



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

Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendungen

31. neu bearbeitete und erweiterte Auflage als Ausgabe für Österreich

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

Bearbeiter für Österreich: Dipl.-Päd. Ing. R. Krall

Das Unterrichtsmittel „Tabellenbuch Elektrotechnik“ ist gemäß § 9 Abs. 1 und 2 der Verordnung zur Eignungserklärung von Unterrichtsmitteln, BGBl. II Nr. 286/2022, § 14 Abs. 2 und 5 sowie § 15 des Schulunterrichtsgesetzes, BGBl. I Nr. 52/2010, und gemäß den derzeit geltenden Lehrplänen als für den Unterrichtsgebrauch an Berufsschulen für die modularen Lehrberufe Elektrotechnik; Elektronik und Mechatronik (Grund-, Haupt- und Spezialmodule) sowie für die Lehrberufe Informationstechnologie und Veranstaltungstechnik und an gewerblichen, technischen und kunstgewerblichen Fachschulen, Fachrichtung für Elektrotechnik und Elektronik & Technische Informatik für die 1.–4. Klasse sowie an Höheren technischen Lehranstalten, Fachrichtung Elektrotechnik und Elektronik & Technische Informatik für den I.–V. Jahrgang und Höheren technischen Lehranstalten, Fachrichtung Mechatronik-Elektrotechnik und Elektronik für den II.–V. Jahrgang und alle Ausbildungsschwerpunkte an Kollegs Fachrichtung Elektrotechnik und Elektronik & Technische Informatik; 1.–4. Semester, sowie Höhere technische Lehranstalten für Berufstätige, 1.–8. Semester, Aufbaulehrgang zur HTL Elektrotechnik und Elektronik & Technische Informatik, 1. und 2. Semester approbiert.

Appr.Z.: 41.718/1-I/9/87=41.718/3-V/2/92=41.718/6-V/2/93=41.718/3-V/2/94=5.012/0071-Präs.8/2010(a)=BMBF-5.012/0015-B/8/2015= 2022-0.104.467

Buch-Nr.: 0384 Tabellenbuch Elektrotechnik + E-Book ISBN 978-3-7585-3314-3

Buch-Nr.: 205772 Tabellenbuch Elektrotechnik E-Book Solo ISBN 978-3-7585-3315-0

Die digitalen Zugangsdaten für das E-Book sind nur für Schulen über die Schulbuchaktion erhältlich.

FS-FACHBUCH

Verlag und Vertriebs Gesellschaft m.b.H., Wien

Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., VDE	Tett nang
Häberle, Heinz †	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Häberle, Konstantin	MSc EEIT, MSc Math	Zürich
Häberle, Verena	MSc EEIT	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
Tkocz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach
Urian, Thomas	Meister der Elektrotechnik	Vilshofen

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

Dem Tabellenbuch wurden die neuesten Ausgaben der ÖNORMEN, die österreichischen Bestimmungen für die Elektrotechnik (ÖVE-Vorschriften), DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die ÖNORMEN und ÖVE-Bestimmungen selbst.

Die ÖNORMEN werden von „Austrian Standards, 1020 Wien, Heinestraße 38“ erarbeitet, veröffentlicht und verkauft.

Die „österr. Bestimmungen für die Elektrotechnik“ werden von der hierzu fachlich befugten Stelle, dem österr. Verband für Elektrotechnik, 1010 Wien, Eschenbachgasse 9, erarbeitet, veröffentlicht und verkauft.

31. Auflage 2025 (die 30. Auflage wurde aus organisatorischen Gründen übersprungen)

Druck 5 4 3 2 1

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

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

© 2025 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: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)



Grundlagen, Physik, Bauelemente

Übersicht 11

G



Technische Kommunikation, Messen

Übersicht 69

TM



Elektrische Installation

Übersicht 135

EI



Sicherheit, Energieversorgung

Übersicht 239

SE



Informations- und Kommunikationstechnik

Übersicht 363

IK



Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln

Übersicht 423

AS



Werkstoffe, Verbindungen

Übersicht 527

W



Betrieb und Umwelt

Übersicht 561

BU

Die Weiterentwicklungen der Technik infolge **Digitalisierung**, Industrie 4.0/5.0 und **Klimaschutz** sowie auch der **Normen** hinsichtlich z.B. Sicherheit, Prüfen, Ennergieeffizienz führten zu einer Überarbeitung und Erweiterung dieses Buchs als **Kompedium** 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) blau* gedruckt.

Teil G**Grundlagen,
Physik,
Bauelemente**

Formelzeichen, Größen und Einheiten, mathematische Zeichen, *Gleichungssysteme*, Vorsätze, Kraft, Drehmoment, Arbeit, Leistung, Wärme, Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Potenziometer, Wechselgrößen, Drehstrom, unsymmetrische Belastung bei Drehstrom, Widerstände, Kondensatoren, *Kennzeichnung Halbleiterbauelemente*, Dioden, Transistoren, Thyristoren, magnetfeldabhängige Bauelemente. *Auf vielen Seiten wurden Formeln ergänzt.*

Teil TM**Technische
Kommunikation,
Messen**

Technisches Zeichnen, Geometrische Produktspezifikation, Stromkreise, *Schaltzeichen, Schaltpläne*, Referenzkennzeichnung, Dokumentation, Betriebsanleitung, *Messgeräte*, Messkategorien, *Messen in elektrischen Anlagen*, eHZ, hydraulische/pneumatische Elemente, Symbole der Verfahrenstechnik, Kennzeichnungen in elektropneumatischen Steuerungen, 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, *Gebäudesystemtechnik*, Gebäudeautomation, DALI, *Smart-Home-Anlagen*, KNX, Funksteuerung, Aufbau von Schaltschränken, Hausanschluss und Aufteilung des PEN-Leiters, *Leitungsberechnung*, *Spannungsfall*, *Oberschwingungen*, *Überstrom-Schutzeinrichtungen*, *Elektroinstallationen*, Lichttechnik, *Kennzeichnungen von Leuchten*, *LED-Leuchtmittel*.

Teil SE**Sicherheit,
Energieversorgung**

Arbeitssicherheit, Stromgefährdungen, Basisschutz, Fehlerschutz, zusätzlicher Schutz, Fehlerströme, *Koordination der Betriebsmittel*, RCD, RCM, AFDD, *Prüfungen von Schutzmaßnahmen*, *Geräten, Maschinen und Anlagen*, *Prüfverfahren*, *Prüfprotokoll*, Isolierstoffklassen, Transformatoren, Freileitungsnetze, Schalter in Energienetzen, HGÜ, Erdkabel, Kraftwerksarten, *erneuerbare Energien*, *PV-Anlagen mit Blitzschutz*, *Iselbetrieb und PV-Batteriespeicher*, Brennstoffzellen, Smart Grids, Stromhandel, explosionsgeschützte Betriebsmittel, IP-Schutzarten, IC-Code, IK-Code, Elektrochemie, *Korrosion*, 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**

Digitalisierung, Industrie 4.0, IoT, *künstliche Intelligenz*, *Automatisierungspyramide*, Zahlensysteme, Codes, Kippschaltungen, PC-Hauptplatine, Betriebssysteme, Excel, *Datenschutz*, DA/AD-Umsetzer, Modulation/Demodulation, Netze der Informationstechnik, Trennklassen der Kommunikationsverkabelung, *Ethernet*, Funk-LAN, AS-i-Bussysteme, M-Bus und Smart Metering, 3D-Drucker, *PROFINET*, Identifizierungssysteme, *Internet*, Antennen-, SAT-Anlagen, Fernwirken, Fernwarten, Störungen bei Funkübertragung, 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, *Hilfstromkreise von Steuerungen*, Motorschutz, Regelungstechnik, Bode-Diagramm, *Betriebsarten*, *Drehstrommotoren*, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, *Effizienz von Antrieben*, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, Frequenzrichter, Sicherheitsfunktionen, elektronische Grenzaster, Softstarter.

