



# Erste Hilfe



## Auffinden einer Person

### Grundsätze

- Ruhe bewahren
- Unfallstelle sichern
- Eigene Sicherheit beachten



Person ggf. aus dem Gefahrenbereich retten

### Notruf 112

- Wo geschah es?
- Was geschah?
- Wie viele Verletzte?
- Welche Art von Verletzungen?
- Warten auf Rückfragen!



**Bewusstsein prüfen**  
laut ansprechen,  
anfassen, rütteln

nicht  
vorhanden  
um  
Hilfe  
rufen



**Atmung prüfen**  
Atemwege freimachen,  
Kopf nachenwärts beugen,  
Kinn anheben,  
sehen/hören/fühlen

keine normale  
Atmung

Notruf  
AED<sup>1)</sup>  
holen  
lassen



**30 x Herzdruckmassage**  
Hände in Brustmitte  
Drucktiefe 5–6 cm  
Arbeitstempo 100–120/min

im  
Wechsel  
mit  
**2 x Beatmung**  
1s lang Luft  
in Mund oder  
Nase einblasen

vorhanden

normale  
Atmung



**Situationsgerecht  
helfen**  
z.B. Wunde versorgen



**Stabile Seitenlage**

Notruf

Bewusstsein und Atmung überwachen

### Unfälle durch elektrischen Strom

- Auf Selbstschutz achten
- Strom sofort unterbrechen

#### Niederspannung: (bis 1000 Volt)

- Stecker ziehen, ausschalten
- Sicherung herausnehmen bzw. Sicherungsautomat betätigen

#### Hochspannung: (über 1000 Volt)

- Abstand halten
- Notruf „Elektronfall“
- Fachpersonal herbeirufen
- Rettung nur durch Fachpersonal!

#### Maßnahmen am Patienten:

- Ständige Kontrolle von Bewusstsein und Kreislauf (Atmung)
- Ärztliche Behandlung veranlassen

<sup>1)</sup> Sofern verfügbar, den Anweisungen des „Automatisierten Externen Defibrillators“ AED (Gerät zur Beseitigung von Herzmuskelstörungen) folgen.



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische  
und elektronische Berufe

# Tabellenbuch Informations-, Geräte-, System- und Automatisierungstechnik

Tabellen · Formeln · Normanwendungen

14. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

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

**Europa-Nr.: 33722** mit Formelsammlung

Autoren des Tabellenbuchs Informations-, Geräte-, -System- und Automatisierungstechnik:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Monika Burgmaier       | Durbach                |
| Ulrich Freyer          | Köln                   |
| Oliver Gomber          | Freiburg               |
| Bernhard Grimm         | Sindelfingen, Leonberg |
| Gregor Häberle         | Friedrichshafen        |
| Jörg Andreas Oestreich | Schwäbisch Hall        |
| Bernd Schiemann        | Durbach                |
| Dietmar Schmid         | Essingen               |

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises

Bernd Schiemann

Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

Für die Darstellung von Halbleitern wird auch die Norm IEC 60747-9 Halbleiterbauelemente angewandt.

14. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3299-3 (mit Formelsammlung)

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

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co KG, D 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: © Jürgen Fälchle-AdobeStock.com; Festplatte: Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co KG

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

|   |               |           |
|---|---------------|-----------|
| Mathematik, Physik,<br>Elektrotechnische <b>G</b> rundlagen                                     | Übersicht 7   | <b>G</b>  |
| <b>B</b> aulemente, Baugruppen,<br><b>S</b> chaltungen der Baugruppen,<br>Energieversorgung     | Übersicht 53  | <b>BS</b> |
| <b>D</b> igitaltechnik, Schaltungen der Digitaltechnik,<br><b>C</b> omputertechnik, Messtechnik | Übersicht 113 | <b>DC</b> |
| Sensorik, Aktorik, Steuern und Regeln,<br><b>A</b> utomatisierungstechnik,<br>Antriebstechnik   | Übersicht 177 | <b>A</b>  |
| <b>S</b> ignale übertragen und verarbeiten,<br>Multimedia, Digitalisierung                      | Übersicht 255 | <b>S</b>  |
| <b>K</b> ommunikationstechnik,<br>Funknetze, Bussysteme, Internet                               | Übersicht 317 | <b>K</b>  |
| <b>T</b> echnische <b>K</b> ommunikation,<br>Werkstoffe, Verbindungstechnik                     | Übersicht 391 | <b>TK</b> |
| <b>B</b> etrieb und Umfeld,<br><b>A</b> rbeitsschutz, Umwelt, Anhang                            | Übersicht 471 | <b>BA</b> |

## Vorwort zur 14. Auflage

Das Buch ist ein umfassendes Nachschlagewerk für die Bereiche Kommunikationstechnik, Systemtechnik, Medientechnik, Automatisierungstechnik und Informationstechnik.

- Kompakte und übersichtliche Darstellung der wichtigsten Inhalte für die zugehörigen Berufe
- Informationen zur Abschlussprüfung der Kammern in den Elektroberufen
- **Formeln für Berufsanfänger sind gelb hinterlegt.**

Berücksichtigung neuer Normen, z. B.: DIN VDE 0100-410, 0100-540, 701/702, DIN EN 60027-2, 3

Besonderes Augenmerk wurde auf **Übersichtlichkeit** in der Darstellung gelegt. Deshalb werden die Informationen in strenger Gliederung tabellenartig präsentiert. Die Berechnungsformeln sind als Größengleichungen nach DIN 1303 angegeben.

Zur schnellen **Orientierung** dienen den Benutzern ein Griffregister, kapitelweise angeordnete Inhaltsverzeichnisse und ein ausführliches Sachwortverzeichnis am Buchende.

Das Buch enthält die Hauptabschnitte:

|           |  |
|-----------|--|
| <b>G</b>  | Mathematik, Physik, Elektrotechnische Grundlagen,                                |
| <b>BS</b> | Bauelemente, Baugruppen, Schaltungen der Baugruppen, Energieversorgung,          |
| <b>DC</b> | Digitaltechnik, Schaltung und Digitaltechnik, Computertechnik, Messtechnik,      |
| <b>A</b>  | Sensorik, Aktorik, Steuern und Regeln, Automatisierungstechnik, Antriebstechnik, |
| <b>S</b>  | Signale übertragen und verarbeiten, Multimedia, Digitalisierung,                 |
| <b>K</b>  | Kommunikationstechnik, Funknetze, Bussysteme, Internet,                          |
| <b>TK</b> | Technische Kommunikation, Werkstoffe, Verbindungstechnik,                        |
| <b>BA</b> | Betrieb und sein Umfeld, Arbeitsschutz, Umwelt, Anhang.                          |

### Neu in der 14. Auflage:

Arten von Getrieben, Multifunktionsrelais, PCIe und SATA, CLS-System mit eHz EDL und SMWG, Arbeiten mit LabVIEW, Timer, Logo!8 im Netzwerk, HMI, UML, Übersicht Regelkreisglieder mit Beispielen, Pneumatik Grundschaltungen, Pneumatik Energieeffizienz, Digitale Signatur, Digitale Zertifikate, Anwendungsbereiche der KI und KI-Bedrohungen, DECT N R+, Kryptologie, Installationsschaltungen, EU Gesetze und Richtlinien zum Datenschutz, Brandschutz, Schaltschrank-Klimatisierung, Fehlerbaumanalyse, Gefährdungsbeurteilung.

### Überarbeitet:

Unterbrechungsfreie Stromsysteme USV, Festwertspeicher ROM, RAM-Speichermodule, Leistungsmessgeräte und analoge Elektrizitätszähler für Niederspannung, Programmieren von Zählern und Zeitgliedern in SPS S7, Hochfrequenzleitungen, Soundsysteme, Lichtmanagementsysteme, Geräteschutzschalter, Leiterplattenprogramme, PC-Stecker, Fernsehtechnik DVB, IPTV, SmartTV ,UHD, HDR.

### Wer arbeitet mit dem Tabellenbuch Informations-, Geräte-, System- und Automatisierungstechnik?

Auszubildende in den folgenden Berufen:

- Elektroniker/in für Geräte und Systeme
- Elektroniker/in für Automatisierungstechnik
- Informationselektroniker/in
- Elektroniker/in – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik
- Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik
- IT-System-Elektroniker/in

Schüler/Schülerinnen folgender Bildungsgänge:

- Technisches Gymnasium, Fachgymnasium, Fachoberschule und Berufsoberschule, Berufskollegs
- Studierende der Fachschulen für Technik und der Hochschulen.

### Ihre Meinung interessiert uns!

Bitte teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik, aber auch Ihre Zustimmung zum Buch mit.

Schreiben Sie uns an die E-Mail-Adresse: [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)

## Entwicklungsphasen der Industrie Industrial development phases

### 1. Industrielle Revolution, ab 1800, Industrie 1.0

- Gründerzeit mit Mechanisierung,
- Fertigung in Fabriken,
- Nutzung der Wasserkraft und Dampfkraft,
- Elektrogenerator und Elektromotor,
- Elektrisches Licht,
- Herstellung serienidentischer Teile, z. B. Fahrzeuge, Waffen,
- Telefonie.

### Automatisierung 1.0

Maschinelle Prozesse und Abläufe werden mechanisch mithilfe von Rädern, Hebeln, fluidischen Verzögerungsgliedern und Gewichtsspeichern automatisiert. Elektrischer Dynamo zur Energieerzeugung.

Nutzung der elektrischen Energie für Motoren und für die Beleuchtung.

### „Elektrisches Licht“ Allegorie, Ausstellungsplakat 1896



### 2. Industrielle Revolution, ab 1900, Industrie 2.0

- Fließbandfertigung mit strenger Arbeitsteilung,
- Elektromechanische Steuerungstechnik,
- Elektrische Antriebstechnik für Geräte, Maschinen und Fahrzeuge
- Radio- und Fernsehtechnik,
- Elektronische Steuerungen mit Einzeltransistoren,
- EDV-Anlagen.

### Automatisierung 2.0

Maschinelle Ablaufprozesse steuert man mit Relais. Selbsthalteschaltungen dienen als binäre Speicher.

Neben elektromechanischen und fluidischen Reglern kommen zunehmend elektronische Regelungs- und Steuerungseinrichtungen in Gebrauch, zunächst mit Röhren, später mit Einzeltransistoren.

### NPN-Transistor im Glasgehäuse um 1958



### 3. Industrielle Revolution, ab 1970, Industrie 3.0

- Integrierte Schaltkreise,
- Mikroprozessoren,
- EPROM,
- Mikrocomputer,
- PC, SPS,
- CAD, CAM, CAQ, CIM,
- Roboter,
- NC-Maschinen.

### Automatisierung 3.0

Die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts stehen ganz im Zeichen der Integration vieler elektronischer Funktionen in einen Schaltkreis (Integrierter Schaltkreis IC = 1 Chip). Mithilfe von ICs entstehen komplexe Steuerungen, z. B. für Werkzeugmaschinen. Diese aufgabenspezifischen Steuerungen werden sodann durch frei programmierbare Prozessoren und Mikrocomputer abgelöst.

### IBM-PCs mit 5 1/4" Disklaufwerk und x86-Prozessoren kommen ab 1981 in Gebrauch



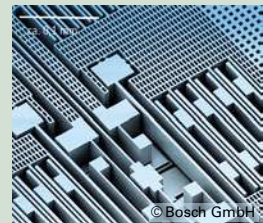
### 4. Industrielle Revolution, ab 2000, Industrie 4.0

- Weltweite Vernetzung durch das Internet,
- Cyber-Physikalische Systeme (CPS),
- 3D-Druck,
- Mikroelektromechanische Systeme (MEMS), z. B. als Sensoren in Smartphones,
- Simulation im Cyberspace,
- GPS, Geometrische Produktspezifikation.

