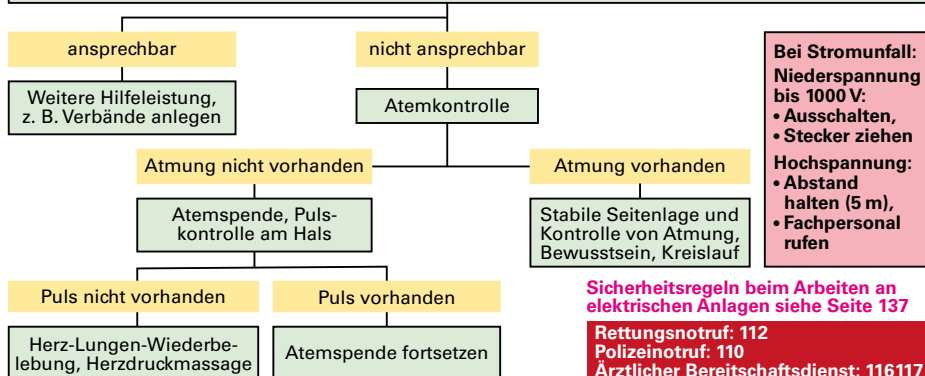


# Erste Hilfe am Arbeitsplatz

First Aid at the Workplace

Begriff	Erklärung	Bemerkungen
Grundregeln	Für Verunfallte ist grundsätzlich ärztliche Hilfe notwendig und es ist der Notarzt zu verständigen. Nach § 323 c des Strafgesetzbuchs droht demjenigen eine Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder eine Geldstrafe, der bei einem Unglücksfall vorsätzlich nicht Hilfe leistet, obwohl dies erforderlich und ihm zuzumuten ist.	<b>Bei einem Notfall ist mitzuteilen:</b> Wo ist der Notfall? Warten auf Fragen. Was ist geschehen? Wie viele Verletzte/Erkrankte? Welche Verletzungen/Erkrankungen?
Notrufnummern	Einheitliche Rufnummern: • <b>110</b> Polizeileitstelle • <b>112</b> Feuer- und Rettungsleitstelle	Weiterhin gibt es je nach Bundesland oder Unternehmen noch andere Rufnummern.
Aufzeichnung von Erste-Hilfe-Leistungen	Jede Erste-Hilfe-Leistung am Arbeitsplatz muss aufgezeichnet und mindestens fünf Jahre aufbewahrt werden.	Aus den Aufzeichnungen müssen Zeit, Ort, Herkunft des Unfalls, sowie Art und Umfang der Verletzung hervorgehen.
Ersthelfer	In Unternehmen von 2 bis 20 anwesenden Versicherten ist ein Ersthelfer zu bestellen. Bei mehr als 20 Beschäftigten sind in Verwaltungs- und Handelsbetrieben 5 %, in allen anderen Betrieben 10 % der Belegschaft als Ersthelfer auszubilden.	Ersthelfer werden in einem Erste-Hilfe-Lehrgang durch besondere Organisationen, z.B. Deutsches Rotes Kreuz oder Malteser Hilfsdienst, ausgebildet. In allen betrieblichen Bereichen muss mindestens ein Ersthelfer anwesend sein.
Sanitätsraum	Ein Sanitätsraum ist erforderlich bei mehr als 1 000 Arbeitnehmern, bei mehr als 100 Arbeitnehmern, wenn besondere Unfallgefahren gegeben sind, auf Baustellen mit mehr als 50 Arbeitnehmern.	Erste-Hilfe-Mittel, z.B. Verbandskästen und Tragen, werden üblicherweise im Sanitätsraum aufbewahrt. Die Anzahl der Verbandskästen wird durch die Anzahl der Beschäftigten bestimmt, der Inhalt durch DIN 13157 oder DIN 13169.
Elementarhilfe	Erforderlich bei Bewusstlosigkeit, Atemstillstand, Kreislaufschwäche oder Schock, Blutungen und Verbrennungen.	Elementarhilfe ist eine sofortige und notwendige Hilfe bei Unfällen. Das Plakat „Erste Hilfe“, im Aushang eines Betriebs, gibt Hinweise beim Auffinden einer Person.
Atemstillstand	Wenn keine Atmung feststellbar ist, wird die Atemspende angewandt. Dazu wird die Atemluft in Mund oder Nase des Verunglückten geblasen.	Atemwege eventuell zuvor reinigen und mit beiden Händen den Kopf nach hinten drücken.
Kreislaufschwäche, Schock	Schockzeichen sind schwacher Puls, blasse und feuchtkalte Haut. Notwendig sind Hochlagern der Beine und Schutz gegen Wärmeverlust.	Im Schockzustand stets einen Helfer beim Verletzten lassen und Zusppruch geben.
Blutungen	Stillen durch Druckverband, dabei Wunde mit steriler Auflage abdecken. Bei Schlagaderblutungen (Blut spritzt stoßweise) ist Abdrücken erforderlich.	Abbinden nur in schwersten Fällen, wenn die Blutung nicht anders zu stoppen ist. Abdrücken erfolgt durch einen in den Verband eingebundenen Gegenstand.
Verbrennungen	Behandlung, z.B. Eintauchen, mit reichlich kaltem Wasser, bei kleinen Verbrennungen.	Entfernen der Kleidung nur unter größtmöglicher Hautschonung (Infektionsgefahr).
Herzdruckmassage	2 x Atemspende zu Beginn, 30 x Herzdruckmassage, 2 x Atemspende, 30 x Herzdruckmassage usw. Lagerung auf dem Rücken, Unterlage flach und hart. Druckpunkt: Die Handballen der übereinander gelegten Hände werden auf das untere Brustbeindrittel gesetzt.	Das eigene Körpergewicht wird mit gestreckten Armen auf den Brustkorb des Verletzten übertragen. Eindringtiefe ca. 5 cm, max. 6 cm. Anzahl der Drücke je Minute: 50 bis 60.

## Maßnahmen zur Ersten Hilfe: Auffinden einer leblosen Person



**Bei Stromfall:**  
Niederspannung bis 1000 V:  
• Ausschalten,  
• Stecker ziehen  
Hochspannung:  
• Abstand halten (5 m),  
• Fachpersonal rufen

**Sicherheitsregeln beim Arbeiten an elektrischen Anlagen siehe Seite 137**

**Rettungsnotruf: 112**  
**Polizeinotruf: 110**  
**Ärztlicher Bereitschaftsdienst: 116117**



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

# Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendungen

## 31. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

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

Europa-Nr.: 30103

Europa-Nr.: 30548 XL mit Keycard

## Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., VDE	Tettngang
Häberle, Heinz †	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Häberle, Konstantin	MSc EEIT, MSc Math	Zürich
Häberle, Verena	MSc EEIT	Zürich
Isele, Dieter	Ing. (HTL), Berufsschullehrer	Lauterach
Jöckel, Hans-Walter	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Krall, Rudolf	Dipl.-Päd., Ing., Berufsschuloberlehrer	St. Leonhard
Schiemann, Bernd	Dipl.-Ing.	Durbach
Schmid, Dietmar	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Biberach a. d. Riß
Tkocz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach
Urian, Thomas	Meister der Elektrotechnik	Vilshofen

## Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tettngang

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

## Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Auszüge aus DIN-Normen mit VDE-Klassifikation sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 172.023 des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich.

