



Erste Hilfe



Auffinden einer Person

Grundsätze

- Ruhe bewahren
- Unfallstelle sichern
- Eigene Sicherheit beachten

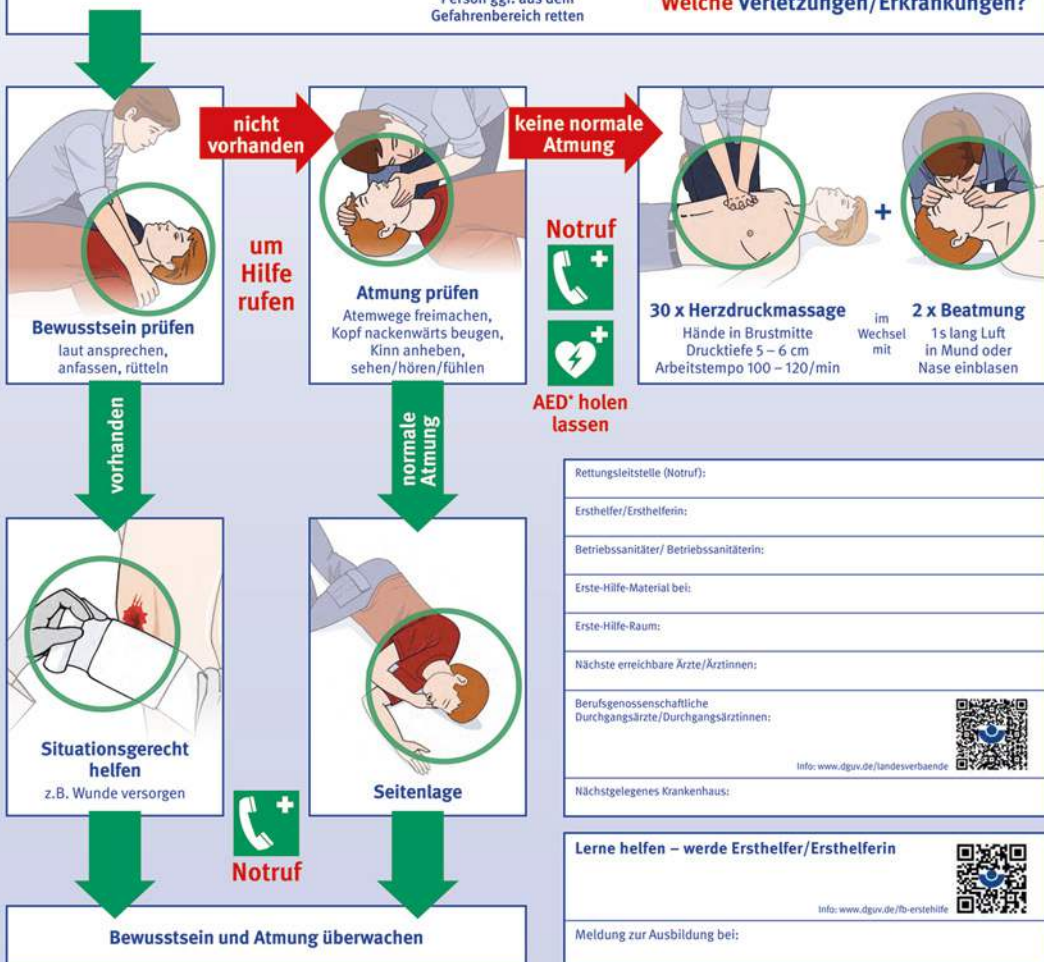


Person ggf. aus dem Gefahrenbereich retten

Notruf



- Wo ist der Notfall?
- Warten auf Fragen, zum Beispiel:
- Was ist geschehen?
- Wie viele Verletzte/Erkrankte?
- Welche Verletzungen/Erkrankungen?



Rettungsleitstelle (Notruf):

Ersthelfer/Ersthelferin:

Betriebssanitäter/ Betriebssanitäterin:

Erste-Hilfe-Material bei:

Erste-Hilfe-Raum:

Nächste erreichbare Ärzte/Krztinnen:

Berufsgenossenschaftliche Durchgangsarzte/Durchgangsarztinnen:

Nächstgelegenes Krankenhaus:

Info: www.dguv.de/landesverbande



Lerne helfen – werde Ersthelfer/Ersthelferin

Info: www.dguv.de/ib-ersthilfe

Meldung zur Ausbildung bei:



* Sofern verfügbar – den Anweisungen des „Automatisierten Externen Defibrillators“ (AED) folgen.



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Tabellenbuch Mechatronik

Tabellen – Formeln – Normenanwendungen

13. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage

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

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

Europa-Nr.: 45011

Autoren des Tabellenbuchs Mechatronik

Heiner Bröker	Studienrat	Klein Berßen
Hartmut Fritsche	Dipl.-Ing.	Massen
Gregor Häberle	Dr.-Ing.	Tettngang
Konstantin Häberle	MSc EEIT, MSc Math	Zürich
Verena Häberle	MSc EEIT	Zürich
Thomas Helmer	Dr.-Ing.	Gomadingen
Rudolf Krall	Dipl.-Päd. Ing., Berufsschuloberlehrer	Gartenau-St. Leonhard
Bernd Schiemann	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Durbach
Dietmar Schmid	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Biberach a.d. Riß
Claudius Scholer	Dipl.-Ing., Dipl.-Gewerbelehrer, Studiendirektor	Metzingen
Matthias Schultheiß	Dipl.-Ing., Dipl.-Gewerbelehrer Studiendirektor	Biberach a.d. Riss
Thomas Urian	Meister der Elektrotechnik	Vilshofen

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Leiter des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tettngang

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

13. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-4224-4

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: PER MEDIEN & MARKETING GmbH, 38102 Braunschweig, www.per-mm.de

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: **SIEMENS AG**, 80333 München

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Mathematik, Technische Physik