### Automatisierung 4.0

Prägend ist die Kommunikationstechnik über das Internet. Weltweiter Masenzugang mit Maschinen, Geräten und Personen ermöglichen weltweit automatisierte Funktionsabläufe aller Art, sei es die Nutzung für Geldtransfer, Bestellungen, Schulungen und Meinungsbildung. Große Gefahren liegen im Missbrauch durch Schadprogramme (Malware) und Falschmeldungen.

### MEMS-Beschleunigungssensor z. B. im Smartphone



### 5. Industrielle Revolution, ab 2020, Industrie 5.0

Künstliche Intelligenz KI (engl. AI, von Artificial Intelligence), kann mit einem Computer menschliche Fähigkeiten nachahmen, z. B.

- Fragen beantworten,
- Mathematische Beziehungen erstellen
- Texte und Bilder erkennen und neue erzeugen.

KI-generierte Ergebnisse besitzen ein eingeschränktes Urheberrecht.

### Automatisierung 5.0

**KI-Sehen** erkennt z. B. Gesichter zur automatisierten Verbrecherbekämpfung.

**KI-Lesen und KI-Schreiben** ermöglicht z. B. das automatisierte Verfassen eines Aufsatzes zu einem gegebenen Thema.

**KI-Denken** kann auch aus unvollständigen Informationen sinngebende Ergebnisse ableiten.

**KI-Malen und Zeichnen** kann Grafiken und Gemälde erzeugen.

### Waage der Gerechtigkeit im digitalen Weltkonzept, KI-generiert



## Der Veränderungsprozess

Der digitale Wandel (Digitale Transformation) oder kurz, die **Digitalisierung** hat mit Beginn des 21. Jahrhunderts in allen Lebensbereichen Einzug gehalten mit dauerhaft wirkenden Veränderungen. Deutlich wird dies durch die Nutzung

- digital arbeitender Geräte der Kommunikationstechnik, z. B. von Smartphones und Tablets,
- der Nutzung des Internets und der digitalen sozialen Medien, z. B. von Facebook, X, TikTok, Instagram,
- der digitalen Abwicklung von Ein- und Verkaufsvorgängen (E-Commerce),
- der Nutzung des Computers bei nahezu allen Tätigkeiten, z. B. für Büroarbeiten,
- der digitalen Steuerung von Maschinen und von Transportsystemen.

Den Veränderungsprozess mit dem Wandel von der früher überwiegend analogen Welt in die zukünftige digitale Welt bezeichnet man als digitale Transformation.

Betroffen von der digitalen Transformation sind neben den meisten Privatpersonen alle Unternehmen und Betriebe, alle Bildungseinrichtungen und alle staatlichen Ämter und Institutionen.

## Internet-Banking: Digital am Computer oder Smartphone statt analog mit Handschrift



## Treiber der Digitalen Transformation

### Globalisierung

Die Digitalisierung ermöglicht die weltweite (globale) Verflechtung von Wirtschaft, Politik, Kultur und Umwelt. Sie führt zu weltweitem Austausch von Produkten, Technologie, Kapital und Personen. Unternehmen sind zwangsläufig einem globalen Wettbewerb ausgesetzt. Hier sind die Vertriebs- und Marketingabteilungen die stärksten Treiber der digitalen Transformation.

### Globalisierung



### Internet der Dinge (IoT)

Das Internet der Dinge führt zur Vernetzung der Geräte und Maschinen. Es befeuert den Kommerz mit Kaufanreizen, es dient der Nutzung von Dienstleistungen und dem Service.

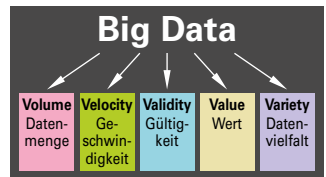
### Internet der Dinge



### Big Data

Big Data sind große Datenmengen. Sie fallen an beim Suchen und Bestellen im Internet, bei der Kommunikation mit sozialen Medien, z. B. Facebook, Instagram, durch Nutzung von Kundenkarten und Kreditkarten, bei allen Bankgeschäften, bei Überwachungskameras und bei Navigationssystemen in Fahrzeugen.

### Big Data



Durch Strukturierung dieser oft zusammenhanglosen Daten kann man z. B. das Kaufverhalten potenzieller Kunden ableiten. Durch mathematische Verfahren, z. B. das der Korrelationsanalyse (Ermittlung von Wechselbeziehungen), kann man feststellen, welche Personengruppen in welcher Altersklasse und in welchem Wohnsitz bestimmte Reiseziele bevorzugt wählen werden.

### Cloud-Computing

Das Cloud-Computing (Arbeiten in einer Computerwolke) ermöglicht die Fernnutzung von IT-Dienstleistungen, z. B. von Speicherplatz, Rechenleistung oder Anwendungssoftware. Die meist unbekannt lokalisierte Hardware steht dem Nutzer gegen Gebühren über das Internet bereit. So kann man die IT-Infrastruktur klein halten und spontan den Bedürfnissen anpassen.

### Cloud-Computing



Im Unterschied zum Cloud-Computing steht das **Edge-Computing**. Man konfiguriert dezentrale IT-Komponenten, die am Rand (engl. edge) eines Firmen-Netzwerks angesiedelt sind. Vertrauliche Daten verlassen den eigenen Standort nicht. Große Datenmengen werden nahe an der Quelle verarbeitet, z. B. Kameradaten werden direkt in der Kamera ausgewertet.

**Mathematik**

Formelzeichen .....8  
 Indizes und Zeichen .....9  
 Größen und Einheiten .....10  
 Vorsätze, Potenzen, Schreibweise von Angaben .....12  
 Mathematische Zeichen .....13  
 Rechenregeln der Algebra .....14  
 Winkel und Winkelfunktionen .....15  
 Winkelfunktionen .....16  
 Funktionen und Graphen .....17  
 Komplexe Rechnung .....18  
 Fourier-Analyse .....20

**Physik**

Körper und Masse .....21  
 Mechanische Größen .....22  
 Arten von Getrieben .....23  
 Mechanische Arbeit und mechanische Energie .....24  
 Bewegungslehre, Leistung, Wirkungsgrad .....25  
 Lichtgrößen .....26  
 Wärme .....27  
 Kühlung von Halbleiterbauelementen .....28  
 Thermische Belastbarkeit von Halbleiterbauelementen .....29  
 Elektrisches Feld .....30  
 Magnetische Größen und Magnetisierungskennlinien .....31

**Elektrotechnische Grundlagen**

Widerstand und Leitwert .....32  
 Ladung, Spannung, Stromstärke .....33  
 Induktion, Induktivität, Spule an Gleichspannung .....34  
 Strom im Magnetfeld .....35  
 Frequenz, Wellenlänge, Impuls .....36  
 Elektrische Wechselgrößen .....37  
 Ohm'sches Gesetz, elektrische Leistung, elektrische Arbeit .....38  
 Nichtlinearer Widerstand, Vierpol .....39  
 Kapazität und Schaltvorgänge von Kondensatoren .....40  
 Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Gesetze .....41  
 R-, L-, C-Schaltungen .....42  
 Diagramme von Grundsaltungen .....43  
 Blindwiderstände, RC-Schaltungen, RL-Schaltungen .....44  
 RLC-Schaltungen, Schwingkreise .....45  
 Ersatzspannungsquelle, Anpassung, Ersatzstromquelle .....46  
 Netzwerkumwandlung .....47  
 Spannungsteiler .....48  
 Tiefpässe und Hochpässe .....49  
 Impulsformer und Dämpfungsglieder .....50  
 Bandpässe, Bandsperren, Bandfilter .....51  
 Drehstrom, Kompensation .....52