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

31. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3778-7

ISBN 978-3-8085-3782-4 XL, mit Freischaltcode für das „Tabellenbuch interaktiv“

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagbilder: Icons: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt;  
Weltkugel: © erdquadrat-stock.adobe.com  
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg



## Grundlagen, Physik, Bauelemente

Übersicht 11

**G**



## Technische Kommunikation, Messen

Übersicht 69

**TM**



## Elektrische Installation

Übersicht 135

**EI**



## Sicherheit, Energieversorgung

Übersicht 239

**SE**



## Informations- und Kommunikationstechnik

Übersicht 363

**IK**



## Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln

Übersicht 423

**AS**



## Werkstoffe, Verbindungen

Übersicht 527

**W**



## Betrieb und Umwelt

Übersicht 561

**BU**

Die Weiterentwicklungen der Technik infolge **Digitalisierung**, Industrie 4.0/5.0 und **Klimaschutz** sowie auch der **Normen** hinsichtlich z.B. Sicherheit, Prüfen, Energieeffizienz führten zu einer Überarbeitung und Erweiterung dieses Buchs als **Kompodium** 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*, Referenzzeichnung, Dokumentation, Betriebsanleitung, *Messgeräte*, Messkategorien, *Messen in elektrischen Anlagen*, eHZ, hydraulische/pneumatische Elemente, Symbole der Verfahrenstechnik, Kennzeichnungen in elektropneumatischen Steuerungen, Fließbilder für PCE, AC/DC-Größenerfassung, Sensoren, Lichtschranken.
- Teil EI**  
**Elektrische Installation**  
*Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten*, Arbeiten in elektrischen Anlagen, *Installationsschaltungen*, Sprechanlagen, Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen, *Mindestausstattung von Anschlüssen und Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden*, Leiter für Schutzmaßnahmen, Verteilungssysteme, Dimmertypen, *Dimmen von LEDs*, Gebäudeleittechnik, *Gebäudesystemtechnik*, Gebäudeautomation, DALI, *Smart-Home-Anlagen*, KNX, Funksteuerung, Aufbau von Schaltschränken, Hausanschluss und Aufteilung des PEN-Leiters, *Leitungsberechnung*, *Spannungsfall*, *Oberschwingungen*, *Überstrom-Schutzeinrichtungen*, *Elektroinstallationen*, Lichttechnik, *Kennzeichnungen von Leuchten*, *LED-Leuchtmittel*.
- Teil SE**  
**Sicherheit, Energieversorgung**  
Arbeitssicherheit, Stromgefährdungen, Basisschutz, Fehlerschutz, zusätzlicher Schutz, Fehlerströme, *Koordination der Betriebsmittel*, RCD, RCM, AFDD, *Prüfungen von Schutzmaßnahmen*, *Geräten, Maschinen und Anlagen*, *Prüffristen*, *Prüfprotokoll*, Isolierstoffklassen, Transformatoren, Freileitungsnetze, Schalter in Energienetzen, HGÜ, Erdkabel, Kraftwerksarten, *erneuerbare Energien*, *PV-Anlagen mit Blitzschutz*, *Iselbetrieb und PV-Batteriespeicher*, Brennstoffzellen, Smart Grids, Stromhandel, explosionsgeschützte Betriebsmittel, IP-Schutzarten, IC-Code, IK-Code, Elektrochemie, *Korrosion*, Primärelemente, Akkumulatoren, SSV-Anlagen, *Ladestationen für Elektrofahrzeuge*, EMV und Potenzialausgleich, Blitzschutz, Kompensation, Messen von Oberschwingungen, *Regelung der Netzspannung und Netzfrequenz*, Sicherheitstechnik, Brandschutz und Leitungsanlagen, Energy Harvesting, *Energiemanagement*, *Elektrische Energieeffizienz*.
- Teil IK**  
**Informations- und Kommunikationstechnik**  
*Digitalisierung*, Industrie 4.0, IoT, *künstliche Intelligenz*, *Automatisierungspyramide*, Zahlensysteme, Codes, Kippschaltungen, PC-Hauptplatine, Betriebssysteme, Excel, *Datenschutz*, DA/AD-Umsetzer, Modulation/Demodulation, Netze der Informationstechnik, Trennklassen der Kommunikationsverkabelung, *Ethernet*, Funk-LAN, AS-i-Bussysteme, M-Bus und Smart Metering, 3D-Drucker, *PROFINET*, Identifizierungssysteme, *Internet*, Antennen-, SAT-Anlagen, Fernwirken, Fernwarten, Störungen bei Funkübertragung, Satellitenempfang.
- Teil AS**  
**Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln**  
Operationsverstärker, *Stromrichter*, Schaltnetzteile, Steuerrelais, *Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS*, TIA-Portal, GRAFCET, Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Funktionale Sicherheit SIL, Schütze, *Hilfsstromkreise von Steuerungen*, Motorschutz, Regelungstechnik, Bode-Diagramm, *Betriebsarten*, *Drehstrommotoren*, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, *Effizienz von Antrieben*, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, Frequenzrichter, Sicherheitsfunktionen, elektronische Grenzaster, Softstarter.
- Teil W**  
**Werkstoffe, Verbindungen**  
Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormung, Magnetwerkstoffe, Isolierstoffe, *Leitungen*, Lichtwellenleiter, Erdkabel, Steckverbinder, Cat-7-Steckverbindungen, lötfreie Anschlussstechnik, 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) Stromver zweigen 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
		Kühlung von Halbleiter-Bauelementen .....	68
<b>Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente .....</b>	<b>11</b>	<b>Teil TM: Technische Kommunikation, Messen ..</b>	<b>69</b>
Formelzeichen dieses Buches .....	12	Grafische Darstellung von Kennlinien .....	70
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches .....	13	Allgemeine technische Kommunikation .....	71
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen .....	14	Zeichnerische Darstellung von Körpern .....	72
Größen und Einheiten .....	15	Maßpfeile, besondere Darstellungen .....	73
Mathematische Zeichen .....	17	Maßeintragung, Schraffer .....	74
Gleichungssysteme .....	18	Geometrische Produktspezifikation (GPS) .....	76
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung .....	19	Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ..	78
Verstärkung, Dämpfung, Pegel .....	20	Weitere funktionsbezogene Dokumente .....	79
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen .....	21	Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente .....	80
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen .....	22	Kennzeichnungen in Schaltplänen .....	81
Längen und Flächen .....	23	Referenzkennzeichnung nach DIN EN IEC 81346 ..	83
Körper und Masse .....	24	Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen .....	84
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment .....	25	Kontaktkennzeichnung in Verdrahtungsplänen ..	85
Bewegungslehre .....	26	Stromkreise und Schaltzeichen .....	86
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie .....	27	Allgemeine Schaltzeichen .....	87
Übersetzungen .....	28	Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen ..	88
Rollen, Aufhängung, Keile, Winden .....	29	Messinstrumente und Messgeräte .....	89
Wärme, Temperatur .....	30	Halbleiterbauelemente .....	90
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand ..	31	Binäre Elemente .....	91
Elektrisches Feld, Kondensator .....	32	Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschalengeräte .....	93
Magnetisches Feld, Spule .....	33	Audiumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen .....	94
Strom im Magnetfeld, Induktion .....	34	Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne .....	95
Elektrische und magnetische Feldstärken .....	35	Installationschaltpläne .....	97
Wechselgrößen, Wellenlänge .....	36	Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne .....	98
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit .....	37	Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren ..	99
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls .....	38	Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser ..	100
Schaltungen von Widerständen .....	39	Drehstrommotoren und Anlasser .....	101
Grundsicherungen von Induktivitäten und Kapazitäten .....	40	Motoren mit Stromrichterspeisung .....	102
Reihenschaltung, Parallelschaltung von $R, L, C$ ..	41	Vergleich von Schaltzeichen .....	103
Ersatz-Reihenschaltung, Ersatz-Parallelschaltung ..	43	Bildzeichen an elektrischen Betriebsmitteln ..	105
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler .....	44	Hydraulische und pneumatische Elemente .....	106
Potenzimeter .....	45	Symbole der Verfahrenstechnik .....	107
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung .....	46	Fließbilder .....	108
Schalten von Kondensatoren und Spulen .....	47	Arten von Diagrammen .....	109
Einfache Filter .....	48	Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen .....	110
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) .....	49	Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung .....	111
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung .....	50	Elektrische Messgeräte und Messwerke .....	112
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei Dreiphasenwechselstrom .....	51	Piktogramme für die Messtechnik .....	113
Widerstände und Kondensatoren .....	52	Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung ..	114
Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren .....	55	Messwandler .....	115
Halbleiterwiderstände .....	56	AC/DC-Größenerfassung .....	116
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen ..	57	Messungen in elektrischen Anlagen .....	117
Dioden .....	58	Niederspannungs-Leistungsmessgeräte .....	120
Feldefeffekttransistoren, IGBTs .....	59	Analoge Elektrizitätszähler .....	121
Bipolare Transistoren .....	60	Elektronische kWh-Zähler .....	122
Thyristor .....	61	Elektronische Haushaltszähler eHZ EDL und SMGW .....	123
Thyristorarten und Triggerdiode .....	62	Oszilloskope .....	124
Gleichrichterbegriffe .....	63	Messen mit dem Oszilloskop .....	125
Magnetfeldabhängige Bauelemente .....	64	Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren ..	126
Fotoelektronische Bauelemente .....	65	Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren ..	127
		Bewegungsmessung mit Sensoren .....	128
		Temperaturmessung mit Sensoren .....	129
		Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken) .....	130

