem Winkel α anliegende Kathete ist seine <i>Ankathete</i> (b).</p>	<p>Einen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck kann man durch seine <i>Winkelgrade</i> oder durch das <i>Verhältnis zweier Dreiecksseiten</i> festlegen. Das Seitenverhältnis hängt von der Größe des Winkels ab. Deshalb nennt man Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck <i>Winkelfunktionen</i> (Funktion = Abhängigkeit) oder trigonometrische Funktionen.</p>																														
Rechtwinkliges Dreieck																																
	<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>	<div>$\sin \alpha = \frac{a}{c}$</div> <div>$\cos \alpha = \frac{b}{c}$</div> <div>$\tan \alpha = \frac{a}{b}$</div> <div>$\cot \alpha = \frac{b}{a}$</div> <table><tr><th>α</th><th>0°</th><th>30°</th><th>45°</th><th>60°</th><th>90°</th></tr><tr><td>sin α</td><td>0</td><td>1/2</td><td>√2/2</td><td>√3/2</td><td>1</td></tr><tr><td>cos α</td><td>1</td><td>√3/2</td><td>√2/2</td><td>1/2</td><td>0</td></tr><tr><td>tan α</td><td>0</td><td>√3/3</td><td>1</td><td>√3</td><td>∞</td></tr><tr><td>cot α</td><td>∞</td><td>√3</td><td>1</td><td>√3/3</td><td>0</td></tr></table>	α	0°	30°	45°	60°	90°	sin α	0	1/2	√2/2	√3/2	1	cos α	1	√3/2	√2/2	1/2	0	tan α	0	√3/3	1	√3	∞	cot α	∞	√3	1	√3/3	0
α	0°	30°	45°	60°	90°																											
sin α	0	1/2	√2/2	√3/2	1																											
cos α	1	√3/2	√2/2	1/2	0																											
tan α	0	√3/3	1	√3	∞																											
cot α	∞	√3	1	√3/3	0																											
Winkelfunktionen																																
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> <div>$\text{Prozentsatz} = \frac{100\% \cdot \text{Prozentwert}}{\text{Grundwert}}$</div>	<p>Prozentberechnung</p> <div>$p = \frac{P \cdot 100\%}{G}$</div> <p>Zinsberechnung</p> <div>$Z = \frac{K_0 \cdot p \cdot n}{100\%}$</div> <p>Zinseszinsberechnung</p> <div>$K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^n$</div>																														
<p>a, b, c Seiten im rechth. Dreieck G Grundwert K₀ Anfangskapital K_n Kapital nach n Jahren</p>	<p>n Laufzeit in Jahren P Prozentwert p Prozentsatz in %, Zinssatz in % Z Zinsen je Jahr</p>	<p>α, β, γ Winkel im Dreieck α° Winkel in Grad α_r Winkel in Radiant</p>																														

