

# Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen - Formeln - Normenanwendungen

von

Heinz O. Häberle, Gregor Häberle, Hans Walter Jöckel, Rudolf Krall, Bernd Schiemann, Siegfried Schmitt, Klaus Tkotz

1. Auflage

[Tabellenbuch Elektrotechnik – Häberle / Häberle / Jöckel / et al.](#)

schnell und portofrei erhältlich bei [beck-shop.de](http://beck-shop.de) DIE FACHBUCHHANDLUNG

Europa Lehrmittel 2013

Verlag C.H. Beck im Internet:

[www.beck.de](http://www.beck.de)

ISBN 978 3 8085 3227 0



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

# Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendung

## 25. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

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

Europa-Nr.: 30103

Europa-Nr.: 30160 XXL, mit CD

Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tettngang
Häberle, Heinz	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Jöckel, Hans-Walter	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Krall, Rudolf	Dipl.-Päd. Ing., Berufsschuloberlehrer	St. Leonhard
Schiemann, Bernd	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Durbach
Schmitt, Siegfried	staatl. gepr. Techniker, Techn. Oberlehrer	Bad Bergzabern
Tkocz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Häberle, Tettngang

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Auszüge aus DIN-VDE-Normen sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 052.013 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin und der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

25. Auflage 2013

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3227-0

ISBN 978-3-8085-3049-8 XXL, mit CD

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
unter Verwendung eines Fotos der Bilddatenbank  
[www.fotolia.de](http://www.fotolia.de) : © erdquadrat-fotolia.com

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

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, 94121 Salzweg  
Druck: B.O.S.S Druck und Medien GmbH, 47574 Goch

MATHEMATIK, PHYSIK, SCHALTUNGS-  
THEORIE, BAUELEMENTE

11 ... 66

G

TECHNISCHE DOKUMENTATION,  
MESSEN

67 ... 120

TM

ELEKTRISCHE INSTALLATION

121 ... 198

EI

SICHERHEIT, ENERGIEVERSORGUNG

199 ... 282

SE

INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNISCHE SYSTEME

283 ... 330

IK

AUTOMATISIERUNGS- UND ANTRIEBS-  
SYSTEME, STEUERN UND REGELN

331 ... 418

AS

WERKSTOFFE, VERBINDUNGSTECHNIK

419 ... 452

W

BETRIEB UND SEIN UMFELD,  
UMWELTTECHNIK, ANHANG

453 ... 536

BU

Die Weiterentwicklungen der Technik und der Lernorganisationen führte schon in der vorigen Auflage zu einer Überarbeitung und Erweiterung des Buches. Neue und aktualisierte Inhalte der 25. Auflage sind nachstehend *kurz* (schräg) gedruckt.

- **Teil M  
Mathematik,  
Physik,  
Schaltungstheorie,  
Baulemente**      Formelzeichen, Größen und Einheiten, mathematische Zeichen, Potenzen, Vorsätze, *logarithmisches Maß Dezibel*, Kraft, Kraftmoment, Arbeit, Leistung, Wärme, Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Felder, Wechselgrößen, *Schalten von Kondensatoren und Spulen*, Drehstrom, *Oberschwingungen*, Dioden, Transistoren, *IGBTs*, Thyristoren, magnetfeldabhängige und fotoelektronische Bauelemente.
- **Teil TM  
Technische  
Dokumentation,  
Messen**      Technisches Zeichnen, Maßeintragung, Schaltpläne, Schaltzeichen, Vergleich von Schaltzeichen, *Zweirichtungszähler*, *Funksteuerempfänger*, Erstellen einer Betriebsanleitung. Messgeräte und Messwerke, Messkategorien, *Messen in elektrischen Anlagen*, *Elektrizitätszähler*, *Oszilloskope*, Messen mit Sensoren.
- **Teil EI  
Elektrische  
Installation**      Arbeiten in elektrischen Anlagen, Leitungsverlegung, Leitungsführung, *Installationsschaltungen*, Sprechanlagen, Dimmertypen, Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenlampen, feldarme Elektroinstallation, Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik, *Projektierung beim KNX*, Hausanschluss, *Fundamenterder*, Hausinstallationen, Leitungsberechnung, *Strombelastbarkeit von Kabeln*, Lichttechnik, *Beleuchtungstechnik*, *LED-Leuchtmittel*.
- **Teil SE  
Sicherheit,  
Energieversorgung**      Erste Hilfe, Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit, Unfallverhütung, Differenzstromgeräte, *Basisschutz*, *Fehlerschutz*, *zusätzlicher Schutz*, Leiter für die Schutzmaßnahmen, Kraftwerksarten, Isolierstoffklassen, *Transformatoren*, Freileitungsnetze, Erdkabel, *Eigenerzeugungsanlagen*, *intelligente Stromnetze*, Brennstoffzellen, Primärelemente, *Akkumulatoren*, SSV-Anlagen, elektromagnetische Verträglichkeit EMV, Blitzschutz, Qualität der Stromversorgung, Kompensation, *Sicherheitstechnik*, *Energieinsparverordnung*, *Energie-Effizienz*, Hausgerätechnik, *Stromtarife*.
- **Teil IK  
Informations- und  
kommunikations-  
technische Systeme**      Zahlensysteme, Codes, Schaltalgebra, Flipflops, DAU, ADU, Modulation und Demodulation, *Mikrocomputer*, Netze der Informationstechnik, Komponenten für Datennetze, Ethernet, *Funk-LAN*, AS-i-Bussysteme, PROFIBUS, Identifizierungssysteme, Anschluss an das Telefonnetz, Internet, *Antennenanlagen*, SAT-Anlagen, *Querkommunikation mit Sicherheitstechnologie*.
- **Teil AS  
Automatisierungs-  
und Antriebs-  
systeme, Steuern  
und Regeln**      Stromrichter, *Schaltnetzteile*, Kippschaltungen, Steuerrelais, Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS, *Wortverarbeitung bei SPS*, Steuerungstechnik, Hilfsstromkreise, Ablaufsteuerung GRAFCET, *Schütze*, Motorschutz, elektrische Ausrüstung von Maschinen, *Regelungstechnik*, Drehstrommotoren, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, *Effizienz von Antrieben*, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, *Planung von Automatisierungsanlagen*, *EU-Maschinenrichtlinie*.
- **Teil W  
Werkstoffe,  
Verbindungstechnik**      Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormung, Magnetwerkstoffe, Isolierstoffe, Leitungen, Erdkabel, *Steckverbinder*, lötfreie Anschlusstechnik, *Gewinde*, *Schrauben und Muttern*, *Dübel*.
- **Teil BU  
Betrieb, Umfeld,  
Umwelttechnik,  
Anhang**      Organisationsformen, Arbeiten im Team, Arbeitsplanung, Kosten und Kennzahlen, Qualifikationen der Elektrofachkraft, Durchführung von Projekten, Umgang mit Konflikten, Kommunikation mit Kunden, Umwelttechnische Begriffe, *gefährliche Stoffe*, Elektroschrott, *Normen*, *Brandschutzschalter*, Kurzformen, fachliches Englisch, Sachwortverzeichnis, Firmen und Dienststellen.

Normänderungen wurden übernommen, z. B. bei den Begriffen nach DIN VDE 0100-200. 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 Buches führten. Gerne nehmen wir auch künftig konstruktive Verbesserungsvorschläge dankbar entgegen. Diese können auch mit E-Mail an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) gerichtet sein.

Herbst 2013

Der Autoren-Arbeitskreis

**Hinweis:** Die Seite Betriebsdaten von Käfigläufermotoren wurde auf die letzte Buchseite verlegt, damit sie für Anlagenberechnungen leichter auffindbar ist.