Nahrungsschalter (Sensoren) .....	131
Ultraschall-Sensoren .....	132
Weitere Sensoren .....	133
Anschluss von Nahrungssensoren .....	134

### Teil EI: Elektrische Installation ..... 135

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

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

### Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung ..... 239

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

Fehlerströme und RCDs bei Stromrichterschaltungen .....	255	Elektromagnetische Störungen EMI .....	320
Überwachung der Endstromkreise .....	256	Maßnahmen gegen EMIs .....	321
Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen .....	257	EMV und Potenzialausgleich .....	322
Prüfungen nach DIN VDE 0100 Teil 600 .....	258	Innerer Blitzschutz .....	323
Prüfung der Schutzmaßnahmen .....	259	Äußerer Blitzschutz .....	324
Wiederkehrende Prüfungen .....	261	Fangeinrichtungen und Ableitungen .....	326
Reparatur und Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte .....	262	Elektrochemie .....	327
Prüfen von elektrischen Maschinen und Anlagen .....	266	Korrosion .....	328
Inhalt eines Prüfprotokolls .....	268	Primärelemente (Batterien) .....	329
Prüfungen bei Transformatoren, Drosselspulen .....	269	Akkumulatoren (Sekundärelemente) .....	330
Berechnung von Transformatoren .....	270	Ladetechniken für Akkumulatoren .....	331
Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren .....	271	Energie ernten für Sensoren und Aktoren .....	332
Kleintransformatoren .....	272	Schutzarten elektrischer Betriebsmittel, ENEC-Zeichen .....	333
Isolierstoffklassen, Leistungsschilder von Transformatoren .....	273	Explosionsschutz, ATEX-Kennzeichnung .....	334
Transformatoren für Drehstrom .....	274	IK-Code, IC-Code .....	335
Transformatoren in Parallelbetrieb .....	275	Melde- und Überwachungsanlagen .....	336
Netze der Energietechnik .....	276	Sicherheitstechnik in Gebäuden .....	337
Anschluss von Kundenanlagen an Höchstspannungsnetze .....	277	Rauchwarnmelder RWM .....	338
Freileitungen .....	278	Brandschutzschalter .....	339
Freileitungsnetze .....	279	Risiko-, Sicherheitsbewertung zum Einsatz von AFDDs .....	340
Kabel für die Energieverteilung .....	280	Brandschutz .....	341
Schalter in Energienetzen .....	281	Brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen .....	342
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ .....	282	Brandmeldeanlagen .....	343
Verlegen von Erdkabeln .....	283	Gefahrenmeldeanlagen .....	344
Kraftwerksarten .....	284	Einbruchmeldeanlage EMA .....	345
Drehende Generatoren .....	285	Video-Überwachung .....	346
Windkraftanlagen .....	286	Raumheizung .....	347
Eigenerzeugungsanlagen .....	287	Umschlossene Heizungssysteme .....	348
Fotovoltaik .....	289	Klimatisierung von Räumen .....	349
Blitz- und Überspannungsschutz bei Fotovoltaikanlagen .....	291	Klimatisierung von Schaltschränken .....	350
PV-Anlagen mit Batterie-Speichersystem .....	292	Kochstellen für Elektroherde .....	351
Speicher für Fotovoltaikanlagen .....	293	Warmwassergeräte .....	352
Wechselrichter für PV-Anlagen und Batteriesysteme .....	294	Hausgeräte .....	353
Prüfungen und Prüfristen bei Fotovoltaikanlagen .....	295	Elektrische Energieeffizienz .....	354
Energieertrag bei Fotovoltaikanlagen .....	296	Punktesystem für die Energieeffizienz elektrischer Anlagen .....	355
Brennstoffzellen .....	297	Energiemanagement von industriellen Anlagen .....	356
Weitere Anlagen für erneuerbare Energien .....	298	Ermittlung des Energieverbrauchskenwertes von Gebäuden .....	357
Intelligente Stromnetze .....	299	Energieeffizienzklasse von Geräten .....	358
Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen .....	300	Energie-Einsparpotenziale .....	360
Messumformer in Smart-Grid-Anlagen .....	301	Wärmepumpe .....	361
Regelung der Netzspannung .....	302	Stromtarife .....	362
Regelung der Netzfrequenz .....	303	<b>Teil IK: Informations- und Kommunikationstechnik .....</b>	<b>363</b>
Qualität der Stromversorgung .....	304	Digitalisierung (Industrie 4.0) .....	364
Merkmale der Versorgungsspannung .....	305	Internet of Things (IIoT und IoT) .....	365
Oberschwingungen OS .....	306	Künstliche Intelligenz KI .....	366
THD-Werte von Oberschwingungen .....	307	Automatisierungspyramide .....	367
Messen von Oberschwingungen OS .....	308	EU-Gesetze und EU-Richtlinien zum Datenschutz .....	368
Kompensation .....	309	Sichern und Schützen von Daten .....	369
Kompensation der Blindleistung .....	310	Dualzahlen und Binärcodes .....	370
Stromhandel .....	312	Sedezimalzahlen und Oktalzahlen .....	371
Notstromversorgung und Notbeleuchtung .....	313	ASCII-Code und Unicode .....	372
Sicherheits-Stromversorgungsanlagen (SSV-Anlagen) .....	314	Binäre Verknüpfungen .....	373
USV-Systeme (Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme) .....	315	Schaltalgebra .....	374
Energieversorgung für Baustellen .....	316	Entwicklung von Schaltnetzen .....	375
Ladestationen für Elektrofahrzeuge .....	317	Codeumsetzer .....	376
Anschlüsse und Antriebe von Elektrofahrzeugen .....	318	Komparatoren und bistabile Kippschaltungen .....	377
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV .....	319	Digitale Zähler und Schieberegister .....	378
		DA-Umsetzer und AD-Umsetzer .....	379