9 ... 70

M

Technische Kommunikation

71 ... 130

K

Chemie, Werkstoffe, Leitungen, Fertigung

131 ... 212

WF

Bauelemente, Messen, Steuern,
Regeln

213 ... 308

BM

Elektrische Anlagen und Antriebe,
mechatronische Systeme

309 ... 440

A

Digitalisierung, Informationstechnik

441 ... 508

D

Verbindungstechnik

509 ... 554

V

Betrieb und Umwelt

555 ... 632

B

Vorwort zur 13. Auflage

Das Buch ist konzipiert für die handlungsorientierte Berufsbildung des Berufs *Mechatroniker* bzw. *Mechatronikerin*. Die Mechatronik unterliegt als Schlüsseltechnologie aus Elektrotechnik, Metalltechnik und Informationstechnik einem stetigen Wandel und unterstützt das Erfüllen der *Anforderungen von Digitalisierung* sowie *Industrie 4.0/5.0*, auch mit dem Ziel, dem *Klimawandel* entgegenzuwirken und einen Beitrag zum *Klimaschutz* zu liefern.



Dies führte zu neuen oder aktualisierten Seiten in den nachfolgend genannten Hauptabschnitten, verbunden mit der Berücksichtigung geänderter oder neuer Normen von DIN und VDE die Berufsbildung des Berufs Mechatroniker bzw. Mechatronikerin betreffend. Inhalte des Buchs, die nicht mehr Bestandteil der Berufsbildung sind, wurden gelöscht. Auf **Prüfungsorientierung** bzgl. Buch-Inhalt und Sachwortverzeichnis wurde besonderer Wert gelegt.

- **Teil M: Mathematik, Technische Physik**

Neu sind z. B. Einfache Filter.

Aktualisiert wurden z. B. viele Darstellungen von mathematischen und technisch physikalischen Formeln.

- **Teil K: Technische Kommunikation**

Neu sind z. B. Klemmenplan, Klemmleiste.

Aktualisiert wurden Referenzkennzeichnung, Schaltpläne der Elektrotechnik, Pneumatik und Hydraulik.

- **Teil WF: Chemie, Werkstoffe, Fertigung**

Neu sind z. B. Elektroinstallationsrohre, Lasertechnik, Bezeichnungsschlüssel LWL, Kühlschmiermittel.

Erweitert wurden Schneidstoffe.

Aktualisiert wurden z. B. Leitungen in Datennetzen.

- **Teil BM: Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln**

Neu sind z. B. Transistorschaltungen, Smart Grid, Smart Meter, DMS-Schaltungen, Farbkennzeichnung von Leuchtmitteln, Leuchtstofflampenersatz, Regelkreisglieder mit Operationsverstärker, Visualisierungen im TIA-Portal, SPS-PID-Regler.

Aktualisiert wurden z. B. Sensoren, SPS-Programmierung, Regelungstechnik.

- **Teil A: Elektrische Anlagen und Antriebe, mechatronische Systeme**

Neu sind z. B. Berechnungsformeln für drehende elektrische Maschinen, Prüfprotokoll bei elektrischen Anlagen, Elektromobilität.

Aktualisiert wurden z. B. Verlegearten, Schutzmaßnahmen, Fehlerschutz, RCDs, Prüfungen, Umrechnungsfaktoren bei Oberschwingungen.

- **Teil D: Informationstechnik, Digitalisierung**

Neu sind z. B. Offene Kommunikationsplattformen für IoT / IIoT, Single-Pair-Ethernet.

Aktualisiert wurden z. B. Datennetze, Datenspeicher, Digitalisierung, Vernetzung.

- **Teil V: Verbindungstechnik**

Aktualisiert wurden Verbindungen in der Mechanik, Steckverbinder, Schnittstellen.

- **Teil B: Betrieb und Umwelt**

Aktualisiert wurden z. B. Gefährliche Stoffe, DIN VDE-Normen.

Normänderungen wurden übernommen, sodass diesem Buch die neuesten Ausgaben der DIN-Normen und VDE-Richtlinien (ab Redaktionsschluss) zu Grunde liegen.

Allgemein ist zu beachten, dass die Normen oft verschiedene Formen zulassen, z. B. in DIN EN 61082 (Dokumente der Elektrotechnik, Regeln) Stromverzweigungen mit oder ohne „Punkt“ oder mit Richtungsangabe des abgezweigten Leiters, ebenso die Angabe der Stromrichtung mit Pfeil neben der Leitung oder in der Leitung nach DIN EN 60375. Alle Formen kommen in der beruflichen Praxis vor und werden im Buch deshalb auch angewendet.

Didaktische Ergänzungen wurden durch stichwortartige Formulierung prüfbarer Lerninhalte fortgesetzt.

Hinweis: In **Formeln für Mechatroniker** sind die Formeln dieses Buchs abgedruckt, ergänzt um weitere Formeln. Die meisten Formeln sind dabei nach Größen umgestellt.

Verlag und Autoren danken für die zahlreichen Benutzerhinweise, die zu einer weiteren Verbesserung des Buchs führten, und nehmen auch künftig konstruktive Vorschläge dankbar entgegen. Diese können auch gerichtet sein an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Herbst/Winter 2024