Lernfelder, Prüfungsteile ..... 9  
 Literaturverzeichnis ..... 10

**Teil G:**  
**Mathematik, Physik, Schaltungstheorie, Bauelemente ..... 11**

Formelzeichen dieses Buches ..... 12  
 Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches ..... 13  
 Internationale Formelzeichen ..... 14  
 Größen und Einheiten ..... 15  
 Mathematische Zeichen ..... 17  
 Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung ..... 18  
 Logarithmisches Maß Dezibel ..... 19  
 Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen ..... 20  
 Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen ..... 21  
 Längen und Flächen ..... 22  
 Körper und Masse ..... 23  
 Masse, Kraft, Druck, Kraftmoment ..... 24  
 Bewegungslehre ..... 25  
 Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie ..... 26  
 Übersetzungen ..... 27  
 Rollen, Keile, Winden ..... 28  
 Wärme ..... 29  
 Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand ..... 30  
 Elektrische Leistung, elektrische Arbeit ..... 31  
 Elektrisches Feld, Kondensator ..... 32  
 Wechselgrößen, Wellenlänge ..... 33  
 Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls ..... 34  
 Magnetisches Feld, Spule ..... 35  
 Elektrische Feldstärken und magnetische Feldstärken ..... 36  
 Strom im Magnetfeld, Induktion ..... 37  
 Schaltung von Widerständen ..... 38  
 Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler ..... 39  
 Potenziometer ..... 40  
 Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung ..... 41  
 Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten ..... 42  
 Schalten von Kondensatoren und Spulen ..... 43  
 Reihenschaltung von  $R, L, C$  ..... 44  
 Parallelschaltung von  $R, L, C$  ..... 45  
 Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..... 46  
 Einfache Filter ..... 47  
 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) ..... 48  
 Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung ..... 49  
 Oberschwingungen ..... 50  
 Widerstände und Kondensatoren ..... 51  
 Farbkennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren ..... 52  
 Bauarten von Widerständen und Kondensatoren .. 53  
 Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren ..... 54  
 Halbleiterwiderstände ..... 55  
 Dioden ..... 56  
 IGBTs, Feldeffekttransistoren ..... 57  
 Bipolare Transistoren ..... 58  
 Thyristor ..... 59  
 Thyristorarten und Triggerdiode ..... 60  
 Gehäuseformen von Dioden, Transistoren und ICs ..... 61  
 Magnetfeldabhängige Bauelemente ..... 62  
 Fotoelektronische Bauelemente ..... 63  
 Schutzbeschaltung von Dioden und Transistoren .. 64

Bauelemente für den Überspannungsschutz ..... 65  
 Kühlung von Halbleiter-Bauelementen ..... 66

**Teil TM:**  
**Technische Dokumentation, Messen ..... 67**

Grafische Darstellung von Kennlinien ..... 68  
 Allgemeines technisches Zeichnen ..... 69  
 Zeichnerische Darstellung von Körpern ..... 70  
 Maßpfeile, besondere Darstellungen ..... 71  
 Maßeintragung ..... 72  
 Maßeintragung, Schraffur ..... 73  
 Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ... 74  
 Weitere funktionsbezogene Dokumente ..... 75  
 Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente ..... 76  
 Kennzeichnung in Schaltplänen ..... 77  
 Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) ..... 78  
 Unterklassen für Aufgaben von Objekten ..... 79  
 Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen ..... 80  
 Schaltzeichen ..... 81  
 Allgemeine Schaltzeichen ..... 82  
 Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen .. 83  
 Messinstrumente und Messgeräte ..... 84  
 Halbleiterbauelemente ..... 85  
 Binäre Elemente ..... 86  
 Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschalgeräte ..... 88  
 Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen ..... 89  
 Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne ..... 90  
 Installationsschaltpläne ..... 92  
 Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne ..... 93  
 Spulen, Transformatoren, Transduktor, drehende Generatoren ..... 94  
 Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser ..... 95  
 Drehstrommotoren und Anlasser ..... 96  
 Motoren mit Stromrichterspeisung ..... 97  
 Vergleich von Schaltzeichen ..... 98  
 Hydraulische und pneumatische Elemente ..... 100  
 Symbole der Verfahrenstechnik ..... 101  
 Erstellen einer Dokumentation über Geräte und Anlagen ..... 102  
 Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung ..... 103  
 Elektrische Messgeräte und Messwerke ..... 104  
 Piktogramme für die Messtechnik ..... 105  
 Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung .. 106  
 Messbereichserweiterung ..... 107  
 Messung in elektrischen Anlagen ..... 108  
 Niederspannungs-Schaltungen für Leistungsmessgeräte ..... 111  
 Elektrizitätszähler ..... 112  
 Elektronische kWh-Zähler ..... 113  
 Oszilloskop ..... 114  
 Messen mit dem Oszilloskop ..... 115  
 Gleichrichterbegriffe ..... 116  
 Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren .. 117  
 Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren .. 118  
 Bewegungsmessung mit Sensoren ..... 119  
 Temperaturmessung mit Sensoren ..... 120

**Teil EI:**  
**Elektrische Installation. .... 121**

Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten .... 122  
 Arbeiten in elektrischen Anlagen ..... 123  
 Werkstattausrüstung ..... 124  
 Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung ..... 125  
 Ausschaltung, Serienschaltung ..... 126

Wechselschaltung, Kreuzschaltung .....	127	Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung von Innenräumen .....	185
Reale Ausführung von Installationsschaltungen ..	128	Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtung ..	186
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner .....	129	Berechnung von Beleuchtungsanlagen .....	187
Schaltungen mit Stromstoßschaltern .....	130	Beleuchtung und Blendung .....	188
Jalousieschaltungen .....	131	Leuchtstofflampen für 230 V .....	189
Sprechanlagen .....	133	Glühlampen, Metaldampflampen .....	190
Zweidraht-Türsprechanlagen .....	134	Energiesparlampen, Farbwiedergabe .....	191
Lampenschaltungen mit Dimmern .....	135	Induktionslampen und Lichtleiter .....	192
Tastdimmer, Dimmertypen .....	136	Elektronische Vorschaltgeräte EVG für Leuchtstofflampen .....	193
Automatikschrter mit Wärmesensor .....	137	Schaltungen von Entladungslampen .....	194
Automatikschrter mit Ultraschall-Bewegungssensor .....	138	LED-Beleuchtung .....	195
Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenlampen ..	139	LED-Leuchtmittel .....	196
Feldarme Elektroinstallation .....	140	Lichttechnische Daten von Leuchten .....	197
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik ..	141	Leuchtröhrenanlagen .....	198
Linien und Bereiche des KNX-TP .....	142		
Schaltzeichen des KNX-TP .....	143	<b>Teil SE:</b>	
Systemkomponenten zum KNX-TP .....	144	<b>Sicherheit, Energieversorgung .....</b>	<b>199</b>
Spezielle Aktoren und Systemgeräte zum KNX-TP ..	145	Erste Hilfe am Arbeitsplatz .....	200
Sensoren für den KNX-TP .....	146	Persönliche Schutzausrüstung PSA .....	201
Aktoren für den KNX-TP .....	147	Zeichen zur Unfallverhütung .....	202
Installationsbus mit FSK-Steuerung .....	148	Zeichen und Farben der Unfallverhütung .....	203
Projektiertung und Inbetriebnahme beim KNX .....	149	Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit .....	204
LON .....	151	Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten ..	205
LON-Komponenten .....	152	Schutzmaßnahmen, Schutzklassen .....	206
Elektroinstallation mit Funksteuerung .....	153	Verteilungssysteme (Netzformen) .....	207
LCN .....	155	Schutz gegen elektrischen Schlag .....	208
Hausanschluss mit Schutzpotenzialausgleich .....	156	Differenzstromgeräte .....	209
Fundamente der im Beton oder in Erde .....	157	Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung .....	210
Hauptleitungen in Wohnanlagen .....	158	Weitere Schutzmaßnahmen .....	212
Zählerplatzinstallation .....	159	Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen .....	213
Elektrische Mindestausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze .....	160	Leiter für die Schutzmaßnahmen .....	214
Leitungsführung in Wohngebäuden .....	161	Prüfung der Schutzmaßnahmen .....	215
Leitungsberechnung ohne Verzweigung .....	162	Wiederkehrende Prüfungen .....	216
Leitungsberechnung mit Verzweigungen .....	164	Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte .....	217
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen .....	165	Transformatoren und Drosselspulen, Prüfung der Isolation .....	219
Verlegearten für feste Verlegung .....	166	Berechnung von Transformatoren .....	220
Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen bei $\theta_U = 25^\circ\text{C}$ .....	167	Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren .....	221
Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen bei $\theta_U = 30^\circ\text{C}$ .....	168	Kleintransformatoren .....	222
Strombelastbarkeit von flexiblen oder wärmefesten Leitungen .....	169	Kraftwerksarten .....	223
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit ..	170	Drehende Generatoren .....	224
Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln .....	171	Isolierstoffklassen, Leistungsschilder von Transformatoren .....	225
Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	172	Transformatoren für Drehstrom .....	226
(Niederspannungssicherungen) .....	172	Transformatoren in Parallelbetrieb .....	227
Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	173	Netze der Energietechnik .....	228
Räume mit Badewanne oder Dusche .....	174	Freileitungen .....	229
Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung .....	175	Freileitungsnetze .....	230
Saunaaanlagen, Schwimmbecken, begehbare Becken .....	176	Durchhang von Freileitungen .....	231
Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten .....	177	Verlegung von Erdkabeln .....	232
Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betrieben .....	178	Eigenerzeugungsanlagen .....	233
Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen .....	179	Vergütung erneuerbarer Energien nach EEG .....	235
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen .....	181	Windkraftanlagen .....	236
Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen .....	182	Fotovoltaik .....	237
Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen .....	183	Fotovoltaikanlagen, PV-Anlagen .....	238
Lichttechnik .....	184	Intelligente Stromnetze .....	239
		Kurzzeichen an elektrischen Betriebsmitteln .....	240
		Brennstoffzellen .....	241
		Schutzarten elektrischer Betriebsmittel .....	242
		Elektrochemie .....	243
		Primärelemente .....	244
		Akkumulatoren .....	245
		Ladetechniken für Akkumulatoren .....	246