Teil W**Werkstoffe,
Verbindungen**

Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormung, Magnetwerkstoffe, Isolierstoffe, *Leitungen*, Lichtwellenleiter, Erdkabel, Steckverbinder, Cat-7-Steckverbindungen, lötfreie Anschlusstechnik, Installationsrohre und -dosen, *Dübel*, Gewinde, *Schrauben*, *Muttern*.

Teil BU**Betrieb und Umfeld**

Organisationsformen, Arbeiten im Team, Arbeitsplanung, *Kostenrechnung*, *VOB*, Durchführung von Projekten, Umgang mit Konflikten, Kommunikation mit Kunden, Gesetze für Arbeitsschutz, Betriebssicherheit, Umweltschutz, Qualitätsmanagement, Statistische Auswertungen, Gefährliche Stoffe, Klimaschutz, *Normen*, Kurzformen, fachliches Englis, Formelumstellung.

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 mit E-Mail an lektorat@europa-lehrmittel.de gerichtet sein.

Frühjahr 2024

Der Autoren-Arbeitskreis

Vorwort zur 31. Auflage	4
Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches, Prüfungsteile	10

Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente 11

Formelzeichen dieses Buches	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buchse	13
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen	14
Größen und Einheiten	15
Mathematische Zeichen	17
Gleichungssysteme	18
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung	19
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	20
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	21
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	22
Längen und Flächen	23
Körper und Masse	24
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	25
Bewegungslehre	26
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	27
Übersetzungen	28
Rollen, Aufhängung, Keile, Winden	29
Wärme, Temperatur	30
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	31
Elektrisches Feld, Kondensator	32
Magnetisches Feld, Spule	33
Strom im Magnetfeld, Induktion	34
Elektrische und magnetische Feldstärken	35
Wechselgrößen, Wellenlänge	36
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	37
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	38
Schaltungen von Widerständen	39
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	40
Reihenschaltung, Parallelschaltung von R , L , C	41
Ersatz-Reihenschaltung, Ersatz-Parallelschaltung	43
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	44
Potenziometer	45
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	46
Schalten von Kondensatoren und Spulen	47
Einfache Filter	48
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	49
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung	50
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei Dreiphasenwechselstrom	51
Widerstände und Kondensatoren	52
Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren	55
Halbleiterwiderstände	56
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen	57
Dioden	58
Feldeffekttransistoren, IGBTs	59
Bipolare Transistoren	60
Thyristor	61
Thyristorarten und Triggerdiode	62
Gleichrichterbegriffe	63
Magnetfeldabhängige Bauelemente	64
Fotoelektronische Bauelemente	65

Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren ..	66
Bauelemente für Überspannungsschutz	67
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	68

Teil TM: Technische Kommunikation, Messen .. 69

Grafische Darstellung von Kennlinien	70
Allgemeine technische Kommunikation	71
Zeichnerische Darstellung von Körpern	72
Maßpfeile, besondere Darstellungen	73
Maßeintragung, Schraffur	74
Geometrische Produktspezifikation (GPS)	76
Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ..	78
Weitere funktionsbezogene Dokumente	79
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente	80
Kennzeichnungen in Schaltplänen	81
Referenzkennzeichnung nach DIN EN IEC 81346 ..	83
Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen	84
Kontaktkennzeichnung in Verdrahtungsplänen ..	85
Stromkreise und Schaltzeichen	86
Allgemeine Schaltzeichen	87
Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen ..	88
Messinstrumente und Messgeräte	89
Halbleiterbauelemente	90
Binäre Elemente	91
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschalgeräte	93
Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen	94
Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne	95
Installationschaltpläne	97
Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne	98
Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren ..	99
Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser ..	100
Drehstrommotoren und Anlasser	101
Motoren mit Stromrichterspeisung	102
Vergleich von Schaltzeichen	103
Bildzeichen an elektrischen Betriebsmitteln	105
Hydraulische und pneumatische Elemente	106
Symbole der Verfahrenstechnik	107
Fließbilder	108
Arten von Diagrammen	109
Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen	110
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	111
Elektrische Messgeräte und Messwerke	112
Piktogramme für die Messtechnik	113
Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung ..	114
Messwandler	115
AC/DC-Größenerfassung	116
Messungen in elektrischen Anlagen	117
Niederspannungs-Leistungsmessgeräte	120
Analoge Elektrizitätszähler	121
Elektronische kWh-Zähler	122
Elektronische Haushaltszähler eHZ EDL und SMGW	123
Oszilloskope	124
Messen mit dem Oszilloskop	125
Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren ..	126
Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren ..	127
Bewegungsmessung mit Sensoren	128
Temperaturmessung mit Sensoren	129
Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken)	130

Näherungsschalter (Sensoren)	131
Ultraschall-Sensoren	132
Weitere Sensoren	133
Anschluss von Näherungssensoren	134

Teil EI: Elektrische Installation 135

Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten	136
Arbeiten in elektrischen Anlagen	137
Werkstattusrstung	138
Leistungsverlegung, Leistungsbearbeitung	139
Ausschaltungen, Serienschaltung	140
Wechselschaltung, Kreuzschaltung	141
Ausführung von Installationsschaltungen	142
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner	143
Schaltungen mit Stromstoschaltern	144
Jalousieschaltungen	145
Einfache Trsprechanlagen mit Bussystem	147
Videoanlagen für Hauskommunikation	148
Ausführungen von Trsprechanlagen	149
Dimmen konventioneller Lampen	150
Dimmen von LED-Lichtquellen	151
Dimmen von Niedervolt-LED-Lichtquellen	152
Lichtmanagement mit DALI	153
Automatikschalter mit Wärme- und Helligkeitssensoren	154
Automatikschalter mit Ultraschall-Bewegungssensor	155
Feldarme Elektroinstallation	156
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik	157
Linien, Bereiche beim Installationsbus KNX-TP	159
Schaltzeichen des KNX	160
Systemkomponenten für den KNX-TP	161
Sensoren, Aktoren für den KNX-TP	162
Installationsbus mit FSK-Steuerung KNX-PL	164
Projektierung einer Smart-Home-Anlage	165
Projektierung und Inbetriebnahme beim KNX	166
Telegramm des KNX-Busses	168
Smart Home mit Busch-free@home	169
LON	171
LCN	173
Elektroinstallation mit Funksteuerung	174
Komponenten zur Funksteuerung	176
Gebäudeautomation über bestehende Stromleitungen	177
Verteilungssysteme	178
Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen in Wohngebäuden	179
Leiter für Schutzmaßnahmen	180
Fundamente der im Beton oder in Erde	181
Hausanschluss mit Schutzpotenzialausgleich	182
Hauptleitungen in Wohnanlagen	184
Zhlerplatzinstallation	185
Elektrische Ausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze	186
Ausstattung an Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden	187
Leitungsführung in Wohngebäuden	188
Induktivitätsbelag und Spannungsfall	190
Leitungsberechnung mit Verzweigung	191
Ablauf der Leitungsberechnung	192
Verlegearten für feste Verlegung	193
Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen	194
Ergänzungen zur Strombelastbarkeit	197
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit	198

