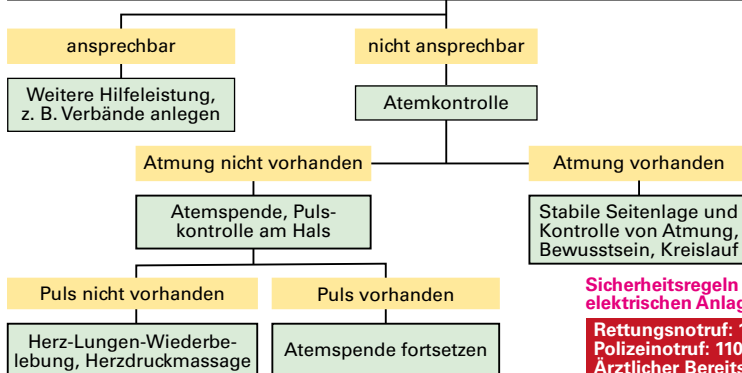


# Erste Hilfe am Arbeitsplatz

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 (europaweit)	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 Versicherten 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.
Erste-Hilfe-Raum	Ein Erste-Hilfe-Raum ist erforderlich bei mehr als 1 000 Versicherten, bei mehr als 100 Versicherten, wenn besondere Unfallgefahren gegeben sind, auf Baustellen mit mehr als 50 Versicherten.	Erste-Hilfe-Mittel, z.B. Verbandskästen und Tragen, werden üblicherweise im Erste-Hilfe-Raum aufbewahrt. Die Anzahl der Verbandskästen wird durch die Anzahl der Versicherten 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 hierzu 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 Zuspätkommen lassen.
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 Stromunfall:**  
Niederspannung bis 1000 V:  
• Ausschalten,  
• Stecker ziehen,  
• Sicherung betätigen.  
**Hochspannung:**  
• Abstand halten (20 m),  
• Fachpersonal rufen.

**Sicherheitsregeln beim Arbeiten an elektrischen Anlagen siehe Seite 139**

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





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

# Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendungen

## 32. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen,  
Technischen Hochschulen und in der Industrie (siehe Rückseite)

### Vorwort

Das Tabellenbuch Elektrotechnik ist ein umfangreiches Nachschlagewerk gemäß dem aktuellen Stand der Technik für die Ausbildung, Weiterbildung, Prüfungsvorbereitung und die berufliche Praxis. Es richtet sich an die Bereiche Energie- und Gebäudetechnik, Betriebstechnik, Automatisierungstechnik sowie Gebäudesystemintegration.

Umfangreiche Tabellen, zahlreiche Formeln, didaktisch aufbereitete Grafiken, strukturierte Darstellungen sowie ein umfassendes Sachwortverzeichnis unterstützen den zielorientierten Einsatz des Buchs.

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	Dr. sc.	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 192.025 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 DIN Media GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, erhältlich sind.

32. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3317-4

ISBN 978-3-7585-3359-4 XL, mit Freischaltcode für das „Tabellenbuch interaktiv“



### IHRE MEINUNG ZÄHLT

Vielen Dank für  
Ihr Feedback an  
[lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

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

© 2026 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



**Neu:** z. B. Lasertechnik, Kennzeichnung von SMD-Bauelementen.  
**Aktualisiert:** z. B. technische Daten, viele Darstellungen von mathematischen und physikalischen Formeln. Formeln wurden ergänzt.



# G

Grundlagen,  
Physik,  
Bauelemente

11

**Neu:** z. B. Funktionsdiagramme, Weg-Schritt-Diagramme, Multifunktionsmessgerät, Schaltungen mit DMS, CLS-System.

**Aktualisiert:** z. B. Schaltzeichen, Betriebsmittelkennzeichnungen, Sensoren.



# TM

Technische  
Kommunikation,  
Messen

69

**Neu:** z. B. Erdungsanlagen, Elektroinstallation von Caravanplätzen, Marinas und Häfen.

**Aktualisiert:** z. B. Leitungsberechnungen, Überstrom-Schutzeinrichtungen, Elektroinstallation von Orten mit Badewanne oder Dusche, Beleuchtungsanlagen.



# EI

Elektrische  
Installation

137

**Neu:** z. B. Schutz elektrischer Netze, Sternpunktbehandlung, Prüfbericht von PV-Anlagen, Netzintegrationen, Energiemanagement eKfz, Sicherheitsbeleuchtung, Wärmepumpen.

**Aktualisiert:** z. B. Schutzmaßnahmen, Brandmelder.



# SE

Sicherheit,  
Energieversorgung

245

**Neu:** z. B. Router, Cybersicherheit, IT-Netzwerkschutz, Funktionen von PROFINET, Sicherheitsbussysteme, OPC, MQTT.

**Aktualisiert:** z. B. Datennetze, Netzwerkkommunikation, Dämpfung, Pegel, Modulation, Telefonie.



# IK

Informations- und  
Kommunikations-  
technik

377

**Neu:** z. B. Funktionen von LOGO!, SPS-Zähler, Technologieobjekt PID-Regler, Arten von Aktoren, Grundsaltungen Pneumatik, EC-Motoren, Industrieroboter, Instandhaltung, -setzung.

**Aktualisiert:** z. B. SPS-Programmierung, Regelungstechnik, Antriebstechnik.



# AS

Automatisierung,  
Antriebe, Steuern  
und Regeln

445

**Neu:** z. B. Lichtwellenleiter.

**Aktualisiert:** z. B. Leitungen, Bezeichnungen von Leitungen, technische Angaben.



# W

Werkstoffe,  
Verbindungen

557

**Neu:** z. B. Rechtsformen von Unternehmen.

**Aktualisiert:** z. B. Normenverzeichnis, Kurzformen von Fachbegriffen, fachliches Englisch.



# BU

Betrieb und  
Umwelt

589



Die meisten Bilder entstammen dem Arbeitsumfeld der Autoren. Ergänzend hierzu haben die nachfolgend aufgeführten Unternehmen und Institutionen die bildliche Ausgestaltung unterstützt. Es sind für sämtliche Bilder alle Rechte vorbehalten. Kein Teil darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung weitergegeben, in einem Datensystem gespeichert oder in irgendeiner Form, weder elektronisch noch mechanisch, durch Fotokopie, Aufnahme noch durch andere Art übertragen werden.