Notstromversorgung und Notbeleuchtung ..... 247

Sicherheits-Stromversorgungsanlagen (SSV-Anlagen) ..... 248

USV-Systeme (Unterbrechungslose Stromversorgungssysteme) ..... 249

Elektromagnetische Verträglichkeit EMV ..... 250

Elektromagnetische Störungen EMI ..... 251

Maßnahmen gegen EMI ..... 252

Innerer Blitzschutz ..... 253

Äußerer Blitzschutz ..... 254

Fangeinrichtungen und Ableitungen ..... 256

Qualität der Stromversorgung ..... 257

Kompensation ..... 258

Kompensation der Blindleistung ..... 259

Überwachung der Endstromkreise ..... 261

Melde- und Überwachungsanlagen ..... 262

Sicherheitstechnik in Gebäuden ..... 263

Gefahrenmeldeanlagen ..... 264

Einbruchmeldeanlagen EMA ..... 265

Videoüberwachung ..... 266

Temperaturen für Wärmebedarf ..... 267

Energieeinsparverordnung ..... 268

Heizwärmeverbrauch und Energiekennzahl eines Einfamilienhauses ..... 270

Raumheizung ..... 271

Fußboden- und Deckenheizung ..... 272

Klimatisierung ..... 273

Kochstellen für Elektroherde ..... 274

Energieeffizienzklassen ..... 275

Energie-Einsparpotenziale ..... 277

CE-Kennzeichnung ..... 278

Warmwassergeräte ..... 279

Hausgeräte ..... 280

Wärmepumpen ..... 281

Stromtarife ..... 282

**Teil IK:**  
**Informations- und kommunikationstechnische Systeme ..... 283**

Dualzahlen und Binärcodes ..... 284

Sedezimalzahlen und Oktalzahlen ..... 285

ASCII-Code im Unicode ..... 286

Binäre Verknüpfungen ..... 287

Schaltalgebra ..... 288

Entwicklung von Schaltnetzen ..... 289

Code-Umsetzer ..... 290

Komparatoren und Flipflops ..... 291

Digitale Zähler und Schieberegister ..... 292

DA-Umsetzer und AD-Umsetzer ..... 293

Modulation und Demodulation ..... 294

Mikrocomputer ..... 295

Bildschirmgeräte ..... 296

Schnittstellen und Steckverbinder des PC ..... 297

Schnittstellenkopplungen ..... 298

Betriebssysteme Windows ..... 299

Elemente von Windows-Benutzeroberflächen ..... 300

Netze der Informationstechnik ..... 301

Komponenten für Datennetze ..... 302

Kommunikation bei Ethernet ..... 304

Errichten eines Ethernet-Netzwerkes ..... 305

Industrial Ethernet ..... 306

Signalübertragung ..... 307

Datenübertragung mittels Funk ..... 308

Funk-LAN ..... 309

Identifizierungssysteme ..... 310

AS-i-Bussystem ..... 311

Querkommunikation bei Feldbussen ..... 312

PROFIBUS ..... 313

Fernwirkssysteme ..... 314

Messumformer und Signalumsetzer für Fernwirk-systeme ..... 315

Programmierbarer Messumformer für Fernwirk-systeme ..... 316

Anschluss an das Telefonnetz ..... 317

Telekommunikation mit ISDN ..... 318

ISDN und Internet-Telefonie (VoIP) ..... 319

Internet-Zugänge ..... 320

Anwendungen des Internet ..... 321

Sichern und Schützen von Daten ..... 322

Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen ..... 323

Satellitenempfang ..... 324

SAT-Anlagen ..... 325

Satellitenantennenanlagen ..... 326

Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T ..... 327

Gemeinschaftsantennenanlagen ..... 328

Errichtung von Antennenanlagen ..... 329

Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen) .. 330

**Teil AS:**  
**Automatisierungs- und Antriebssysteme, Steuern und Regeln ..... 331**

Verstärker-Grundschaltungen ..... 332

Grundlagen des Operationsverstärkers ..... 333

Schaltungen mit Operationsverstärkern ..... 334

Aufgaben von Stromrichtern ..... 336

Benennung von Stromrichterschaltungen ..... 337

Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter .. 338

Wechselwegschaltung, Steuerkennlinie ..... 339

Betriebsquadranten bei Antrieben, Linearmotoren ..... 340

Halbgesteuerte Stromrichter ..... 341

Vollgesteuerte Stromrichter ..... 342

Wechselrichter ..... 343

Gleichstromsteller, U-Umrichter-Prinzip ..... 344

U-Umrichter ..... 345

Ansteuerschaltungen für Halbleiter ..... 346

Glättung und Spannungsstabilisierung ..... 347

Grundlagen der Schaltnetzteile ..... 348

Schaltnetzteile ..... 349

Schaltransistor und Kippschaltungen ..... 350

Halbleiterrelais ..... 351

Kleinsteuerung easy ..... 352

Kleinsteuerung Logo! ..... 353

Struktogramme und Programmablaufpläne ..... 354

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS ..... 355

Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer ... 356

Steueranweisungen für SPS ..... 357

Programmbeispiele für SPS ..... 359

Zähler und Zeitglieder in SPS ..... 360

Programmiersprachen Strukturierter Text ST, Ablaufsprache AS ..... 361

Programmstruktur für SPS S7 ..... 362

Wortverarbeitung bei SPS ..... 363

Ablaufsteuerung mit GRAFCET ..... 364

Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse .. 366

Steuerungstechnik ..... 367

Elektronische Steuerung von Verbrauchsmitteln .. 368

Grenzwerte der Anschlussleistung im öffentlichen Netz ..... 369

Hilfsstromkreise ..... 370

Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen ..... 371

Architekturen von Steuerungen ..... 372

Elektrische Niederspannungsausrüstung von Maschinen ..... 373

Schütze ..... 374

Spezielle Schützarten ..... 375

Kennzeichnung und Antriebe der Schütze	376	Weitere Leitungen für feste Verlegung	436
Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen	377	Leitungen zum Anschluss ortsveränderlicher Betriebsmittel	437
Schützsicherungen	378	Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	438
Schützsicherung mit Steuerleinrichtung	380	Leitungen in Datenetzen	439
Motorschutz	381	Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung	440
Elektronischer Motorschutz	382	Multimediaverkabelung im Heimbereich	441
Steuerung durch Motorschalter	383	Code zur Farbkennzeichnung, Starkstromkabel	442
Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken)	384	Kabel für die Energieverteilung	443
Näherungsschalter (Sensoren)	385	Steckvorrichtungen der Energietechnik	444
Ultraschall-Sensoren	386	Steckverbinder	445
Regelungstechnik	387	Steckverbinder RJ45 und RJ11	446
Unstetige Regelglieder	388	Lötfreie Anschlussstechnik	447
Digitale stetige Regelglieder	389	Installationsrohre	448
Analoge stetige Regelglieder	390	Dübel	449
Digitale Regelung	391	Bezeichnungsbeispiele für Schrauben und Muttern	450