Leitungsberechnung bei Oberschwingungen	199
Verteilerstromkreis bei Oberschwingungen	200
Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln	201
Maximale Leitungslängen nach Spannungsfall	202
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	203
Maximale Leitungslängen bei Kurzschluss	204
Kabel- und Leitungslängen für Fehler- und Kurzschlusschutz	205
Überstrom-Schutzeinrichtungen	206
Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	209
Orte mit Badewanne oder Dusche	210
Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	211
Saunaaanlagen, Schwimmbecken, begehbare Becken	212
Elektroinstallation in feuergefhrdeten Betriebsstätten	213
Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betriebsstätten	214
Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	215
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	217
Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	218
Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	219
Aufbau von Schaltschränken	220
Lichttechnik	221
Planung der Arbeitsstttenbeleuchtung in Innenräumen	222
Wartungsfaktoren von Arbeitsstttenbeleuchtungen	223
Beleuchtung und Blendung	224
Farbkennzeichnung von Leuchtmitteln	225
Kennzeichnung von Leuchten und Vorschaltgeräten, Leuchtenkennzahl	226
Berechnung der Leuchtenanzahl	227
Berechnung von Beleuchtungsanlagen	228
Lichttechnische Daten von Leuchten	229
Temperaturstrahler, Gasentladungslampen	230
Induktionslampen und Lichtwellenleiter	231
Schaltungen für Leuchtstofflampen	232
LED-Beleuchtung	233
LED-Leuchtröhren, LED-Module	235
Leuchtstofflampenersatz	236
Lichtwerbeanlagen für Niederspannung	237
Anlagen mit Leuchtröhren	238

Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung 239

Persönliche Schutzausrüstung (PSA), Sicherheitsfarben	240
Zeichen zur Unfallverhütung	241
Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit	245
Berhrungsarten, Stromgefhrdung, Fehlerarten	246
Weitere Stromgefhrdungen	247
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	248
Schutz gegen elektrischen Schlag	249
Differenzstromgerte RCD, RCM	250
Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	251
Weitere Schutzmaßnahmen	253
Koordination elektrischer Betriebsmittel	254

Fehlerströme und RCDs bei Stromrichterschaltungen	255
Überwachung der Endstromkreise	256
Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen	257
Prüfungen nach ÖVE/ÖNORM EN 50110-1	258
Prüfung der Schutzmaßnahmen	259
Wiederkehrende Prüfungen	261
Reparatur und Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte	262
Prüfen von elektrischen Maschinen und Anlagen	266
Inhalt eines Prüfprotokolls	268
Prüfungen bei Transformatoren, Drosselspulen	269
Berechnung von Transformatoren	270
Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren	271
Kleintransformatoren	272
Isolierstoffklassen, Leistungsschilder von Transformatoren	273
Transformatoren für Drehstrom	274
Transformatoren in Parallelbetrieb	275
Netze der Energietechnik	276
Anschluss von Kundenanlagen an Höchstspannungsnetze	277
Freileitungen	278
Freileitungsnetze	279
Kabel für die Energieverteilung	280
Schalter in Energienetzen	281
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ	282
Verlegen von Erdkabeln	283
Kraftwerksarten	284
Drehende Generatoren	285
Windkraftanlagen	286
Eigenerzeugungsanlagen	287
Fotovoltaik	289
Blitz- und Überspannungsschutz bei Fotovoltaikanlagen	291
PV-Anlagen mit Batterie-Speichersystem	292
Speicher für Fotovoltaikanlagen	293
Wechselrichter für PV-Anlagen und Batteriesysteme	294
Prüfungen und Prüfristen bei Fotovoltaikanlagen	295
Energieertrag bei Fotovoltaikanlagen	296
Brennstoffzellen	297
Weitere Anlagen für erneuerbare Energien	298
Intelligente Stromnetze	299
Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen	300
Messumformer in Smart-Grid-Anlagen	301
Regelung der Netzspannung	302
Regelung der Netzfrequenz	303
Qualität der Stromversorgung	304
Merkmale der Versorgungsspannung	305
Oberschwingungen OS	306
THD-Werte von Oberschwingungen	307
Messen von Oberschwingungen OS	308
Kompensation	309
Kompensation der Blindleistung	310
Stromhandel	312
Notstromversorgung und Notbeleuchtung	313
Sicherheits-Stromversorgungsanlagen (SSV-Anlagen)	314
USV-Systeme (Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme)	315
Energieversorgung für Baustellen	316
Ladestationen für Elektrofahrzeuge	317
Anschlüsse und Antriebe von Elektrofahrzeugen	318
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV	319

Elektromagnetische Störungen EMI	320
Maßnahmen gegen EMIs	321
EMV und Potenzialausgleich	322
Innerer Blitzschutz	323
Äußerer Blitzschutz	324
Fangeinrichtungen und Ableitungen	326
Elektrochemie	327
Korrosion	328
Primärelemente (Batterien)	329
Akkumulatoren (Sekundärelemente)	330
Ladetechniken für Akkumulatoren	331
Energie ernten für Sensoren und Aktoren	332
Schutzarten elektrischer Betriebsmittel, ENEC-Zeichen	333
Explosionsschutz, ATEX-Kennzeichnung	334
IK-Code, IC-Code	335
Melde- und Überwachungsanlagen	336
Sicherheitstechnik in Gebäuden	337
Rauchwarnmelder RWM	338
Brandschutzschalter	339
Risiko-, Sicherheitsbewertung zum Einsatz von AFDDs	340
Brandschutz	341
Brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen	342
Brandmeldeanlagen	343
Gefahrenmeldeanlagen	344
Einbruchmeldeanlage EMA	345
Video-Überwachung	346
Raumheizung	347
Umschlossene Heizungssysteme	348
Klimatisierung von Räumen	349
Klimatisierung von Schaltschränken	350
Kochstellen für Elektroherde	351
Warmwassergeräte	352
Hausgeräte	353
Elektrische Energieeffizienz	354
Punktesystem für die Energieeffizienz elektrischer Anlagen	355
Energiemanagement von industriellen Anlagen	356
Ermittlung des Energieverbrauchskennwertes von Gebäuden	357
Energieeffizienzklasse von Geräten	358
Energie-Einsparpotenziale	360
Wärmepumpe	361
Stromtarife	362

Teil IK: Informations- und Kommunikationstechnik 363

Digitalisierung (Industrie 4.0)	364
Internet of Things (IIoT und IoT)	365
Künstliche Intelligenz KI	366
Automatisierungspyramide	367
EU-Gesetze und EU-Richtlinien zum Datenschutz	368
Sichern und Schützen von Daten	369
Dualzahlen und Binärcodes	370
Sedezimalzahlen und Oktalzahlen	371
ASCII-Code und Unicode	372
Binäre Verknüpfungen	373
Schaltalgebra	374
Entwicklung von Schaltnetzen	375
Codeumsetzer	376
Komparatoren und bistabile Kipperschaltungen	377
Digitale Zähler und Schieberegister	378
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	379