Mikrocomputer .....	380	Schaltnetzeile .....	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 Datenetze .....	393	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine .....	456
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung ..	394	Programmieren in Strukturierter Text ST für S7 ..	457
Leitungen in Datenetzen .....	395	Programmiersprachen Strukturierter Text ST, Ablaufsprache AS .....	458
Kommunikationsnetzwerke mit Lichtwellenleiter LWL .....	396	Struktogramme und Programmablaufpläne (PAP)	459
Kommunikation bei Ethernet .....	397	Ablaufsteuerung mit GRAFCET .....	460
Errichten eines Ethernet-Netzwerks .....	398	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen .....	462
Power over Ethernet (PoE) .....	399	Architekturen von Steuerungen .....	463
Datenübertragung mittels Funk .....	400	Funktionale Sicherheit nach SIL .....	464
Funk-LAN .....	401	Bestimmung und Anwendung des SIL .....	465
Störungen bei Funkübertragungen in Werkstätten .....	402	Sicherheitsfunktionen bei Antrieben .....	466
Identifikationssysteme .....	403	EU-Maschinenrichtlinie .....	467
AS-i-Bussystem .....	404	CE-Kennzeichnung .....	468
Querkommunikation bei Feldbussen .....	405	Elektrische Niederspannungs-Ausrüstung von Maschinen .....	469
PROFIBUS .....	406	Grenztaster, Befehlsgeräte .....	470
Industrial Ethernet .....	407	Elektronische Grenztaster .....	471
Inbetriebnahme bei PROFINET .....	408	Schütze .....	472
M-Bus und Smart Metering .....	409	Spezielle Schützarten .....	473
Fernwirkssysteme .....	410	Kennzeichnung und Antriebe der Schütze .....	474
Anschluss an das Telefonnetz .....	412	Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen .....	475
Internet-Telefonie (VoIP) .....	413	Schützsaltungen .....	476
Internet-Zugänge .....	414	Schützsaltung mit Steuereinrichtung .....	478
Anwendungen des Internets .....	415	Hilfsstromkreise .....	479
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen ..	416	Vermeiden von Fehlerfällen in Steuerstromkreisen .....	480
SAT-Anlagen .....	417	Motorschutz .....	481
Satellitenantennenanlagen .....	418	Elektronischer Motorschutz .....	482
Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T2 .....	419	Steuerung durch Motorschalter .....	483
Gemeinschaftsantennenanlagen .....	420	Kennzeichnung in elektropneumatischen Steuerungen .....	484
Errichtung von Antennenanlagen .....	421	Elektropneumatische Grundsaltungen .....	485
Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen)	422	Regelungstechnik .....	486
<b>Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln .....</b>		Unstetige Regelglieder .....	487
<b>423</b>		Digitale stetige Regelglieder .....	488
Verstärker-Grundsaltungen .....	424	Analoge stetige Regelglieder .....	489
Grundlagen des Operationsverstärkers .....	425	Anwendung des Bode-Diagramms .....	490
Saltungen mit Operationsverstärkern .....	426	Digitale Regelung .....	491
Schaltransistor und Kippsaltungen .....	428	Einstellung von Regelkreisen .....	492
Ansteuersaltungen für Halbleiter .....	429	Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei Maschinen .....	495
Glättung und Spannungsstabilisierung .....	430	Effizienz von elektrischen Antrieben .....	496
Aufgaben von Stromrichtern .....	431	Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung ..	497
Benennung von Stromrichtersaltungen .....	432	Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren) .....	498
Saltungen für Gleichrichter und Stromrichter ..	433	Betriebsdaten von Käfigläufermotoren .....	499
Wechselwegsaltungen, Steuerkennlinien .....	434	Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen .....	500
Halbgesteuerte Stromrichter .....	435	Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse .....	501
Vollgesteuerte Stromrichter .....	436	Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln .....	502
Wechselrichter .....	437		
Gleichstromsteller, Umrichter .....	438		
U-Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis	439		
Frequenzumrichter auswählen und einrichten ..	440		
Grundlagen der Schaltnetzeile .....	441		

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

**Teil W: Werkstoffe, Verbindungen 527**

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

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

**Teil BU: Betrieb und Umwelt 561**

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

**Anhang 595**

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

Lernfeld	Lernfeld (Aufgabe, z.T. gekürzt, angepasst wiedergegeben)	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 TM SE BU	Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, RLC-Schaltungen Schaltzeichen, Stromlaufpläne, Kennlinien Arbeitssicherheit, Schutzmaßnahmen Durchführung von Projekten, Arbeitsplanung	X	X
2	Elektrische Systeme planen und installieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM EI W	Installationspläne, Schaltzeichen Aus-, Serien-, Wechselschaltung, Hausanschluss, Beleuchtungstechnik, Gebäudesystemtechnik, Smart Home, Lichtmanagement, Spannungsfall Leitungen in Niederspannungsanlagen	X	X
3	Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM IK AS	Schaltzeichen, Diagramme, Messgeräte, Sensoren Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Mikrocomputer, Bussysteme Verstärker, Schütze, SPS, Regelungstechnik	X	X
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	G TM IK SE	Filter, Kühlung, Überspannungsschutz DA-Umsetzer, AD-Umsetzer, analoge Informationsverarbeitung, Codeumsetzer, Oszilloskop Dualzahlen, Binär-codes, Funk-LAN, PROFINET, Industrial Ethernet, Internet-Zugang, Antennen Oberschwingungen, USV-Systeme	X	X
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	TM SE	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen Freileitungen, intelligente Stromnetze, HGÜ, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz, Lichtschranken	X	X
6	Elektrotechnische Systeme/ Geräte und Baugruppen/Gebäudetechnische Systeme analysieren und prüfen	TM SE W	Halbleiterspeicher, optische Speicher, Messen Schnittstellen, Wärmepumpe, Prüfen, Fehlerschutz, Schutzarten, Energieversorgung Leitungen, Steckverbinder	X	X
7	Steuerungen, Regelungen für Systeme/Anlagen programmieren, realisieren/Komponenten, Funktionen geb.techn. Systeme integrieren	TM AS IK; EI	Schaltzeichen, Sensoren, Messwerterfassung Aktoren, Ablaufsteuerungen, Kleinsteuerungen, SPS, Regelungstechnik, Drehzahlregelung Datenetze, PROFINET, Gateways; elektr. Installationen		X
8	Energiewandlungssysteme/ Antriebssysteme auswählen, integrieren/Schnittstellen von Komponenten gewerkeübergreifend analysieren	G TM AS	Dreiphasenwechselstrom, Drehstrom Pneumatik, Hydraulik, Schaltzeichen, Dokumentation Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen		X
9	Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten/Gebäudetechn. Anlagen/Software geb.techn. Systeme planen, realisieren	TM EI IK	Schaltpläne, Dokumentation über Anlagen KNX, Gebäudeautomation, Gefahrenmeldeanlagen, Smart Home, Mindestausstattung Modulationen, Netze, Signalübertragung		X
10	Elektrische Geräte, Anlagen der Haustechnik/Energietechnische Anlagen/Daten, Dienste geb.techn. Systeme planen, in Betrieb nehmen, übergeben	EI AS IK SE	Hausanschluss, Leitungsberechnung, KNX, LED EU-Maschinenrichtlinie, Überspannungsschutz, Regelungstechnik Funksteuerung, Fernwirken, Gateways Hausgeräte, Energieeffizienz	X	
11	Energietechnische Systeme/Automatisierte Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand halten/ Geb.techn. Systeme projektieren	BU AS BU	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott Überwachung der Stromkreise, Anlagendiagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne Projektmanagement, Arbeitsschutz, Kalkulation		X
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen/Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren/Geb.techn. Systeme warten, instand setzen	BU AS SE EI	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft, Normen, Kalkulation der Kosten Kleinsteuerungen, Schützschaltungen Energieeffizienz, Schutzmaßnahmen Elektrische Installationen, Gebäudeautomation		X
13	Energie- und gebäudetechnische Systeme anpassen, dokumentieren/ Elektrotechnische Systeme instand halten, ändern	SE IK AS EI	Fotovoltaik, Qualität der Stromversorgung Anschluss an das Telefonnetz, Antennen Überlast- und Kurzschlusschutz, Antriebstechnik Gebäudeautomation, Smart Home		X