Einstellung von Regelkreisen	392	Metrische ISO-Gewine	451
Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei Maschinen	394	Toleranzen und Passungen	452
Effizienz von elektrischen Antrieben	395		
Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung	396		
Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren)	397	<b>Teil BU:</b>	
Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen	398	<b>Betrieb und sein Umfeld, Umwelttechnik, Anhang</b>	<b>453</b>
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	399	Organisationsformen der Unternehmen	454
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	400	Organisation der Arbeit	455
Drehstrommotoren	401	Arbeitsplanung, Netzplantechnik	456
Polumschaltbare Motoren	402	Arbeiten im Team	457
Fehlerbeseitigung bei Drehstrom-Asynchronmotoren	403	Umgang mit Konflikten	458
Einphasen-Wechselstrommotoren	404	Prozesse analysieren und gestalten	459
Gleichstrommotoren	405	Vorbereitung einer Präsentation	460
Servomotoren	406	Präsentation eines Projektes	461
Ansteuerung von Servomotoren	407	Diagramme für Präsentationen	462
Schrittmotoren	408	Durchführung von Projekten	463
Kleinstmotoren	409	Systematisches Marketing	464
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe für Kleinstmotoren	410	Kommunikation mit Kunden	465
Linearantriebe	411	Durchführung von Kundenschulungen	466
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe	412	Bestandteile eines Tarifvertrages	467
Prüfung elektrischer Maschinen	413	Rechtsgeschäfte des Betriebes	468
Antriebstechnik	414	Kosten und Kennzahlen	469
Wahl des Antriebsmotors	415	Kalkulation der Kosten	470
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	416	Erstellen eines Angebotes	471
Planung von Automatisierungsanlagen	417	Lastenheft-Pflichtenheft	472
EU-Maschinenrichtlinie	418	Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation	473
		Zertifizierung, Auditierung	474
		Gefährliche Stoffe	475
<b>Teil W:</b>		Risiko-Sätze (H-Sätze) für Gefahrstoffe	476
<b>Werkstoffe, Verbindungstechnik</b>	<b>419</b>	Sicherheitsratschläge (P-Sätze) für Gefahrstoffe	477
Periodensystem, chemische Bindung	420	Umgang mit Elektroschrott	478
Stoffwerte	421	Normen	479
Stahnormung	422	Wichtige Normen	480
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle)	423	Wichtige Teile des VDE Vorschriftenwerkes	483
Magnetisierungskennlinien	424	Teile von DIN VDE 0100	484
Magnetwerkstoffe	425	Brandschutzschalter	486
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten	426	Glossar	487
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen	427	Kurzformen von Fachbegriffen	493
Isolierstoffe	428	Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch)	501
Kunststoffe als Isolierstoffe	430	Bildquellenverzeichnis	510
Weitere Isolierstoffe	431	Sachwortverzeichnis ( mit fachlichem Englisch)	511
Hilfsstoffe	432	Unterstützende Firmen und Dienststellen	533
Leitungen und Kabel	433	Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	536
Isolierte Starkstromleitungen	434		
Starkstromleitungen	435		

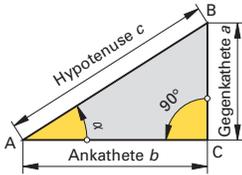
## Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches, Prüfungsteile

### Selection of Learning Fields, relevant Sections of this Book, Parts for Exams

Lernfeld	Lernfeld (Aufgabe)	enthalten im Hauptabschnitt HA vom Tabellenbuch Elektrotechnik		Prüfung	
				Teil	
		HA	Seiten (Beispiele)	1	2
1	Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	G TM	Durchführung von Projekten, Arbeitssicherheit, Unfallverhütung, Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, RLC-Schaltungen Schaltzeichen, Stromlaufpläne, Kennlinien	X	X
2	Elektrische Installationen planen und ausführen	TM EI W	Installationspläne, Schaltzeichen Ausschaltung, Serienschaltung, Wechselschaltungen, Lichttechnik, Beleuchtungstechnik, Gebäudesystemtechnik Leitungen in Niederspannungsanlagen	X	X
3	Steuerungen analysieren und anpassen	TM IK AS	Schaltzeichen, Arten von Diagrammen, Messinstrumente Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Mikrocomputer Verstärker, Operationsverstärker, Schütze	X	X
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen	G TM IK	Filter, Oberschwingungen, Kühlung DA-Umsetzer, AD-Umsetzer, analoge Informationsverarbeitung, Codeumsetzer, Oszilloskop Dualzahlen, Binär-codes, Funk-LAN, PROFIBUS, Industrial Ethernet, Internet-Zugang, Antennen	X	X
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten	TM SE	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen Freileitungen, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz, Lichtschranken	X	X
6	Anlagen und Geräte analysieren und prüfen	TM SE W	Halbleiterspeicher, optische Speicher, Schnittstellen, Bildschirmarbeitsplätze, Leitungen, Steckverbinder	X	X
7	Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren	AS	Sensoren, Messwerterfassung, Aktoren, Ablauf-Funktionspläne, Kleinststeuerungen, SPS, SPS-Programmierung, Regelungstechnik, Drehzahlregelung		X
8	Antriebssysteme auswählen und integrieren	G AS	Dreiphasenwechselstrom, Drehstrom Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen Pneumatik, Hydraulik		X
9	Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren	TM EI IK	Schaltpläne, Dokumentation über Anlagen Gefahrenmeldeanlagen, Videoüberwachung Modulationen, Demodulationen, Ethernet		X
10	Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instandhalten	EI AS IK	Hausanschluss, Leitungsberechnung, KNX-TP EU-Maschinenrichtlinie, USV-Systeme, Überspannungsschutz Funksteuerung, PROFINET, Gateways		X
11	Energietechnische Anlagen in Betrieb nehmen und in Stand setzen	EI AS	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott Überwachung der Stromkreise, Anlagendiagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne		X
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren	BU AS	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft Antriebe von Schützen, Kleinststeuerungen, Schüttschaltungen, Hilfsstromkreise		X
13	Energie- und gebäudetechnische Anlagen in Stand halten und ändern	SE IK AS	Photovoltaik, Qualität der Stromversorgung Anschluss an das Telefonnetz, Antennen, Überlast- und Kurzschlusschutz		X