Mikrocomputer	380	Schaltnetzteile	442
PC-Hauptplatine und PC-Anschlüsse	381	Halbleiterrelais und Sicherheitsrelais	443
Bildschirmgeräte, Projektor	382	Steuerungstechnik	444
3D-Drucker	383	Kleinststeuerung LOGO!	445
Schnittstellen und Steckverbinder des PC	384	Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer ..	447
Schnittstellenkopplungen	385	Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	448
Betriebssysteme	386	SPS-Programmierung im TIA-Portal	449
Windows-Tastenkürzel	387	Programmstruktur für SPS	450
Diagrammerstellung in Excel	388	Programmieranweisungen für SPS	451
Signalübertragung	389	Boole'sche SPS-Anweisungen	452
Modulation und Demodulation	390	SPS-Programmierung nach DIN EN 61131-3	453
Netze der Informationstechnik	391	Ablaufsteuerung eines Rührwerks	454
Netzwerkcommunication	392	SPS-Bausteine für analoge Eingänge/Ausgänge ..	455
Komponenten für Datenetze	393	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine	456
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung ..	394	Programmieren in Strukturiertem Text ST für S7 ..	457
Leitungen in Datenetzen	395	Programmiersprachen Strukturiert Text ST, Ablaufsprache AS	458
Kommunikationsnetzwerke mit Lichtwellenleiter LWL	396	Struktogramme und Programmablaufpläne (PAP)	459
Kommunikation bei Ethernet	397	Ablaufsteuerung mit GRAFCET	460
Errichten eines Ethernet-Netzwerks	398	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	462
Power over Ethernet (PoE)	399	Architekturen von Steuerungen	463
Datenübertragung mittels Funk	400	Funktionale Sicherheit nach SIL	464
Funk-LAN	401	Bestimmung und Anwendung des SIL	465
Störungen bei Funkübertragungen in Werkstätten	402	Sicherheitsfunktionen bei Antrieben	466
Identifikationssysteme	403	EU-Maschinenrichtlinie	467
AS-i-Bussystem	404	CE-Kennzeichnung	468
Querkommunikation bei Feldbussen	405	Elektrische Niederspannungs-Ausrüstung von Maschinen	469
PROFIBUS	406	Grenztaster, Befehlsgeräte	470
Industrial Ethernet	407	Elektronische Grenztaster	471
Inbetriebnahme bei PROFINET	408	Schütze	472
M-Bus und Smart Metering	409	Spezielle Schützarten	473
Fernwirkssysteme	410	Kennzeichnung und Antriebe der Schütze	474
Anschluss an das Telefonnetz	412	Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen	475
Internet-Telefonie (VoIP)	413	Schützschaltungen	476
Internet-Zugänge	414	Schützschaltung mit Steuereinrichtung	478
Anwendungen des Internets	415	Hilfsstromkreise	479
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen ..	416	Vermeiden von Fehlerfällen in Steuerstromkreisen	480
SAT-Anlagen	417	Motorschutz	481
Satellitenantennenanlagen	418	Elektronischer Motorschutz	482
Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T2	419	Steuerung durch Motorschalter	483
Gemeinschaftsantennenanlagen	420	Kennzeichnung in elektropneumatischen Steuerungen	484
Errichtung von Antennenanlagen	421	Elektropneumatische Grundsaltungen	485
Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen)	422	Regelungstechnik	486
Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln		Unstetige Regelglieder	487
Verstärker-Grundsaltungen	424	Digitale stetige Regelglieder	488
Grundlagen des Operationsverstärkers	425	Analoge stetige Regelglieder	489
Schaltungen mit Operationsverstärkern	426	Anwendung des Bode-Diagramms	490
Schalttransistor und Kipperschaltungen	428	Digitale Regelung	491
Ansteuerschaltungen für Halbleiter	429	Einstellung von Regelkreisen	492
Glättung und Spannungsstabilisierung	430	Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei Maschinen	495
Aufgaben von Stromrichtern	431	Effizienz von elektrischen Antrieben	496
Benennung von Stromrichterschaltungen	432	Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung ..	497
Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter ..	433	Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren)	498
Wechselwegschaltungen, Steuerkennlinien	434	Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	499
Halbgesteuerte Stromrichter	435	Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen	500
Vollgesteuerte Stromrichter	436	Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse	501
Wechselrichter	437	Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln	502
Gleichstromsteller, Umrichter	438		
U-Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis	439		
Frequenzumrichter auswählen und einrichten ..	440		
Grundlagen der Schaltnetzteile	441		

Grenzwerte der Anschlussleistung im öffentlichen Netz	503
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	504
Konventionelle Gleichstromantriebe	505
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	506
Drehstrommotoren	507
Anlassarten von Drehstromasynchronmotoren ..	508
Polumschaltbare Motoren	509
Dahlander-Motoren	510
Fehlerbeseitigung bei Drehstrom-Asynchronmotoren	511
Einphasen-Wechselstrommotoren	512
Gleichstrommotoren	513
Servomotoren	514
Ansteuerung von Servomotoren	515
Schrittmotoren	516
Kleinstmotoren	517
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe von Kleinstmotoren	518
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe	519
Linearantriebe	520
Linearmotoren, Betriebsquadranten bei Antrieben	521
Antriebstechnik	522
Wahl des Antriebsmotors	523
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren, Käfigläufermotoren	524
Prüfung elektrischer Maschinen	525
Sanftanlasser	526

Teil W: Werkstoffe, Verbindungen 527

Periodensystem, chemische Bindung	528
Stoffwerte	529
Stahlnormung	530
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle)	531
Magnetisierungskennlinien	532
Magnetwerkstoffe	533
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten	534
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen	535
Isolierstoffe	536
Kunststoffe als Isolierstoffe	538
Weitere Isolierstoffe	539
Hilfsstoffe	540
Leitungen und Kabel	541
Isolierte Starkstromleitungen	542
Starkstromleitungen (harmonisiert)	544
Weitere harmonisierte Leitungen	545
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	546
Lichtwellenleiter LWL	547
Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung	548
Multimediaverkabelung im Heimbereich	549
Starkstromkabel	550
Steckvorrichtungen der Energietechnik	551
Steckverbinder	552
Steckverbinder RJ45, Cat-7-Steckverbindungen ..	553
Lötfreie Anschluss technik	554
Installationsrohre	555
Dosen der Elektroinstallation	556
Dübel	557

Bezeichnungsbeispiele f. Schrauben, Muttern, Unterleg-, Sicherungselemente	558
Metrische ISO-Gewinde	559
Toleranzen und Passungen	560

