



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	Tettnang
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
Tkotz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach
Urian, Thomas	Meister der Elektrotechnik	Vilshofen

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tettnang

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

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

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

G

Übersicht 11



Technische Kommunikation, Messen

TM

Übersicht 69



Elektrische Installation

EI

Übersicht 135



Sicherheit, Energieversorgung

SE

Übersicht 239



Informations- und Kommunikationstechnik

IK

Übersicht 363



Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln

AS

Übersicht 423



Werkstoffe, Verbindungen

W

Übersicht 527



Betrieb und Umwelt

BU

Übersicht 561

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 **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*) **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 , Sprechkanäle, Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen, Mindestausstattung von Anschlüssen und Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden , Leiter für Schutzaufnahmen, 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 Schutzaufnahmen, Geräten, Maschinen und Anlagen , Prüffristen , Prüfprotokoll , Isolierstoffklassen, Transformatoren, Freileitungsnetze, Schalter in Energienetzen, HGÜ, Erdkabel, Kraftwerkssarten, erneuerbare Energien , PV-Anlagen mit Blitzschutz , Inselbetrieb und PV-Batteriespeicher , Brennstoffzellen, Smart Grids, Stromhandel, explosionsgeschützte Betriebsmittel, IP-Schutzzonen, 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 Kommunikationstechnik	Digitalisierung , Industrie 4.0, IoT, künstliche Intelligenz , Automatisierungspyramide , Zahlsysteme, 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, Linearmotoren, Frequenzumrichter, Sicherheitsfunktionen, elektronische Grenztaster, Softstarter.
Teil W Werkstoffe, Verbindungen	Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormalung, 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 Englisch, 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.