- ABB Ltd., CH-Zürich:** 553/5  
**ABN Braun AG, Neuenstadt:** 218/1, 220/2  
**ABUS August Bremicker Söhne KG, Wetter:** 359/6  
**ACER Computer GmbH, Ahrensberg:** 396/4  
**Algra tec AG, Merenschwand, Schweiz:** 344/4  
**ASUSTeK COMPUTER INC., Taipei, Taiwan:** 395/2  
**AVM Computersysteme Vertriebs GmbH, Berlin:** 434/1  
**Benning Elektrotechnik und Elektronik GmbH & Co. KG, Bocholt:** 113/1  
**BRADY GmbH, Engelsbach:** 264/1  
**Busch-Jaeger Elektro GmbH, Lüdenscheid:** 172/1, 172/3, 172/4, 172/5, 172/6, 172/7, 172/8, 178/1, 178/2, 178/3, 178/4, 178/5, 178/6  
**Carlo Gavazzi GmbH, Darmstadt:** 117/1, 117/3, 117/4  
**Cooper Tools GmbH, Besigheim:** 582/9, 582/10  
**CREE Morrisville, NC 27560, USA:** 241/4  
**DEL-Ko GmbH, Augsburg:** 241/6  
**Digitalstrom AG, CH-Schlieren:** 179/1  
**DOYMA GmbH & Co, Oyten:** 185/4  
**Dr. F. Faulhaber GmbH, Schönaich:** 546/3  
**Dätwyler IT Infra GmbH, Hattersheim:** 399/4, 399/8  
**Eaton Industries GmbH, Bonn:** 466/4  
**Elektrotechnische Werke Fritz Driescher & Söhne GmbH, Moosburg:** 289/5  
**EnOcean GmbH, Oberhaching:** 344/2, 344/3  
**EU-Kommission, BEL-Brüssel:** 104/8, 345/16, 346/3 1, 373/1, 373/2, 373/3, 373/4, 373/5, 373/6, 373/7, 373/8, 373/9, 373/10, 373/11, 373/12, 373/13, 374/1, 374/2, 374/3, 374/4, 374/5, 374/6, 374/7, 374/8, 374/9  
**Fischerwerke GmbH & Co. KG, Waldachtal:** 557/3, 585/1, 585/2, 585/3, 585/4, 585/5, 585/6, 585/7, 585/8, 585/9, 585/10, 585/11, 585/12, 585/13, 585/14, 585/15, 585/16, 585/17, 585/18, 585/19, 585/20, 585/21, 585/22, 585/23  
**Fluke Deutschland GmbH, Glotttertal:** 125/2, 125/4, 325/2  
**GIRA Giersiepen GmbH & Co. KG, Radevormwald:** 137/1 unten, 150/2, 176/2, 350/2, 436/2  
**Gossen Metrawatt GmbH, Nürnberg:** 112/1, 272/1  
**Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG, Blieskastel:** 123/1, 123/2, 124/1, 160/1, 289/8, 350/7  
**HARTING Deutschland GmbH & Co. KG, Minden:** 398/6  
**homeway GmbH, Neustadt b. Coburg:** 150/1  
**Infineon Technologies AG, Neuburg:** 58/5  
**Jung, Albrecht GmbH & Co. KG, Schalksmühle:** 153/4  
**KAISER GmbH & Co. KG, Schalksmühle:** 584/1, 584/2, 584/3, 584/4, 584/5, 584/6, 584/7 © Jochen Stapel, 584/8, 584/9, 584/10, 584/11, 584/12  
**KNIPEX-Werk, Gustav Putsch KG, Wuppertal:** 141/2, 141/3, 141/4, 141/6, 582/1, 582/2, 582/3, 582/5, 582/7  
**lappkabel, Stuttgart:** 557/2 a, 571/1, 571/2, 571/3, 571/4, 571/5, 571/6, 571/7, 571/8, 571/9, 571/10, 571/11, 571/12, 571/13, 571/14, 571/15, 571/16, 571/17, 571/18, 571/19, 571/20  
**Inge Hermann GmbH, Dillenburg:** 582/4  
**LUMITRONIX LED-Technik GmbH, Hechingen:** 241/10, 242/3 bis 242/7 © Jürgen Lippert  
**maxon motor ag, CH-Sachseln:** 544/3, 544/4, 545/1, 545/2, 548/3  
**MobotixAG, Langmeil:** 359/5  
**MSR Electronics GmbH, CH-Seuzach:** 135/6  
**Nichia 491 Oka, Japan:** 241/8  
**OSRAM GmbH, München:** 236/1, 236/2, 236/3, 236/4, 236/5, 236/6, 236/7, 241/1, 241/2, 241/3, 241/5, 241/7, 241/9, 241/11, 242/1, 242/2  
**Panasonic Marketing Europe GmbH, Wiesbaden:** 396/1  
**Phoenix Contact Deutschland GmbH, Blomberg:** 465/3  
**Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Karlsruhe:** 546/5  
**PPC, Power Plus Communications AG, Mannheim:** 124/3  
**RCT-Power GmbH, Konstanz:** 301/4  
**Renkforce/Conrad Electronic SE:** 397/7  
**Rohde & Schwarz GmbH & Co.KG, München:** 125/1  
**S. Schmitt:** 582/6  
**Schalk Steuerungstechnik GmbH, Westerheim:** 137/1 oben, 158/3, 262/1  
**Seneca S.r.l., It-Padua:** 121/1  
**SICK AG, Waldkirch:** 132/5  
**Siemens AG, München:** 289/6, 289/7 © Eckhard Joite, 294/6, 303/3, 303/4, 317/2, 351/4, 377/1, 468/1, 470/1 rechts oben, 470/6, 470/7, 520/3  
**SomfyGmbH, Rottenburg (Neckar):** 146/5  
**TDK Electronics AG, München:** 344/7  
**Theben Smart Energy GmbH, Haigerloch:** 124/2  
**TOX-DÜBEL-TECHNIK GmbH, Krauchenwies:** 585/24, 585/25, 585/26, 585/27, 585/28, 585/29, 585/30, 585/31  
**U.I. Lapp-Kabel, Stuttgart:** 356/4  
**United Nations Economic Commission for Europe, CH-Genf:** 589/3, 620/1, 620/2, 620/3, 620/4, 620/5, 620/6, 620/7  
**UVEX Arbeitsschutz GmbH, Fürth:** 246/1, 246/2, 246/3, 246/4, 246/5, 246/6, 246/7, 246/8  
**VDE Verlag GmbH, Berlin:** 104/2, 104/3, 104/4, 104/5, 104/7, 104/9, 232/1, 232/2, 232/3, 232/4, 232/5, 232/6, 232/7, 232/8, 232/9, 232/10, 232/11, 232/12, 232/13, 232/14, 232/15, 232/16  
**Velleman Group, BEL-Gavere:** 397/5, 397/6  
**Wikimedia, Berlin:** 545/5 © Wapcaplet (CC BY-SA 3.0)  
**ZAPP-ZIMMERMANN GmbH, Köln:** 354/1  
**Fotos der Autoren:** 36/2, 125/3, 140/1, 140/2, 140/3, 140/4, 184/1, 211/3, 219/4, 220/1, 223/1, 287/1, 287/6, 349/1, 349/2, 349/4, 349/5, 349/7, 400/5, 582/8, 598/2, 598/3, 598/5