Teil BU: Betrieb und Umwelt 561

Organisationsformen in Unternehmen	562
Organisation der Arbeit	563
Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation	564
Arbeitsplanung, Netzplantechnik	565
Arbeiten im Team	566
Umgang mit Konflikten	567
Business-Etikette	568
Prozesse analysieren und gestalten	569
Vorbereitung einer Präsentation	570
Präsentation eines Projekts	571
Durchführung von Projekten	572
Anwendung des Projektmanagements	573
Lastenheft, Pflichtenheft	574
Systematisches Marketing	575
Kommunikation mit Kunden	576
Durchführung von Kundens Schulungen	577
Bestandteile eines Tarifvertrags	578
Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung	579
Rechtsgeschäfte im Betrieb (Deutschland)	580
Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB	581
Begriffe der Kostenrechnung	582
Kosten und Kennzahlen	583
Kalkulation der Kosten	584
Erstellen eines Angebots	585
Begriffe des Qualitätsmanagements	586
Zertifizierung, Auditierung	587
Statistische Auswertung im Qualitätsmanagement	588
Wichtige Vorschriften im Bereich Umweltschutz ..	589
Umweltmanagement und Abfallwirtschaft	590
Gefährliche Stoffe	591
Risikosätze (H-Sätze) für Gefahrstoffe	592
Sicherheitsratschläge (P-Sätze) für Gefahrstoffe ..	593
Klimaschutz	594

Anhang 595

Normen	595
Wichtige Normen	596
Wichtige Normen	597
Wichtige Normen	598
VDE-Normen	599
Glossar	602
Kurzformen von Fachbegriffen	606
Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch)	610
Sachwortverzeichnis	618
Unterstützende Firmen und Dienststellen, Literaturhinweise	639
Bildquellenverzeichnis	640
Erste Hilfe am Arbeitsplatz	U2
Rechenregeln zum Umstellen von Formeln	U3

Lernfeld	Lernfeld (Aufgabe, z.T. gekürzt, angepasst wiedergegeben)	enthaltene im Hauptabschnitt (HA) vom Tabellenbuch Elektrotechnik		Prüfung Teil	
		HA	Seiten (Themen, Beispiele)	1	2
1	Elektrotechnische Systeme analysieren, Funktionen prüfen und Fehler beheben (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	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 (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	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 (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM IK AS	Schaltzeichen, Diagramme, Messgeräte, Sensoren Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Mikrocomputer, Bussysteme Verstärker, Schütze, SPS, Regelungstechnik	X	X
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	G TM IK SE	Filter, Kühlung, 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 (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM SE	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen Freileitungen, intelligente Stromnetze, HGÜ, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz, Lichtschranken	X	X
6	Elektrotechnische Systeme/ Geräte und Baugruppen/Gebäudetechnische Systeme analysieren und prüfen	TM SE W	Halbleiterspeicher, optische Speicher, Messen Schnittstellen, Wärmepumpe, Prüfen, Fehlerschutz, Schutzarten, Energieversorgung Leitungen, Steckverbinder	X	X
7	Steuerungen, Regelungen für Systeme/Anlagen programmieren, realisieren/Komponenten, Funktionen geb.techn. Systeme integrieren	TM AS IK; EI	Schaltzeichen, Sensoren, Messwerterfassung Aktoren, Ablaufsteuerungen, Kleinststeuerungen, SPS, Regelungstechnik, Drehzahlregelung Datenetze, PROFINET, Gateways; elektr. Installationen		X
8	Energiewandlungssysteme/ Antriebssysteme auswählen, integrieren/Schnittstellen von Komponenten gewerkeübergreifend analysieren	G TM AS	Dreiphasenwechselstrom, Drehstrom Pneumatik, Hydraulik, Schaltzeichen, Dokumentation Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen		X
9	Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten/Gebäudetechn. Anlagen/Software geb.techn. Systeme planen, realisieren	TM EI IK	Schaltpläne, Dokumentation über Anlagen KNX, Gebäudeautomation, Gefahrenmeldeanlagen, Smart Home, Mindestausstattung Modulationen, Netze, Signalübertragung		X
10	Elektrische Geräte, Anlagen der Haustechnik/Energietechnische Anlagen/Daten, Dienste geb.techn. Systeme planen, in Betrieb nehmen, übergeben	EI AS IK SE	Hausanschluss, Leitungsberechnung, KNX, LED EU-Maschinenrichtlinie, Überspannungsschutz, Regelungstechnik Funksteuerung, Fernwirken, Gateways Hausgeräte, Energieeffizienz		X
11	Energietechnische Systeme/Automatisierte Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand halten/ Geb.techn. Systeme projektieren	BU AS BU	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott Überwachung der Stromkreise, Anlagendiagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne Projektmanagement, Arbeitsschutz, Kalkulation		X
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen/Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren/Geb.techn. Systeme warten, instand setzen	BU AS SE EI	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft, Normen, Kalkulation der Kosten Kleinststeuerungen, Schützschaltungen Energieeffizienz, Schutzmaßnahmen Elektrische Installationen, Gebäudeautomation		X
13	Energie- und gebäudetechnische Systeme anpassen, dokumentieren/ Elektrotechnische Systeme instand halten, ändern	SE IK AS EI	Fotovoltaik, Qualität der Stromversorgung Anschluss an das Telefonnetz, Antennen Überlast- und Kurzschlusschutz, Antriebstechnik Gebäudeautomation, Smart Home		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
Gleichungssysteme	18
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung	19
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	20
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	21
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	22

Physik

Längen und Flächen	23
Körper und Masse	24
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	25
Bewegungslehre	26
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	27
Übersetzungen	28
Wärme, Temperatur	30
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	31
Elektrisches Feld, Kondensator	32
Magnetisches Feld, Spule	33
Strom im Magnetfeld, Induktion	34
Wechselgrößen, Wellenlänge	36
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	37
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	38

Schaltungstheorie

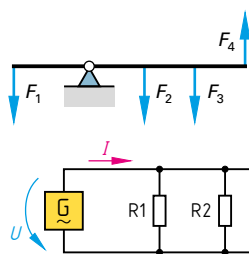
Schaltungen von Widerständen	39
Grundsicherungen von Induktivitäten und Kapazitäten	40
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung	43
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	44
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	46
Schalten von Kondensatoren und Spulen	47
Einfache Filter	48
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	49
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung	50

Bauelemente

Widerstände und Kondensatoren	52
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen	57
Dioden	58
Feldeffekttransistoren, IGBTs	59
Bipolare Transistoren	60
Thyristor	61
Gleichrichterbegriffe	63
Magnetfeldabhängige Bauelemente	64
Fotoelektronische Bauelemente	65
Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren	66
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	68

Weitere Seiten mit Formeln

AFDD-Risikoanalyse	340
Akkumulatoren	330
Antennenanlagen	416, 421
Antriebe, Elektromotoren	504 f.
Beleuchtungsanlagen	222
DA-/AD-Umsetzer	379
Digitaltechnik	370 f.
Elektrochemie, Chemie	327, 528
Elektromotoren	504 f.
Energie(effizienz)	298, 355, 359
Fehlerschutz	251 f.
Fotovoltaik	289, 296
Frequenzumrichter	440
Glättung, Stabilisierung	430
Kippschaltungen	428
Kompensation	310
Kostenberechnungen	582 f.
Kurzschlusschutz	203
Leitungsberechnung	189 f.
Lichttechnik	221
Messbereichserweiterung	115
Messfehler	112
Messwandler	115
Oberschwingungen	199, 306 f.
Operationsverstärker	425 f.
Oszilloskop	125
Regelungstechnik	489 f.
Schrittmotoren	516
Schutzmaßnahmen	251 f., 259
Signalübertragung	389, 395 f.
Spannungsfall	189 f.
Spannungsstabilisierung	430
Statistische Auswertungen	588
Stromrichter	433 f.
Stromtarife	362
Transformatoren	270 f.
Transistoren	424, 428
Überlastschutz	203
Wärme(leistung)	129, 361
Widerstandsbestimmung	114
Windkraftanlagen	286