Vorwort zur 31. Auflage	4	Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren	66
Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches, Prüfungsteile	10	Bauelemente für Überspannungsschutz	67
Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente 11		Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	68
Formelzeichen dieses Buches	12	Teil TM: Technische Kommunikation, Messen 69	
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	13	Grafische Darstellung von Kennlinien	70
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen	14	Allgemeine technische Kommunikation	71
Größen und Einheiten	15	Zeichnerische Darstellung von Körpern	72
Mathematische Zeichen	17	Maßpfeile, besondere Darstellungen	73
Gleichungssysteme	18	Maßeintragung, Schraffur	74
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung	19	Geometrische Produktspezifikation (GPS)	76
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	20	Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente	78
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	21	Weitere funktionsbezogene Dokumente	79
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	22	Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente	80
Längen und Flächen	23	Kennzeichnungen in Schaltplänen	81
Körper und Masse	24	Referenzkennzeichnung nach DIN EN IEC 81346	83
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment	25	Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen	84
Bewegungslehre	26	Kontaktkennzeichnung in Verdrahtungsplänen	85
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	27	Stromkreise und Schaltzeichen	86
Übersetzungen	28	Allgemeine Schaltzeichen	87
Rollen, Aufhängung, Keile, Winden	29	Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen	88
Wärme, Temperatur	30	Messinstrumente und Messgeräte	89
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	31	Halbleiterbauelemente	90
Elektrisches Feld, Kondensator	32	Binäre Elemente	91
Magnetisches Feld, Spule	33	Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschaltgeräte	93
Strom im Magnetfeld, Induktion	34	Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen	94
Elektrische und magnetische Feldstärken	35	Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne	95
Wechselgrößen, Wellenlänge	36	Installationschaltpläne	97
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	37	Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne	98
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls	38	Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren	99
Schaltungen von Widerständen	39	Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser	100
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	40	Drehstrommotoren und Anlasser	101
Reihenschaltung, Parallelschaltung von R, L, C	41	Motoren mit Stromrichterspeisung	102
Ersatz-Reihenschaltung, Ersatz-Parallelschaltung	43	Vergleich von Schaltzeichen	103
Bezugsgrößen, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	44	Bildzeichen an elektrischen Betriebsmitteln	105
Potentiometer	45	Hydraulische und pneumatische Elemente	106
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	46	Symbole der Verfahrenstechnik	107
Schalten von Kondensatoren und Spulen	47	Fließbilder	108
Einfache Filter	48	Arten von Diagrammen	109
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	49	Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen	110
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung	50	Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	111
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei Dreiphasenwechselstrom	51	Elektrische Messgeräte und Messwerke	112
Widerstände und Kondensatoren	52	Piktogramme für die Messtechnik	113
Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren	55	Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung	114
Halbleiterwiderstände	56	Messwandler	115
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen	57	AC/DC-Größenerfassung	116
Dioden	58	Messungen in elektrischen Anlagen	117
Feldeffekttransistoren, IGBTs	59	Niederspannungs-Leistungsmessgeräte	120
Bipolare Transistoren	60	Analoge Elektrizitätszähler	121
Thyristor	61	Elektronische kWh-Zähler	122
Thyristortarten und Triggerdiode	62	Elektronische Haushaltsschalter eHZ EDL und SMGW	123
Gleichrichterbegriffe	63	Oszilloskope	124
Magnetfeldabhängige Bauelemente	64	Messen mit dem Oszilloskop	125
Fotoelektronische Bauelemente	65	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	Leistungsberechnung bei Oberschwingungen	199	
Ultraschall-Sensoren	132	Verteilerstromkreis bei Oberschwingungen	200	
Weitere Sensoren	133	Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln	201	
Anschluss von Näherungssensoren	134	Maximale Leitungslängen nach Spannungsfall ..	202	
Teil EI: Elektrische Installation		135	Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	203
Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten	136	Maximale Leitungslängen bei Kurzschluss	204	
Arbeiten in elektrischen Anlagen	137	Kabel- und Leitungslängen für Fehler- und Kurzschlusschutz	205	
Werkstattausrüstung	138	Überstrom-Schutzeinrichtungen	206	
Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung	139	Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	209	
Ausschaltungen, Serienschaltung	140	Orte mit Badewanne oder Dusche	210	
Wechselschaltung, Kreuzschaltung	141	Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	211	
Ausführung von Installationsschaltungen	142	Saunaanlagen, Schwimmbecken, begehbarer Becken	212	
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner	143	Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	213	
Schaltungen mit Stromstoßschaltern	144	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betriebsstätten	214	
Jalousieschaltungen	145	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	215	
Einfache Türsprechanlagen mit Bussystem	147	Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	217	
Videoanlagen für Hauskommunikation	148	Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	218	
Ausführungen von Türsprechanlagen	149	Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	219	
Dimmen konventioneller Lampen	150	Aufbau von Schaltschränken	220	
Dimmen von LED-Lichtquellen	151	Lichttechnik	221	
Dimmen von Niedervolt-LED-Lichtquellen	152	Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung in Innenräumen	222	
Lichtmanagement mit DALI	153	Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtungen	223	
Automatikschalter mit Wärme- und Helligkeitssensoren	154	Beleuchtung und Blending	224	
Automatikschalter mit Ultraschall-Bewegungssensor	155	Farbkenzeichnung von Leuchtmitteln	225	
Feldarme Elektroinstallation	156	Kennzeichnung von Leuchten und Vorschaltgeräten, Leuchtenkennzahl	226	
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik	157	Berechnung der Leuchtenanzahl	227	
Linien, Bereiche beim Installationsbus KNX-TP	159	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	228	
Schaltzeichen des KNX	160	Lichttechnische Daten von Leuchten	229	
Systemkomponenten für den KNX-TP	161	Temperaturstrahler, Gasentladungslampen	230	
Sensoren, Aktoren für den KNX-TP	162	Induktionslampen und Lichtwellenleiter	231	
Installationsbus mit FSK-Steuerung KNX-PL	164	Schaltungen für Leuchtstofflampen	232	
Projektierung einer Smart-Home-Anlage	165	LED-Beleuchtung	233	
Projektierung und Inbetriebnahme beim KNX	166	LED-Leuchtröhren, LED-Module	235	
Telegramm des KNX-Busses	168	Leuchtstofflampenersatz	236	
Smart Home mit Busch-free@home	169	Lichtwerbeanlagen für Niederspannung	237	
LON	171	Anlagen mit Leuchtröhren	238	
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			
Fundamenterder im Beton oder in der Erde	181			
Hausanschluss mit Schutzzpotenzialausgleich	182			
Hauptleitungen in Wohnanlagen	184			
Zählerplatzinstallation	185			
Elektrische Ausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze	186			
Ausstattung an Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden	187			
Leitungsführung in Wohngebäuden	188			
Induktivitätsbelag und Spannungsfall	190			
Leistungsberechnung mit Verzweigung	191			
Ablauf der Leistungsberechnung	192			
Verlegearten für feste Verlegung	193			
Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen ..	194			
Ergänzungen zur Strombelastbarkeit	197			
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit	198			
Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung		239		
Persönliche Schutzausrüstung (PSA), Sicherheitsfarben	240			
Zeichen zur Unfallverhütung	241			
Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit	245			
Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten	246			
Weitere Stromgefährdungen	247			
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	248			
Schutz gegen elektrischen Schlag	249			
Differenzstromgeräte 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 Energiennetzen	281
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ ..	282
Verlegen von Erdkabeln	283
Kraftwerkarten	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 Prüffristen 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 Schaltchränken	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 Kippschaltungen ..	377
Digitale Zähler und Schieberegister	378
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	379