## Mathematik

Formelzeichen dieses Buches .....	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches .....	13
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen ..	14
Größen und Einheiten .....	15
Mathematische Zeichen .....	17
Gleichungssysteme .....	18
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung ..	19
Verstärkung, Dämpfung, Pegel .....	20
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen .....	21
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen .....	22

## Physik

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

## Schaltungstheorie

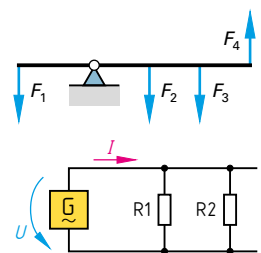
Schaltungen von Widerständen .....	39
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	40
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	43
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	44
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung	46
Schalten von Kondensatoren und Spulen .....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

## Bauelemente

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

## Weitere Seiten mit Formeln

AFDD-Risikoanalyse .....	340
Akkumulatoren .....	330
Antennenanlagen .....	416, 421
Antriebe, Elektromotoren ..	504 f.
Beleuchtungsanlagen .....	222
DA-/AD-Umsetzer .....	379
Digitaltechnik .....	370 f.
Elektrochemie, Chemie ..	327, 528
Elektromotoren .....	504 f.
Energie(effizienz) ...	298, 355, 359
Fehlerschutz .....	251 f.
Fotovoltaik .....	289, 296
Frequenzumrichter .....	440
Glättung, Stabilisierung .....	430
Kippschaltungen .....	428
Kompensation .....	310
Kostenberechnungen .....	582 f.
Kurzschlusschutz .....	203
Leitungsrechnung .....	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
<b>Kleinbuchstaben</b>		<b>Großbuchstaben</b>		<b>Griechische Kleinbuchstaben</b>	
<i>a</i>	Beschleunigung	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt	$\alpha$ (alpha)	1. Winkel 2. Temperaturkoeffizient 3. Zündwinkel
<i>b</i>	Breite			$\beta$ (beta)	1. Winkel 2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen 4. Beiwert	<i>B</i>	1. magn. Flussdichte 2. Blindleitwert 3. Gleichstromverhältnis 4. Zahlenbasis 5. Bandbreite	$\gamma$ (gamma)	1. Winkel 2. Leitfähigkeit
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor	<i>C</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität	$\delta$ (delta)	Verlustwinkel
<i>e</i>	Elementarladung	<i>D</i>	1. Elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor 3. Richtgröße Feder	$\epsilon_0$	elektrische Feldkonstante
<i>f</i>	Frequenz	<i>E</i>	1. elektrische Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke	$\epsilon$ (epsilon)	Permittivität
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient 2. Tastgrad	<i>F</i>	1. Kraft; 2. Faktor 3. Fehler	$\zeta$ (zeta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
<i>h</i>	Höhe	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Gewichtskraft	$\eta$ (eta)	Wirkungsgrad, Lichtausbeute
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>H</i>	magnetische Feldstärke	$\vartheta$ (theta)	Temperatur in °C
<i>j</i>	Ruck	<i>I</i>	1. Stromstärke 2. Lichtstärke	$\chi$ (kappa)	Leitfähigkeit (neben $\gamma$ üblich)
<i>l</i>	1. Länge 2. Abstand	<i>J</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	$\lambda$ (lambda)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>m</i>	1. Masse 2. Strangzahl	<i>K</i>	1. Konstante 2. Faktor; 3. Kapital	$\mu$ (mü)	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>L</i>	1. Induktivität; 2. Pegel	$\mu_0$	magn. Feldkonstante
		<i>M</i>	1. Drehmoment 2. Speicherkapazität	$\nu$ (nü)	Ordnungszahl
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck 3. Prozentsatz	<i>N</i>	Windungszahl	$\pi$ (pi)	Zahl 3,1415926...
<i>q</i>	Querstromverhältnis	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	$\rho$	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	$\sigma$ (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. Federrate 3. Festigkeit	$\tau$ (tau)	Zeitkonstante
<i>t</i>	Zeit	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit; 3. Siebfaktor 4. Schlupf (absolut) 5. Übertragungsgröße	$\varphi$ (phi)	Winkel, insbesondere für Phasenverschiebung
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	$\omega$ (omega)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>THD</i>	Spannungsverzerrung	<b>Griechische Großbuchstaben</b>	
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>U</i>	Spannung	$\Delta$ (Delta)	Differenz
<i>w</i>	1. Energiedichte 2. Führungsgröße	<i>V</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor	$\Theta$ (Theta)	elektrische Durchflutung
<i>x</i>	Regelgröße	<i>W</i>	1. Arbeit 2. Energie	$\Sigma$ (Sigma)	Summe
<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.