Der Autoren-Arbeitskreis

Inhaltsverzeichnis

Erste Hilfe bei Unfällen U2

Teil M: Mathematik, Technische Physik 9

Formelzeichen dieses Buches	10
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	11
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen	12
Bruchrechnen, Vorzeichen, Klammern	15
Klammerrechnung, Potenzieren	16
Radizieren, Gleichungen	17
Gleichungssysteme	18
Zahlensysteme, Dualzahlen	19
Dualzahlen, Sedezimalzahlen, Binär-codes	20
Logarithmen, Zehnerpotenzen, Vorsätze, Prozentrechnung	21
Verstärkung, Dämpfung, Pegel	22
Dreisatz, Mischungsrechnung	23
Rechtwinkliges Dreieck	24
Winkelfunktionen, Steigung	25
Längen	26
Flächen	27
Flächen, Volumen, Oberflächen	29
Volumen, Oberfläche, Masse	31
Kräfte	32
Drehmoment, Hebel, Fliehkraft	33
Rollen, Keile, Winden, Schrauben	34
Bewegungslehre	35
Geschwindigkeiten an Maschinen	36
Wärmetechnik	37
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	39
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	40
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	41
Elektrisches Feld, Kondensator	42
Strom im Magnetfeld, Induktion	44
Schaltungen von Widerständen	45
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	46
Grundsaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	47
Komplexe Rechnung für Grundsaltungen von L und C	48
Schalten von Kondensatoren und Spulen	49
Wechselgrößen, Oberschwingungen	50
Zeigerdiagramme von Wechselstromgrößen	51
Leistungen bei Sinuswechselstrom, Impuls	52
Reihenschaltung, Parallelschaltung von R , L , C	53
Elektrischer Widerstand bei Temperaturänderung, Wärmewiderstand	56
Drehstrom, Blindleistungskompensation	57
Zahnradberechnungen	58
Übersetzungen	59
Reibung, Auftrieb	60
Belastungsfälle, Beanspruchungsarten	61
Abscherung, Knickung	63
Biegung, Torsion	64

Momente der Festigkeitslehre	65
Momente von Profilen	66
Druck in Flüssigkeiten und Gasen	67
Pneumatikzylinder	68
Berechnungen zur Hydraulik und Pneumatik	69
Berechnungen zur Hydraulik	70

Teil K: Technische Kommunikation 71

Grafische Darstellung von Kennlinien	72
Arten von Diagrammen	73
Allgemeines technisches Zeichnen	74
Zeichnerische Anordnung von Körpern	75
Maßeintragung, Schraffur	76
Maßpfeile, besondere Darstellungen	77
Maßeintragung	78
Toleranzen in Zeichnungen	79
Geometrische Produktspezifikation	80
Gewinde, Schraubenverbindungen, Zentrierbohrungen	84
Getriebedarstellung	85
Darstellung von Wälzlagern, Dichtungen	86
Symbole für Schweißen und Löten	88
Weitere mechanische Verbindungen, Federn	89
Funktionsbezogene Schaltpläne	90
Weitere funktionsbezogene Dokumente	91
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente	92
Kennzeichnungen in Schaltplänen	93
Kontaktzeichnung in Stromlaufplänen	96
Stromkreise und Schaltzeichen	98
Allgemeine Schaltzeichen	99
Transformatoren, Spulen, drehende elektrische Maschinen	100
Vergleich von Schaltzeichen	101
Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen	103
Messgeräte und Messinstrumente, Messkategorien	104
Halbleiterbauelemente	105
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifsaltgeräte	106
Binäre Elemente	107
Schaltzeichen für Installationschaltpläne und Installationspläne	109
Schaltzeichen für Übersichtschaltpläne	110
Bildzeichen an elektrischen Betriebsmitteln	111
Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser	112
Drehstrommotoren und Anlasser	113
Motoren mit Stromrichterspeisung	114
Ablaufsteuerungen, GRAFCET	115
Grundformen von Ablaufsteuerungen	116
Elemente für Ablaufsteuerungen GRAFCET	117
Ablauf-Funktionspläne	119
Symbole zur Dokumentation in der Computertechnik	120
Schaltzeichen der Pneumatik und Hydraulik	121
Pneumatik Grundsaltungen	123
Kennzeichnung von steuerungstechnischen Systemen	124
Schaltpläne der Pneumatik und Hydraulik	125
Fließbilder	126

Beispiele von Fließbildern	127	Kühlschmierstoffe für die spanende Bearbeitung von Metallen	212
Symbole der Verfahrenstechnik	128		
Erstellen einer Dokumentation über Geräte und Anlagen	129		
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	130		
Teil WF: Chemie, Werkstoffe, Leitungen, Fertigung 131		Teil BM: Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln 213	
Chemie	132	Widerstände und Kondensatoren	214
Stoffwerte	134	Batterien, Batteriezellen	217
Übersicht von Werkstoffen	136	Von physikalischen Größen abhängige Halbleiter- Bauelemente	218
Bezeichnungssysteme für Stähle	137	Dioden	219
Stahl	141	Feldeffektransistoren FET, IGBTs	220
Stahlprofile	144	Bipolare Transistoren und HEMT	221
Bezeichnungssysteme für Gusseisenwerkstoffe ..	145	Transistoren als Schalter	222
Gusseisen	146	Thyristoren und Triggerdiode	223
Nichteisenmetalle	147	Fotoelektronische Bauelemente	224
Aluminiumprofile	150	Bauelemente für Überspannungsschutz	225
Kunststoffe	151	Grundlagen des Operationsverstärkers	226
Kabel und Leitungen	156	Elektrische Messgeräte	228
Isolierte Starkstromleitungen	157	Messen mit Multimeter	230
Starkstromleitungen	158	Schaltungen zur Bestimmung von U , I und R	231
Leitungen zum Anschluss ortsveränderlicher Betriebsmittel	159	Messwandler	232
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	160	Oszilloskop	233
Elektroinstallationsrohre	161	Messwerterfassung mit dem PC	235
Leitungen in Datennetzen	162	Leistungsmessgeräte	237
Kupferlitzenleiter der Informationstechnik	163	Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen	239
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung ..	164	Smart Grid, Smart Meter, Smart Home	240
Strahlenoptik	165	Sensoren	241
Lasertechnik	166	Kraftmessung und Druckmessung	242
Lichtwellenleitungen	167	Schaltungen mit Dehnungsmessstreifen DMS	243
Kennzeichnungen von Lichtwellenleitern LWL	168	Bewegungsmessung, Wegmessung, Winkelmessung	244
Korrosion und Korrosionsschutz	169	Temperaturmessung	246
Lote und Flussmittel	170	Durchfluss-, Ultraschall-, Radar-, Lidarsensoren ..	247
Druckflüssigkeiten (Hydraulikflüssigkeiten)	171	Näherungsschalter (Sensoren)	248
Werkstoffprüfung	172	Smarte Sensorik und Aktorik, optoelektronische Sensoren	251
Fertigungsverfahren	175	Arten von Aktoren	252
Rapid Prototyping RP (3D-Druck)	179	Elektromagnetische Schütze	254
Wärmebehandlung von Stahl	180	Gebrauchskategorien und Antriebe von Schützen ..	255
Montage und Demontage	182	Vakuumschütze, Halbleiterschütze	256
Schneidstoffe	184	Hilfsstromkreise	258
Drehzahlnomogramm	186	Überstromschutz für Steuerstromkreise	259
Kräfte und Leistungen beim Zerspanen	187	Motorschutzschalter	260
Bohren	189	Polumschaltbare Drehstrommotoren	262
Reiben und Gewindebohren	190	Ausschaltung, Serienschaltung, Wechselschaltung, Kreuzschaltung	263
Drehen	191	Ausführung von Installationsschaltungen	264
Drehwerkzeuge	194	Stromstoßschaltungen	265
Fräsen	195	Farbkennzeichnung von Leuchtmitteln	266
Schleifen	198	Leuchtstofflampenersatz	267
Spanende Formung der Kunststoffe	200	Steuerung mittels Funk	269
Lehren	201	Elektroinstallation mit Funksteuerung von Lampen	270
Biegeumformen	202	Steuerungs- und Regelungstechnik	272
Schweißen	203	Analoge Regler	274
Druckgasflaschen, Gasverbrauch	205	Analoge stetige Regelglieder	275
Schutzgasschweißen	206	Reglereinstellungen, Regelstrecken	276
Lichtbogenschweißen	208	Bode-Diagramm	278
Schmierstoffe	210	Digitale Regelung	279