Erste Hilfe am Arbeitsplatz .....	U2
Bildquellenverzeichnis .....	4
Lernfelder, Hauptabschnitte des Buches, Prüfungsteile .....	10
<b>Teil G: Grundlagen, Physik, Bauelemente .....</b>	<b>11</b>
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
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung .....	18
Gleichungssysteme .....	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen .....	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen .....	21
Längen und Flächen .....	22
Körper und Masse .....	23
Masse, Kraft, Druck, Drehmoment .....	24
Bewegungslehre .....	25
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie .....	26
Übersetzungen .....	27
Rollen, Aufhängung, Keile, Winden .....	28
Wärme, Temperatur .....	29
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand .....	30
Elektrisches Feld, Kondensator .....	31
Magnetisches Feld, Spule .....	32
Strom im Magnetfeld, Induktion .....	33
Elektrische und magnetische Feldstärken .....	34
Wechselgrößen, Wellenlänge .....	35
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit .....	36
Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls .....	37
Schaltungen von Widerständen .....	38
Grundsicherungen von Induktivitäten und Kapazitäten .....	39
Reihenschaltung, Parallelschaltung von $R, L, C$ .....	40
Ersatz-Reihenschaltung, Ersatz-Parallelschaltung Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, .....	42
Spannungsteiler .....	43
Potenzimeter .....	44
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung .....	45
Schalten von Kondensatoren und Spulen .....	46
Einfache Filter .....	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) .....	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung .....	49
Unsymmetrische gleichartige Belastung bei Dreiphasenwechselstrom .....	50
Widerstände und Kondensatoren .....	51
Anwendungsgruppen und Aufbau von Kondensatoren .....	54
Halbleiterwiderstände .....	55
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen .....	56
Dioden .....	57
Feldeffekttransistoren, IGBTs .....	58
Bipolare Transistoren .....	59
Thyristor .....	60
Thyristorarten und Triggerdiode .....	61
Gleichrichterbegriffe .....	62
Magnetfeldabhängige Bauelemente .....	63
Fotoelektronische Bauelemente .....	64
Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren .....	65
Laser – Strahl, Gerät .....	66
Bauelemente für Überspannungsschutz .....	67
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen .....	68

<b>Teil TM: Technische Kommunikation, Messen ..</b>	<b>69</b>
Grafische Darstellung von Kennlinien .....	70
Allgemeine technische Kommunikation .....	71
Zeichnerische Darstellung von Körpern .....	72
Maßpfeile, besondere Darstellungen .....	73
Maßeintragung, Schraffur .....	74
Geometrische Produktspezifikation (GPS) .....	76
Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ..	78
Weitere funktionsbezogene Dokumente .....	79
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente .....	80
Kennzeichnungen in Schaltplänen .....	81
Referenzkennzeichnung nach DIN EN IEC 81346 ..	83
Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen .....	84
Kontaktkennzeichnung in Verdrahtungsplänen ..	85
Stromkreise und Schaltzeichen .....	86
Allgemeine Schaltzeichen .....	87
Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen ..	88
Messinstrumente und Messgeräte .....	89
Halbleiterbauelemente .....	90
Binäre Elemente .....	91
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifsaltgeräte .....	93
Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen .....	94
Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne .....	95
Installationsschaltpläne .....	97
Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne .....	98
Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren ..	99
Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser ..	100
Drehstrommotoren und Anlasser .....	101
Vergleich von Schaltzeichen .....	102
Bildzeichen an elektrischen Betriebsmitteln .....	104
Hydraulische und pneumatische Elemente .....	105
Symbole der Verfahrenstechnik .....	106
Funktionsdiagramm, Weg-Schrittdiagramm .....	108
Weitere Arten von Diagrammen .....	109
Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen .....	110
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung .....	111
Elektrische Messgeräte und Messwerke .....	112
Multifunktionsmessgerät, Installationsstester .....	113
Piktogramme für die Messtechnik .....	114
Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung ..	115
Messwandler .....	116
AC/DC-Größenerfassung .....	117
Messungen in elektrischen Anlagen .....	118
Niederspannungs-Leistungsmessgeräte .....	121
Analoge Elektrizitätszähler .....	122
Elektronische kWh-Zähler .....	123
CLS-System mit elektronischem Haushaltszähler eHZ EDL und SMGW .....	124
Oszilloskope .....	125
Messen mit dem Oszilloskop .....	126
Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren ..	127
Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren ..	128
Schaltungen mit Dehnungsmessstreifen DMS .....	129
Bewegungsmessung mit Sensoren .....	130
Temperaturmessung mit Sensoren .....	131
Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken) .....	132
Näherungsschalter (Sensoren) .....	133
Ultraschall-Sensoren .....	134
Weitere Sensoren .....	135
Anschluss von Näherungssensoren der Steuerungstechnik .....	136
Anschluss von Näherungssensoren .....	136