## Formelzeichen    Formula symbols

| Index, Zeichen         | Bedeutung   | Index, Zeichen        | Bedeutung   | Index, Zeichen                     | Bedeutung   |
|------------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------|---|
| <b>Kleinbuchstaben</b> |   | <b>Großbuchstaben</b> |   | <b>Griechische Kleinbuchstaben</b> |   |
| <i>a</i>               | 1. Beschleunigung<br>2. Temperaturleitfähigkeit   | <i>A</i>              | 1. Fläche, Querschnitt<br>2. Ablenkoeffizient<br>3. Dämpfungsmaß  | $\alpha$<br>(alpha)                | 1. Winkel<br>2. Temperaturkoeffizient   |
| <i>b</i>               | 1. Breite<br>2. Ladungsträgerbeweglichkeit  | <i>B</i>              | 1. magn. Flussdichte<br>2. Blindleitwert<br>3. Gleichstromverhältnis<br>4. Bandbreite<br>5. Zahlenbasis | $\beta$<br>(beta)                  | 1. Winkel<br>2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor                           |
| <i>c</i>               | 1. spez. Wärmekapazität<br>2. elektrochemisches Äquivalent<br>3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen | <i>C</i>              | 1. Kapazität<br>2. Wärmekapazität<br>3. Taktanzahl<br>4. Zählerkonstante                                | $\gamma$<br>(gamma)                | 1. Winkel<br>2. spez. Leitfähigkeit<br>3. Richtungsfaktor                     |
| <i>d</i>               | 1. Durchmesser<br>2. Abstand<br>3. Verlustfaktor<br>4. Differenztonfaktor<br>5. Klirrfaktor             | <i>D</i>              | 1. Elektr. Flussdichte<br>2. Dämpfungsfaktor<br>3. Dynamikbereich<br>4. Richtungsmaß                    | $\delta$<br>(delta)                | 1. Verlustwinkel<br>2. Modulationsindex                                       |
| <i>e</i>               | 1. Elementarladung<br>2. Regeldifferenz   | <i>E</i>              | 1. elektr. Feldstärke<br>2. Beleuchtungsstärke<br>3. E-Modul  | $\epsilon$<br>(epsilon)            | 1. Permittivität<br>2. Dehnung  |
| $e^1$                  | 1. Euler'sche Zahl 2,718 ...  | <i>F</i>              | 1. Kraft, 2. Faktor, 3. Fehler  | $\epsilon_0$                       | elektr. Feldkonstante   |
| <i>f</i>               | Frequenz  | <i>G</i>              | 1. Leitwert, Wirkleitwert<br>2. Verstärkungsmaß   | $\zeta$<br>(zeta)                  | Arbeitsgrad,<br>Nutzungsgrad  |
| <i>g</i>               | 1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient<br>2. Tastgrad<br>3. Übertragungsmaß                             | <i>H</i>              | magnetische Feldstärke<br>Stromstärke   | $\eta$<br>(eta)                    | Wirkungsgrad  |
| <i>h</i>               | Höhe  | <i>I</i>              | Stromstärke   | $\theta$<br>(theta)                | Temperatur in °C  |
| <i>i</i>               | zeitabhängige<br>Stromstärke  | <i>J</i>              | 1. Stromdichte<br>2. Trägheitsmoment  | $\lambda$<br>(lambda)              | 1. Wellenlänge<br>2. Leistungsfaktor<br>3. Wärmeleitfähigkeit                 |
| <i>j</i>               | Ruck  | <i>K</i>              | 1. Konstante<br>2. Kopplungsfaktor<br>3. Lichtgleichwert<br>4. Koeffizient                              | $\mu$<br>(müh)                     | 1. Permeabilität<br>2. Reibungszahl   |
| <i>k</i>               | 1. Verkürzungsfaktor<br>2. allgem. Konstante  | <i>L</i>              | 1. Induktivität, 2. Pegel   | $\mu_0$                            | magn. Feldkonstante   |
| <i>l</i>               | 1. Länge, 2. Abstand  | <i>M</i>              | 1. Drehmoment, auch <i>T</i><br>2. Speicherkapazität  | $\pi^1$<br>(pi)                    | Kreiszahl 3,141 5926...   |
| <i>m</i>               | 1. Masse<br>2. Modulationsgrad<br>3. Strangzahl<br>4. Zahl der Stufen<br>5. Reglerausgangsgröße         | <i>N</i>              | 1. Zahl<br>2. Nachrichtenmenge  | $\rho$<br>(rho)                    | 1. spezifischer Widerstand<br>2. Dichte                                       |
| <i>n</i>               | 1. Umdrehungsfrequenz, Drehzahl<br>2. ganze Zahl 1, 2, 3 ...<br>3. Brechzahl                            | <i>P</i>              | 1. Leistung, Wirkleistung<br>2. Bit-, Zeichen-, Blockfehlerhäufigkeit                                   | $\sigma$<br>(sigma)                | 1. Streufaktor<br>2. Rauschabstand  |
| <i>p</i>               | 1. Polpaarzahl 2. Druck   | <i>Q</i>              | 1. Ladung, 2. Wärme<br>3. Blindleistung<br>4. Gütefaktor, Güte  | $\tau$<br>(tau)                    | Zeitkonstante   |
| <i>q</i>               | 1. Querstromverhältnis<br>2. Verdampfungswärme  | <i>R</i>              | 1. Federrate<br>2. Wirkwiderstand   | $\varphi$<br>(phi)                 | Winkel, insbesondere<br>Phasenverschiebungswinkel                             |
| <i>r</i>               | 1. Radius, 2. Rate, 3. differenzieller Widerstand<br>4. Rückführgröße                                   | <i>S</i>              | 1. Scheinleistung<br>2. Steilheit<br>3. Übertragungsgröße<br>4. Schlankheitsgrad<br>5. Signal           | $\omega$<br>(omega)                | 1. Winkelgeschwindigkeit<br>2. Kreisfrequenz                                  |
| <i>s</i>               | 1. Strecke, Dicke<br>2. Siebfaktor<br>3. Schlupf, bezogener<br>4. Korrektur<br>5. Welligkeitsfaktor     | <i>T</i>              | 1. Periodendauer<br>2. Übertragungsfaktor<br>3. Temperatur in K<br>4. Dreh-, Kraftmoment                | <b>Griechische Großbuchstaben</b>  |   |
| <i>t</i>               | Zeit  | <i>U</i>              | Spannung  | $\Delta$<br>(Delta)                | Differenz<br>z. B. $\Delta f$ Frequenzhub<br>$\Delta \hat{\varphi}$ Phasenhub |
| <i>u</i>               | zeitabhängige Spannung  | <i>V</i>              | 1. Volumen<br>2. Verstärkungsfaktor   | $\Theta$<br>(Theta)                | elektrische Durchflutung  |
| <i>ü</i>               | 1. Übersetzungsverhältnis<br>2. Übersteuerungsfaktor  | <i>W</i>              | Arbeit, Energie   | $\Lambda$<br>(Lambda)              | magnetischer Leitwert   |
| <i>v</i>               | Geschwindigkeit   | <i>X</i>              | Blindwiderstand   | $\Phi$<br>(Phi)                    | 1. magnetischer Fluss<br>2. Lichtstrom  |
| <i>w</i>               | 1. Energiedichte<br>2. Führungsgröße  | <i>Y</i>              | Scheinleitwert  | $\Psi$<br>(Psi)                    | elektrischer Fluss  |
| <i>x</i>               | Regelgröße  | <i>Z</i>              | 1. Impedanz,<br>Scheinwiderstand<br>2. Wellenwiderstand<br>3. Schwingungswiderstand                     | $\Omega$<br>(Omega)                | Raumwinkel  |
| <i>y</i>               | Stellgröße  |                       |   |                                    |   |
| <i>z</i>               | 1. ganze Zahl, z. B. Lagenzahl, Schrittzahl<br>2. Störgröße   |                       |   |                                    |   |

<sup>1</sup> e und  $\pi$  sind Konstanten

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

## Indizes und Zeichen    Indexes and characters

| Index, Zeichen                     | Bedeutung   | Index, Zeichen | Bedeutung   | Index, Zeichen      | Bedeutung   |   |
|------------------------------------|---|----------------|---|---------------------|---|---|
| <b>Ziffern, Zeichen</b>            |   |                |   |                     |   |   |
| 0                                  | 1. Leerlauf<br>2. im Vakuum<br>3. Bezugsgröße                       | n              | 1. Bemessungs-, Nenn-<br>2. Rausch- (noise)<br>Oszillator-  | G                   | 1. Gain<br>2. Gate<br>3. Gewicht<br>4. Glättung<br>5. Grün  |   |
| 1                                  | 1. Eingang<br>2. Reihenfolge  | o              | 1. parallel 2. Pause<br>3. Puls, 4. potenziell<br>5. Brumm-, 6. Druck   | H                   | 1. Hysterese<br>2. Hall-<br>3. Höhe   |   |
| 2                                  | 1. Ausgang<br>2. Reihenfolge  | q              | Quer  | K                   | 1. Katode<br>2. Kopplung (Gegen-)<br>3. Kühlkörper<br>4. Kippen<br>5. Kanal, Strecke                                      |   |
| 3, 4, ...                          | Reihenfolge   | r              | 1. in Reihe<br>2. relativ, bezogen auf<br>3. Anstiegs- (rise)<br>4. Resonanz<br>5. rated (Bemessungswerte)                  | L                   | 1. induktiv, 2. Last,<br>3. Level 4. links 5. Laden<br>6. höchstzul. Berührungs-<br>spannung<br>7. Lorentz-               |   |
| ∧                                  | Maximalwert, Höchstwert,<br>z. B. $\hat{u}$                         | s              | 1. Sieb-<br>2. Signal, 3. Serie<br>4. Störstrahlung<br>5. in Wegrichtung<br>6. Stoß-<br>7. Lautstärke, 8. Soll-,<br>Schritt | M                   | Mitkopplung   |   |
| ∨                                  | Tiefstwert, Kleinstwert,<br>Minimalwert z. B. $\check{u}$           | sch            | Strang  | N                   | 1. Bemessungs-, 2. Nutz-<br>Quer-   |   |
| ∧                                  | 1. Spitze-Tal-Wert<br>2. Schwingungsbreite<br>z. B. $\hat{u}$       | str            | tief, unten, Totzeit  | O                   | 1. Rückwärts- (reward)<br>2. Wirkwiderstand<br>3. Diode, Z-Diode<br>4. Drossel, 5. rechts<br>6. Regel-, 7. Rot<br>8. Ruhe |   |
| ,                                  | 1. bezogen auf, 2. Hinweis,<br>3. Ableitung z. B. $u'$              | th             | thermisch, Wärme-<br>total, gesamt  | R                   | 1. Source 2. Schleife-<br>3. Sattel- 4. Schalt-<br>5. Schleusen-<br>6. Sektor   |   |
| <b>Kleinbuchstaben</b>             |   |                |   |                     |   |   |
| a                                  | 1. Abschalten<br>2. Ausgang 3. außen<br>4. Abfall 5. Anker          | tot            | u   | S                   | 1. Transformator<br>2. Träger<br>3. Spur (track)<br>4. Drehmoment (torque)  |   |
| ab                                 | abgegeben   | u              | v   | T                   | U   | Umgebung  |
| auf                                | aufgenommen   | v              | w   | V                   | V   | 1. Spannungsmesser<br>2. Verstärkungs-<br>3. Video-<br>4. Vertikal- |
| b                                  | 1. Betriebs- 2. Bit,<br>3. Blindgröße                               | w              | x   | X                   | am X-Eingang  |   |
| c                                  | 1. Grenz- (cut-off)<br>2. Form (crest)                              | x              | y   | Y                   | 1. am Y-Eingang<br>2. Luminanz<br>3. Sternschaltung   |   |
| d                                  | 1. Gleichstrom betreffend<br>2. Dauer-, 3. Digit-,<br>4. Dämpfung   | y              | z   | Z                   | 1. Zener-,<br>2. zulässig   |   |
| e                                  | 1. Eingang 2. Empfang   | z              | zu  |                     |   |   |
| eff                                | Effektivwert  | zu             | zul   |                     |   |   |
| f                                  | 1. Frequenz<br>2. Abfalls- (fall)                                   | zul            |   |                     |   |   |
| <b>Großbuchstaben</b>              |   |                |   |                     |   |   |
| ges                                | Gesamt-   | A              | 1. Strommesser<br>2. Antenne 3. Anker-<br>4. Anode<br>5. Anzug, Anlauf<br>6. Anlagenerdung<br>7. Abtast-                    |                     |   |   |
| h                                  | hoch, oben  | B              | 1. Basis 2. Betrieb<br>3. Betriebserdung (Netz)<br>4. Bau-, 5. Blau   |                     |   |   |
| i                                  | 1. innen, 2. induziert<br>3. Strom-, 4. ideell 5. Ist-<br>6. Impuls | C              | 1. Kollektor 2. kapazitiv<br>3. Takt 4. Cluster<br>5. koerzitiv   |                     |   |   |
| j                                  | 1. Sperrschicht<br>(von junction)                                   | D              | 1. Drain, 2. Daten  |                     |   |   |
| k                                  | 1. Kurzschluss-<br>2. kinetisch                                     | E              | 1. Emitter 2. Entladen<br>3. Erde 4. Erregung<br>(Gleichstrommotor)   |                     |   |   |
| m                                  | 1. magnetisch<br>2. Mittelwert<br>3. Messwerk<br>4. moduliert       | F              | 1. Vorwärts- (forward)<br>2. Fläche 3. Fehler-,<br>4. Farbe   |                     |   |   |
| max                                | maximal, höchstens  |                |   |                     |   |   |
| mec                                | mechanisch  |                |   |                     |   |   |
| min                                | minimal, mindestens   |                |   |                     |   |   |
| <b>Griechische Kleinbuchstaben</b> |   |                |   |                     |   |   |
|                                    |   |                |   | $\alpha$<br>(alpha) | in Richtung des Winkels $\alpha$  |   |
|                                    |   |                |   | $\sigma$<br>(sigma) | Streuung  |   |
|                                    |   |                |   | $\varphi$<br>(phi)  | Phasenverschiebungs-<br>winkel  |   |
| <b>Griechische Großbuchstaben</b>  |   |                |   |                     |   |   |
|                                    |   |                |   | $\Delta$<br>(Delta) | eine Differenz betreffend   |   |

Die Indizes können kombiniert werden, z. B. bei  $U_{CE}$  für Kollektor-Emitter-Spannung. Zur Kennzeichnung von Werkstoffen können die Symbole für das Material verwendet werden, z. B.  $P_{VCu}$  für Kupferverlustleistung.