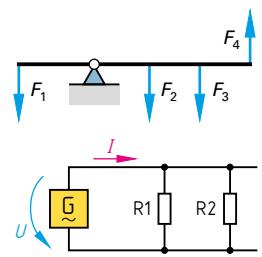
Mikrocomputer	380	Schaltnetzteile	442
PC-Hauptplatine und PC-Anschlüsse	381	Halbleiterrelais und Sicherheitsrelais	443
Bildschirmgeräte, Projektor	382	Steuerungstechnik	444
3D-Drucker	383	Kleinsteuerung LOGO!	445
Schnittstellen und Steckverbinder des PC	384	Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer ..	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
Netzwerkkommunikation	392	SPS-Bausteine für analoge Eingänge/Ausgänge ..	455
Komponenten für Datennetze	393	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine	456
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung ..	394	Programmieren in Strukturiertem Text ST für S7 ..	457
Leitungen in Datennetzen	395	Programmiersprachen Strukturierter Text ST,	
Kommunikationsnetzwerke mit		Ablaufsprache AS	458
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	Funktionsicherheit nach SIL	464
Funk-LAN	401	Bestimmung und Anwendung des SIL	465
Störungen bei Funkübertragungen in		Sicherheitsfunktionen bei Antrieben	466
Werkstätten	402	EU-Maschinenrichtlinie	467
Identifikationssysteme	403	CE-Kennzeichnung	468
AS-i-Bussystem	404	Elektrische Niederspannungs-Ausrüstung von	
Querkommunikation bei Feldbussen	405	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
Fernwirksysteme	410	Kennzeichnung und Antriebe der Schütze	474
Anschluss an das Telefonnetz	412	Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von	
Internet-Telefonie (VoIP)	413	Schützen	475
Internet-Zugänge	414	Schützschaltungen	476
Anwendungen des Internets	415	Schützschaltung mit Steuereinrichtung	478
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen ..	416	Hilfsstromkreise	479
SAT-Anlagen	417	Vermeiden von Fehlerfällen in	
Satellitenantennenanlagen	418	Steuerstromkreisen	480
Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne,		Motorschutz	481
DVB-T2	419	Elektronischer Motorschutz	482
Gemeinschaftsantennenanlagen	420	Steuerung durch Motorschalter	483
Errichtung von Antennenanlagen	421	Kennzeichnung in elektropneumatischen	
Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen) ..	422	Steuerungen	484
Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern		Elektropneumatische Grundschaltungen	485
und Regeln	423	Regelungstechnik	486
Verstärker-Grundschaltungen	424	Unstetige Regelglieder	487
Grundlagen des Operationsverstärkers	425	Digitale stetige Regelglieder	488
Schaltungen mit Operationsverstärkern	426	Analoge stetige Regelglieder	489
Schalttransistor und Kippschaltungen	428	Anwendung des Bode-Diagramms	490
Ansteuerschaltungen für Halbleiter	429	Digitale Regelung	491
Glättung und Spannungsstabilisierung	430	Einstellung von Regelkreisen	492
Aufgaben von Stromrichtern	431	Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei	
Benennung von Stromrichterschaltungen	432	Maschinen	495
Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter ..	433	Effizienz von elektrischen Antrieben	496
Wechselwegschaltungen, Steuerkennlinien	434	Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung ..	497
Halbgesteuerte Stromrichter	435	Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren	
Vollgesteuerte Stromrichter	436	(Nennmotoren)	498
Wechselrichter	437	Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	499
Gleichstromsteller, Umrichter	438	Bauformen von drehenden elektrischen	
U-Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis	439	Maschinen	500
Frequenzumrichter auswählen und einrichten ..	440	Alphanumerische Kennzeichnung der	
Grundlagen der Schaltnetzteile	441	Ansschlüsse	501
		Elektronische Steuerungen von	
		Verbrauchsmitteln	502