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; 4. Halte-
3, 4, ...	Reihenfolge	p	1. parallel; 2. Pause 3. Puls; 4. potenziell 5. Druck; 6. Prüf- 7. Leistungs- 8. proportional	I	Integrier-
$\hat{\cdot}$ , z.B. $\hat{u}$	Maximalwert, Höchstwert	q	Quer-	K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke
$\check{\cdot}$ , z.B. $\check{u}$	Tiefstwert, Kleinstwert ( $y$ )	r	1. in Reihe 2. Bemessungs- (von rated, rat) 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz, 5. Remanenz 6. wiederkehrend	L	1. induktiv; 2. Last 3. links; 4. Laden 5. höchstzul. Berührungs- spannung 6. Lorentz-
$\hat{\check{\cdot}}$ , z.B. $\hat{\check{u}}$	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite	reac	Blind-; reactance	M	Mitkopplung
$\prime$ , z.B. $u'$	1. bezogen auf 2. Hinweis; 3. Ableitung	s	1. Sieb- 2. Signal-; 3. Serie 4. in Wegrichtung 5. Soll-; 6. spezifisch	N	1. Bemessungs-; 2. Nutz- 3. Neutral-
$\Delta$	in Dreieckschaltung	sch	Schritt	Q	Quer-
Y	in Sternschaltung	t	tief, unten, tripping, tot	R	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. rechts 4. Regel- 5. Rot
<b>Kleinbuchstaben</b>					
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. Führungsgröße 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	<b>Griechische Kleinbuchstaben</b>	
f	1. Frequenz 2. Abfalls- (fall); fusing	zu	zugeführt	$\alpha$ (alpha)	in Richtung des Winkels $\alpha$
ges	Gesamt	zul	zulässig	$\sigma$ (sigma)	Streuung
h	hoch, oben	<b>Großbuchstaben</b>			
i	1. innen; 2. induziert 3. Strom-; 4. ideell 5. Ist-; 6. Impuls	A	1. Strommesser 2. Antenne; 3. Anode 4. Anzug, Anlauf 5. Anlagenerdung 6. Abtast-	$\varphi$ (phi)	Phasenverschiebung betreffend
in	hinein, zugeführt	B	1. Basis 2. Betriebserdung (Netz) 3. Bau-; 4. Betriebs-	<b>Griechische Großbuchstaben</b>	
j	Sperrschicht (von junction)	C	1. Kollektor; 2. kapazitiv 3. Takt; 4. koerzitiv 5. Cluster	$\Delta$ (Delta)	eine Differenz betreffend
k	1. Kurzschluss- 2. kinetisch	D	1. Drain; 2. Daten		
m	1. magnetisch 2. Mittelwert 3. Messwerk, gemessen	E	1. Emitter 2. Entladen; 3. Erde		
max	maximal, höchstens				
mec	mechanisch				
min	minimal, mindestens				

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



Größe	Formelzeichen bisher	Formelzeichen		Einheit, Einheitenzeichen
		Vorzugszeichen	Ausweichzeichen	
<b>Stromstärken und verwandte Größen</b>				
Bemessungsstrom	$I_N$	$I_{rat}$	$I_N$	Ampere, A
Nennstrom	$I_n$	$I_n$ oder $I_{nom}$	–	
Dauerkurzschlussstrom	$I_{kd}$	$I_k$	$I_{SC}$	
Stoßkurzschlussstrom	$I_S$	$\hat{I}_k$	$\hat{I}_{SC}$	
Stoßkurzschlusswechselstrom	$i_S$	$I_{k0}$	$I_{SC0}$	
transienter Strom (kurzzeitiger Strom)	$i$	$I'_k$	$I'_{SC}$	
subtransienter Strom (sehr kurzzeitiger Strom)	$i_S$	$I''_k$	$I''_{SC}$	
Strombelag	$I'$	A	keines	Ampere je Meter, A/m
<b>Spannungen und verwandte Größen</b>				
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	$U_0$	$U_0$		
<b>Leistungen und verwandte Größen</b>				
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	$\cos \varphi$	$\lambda$ (Lambda)		
Wirkfaktor	–	$\cos \varphi$		eins (keine Einheit)
<b>Drehmomente, Kraftmomente</b>				
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	$M_A$	$T_l$	$M_l$	
<p>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)</p>				





Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
<b>Länge, Fläche, Volumen, Winkel</b>			<b>Elektrizität</b>		
Länge $l$	Meter (Seemeile) (Meile) (Zoll, Inch)	m 1 sm = 1852 m 1 ml = 1609,344 m 1'' = 25,4 mm	el. Ladung $Q$ , el. Fluss $\Psi$	Coulomb	1 C = 1 A · 1 s = 1 As
Fläche $A$	Quadratmeter	m <sup>2</sup>	Flächenladungsdichte $\sigma$ , el. Flusssdichte $D$	Coulomb je Quadratmeter	C/m <sup>2</sup>
Volumen $V$	Kubikmeter (Liter)	m <sup>3</sup> 1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 1/1000 m <sup>3</sup>	Raumladungsdichte $\rho$	Coulomb je Kubikmeter	C/m <sup>3</sup>
Winkel (ebener) (siehe Seite 21)	Radian, RAD (Grad, DEG)	rad 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad,	el. Spannung $U$ , el. Potenzial $\varphi$ , $V$	Volt	1 V = 1 J/C
Raumwinkel $\Omega$	Steradian	sr	el. Feldstärke $E$	Volt je Meter	1 V/m = 1 N/C
<b>Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung</b>			el. Kapazität $C$	Farad	1 F = 1 As/V = 1 C/V
Zeit $t$	Sekunde (Minute) (Stunde) (Tag)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s 1 d = 24 h	elektr. Strombelag $A$	Ampere je Meter	A/m
Frequenz $f$	Hertz	1 Hz = 1/s = 1 cps	Permittivität, Dielektrizitätskonstante $\epsilon$	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
Drehzahl, Umdrehungsfrequenz $n$	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min	el. Stromstärke $I$	Ampere	1 A = 1 C/s
Kreisfrequenz $\omega$	je Sekunde	1/s	el. Stromdichte $J$	Ampere je m <sup>2</sup>	A/m <sup>2</sup>
Geschwindigkeit $v$	Meter je Sekunde (Knoten)	m/s 1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s 1 kn = 1 sm/h = 0,5144 m/s	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand $R$ , Blindwiderstand $X$ , Scheinwiderstand $Z$	Ohm	1 $\Omega$ = 1 V/A
Winkelgeschwindigkeit $\omega$	Radian je Sekunde	rad/s	elektr. Leitwert elektr. Wirkleitwert $G$ , Blindleitwert $B$ , Scheinleitwert $Y$	Siemens	1 S = $\frac{1}{1 \Omega}$
Beschleunigung $a$	–	m/s <sup>2</sup>	spezifischer elektr. Widerstand $\rho$	Ohmmeter	1 $\Omega$ m = 100 $\Omega$ cm 1 $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m = 1 $\mu\Omega$ m
Ruck $j$	–	m/s <sup>3</sup>	elektrische Leitfähigkeit $\gamma$	Siemens je Meter	1 Sm/mm <sup>2</sup> = 1 MS/m
<b>Mechanik</b>			Leistung $P$	Watt Watt Peak	1 W = 1 V · 1 A 1 Wp $\triangleq$ 1 W $\triangleq$ 1 kWh/J.
Masse $m$	Kilogramm (Karat) (Tonne)	kg 1 Kt = 0,2 g 1 t = 1000 kg	Blindleistung $Q$	(var)	1 var = 1 V · 1 A
Dichte $\rho$	–	kg/m <sup>3</sup> , kg/dm <sup>3</sup>	Scheinleistung $S$	(VA)	1 VA = 1 V · 1 A
Trägheitsmoment $J$	–	kg · m <sup>2</sup>	Induktivität $L$	Henry	1 H = 1 Vs/A
Kraft $F$	Newton	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>	Arbeit $W$ , Energie $E$ , $W$	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Drehmoment, Kraftmoment $M$	–	Nm	<b>Magnetismus</b>		
Impuls $p$	Newtonsek.	1 Ns = 1 kg · m/s	elektrische Durchflutung $\Theta$	Ampere	A
Druck $p$	Pascal (Bar)	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm <sup>2</sup>	magnetische Feldstärke $H$	Ampere je Meter	A/m
Flächenpressung $p$ , Festigkeit $R_p$ , $R_e$ , Elastizitätsmodul $E$	–	N/mm <sup>2</sup>	magnetischer Fluss $\Phi$	Weber	1 Wb = 1 T · 1 m <sup>2</sup> = 1 Vs
Arbeit $W$ , Energie $E$ , $W$	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	magn. Flussdichte $B$ , magn. Polarisation $J$	Tesla	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup> = 1 Vs/m <sup>2</sup>
Leistung $P$	Watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s	Induktivität $L$	Henry	1 H = 1 Vs/A
			Permeabilität $\mu$	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
			magn. Widerstand $R_m$	–	1/H = A/Vs





Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
<b>Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)</b>			<b>Kernreaktionen, ionisierende Strahlung</b>		
Strahlenergie $Q_e$	Joule	1 J = 1 Nm = 1Ws	Aktivität einer radioaktiven Substanz $A$	Becquerel	1 Bq = 1/s
Strahlungsleistung $\Phi_e$	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 <sup>2</sup> )	Äquivalentdosis $H$	Sievert	1 Sv = 1 J/kg
Bestrahlungsstärke $E$	–	W/m <sup>2</sup>	Äquivalentdosisrate $H'$	Sievert je Sekunde	1 Sv/s = 1 J/(kg · s)
<b>Licht, Optik</b>			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 <sup>2</sup>	cd/m <sup>2</sup>	<b>Akustik</b>		
Lichtstrom $\Phi_v$	Lumen	lm	Schalldruck $p$	Pascal	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Lichtausbeute $\eta_v$	Lumen je Watt	lm/W	Schallschnelle $v$	Meter je Sekunde	m/s
Beleuchtungsstärke $E_v$	Lux	1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>	Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit) $c_s$	Meter je Sekunde	m/s
Brechwert von Linsen $D$	(Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1/m	Schallfluss $q$	–	1 m <sup>3</sup> /s = 1 m <sup>2</sup> · 1 m/s
<b>Wärme</b>			Schallintensität $I$	–	W/m <sup>2</sup>
Celsius-Temperatur $\vartheta$	Grad Celsius	°C	spezifische Schallkennimpedanz $Z$	–	Pa · s/m = Ns/m <sup>3</sup>
thermodynamische Temperatur $T$	Kelvin	K (0 K $\hat{=}$ – 273,15 °C)	akustische (Feld-) Impedanz $Z_f$	–	N · s/m <sup>3</sup>
Temperaturdifferenz $\Delta T$	Kelvin	K	mechanische Impedanz $Z_M$	–	N · s/m = kg/s
Wärme $Q$ , innere Energie $U$	Joule	1 J = 1Ws	äquivalente Absorptionsfläche $A$	Quadratmeter	m <sup>2</sup>
Wärmestrom $\Phi$ , $\dot{Q}$	Watt	1 W = 1 J/s	<b>Sonstige Bereiche</b>		
Wärmewiderstand (von Bauelementen) $R_{th}$	Kelvin je Watt	K/W	Entfernung in der Astronomie $l$	(Astronomische Einheit) Parsec	1 AE = 149,6 Gm <sup>1</sup> 1 pc = 30,857 Pm <sup>1</sup> c $\approx$ 300 000 km/s
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	–	W/(K · m)	Lichtgeschwindigkeit $c$	km/s	
Wärmeübergangskoeffizient $h$	–	W/(K · m <sup>2</sup> )	Lichtjahr $L_j$	km	1 Lj = 9,461 · 10 <sup>12</sup> km
Wärmekapazität $C$ , Entropie $S$	Joule je Kelvin	J/K	Masse in der Atomphysik $m$	(Atomare Masseneinheit $u$ )	1 u = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> kg
spezifische Wärmekapazität $c$	–	J/(kg · K)	längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen $T_t$	Tex	1 tex = 1 g/km
<b>Chemie, Molekularphysik</b>			Fläche von Grundstücken $A$	Ar Hektar	1 a = 100 m <sup>2</sup> 1 ha = 100 a
Stoffmenge $n$	Mol	mol	1 Vorsätze G, P siehe Seite 19		
Stoffmengenkonzentration $c$	–	mol/m <sup>3</sup>			
stoffmengenbezog. Volumen $V_m$ (molares Volumen)	–	m <sup>3</sup> /mol			
Molalität $b$	–	mol/kg			
molare Masse $M$	–	kg/mol			
molare Wärmekapazität $c_p, c_v$	–	J/(mol · K)			
Diffusionskoeffizient $D$	–	m <sup>2</sup> /s			





Zeichen	Bedeutung	Beispiel	Zeichen	Bedeutung	Beispiel
<b>Allgemeine Zeichen</b>			$\infty$	unendlich	$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$
$\dots n$	und so weiter bis $n$	$k = 1, 2, 3, \dots, n$	$\rightarrow$	gegen, nähert sich, geht über	$x \rightarrow a, x$ nähert sich dem Wert $a$
$\dots$	und so unbegrenzt weiter	$n = 1, 2, 3, \dots$ $\sqrt{2} = 1,41421 \dots$	$f(x)$	Funktion von $x$	$f(I) = I^2 \cdot R$
<b>Schaltalgebra</b>			$i$ oder $j$	imaginäre Einheit	$i^2 = j^2 = -1$
$\neg a, \bar{a}$	NICHT $a$ (NOT $a$ )	$\overline{a \wedge b} = \neg (a \wedge b)$	$\underline{z}$	komplexe Größe $Z$	$\underline{Z} = R + jX$
$\wedge$	UND (AND)	$a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$	<b>Geometrie, Vektoren</b>		
$\vee$	ODER (OR)	$a \vee b$ oder $\vee (a, b)$	$\parallel$	parallel	$g_1 \parallel g_2, R1 \parallel R2$
$\bar{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \bar{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
$\bar{\vee}$	NICHT ODER (NOR)	$a \bar{\vee} b = \overline{a \vee b}$	$\uparrow\downarrow$	gegensinnig parallel	$g_1 \uparrow\downarrow g_2$
<b>Mengenlehre</b>			$\perp$	rechtwinklig zu, senkrecht auf	$g \perp h$
$\in$	Element von	$a \in M: a$ ist Element von $M$	$\triangle$	Dreieck	$\triangle ABC$
$\subset$	Teilmenge	$M_1 \subset M_2: M_1$ ist Teilmenge von $M_2$	$\cong$	kongruent, deckungsgleich	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
$\cup$	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\sim$	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
$\Rightarrow$	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	$\sphericalangle$	Winkel	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC}),$ $\sphericalangle (\vec{a}, \vec{b})$
<b>Arithmetik</b>			$\overline{AB}$	Strecke AB	$\overline{P_1P_2}$
$=$	gleich	$P = U \cdot I$	$\widehat{AB}$	Bogen AB	$\widehat{AB} = \sphericalangle \gamma$
$\neq$	nicht gleich, ungleich	$4 \neq 5$	$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$	Vektoren $A, B, C$	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
$\sim$	proportional	$u \sim r$	$ \vec{A} $	Betrag des Vektors $A$	$ \vec{F}  = 50 \text{ N}$
$\approx$	etwa, ungefähr	$\pi \approx 3,14$	<b>Differenzieren, Integrieren</b>		
$\triangleq$	entspricht	$1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$	$\Delta$	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
$<$	kleiner als	$2 < 3$	$\gamma'$	$\gamma$ Strich	$\gamma'$ ist die erste Ableitung von $\gamma$ , erster Differenzialquotient
$>$	größer als	$5 > 2$	$\frac{dy}{dx}$	$dy$ nach $dx$	$y' = dy/dx$
$\leq$	kleiner gleich	$a \leq 10$	$\int$	Integral	$\int f(x) dx, \int_0^1 f(x) dx$
$\geq$	größer gleich	$n \geq 7$	<b>Potenzen, Logarithmen</b>		
$\ll$	wesentlich kleiner	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$	$a^x$	$a$ hoch $x$	$5^3, 10^x$
$\gg$	wesentlich größer	$R_x \gg R_n$	exp	Exponentialfunktion	$\exp x = e^x$ , mit $e = 2,718\dots$
$\cdot, \times$	mal, multipliziert	$a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$	log	allgemeiner Logarithmus	
$-, /, :$	durch, geteilt, zu, dividiert	$\frac{7}{2} = 7/2 = 7 : 2$	$\log_a$	Logarithmus zur Basis $a$	$\log_3 9 = 2$
$\%$	Prozent, von Hundert	$1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$	lg	Zehnerlogarithmus	$\lg 2 = 0,30103\dots$
$\text{‰}$	Promille, von Tausend	$1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$	lb	Zweierlogarithmus	$\text{lb } 8 = 3$
$( ), [ ], \{ }, \langle, \rangle$	runde, eckige, geschweifte, spitze Klammern	$[a(b-c) + d]^2$	ln	natürlicher Logarithmus	$\ln 10 = 2,3025\dots$
$ z $	Betrag von $z$	$ 4  = 4,  -7  = 7$	<b>Trigonometrie</b>		
$n!$	$n$ Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n, 3! = 6$	sin	Sinus	$\sin \alpha$
$\Sigma$	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	cos	Kosinus (auch Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
$\Pi$	Produkt	$\Pi k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$	tan	Tangens	$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$
$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus	$\sqrt{16} = 4$	cot	Kotangens	$\cot \alpha = 1/\tan \alpha$
$\sqrt[n]{\quad}$	$n$ -te Wurzel aus	$\sqrt[3]{8} = 2$	arcsin	Arcussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
$\pi$	pi	$\pi = 3,14159\dots$	arccos	Arcuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
			arctan	Arcustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$
			arccot	Arcuskotangens	$\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$