## Größen und Einheiten    Quantities and units

| Größen   | SI-Einheit<br>(sonst. Einh.)                       | Einheitenzeichen,<br>Einheitengleichung   | Größen   | SI-Einheit<br>(sonst. Einh.)            | Einheitenzeichen,<br>Einheitengleichung   |
|--|--|---|--|---|---|
| <b>Länge, Fläche, Volumen, Winkel</b>                  |  |   | elektr. Kapazität  | Farad                                   | $1 \text{ F} = 1 \text{ As/V} = 1 \text{ C/V}$  |
| Länge  | Meter<br>(Zoll, Inch)                              | m<br>$1'' = 25,4 \text{ mm}$  | elektr. Strombelag   | Ampere<br>je Meter                      | A/m   |
| Fläche   | Quadratmeter                                       | $\text{m}^2$  | Permittivität,<br>Dielektrizitäts-<br>konstante                                | Farad je Meter                          | $1 \text{ F/m} = 1 \text{ C/(Vm)}$  |
| Volumen  | Kubikmeter<br>(Liter)                              | $\text{m}^3$<br>$1 \text{ l} = (1/1000) \text{ m}^3$<br>$= 1 \text{ dm}^3$<br>$= 1000 \text{ cm}^3$                                     | elektr. Stromstärke  | Ampere                                  | $1 \text{ A} = 1 \text{ As/s}$  |
| Winkel (ebener)  | Radian<br>(Grad)                                   | rad<br>$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$  | elektr. Stromdichte  | Ampere je $\text{m}^2$                  | $\text{A/m}^2$  |
| Raumwinkel   | Steradian  | sr  | Spannungs-<br>anstiegs-<br>geschwindigkeit                                     | Volt je<br>Sekunde                      | $1 \text{ V/s}$   |
| <b>Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung</b> |  |   | elektr. Widerstand,<br>Wirkwiderstand,<br>Blindwiderstand,<br>Scheinwiderstand | Ohm                                     | $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$  |
| Zeit   | Sekunde<br>(Minute)<br>(Stunde)<br>(Tag)<br>(Jahr) | s<br>$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$<br>$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$<br>$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$<br>$1 \text{ a} = 8760 \text{ h}$ | elektr. Wirkleitwert,<br>Blindleitwert,<br>Scheinleitwert                      | Siemens                                 | $1 \text{ S} = \frac{1}{\Omega}$  |
| Frequenz   | Hertz  | $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$   | spezifischer<br>elektr. Widerstand   | Ohmmeter                                | $1 \Omega \text{ m} = 100 \Omega \text{ cm}$<br>$1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} =$<br>$1 \mu\Omega \text{ m}$ |
| Drehzahl, Um-<br>drehungsfrequenz                      | je Sekunde<br>(je Minute)                          | $1/\text{s} = 60/\text{min}$  | elektrische<br>Leitfähigkeit   | Siemens je<br>Meter                     | $1 \text{ Sm}/\text{mm}^2$<br>$= 1 \text{ MS}/\text{m}$   |
| Kreisfrequenz  | je Sekunde   | $1/\text{s}$  | Wirkleistung   | Watt                                    | $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$   |
| Geschwindigkeit  | Meter je<br>Sekunde                                | $\text{m/s}$<br>$1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}$  | Blindleistung  | (Var) od. W                             | $1 \text{ var} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$   |
| Winkelgeschwin-<br>digkeit                             | Radian<br>je Sekunde                               | rad/s   | Scheinleistung   | (VA) od. W                              | $1 \text{ VA} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$  |
| Beschleunigung   | Meter je Se-<br>kunde Quadrat                      | $\text{m/s}^2$  | Induktivität   | Henry                                   | $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$  |
| Ruck   | –  | $\text{m/s}^3$  | Arbeit, Energie  | Joule<br>(Wattstunde)<br>(Elektronvolt) | $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$<br>$1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kNm}$<br>$1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$        |
| <b>Mechanik</b>  |  |   | <b>Magnetismus</b>   |   |   |
| Masse  | Kilogramm<br>(Tonne)                               | kg<br>$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$   | magnetische<br>Durchflutung,<br>magn. Spannung                                 | Ampere                                  | A   |
| Dichte   | Kilogramm je<br>Kubikmeter                         | $\text{kg}/\text{m}^3, \text{ kg}/\text{dm}^3$  | magn. Feldstärke,<br>Magnetisierung  | Ampere<br>je Meter                      | A/m   |
| Trägheitsmoment  | –  | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$  | magnetischer<br>Fluss  | Weber                                   | $1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs}$   |
| Kraft  | Newton   | $1 \text{ N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$   | magn. Flussdichte,<br>magn. Polarisation                                       | Tesla                                   | $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs}/\text{m}^2$   |
| Impuls   | Newton-<br>sekunde                                 | $1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}$   | Induktivität   | Henry                                   | $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs}/\text{A}$   |
| Druck  | Pascal<br>(Bar)                                    | $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$<br>$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$  | Permeabilität  | Henry je Meter                          | $1 \text{ H}/\text{m} = 1 \text{ Vs}/(\text{Am})$   |
| Arbeit, Energie  | Joule<br>(Elektronvolt)                            | $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$<br>$1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$   | magn. Widerstand   | –                                       | $1/\text{H} = \text{A}/\text{Vs}$   |
| Drehmoment   | Newtonmeter  | $1 \text{ Nm}$  | magn. Leitwert   | Henry                                   | H   |
| Leistung   | Watt   | $1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s}$<br>$= 1 \text{ Nm}/\text{s}$   | <b>Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)</b>                              |   |   |
| <b>Elektrizität</b>                                    |  |   | Strahlungsenergie  | Joule                                   | $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$   |
| elektrische<br>Ladung,<br>elektrischer Fluss           | Coulomb  | $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$  | Strahlungsleistung   | Watt                                    | $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$   |
| Flächenladungs-<br>dichte, elektrische<br>Flussdichte  | Coulomb je<br>Quadratmeter                         | $\text{C}/\text{m}^2$   | Strahlstärke   | Watt/<br>Steradian                      | W/sr  |
| Raumladungs-<br>dichte                                 | Coulomb je<br>Kubikmeter                           | $\text{C}/\text{m}^3$   | Strahldichte   | –                                       | $\text{W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$   |
| elektr. Spannung,<br>elektr. Potenzial                 | Volt   | $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$   | spezifische<br>Ausstrahlung,<br>Bestrahlungsstärke                             | Watt je<br>Quadratmeter                 | $\text{W}/\text{m}^2$   |
| elektr. Feldstärke                                     | Volt je Meter                                      | $1 \text{ V}/\text{m} = 1 \text{ N/C}$  |  |   |   |

## Größen und Einheiten (Fortsetzung)    Quantities and units (continued)

| Größen  | SI-Einheit<br>(sonst. Einh.)  | Einheitenzeichen,<br>Einheitengleichung                         | Größen  | SI-Einheit<br>(sonst. Einh.) | Einheitenzeichen,<br>Einheitengleichung                             |
|---|-------------------------------|---|---|------------------------------|---|
| <b>Licht, Optik</b>                             |                               |   | <b>Kernreaktion, ionisierende Strahlung</b>         |                              |   |
| Lichtstärke                                     | Candela                       | cd  | Aktivität einer radioaktiven Substanz               | Becquerel                    | 1 Bq = 1/s  |
| Leuchtdichte                                    | Candela je m <sup>2</sup>     | cd/m <sup>2</sup>   | Energiedosis  | Gray                         | 1 Gy = 1 J/kg   |
| Lichtstrom                                      | Lumen                         | lm  | Energiedosisrate                                    | Gray je Sekunde              | Gy/s  |
| Lichtausbeute                                   | Lumen je Watt                 | lm/W  | Äquivalentdosis                                     | Sievert                      | 1 Sv = 1 J/kg   |
| Lichtmenge                                      | Lumensekunde<br>(Lumenstunde) | lm s<br>1 lm h = 3 600 lm s                                     | Aquivalentdosisrate                                 | Sievert je Sekunde           | 1 Sv/s<br>= 1 J/(kg · s)  |
| spezifische Lichtausstrahlung                   | Lumen je Quadratmeter         | lm/m <sup>2</sup>   | Ionendosis  | Coulomb je Kilogramm         | C/kg  |
| Beleuchtungsstärke                              | Lux                           | 1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>                                      | Ionendosisrate                                      | Ampere je Kilogramm          | 1 A/kg<br>= 1 C/(kg · s)  |
| Belichtung                                      | –                             | Lux · s   |   |                              |   |
| Brechkraft von Linsen                           | –<br>(Dioptrie)               | 1/m<br>1 dpt = 1/m  |   |                              |   |
| <b>Wärme</b>                                    |                               |   | <b>Akustik</b>                                      |                              |   |
| Celsius-Temperatur                              | Grad Celsius                  | °C  | Schalldruck   | Pascal                       | 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>   |
| thermo-dynamische Temperatur                    | Kelvin                        | K<br>0 K $\triangleq$ – 273,15 °C<br>0 °C $\triangleq$ 273,15 K | Schalldruckpegel                                    | Dezibel                      | dB  |
| Temperaturdifferenz                             | Kelvin                        | K   | „ „, bewertet                                       | –                            | dB (A), dB (B), dB (C), dB (D)                                      |
| Wärme, innere Energie                           | Joule                         | 1 J = 1 Ws  | Lautstärkepegel                                     | Phon                         | phon $\approx$ dB(A)  |
| Wärmestrom                                      | Watt                          | 1 W = 1 J/s   | Schallschnelle                                      | Meter je Sekunde             | m/s   |
| Wärme-widerstand (von Bauelementen)             | Kelvin je Watt                | K/W   | Schallgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit) | Meter je Sekunde             | m/s   |
| Wärmeleitfähigkeit                              | –                             | W/(K · m)   | Schallfluss   | –                            | 1 m <sup>3</sup> /s<br>= 1 m <sup>2</sup> · 1 m/s                   |
| Wärmeübergangskoeffizient                       | –                             | W/(K · m <sup>2</sup> )   | Schallintensität                                    | –                            | W/m <sup>2</sup>  |
| Wärmekapazität, Entropie                        | Joule je Kelvin               | J/K   | spezifische Schallimpedanz                          | –                            | Pa · s/m  |
| spezifische Wärmekapazität                      | –                             | J/(kg · K)  | akustische Impedanz                                 | –                            | Pa · s/m <sup>3</sup>   |
| Temperaturleitfähigkeit                         | Quadratmeter je Sekunde       | m <sup>2</sup> /s   | mechanische Impedanz                                | –                            | N · s/m   |
| <b>Chemie, Molekularphysik</b>                  |                               |   | äquivalente Absorptionsfläche                       | Quadratmeter                 | m <sup>2</sup>  |
| Stoffmenge                                      | Mol                           | mol   | <b>Sonstige Bereiche</b>                            |                              |   |
| Stoffmengen-konzentration                       | –                             | mol/m <sup>3</sup>  | Entfernung in der Astronomie                        | (Astronomische Einheit)      | 1 AE = 149,6 Gm = 149 597 870 691 m                                 |
| stoffmengen-bezogenes Volumen (molares Volumen) | –                             | m <sup>3</sup> /mol   |   | Parsec (Parallaxensekunde)   | 1 Pc = 30,857 Pm  |
| Molalität                                       | –                             | mol/kg  | Masse in der Atomphysik                             | (atomare Masseneinheit)      | 1 u = 1,66 · 10 <sup>–27</sup> kg                                   |
| molare Masse                                    | –                             | kg/mol  |   |                              |   |
| molare Wärmekapazität                           | –                             | J/(mol · K)   | Fläche von Grundstücken                             | Ar<br>Hektar                 | 1 a = 100 m <sup>2</sup><br>1 ha = 100 a<br>= 10 000 m <sup>2</sup> |
| Diffusionskoeffizient                           | –                             | m <sup>2</sup> /s   |   |                              |   |

## Vorsätze, Potenzen, Schreibweise von Angaben

### Prefixes, exponents, notation

#### Vorsatzzeichen (Präfixe)

| Vorsatzzeichen | Vorsätze | Bedeutungen | Vorsatzzeichen | Vorsätze | Bedeutungen |
|----------------|----------|-------------|----------------|----------|-------------|
| y              | Yokto    | $10^{-24}$  | da             | Deka     | $10^1$      |
| z              | Zepto    | $10^{-21}$  | h              | Hekto    | $10^2$      |
| a              | Atto     | $10^{-18}$  | k, K           | Kilo     | $10^3$      |
| f              | Femto    | $10^{-15}$  | M              | Mega     | $10^6$      |
| p              | Piko     | $10^{-12}$  | G              | Giga     | $10^9$      |
| n              | Nano     | $10^{-9}$   | T              | Tera     | $10^{12}$   |
| $\mu$          | Mikro    | $10^{-6}$   | P              | Peta     | $10^{15}$   |
| m              | Milli    | $10^{-3}$   | E              | Exa      | $10^{18}$   |
| c              | Zenti    | $10^{-2}$   | Z              | Zetta    | $10^{21}$   |
| d              | Dezi     | $10^{-1}$   | Y              | Yotta    | $10^{24}$   |

Bei **Bitraten**: 1 kbit/s =  $10^3$  bit/s = 1000 bit/s; 1 Mbit/s =  $10^6$  bit/s = 1000 kbit/s; 1 Gbit/s =  $10^9$  bit/s.