Grenzwerte der Anschlussleistung im öffentlichen Netz	503	Bezeichnungsbeispiele f. Schrauben, Muttern, Unterleg-, Sicherungselemente	558
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	504	Metrische ISO-Gewinde	559
Konventionelle Gleichstromantriebe	505	Toleranzen und Passungen	560
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	506	Teil BU: Betrieb und Umwelt	561
Drehstrommotoren	507	Organisationsformen in Unternehmen	562
Anlassarten von Drehstromasynchronmotoren ..	508	Organisation der Arbeit	563
Polumschaubare Motoren	509	Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation	564
Dahlander-Motoren	510	Arbeitsplanung, Netzplantechnik	565
Fehlerbeseitigung bei Drehstrom-Asynchronmotoren	511	Arbeiten im Team	566
Einphasen-Wechselstrommotoren	512	Umgang mit Konflikten	567
Gleichstrommotoren	513	Business-Etikette	568
Servomotoren	514	Prozesse analysieren und gestalten	569
Ansteuerung von Servomotoren	515	Vorbereitung einer Präsentation	570
Schrittmotoren	516	Präsentation eines Projekts	571
Kleinstmotoren	517	Durchführung von Projekten	572
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe von Kleinstmotoren	518	Anwendung des Projektmanagements	573
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe	519	Lastenheft, Pflichtenheft	574
Linearantriebe	520	Systematisches Marketing	575
Linearmotoren, Betriebsquadranten bei Antrieben	521	Kommunikation mit Kunden	576
Antriebstechnik	522	Durchführung von Kundenschulungen	577
Wahl des Antriebsmotors	523	Bestandteile eines Tarifvertrags	578
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren, Käfigläufermotoren	524	Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung	579
Prüfung elektrischer Maschinen	525	Rechtsgeschäfte im Betrieb (Deutschland)	580
Sanftanlasser	526	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB	581
Teil W: Werkstoffe, Verbindungen	527	Begriffe der Kostenrechnung	582
Periodensystem, chemische Bindung	528	Kosten und Kennzahlen	583
Stoffwerte	529	Kalkulation der Kosten	584
Stahlnormung	530	Erstellen eines Angebots	585
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle)	531	Begriffe des Qualitätsmanagements	586
Magnetisierungskennlinien	532	Zertifizierung, Auditierung	587
Magnetwerkstoffe	533	Statistische Auswertung im Qualitätsmanagement	588
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten	534	Wichtige Vorschriften im Bereich Umweltschutz	589
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen	535	Umweltmanagement und Abfallwirtschaft	590
Isolierstoffe	536	Gefährliche Stoffe	591
Kunststoffe als Isolierstoffe	538	Risikosätze (H-Sätze) für Gefahrstoffe	592
Weitere Isolierstoffe	539	Sicherheitsratschläge (P-Sätze) für Gefahrstoffe	593
Hilfsstoffe	540	Klimaschutz	594
Leitungen und Kabel	541	Anhang	595
Isolierte Starkstromleitungen	542	Normen	595
Starkstromleitungen (harmonisiert)	544	Wichtige Normen	596
Weitere harmonisierte Leitungen	545	Wichtige Normen	597
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	546	Wichtige Normen	598
Lichtwellenleiter LWL	547	VDE-Normen	599
Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung	548	Glossar	602
Multimediacerkabelung im Heimbereich	549	Kurzformen von Fachbegriffen	606
Starkstromkabel	550	Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch)	610
Steckvorrichtungen der Energietechnik	551	Sachwortverzeichnis	618
Steckverbinder	552	Unterstützende Firmen und Dienststellen, Literaturhinweise	639
Steckverbinder RJ45, Cat-7-Steckverbindungen ..	553	Bildquellenverzeichnis	640
Lötfreie Anschlussstechnik	554	Erste Hilfe am Arbeitsplatz	U2
Installationsrohre	555	Rechenregeln zum Umstellen von Formeln	U3
Dosen der Elektroinstallation	556		
Dübel	557		