**Mit einer Unbekannten**

Lineare Gleichung:

$$ax + b = 0$$

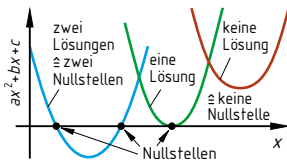
$$\Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad \mathbf{1}$$

Quadratische Gleichung

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

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

für  $b^2 \geq 4ac$



**Mit zwei Unbekannten**

Lineares Gleichungssystem (LGS)

2. Grades:

$$\begin{aligned} a_1 x + b_1 y &= c_1 \\ a_2 x + b_2 y &= c_2 \end{aligned}$$

**Gleichsetzungsmethode**

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

**Beispiel**

$$\begin{aligned} -3x + 2y &= 3 \\ 2x + 3y &= 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= (3 + 3x)/2 \\ y &= (11 - 2x)/3 \\ (3 + 3x)/2 &= (11 - 2x)/3 \\ \Rightarrow x &= 1 \end{aligned}$$

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

**Additions-, Subtraktionsmethode**

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

**Beispiel**

$$\begin{aligned} -3x + 2y &= 3 \\ 2x + 3y &= 11 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} -6x + 4y &= 6 \\ 6x + 9y &= 33 \\ 0 + 13y &= 39 \Rightarrow y = 3. \end{aligned}$$

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

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

**Fortsetzung**

**Determinantenverfahren**

für lineares Gleichungssystem 2. Grades

$$\begin{aligned} a_1 x + b_1 y &= c_1 \\ a_2 x + b_2 y &= c_2 \end{aligned}$$

Determinante erstellen:

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

Determinante berechnen:

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

$x$ -Determinante berechnen:

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

$y$ -Determinante berechnen:

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

$x$  berechnen:

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

$y$  berechnen:

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

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

**Beispiel**

$$\begin{aligned} -3x + 2y &= 3 \\ 2x + 3y &= 11 \end{aligned}$$

Determinante berechnen:

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

$x$ -Determinante berechnen:

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

$y$ -Determinante berechnen:

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

$x$  berechnen:

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

$y$  berechnen:

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

Alle drei Verfahren führen zu gleichen Ergebnissen.

**Mit drei Unbekannten**

**Determinantenverfahren**

für lineares Gleichungssystem 3. Grades

$$\begin{aligned} a_1 x + b_1 y + c_1 z &= d_1 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z &= d_2 \\ a_3 x + b_3 y + c_3 z &= d_3 \end{aligned}$$

Determinante erstellen:

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

Determinante berechnen:  $\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

$$D = a_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 b_3 - (c_1 b_2 a_3 + a_1 c_2 b_3 + b_1 a_2 c_3)$$

$x$ -Determinante erstellen:

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

$x$ -Determinante berechnen:  $\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

$$D_x = d_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 d_3 + c_1 a_2 d_3 - (c_1 b_2 d_3 + d_1 c_2 b_3 + b_1 d_2 c_3)$$

$y$ -Determinante berechnen:  $\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

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

$z$ -Determinante berechnen:  $\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

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

$x, y, z$  berechnen für  $D < 0$ :

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

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

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





## Potenzen

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

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

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

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

### Rechenregeln:

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

## Dezimale Vorsätze

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

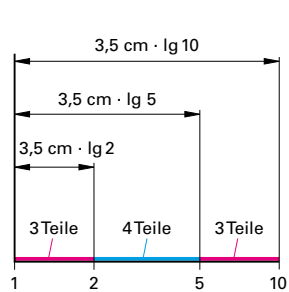
Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
da	Deka	10
h	Hekto	$10^2$
k	Kilo	$10^3$
M	Mega	$10^6$
G	Giga	$10^9$
T	Tera	$10^{12}$
P	Peta	$10^{15}$
E	Exa	$10^{18}$
Z	Zetta	$10^{21}$
Y	Yotta	$10^{24}$

## Binäre Vorsätze

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung (Faktor)
–	–	–
–	–	– Bei großen
Ki	Kibi	$2^{10}$ Massenspei-
Mi	Mebi	$2^{20}$ chern gelten
Gi	Gibi	$2^{30}$ oft die Bedeu-
Ti	Tebi	$2^{40}$ tungen der
Pi	Pebi	$2^{50}$ physikalischen
Ei	Exbi	$2^{60}$ Größen (de-
Zi	Zebi	$2^{70}$ zimale Vor-
Yi	Yobi	$2^{80}$ sätze).

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

## Logarithmen



### Logarithmische Teilung

(Siehe auch Seite 70.)

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

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

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

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

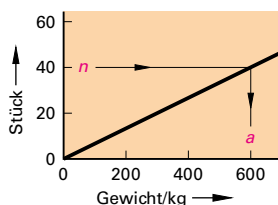
Der Zweierlogarithmus  $\lg_2$  hat die Basis 2.

Große Zahlenbereiche können mit einem logarithmischen Maßstab gestrafft dargestellt werden.

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

$\log_a(cd) = \log_a c + \log_a d$	1
$\log_a \frac{c}{d} = \log_a c - \log_a d$	2
$\log_a(c^m) = m \cdot \log_a c$	3
$\log_a \sqrt[n]{c} = \frac{1}{n} \log_a c$	4
$\lg x = \ln x / \ln 10$	5
$\ln x = \lg x / \lg e$	6
$\lg_2 x = \lg x / \lg 2$	7
$-\log_a x = \log_a(1/x)$	8

## Dreisatzrechnung



### Dreisatzrechnung für ein proportionales Verhältnis

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