<b>Teil EI: Elektrische Installation</b> .....	<b>137</b>
Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten	138
Arbeiten in elektrischen Anlagen	139
Werkstattausrüstung	140
Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung	141
Ausschaltungen, Serienschaltung	142
Wechselschaltung, Kreuzschaltung	143
Ausführung von Installationsschaltungen	144
Jalousieschaltungen	145
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner	147
Schaltungen mit Stromstoßschaltern	148
Einfache Türsprechanlagen mit Bussystem	149
Videoanlagen für Hauskommunikation	150
Ausführungen von Türsprechanlagen	151
Dimmen konventioneller Lampen	152
Dimmen von LED-Lichtquellen	153
Dimmen von Niedervolt-LED-Lichtquellen	154
Lichtmanagement mit DALI	155
Automatikschalter mit Wärme- und Helligkeitssensoren	156
Automatikschalter mit Ultraschall-Bewegungssensor	157
Feldarme Elektroinstallation	158
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik	159
Linien, Bereiche beim Installationsbus KNX-TP	161
Schaltzeichen des KNX	162
Systemkomponenten für den KNX-TP	163
Sensoren, Aktoren für den KNX-TP	164
Installationsbus mit FSK-Steuerung KNX-PL	166
Projektierung einer Smart-Home-Anlage	167
Projektierung und Inbetriebnahme beim KNX	168
Telegramm des KNX-Busses	170
Smart Home mit Busch-free@home	171
LON	173
LCN	175
Elektroinstallation mit Funksteuerung	176
Komponenten zur Funksteuerung	178
Gebäudeautomation über bestehende Stromleitungen	179
Verteilungssysteme	180
Planungsgrundsätze für elektrische Anlagen in Wohngebäuden	181
Leiter für Schutzmaßnahmen	182
Fundamenterde im Beton oder in Erde	183
Weitere Erder, Planung und Errichtung von Erdungsanlagen	184
Hausanschluss mit Schutzpotenzialausgleich	185
Hauptleitungen in Wohnanlagen	187
Zählerplatzinstallation	188
Elektrische Ausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze	189
Ausstattung an Kommunikationsanlagen in Wohngebäuden	190
Leitungsführung in Wohngebäuden	191
Induktivitätsbelag und Spannungsfall	193
Leitungsberechnung mit Verzweigung	194
Ablauf der Leitungsberechnung	195
Verlegearten für feste Verlegung	196
Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen	197
Ergänzungen zur Strombelastbarkeit	200
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit	201
Leitungsberechnung bei Oberschwingungen	202
Verteilerstromkreis bei Oberschwingungen	203
Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln	204
Maximale Leitungslängen nach Spannungsfall	205
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	206

Maximale Leitungslängen bei Kurzschluss	207
Kabel- und Leitungslängen für Fehler- und Kurzschlusschutz	208
Überstrom-Schutzeinrichtungen	209
Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	212
Orte mit Badewanne oder Dusche	213
Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	214
Saunaanlagen, Schwimmbecken, begehbare Becken	215
Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	216
Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betriebsstätten	217
Energieversorgung für Baustellen	218
Elektroinstallation von Caravanplätzen, Campingplätzen	219
Elektroinstallation in Häfen, Marinas und ähnlichen Bereichen	220
Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	221
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	223
Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	224
Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	225
Aufbau von Schaltschränken	226
Lichttechnik	227
Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung in Innenräumen	228
Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtungen	229
Beleuchtung und Blendung	230
Farbkennzeichnung von Leuchtmitteln	231
Kennzeichnung von Leuchten und Vorschaltgeräten, Leuchtenkennzahl	232
Berechnung der Leuchtenanzahl	233
Berechnung von Beleuchtungsanlagen	234
Lichttechnische Daten von Leuchten	235
Temperaturstrahler, Gasentladungslampen	236
Induktionslampen und Lichtwellenleiter zur Beleuchtung	237
Schaltungen für Leuchtstofflampen	238
Leuchtstofflampenersatz	239
LED-Beleuchtung	240
LED-Leuchtröhren, LED-Module	242
Lichtwerbeanlagen für Niederspannung	243
Anlagen mit Leuchtröhren	244

### Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung

<b>Teil SE: Sicherheit, Energieversorgung</b> .....	<b>245</b>
Persönliche Schutzausrüstung (PSA), Sicherheitsfarben	246
Zeichen zur Unfallverhütung	247
Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit	251
Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten	252
Weitere Stromgefährdungen	253
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	254
Schutz gegen elektrischen Schlag	255
Differenzstromgeräte RCD, RCM	256
Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	257
Weitere Schutzmaßnahmen	259
Koordination elektrischer Betriebsmittel	260
Fehlerströme und RCDs bei Stromrichterschaltungen	261
Überwachung der Endstromkreise	262
Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen	263





Digitale Zähler und Schieberegister .....	392	Wechselwegschaltungen, Steuerkennlinien .....	456
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer .....	393	Halbgesteuerte Stromrichter .....	457
Mikrocomputer .....	394	Vollgesteuerte Stromrichter .....	458
PC-Hauptplatine und PC-Anschlüsse .....	395	Wechselrichter .....	459
Bildschirmgeräte, Projektor .....	396	Gleichstromsteller, Umrichter .....	460
3D-Drucker .....	397	U-Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis .....	461
Schnittstellen und Steckverbinder des PC .....	398	Motoren mit Stromrichterspeisung .....	462
Steckverbinder RJ45, Cat-7-Steckverbindungen .....	399	Frequenzumrichter auswählen und einrichten .....	463
Schnittstellenkopplungen .....	400	Grundlagen der Schaltnetzteile .....	464
Betriebssysteme .....	401	Schaltnetzteile .....	465
Windows-Tastenkürzel .....	402	Halbleiterrelais und Sicherheitsrelais .....	466
Diagrammerstellung in Excel .....	403	Steuerungstechnik .....	467
Verstärkung, Dämpfung bei der Signalübertragung .....	404	Kleinsteuerung LOGO! .....	468
Beziehungen von Dämpfungsmaß, Dämpfungsfaktor, Pegel .....	405	Funktionen von LOGO! .....	469
Modulation und Demodulation .....	406	Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer .....	471
Netze der Informationstechnik .....	407	Speicherprogrammierbare Steuerung SPS .....	472
Netzwerkkommunikation .....	408	SPS-Programmierung im TIA-Portal .....	473
Komponenten für Datennetze .....	409	Programmstruktur für SPS .....	474
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung .....	410	Programmieranweisungen für SPS .....	475
Leitungen in Datennetzen .....	411	Boole'sche SPS-Anweisungen .....	476
Kommunikationsnetzwerke mit Lichtwellenleiter LWL .....	412	SPS-Programmierung nach DIN EN 61131-3 .....	477
Kommunikation bei Ethernet .....	413	Programmieren von Zählern und Zeitgliedern in SPS S7 .....	478
Errichten eines Ethernet-Netzwerks .....	414	Ablaufsteuerung eines Rührwerks .....	479
Signalweg über Router .....	415	SPS-Bausteine für analoge Eingänge/Ausgänge .....	480
IT-Netzwerkschutz .....	416	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine .....	481
Power over Ethernet (PoE) .....	417	Technologieobjekt PID-Regler .....	482
Datenübertragung mittels Funk .....	418	Programmieren in Strukturiertem Text ST für S7 .....	483
Funk-LAN .....	419	Programmieren in Strukturiertem Text ST, Ablaufsprache AS .....	484
Störungen bei Funkübertragungen in Werkstätten .....	420	Struktogramme und Programmablaufpläne (PAP) .....	485
Identifikationssysteme .....	421	Ablaufsteuerung mit GRAFCET .....	486
AS-i-Bussystem .....	422	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen .....	488
Querkommunikation bei Feldbussen .....	423	Architekturen von Steuerungen .....	489
PROFIBUS .....	424	Funktionale Sicherheit nach SIL .....	490
Industrial Ethernet .....	425	Bestimmung und Anwendung des SIL .....	491
Funktionen von PROFINET .....	426	Sicherheitsfunktionen bei Antrieben .....	492
Inbetriebnahme bei PROFINET .....	427	EU-Maschinenrichtlinie, EU-Maschinenverordnung .....	493
Sicherheits-Bussysteme .....	428	CE-Kennzeichnung .....	494
Offene Kommunikationsplattformen für IoT/IIoT .....	429	Elektrische Niederspannungs-Ausrüstung von Maschinen .....	495
M-Bus und Smart Metering .....	430	Grenztaster, Befehlsgeräte .....	496
Fernwirkssysteme .....	431	Elektronische Grenztaster .....	497
Anschluss an das Telefonnetz .....	433	Arten von Aktoren .....	498
Internet-Telefonie (VoIP) .....	434	Schütze .....	499
Internet-Zugänge .....	435	Spezielle Schützarten .....	500
Anwendungen des Internets .....	436	Kennzeichnung und Antriebe der Schütze .....	501
Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen .....	437	Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen .....	502
SAT-Anlagen .....	438	Schützschaltungen .....	503
Satellitenantennenanlagen .....	439	Schützschaltung mit Steuereinrichtung .....	505
Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T2 .....	440	Hilfsstromkreise .....	506
Gemeinschaftsantennenanlagen .....	441	Vermeiden von Fehlerfällen in Steuerstromkreisen .....	507
Errichtung von Antennenanlagen .....	442	Motorschutz .....	508
Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen) .....	443	Elektronischer Motorschutz .....	509
Multimediaverkabelung im Heimbereich .....	444	Steuerung durch Motorschalter .....	510
<b>Teil AS: Automatisierung, Antriebe, Steuern und Regeln .....</b>		Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln .....	511
		Kennzeichnung in elektropneumatischen Steuerungen .....	512
Verstärker-Grundsaltungen .....	446	Elektropneumatische Grundsaltungen .....	513
Grundlagen des Operationsverstärkers .....	447	Grundsaltungen der Pneumatik .....	514
Schaltungen mit Operationsverstärkern .....	448	Regelungstechnik .....	515
Schaltransistor und Kipperschaltungen .....	450	Unstetige Regelglieder .....	516
Ansteuerschaltungen für Halbleiter .....	451	Digitale stetige Regelglieder .....	517
Glättung und Spannungsstabilisierung .....	452	Analoge stetige Regelglieder .....	518
Aufgaben von Stromrichtern .....	453	Anwendung des Bode-Diagramms .....	519
Benennung von Stromrichterschaltungen .....	454	Digitale Regelung .....	520
Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter .....	455		