Lernfeld	Lernfeld (Aufgabe, z.T. gekürzt, angepasst wiedergegeben)	enthalten 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	Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, RLC-Schaltungen	Schaltzeichen, Stromlaufpläne, Kennlinien Arbeitssicherheit, Schutzmaßnahmen Durchführung von Projekten, Arbeitsplanung		X	X
		TM SE BU					
2	Elektrische Systeme planen und installieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM EI	Installationspläne, Schaltzeichen Aus-, Serien-, Wechselschaltung, Hausanschluss, Beleuchtungstechnik, Gebäude systemtechnik, Smart Home, Lichtmanagement, Spannungsfall	Leitungen in Niederspannungsanlagen		X	X
		W					
3	Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM IK	Schaltzeichen, Diagramme, Messgeräte, Sensoren Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Mikrocomputer, Bussysteme	Verstärker, Schütze, SPS, Regelungstechnik		X	X
		AS					
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	G TM	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
		IK SE					
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen	Freileitungen, intelligente Stromnetze, HGÜ, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz, Lichtschranken		X	X
		SE					
6	Elektrotechnische Systeme/ Geräte und Baugruppen/Gebäude- technische Systeme analysieren und prüfen	TM SE	Halbleiterspeicher, optische Speicher, Messen Schnittstellen, Wärmepumpe, Prüfen, Fehlerschutz, Schutzarten, Energieversorgung	Leitungen, Steckverbinder		X	X
		W					
7	Steuerungen, Regelungen für Systeme/Anlagen programmieren, realisieren/Komponenten, Funktionen geb.techn. Systeme integrieren	TM AS	Schaltzeichen, Sensoren, Messwerterfassung Aktoren, Ablaufsteuerungen, Kleinststeuerungen, SPS, Regelungstechnik, Drehzahlregelung	Daten netze, PROFINET, Gateways; elektr. Installationen		X	
		IK; EI					
8	Energiewandlungssysteme/ Antriebssysteme auswählen, integrieren/Schnittstellen von Komponenten gewerkeübergreifend analysieren	G TM	Dreiphasenwechselstrom, Drehstrom Pneumatik, Hydraulik, Schaltzeichen, Dokumentation	Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen		X	
		AS					
9	Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten/Gebäude- techn. Anlagen/Software geb.techn. Systeme planen, realisieren	TM EI	Schaltpläne, Dokumentation über Anlagen KNX, Gebäudeautomation, Gefahrenmeldeanlagen, Smart Home, Mindestausstattung	Modulationen, Netze, Signalübertragung		X	
		IK					
10	Elektrische Geräte, Anlagen der Haustechnik/Energie-technische Anlagen/Daten, Dienste geb.techn. Systeme planen, in Betrieb nehmen, übergeben	EI AS	Hausanschluss, Leitungsberechnung, KNX, LED EU-Maschinenrichtlinie, Überspannungsschutz, Regelungstechnik	Funksteuerung, Fernwirken, Gateways Hausgeräte, Energieeffizienz		X	
		IK SE					
11	Energie-technische Systeme/Automatisierte Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand halten/ Geb.techn. Systeme projektiert	BU AS	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott Überwachung der Stromkreise, Anlagendiagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne	Projektmanagement, Arbeitsschutz, Kalkulation		X	
		BU					
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen/Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren/Geb.techn. Systeme warten, instand setzen	BU	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft, Normen, Kalkulation der Kosten	Kleinststeuerungen, Schützschaltungen Energieeffizienz, Schutzmaßnahmen Elektrische Installationen, Gebäudeautomation		X	
		AS SE EI					
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	Weitere Seiten mit Formeln
Formelzeichen dieses Buches	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	13
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen ..	14
Größen und Einheiten	15
Mathematische Zeichen	17
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
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten ..	40
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	43
Bezugsgrößen, 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
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



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

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



Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches

Indices and Signs for Formula Symbols in this Book

G

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

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



Größe	Formel-zeichen bisher	Formelzeichen		Einheit, Einheitenzeichen	
		Vorzugszeichen	Ausweich-zeichen		
Stromstärken und verwandte Größen					
Bemessungsstrom	I_N	I_{rat}	I_N	Ampere, A	
Nennstrom	I_n	I_n oder I_{nom}	–		
Dauerkurzschlussstrom	I_{kd}	I_k	I_{sc}		
Stoßkurzschlussstrom	I_s	\hat{I}_k	\hat{I}_{sc}		
Stoßkurzschlusswechselstrom	i_s	I_{k0}	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	keines		
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 Grundschwingung (ohne Oberschwingungen), Leistungsfaktor = Verhältnis Wirkleistung zu Scheinleistung (mit Oberschwingungen)					