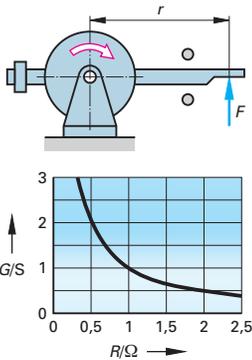
Automatisierungstechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Baumann u. a.
Betrieb von elektrischen Anlagen	VDE-Verlag, Berlin	DIN VDE 0105
Digitale Übertragungstechnik	B. G. Teubner, Stuttgart	Gerdsen
Drehzahlvariable Drehstromantriebe mit Asynchronmotoren	VDE-Verlag, Berlin	Budig
Elektrische Niederspannungsanlagen von Gebäuden	VDE-Verlag, Berlin	DIN VDE 0100
Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	Beuth-Verlag, Berlin	DIN 18015
Fachwissen Betriebs- und Antriebstechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Fritsche u. a.
Elektrische Energieversorgung	Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden	Heuck u. a.
Elektrische Messgeräte und Messverfahren	Springer-Verlag, Berlin	Jahn u. a.
EMV nach VDE 0100	VDE-Verlag, Berlin	Rudolph u. a.
Fachkunde Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Tkocz u. a.
Fachkunde Industrieelektronik und Informationstechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Grimm u. a.
Handbuch Elektromagnetische Verträglichkeit	VDE-Verlag GmbH, Berlin	Habiger u. a.
Handbuch Elektrotechnik	Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden	Böge u. a.
IT-Handbuch	Westermann-Schulbuchverlag, Braunschweig	Hübscher u. a.
Leistungselektronik	Carl Hanser Verlag, München	Bystron
Moderne Leistungselektronik und Antriebe	VDE-Verlag, Berlin	Hofer
Netzurückwirkungen	VDE-Verlag, Berlin und VVEW-Energieverlag, Frankfurt a.M.	Hörmann u. a.
Optische Übertragungstechnik	Hüthig & Pflaum Verlag, München/Heidelberg	Wrobel u. a.
Professionelle Stromversorgung	Franzis-Verlag GmbH, München	Freyer
Praxis Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Feustel u. a.
Schutz durch DIN VDE 0100	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Fritsche u. a.
Sensoren, Messaufnehmer	expertverlag, Renningen	Bonfig u. a.
Tabellenbuch industrielle Computertechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Grimm u. a.
Tabellenbuch Informations- und Systemtechnik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	Burgmaier u. a.
Tabellenbuch Mechatronik	Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Grünten	G. Häberle u. a.
Taschenbuch Elektrotechnik	Carl Hanser Verlag, München	Philipow u. a.
Transformatoren	VDE-Verlag, Berlin und VVEW-Energieverlag, Frankfurt a.M.	Janus u. a.

**Mathematik**



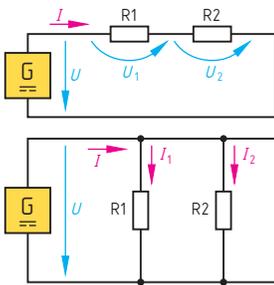
Formelzeichen dieses Buches .....	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches ..	13
Internationale Formelzeichen .....	14
Größen und Einheiten .....	15
Mathematische Zeichen .....	17
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung ..	18
Logarithmisches Maß Dezibel .....	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen .....	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen .....	21

**Physik**



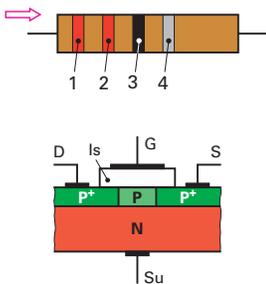
Längen und Flächen .....	22
Körper und Masse .....	23
Masse, Kraft, Druck, Kraftmoment .....	24
Bewegungslehre .....	25
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie ..	26
Übersetzungen .....	27
Wärme .....	29
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand .....	30
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit .....	31
Elektrisches Feld, Kondensator .....	32
Wechselgrößen, Wellenlänge .....	33
Magnetisches Feld, Spule .....	35
Elektrische Feldstärken und magnetische Feldstärken ..	36
Strom im Magnetfeld, Induktion .....	37

**Schaltungstheorie**



Schaltungen von Widerständen .....	38
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler ..	39
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung ..	41
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten ..	42
Schalten von Kondensatoren und Spulen .....	43
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	46
Einfache Filter .....	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) .....	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkwandlungen, Brückenschaltung .....	49
Oberschwingungen .....	50

**Bauelemente**



Widerstände und Kondensatoren .....	51
Halbleiterwiderstände .....	55
Dioden .....	56
IGBTs, Feldeffekttransistoren .....	57
Bipolare Transistoren .....	58
Thyristorarten .....	59
Gehäuseformen von Dioden, Transistoren und ICs .....	61
Magnetfeldabhängige Bauelemente .....	62
Fotoelektrische Bauelemente .....	63
Schutzbeschaltung von Dioden und Transistoren .....	64
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen .....	66

G

Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
<b>Kleinbuchstaben</b>		<b>Großbuchstaben</b>		<b>Griechische Kleinbuchstaben</b>	
<i>a</i>	Beschleunigung	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt 2. Ablenkkoeffizient 3. Dämpfungsmaß	$\alpha$ (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	$\beta$ (beta)	1. Winkel 2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen 4. Beiwert	<i>C</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität	$\gamma$ (gamma)	1. Winkel 2. Leitfähigkeit
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor	<i>D</i>	1. Elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor	$\delta$ (delta)	Verlustwinkel
<i>e</i>	Elementarladung	<i>E</i>	1. elektrische Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke	$\epsilon_0$	elektrische Feldkonstante
<i>f</i>	Frequenz	<i>F</i>	1. Kraft, 2. Faktor, 3. Fehler	$\epsilon$ (epsilon)	Permittivität
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient 2. Tastgrad	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Gewichtskraft	$\zeta$ (zeta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
<i>h</i>	Höhe	<i>H</i>	magnetische Feldstärke	$\eta$ (eta)	Wirkungsgrad
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	1. Stromstärke, 2. Lichtstärke	$\vartheta$ (theta)	Temperatur in °C
<i>l</i>	1. Länge 2. Abstand	<i>J</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	$\kappa$ (kappa)	Leitfähigkeit (neben $\gamma$ üblich)
<i>m</i>	1. Masse 2. Strangzahl	<i>K</i>	1. Konstante 2. Faktor 3. Kapital	$\lambda$ (lambda)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>L</i>	1. Induktivität 2. Pegel	$\mu$ (müh)	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck 3. Prozentsatz	<i>M</i>	1. Kraftmoment 2. Speicherkapazität	$\mu_0$	magn. Feldkonstante
<i>q</i>	Querstromverhältnis	<i>N</i>	Windungszahl	$\pi$ (pi)	Zahl 3,1415926...
<i>r</i>	1. Radius 2. Rate 3. differentieller Widerstand	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	$\rho$ (rho)	1. spezifischer Widerstand 2. Dichte
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke 2. Siebfaktor 3. bezogener Schlupf 4. Korrektur	<i>Q</i>	1. Ladung, 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Gütefaktor	$\sigma$ (sigma)	1. Streufaktor 2. mechanische Spannung
<i>t</i>	Zeit	<i>R</i>	1. Wirkwiderstand 2. Federrate 3. Festigkeit	$\tau$ (tau)	Zeitkonstante
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit 3. Schlupf (absolut) 4. Übertragungsgröße	$\varphi$ (phi)	Winkel, insbesondere Phasenverschiebungswinkel
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	$\omega$ (omega)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>U</i>	Spannung	<b>Griechische Großbuchstaben</b>	
<i>w</i>	1. Energiedichte 2. Führungsgröße	<i>V</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor	$\Delta$ (Delta)	Differenz
<i>x</i>	Regelgröße	<i>W</i>	1. Arbeit 2. Energie	$\Theta$ (Theta)	elektrische Durchflutung
<i>y</i>	Stellgröße	<i>X</i>	Blindwiderstand	$\Phi$ (Phi)	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
<i>z</i>	ganze Zahl, z. B. Lagenzahl	<i>Y</i>	Scheinleitwert	$\Psi$ (Psi)	elektrischer Fluss
		<i>Z</i>	1. Impedanz, Scheinwiderstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswiderstand	$\Omega$ (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