Einstellung von Regelkreisen .....	521
Betriebsarten und Grenzübertemperaturen bei Maschinen .....	524
Effizienz von elektrischen Antrieben .....	525
Drehstrommotoren für Stromrichterpeisung .....	526
Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren) .....	527
Betriebsdaten von Käfigläufermotoren (IE 3) .....	528
Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen .....	529
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen .....	530
Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse .....	531
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren .....	532
Konventionelle Gleichstromantriebe .....	533
Drehstrommotoren .....	534
Anlassarten von Drehstromasynchronmotoren .....	535
Polumschaltbare Motoren .....	536
Dahlander-Motoren .....	537
Fehlerbeseitigung bei Drehstrom-Asynchronmotoren .....	538
Einphasen-Wechselstrommotoren .....	539
Gleichstrommotoren .....	540
Servomotoren .....	541
Ansteuerung von Servomotoren .....	542
Schrittmotoren .....	543
Kleinstmotoren .....	544
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe von Kleinstmotoren .....	545
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe .....	546
EC-Motor .....	547
Linearantriebe .....	548
Linearmotoren, Betriebsquadranten bei Antrieben .....	549
Antriebstechnik .....	550
Wahl des Antriebsmotors .....	551
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren, Käfigläufermotoren .....	552
Sanftanlasser .....	553
Roboter .....	554
Prüfung elektrischer Maschinen .....	555
Instandhaltung, Instandsetzung, Reparatur, Wartung und Inspektion .....	556

**Teil W: Werkstoffe, Verbindungen ..... 557**

Periodensystem, Atomaufbau, chemische Bindung .....	558
Stoffwerte .....	559
Stahlnormung .....	560
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle) .....	561
Magnetisierungskennlinien .....	562
Magnetwerkstoffe .....	563
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten .....	564
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen .....	565
Isolierstoffe .....	566
Kunststoffe als Isolierstoffe .....	568
Weitere Isolierstoffe .....	569
Hilfsstoffe .....	570
Leitungen und Kabel .....	571
Starkstromleitungen (nicht harmonisiert) Nicht harmonisierte Starkstromleitungen (Auswahl) .....	573
Starkstromleitungen (harmonisiert) .....	574
Weitere harmonisierte Leitungen .....	575
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen .....	576

Lichtwellenleiter für Datenübertragungen .....	577
Lichtwellenleiter LWL Bezeichnungsschlüssel .....	578
Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung .....	579
Kurzzeichen für Starkstromkabel, Farbkennzeichnung .....	580
Steckvorrichtungen der Energietechnik .....	581
Lötfreie Anschluss technik .....	582
Installationsrohre .....	583
Dosen der Elektroinstallation .....	584
Dübel .....	585
Bezeichnungsbeispiele für Schrauben, Muttern, Unterleg-, Sicherungselemente .....	586
Metrische ISO-Gewinde .....	587
Toleranzen und Passungen .....	588

**Teil BU: Betrieb und Umwelt ..... 589**

Organisationsformen in Unternehmen .....	590
Organisation der Arbeit .....	591
Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation .....	592
Arbeitsplanung, Netzplantechnik .....	593
Arbeiten im Team .....	594
Umgang mit Konflikten .....	595
Business-Etikette .....	596
Prozesse analysieren und gestalten .....	597
Vorbereitung einer Präsentation .....	598
Präsentation eines Projekts .....	599
Durchführung von Projekten .....	600
Anwendung des Projektmanagements .....	601
Lastenheft, Pflichtenheft .....	602
Systematisches Marketing .....	603
Kommunikation mit Kunden .....	604
Durchführung von Kundens Schulungen .....	605
Bestandteile eines Tarifvertrags .....	606
Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung .....	607
Rechtsgeschäfte im Betrieb .....	608
Rechtsformen von Unternehmen .....	609
Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB .....	610
Begriffe der Kostenrechnung .....	611
Kosten und Kennzahlen .....	612
Kalkulation der Kosten .....	613
Erstellen eines Angebots .....	614
Begriffe des Qualitätsmanagements .....	615
Zertifizierung, Auditierung .....	616
Statistische Auswertung im Qualitätsmanagement .....	617
Wichtige Vorschriften im Bereich Umweltschutz .....	618
Umweltmanagement und Abfallwirtschaft .....	619
Gefährliche Stoffe .....	620
Gefahrenhinweise (H-Sätze) für Gefahrstoffe .....	621
Sicherheitshinweise (P-Sätze) für Gefahrstoffe .....	622
Klimaschutz .....	623