Lageregelung bei Arbeitsmaschinen	282
Logikmodul LOGO!	283
Binäre Verknüpfungen der Steuerungs- und Regelungstechnik	287
Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	288
TIA-Portal	289
Visualisierung mit TIA-Portal HMI	290
SPS-Programmierung (nach DIN EN 61131-3)	294
Technologieobjekt PID-Regler	298
Programmiersprachen, StrukturierterText (ST), Ablaufsprache AS	301
Regelung mittels SPS	305

Teil A: Elektrische Anlagen und Antriebe, mechatronische Systeme 309

Netze der Energietechnik	310
Arbeiten in elektrischen Anlagen	312
Messungen in elektrischen Anlagen	313
Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln ..	316
Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse ..	317
Stromrichter, Gleichrichter	318
Transformatoren der Energietechnik	323
Berechnungsformeln für Transformatoren	325
Regelung der Netzspannung und Netzfrequenz ...	326
Betriebsarten S1 bis S10	327
Isolierstoffklassen, Bemessungsleistungen	328
Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	329
Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen	330
Einphasen-Wechselstrommotoren	332
Drehstrommotoren, Gleichstrommotoren	333
Servomotoren	336
Schrittmotoren	338
Kleinstantriebe	339
Getriebe	341
Linearantriebe	342
Effizienz von elektrischen Antrieben	346
Wahl des Antriebsmotors	347
Prüfung elektrischer Maschinen	348
Fehlerarten bei Motoren, Motorschutz	349
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	351
Sanftanlasser	352
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	353
Leitungsberechnung	354
Verlegearten von Leitungen für feste Verlegung ...	357
Strombelastbarkeiten	358
Oberschwingungen OS	363
Überlastschutz, Kurzschlusschutz, Leitungslängen	365
Mindest-Leiterquerschnitte, Leitungsschutzschalter	366
Niederspannungs-Schmelzsicherungen	367
Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	368
Schutz gegen thermische Auswirkungen	370
Schutzarten IP elektrischer Betriebsmittel, ENEC-Zeichen	372
Stromgefährdung, Berührungsarten, Fehlerarten ..	374
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	376

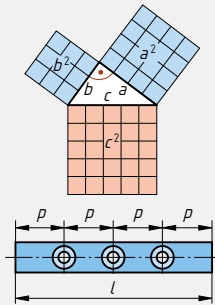
Verteilungssysteme und Fehlerschutz mit Schutzleiter	377
Basisschutz und Fehlerschutz	378
Differenzstromschutzschalter RCD	379
Differenzstromüberwachungsgerät RCM	380
Prüfung der Schutzmaßnahmen	384
Wiederkehrende Prüfungen	386
Spezielle Niederspannungs-Anlagen	388
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	389
Stromversorgung elektronischer Geräte	390
Sicherheits-Stromversorgungsanlagen	392
Akkumulatorenräume	394
Laden von Elektrofahrzeugen	396
Elektromagnetische Verträglichkeit EMV	397
Schaltschrankaufbau	399
Klimatisierung von Schaltschränken	402
Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte	403
Elektrische Ausrüstung von Maschinen	404
Prüfung der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	406
Sicherheits-NOT-AUS-Relais	407
Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	408
Mechatronische Systeme	413
Funktionsdiagramme, Ablaufsteuerung	415
Inbetriebnahme, Instandhaltung mechatronischer Systeme	432

Teil D: Digitalisierung, Informationstechnik 441

Datenschutzgrundverordnung DSGVO	442
Digitalisierung und Industrie 4.0	443
Künstliche Intelligenz	444
Internet	445
Prozessleittechnik	447
PLM, ERP, MES	448
Offene Kommunikationsplattformen für IoT/IIoT ...	449
Begriffe der Computertechnik	450
Binäre Verknüpfungen	452
KV-Diagramme	453
Code-Umsetzer	454
ASCII-Code und Unicode	455
Bistabile Kipperschaltungen (Flipflops)	456
Digitale Zähler und Schieberegister	457
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	458
Komparatoren, S & H-Schaltungen	459
Halbleiterspeicher	460
Mobile Datenspeicher	461
PC-Hauptplatine und PC-Anschlüsse	463
Betriebssysteme	464
Windows-Tasten-Kürzel	465
Arbeiten mit Excel	466
Gefahren der Computersabotage	467
Maßnahmen gegen Computerviren	468
Industriespionage	469
Datensicherung, Kopierschutz	470
Netzformen der Informationstechnik	471