## Indexes and Signs for Formula Symbols in this Book

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

G

Größe	Formelzeichen bisher	Formelzeichen ab Oktober 2010		Einheit, Einheitenzeichen
		Vorzugszeichen	Ausweichzeichen	
<b>Stromstärken und verwandte Größen</b>				
Bemessungsstrom	$I_N$	$I_{\text{rat}}$ oder $I_r$	$I_N$	Ampere, A
Nennstrom	$I_n$	$I_n$ oder $I_{\text{nom}}$	–	
Dauerkurzschlussstrom	$I_{\text{kd}}$	$I_k$	$I_{\text{SC}}$	
Stoßkurzschlussstrom	$I_s$	$\hat{I}_k$	$\hat{I}_{\text{SC}}$	
Stoßkurzschlusswechselstrom	$i_s$	$I_{\text{kO}}$	$I_{\text{SCO}}$	
transienter Strom (kurzzeitiger Strom)	$i$	$I_k'$	$I_{\text{SC}}'$	
Subtransienter Strom (sehr kurzzeitiger Strom)	$i_s$	$I_k''$	$I_{\text{SC}}''$	
Strombelag	$I'$	A	entfällt	Ampere je Meter, A/m
<b>Spannungen und verwandte Größen</b>				
Bemessungsspannung	$U_N$	$U_{\text{rat}}$ oder $U_r$	$U_N$	Volt, V
Nennspannung	$U_n$	entfällt	entfällt	
Induzierte Spannung	$U_i$	$U_g$		
Leerlaufspannung	$U_o$	$U_o$		
<b>Leistungen und verwandte Größen</b>				
Bemessungsleistung	$P_N$	$P_{\text{rat}}$ oder $P_r$	$P_N$	Watt, W
Bemessungsscheinleistung	$S_N$	$S_{\text{rat}}$ oder $S_r$	$S_N$	Voltampere, VA
Nennleistung	$P_n$	$P_n$ oder $P_{\text{nom}}$	entfällt	Watt, W
Eingangsleistung	$P_1$ oder $P_e$	$P_{\text{in}}$		
Ausgangsleistung	$P_2$ oder $P_a$	$P_{\text{out}}$		
mechanische Leistung	$P$	$P_{\text{mec}}$		
Verlustleistung	$P_v$	$P_t$		
Leistungsfaktor	$\cos \varphi$	$\lambda$ (Lambda)		
Wirkfaktor	–	$\cos \varphi$		eins (keine Einheit)
<b>Kraftmomente, Drehmomente</b>				
Drehmoment, Kraftmoment	$M$	$T$ (von Torsion)	$M$	Newtonmeter, Nm
Nennmoment	$M_n$	entfällt	entfällt	
Bemessungsmoment	$M_N$	$T_{\text{rat}}$ oder $T_r$	$M_{\text{rat}}$ oder $M_r$	
Kippdrehmoment	$M_K$	$T_b$	$M_b$	
Haltemoment	$M_H$	$T_H$	$M_H$	
Sattelmoment	$M_S$	$T_u$	$M_u$	
Anzugsmoment	$M_A$	$T_l$	$M_l$	
<p>nom von nominal = Nenn-, rat von rated = bewertet, <math>T</math> von torque = Drehmoment, Wirkfaktor = Kosinus der Grundschwingung (ohne Oberschwingungen), Leistungsfaktor = Verhältnis Wirkleistung zu Scheinleistung (mit Oberschwingungen)</p>				

## Größen und Einheiten Quantities and Units 1

G

Größe	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
<b>Länge, Fläche, Volumen, Winkel</b>			<b>Elektrizität</b>		
Länge	Meter (Seemeile) (Meile) (Zoll, Inch)	m 1 sm = 1852 m 1 ml = 1609,344 m 1" = 25,4 mm	elektrische Ladung, elektrischer Fluss	Coulomb	1 C = 1 A · 1 s = 1 As
Fläche	Quadratmeter	m <sup>2</sup>	Flächenladungs- dichte, elektrische Flussdichte	Coulomb je Quadratmeter	C/m <sup>2</sup>
Volumen	Kubikmeter (Liter)	m <sup>3</sup> 1 l = 1 dm <sup>3</sup> = = 1/1000 m <sup>3</sup>	Raumladungs- dichte	Coulomb je Kubikmeter	C/m <sup>3</sup>
Winkel (ebener) (siehe Seite 20)	Radian (Grad)	rad 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad,	elektr. Spannung, elektr. Potenzial	Volt	1 V = 1 J/C
Raumwinkel	Steradian	sr	elektr. Feldstärke	Volt je Meter	1 V/m = 1 N/C
<b>Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung</b>			elektr. Kapazität	Farad	1 F = 1 As/V = 1 C/V
Zeit	Sekunde (Minute) (Stunde)  (Tag)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s = 24 h	elektr. Strombelag	Ampere je Meter	A/m
Frequenz	Hertz	1 Hz = 1/s	Permittivität, Dielektrizitäts- konstante	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
Drehzahl, Um- drehungsfrequenz	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min	elektr. Stromstärke	Ampere	1 A = 1 C/s
Kreisfrequenz	je Sekunde	1/s	elektr. Stromdichte	Ampere je m <sup>2</sup>	A/m <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	Meter je Se- kunde (Knoten)	m/s 1 kn = 1 sm/h = 0,5144 m/s  1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand, Blindwiderstand, Scheinwiderstand	Ohm	1 Ω = 1 V/A
Winkel- geschwindigkeit	Radian je Sekunde	rad/s	elektr. Wirkleit- wert, Blindleitwert, Scheinleitwert	Siemens	1 S = $\frac{1}{1\Omega}$
Beschleunigung	–	m/s <sup>2</sup>	spezifischer elektr. Widerstand	Ohmmeter	1 Ωm = 100 Ωcm 1 Ωmm <sup>2</sup> /m = 1 μΩm
<b>Mechanik</b>			elektrische Leit- fähigkeit	Siemens je Meter	1 Sm/mm <sup>2</sup> = 1 MS/m
Masse	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg 1 Kt = 0,2 g 1 t = 1000 kg	Leistung	Watt	1 W = 1 V · 1 A
Dichte	–	kg/m <sup>3</sup> , kg/dm <sup>3</sup>	Blindleistung	(Var)	1 var = 1 V · 1 A
Trägheitsmoment	–	kg · m <sup>2</sup>	Scheinleistung	(VA)	1 VA = 1 V · 1 A
Kraft	Newton	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>	Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A
Kraftmoment, Drehmoment	–	Nm	Arbeit, Energie	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Impuls	Newtonsek.	1 Ns = 1 kg · m/s	<b>Magnetismus</b>		
Druck	Pascal (Bar)	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm <sup>2</sup>	elektrische Durchflutung	Ampere	A
Flächenpressung, Festigkeit, Elastizitätsmodul	–	N/mm <sup>2</sup>	magn. Feldstärke	Ampere je Meter	A/m
Arbeit, Energie	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	magnetischer Fluss	Weber	1 Wb = 1 T · 1 m <sup>2</sup> = 1 Vs
Leistung	Watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s	magn. Flussdichte magn. Polarisation	Tesla	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup> = 1 Vs/m <sup>2</sup>
			Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A
			Permeabilität	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
			magn. Widerstand	–	1/H = A/Vs

## Größen und Einheiten Quantities and Units 2

G

Größe	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
<b>Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)</b>			<b>Kernreaktionen, ionisierende Strahlung</b>		
Strahlungsenergie	Joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$	Aktivität einer radioaktiven Substanz	Becquerel	$1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$
Strahlungsleistung	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	Energiedosis	Gray	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
Strahlstärke	Watt/Sterad.	W/sr	Energiedosisrate	Gray je Sekunde	Gy/s
Strahldichte	–	$\text{W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$	Äquivalentdosis	Sievert	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$
Bestrahlungsstärke	–	$\text{W}/\text{m}^2$	Äquivalentdosisrate	Sievert je Sekunde	$1 \text{ Sv/s} = 1 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{s})$
<b>Licht, Optik</b>			Ionendosis	Coulomb je Kilogramm	C/kg
Lichtstärke	Candela	cd	Ionendosisrate	Ampere je Kilogramm	$1 \text{ A/kg} = 1 \text{ C}/(\text{kg} \cdot \text{s})$
Leuchtdichte	Candela je $\text{m}^2$	$\text{cd}/\text{m}^2$	<b>Akustik</b>		
Lichtstrom	Lumen	lm	Schalldruck	Pascal	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$
Lichtausbeute	Lumen je Watt	$\text{lm}/\text{W}$	Schallschnelle	Meter je Sekunde	m/s
Beleuchtungsstärke	Lux	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$	Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit)	Meter je Sekunde	m/s
Brechwert von Linsen	– (Dioptrie)	$1/\text{m}$ $1 \text{ dpt} = 1/\text{m}$	Schallfluss	–	$1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m/s}$
<b>Wärme</b>			Schallintensität	–	$\text{W}/\text{m}^2$
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$	spezifische Schallimpedanz	–	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K ( $0 \text{ K} \hat{=} -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )	akustische Impedanz	–	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$
Temperaturdifferenz	Kelvin	K	mechanische Impedanz	–	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}$
Wärme, innere Energie	Joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$	äquivalente Absorptionsfläche	Quadratmeter	$\text{m}^2$
Wärmestrom	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	<b>Sonstige Bereiche</b>		
Wärmewiderstand (von Bauelementen)	Kelvin je Watt	K/W	Entfernung in der Astronomie	(Astronomische Einheit) Parsec	$1 \text{ AE} = 149,6 \text{ Gm}$ $1 \text{ pc} = 30,857 \text{ Pm}$
Wärmeleitfähigkeit	–	$\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m})$	Lichtgeschwindigkeit	km/s	$c \approx 300\,000 \text{ km/s}$
Wärmeübergangskoeffizient	–	$\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	Lichtjahr Lj	km	$1 \text{ Lj} = 9,461 \cdot 10^{12} \text{ km}$
Wärmekapazität, Entropie	Joule je Kelvin	J/K	Masse in der Atomphysik	(Atomare Masseneinheit)	$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
spezifische Wärmekapazität	–	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen	Tex	$1 \text{ tex} = 1 \text{ g}/\text{kg}$
<b>Chemie, Molekularphysik</b>			Fläche von Grundstücken	Ar Hektar	$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$
Stoffmenge	Mol	mol			
Stoffmengenkonzentration	–	$\text{mol}/\text{m}^3$			
stoffmengenbezogenes Volumen (molares Volumen)	–	$\text{m}^3/\text{mol}$			
Molalität	–	$\text{mol}/\text{kg}$			
molare Masse	–	$\text{kg}/\text{mol}$			
molare Wärmekapazität	–	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$			
Diffusionskoeffizient	–	$\text{m}^2/\text{s}$			