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, Lichtausbeute
<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. Siebfaktor 4. Schlupf (absolut) 5. 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. Hysteresse 2. Hall-; 3. Höhe; 4. Halte-
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, rat) 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz, 5. Remanenz 6. wiederkehrend	L	1. induktiv; 2. Last 3. links; 4. Laden 5. höchstzul. Berührungs- spannung 6. Lorentz-
$\check{}$, z.B. \check{u}	Tiefstwert, Kleinstwert (y)	reac	Blind-; reactance	M	Mitkopplung
$\hat{\sim}$, z.B. \hat{u}	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite	s	1. Sieb- 2. Signal-; 3. Serie 4. in Wegrichtung 5. Soll-; 6. spezifisch	N	1. Bemessungs-; 2. Nutz- 3. Neutral-
\prime , z.B. u'	1. bezogen auf 2. Hinweis; 3. Ableitung	sch	Schritt	Q	Quer-
Δ	in Dreieckschaltung	t	tief, unten, tripping, tot	R	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. rechts 4. Regel- 5. Rot
Y	in Sternschaltung	th	thermisch, Wärme-	S	1. Source; 2. Schleifen- 3. Sattel-; 4. Schalt- 5. Schleusen- 6. Sektor
Kleinbuchstaben		tot	total, gesamt	T	1. Transformator- 2. Träger; 3. Spur (track) 4. Drehmoment 5. Antenne
a	1. Abschalten 2. Ausgang; 3. außen 4. Ableit-; 5. Anker	u	1. Spannungs-; 2. pull-up	U	Umgebung
ab	abgegeben	v	1. Vor-; 2. Verlust 3. Vergleich 4. visuell; Licht-	V	1. Spannungsmesser 2. Verstärkungs- 3. Volumen; 4. Verbrauch
auf	aufgenommen	w	1. Wirk-, wirksam 2. Führungsgröße 3. Wellen-; 4. Wind-	X	am X-Eingang
b	1. Bit; 2. Blindgröße 3. Brems-; 4. back; 5. Betriebs-	x	1. unbekannte Größe 2. in x-Richtung	Y	1. am Y-Eingang 2. Sternschaltung
c	1. Grenz- (cut-off) 2. Form (crest)	y	1. Stellgröße 2. in y-Richtung 3. Sternschaltung	Z	1. Zener- 2. zulässig
d	1. Gleichstrom betreffend 2. Dauer-; 3. Digit 4. Dämpfung	z	1. Zwischen- 2. Zentripetal- 3. Zickzackschaltung	Griechische Kleinbuchstaben	
e	1. Eingang; 2. Empfang	zu	zugeführt	α (alpha)	in Richtung des Winkels α
eff	Effektivwert	zul	zulässig	σ (sigma)	Streuung
f	1. Frequenz 2. Abfalls- (fall); fusing	Großbuchstaben		φ (phi)	Phasenverschiebung betreffend
ges	Gesamt	A	1. Strommesser 2. Antenne; 3. Anode 4. Anzug, Anlauf 5. Anlagenerndung 6. Abtast-	Griechische Großbuchstaben	
h	hoch, oben	B	1. Basis 2. Betriebserdung (Netz) 3. Bau-; 4. Betriebs-	Δ (Delta)	eine Differenz betreffend
i	1. innen; 2. induziert 3. Strom-; 4. ideell 5. Ist-; 6. Impuls	C	1. Kollektor; 2. kapazitiv 3. Takt; 4. koerzitiv 5. Cluster		
in	hinein, zugeführt	D	1. Drain; 2. Daten		
j	Sperrschicht (von junction)	E	1. Emitter 2. Entladen; 3. Erde		
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	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_{k0}	I_{SC0}	
transienter Strom (kurzzeitiger Strom)	i	I_k'	I_{SC}'	
subtransienter Strom (sehr kurzzeitiger Strom)	i_S	I_k''	I_{SC}''	
Strombelag	I'	A	keines	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}	keines	
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}	keines	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}	keines	
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 Grundschrwingung (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 21)	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)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s	elektr. Strom- belag A	Ampere je Meter	A/m
	(Tag)	1 d = 24 h	Permittivität, Dielektrizitäts- konstante ϵ	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
Frequenz f	Hertz	1 Hz = 1/s = 1 cps	el. Stromstärke I	Ampere	1 A = 1 C/s
Drehzahl, Umdre- hungsfrequenz n	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min	el. Stromdichte J	Ampere je m ²	A/m ²
Kreisfrequenz ω	je Sekunde	1/s	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand R , Blindwider- stand X , Schein- widerstand Z	Ohm	1 Ω = 1 V/A
Geschwindig- keit v	Meter je Sekunde	m/s 1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s	elektr. Leitwert elektr. Wirkleit- wert G , Blindleit- wert B , Schein- leitwert Y	Siemens	1 S = $\frac{1}{1 \Omega}$
	(Knoten)	1 kn = 1 sm/h = 0,5144 m/s	spezifischer elektr. Widerstand ρ	Ohmmeter	1 Ω m = 100 Ω cm 1 Ω mm ² /m = 1 $\mu\Omega$ m
Winkelgeschwin- digkeit ω	Radian je Sekunde	rad/s	elektrische Leit- fähigkeit γ	Siemens je Meter	1 Sm/mm ² = 1 MS/m
Beschleunigung a	–	m/s ²	Leistung P	Watt Watt Peak	1 W = 1 V · 1 A 1 Wp \triangleq 1 W \triangleq 1 kWh/J.
Ruck j	–	m/s ³	Blindleistung Q	(var)	1 var = 1 V · 1 A
Mechanik			Scheinleistung S	(VA)	1 VA = 1 V · 1 A
Masse m	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg 1 Kt = 0,2 g 1 t = 1000 kg	Induktivität L	Henry	1 H = 1 Vs/A
Dichte ρ	–	kg/m ³ , kg/dm ³	Arbeit W , Energie E , W	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Trägheits- moment J	–	kg · m ²	Magnetismus		
Kraft F	Newton	1 N = 1 kg · m/s ²	elektrische Durchflutung Θ	Ampere	A
Drehmoment, Kraftmoment M	–	Nm	magnetische Feldstärke H	Ampere je Meter	A/m
Impuls p	Newtonsek.	1 Ns = 1 kg · m/s	magnetischer Fluss Φ	Weber	1 Wb = 1 T · 1 m ² = 1 Vs
Druck p	Pascal (Bar)	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm ²	magn. Fluss- dichte B , magn. Polarisation J	Tesla	1 T = 1 Wb/m ² = 1 Vs/m ²
Flächen- pressung p , Festigkeit R_p , R_e , Elastizitäts- modul E	–	N/mm ²	Induktivität L	Henry	1 H = 1 Vs/A
Arbeit W , Energie E , W	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	Permeabilität μ	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
Leistung P	Watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s	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 (Feld-) 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, \dot{Q}	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/km
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 19		
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					
... n	und so weiter bis n	$k = 1, 2, 3, \dots, n$	∞	unendlich	$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$
...	und so unbegrenzt weiter	$k = 1, 2, 3, \dots$ $\sqrt{2} = 1,41421 \dots$	\rightarrow	gegen, nähert sich, geht über	$x \rightarrow a$, x nähert sich dem Wert a
Schaltalgebra			$f(x)$	Funktion von x	$f(I) = I^2 \cdot R$
$\neg a, \bar{a}$	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 $\wedge (a, b)$	\mathbb{Z}	komplexe Größe Z	$\mathbb{Z} = R + jX$
\vee	ODER (OR)	$a \vee b$ oder $\vee (a, b)$	Geometrie, Vektoren		
$\overline{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \overline{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$	\parallel	parallel	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$
$\overline{\vee}$	NICHT ODER (NOR)	$a \overline{\vee} b = \overline{a \vee b}$	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
Mengenlehre			$\uparrow\downarrow$	gegensinnig parallel	$g_1 \uparrow\downarrow g_2$
\in	Element von	$a \in M$: a ist Element von M	\perp	rechtwinklig zu, senkrecht auf	$g \perp h$
\subset	Teilmenge	$M_1 \subset M_2$: M_1 ist Teilmenge von M_2	\triangle	Dreieck	$\triangle ABC$
\cup	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$	\cong	kongruent, deckungsgleich	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
\Rightarrow	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	\sim	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
Arithmetik			\sphericalangle	Winkel	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC})$, $\sphericalangle (\vec{a}, \vec{b})$
=	gleich	$P = U \cdot I$	\overline{AB}	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
\neq	nicht gleich, ungleich	$4 \neq 5$	\widehat{AB}	Bogen AB	$\widehat{AB} = \sphericalangle \gamma$
\sim	proportional	$u \sim r$	$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$	Vektoren A, B, C	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
\approx	etwa, ungefähr	$\pi \approx 3,14$	$ \vec{A} $	Betrag des Vektors A	$ \vec{F} = 50 \text{ N}$
\triangleq	entspricht	$1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$	Differenzieren, Integrieren		
$<$	kleiner als	$2 < 3$	Δ	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
$>$	größer als	$5 > 2$	y'	y Strich	y' ist die erste Ableitung von y, erster Differenzialquotient
\leq	kleiner gleich	$a \leq 10$	$\frac{dy}{dx}$	dy nach dx	$y' = dy/dx$
\geq	größer gleich	$n \geq 7$	\int	Integral	$\int f(x) dx, \int_0^1 f(x) dx$
\ll	wesentlich kleiner	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$	Potenzen, Logarithmen		
\gg	wesentlich größer	$R_x \gg R_n$	a^x	a hoch x	$5^3, 10^x$
\cdot, \times	mal, multipliziert	$a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$	exp	Exponentialfunktion	$\exp x = e^x$, mit $e = 2,718\dots$
$\div, /, :$	durch, geteilt, zu, dividiert	$\frac{7}{2} = 7/2 = 7 : 2$	log	allgemeiner Logarithmus	
%	Prozent, von Hundert	$1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$	\log_a	Logarithmus zur Basis a	$\log_3 9 = 2$
‰	Promille, von Tausend	$1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$	lg	Zehnerlogarithmus	$\lg 2 = 0,30103\dots$
(), [], { }, < >	runde, eckige, geschweifte, spitze Klammern	$[a(b - c) + d]^2$	lb	Zweierlogarithmus	$\lg 8 = 3$
z	Betrag von z	$ 4 = 4, -7 = 7$	ln	natürlicher Logarithmus	$\ln 10 = 2,3025\dots$
n!	n Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$, $3! = 6$	Trigonometrie		
Σ	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	sin	Sinus	$\sin \alpha$
\prod	Produkt	$\prod k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$	cos	Kosinus (auch Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus	$\sqrt{16} = 4$	tan	Tangens	$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$
$\sqrt[n]{\quad}$	n-te Wurzel aus	$\sqrt[3]{8} = 2$	cot	Kotangens	$\cot \alpha = 1/\tan \alpha$
π	pi	$\pi = 3,14159\dots$	arcsin	Arcussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
			arccos	Arcuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
			arctan	Arcustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$
			arccot	Arcuskotangens	$\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$