**Anhang ..... 624**

Normen .....	624
Wichtige Normen .....	625
VDE-Normen .....	628
Glossar .....	631
Kurzformen von Fachbegriffen .....	635
Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch) .....	638
Sachwortverzeichnis .....	644
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, Binärcodes, Funk-LAN, PROFINET, Industrial Ethernet, Internet-Zugang, Antennen Oberschwingungen, USV-Systeme	X	X
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren (für alle o.g. Ausbildungsberufe)	G; TM AS SE	Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Lichtschranken Stromrichterschaltungen, Anschlussleistungen Freileitungen, Transformatoren, intelligente Stromnetze, HGU, Schutzmaßnahmen, Blitzschutz	X	X
6	Elektrotechnische Systeme/ Geräte und Baugruppen/Gebäudetechnische Systeme analysieren und prüfen	TM SE IK; W	Schaltzeichen, Dokumentation, Messen Prüfen, Fehlerschutz, Schutzarten, Energieversorgung, Heizungssysteme, Hausgeräte, Meldeanlagen Schnittstellen; Leitungen, Steckverbinder	X	X
7	Steuerungen, Regelungen für Systeme/Anlagen programmieren, realisieren/Komponenten, Funktionen geb.techn. Systeme integrieren	TM AS IK; EI	Schaltzeichen, Sensoren, Messwertfassung 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	Kommunikationssysteme/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 Haus-technik/Automatisierungstechnik/ Energietechnische Anlagen/Daten, Dienste geb.techn. Systeme planen, in Betrieb nehmen, übergeben	EI AS IK SE	Hausanschluss, Leitungsberechnung, KNX, LED EU-Maschinenrichtlinie, Überspannungsschutz, Regelungstechnik, Steuerungstechnik 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, Wartung, Instandhaltung Projektmanagement, Arbeitsschutz, Kalkulation		X
12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen/Systeme der Automatisierungstechnik/Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren/ Geb.techn. Systeme warten, instand setzen	BU AS SE EI	Computerunterstützte Planung, Lastenheft, Pflichtenheft, Normen, Kalkulation der Kosten Steuerungen, Schützsicherungen, Instandsetzung Energieeffizienz, Schutzmaßnahmen Elektrische Installationen, Gebäudeautomation		X
13	Energie- und gebäudetechnische/automatisierte Systeme anpassen, dokumentieren/ Elektrotechnische Systeme instand halten, ändern	SE IK AS EI	Photovoltaik, 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
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung . . . . .	18
Gleichungssysteme . . . . .	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen . . . . .	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen . . . . .	21

## Physik

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

## Schaltungstheorie

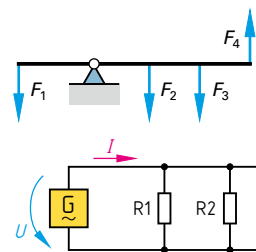
Schaltungen von Widerständen . . . . .	38
Grundsaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten . . . . .	39
Ersatz-Reihenschaltung, Ersatz-Parallelschaltung . . . . .	42
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler . . . . .	43
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung . . . . .	45
Schalten von Kondensatoren und Spulen . . . . .	46
Einfache Filter . . . . .	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) . . . . .	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkwandlung, Brückenschaltung . . . . .	49

## Bauelemente

Widerstände und Kondensatoren . . . . .	51
Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen . . . . .	56
Dioden . . . . .	57
Feldefekttransistoren, IGBTs . . . . .	58
Bipolare Transistoren . . . . .	59
Thyristor . . . . .	60
Gleichrichterbegriffe . . . . .	62
Magnetfeldabhängige Bauelemente . . . . .	63
Fotoelektronische Bauelemente . . . . .	64
Schutzbeschaltung von Dioden und Thyristoren . . . . .	65
Laser – Strahl, Gerät . . . . .	66
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen . . . . .	68

## Weitere Seiten mit Formeln

AFDD-Risikoanalyse . . . . .	352
Akkumulatoren . . . . .	342
Antennenanlagen . . . . .	437, 442
Beleuchtungsanlagen . . . . .	228
DA-/AD-Umsetzer . . . . .	393
Digitaltechnik . . . . .	384 f.
Dehnungsmessstreifen DMS . . . . .	129
Elektrochemie, Chemie . . . . .	339, 558
Elektromotoren . . . . .	532 f., 547
Energie(effizienz) . . . . .	307, 370, 374
Fehlerschutz . . . . .	257 f.
Frequenzumrichter . . . . .	463
Glättung, Stabilisierung . . . . .	452
Kippschaltungen . . . . .	450
Kompensation . . . . .	328
Kostenberechnungen . . . . .	611 f.
Kurzschlusschutz . . . . .	206
Leitungsrechnung . . . . .	192 f.
Lichttechnik . . . . .	227
Messbereichserweiterung . . . . .	116
Messfehler, Messwandler . . . . .	112, 116
Oberschwingungen . . . . .	202, 324 f.
Operationsverstärker . . . . .	447 f.
Oszilloskop . . . . .	126
Photovoltaik . . . . .	297, 305
Regelungstechnik . . . . .	518 f.
Schrittmotoren . . . . .	543
Schutzmaßnahmen . . . . .	257 f., 265
Signalübertragung . . . . .	404 f., 411 f.
Spannungsfall . . . . .	192 f.
Spannungsstabilisierung . . . . .	452
Statistische Auswertungen . . . . .	617
Stromrichter . . . . .	455 f.
Stromtarife . . . . .	376
Transformatoren . . . . .	276 f.
Transistoren . . . . .	446, 450
Überlastschutz . . . . .	206
Verstärkung, Dämpfung . . . . .	404
Wärme(leistung) . . . . .	131, 366
Widerstandsbestimmung . . . . .	115
Windkraftanlagen . . . . .	294