#### Vorsätze für Größen der Computertechnik (nach IEC 60027-2)

| binär    | IEC-Namen | Vorsatz/<br>Präfix | Ursprünge   | SI-Herkunft | Vorsatz/<br>Präfix | dezimal              |
|----------|-----------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|----------------------|
| $2^{10}$ | kibi      | Ki                 | kilobinary  | Kilo        | k                  | $(10^3)^1 = 10^3$    |
| $2^{20}$ | mebi      | Mi                 | megabinary  | Mega        | M                  | $(10^3)^2 = 10^6$    |
| $2^{30}$ | gibi      | Gi                 | gigabinary  | Giga        | G                  | $(10^3)^3 = 10^9$    |
| $2^{40}$ | tebi      | Ti                 | terabinary  | Tera        | T                  | $(10^3)^4 = 10^{12}$ |
| $2^{50}$ | pebi      | Pi                 | petabinary  | Peta        | P                  | $(10^3)^5 = 10^{15}$ |
| $2^{60}$ | exbi      | Ei                 | exabinary   | Exa         | E                  | $(10^3)^6 = 10^{18}$ |
| $2^{70}$ | zebi      | Zi                 | zettabinary | Zetta       | Z                  | $(10^3)^7 = 10^{21}$ |
| $2^{80}$ | yobi      | Yi                 | yottabinary | Yotta       | Y                  | $(10^3)^8 = 10^{24}$ |

$2^{10} = 1024$ ,  $2^{20} = 1048576$ ,  $2^{30} = 1073741824$ ,  $2^{40} = 1099511627776$ ,  $2^{50} = 1125899906842624$ ,  
 $2^{60} = 1152921504606846976$ ,  $2^{70} = 1180591620717411303424$ ,  $2^{80} = 1208925819614629174706176$

#### Rechenregeln für Vorsätze

| Ersatz durch Zehnerpotenzen   | Gegenseitiges Aufrechnen  | Berechnung mit Taschenrechner |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
|---|---|-------------------------------|--|---|---|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|---------------------|--|-------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| <p>Vorsatzzeichen durch die Zehnerpotenzen ersetzen und zusammenfassen. Ergebnis der Zusammenfassung durch den Vorsatz ersetzen.</p> <p><b>Beispiel 1:</b><br/> <math>P = U \cdot I = 600 \text{ mV} \cdot 2 \text{ mA} = 1200 \text{ mV} \cdot \text{mA}</math><br/> <math>= 1200 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 10^{-3} \text{ A} = 1200 \cdot 10^{-6} \text{ VA}</math><br/> <math>= 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ W} = \mathbf{1,2 \text{ mW}}</math></p> <p>Bei Vorsätzen unter dem Quadratwurzelzeichen muss die Zehnerpotenz geradzahlig gemacht werden, damit diese Wurzel leicht gezogen werden kann.</p> <p><b>Beispiel 2:</b><br/> <math>f = 1/(2\pi \sqrt{L \cdot C}) = 1/(2\pi \sqrt{1,5 \text{ mH} \cdot 22 \text{ pF}})</math><br/> <math>= 1/(2\pi \cdot \sqrt{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 22 \cdot 10^{-12} \text{ F}})</math><br/> <math>= 1/(2\pi \cdot \sqrt{33 \cdot 10^{-15} \text{ Ωs} \cdot \text{s}^2})</math><br/> <math>= 1/(2\pi \cdot \sqrt{3,3 \cdot 10^{-14} \text{ s}^2})</math><br/> <math>= 1/(2\pi \cdot 1,82 \cdot 10^{-7} \text{ s}) = 1/(1,14 \cdot 10^{-6} \text{ s})</math><br/> <math>= 10^6 \text{ Hz}/1,14 = \mathbf{876 \text{ kHz}}</math></p> | <p>Meist ist es möglich, den Vorsatz der Ergebniseinheit unmittelbar zu berechnen. Wenn die Einheit m (Meter) vorkommt, darf diese nicht mit dem Vorsatz Milli (m) verwechselt werden. Deshalb steht m für Meter immer hinten, m für Milli aber vorn.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Multiplizieren (Malnehmen)</th> </tr> <tr> <td><math>1 \text{ k} \cdot 1 \mu = 1 \text{ m}</math></td> <td><math>1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \mu</math></td> </tr> <tr> <td><math>1 \text{ M} \cdot 1 \mu = 1</math></td> <td><math>1 \text{ m} \cdot 1 \mu = 1 \text{ n}</math></td> </tr> <tr> <td><math>1 \text{ m} \cdot 1 \text{ k} = 1</math></td> <td><math>1 \text{ p} \cdot 1 \text{ M} = 1 \mu</math></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Dividieren (Teilen)</th> </tr> <tr> <td><math>1/1 \mu = 1 \text{ M}</math></td> <td><math>1 \text{ k}/1 \text{ M} = 1 \text{ m}</math></td> </tr> <tr> <td><math>1/1 \text{ m} = 1 \text{ k}</math></td> <td><math>1 \text{ M}/1 \text{ k} = 1 \text{ k}</math></td> </tr> <tr> <td><math>1/1 \text{ k} = 1 \text{ m}</math></td> <td><math>1 \mu/1 \text{ k} = 1 \text{ n}</math></td> </tr> </table> <p><b>Beispiel:</b><br/> <math>P = U \cdot I = 800 \text{ mV} \cdot 4 \text{ mA}</math><br/> <math>= 3200 \mu\text{W} = \mathbf{3,2 \text{ mW}}</math></p> | Multiplizieren (Malnehmen)    |  | $1 \text{ k} \cdot 1 \mu = 1 \text{ m}$ | $1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \mu$ | $1 \text{ M} \cdot 1 \mu = 1$ | $1 \text{ m} \cdot 1 \mu = 1 \text{ n}$ | $1 \text{ m} \cdot 1 \text{ k} = 1$ | $1 \text{ p} \cdot 1 \text{ M} = 1 \mu$ | Dividieren (Teilen) |  | $1/1 \mu = 1 \text{ M}$ | $1 \text{ k}/1 \text{ M} = 1 \text{ m}$ | $1/1 \text{ m} = 1 \text{ k}$ | $1 \text{ M}/1 \text{ k} = 1 \text{ k}$ | $1/1 \text{ k} = 1 \text{ m}$ | $1 \mu/1 \text{ k} = 1 \text{ n}$ | <p>Man gibt für die Vorsatzzeichen die Zehnerpotenzen ein.</p> <p>Tastenbeschriftungen:<br/> <math>\boxed{\text{EE}}</math> oder <math>\boxed{\text{EXP}}</math> oder <math>\boxed{\times 10^x}</math><br/> <math>\boxed{+/-}</math> oder <math>\boxed{(-)}</math></p> <p><b>Beispiel mit TI-Rechner:</b><br/> <math>P = U \cdot I = 620 \text{ mV} \cdot 22 \text{ mA}</math><br/> <math>620 \boxed{\text{EE}} \boxed{(-)} 3 \boxed{\times} 22 \boxed{\text{EE}} \boxed{(-)} 3 =</math><br/> <math>= 0.01364</math></p> <p>oder:<br/> <math>620 \boxed{\times} 22 \boxed{\times} 10 \boxed{\wedge} - 6</math></p> <p><b>Ergebnis:</b><br/> <math>P = 0,01364 \text{ W} = \mathbf{13,64 \text{ mW}}</math></p> <p>Für beliebige Potenzen oder Wurzeln wird <math>\boxed{\wedge}</math>, <math>\boxed{\sqrt{x}}</math>, <math>\boxed{x^y}</math> oder <math>\boxed{\sqrt{x}}</math> verwendet.</p> |
| Multiplizieren (Malnehmen)  |   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1 \text{ k} \cdot 1 \mu = 1 \text{ m}$   | $1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \mu$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1 \text{ M} \cdot 1 \mu = 1$   | $1 \text{ m} \cdot 1 \mu = 1 \text{ n}$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1 \text{ m} \cdot 1 \text{ k} = 1$   | $1 \text{ p} \cdot 1 \text{ M} = 1 \mu$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| Dividieren (Teilen)   |   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1/1 \mu = 1 \text{ M}$   | $1 \text{ k}/1 \text{ M} = 1 \text{ m}$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1/1 \text{ m} = 1 \text{ k}$   | $1 \text{ M}/1 \text{ k} = 1 \text{ k}$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |
| $1/1 \text{ k} = 1 \text{ m}$   | $1 \mu/1 \text{ k} = 1 \text{ n}$   |                               |  |   |   |                               |   |                                     |   |                     |  |                         |   |                               |   |                               |                                   |   |

#### Schreibweise von Ergebnissen und Angaben

| Größenangaben   | Einheitenprodukte   | Quotienten von Einheiten  |
|---|---|---|
| Größen sind so anzugeben, dass der Zahlenwert zwischen 0,1 und 1000 liegt.                  | Produkte von Einheiten können mit oder ohne Malpunkt (·) geschrieben werden.  | Darstellung als Bruch oder Potenz.  |
| Einheiten mit Vorsätzen sind anschaulicher als Zehnerpotenzen.                              | <b>Beispiele:</b><br>Newtonmeter N · m oder Nm;<br>$\Omega \cdot \text{m}$ oder $\Omega\text{m}$<br>Milli (m) steht davor (mΩ). | <b>Beispiel:</b> $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ oder m/s oder $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$<br>$\frac{1}{\text{s}}$ oder 1/s oder $\text{s}^{-1}$ |
| <b>Beispiel:</b> $3,1 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 31 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 31 \text{ ns}$ |   | Die 1 kann bei vorgesetzter Zahl entfallen.<br><b>Beispiel:</b> $3000 \text{ s}^{-1} = 3000/\text{s}$   |