## Mathematische Zeichen Mathematical Symbols

Mathematische Zeichen Mathematical Symbols					
Zeichen	Bedeutung	Beispiel	Zeichen	Bedeutung	Beispiel
<b>Allgemeine Zeichen</b>			<b>Geometrie, Vektoren</b>		
... n ...	und so weiter bis n und so unbegrenzt weiter	$k = 1, 2, 3, \dots, n$ $n = 1, 2, 3, \dots$ $\sqrt{2} = 1,41421 \dots$	$\infty$ $\rightarrow$ $f(x)$ i oder j $\underline{\underline{Z}}$	unendlich gegen, nähert sich, geht über Funktion von x imaginäre Einheit komplexe Größe Z	$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$ $x \rightarrow a, x$ nähert sich dem Wert a $f(I) = I^2 \cdot R$ $i^2 = j^2 = -1$ $\underline{\underline{Z}} = R + jX$
<b>Schaltalgebra</b>			<b>Geometrie, Vektoren</b>		
$\neg a, \bar{a}$ $\wedge$ $\vee$ $\bar{\wedge}$ $\bar{\vee}$	NICHT a (NOT a) UND (AND) ODER (OR) NICHT UND (NAND) NICHT ODER (NOR)	$\overline{a \wedge b} = \neg (a \wedge b)$ $a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$ $a \vee b$ oder $\vee (a, b)$ $a \bar{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$ $a \bar{\vee} b = \overline{a \vee b}$	$\parallel$ $\uparrow\uparrow$ $\uparrow\downarrow$ $\perp$ $\triangle$ $\cong$ $\sim$ $\sphericalangle$ $\overline{AB}$ $\widehat{AB}$ $\vec{A}, \vec{B}$ $ \vec{A} $	parallel gleichsinnig parallel gegensinnig parallel rechtwinklig zu, senkrecht auf Dreieck kongruent, deckungsgleich ähnlich Winkel Strecke AB Bogen AB Vektor A, Vektor B Betrag des Vektors A	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$ $g \uparrow\uparrow h$ $g_1 \uparrow\downarrow g_2$ $g \perp h$ $\triangle ABC$ $\triangle ABC \cong \triangle DEF$ $\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$ $\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC}),$ $\sphericalangle (\vec{a}, \vec{b})$ $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ $\overline{AB} = \sphericalangle \gamma$ $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ $ \vec{F}  = 50 \text{ N}$
<b>Mengenlehre</b>			<b>Potenzen, Logarithmen</b>		
$\in$ $\subset$ $\cup$ $\Rightarrow$	Element von Teilmenge Vereinigungsmenge daraus folgt	$a \in M: a$ ist Element von M $M_1 \subset M_2: M_1$ ist Teilmenge von $M_2$ $\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$ $a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	$\Delta$ $y'$ $\frac{dy}{dx}$ $\int$	Differenz y Strich dy nach dx Integral	$\Delta U = U_2 - U_1$ $y'$ ist die erste Ableitung von y, erster Differentialquotient $y' = dy/dx$ $\int f(x) dx, \int_a^b f(x) dx$
<b>Arithmetik</b>			<b>Trigonometrie</b>		
$=$ $\neq$ $\sim$ $\approx$ $\cong$ $<$ $>$ $\leq$ $\geq$ $\ll$ $\gg$ $\cdot, \times$ $-, /, :$ $\%$ $\text{‰}$ ( ), [ ], { } $ z $ $n!$ $\Sigma$ $\Pi$ $\sqrt{\quad}$ $\sqrt[n]{\quad}$ $\pi$	gleich nicht gleich, ungleich proportional etwa entspricht kleiner als größer als kleiner gleich größer gleich wesentlich kleiner wesentlich größer mal, multipliziert durch, geteilt, zu, dividiert Prozent, von Hundert Promille, von Tausend runde, eckige, geschweifte, spitze Klammern Betrag von z n Fakultät Summe Produkt Quadratwurzel aus n-te Wurzel aus pi	$P = U \cdot I$ $4 \neq 5$ $u \sim r$ $\pi \approx 3,14$ $1 \text{ cm} \cong 20 \text{ N}$ $2 < 3$ $5 > 2$ $a \leq 10$ $n \geq 7$ $R \ll 100 \text{ k}\Omega$ $R_x \gg R_n$ $a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$ $\frac{7}{2} = 7/2 = 7 : 2$ $1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$ $1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$ $[a(b-c) + d]^2$ $ 4  = 4,  -7  = 7$ $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n, 3! = 6$ $\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $\Pi k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$ $\sqrt{16} = 4$ $\sqrt[3]{8} = 2$ $\pi = 3,14159 \dots$	$a^x$ exp log log <sub>a</sub> lg lb ln	a hoch x Exponentialfunktion allgemeiner Logarithmus Logarithmus zur Basis a Zehnerlogarithmus Zweierlogarithmus natürlicher Logarithmus	$5^3, 10^x$ $\text{exp } x = e^x, \text{ mite} = 2,718 \dots$ $\log_3 9 = 2$ $\lg 2 = 0,30103 \dots$ $\text{lb } 8 = 3$ $\ln 10 = 2,3025 \dots$ $\sin \alpha$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $= (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$ $\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$ $\cot \alpha = 1 / \tan \alpha$ $\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$ $\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$ $\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$ $\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$

# 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	1000	10 000	100 000	1000 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	$2^{-7}$	$2^{-6}$	$2^{-5}$	$2^{-4}$	$2^{-3}$	$2^{-2}$	$2^{-1}$	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$	$2^5$	$2^6$	$2^7$

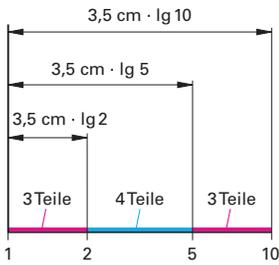
### Dezimale Vorsätze

### Binäre Vorsätze

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

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

### Logarithmen



Logarithmische Teilung

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

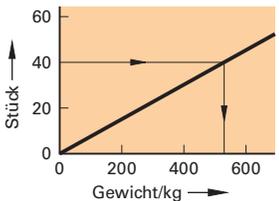
Der Zehnerlogarithmus (lg) hat die Basis 10. Der natürliche Logarithmus (ln) hat die Basis der e-Funktion (e = 2,718...). Der Zweierlogarithmus (lb) hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