Mit einer Unbekannten

Lineare Gleichung:

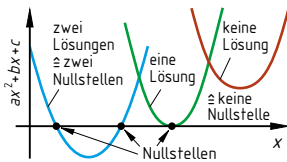
$$ax + b = 0$$

$$\Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad 1$$

Quadratische Gleichung

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$\Rightarrow x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad 2$$

für $b^2 \geq 4ac$ 

Mit zwei Unbekannten

Lineares Gleichungssystem (LGS)

2. Grades:

$$a_1 x + b_1 y = c_1$$

$$a_2 x + b_2 y = c_2$$

Gleichsetzungsmethode

Beide Gleichungen nach z.B. y auflösen und anschließend gleichsetzen, sodass x gemäß Formel 1 bestimmt werden kann.

Beispiel

$$-3x + 2y = 3$$

$$2x + 3y = 11$$

$$y = (3 + 3x)/2$$

$$y = (11 - 2x)/3$$

$$(3 + 3x)/2 = (11 - 2x)/3$$

$$\Rightarrow x = 1$$

Setzt man $x = 1$ in eine der beiden Gleichungen ein, so erhält man z.B. mit $y = (3 + 3)/2 = 3$

Additions-, Subtraktionsmethode

Jede Gleichung wird mit einem Faktor so multipliziert, dass x oder y den gleichen Koeffizienten (bis auf das Vorzeichen) aufweisen. Durch Subtraktion (oder Addition) der Gleichungen entfällt eine Variable \rightarrow Anwendung von Formel 1.

Beispiel

$$-3x + 2y = 3$$

$$2x + 3y = 11$$

Durch Multiplikation mit 2 bzw. 3 erhält man das LGS:

$$-6x + 4y = 6$$

$$6x + 9y = 33$$

$$0 + 13y = 39 \Rightarrow y = 3$$

Setzt man $y = 3$ in eine der Gleichungen ein, erhält man z.B.

$$-3x + 2 \cdot 3 = 3 \Rightarrow x = 1$$

Fortsetzung

Determinantenverfahren

für lineares Gleichungssystem 2. Grades

$$a_1 x + b_1 y = c_1$$

$$a_2 x + b_2 y = c_2$$

Determinante erstellen:

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$$

Determinante berechnen:

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot a_2$$

x-Determinante berechnen:

$$D_x = \begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix} = c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot c_2$$

y-Determinante berechnen:

$$D_y = \begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot c_2 - c_1 \cdot a_2$$

x berechnen:

$$x = \frac{D_x}{D} \quad 3 \quad \text{für } D \neq 0$$

y berechnen:

$$y = \frac{D_y}{D} \quad 4 \quad \text{für } D \neq 0$$

Für $D = 0$ gibt es keine Lösung oder unendlich viele Lösungen.