Größen und Einheiten

Quantities and Units

G

Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel			Elektrizität		
Länge l	Meter (Seemeile) (Meile) (Zoll, Inch)	m $1 \text{ sm} = 1852 \text{ m}$ $1 \text{ ml} = 1609,344 \text{ m}$ $1'' = 25,4 \text{ mm}$	el. Ladung Q , el. Fluss Ψ	Coulomb	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$ $= 1 \text{ As}$
Fläche A	Quadratmeter	m^2	Flächenladungs-dichte σ , el. Flussdichte D	Coulomb je Quadratmeter	C/m^2
Volumen V	Kubikmeter (Liter)	m^3 $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1/1000 \text{ m}^3$	Raumladungs-dichte ρ	Coulomb je Kubikmeter	C/m^3
Winkel (ebener) (siehe Seite 21)	Radian, RAD (Grad, DEG)	rad $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$	el. Spannung U , el. Potenzial φ , V	Volt	$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
Raumwinkel Ω	Steradian	sr	el. Feldstärke E	Volt je Meter	$1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$
			el. Kapazität C	Farad	$1 \text{ F} = 1 \text{ As/V} = 1 \text{ C/V}$
			elektr. Strom- belag A	Ampere je Meter	A/m
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung					
Zeit t	Sekunde (Minute) (Stunde)	s $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$	Permittivität, Dielektrizitätskonstante ϵ	Farad je Meter	$1 \text{ F/m} = 1 \text{ C/(Vm)}$
Frequenz f	(Tag)	$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$	el. Stromstärke I	Ampere	$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$
Drehzahl, Umdrehungsfrequenz n	Hertz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = 1 \text{ cps}$	el. Stromdichte J	Ampere je m^2	A/m^2
Kreisfrequenz ω	je Sekunde (je Minute)	$1/\text{s} = 60/\text{min}$	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand R , Blindwiderstand X , Scheinwiderstand Z	Ohm	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Geschwindigkeit v	je Sekunde	$1/\text{s}$	elektr. Leitwert elektr. Wirkleitwert G , Blindleitwert B , Scheinleitwert Y	Siemens	$1 \text{ S} = \frac{1}{1 \Omega}$
	Meter je Sekunde	m/s $1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}$	spezifischer elektr. Widerstand ρ	Ohmmeter	$1 \Omega \text{m} = 100 \Omega \text{cm}$
	(Knoten)	$1 \text{ kn} = 1 \text{ sm/h} = 0,5144 \text{ m/s}$	elektrische Leitfähigkeit γ	Siemens je Meter	$1 \Omega \text{mm}^2/\text{m} = 1 \mu\Omega\text{m}$ $1 \text{ Sm/mm}^2 = 1 \text{ MS/m}$
Winkelgeschwindigkeit ω	Radian je Sekunde	rad/s			
Beschleunigung a	–	m/s^2			
Ruck j	–	m/s^3			
Mechanik					
Masse m	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg $1 \text{ kt} = 0,2 \text{ g}$ $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$	Leistung P	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Dichte ρ	–	$\text{kg/m}^3, \text{kg/dm}^3$		Watt Peak	$1 \text{ Wp} \triangleq 1 \text{ W} \triangleq 1 \text{ kWh/J}$
Trägheitsmoment J	–	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Blindleistung Q	(var)	$1 \text{ var} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Kraft F	Newton	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$	Scheinleistung S	(VA)	$1 \text{ VA} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$
Drehmoment, Kraftmoment M	–	Nm	Induktivität L	Henry	$1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$
Impuls p	Newtonsek.	$1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	Arbeit W , Energie E, W	Joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Vs}$
Druck p	Pascal (Bar)	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 10 \text{ N/cm}^2$		(Wattstunde) (Elektronvolt)	$1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kNm}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$
Flächenpressung p , Festigkeit R_p, R_e , Elastizitätsmodul E	–	N/mm^2			
Arbeit W , Energie E, W	Joule (Elektronvolt)	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$	Magnetismus		
Leistung P	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$	elektrische Durchflutladung Θ	Ampere	A
			magnetische Feldstärke H	Ampere je Meter	A/m
			magnetischer Fluss Φ	Weber	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ Vs}$
			magn. Flussdichte B , magn. Polarisierung J	Tesla	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ Vs/m}^2$
			Induktivität L	Henry	$1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$
			Permeabilität μ	Henry je Meter	$1 \text{ H/m} = 1 \text{ Vs/(Am)}$
			magn. Widerstand R_m	–	$1/\text{H} = \text{A/Vs}$



Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)			Kernreaktionen, ionisierende Strahlung		
Strahl.energie 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 Bautelementen) R_{th}	Kelvin je Watt	K/W	Entfernung in der Astronomie l	(Astronomische Einheit) Parsec	1 AE = 149,6 Gm ¹
Wärmeleitfähigkeit λ	–	W/(K · m)	Lichtgeschwindigkeit c	km/s	1 pc = 30,857 Pm ¹
Wärmeübergangskoeffizient h	–	W/(K · m ²)	Lichtjahr L_j	km	c \approx 300 000 km/s
Wärmekapazität C , Entropie S	Joule je Kelvin	J/K	Masse in der Atomphysik m	(Atomare Masseneinheit u)	1 Lj = 9,461 · 10 ¹² km
spezifische Wärmekapazität c	–	J/(kg · K)	längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen T_l	Tex	1 u = 1,66 · 10 ^{−27} kg
Chemie, Molekularphysik			Fläche von Grundstücken A	Ar Hektar	1 tex = 1 g/km
Stoffmenge n	Mol	mol			
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			