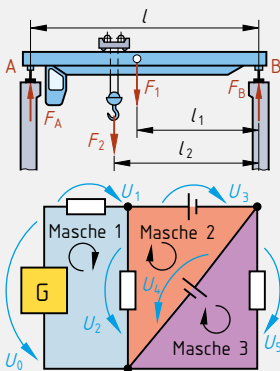


Mathematik



Formelzeichen dieses Buches 10
 Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches 11
 Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen 12
 Bruchrechnen, Vorzeichen, Klammern 15
 Klammerrechnung, Potenzieren 16
 Radizieren, Gleichungen 17
 Gleichungssysteme 18
 Zahlensysteme, Dualzahlen 19
 Dualzahlen, Sedezimalzahlen, Binärcodes 20
 Logarithmen, Zehnerpotenzen, Vorsätze, Prozentrechnung 21
 Verstärkung, Dämpfung, Pegel 22
 Dreisatz, Mischungsrechnung 23
 Rechtwinkliges Dreieck 24
 Winkelfunktionen, Steigung 25

Technische Physik



Längen 26
 Flächen 27
 Flächen, Volumen, Oberflächen 29
 Volumen, Oberfläche, Masse 31
 Kräfte 32
 Drehmoment, Hebel, Fliehkraft 33
 Rollen, Keile, Winden, Schrauben 34
 Bewegungslehre 35
 Geschwindigkeiten an Maschinen 36
 Wärmetechnik 37
 Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie 39
 Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand 40
 Elektrische Leistung, elektrische Arbeit 41
 Elektrisches Feld, Kondensator 42
 Strom im Magnetfeld, Induktion 44
 Schaltungen von Widerständen 45
 Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler 46
 Grundsicherungen von Induktivitäten und Kapazitäten 47
 Komplexe Rechnung für Grundsicherungen von L und C 48
 Schalten von Kondensatoren und Spulen 49
 Wechselgrößen, Oberschwingungen 50
 Zeigerdiagramme von Wechselstromgrößen 51
 Leistungen bei Sinuswechselstrom, Impuls 52
 Reihenschaltung, Parallelschaltung von R, L, C 53
 Einfache Filter 55
 Elektrischer Widerstand bei Temperaturänderung, Wärmewiderstand 56
 Drehstrom, Blindleistungskompensation 57
 Zahnradberechnungen 58
 Übersetzungen 59
 Reibung, Auftrieb 60
 Belastungsfälle, Beanspruchungsarten 61
 Abscherung, Knickung 63
 Biegung, Torsion 64
 Momente der Festigkeitslehre 65
 Momente von Profilen 66
 Druck in Flüssigkeiten und Gasen 67
 Pneumatikzylinder 68
 Berechnungen zur Hydraulik und Pneumatik 69
 Berechnungen zur Hydraulik 70

Weitere Seiten mit Formeln:

Akkumulator 394
 Arbeitsvorbereitung 562 ff.
 Binäre Verknüpfungen 287, 452
 Drehzahlnomogramm 186
 Elektrische Motoren 353
 Fehlerschutz 381 ff.
 Fräsen, Schleifen 196 ff.
 Gasverbrauch 205
 Getriebe 341
 Kalkulationen 588 ff.
 Leitungsberechnung 354 ff.
 Messen, Messwandler 231 ff.
 Oberschwingungen 363 ff.
 Operationsverstärker 226 ff.
 Oszilloskop 234
 Regelungstechnik 275 ff.
 Schrittmotoren 338
 Softanlasser 352
 Statistische Auswertungen 569 ff.
 Strahlenoptik 165
 Transformator 325 ff.
 Transistor 222 ff.
 Überlastschutz, Kurzschlusschutz 365
 Zerspanen 187 ff.
 Zuverlässigkeit 572

Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
Kleinbuchstaben		Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
<i>a</i>	1. Beschleunigung 2. Wärmeleitfähigkeit	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt 2. Bruchdehnung 3. Dämpfungsmaß	α (alpha)	1. Winkel 2. Freiwinkel 3. Temperaturkoeffizient 4. Zündwinkel
<i>b</i>	Breite	<i>B</i>	1. magn. Flussdichte	β	1. Winkel
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. Kopfspiel, 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen, 4. Schnittgeschwindigkeit	<i>C</i>	2. Blindleitwert 3. Zahlenbasis	(beta)	2. Keilwinkel
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand	<i>D</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität	γ (gamma)	1. Winkel, 2. Spanwinkel 3. Leitfähigkeit
<i>e</i>	1. Elementarladung 2. Regeldifferenz 3. Dehnung	<i>E</i>	1. elektr. Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor, 3. Federrate, 4. Durchmesser	δ (delta)	Verlustwinkel
<i>f</i>	1. Frequenz, 2. Vorschub 3. Durchbiegung 4. Rollreibungszahl 5. Faktor, 6. Brennweite	<i>F</i>	1. elektr. Feldstärke 2. Elastizitätsmodul, 3. Energie	ϵ_0 (epsilon)	elektr. Feldkonstante 1. Permittivität 2. Dehnung
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung 2. Tastgrad, 3. Anzahl 4. Ortskoeffizient	<i>G</i>	1. Kraft, 2. Faktor 3. Fehler	ζ (zeta)	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad Wirkungsgrad
<i>h</i>	1. Höhe, 2. Tiefe 3. Dicke 4. relative Häufigkeit	<i>H</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß 3. Höchstmaß, Mindestmaß	η (eta)	Temperatur in °C
<i>i</i>	1. zeitabhängige Stromstärke 2. Übersetzungsverhältnis	<i>I</i>	1. magnetische Feldstärke 2. Heizwert	θ (theta)	1. Wellenlänge 2. Neigungswinkel 3. Leistungsfaktor
<i>j</i>	Ruck	<i>J</i>	1. Stromstärke 2. Flächenmoment	λ (lambda)	1. Permeabilität 2. Reibungszahl
<i>k</i>	1. Konstante, 2. Faktor	<i>K</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	μ (müh)	magn. Feldkonstante
<i>l</i>	1. Länge, 2. Abstand	<i>L</i>	Koeffizient	μ_0	1. Sicherheitszahl 2. Ordnungszahl Zahl 3,141 592 6...
<i>m</i>	1. Masse, 2. Modul (der) 3. Konstante 4. Gesamtanzahl	<i>M</i>	1. Induktivität, 2. Pegel	ν (nü)	
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>N</i>	1. Drehmoment, siehe <i>T</i> 2. Speicherkapazität	π (pi)	
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck 3. Flächenpressung	<i>P</i>	Windungszahl	ρ (rho)	1. spezifischer Widerstand 2. Dichte, 3. Zugspannung
<i>q</i>	1. spez. Schmelzwärme 2. spez. Luftverbrauch	<i>Q</i>	1. Leistung, Wirkleistung 2. Spiel, Übermaß 3. Gewindesteigung 4. Wahrscheinlichkeit	σ (sigma)	1. Streufaktor 2. mechanische Spannung
<i>r</i>	1. Radius, 2. Rate 3. differentieller Widerstand, 4. spezifische Verdampfungswärme	<i>R</i>	1. Ladung, 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Verbrennungswärme 5. Volumenstrom	τ (tau)	1. Zeitkonstante 2. mechanische Spannung
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke 2. Hublänge 3. Standardabweichung	<i>R</i>	1. Wirkwiderstand 2. Federrate, 3. Festigkeit 4. Rautiefe	φ (phi)	Winkel, insbesondere Phasenverschiebungswinkel
<i>t</i>	Zeit, Dauer	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Schlupf (absolut) 3. Signal, 4. Querschnitt	ω (omega)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	1. Scheinleistung 2. Schlupf (absolut) 3. Signal, 4. Querschnitt	Griechische Großbuchstaben	
<i>ü</i>	Übersetzungsverhältnis	<i>THD</i>	1. Periodendauer, 2. Temperatur in K, 3. Toleranz 4. Drehmoment 5. Übertragungsfaktor	Δ (Delta)	Differenz
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>U</i>	Spannungsverzerrung	Θ (Theta)	elektrische Durchflutung
<i>w</i>	1. Energiedichte 2. Führungsgröße	<i>V</i>	Spannung	Σ (Sigma)	Summe
<i>x</i>	Regelgröße	<i>W</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor	Φ (Phi)	1. magnetischer Fluss 2. Lichtstrom 3. Wärmestrom
<i>y</i>	Stellgröße	<i>X</i>	1. Arbeit, 2. Energie 3. Widerstandsmoment	Ψ (Psi)	1. elektrischer Fluss 2. Querschnittenwinkel
<i>z</i>	ganze Zahl, z. B. Zähnezahl, Lagenzahl	<i>Y</i>	Blindwiderstand	Ω (Omega)	Raumwinkel
		<i>Z</i>	Scheinleitwert Impedanz, Scheinwiderstand		

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

Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches

Subscripts and Signs for Formula Symbols in this Book



Index, Zeichen	Bedeutung	Index, Zeichen	Bedeutung	Index, Zeichen	Bedeutung
Ziffern, Zeichen		mec	mechanisch	E	1. Emitter 2. Entladen 3. Erde
0	1. Leerlauf 2. im Vakuum 3. Bezugsgröße	min	minimal, mindestens	F	1. Vorwärts- (forward) 2. Fläche, 3. Fehler
1	1. Eingang, 2. Reihenfolge	n	Nenn-	G	1. Gate, 2. Gewicht 3. Glättung
2	1. Ausgang, 2. Reihenfolge	o	1. Oszillator-, 2. oben	H	1. Hysterese, 2. Hall-, 3. höchst-
3, 4, ...	Reihenfolge	p	1. parallel, 2. Pause 3. Puls, 4. potenziell 5. Druck, 6. Prozess	I	Initial
$\hat{}$, z.B. \hat{u}	Maximalwert, Höchstwert	r	1. in Reihe 2. Bemessungs- (rated) 3. Anstiegs- (rise) 4. Resonanz, 5. rechts 6. resultierend	K	1. Katode 2. Kopplung (Gegen-) 3. Kühlkörper 4. Kippen 5. Kanal, Strecke
$\check{}$, z.B. \check{u}	Tiefstwert, Kleinstwert (\check{u})	s	1. Sieb-, 2. Signal-, 3. Serie 4. in Wegrichtung 5. Stoß-, 6. Soll- 7. oberhalb, 8. senkrecht	L	1. induktiv, 2. Last 3. links, 4. Laden 5. höchstzulässige Berüh- rungsspannung 6. Lorentz-
$\hat{}$, z.B. \hat{u}	1. Spitze-Tal-Wert 2. Schwingungsbreite	sch	Schritt	M	Mitkopplung
' , z.B. u'	1. bezogen auf, 2. Hinweis, 3. Ableitung	t	1. tief, unten, 2. Torsion, 3. triggering	N	1. Bemessungs-, 2. Nutz-, 3. Normal-
\triangle	in Dreieckschaltung	th	1. thermisch, Wärme- 2. theoretisch	Q	Quer-
Y	in Sternschaltung	tot	total, gesamt	R	1. Rückwärts- (reward) 2. Wirkwiderstand 3. rechts, 4. Regel- 5. Rot, 6. Reibung
Kleinbuchstaben		u	1. Spannungs- 2. unten 3. Umfang	S	1. Source, 2. Schleifen- 3. Sattel-, 4. Schalt- 5. Schleusen- 6. Sektor
a	1. Abschalten 2. Ausgang, 3. außen 4. Ableit-, 5. Anker	v	1. Vor-, 2. Verlust 3. Vergleich 4. Verdampfungs-	T	1. Transformator- 2. Träger 3. Spur (track)
ab, out, 2	abgegeben	w	1. Wirk-, wirksam 2. Führungsgröße 3. Wellen-	U	Umgebung
auf, in, 1	aufgenommen	x	1. unbekannte Größe 2. in x-Richtung	Ü	Übermaß
b	1. Betrieb, 2. Bit-, 3. Blindgröße, 4. Biege-	y	1. Stellgröße 2. in y-Richtung	V	1. Spannungsmesser 2. Verstärkungs- 3. Video- 4. Vertikal-
c	1. Grenz- (cut-off) 2. Form (crest), 3. Schnitt-	z	1. Zwischen-, 2. Zentripetal- 3. Zahn	W	Welle
d	1. Gleichstrom betreffend 2. Dauer-, 3. Digit-, 4. Dämpfung	zu, in, 1	zugeführt	X	am X-Eingang
e	1. Eingang, 2. Empfang 3. Über-	zul	zulässig	Y	1. am Y-Eingang 2. Luminanz-
eff	Effektivwert	Großbuchstaben		Z	1. Zener-, 2. Zeile 3. zulässig, 4. Zünd-
f	1. Frequenz, 2. Fuß- 3. Vorschub	A	1. Strommesser 2. Abstimm-, 3. Anode 4. Anzug, Anlauf 5. Anlagenerdung 6. Abtast-	Griechische Kleinbuchstaben	
ges	Gesamt-	B	1. Basis 2. Betriebserdung (Netz) 3. Festigkeit 4. Bohrung	α	in Richtung des Winkels α
h	hoch, oben	C	1. Kollektor, 2. kapazitiv 3. Takt, 4. koerzitiv	σ	Streuung
i	1. innen, 2. induziert 3. Strom-, 4. ideell, 5. Ist-, 6. Impuls	D	1. Drain, 2. Daten	φ	Phasenverschiebung betreffend
j	Sperrschicht (von junction)				
k	1. Kurzschluss- 2. kinetisch, 3. Knick-				
l	links				
m	1. magnetisch 2. Messwerk 3. gemessen				
max	maximal, höchstens				