## Mathematische Zeichen    Mathematical symbols and expressions

| Zeichen                           | Bedeutung                                     | Beispiel   | Zeichen                            | Bedeutung                                  | Beispiel   |
|-----------------------------------|---|--|------------------------------------|--|--|
| <b>Allgemeine Zeichen</b>         |   |  |                                    |  |  |
| ...                               | und so weiter bis                             | $k = 1, 2, 3, \dots, n$                                    | $\pi$                              | Pi   | $\pi = 3,14159\dots$   |
| ...                               | und so unbegrenzt weiter                      | $n = 1, 2, 3, \dots$<br>$\sqrt{2} = 1,41421\dots$          | $\infty$                           | unendlich                                  | $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$   |
| <b>Logik, Schaltalgebra</b>       |   |  |                                    |  |  |
| $\neg a, \bar{a}$                 | Negation<br>NICHT $a$ (not $a$ )              | $\overline{a \wedge b} = \bar{a} \vee \bar{b}$             | $f(x)$                             | Funktion von $x$                           | $f(x) = x^2, f(I) = I^2 \cdot R$   |
| $\wedge$                          | Konjunktion, UND (AND)                        | $a \wedge b$ oder $\wedge (a, b)$                          | $i$ oder $j$                       | imaginäre Einheit                          | $i = j, \sqrt{-1} = \pm i$   |
| $\vee$                            | Disjunktion, ODER (OR)                        | $a \vee b$ oder $\vee (a, b)$                              | $Z$                                | komplexe Größe $Z$                         | $Z = R + jX = Z \cdot e^{j\varphi}$  |
| $\bar{\wedge}$                    | NICHT UND (NAND)                              | $a \bar{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$                 | <b>Geometrie</b>                   |  |  |
| $\bar{\vee}$                      | NICHT ODER (NOR)                              | $a \bar{\vee} b = \overline{a \vee b}$                     | $\parallel$                        | parallel                                   | $g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$                                       |
| <b>Mengenlehre</b>                |   |  |                                    |  |  |
| $\in$                             | Element von                                   | $a \in M$ :<br>$a$ ist Element von $M$                     | $\perp$                            | rechtwinklig zu,<br>senkrecht auf          | $g \perp h$  |
| $\subset$                         | Teilmenge von                                 | $M_1 \subset M_2$  | $\sphericalangle$                  | rechter Winkel                             | DEG: $90^\circ$ , RAD: $\frac{\pi}{2}$                                       |
| $\cup$                            | Vereinigungsmenge                             | $\{1, 2\} \cup \{3, 4\}$<br>$= \{1, 2, 3, 4\}$             | $\triangle$                        | Dreieck                                    | $\triangle ABC$  |
| $\cap$                            | Schnittmenge,<br>Durchschnittsmenge           | $\{1, 2, 3\} \cap \{2, 3, 4, 5\}$<br>$= \{2, 3\}$          | $\cong$                            | kongruent<br>(deckungsgleich)              | $\triangle ABC \cong \triangle DEF$  |
| $\setminus$                       | Differenzmenge                                | $\mathbb{N}_+ = \mathbb{N} \setminus \{0\}$                | $\sim$                             | ähnlich                                    | $\triangle P_1 P_2 P_3 \sim \triangle ABC$                                   |
| <b>Arithmetik</b>                 |   |  |                                    |  |  |
| $=$                               | gleich  | $P = U \cdot I$  | $\sphericalangle, \sphericalangle$ | Winkel                                     | $\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC})$       |
| $\neq$                            | nicht gleich, ungleich                        | $4 \neq 5$   | $\overline{AB}$                    | Länge der Strecke AB                       | $\overline{P_1 P_2}$   |
| $\Rightarrow$                     | daraus folgt                                  | $a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$                        | <b>Vektoren</b>                    |  |  |
| $\Leftrightarrow$                 | äquivalent                                    | $2(x+3) \Leftrightarrow 2x+6$                              | $\vec{A}, \vec{B}$                 | Vektor $\vec{A}$ , Vektor $\vec{B}$        | $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$  |
| $\sim$                            | proportional                                  | $u \sim r$   | $ \vec{A} , A$                     | Betrag des Vektors $\vec{A}$               | $ \vec{F}  = 50 \text{ N}, F = 50 \text{ N}$                                 |
| $\approx$                         | rund, 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                                   | $2 < 3$  | $y', \dot{y}$                      | $y'$ Strich, $\dot{y}$ Punkt               | $y'$ bzw. $\dot{y}$ ist die erste<br>Ableitung von $y$                       |
| $>$                               | größer als                                    | $5 > 2$  | $\frac{dy}{dx}$                    | $dy$ nach $dx$                             | Differenzialquotient   |
| $\leq$                            | kleiner gleich                                | $a \leq 10$  | $\int$                             | Integral                                   | $\int f(x) dx, A = \int_a^b f(x) dx$   |
| $\geq$                            | größer gleich                                 | $n \geq 7$   | <b>Logarithmen, Exponenten</b>     |  |  |
| $\ll$                             | wesentlich kleiner als                        | $R \ll 100 \text{ k}\Omega$                                | $a^x$                              | $a$ hoch $x$                               | $5^3 = 125, 10^x$  |
| $\gg$                             | wesentlich größer als                         | $R_x \gg R_n$  | $e^x$                              | $e$ hoch $x$                               | $e^1 = 2,71828182846\dots$   |
| $\cdot, \times$                   | mal   | $a \cdot b = ab$ ,<br>$12 \cdot 3 = 36$                    | $\log_a$                           | Logarithmus zur Basis $a$                  | $\log_3 9 = 2$   |
| $-, /$                            | geteilt durch                                 | $\frac{7}{2}, a/b$   | $\lg$                              | Zehnerlogarithmus, dekadischer Logarithmus | $\lg x = \log_{10} x$ ,<br>$\lg 2 = 0,30102\dots$                            |
| $:$                               | durch, zu, dividiert                          | $R_1 : R_2 = R_3 : R_4$                                    | $\text{lb}$                        | Zweierlogarithmus, binärer Logarithmus     | $\text{lb } x = \log_2 x$ ,<br>$\text{lb } 8 = 3$                            |
| $\%$                              | Prozent, vom Hundert                          | $1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$                                | $\ln$                              | natürlicher Logarithmus                    | $\ln x = \log_e x$ ,<br>$\ln 10 = 2,302585\dots$                             |
| $\text{‰}$                        | Promille, vom Tausend                         | $1\text{‰} = 10^{-3}$ ,<br>$8\text{‰} = 0,8\%$             | <b>Trigonometrie</b>               |  |  |
| $( ), [ ], \{ }, \langle \rangle$ | runde, eckige, geschweifte,<br>spitze Klammer | $[a(b-c) + d]^2$   | $\sin$                             | Sinus                                      | $\sin \alpha$  |
| $ z $                             | Betrag von $z$                                | $ 4  = 4,  -7  = 7$  | $\cos$                             | Kosinus<br>(Cosinus)                       | $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha =$<br>$(\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$ |
| $n!$                              | $n$ Fakultät                                  | $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$ ,<br>$3! = 6$ | $\tan$                             | Tangens                                    | $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$                              |
| $\Sigma$                          | Summe   | $\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$                       | $\cot$                             | Kotangens (Cotangens)                      | $\cot \alpha = \tan^{-1} \alpha$   |
| $\sqrt{\quad}, \sqrt[n]{\quad}$   | Quadratwurzel aus,<br>$n$ -te Wurzel aus      | $\sqrt{16} = 4, \sqrt[3]{-8} = -2$                         | $\arcsin$                          | Arkussinus                                 | $\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$                             |
|                                   |   |  | $\arccos$                          | Arkuskosinus                               | $\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$                             |
|                                   |   |  | $\arctan$                          | Arkustangens                               | $\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$                             |
|                                   |   |  | $\text{arccot}$                    | Arkuskotangens                             | $\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$                      |
|                                   |   |  | $\text{arc}$                       | Bogenmaß                                   | $\text{arc } 180^\circ = \pi$  |

## Rechenregeln der Algebra Rules of calculation for algebra

### Summieren, Subtrahieren

$$a + b + c = a + c + b$$

$$= (a + b) + c = a + (c + b)$$

$$+ (+ a) = + a \quad - (+ a) = - a$$

$$- (- a) = + a \quad + (- a) = - a$$

Summand + Summand = Summe  
Minuend – Subtrahend = Differenz

*Kommutativgesetz:* Glieder eines Summenterms darf man vertauschen.

*Assoziativgesetz:* Glieder eines Summenterms darf man zu Teilsommen zusammenfassen.

$$2 + 4 + 5 = 2 + 5 + 4 =$$

$$= (2 + 4) + 5 = 2 + (5 + 4) = 11$$

$$5 + (-3) = 2$$

$$7 - (-4) = 11$$

### Multiplizieren

$$a \cdot b \cdot c = a \cdot c \cdot b =$$

$$= (a \cdot b) \cdot c = a \cdot (c \cdot b)$$

$$(+ ) \cdot (+ ) \rightarrow + \quad (- ) \cdot (+ ) \rightarrow -$$

$$(- ) \cdot (- ) \rightarrow + \quad (+ ) \cdot (- ) \rightarrow -$$

$$a(b + c) = ab + ac$$

$$(a - b) \cdot (c + d) = ac + ad - bc - bd$$

Beim Multiplizieren gelten Kommutativgesetz und Assoziativgesetz.  
Faktor · Faktor = Produkt

*Distributivgesetz:* Beim Produkt aus Faktor und Summenterm multipliziert man jedes Glied des Summenterms mit dem Faktor.

$$2 \cdot 4 \cdot 5 = 2 \cdot 5 \cdot 4 =$$

$$= (2 \cdot 4) \cdot 5 = 2 \cdot (5 \cdot 4) = 40$$

$$5(4 + 3) = 5 \cdot 4 + 5 \cdot 3 = 35$$

$$(5 - 3)(7 + 1) =$$

$$= 5 \cdot 7 + 5 \cdot 1 - 3 \cdot 7 - 3 \cdot 1 =$$

$$= 35 + 5 - 21 - 3 = 16$$

### Dividieren, Bruchrechnen

$$a/b = a : b = c$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = ac/(b \cdot d)$$

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c} = ad/(b \cdot c)$$

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$$

### Kürzen, Erweitern

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot c} = \frac{a}{b} \quad \frac{a}{b} = \frac{a \cdot d}{b \cdot d}$$

Dividend/Divisor = Quotient  
Vorzeichenregelung wie bei Multiplikation.

Zähler mal Zähler geteilt durch Nenner mal Nenner.

Multiplikation mit Kehrwert des zweiten Bruches.

Hauptnenner suchen, erweitern, Zähler addieren.