¹ Vorsätze G, P siehe Seite 19

Mathematische Zeichen

Mathematical Symbols

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



Mit einer Unbekannten	Fortsetzung	Mit drei Unbekannten
<p>Lineare Gleichung: $ax + b = 0$</p> $\Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad 1$ <p>Quadratische Gleichung $ax^2 + bx + c = 0$</p> $\Rightarrow x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad 2$ <p>für $b^2 \geq 4ac$</p>	<p>Determinantenverfahren für lineares Gleichungssystem 2. Grades</p> $\begin{aligned} a_1 x + b_1 y &= c_1 \\ a_2 x + b_2 y &= c_2 \end{aligned}$ <p>Determinante erstellen:</p> $D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$ <p>Determinante berechnen:</p> $D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot a_2$ <p>x-Determinante berechnen:</p> $D_x = \begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix} = c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot c_2$ <p>y-Determinante berechnen:</p> $D_y = \begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot c_2 - c_1 \cdot a_2$ <p>x berechnen:</p> $x = \frac{D_x}{D} \quad 3 \quad \text{für } D \neq 0$ <p>y berechnen:</p> $y = \frac{D_y}{D} \quad 4 \quad \text{für } D \neq 0$ <p>Für $D = 0$ gibt es keine Lösung oder unendlich viele Lösungen.</p>	<p>Determinantenverfahren für lineares Gleichungssystem 3. Grades</p> $\begin{aligned} a_1 x + b_1 y + c_1 z &= d_1 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z &= d_2 \\ a_3 x + b_3 y + c_3 z &= d_3 \end{aligned}$ <p>Determinante erstellen:</p> $D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$ <p>Determinante berechnen: → Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen</p> $D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 b_3 - (c_1 b_2 a_3 + a_1 c_2 b_3 + b_1 a_2 c_3)$ <p>x-Determinante erstellen:</p> $D_x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$ <p>x-Determinante berechnen: → Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen</p> $D_x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 & d_1 & b_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 & d_2 & b_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 & d_3 & b_3 \end{vmatrix} = d_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 d_3 + c_1 d_2 b_3 - (c_1 b_2 d_3 + d_1 c_2 b_3 + b_1 d_2 c_3)$ <p>y-Determinante berechnen: → Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen</p> $D_y = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 & a_1 & d_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 & a_2 & d_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 & a_3 & d_3 \end{vmatrix} = a_1 d_2 c_3 + d_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 d_3 - (c_1 d_2 a_3 + a_1 c_2 d_3 + d_1 a_2 c_3)$ <p>z-Determinante berechnen: → Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen</p> $D_z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 & a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 & a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 d_3 + b_1 d_2 a_3 + d_1 a_2 b_3 - (d_1 b_2 a_3 + a_1 d_2 b_3 + b_1 a_2 d_3)$ <p>x, y, z berechnen für $D \neq 0$:</p> $x = \frac{D_x}{D} \quad 5$ $y = \frac{D_y}{D} \quad 6$ $z = \frac{D_z}{D} \quad 7$
<p>Beispiel $-3x + 2y = 3$ $2x + 3y = 11$</p> $\begin{aligned} y &= (3 + 3x)/2 \\ y &= (11 - 2x)/3 \\ (3 + 3x)/2 &= (11 - 2x)/3 \\ \Rightarrow x &= 1 \end{aligned}$ <p>Setzt man $x = 1$ in eine der beiden Gleichungen ein, so erhält man z.B. mit $y = (3 + 3)/2 = 3$</p> <p>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 → Anwendung von Formel 1.</p> <p>Beispiel $-3x + 2y = 3$ $2x + 3y = 11$</p> <p>Durch Multiplikation mit 2 bzw. 3 erhält man das LGS:</p> $\begin{aligned} -6x + 4y &= 6 \\ 6x + 9y &= 33 \\ 0 + 13y &= 33 \Rightarrow y = 3. \end{aligned}$ <p>Setzt man $y = 3$ in eine der Gleichungen ein, erhält man z.B. $-3x + 2 \cdot 3 = 3 \Rightarrow x = 1$</p>	<p>Beispiel $-3x + 2y = 3$ $2x + 3y = 11$</p> <p>Determinante berechnen:</p> $D = \begin{vmatrix} -3 & 2 \\ 2 & 3 \end{vmatrix} = -3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 = -13$ <p>x-Determinante berechnen:</p> $D_x = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 11 & 3 \end{vmatrix} = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 11 = -13$ <p>y-Determinante berechnen:</p> $D_y = \begin{vmatrix} -3 & 3 \\ 2 & 11 \end{vmatrix} = -3 \cdot 11 - 3 \cdot 2 = -39$ <p>x berechnen:</p> $x = \frac{D_x}{D} = \frac{-13}{-13} = 1$ <p>y berechnen:</p> $y = \frac{D_y}{D} = \frac{-39}{-13} = 3$ <p>Alle drei Verfahren führen zu gleichen Ergebnissen.</p>	



Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung

Exponents, Unit Prefixes, Logarithms, Calculation using the Rule of Three

G

Potenzen

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

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

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

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

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

Rechenregeln:

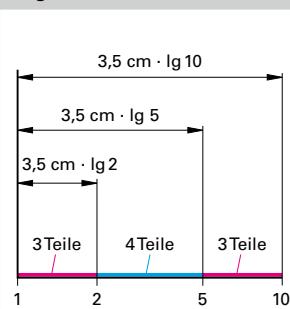
$$a^m \cdot a^n = a^{m+n} \quad a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m \quad a^m/a^n = a^{m-n} \quad a^m/b^m = (a/b)^m \quad 1/a^n = a^{-n} \quad (a^m)^n = a^{mn} \quad \sqrt[n]{a} = a^{1/n}$$