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	$\alpha$	1. Winkel
<i>b</i>	Breite		2. Ablenkkoeffizient	(Alpha)	2. Temperaturkoeffizient
<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	$\beta$	3. Zündwinkel
				(Beta)	1. Winkel
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor	<i>C</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität	$\gamma$	2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
		<i>D</i>	1. Elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor 3. Richtgröße Feder	(Gamma)	1. Winkel
<i>e</i>	Elementarladung	<i>E</i>	1. elektrische Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke	$\delta$	2. Leitfähigkeit
<i>f</i>	Frequenz	<i>F</i>	1. Kraft; 2. Faktor 3. Fehler	(Delta)	Verlustwinkel
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortskoeffizient 2. Tastgrad	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Gewichtskraft	$\epsilon_0$	elektrische Feldkonstante
<i>h</i>	Höhe	<i>H</i>	magnetische Feldstärke	$\epsilon$	Permittivität
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	1. Stromstärke 2. Lichtstärke	(Epsilon)	
<i>j</i>	Ruck	<i>J</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	$\zeta$	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad
<i>l</i>	1. Länge 2. Abstand	<i>K</i>	1. Konstante 2. Faktor; 3. Kapital	(Zeta)	Wirkungsgrad, Lichtausbeute
<i>m</i>	1. Masse 2. Strangzahl	<i>L</i>	1. Induktivität; 2. Pegel	$\eta$	Temperatur in °C
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>M</i>	1. Drehmoment 2. Speicherkapazität	(Eta)	
		<i>N</i>	Windungszahl	$\vartheta$	
<i>p</i>	1. Polpaarzahl 2. Druck 3. Prozentsatz	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	(Theta)	Leitfähigkeit (neben $\gamma$ üblich)
		<i>Q</i>	1. Ladung; 2. Wärme 3. Blindleistung; 4. Gütefaktor; 5. Volumenstrom	$\chi$	
<i>q</i>	1. Querstromverhältnis 2. spezifische Wärme	<i>R</i>	1. Wirkwiderstand 2. Federrate 3. Festigkeit	(Kappa)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>r</i>	1. Radius; 2. Rate 3. differentieller Widerstand	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit; 3. Siebfaktor 4. Schlupf (absolut) 5. Übertragungsgröße	$\lambda$	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke 2. Siebfaktor 3. bezogener Schlupf 4. Korrektur 5. Empfindlichkeit	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	(Lambda)	magn. Feldkonstante
		<i>THD</i>	Spannungsverzerrung	$\mu$	1. Ordnungszahl 2. Querdehnzahl
<i>t</i>	Zeit	<i>U</i>	Spannung	$\mu_0$	
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>V</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor	$\nu$	1. Ordnungszahl 2. Querdehnzahl
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>W</i>	1. Arbeit 2. Energie	(Nu)	
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>X</i>	Blindwiderstand	$\pi$	Zahl 3,1415926...
<i>w</i>	1. Energiedichte 2. Führungsgröße	<i>Y</i>	Scheinleitwert	(Pi)	
<i>x</i>	Regelgröße	<i>Z</i>	1. Impedanz, Scheinwiderstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswiderstand.	$\rho$	1. spezifischer Widerstand 2. Dichte
<i>y</i>	Stellgröße			(Rho)	
<i>z</i>	ganze Zahl, z.B. Lagenzahl			$\sigma$	1. Streufaktor 2. mechanische Spannung
				(Sigma)	Zeitkonstante
				$\tau$	
				(Tau)	Winkel, insbesondere für Phasenverschiebung
				$\varphi$	
				(Phi)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
				$\omega$	
				(Omega)	
				<b>Griechische Großbuchstaben</b>	
				$\Delta$	Differenz
				(Delta)	
				$\Theta$	elektrische Durchflutung
				(Theta)	
				$\Sigma$	Summe
				(Sigma)	
				$\Phi$	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
				(Phi)	elektrischer Fluss
				$\Psi$	
				(Psi)	
				$\Omega$	Raumwinkel
				(Omega)	

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-
$\hat{\ } , z.B. \hat{u}$	Maximalwert, Höchstwert	q	Quer-	K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke 6. Kompensation
$\check{\ } , z.B. \check{u}$	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. Berührungsspannung 6. Lorentz-
$\hat{\check{\ }} , z.B. \hat{\check{u}}$	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite	react	Blind-; reactance	M	Mitkopplung
$' , z.B. u'$	1. bezogen auf 2. Hinweis; 3. Ableitung	s	1. Sieb- 2. Signal-; 3. Serie 4. in Wegerichtung 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-	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-; 7. Anker	$\varphi$ (phi)	Phasenverschiebung betreffend
in	hinein, zugeführt	B	1. Basis 2. Betriebserdung (Netz) 3. Bau-; 4. Betriebs- 5. Bürsten-	<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. Emittier 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 (z.T. noch verwendet)	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	$M_A$	$T_l$	$M_l$	

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 Grundschiwingung (ohne Oberschwingungen), Leistungsfaktor = Verhältnis Wirkleistung zu Scheinleistung (mit Oberschwingungen)





Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einh.)	Einheitenzeichen, Einheitengleichung
<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 20)	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 kWh/Jahr
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 = 1 Ws	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 $Z_M$	–	1 N · s/m = 1 kg/s
Wärme $Q$ , innere Energie $U$	Joule	1 J = 1 Ws	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>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	–	W/(K · m)	Lichtgeschwindigkeit $c_0$	km/s	$c_0 \approx 300\,000$ 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 $T$	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 18		
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	$g_1 \parallel g_2, R1 \parallel R2$
$\overline{\wedge}$	NICHT UND (NAND)	$a \overline{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	$g \uparrow\uparrow h$
$\overline{\vee}$	NICHT ODER (NOR)	$a \overline{\vee} b = \overline{a \vee b}$	$\uparrow\downarrow$	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	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
$\cap$	Schnittmenge	$\{1, 2\} \cap \{2, 3\} = \{2\}$	$\sim$	ähnlich	$\triangle P_1P_2P_3 \sim \triangle ABC$
$\cup$	Vereinigungsmenge	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\sphericalangle$	Winkel	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle (\overline{BA}, \overline{BC}), \sphericalangle (\vec{a}, \vec{b})$
$\Rightarrow$	daraus folgt	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	$\overline{AB}$	Strecke von A nach B	$\overline{P_1P_2}$
<b>Arithmetik</b>			$\overline{AB}$	Bogen von A nach B	$\overline{AB} = \sphericalangle \gamma$
$=$	gleich	$P = U \cdot I$	$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$	Vektoren $A, B, C$	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
$\neq$	nicht gleich, ungleich	$4 \neq 5$	$ \vec{A} $	Betrag des Vektors $A$	$ \vec{F}  = 50 \text{ N}$
$\sim$	proportional	$u \sim r$	<b>Differenzieren, Integrieren</b>		
$\approx$	etwa, ungefähr	$\pi \approx 3,14$	$\Delta$	Differenz	$\Delta U = U_2 - U_1$
$\triangleq$	entspricht	$1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$	$y'$	$y$ Strich	$y'$ ist die erste Ableitung von $y$ , erster Differenzialquotient
$<$	kleiner als	$2 < 3$	$\frac{dy}{dx}$	$dy$ nach $dx$	$y' = dy/dx$
$>$	größer als	$5 > 2$	$\int$	Integral	$\int f(x) dx, \int_0^b f(x) dx$
$\leq$	kleiner gleich	$a \leq 10$	<b>Potenzen, Logarithmen</b>		
$\geq$	größer gleich	$n \geq 7$	$a^x$	$a$ hoch $x$	$5^3, 10^x$
$\ll$	wesentlich kleiner	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$	exp	Exponentialfunktion	$\exp x = e^x$ , mit $e = 2,718\dots$
$\gg$	wesentlich größer	$R_x \gg R_n$	log	allgemeiner Logarithmus	
$\cdot, \times$	mal, multipliziert	$a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$	log <sub>a</sub>	Logarithmus zur Basis $a$	$\log_3 9 = 2$
$-, /, :$	durch, geteilt, zu, dividiert	$\frac{7}{2} = 7/2 = 7 : 2$	lg	Zehnerlogarithmus	$\lg 2 = 0,30103\dots$
%	Prozent, von Hundert	$1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$	lb	Zweierlogarithmus	$\text{lb } 8 = 3$
‰	Promille, von Tausend	$1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$	ln	natürlicher Logarithmus	$\ln 10 = 2,3025\dots$
( ), [ ], { }, < >	runde, eckige, geschweifte, spitze Klammern	$[a(b - c) + d]^2$	<b>Trigonometrie</b>		
$ z $	Betrag von $z$	$ 4  = 4,  -7  = 7$	sin	Sinus	$\sin \alpha$
$n!$	$n$ Fakultät	$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n, 3! = 6$	cos	Kosinus (auch Cosinus)	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $= (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
$\Sigma$	Summe	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	tan	Tangens	$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$
$\Pi$	Produkt	$\Pi k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$	cot	Kotangens	$\cot \alpha = 1 / \tan \alpha$
$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus	$\sqrt{16} = 4$	arcsin	Arcussinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
$\sqrt[n]{\quad}$	$n$ -te Wurzel aus	$\sqrt[3]{8} = 2$	arccos	Arcuskosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
$\pi$	pi	$\pi = 3,14159\dots$	arctan	Arcustangens	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$
			arccot	Arcuskotangens	$\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$



**Potenzen**

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

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

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

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

**Rechenregeln:**

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

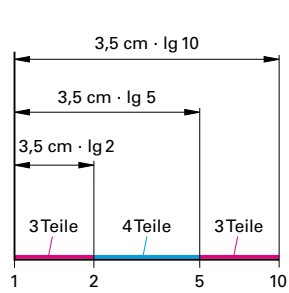
**Dezimale Vorsätze**

**Binäre Vorsätze**

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

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

**Logarithmen**

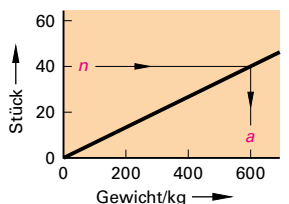


**Logarithmische Teilung**  
 (Siehe auch Seite 70.)

Logarithmus log gibt an, mit welcher Zahl  $b$  die Basis  $a$  zu potenzieren ist, um das Logarithmusargument  $c$  zu erhalten. Es gilt  
 $a^b = c \rightarrow \log_a c = b$   
 Zehnerlogarithmus lg (bei Taschenrechner log) hat die Basis 10. Der natürliche Logarithmus ln hat die Basis der e-Funktion ( $e = 2,718\dots$ ).  
 Es gilt:  $x = \ln(e^x) = e^{\ln(x)}$   
 Zweierlogarithmus lb hat 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
- $\text{lb} x = \lg x / \lg 2$  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





## Mit einer Unbekannten

Lineare Gleichung:

$$ax + b = 0$$

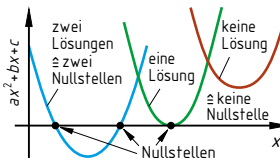
$$\Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad \text{1}$$

Quadratische Gleichung

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

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

für  $b^2 \geq 4ac$



## Mit zwei Unbekannten

Lineares Gleichungssystem (LGS)

2. Grades:

$$a_1 x + b_1 y = c_1$$

$$a_2 x + b_2 y = c_2$$

### Gleichsetzungsmethode

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

#### Beispiel

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

$$2x + 3y = 11$$

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

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

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

$$\Rightarrow x = 1$$

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

### Additions-, Subtraktionsmethode

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

#### Beispiel

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

$$2x + 3y = 11$$

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

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

$$6x + 9y = 33$$

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

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

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

## Fortsetzung

**Determinantenverfahren**  
für lineares Gleichungssystem  
2. Grades

$$a_1 x + b_1 y = c_1$$

$$a_2 x + b_2 y = c_2$$

Determinante erstellen:

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

Determinante berechnen:

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

$x$ -Determinante berechnen:

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

$y$ -Determinante berechnen:

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

$x$  berechnen:

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

$y$  berechnen:

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

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

#### Beispiel

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

$$2x + 3y = 11$$

Determinante berechnen:

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

$x$ -Determinante berechnen:

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

$y$ -Determinante berechnen:

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

$x$  berechnen:

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

$y$  berechnen:

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

Alle drei Verfahren führen zu gleichen Ergebnissen.

### Rechenregeln

$(+a) \cdot (+b) = a \cdot b$  gilt auch  
 $(-a) \cdot (+b) = -a \cdot b$  bei  
 $(-a) \cdot (-b) = a \cdot b$  Division

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

## Mit drei Unbekannten

**Determinantenverfahren**  
für lineares Gleichungssystem  
3. Grades

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

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

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

Determinante erstellen:

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

Determinante berechnen:

$\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

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

$x$ -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

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

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

$y$ -Determinante berechnen:

$\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

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

$z$ -Determinante berechnen:

$\rightarrow$  Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen

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

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

$x, y, z$  berechnen für  $D \neq 0$ :

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

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

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