Wert des Bruches bleibt unverändert, wenn Zähler und Nenner mit derselben Zahl multipliziert oder durch dieselbe Zahl dividiert werden.

$$8/2 = 8 : 2 = 4$$

$$\boxed{8} \boxed{\div} \boxed{2} \boxed{=}$$

$$\frac{8}{2} \cdot \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 6}{2 \cdot 3} = 8$$

$$\boxed{8} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{\div} \boxed{2} \boxed{\times} \boxed{3} \boxed{=} \boxed{=}$$

$$\frac{8}{2} \cdot \frac{6}{3} = \frac{8 \cdot 3}{2 \cdot 6} = 2$$

$$\frac{3}{2} + \frac{5}{7} = \frac{3 \cdot 7 + 5 \cdot 2}{2 \cdot 7} = \frac{31}{14}$$

$$\frac{3c}{7c} = \frac{3}{7} \quad \frac{5}{9} = \frac{5d}{9d}$$

### Potenzieren

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$a^m/a^n = a^{m-n}$$

$$a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^0 = 1 \text{ (mit } a \neq 0)$$

### Radizieren (Wurzelziehen)

$$\sqrt[n]{a} = a^{1/n}$$

$$\sqrt{a} = a^{1/2}$$

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{m/n}$$

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$$

a Basis; m, n Exponenten

a Radikand, n Wurzelexponent

$$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$$

$$\boxed{3} \boxed{\times^y} \boxed{2} \boxed{\times} \boxed{3} \boxed{\times^y} \boxed{3} \boxed{=}$$

$$3^2/3^3 = 3^{2-3} = 3^{-1} = 1/3$$

$$6^2 \cdot 2^2 = (6 \cdot 2)^2 = 12^2 = 144$$

$$(2^2)^3 = 2^{2 \cdot 3} = 2^6 = 64$$

$$5^0 = 1$$

$$\sqrt{16} = 16^{1/2} = 4$$

$$\sqrt[3]{64} = \sqrt[3]{2^6} = 2^{6/3} = 2^2 = 4$$

$$\boxed{6} \boxed{4} \boxed{\text{INV}} \boxed{\sqrt{1/y}} \boxed{3} \boxed{=}$$

### Logarithmieren

$$\log(a \cdot b) = \log a + \log b$$

$$\log(a/b) = \log a - \log b$$

$$\lg x = \ln x / \ln 10 = 0,4343 \cdot \ln x$$

$$\lg x = \lg x / \lg 2 = 3,3219 \cdot \lg x$$

log Logarithmus, allgemein;  
Basis ist jeweils anzugeben:

log<sub>Basis</sub> Numerus

lg Zehnerlogarithmus

lb Zweierlogarithmus

ln natürlicher Logarithmus

$$\log(3 \cdot 4) = \log 3 + \log 4$$

$$\log(6/3) = \log 6 - \log 3$$

$$\lg 0,01 = -2; (10^{-2} = 0,01)$$

$$\lg 32 = 5; (2^5 = 32)$$

$$\ln 2,718 = 1; (e^1 = 2,718)$$

### Gleichung

$$a = b \cdot x + c \Rightarrow bx + c = a$$

$$a \cdot (-1) = (bx + c) \cdot (-1)$$

### Ungleichung

$$a > b + c \Rightarrow b + c < a$$

$$(b + c) \cdot (-1) > a \cdot (-1)$$

$$1/a < 1/(b + c)$$

Die beiden Seiten einer Gleichung darf man vertauschen oder durch den gleichen Rechengang ändern.

Aus > wird < und umgekehrt bei Seitentausch, Multiplikation mit (-1) und Kehrwertbildung.

$$10 = 3 \cdot x + 4 \Rightarrow 3 \cdot x + 4 = 10$$

$$-10 = -3x - 4$$

$$10 - 4 = 3x$$

$$6/3 = x \Rightarrow x = 2$$

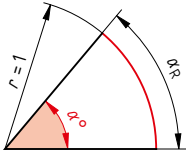
$$10 > 3 + 4 \Rightarrow 3 + 4 < 10$$

$$-(3 + 4) > -10$$

$$1/10 < 1/(3 + 4)$$

# Winkel und Winkelfunktionen Angles and trigonometric functions

## Winkel



Winkel werden in den Einheiten Grad oder Radiant angegeben. Winkeleingaben beim Taschenrechner:

**DEG** (degree = Grad) Vollwinkel =  $360^\circ$

**RAD** (Radian, rad) Vollwinkel =  $2\pi$

**GRAD** (Neugrad) Vollwinkel =  $400^\circ$

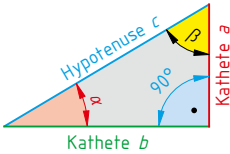
Die Einheit Radiant (rad) verwendet man beim Bogenmaß, d. h. für die Bogenlänge am Einheitskreis.

$$\alpha_R = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

$\alpha_R$  Winkel in rad

$\alpha^\circ$  Winkel in Grad

## Bezeichnungen am rechtwinkligen Dreieck



Die längste Seite  $c$  des rechtwinkligen Dreiecks nennt man **Hypotenuse**. Sie liegt dem rechten Winkel gegenüber. Die **Katheten**  $a$  und  $b$  bilden den rechten Winkel. Dem Winkel  $\alpha$  gegenüber liegt dessen **Gegenkathete**  $a$ . Die dem Winkel  $\alpha$  anliegende Kathete ist dessen **Ankathete**  $b$ . Einen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck legt man durch das **Verhältnis zweier Dreiecksseiten** fest. Die Seitenverhältnisse nennt man **Winkelfunktionen** (Funktion = Abhängigkeit).

Im rechtwinkligen Dreieck ist die Fläche des Hypotenusenquadrates so groß wie die Summe der Flächen der Kathetenquadrate (Satz des **Pythagoras**).

Hypotenusenquadrat

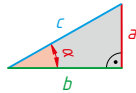
Hypotenuse  $c$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

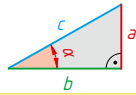
## Winkelfunktionen

Sinus =  $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$



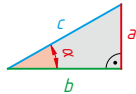
$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

Kosinus =  $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$



$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

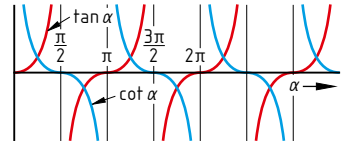
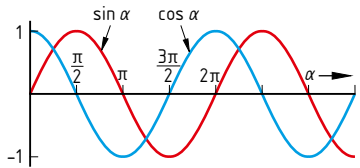
Tangens =  $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$



$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

Kotangens =  $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$

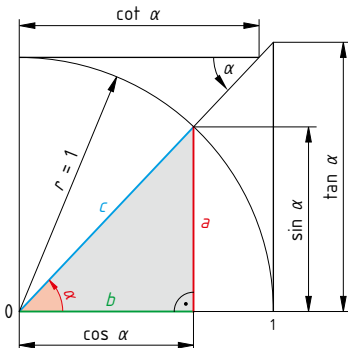
$$\cot \alpha = \frac{b}{a}$$



$\tan \alpha$  geht gegen  $\pm \infty$  bei  $\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$

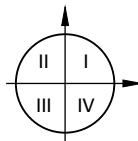
$\cot \alpha$  geht gegen  $\pm \infty$  bei  $0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$

## Darstellung am Einheitskreis im Quadrant I



Die Winkelfunktionen lassen sich im Einheitskreis (Kreis mit Radius  $r = 1$ ) als Seitenlängen ablesen (**Bild**).

Die zwei senkrecht aufeinanderstehenden Durchmesser teilen den Einheitskreis in vier Quadranten (I, II, III, IV).



I :  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

II :  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$

III :  $180^\circ < \alpha < 270^\circ$

IV :  $270^\circ < \alpha < 360^\circ$

| Quadrant | I | II | III | IV |
|----------|---|----|-----|----|
| sin      | + | +  | -   | -  |
| cos      | + | -  | -   | +  |

Reduktionsformeln

| Funktion     | $\beta = 90^\circ \pm \alpha$ | $\beta = 180^\circ \pm \alpha$ | $\beta = 270^\circ \pm \alpha$ | $\beta = 360^\circ - \alpha$ |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| $\sin \beta$ | $+\cos \alpha$                | $\mp \sin \alpha$              | $-\cos \alpha$                 | $-\sin \alpha$               |
| $\cos \beta$ | $\mp \sin \alpha$             | $-\cos \alpha$                 | $\pm \sin \alpha$              | $+\cos \alpha$               |
| $\tan \beta$ | $\mp \cot \alpha$             | $\mp \tan \alpha$              | $\mp \cot \alpha$              | $-\tan \alpha$               |
| $\cot \beta$ | $\mp \tan \alpha$             | $\pm \cot \alpha$              | $\mp \tan \alpha$              | $-\cot \alpha$               |

Allgemeine trigonometrische Beziehungen

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \cot \alpha \quad \cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{\cot \alpha}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cot \alpha} \quad \cot \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta \quad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)) \quad \cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$$

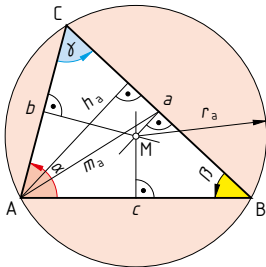
$$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} (\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta))$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\alpha) \quad \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad \tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha} \quad \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha) \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \quad \cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2 \cot \alpha} \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$$

Berechnungen im allgemeinen Dreieck

Umkreis und Größen des Dreiecks



Sinussatz  $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2r_a$

Kosinussatz  $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha$   
 $b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \beta$   
 $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma$

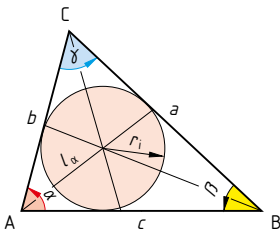
Tangenssatz  $\frac{a+b}{a-b} = \frac{\tan[1/2(\alpha + \beta)]}{\tan[1/2(\alpha - \beta)]}$

Fläche  $A = \frac{1}{2} ab \cdot \sin \gamma = 2r_a^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$

Höhe auf a  $h_a = b \cdot \sin \gamma = c \cdot \sin \beta$

Seitenhalbierende auf a  $m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cdot \cos \alpha}$

Inkreis und Größen des Dreiecks



Winkelhalbierende von a  $l_a = \frac{2bc \cdot \cos(\alpha/2)}{b+c}$

Radius des Umkreises  $r_a = \frac{a}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{b}{2 \cdot \sin \beta} = \frac{c}{2 \cdot \sin \gamma}$

Radius Inkreis  $r_i = 4r \cdot \sin(\alpha/2) \cdot \sin(\beta/2) \cdot \sin(\gamma/2)$

Winkelgleichung  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$

# Funktionen und Graphen Functions and graphs

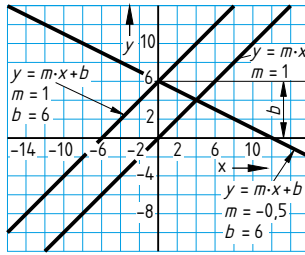
## Lineare Funktion (Gerade)

$$y = m \cdot x + b$$

## Proportionale Funktion (Ursprungsgerade)

$$y = m \cdot x$$

$m$  Steigung  
 $b$  y-Achsenabschnitt



Stromstärke bei konstantem Widerstand

$$I = \frac{U}{R}$$

Klemmenspannung bei konstanter Quellenspannung und konstantem Innenwiderstand

$$U_K = U_0 - I \cdot R_i$$

Verhältnis von Widerstand  $R_2$  bei  $\vartheta_2$  zu Widerstand  $R_1$  bei  $\vartheta_1$  bei konstantem

$$\frac{R_2}{R_1} = \alpha \cdot \Delta\vartheta + 1$$

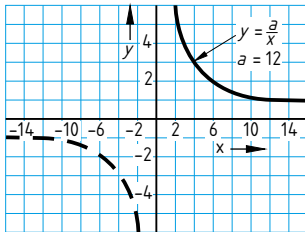
Temperaturbeiwert  $\alpha$

Ladung bei konstanter Kapazität

$$Q = C \cdot U$$

## Kehrwertfunktion (Hyperbel)

$$y = \frac{a}{x}$$



Stromstärke bei konstanter Leistung

$$I = \frac{P}{U}$$

Frequenz

$$f = \frac{1}{T}$$

Leistung bei konstanter Arbeit

$$P = \frac{W}{t}$$

kapazitiver Blindwiderstand

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Meist wird nur der positive Ast der Hyperbel verwendet.