Beispiel

$$-3x + 2y = 3$$

$$2x + 3y = 11$$

Determinante berechnen:

$$D = \begin{vmatrix} -3 & 2 \\ 2 & 3 \end{vmatrix} = -3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 = -13$$

x-Determinante berechnen:

$$D_x = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 11 & 3 \end{vmatrix} = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 11 = -13$$

y-Determinante berechnen:

$$D_y = \begin{vmatrix} -3 & 3 \\ 2 & 11 \end{vmatrix} = -3 \cdot 11 - 3 \cdot 2 = -39$$

x berechnen:

$$x = \frac{D_x}{D} = \frac{-13}{-13} = 1$$

y berechnen:

$$y = \frac{D_y}{D} = \frac{-39}{-13} = 3$$

Alle drei Verfahren führen zu gleichen Ergebnissen.

Mit drei Unbekannten

Determinantenverfahren

für lineares Gleichungssystem 3. Grades

$$a_1 x + b_1 y + c_1 z = d_1$$

$$a_2 x + b_2 y + c_2 z = d_2$$

$$a_3 x + b_3 y + c_3 z = d_3$$

Determinante erstellen:

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

Determinante berechnen:
 \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 b_3 - (c_1 b_2 a_3 + a_1 c_2 b_3 + b_1 a_2 c_3)$$

x-Determinante erstellen:

$$D_x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

x-Determinante berechnen:
 \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

$$D_x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = d_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 d_3 + c_1 d_2 b_3 - (c_1 b_2 d_3 + d_1 c_2 b_3 + b_1 d_2 c_3)$$

$$D_x = d_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 d_3 + c_1 d_2 b_3 - (c_1 b_2 d_3 + d_1 c_2 b_3 + b_1 d_2 c_3)$$

y-Determinante berechnen:
 \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

$$D_y = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$D_y = a_1 d_2 c_3 + d_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 d_3 - (c_1 d_2 a_3 + a_1 c_2 d_3 + d_1 a_2 c_3)$$

z-Determinante berechnen:
 \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

$$D_z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix}$$

$$D_z = a_1 b_2 d_3 + b_1 d_2 a_3 + d_1 a_2 b_3 - (d_1 b_2 a_3 + a_1 d_2 b_3 + b_1 a_2 d_3)$$

x, y, z berechnen für $D \neq 0$:

$$x = \frac{D_x}{D} \quad 5$$

$$y = \frac{D_y}{D} \quad 6$$

$$z = \frac{D_z}{D} \quad 7$$



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:

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

Dezimale Vorsätze

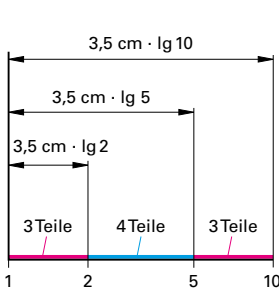
Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
y	Yokto	10^{-24}
z	Zepto	10^{-21}
a	Atto	10^{-18}
f	Femto	10^{-15}
p	Pico	10^{-12}
n	Nano	10^{-9}
μ	Mikro	10^{-6}
m	Milli	10^{-3}
c	Zenti	10^{-2}
d	Dezi	10^{-1}

Binäre Vorsätze

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
da	Deka	10	–	–	–	–	–	–
h	Hekto	10^2	–	–	–	–	–	– Bei großen
k	Kilo	10^3	Ki	Kibi	2^{10}	–	–	Massenspei-
M	Mega	10^6	Mi	Mebi	2^{20}	–	–	chern gelten
G	Giga	10^9	Gi	Gibi	2^{30}	–	–	oft die Bedeu-
T	Tera	10^{12}	Ti	Tebi	2^{40}	–	–	tungen der
P	Peta	10^{15}	Pi	Pebi	2^{50}	–	–	physikalischen
E	Exa	10^{18}	Ei	Exbi	2^{60}	–	–	Größen (de-
Z	Zetta	10^{21}	Zi	Zebi	2^{70}	–	–	zimale Vor-
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 70.)

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

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

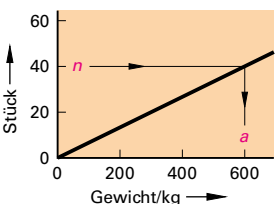
Der Zweierlogarithmus lb hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

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

$\log_a(cd) = \log_a c + \log_a d$	1
$\log_a \frac{c}{d} = \log_a c - \log_a d$	2
$\log_a(c^m) = m \cdot \log_a c$	3
$\log_a \sqrt[n]{c} = \frac{1}{n} \log_a c$	4
$\lg x = \ln x / \ln 10$	5
$\ln x = \lg x / \lg e$	6
$\lg x = \log x / \log 2$	7
$-\log_a x = \log_a(1/x)$	8

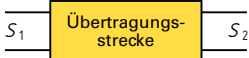
Dreisatzrechnung



Dreisatzrechnung für ein proportionales Verhältnis

Lösungsschritte	Beispiel
Proportionales Verhältnis (Einheit durch Division)	
1. Aussage	n Elemente wiegen a kg
2. Berechnung für 1 Objekt	1 Element wiegt a/n kg
3. Berechnung für z Objekte	z Elemente wiegen $z \cdot a/n$ kg
Invers proportionales Verhältnis (Einheit durch Multiplikation)	
1. Aussage	n Arbeiter brauchen a Stunden
2. Berechnung für 1 Objekt	1 Arbeiter braucht $n \cdot a$ Stunden
3. Berechnung für z Objekte	z Arbeiter brauchen $n \cdot a/z$ Stunden



Übertragungsfaktoren und logarithmisches Maß Dezibel			siehe auch Seiten 389, 395
Begriff, Erklärung	Formel, Hinweis	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, z.B. P	
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. Siehe auch Seite 389 .	Verstärkungsmaß $G = 10 \lg (P_2/P_1)$ 3 $P_2 = P_1 \cdot 10^{\frac{G}{10}}$ $P_1 = P_2/10^{\frac{G}{10}}$ Dämpfungsmaß $A = 10 \lg (P_1/P_2)$ 4 $P_1 = P_2 \cdot 10^{\frac{A}{10}}$ $P_2 = P_1/10^{\frac{A}{10}}$ $G = -A$ 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) $D = S_1/S_2 = P_1/P_2 = 500 \text{ mW}/250 \text{ mW} = 2$ b) $A = 10 \lg (500 \text{ mW}/250 \text{ mW}) = 3,01 \text{ dB}$ Bei mehreren Strecken 1, 2, 3, ... $D_{\text{ges}} = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot \dots$ $G_{\text{ges}} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$ $A_{\text{ges}} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots$	
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 Schalldruckübertragungsmaß $\ddot{U}_p = 20 \lg (p_2/p_1)$ 11	Beispiel 2: Ein Verstärker wird mit 3 mV angesteuert und gibt 5 V ab. Wie groß sind a) Verstärkungsfaktor, b) Dämpfungsmaß? 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 389, 395
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 $\mu\text{N/m}^2$)	Leistungspegel $L_p = 10 \lg (P/1 \text{ mW})$ 12 Spannungspegel $L_U = 20 \lg (U/1 \mu\text{V})$ 13 Schalldruckpegel $L_p = 20 \lg (p/20 \mu\text{N/m}^2)$ 14	Die vereinbarten Bezugswerte sind bei L_p 1 mW, bei L_U 1 mV, bei L_p 20 $\mu\text{N/m}^2$. 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 \ddot{U}_p Schalldruckübertragungsmaß V Verstärkungsfaktor Indizes: 1 Eingang, 2 Ausgang der Übertragungsstrecke	