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

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

### Dreisatzrechnung



Dreisatzrechnung für ein proportionales Verhältnis

Lösungsschritte	Beispiel
<b>Proportionales Verhältnis</b> (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 · a/n kg
<b>Invers proportionales Verhältnis</b> (Einheit durch Multiplikation)	
1. Aussage 2. Berechnung für 1 Objekt 3. Berechnung für z Objekte	n Arbeiter brauchen a Stunden 1 Arbeiter braucht n · a Stunden z Arbeiter brauchen n · a/z Stunden

Logarithmisches Maß Dezibel

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

**Pegel in dB(\*)** (\* steht für ergänzende Angabe)

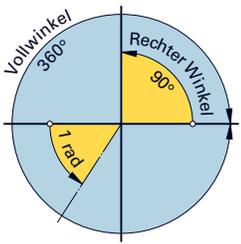
<b>Pegel, allgemein</b>	Ein Pegel ist der Abstand von einem vereinbarten Bezugswert aus.	Der Bezugswert sollte bei Pegelangaben genannt werden.
<b>Leistungspegel L<sub>P</sub></b> Kennzeichnung durch dB (1mW) oder dBm,  Spannungspegel L <sub>U</sub> Kennzeichnung durch dB (1µV) oder dBm = dB (1mV)  Schalldruckpegel L <sub>p</sub> eigentlich Kennzeichnung durch dB (20 µN/m <sup>2</sup> )	<b>Leistungspegel</b> $L_P = 10 \lg (P/1 \text{ mW})$ <b>12</b> <b>Spannungspegel</b> $L_U = 20 \lg (U/1 \mu\text{V})$ <b>13</b> <b>Schalldruckpegel</b> $L_P = 20 \lg (p/20 \mu\text{N}/\text{m}^2)$ <b>14</b>	Die vereinbarten Bezugswerte sind bei L <sub>P</sub> 1 mW, bei L <sub>U</sub> 1 mV, bei L <sub>p</sub> 20 µN/m <sup>2</sup> .  <b>Beispiel 3:</b> Eine Antenne liefert 80 mV. L <sub>U</sub> = ? $L_U = 20 \lg (U/1 \text{ mV}) = 38 \text{ dBm}$
<b>Bewerteter Schalldruckpegel</b> 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.

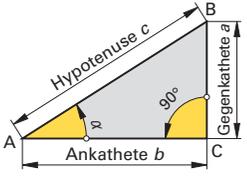
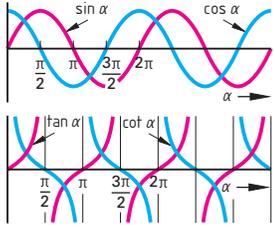
A Dämpfungsmaß (von attenuation)	L <sub>U</sub> Spannungspegel	U Spannung
D Dämpfungsfaktor	lg Zehnerlogarithmus	V Verstärkungsfaktor
G Verstärkungsmaß (von gain)	P Leistung	Indizes:
L <sub>P</sub> Leistungspegel (von level)	p Druck	1 Eingang, 2 Ausgang der Übertragungsstrecke
L <sub>p</sub> Schalldruckpegel	T Übertragungsfaktor	

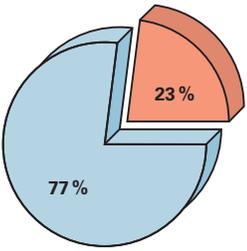
# Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen

## Angles, Trigonometric Functions, Percentage Calculation

G

Abbildungen	Erklärungen	Bemerkungen, Formeln												
<b>Winkel</b>														
 <p style="text-align: center;"><b>Winkelmaße</b></p>	<p>Der Winkel hat die Einheiten Grad, Neugrad oder Radiant.</p> <p>Der <i>Vollwinkel</i> beträgt</p> <p>a) in Grad 360°                  b) in Neugrad 400 gon                  c) in Radiant 2π rad</p> <p>Die Einheit Radiant entspricht in einem Kreis dem Verhältnis von Kreisbogenlänge zum Kreisradius.</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <math display="block">\alpha_r = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">1</p> <p>1 rad = <math>\frac{360^\circ}{2\pi} = 57,296^\circ</math></p>	<p><b>Wichtige Winkel</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Vollwinkel</th> <th>Gestreckter Winkel</th> <th>Rechter Winkel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>360°</td> <td>180°</td> <td>90°</td> </tr> <tr> <td>2 · π rad</td> <td>π rad</td> <td><math>\frac{\pi}{2}</math> rad</td> </tr> <tr> <td>400 gon</td> <td>200 gon</td> <td>100 gon</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">In der Vermessungstechnik noch üblich: 1 gon = (π/200) rad</p>	Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel	360°	180°	90°	2 · π rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad	400 gon	200 gon	100 gon
Vollwinkel	Gestreckter Winkel	Rechter Winkel												
360°	180°	90°												
2 · π rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad												
400 gon	200 gon	100 gon												

<b>Winkelfunktionen</b>		
 <p style="text-align: center;"><b>Rechtwinkliges Dreieck</b></p>	<p>Die längste Seite (<i>c</i>) des rechtwinkligen Dreiecks nennt man <i>Hypotenuse</i>. Sie liegt dem rechten Winkel gegenüber. Die beiden anderen Seiten (<i>a</i> und <i>b</i>) des Dreiecks bilden den rechten Winkel. Diese Seiten bezeichnet man als <i>Katheten</i>. Dem spitzen Winkel <math>\alpha</math> gegenüber liegt seine Gegenkathete (<i>a</i>). Die dem Winkel <math>\alpha</math> anliegende Kathete ist seine <i>Ankathete</i> (<i>b</i>).</p>	<p>Einen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck kann man durch seine Winkelgrade oder durch das <i>Verhältnis zweier Dreiecksseiten</i> festlegen. Das Seitenverhältnis hängt von der Größe des Winkels ab. Deshalb nennt man Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck <i>Winkelfunktionen</i> (Funktion = Abhängigkeit) oder trigonometrische Funktionen.</p>
 <p style="text-align: center;"><b>Winkelfunktionen</b></p>	<p>Sinus = <math>\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}</math></p> <p>Kosinus = <math>\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}</math></p> <p>Tangens = <math>\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}</math></p> <p>Kotangens = <math>\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}</math></p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">\sin \alpha = \frac{a}{c}</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">\cos \alpha = \frac{b}{c}</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">\tan \alpha = \frac{a}{b}</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">\cot \alpha = \frac{b}{a}</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">2 3 4 5</p>

<b>Prozentrechnen</b>		
	<p>Prozent (lat. pro cent) bedeutet „von Hundert“. Die Gesamtmenge (Grundmenge) setzt man immer gleich Hundert, die Teilmenge (Prozentsatz) drückt man in Prozent (= Hundertstel) aus.</p> <p style="text-align: center;">23% von 300 € sind <b>69 €</b></p> <p style="text-align: center;"> <span style="font-size: small;">Prozentsatz</span> <span style="font-size: small;">Grundwert</span> <span style="font-size: small;">Prozentwert</span> </p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <math display="block">\text{Prozentsatz} = \frac{100 \cdot \text{Prozentwert}}{\text{Grundwert}}</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">8</p>	<p>Prozentberechnung</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">p = \frac{P \cdot 100\%}{G}</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">6</p> <p>Zinsberechnung</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">Z = \frac{K_0 \cdot p \cdot n}{100\%}</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">7</p> <p>Zinseszinsberechnung</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^n</math> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">9</p>
<p><i>a, b, c</i> Seiten im rechth. Dreieck</p> <p><i>G</i> Grundwert</p> <p><i>K<sub>0</sub></i> Anfangskapital</p> <p><i>K<sub>n</sub></i> Kapital nach <i>n</i> Jahren</p>	<p><i>n</i> Laufzeit in Jahren</p> <p><i>P</i> Prozentwert</p> <p><i>p</i> Prozentsatz in %, Zinssatz in %</p> <p><i>Z</i> Zinsen je Jahr</p>	<p><math>\alpha, \beta, \gamma</math> Winkel im Dreieck</p> <p><math>\alpha^\circ</math> Winkel in Grad</p> <p><math>\alpha_r</math> Winkel in Radiant</p>