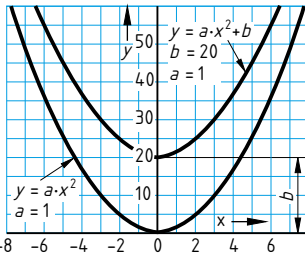
## Quadratische Funktion (Parabel)

$$y = a \cdot x^2 + b$$

Sonderfall:

$$y = a \cdot x^2$$

$a$  Öffnung  
 $b$  y-Achsenabschnitt



Leistung bei konstantem Widerstand

$$P = R \cdot I^2$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Kreisfläche

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

gleichmäßig beschleunigte Bewegung

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

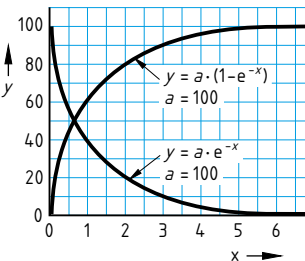
## Exponentialfunktion (mit der Basis e)

$$y = a \cdot e^{-x}$$

$$x = -\ln\left(\frac{y}{a}\right)$$

$$y = a \cdot (1 - e^{-x})$$

$$x = -\ln\left(1 - \frac{y}{a}\right)$$



Einschalten einer Spule

$$i_L = \frac{U_0}{R} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

Laden eines Kondensators

$$u_C = U_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

Ausschalten einer Spule

$$i_L = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-t/\tau}$$

Entladen eines Kondensators

$$u_C = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

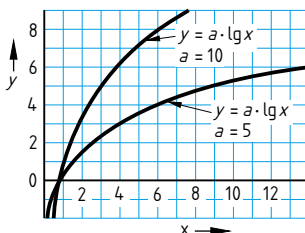
Euler'sche Zahl,  $e = 2,71828$ , benannt nach dem Mathematiker **Leonhard Euler** (1707 bis 1783).

## Logarithmische Funktion (Zehnerlogarithmus)

$$y = a \cdot \lg x$$

Durch Auflösen nach  $x$  erhält man

$$x = 10^{\frac{y}{a}} \text{ (mit } x > 0)$$



Spannungspegel  $L_u = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0}$  dB

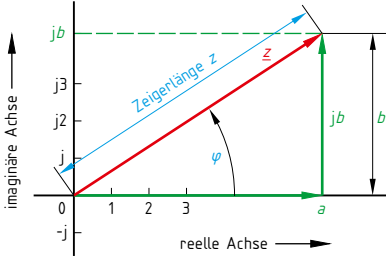
Leistungspegel  $L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$  dB

Gleichtaktverstärkungsmaß  $v_{CM} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_{1CM}}$  dB

Rauschabstandsmaß  $A_r = 10 \cdot \lg \frac{P_S}{P_n}$  dB

Darstellung einer komplexen Zahl  $z$

Gauß'sche Zahlenebene



Eine komplexe Zahl  $z$  besteht aus dem Realteil  $a$  und dem Imaginärteil  $b$  (Scheinwert). Der Realteil wird auf der waagerechten Achse und der Imaginärteil auf der senkrechten Achse abgetragen.

Die komplexe Zahl  $z$  ist ein Zeiger (Vektor). Als Ortsvektor im Koordinatensystem weist er in der Gauß'schen Zahlenebene auf den Punkt, der seine **kartesischen** Koordinaten besitzt.

Die Zahl  $z$  wird auch mit Polarkoordinaten, d. h. mit dem Winkel  $\varphi$  zwischen dem Zeiger  $z$  und seinem Realteil sowie dem Betrag (Zeigerlänge)  $z$  dargestellt. Diese Form heißt Exponentialform.

Schreibweise für  $z$

- $z$  komplexe Zahl
- $a$  Realteil von  $z$ ;  $a = \text{Re}(z)$
- $b$  Imaginärteil von  $z$ ;  
 $b = \text{Im}(z)$
- $z$  Betrag (Zeigerlänge) von  $z$
- $\varphi$  Argument des Vektors  $z$
- $j$  Richtungseinheitsvektor der imaginären Achse
- $e^{j\varphi}$  Richtungseinheitsvektor des Vektors  $z$

Algebraische Form:

$$z = a + jb \quad 1$$

Exponentialform:

$$z = z \cdot e^{j\varphi} \quad 2$$

trigonometrische Form:

$$z = z \cdot (\cos \varphi + j \sin \varphi) \quad 3$$

Umrechnung der Komponenten

$$a = z \cdot \cos \varphi \quad 4$$

$$b = z \cdot \sin \varphi \quad 5$$

$$z = \sqrt{a^2 + b^2} \quad 6$$

$$\varphi = \arctan \frac{b}{a} \quad 7$$

$$z = |z|$$

$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi \quad 9$$

$$j^2 = -1 \quad 10$$

$$\sqrt{-1} = \pm j \quad 11$$

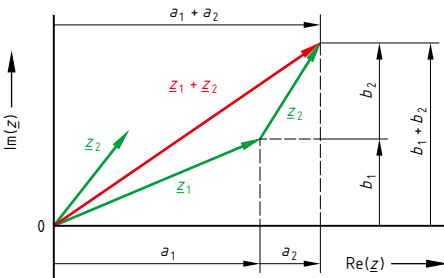
$$j = e^{j90^\circ} = e^{j\frac{\pi}{2}} \quad 12$$

$$-j = e^{-j90^\circ} = e^{-j\frac{\pi}{2}} \quad 13$$

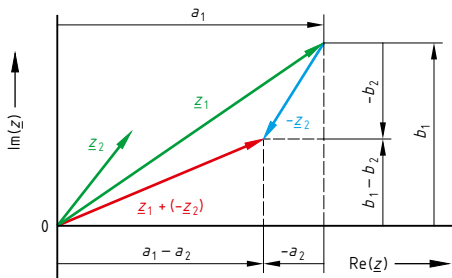
$$|e^{j\varphi}| = 1 \quad 14$$

Grundrechenarten mit komplexen Zahlen

Grafische Addition der Zahlen  $z_1$  und  $z_2$



Grafische Subtraktion der Zahlen  $z_1$  und  $z_2$



Addition  
 $z = z_1 + z_2$

$$z_1 + z_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2) \quad 15$$

Subtraktion  
 $z = z_1 - z_2 = z_1 + (-z_2)$

$$z_1 - z_2 = (a_1 - a_2) + j(b_1 - b_2) \quad 16$$

Multiplikation  
 $z = z_1 \cdot z_2$

$$z_1 \cdot z_2 = z_1 \cdot z_2 \cdot e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)} \quad 17$$

Division  $z = \frac{z_1}{z_2}$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{z_1}{z_2} \cdot e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)} \quad 18$$

Potenzieren  
 $z = z_1^n$

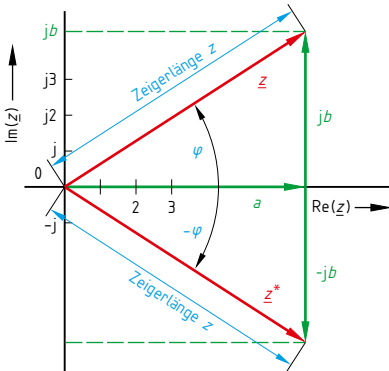
$$z_1^n = z_1^n \cdot e^{jn \cdot \varphi} \quad 19$$

Radizieren  $z = \sqrt[k]{z_1}$   
 $k = 0; 1$

$$\sqrt[k]{z_1} = \sqrt[k]{z_1} \cdot e^{j(0,5 \varphi + k \cdot 180^\circ)} \quad 20$$

Konjugiert komplexe Zahl  $z^*$

Darstellung von  $z$  und  $z^*$



Die Wurzel aus einer negativen Zahl hat eine komplexe und eine konjugiert komplexe Lösung.

|  |   |
|--|---|
| $\sqrt{-1} = \pm j$                                      | $\sqrt{-b^2} = \pm jb$                    |
| $\sqrt{-1} = e^{\pm j90^\circ} = e^{\pm j\frac{\pi}{2}}$ | $\sqrt{-b^2} = b \cdot e^{\pm j90^\circ}$ |

Eine Gleichung mit einer Wurzel aus einer negativen Zahl hat eine komplexe und eine konjugierte komplexe Lösung.

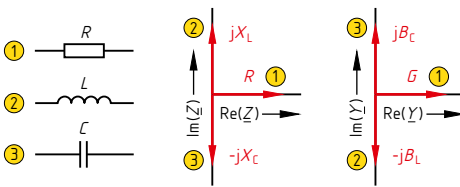
|   |
|---|
| $z = a + \sqrt{-b^2} \Leftrightarrow \begin{cases} z = a + jb \text{ oder } z = z \cdot e^{j\varphi} \\ z^* = a - jb \text{ oder } z^* = z \cdot e^{-j\varphi} \end{cases}$ |
|---|

Die konjugiert komplexe Zahl  $z^*$  erhält man, indem man die komplexe Zahl  $z$  an der reellen Achse spiegelt.

|                       |                         |                                 |                                 |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| $z + z^* = 2 \cdot a$ | $z - z^* = j 2 \cdot b$ | $z \cdot z^* = z^2 = a^2 + b^2$ | $\frac{z}{z^*} = e^{j2\varphi}$ |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|

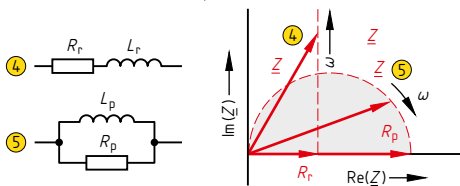
Scheinwiderstände  $Z$  und Scheinleitwerte  $Y$

Widerstand, Induktivität, Kapazität



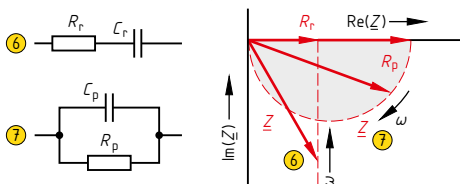
|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $Z = R$                             | $Y = \frac{1}{R} = G$               |
| $Z = jX_L = j\omega L$              | $Y = -jB_L = -j \frac{1}{\omega L}$ |
| $Z = -jX_C = -j \frac{1}{\omega C}$ | $Y = jB_C = j\omega C$              |

induktive Schaltungen ( $\varphi > 0$ )



|   |                               |
|---|-------------------------------|
| $Z = R_r + jX_{Lr}$                           | $Y = \frac{1}{R_r + jX_{Lr}}$ |
| $Z = \frac{R_p \cdot jX_{Lp}}{R_p + jX_{Lp}}$ | $Y = G_p - jB_{Lp}$           |

kapazitive Schaltungen ( $\varphi < 0$ )



|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $Z = R_r - jX_{Cr}$                              | $Y = \frac{1}{R_r - jX_{Cr}}$ |
| $Z = \frac{R_p \cdot (-jX_{Cp})}{R_p - jX_{Cp}}$ | $Y = G_p + jB_{Cp}$           |

- |                            |                              |                                 |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| C Kapazität                | $L_r$ Reiheninduktivität     | $Y$ komplexer Scheinleitwert    |
| $C_p$ Parallelkapazität    | R Wirkwiderstand             | $Z$ komplexer Scheinwiderstand, |
| $C_r$ Reihenkapazität      | $R_p$ Parallelwirkwiderstand | $\omega$ Kreisfrequenz          |
| L Induktivität             | $R_r$ Reihenwirkwiderstand   |                                 |
| $L_p$ Parallelinduktivität | X Blindwiderstand            |                                 |