Dezimale Vorsätze

Vorsatz-zeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatz-zeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)	Vorsatz-zeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
y	Yokto	10^{-24}	da	Deka	10	-	-	-
z	Zepto	10^{-21}	h	Hekto	10^2	-	-	-
a	Atto	10^{-18}	k	Kilo	10^3	Ki	Kibi	2^{10} Massenspeie-
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



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

$$a^b = c, \log_a c = b$$

Der Zehnerlogarithmus \lg hat die Basis 10. Der natürliche Logarithmus \ln hat die Basis der e-Funktion ($e = 2,718\dots$). Es gilt: $x = \ln(e^x) = e^{\ln(x)}$

Der Zweierlogarithmus \lg_2 hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

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

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

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

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

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

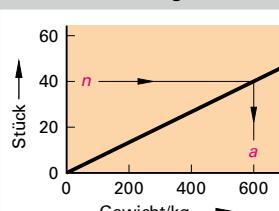
$$\lg x = \ln x / \ln 10 \quad 5$$

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

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

$$-\log_a x = \log_a(1/x) \quad 8$$

Dreisatzrechnung



Lösungsschritte		Beispiel
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

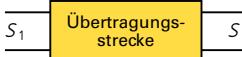
Invers proportionales Verhältnis (Einheit durch Multiplikation)

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 389, 395

Begriff, Erklärung	Formel, Hinweis	Bemerkungen, Beispiel
Übertragungsfaktor T	Zunahme > 1 und Abnahme < 1: $T = V = S_2/S_1 \quad 1$	
Verstärkungsfaktor V	$D = S_1/S_2 \quad 2$	S_1, S_2 Übertragungsgrößen, z.B. P
Dämpfungsfaktor D		
Leistungsbezogene Maße	Verstärkungsmaß $G = 10 \lg (P_2/P_1) \quad 3$ $P_2 = P_1 \cdot 10^{\frac{G}{10}}$ $P_1 = P_2/10^{\frac{G}{10}}$	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) $A = 10 \lg (500 \text{ mW}/250 \text{ mW}) = 3,01 \text{ dB}$
Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A	Dämpfungsmaß $A = 10 \lg (P_1/P_2) \quad 4$ $P_1 = P_2 \cdot 10^{\frac{A}{10}}$ $P_2 = P_1/10^{\frac{A}{10}}$	
Zur Kenntlichmachung des logarithmischen Maßes setzt man hinter den eigentlich einheitslosen Zahlenwert den Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	$G = -A \quad 5$ $A = -G \quad 6$	
Siehe auch Seite 389.	dB für Dezibel (sprich Dezi-Bell) (nach amerikanischem Wissenschaftler Bell)	
Spannungsbezogene Maße, druckbezogene Maße	Verstärkungsmaß $G = 20 \lg (U_2/U_1) \quad 7$ $G = -A \quad 8$	Beispiel 2: Ein Verstärker wird mit 3 mV angesteuert und gibt 5 V ab. Wie groß sind a) Verstärkungsfaktor, b) Verstärkungsmaß? a) $V = U_2/U_1 = 5 \text{ V}/3 \text{ mV} = 1667$ b) $G = 20 \lg (U_2/U_1) = 20 \lg (5 \text{ V}/3 \text{ mV}) = 64,4 \text{ dB}$
Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Schalldruckübertragungsmaß $Ü_p$	Dämpfungsmaß $A = 20 \lg (U_1/U_2) \quad 9$ $A = -G \quad 10$	
Auch hier Zusatz dB an Stelle einer Einheit.	Schalldruckübertragungsmaß $Ü_p = 20 \lg (p_2/p_1) \quad 11$	

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,	Leistungspegel $L_p = 10 \lg (P/1 \text{ mW}) \quad 12$	Die vereinbarten Bezugswerte sind bei L_p 1 mW, bei L_u 1 mV, bei L_p 20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$.
Spannungspegel L_u Kennzeichnung durch dB (1 μV) oder dB μ	Spannungspegel $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) \quad 13$	Beispiel 3: Eine Antenne liefert 80 mV. $L_u = ?$ $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) = 98 \text{ dB}\mu$
Schalldruckpegel L_p eigentlich Kennzeichnung durch dB (20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$)	Schalldruckpegel $L_p = 20 \lg (p/20 \mu\text{N}/\text{m}^2) \quad 14$	
Bewerteter Schalldruckpegel Kennzeichnung je nach Korrektur durch dB(A), dB(B) oder dB(C)	Gemessen wird der Schalldruckpegel, die Messwerte werden für Frequenzen ungleich 1000 Hz durch ein Filter A, B oder C verändert.	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 Ig Zehnerlogarithmus P Leistung p Druck T Übertragungsfaktor	U Spannung $Ü_p$ Schalldruckübertragungsmaß V Verstärkungsfaktor Indizes: 1 Eingang, 2 Ausgang der Übertragungsstrecke