Die Indizes können kombiniert werden, z.B. bei U_{CE} für Kollektor-Emitter-Spannung. Indizes, die aus mehreren Buchstaben bestehen, können bis auf den Anfangsbuchstaben gekürzt werden, wenn keine Missverständnisse zu befürchten sind. Zur Kennzeichnung von Werkstoffen können die Symbole für das Material verwendet werden, z.B. P_{Cu} für Kupferverlustleistung.

vgl. DIN EN 60027-2

Größe	Formelzeichen bisher	internationales Formelzeichen		Einheit, Einheitenzeichen
		Vorzugszeichen	Ausweichzeichen	
Leistungen und verwandte Größen				
Bemessungsleistung	P_N	P_{rat}	P_N	Watt, W
Bemessungscheinleistung	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, siehe unten	$\cos \varphi$	λ (Lamda)		
Wirkfaktor, siehe unten	–	$\cos \varphi$		eins (keine Einheit)
Drehmomente, Kraftmomente				
Drehmoment, Kraftmoment	M	T (von Torsion)	M	Newtonmeter, Nm
Nennmoment	M_n	T_{nom}	keines	
Bemessungsmoment	M_N	T_{rat}	M_{rat} oder M_t	
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	
Stromstärken und verwandte Größen				
Bemessungsstrom	I_N	I_{rat}	I_N	Ampere, A
Nennstrom	I_n	I_n oder I_{nom}	–	
Dauerkurzschlussstrom	I_{kd}	I_k	I_{SC}	
Stoßkurzschlussstrom	I_s	\hat{I}_k	\hat{I}_s	
Stoßkurzschlusswechselstrom	i_s	I_{k0}	I_{SCO}	
transienter Strom (kurzzeitiger Strom)	i	I'_k	I'_{SC}	
subtransienter Strom (sehr kurzzeitiger Strom)	\dot{i}_s	I''_k	I''_{SC}	
Strombelag	I'	A	keines	Ampere je Meter, A/m
Spannungen und verwandte Größen				
Bemessungsspannung	U_N	U_{rat}	U_N	Volt, V
Nennspannung	U_n	U_n oder U_{nom}	keines	
induzierte Spannung	U_i	U_g		
Leerlaufspannung	U_0	U_0		

nom von nominal = Nenn-, rat von rated = bewertet, T von torque = Drehmoment.**Leistungsfaktor** = Verhältnis Wirkleistung P zu Scheinleistung S (mit Oberschwingungen),**Wirkfaktor** = Verhältnis P zu S (der Grundschwingung, ohne Oberschwingungen)

Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einheit)	Einheitenzeichen, Einheiten-gleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einheit)	Einheitenzeichen, Einheiten-gleichung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel			Elektrizität		
Länge <i>l</i>	Meter (Seemeile) (Meile) (Zoll, Inch)	m 1 sm = 1852 m 1 m = 1609,34 m 1" = 25,4mm	el. Ladung <i>Q</i> , el. Fluss Ψ	Coulomb	1 C = 1 A · s = 1 As
Fläche <i>A</i>	Quadratmeter	m ²	Flächenladungs-dichte σ , el. Flussdichte <i>D</i>	Coulomb je Quadratmeter	C/m ²
Volumen <i>V</i>	Kubikmeter (Liter)	m ³ = 1000 L (l) 1 L = 1 dm ³	Raumladungs-dichte ρ	Coulomb je Kubikmeter	C/m ³
Winkel (ebener)	Radian, RAD (Grad, DEG)	rad 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad	el. Spannung <i>U</i> , el. Potenzial φ , <i>V</i>	Volt	1 V = 1 J/C
Raumwinkel Ω	Steradian	sr	el. Feldstärke <i>E</i>	Volt je Meter	1 V/m = 1 N/C
Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ruck			el. Kapazität <i>C</i>	Farad	1 F = 1As/V = 1 C/V
Zeit <i>t</i>	Sekunde (Minute) (Stunde) (Tag)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h	el. Strombelag <i>A</i>	Ampere je Meter	A/m
Frequenz <i>f</i>	Hertz	1 Hz = 1/s = 1 c/s	Permittivität, Dielektrizitäts-konstante ϵ	Farad je Meter	1 F/m = 1 C/(Vm)
Drehzahl, Umdrehungs-frequenz <i>n</i>	je Sekunde (je Minute)	1/s = 60/min (1/min)	el. Stromstärke <i>I</i>	Ampere	1 A = 1 C/s
Kreisfrequenz ω	je Sekunde	1/s	el. Stromdichte <i>J</i>	–	A/m ²
Geschwindigkeit <i>v</i>	Meter je Sekunde	m/s 1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s	el. Widerstand, Wirkwiderstand <i>R</i> , Blindwiderstand <i>X</i> , Scheinwiderst. <i>Z</i>	Ohm	1 Ω = 1 V/A
Winkel-geschwindigkeit ω	Radian je Sekunde	rad/s	el. Wirkleitwert <i>G</i> , Blindleitwert <i>B</i> , Scheinleitwert <i>Y</i>	Siemens	1 S = $\frac{1}{\Omega}$
Beschleunigung <i>a</i>	–	m/s ²	spezifischer elektr. Widerstand <i>ρ</i>	Ohmmeter	1 Ω m = 100 Ω cm 1 Ω mm ² /m = 1 $\mu\Omega$ m
Ruck <i>j</i>	–	m/s ³	elektrische Leitfähigkeit γ	S/m	1 Sm/mm ² = 1 MS/m
Mechanik			Leistung <i>P</i>	Watt	1 W = 1 V · 1 A
Masse <i>m</i>	Kilogramm (Karat) (Tonne) (Unze)	kg 1 Kt = 0,2 g 1 t = 1000 kg 1 oz = 28,35 g	Blindleistung <i>Q</i>	var	1 var = 1 V · 1 A
Dichte ρ	–	kg/m ³ , kg/dm ³	Scheinleistung <i>S</i>	VA	1 VA = 1 V · 1 A
Widerstands-moment <i>W</i>	–	m ³ , cm ³	Induktivität <i>L</i>	Henry	1 H = 1 Vs/A
Trägheits-moment <i>J</i>	–	kg · m ²	Arbeit <i>W</i> , Energie <i>E</i> , <i>W</i>	Joule (Wattstunde) (Elektronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 1,602 · 10 ⁻¹⁹ J
Kraft <i>F</i>	Newton	1 N = 1 kg · m/s ²	Magnetismus		
Kraftmoment, Drehmoment <i>M</i>	–	Nm	magn. Durchflut-ung θ , magn. Spannung U_m	Ampere	A
Impuls <i>p</i>	Newtonsek.	1 Ns = 1 kg · m/s	magn. Feldstärke <i>H</i>	Ampere je Meter	A/m
Druck <i>p</i>	Pascal (Bar)	1 Pa 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm ²	Magnetisierung	Weber	1 Wb = 1 T · 1 m ²
Flächenpressung ρ	–	N/mm ²	magn. Fluss Φ	Tesla	1 T = 1 Wb/m ² = 1 Vs/m ²
Festigkeit R_p, R_e	–	N/mm ²	mg. Flussdichte <i>B</i> , mg. Polarisation <i>J</i>	Henry	1 H = 1 Vs/A = Ω s
Elastizitätsmodul <i>E</i>	–	N/mm ²	Induktivität <i>L</i>	Henry je Meter	1 H/m = 1 Vs/(Am)
Arbeit <i>W</i> , Energie <i>E</i> , <i>W</i>	Joule (Elektronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	Permeabilität μ	–	1/H
Leistung <i>P</i>	Watt	1 W = 1 J/s = 1 VA = 1 Nm/s	mg. Widerstand R_m	Henry	H
Volumenstrom <i>Q</i>	–	m ³ /s, l/min	magn. Leitwert G_m	–	A · m ²
			elektromagneti-sches Moment <i>m</i>	–	

Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einheit)	Einheiten- zeichen, Einheiten- gleichung	Größe, Formelzeichen	SI-Einheit (sonst. Einheit)	Einheiten- zeichen, Einheiten- gleichung
Elektromagnetische Strahlung (außer Licht)			Kernreaktionen, ionisierende Strahlung		
Strahlungs- energie Q_e	Joule	1 J = 1 Nm = 1Ws	Aktivität einer radioaktiven Substanz A	Becquerel	1 Bq = 1/s
Strahlungs- leistung Φ_e	Watt	1 W = 1 J/s	Energiedosis D	Gray	1 Gy = 1 J/kg
Strahlstärke I	Watt/Steradian	1 W/sr	Energiedosisrate D'	Gray je Sekunde	Gy/s
Strahllichte L	–	W/(sr · m ²)	Äquivalentdosis H	Sievert	1 Sv = 1 J/kg
Bestrahlungs- stärke E	–	W/m ²	Äquivalentdosis- rate H'	Sievert je Sekunde	1 Sv/s = 1J/(kg · s)
Licht, Optik			Ionendosis J	Coulomb je Kilogramm	C/kg
Lichtstärke I_v	Candela	cd	Ionendosisrate J'	Ampere je Kilogramm	1 A/kg = 1 C/(kg · s)
Leuchtdichte L_v	Candela je m ²	cd/m ²	Akustik		
Lichtstrom Φ_v	Lumen	lm	Schalldruck p	Pascal	1 Pa = 1 N/m ²
Lichtausbeute η_v	Lumen je Watt	lm/W	Schalldruckpegel desgl., bewertet L_p	Dezibel	dB dB(A)
Beleuchtungs- stärke E_v	Lux	1 lx = 1 lm/m ²	Lautstärkepegel L_s	Phon	phon \approx dB(A)
Brechwert von Linsen D	– (Dioptrie)	1/m 1 dpt = 1 m ⁻¹	Schallschnelle v	Meter je Sekunde	m/s
Wärme			Schallgeschwin- digkeit c_s (Ausbreitungs- geschwindigkeit)	Meter je Sekunde	m/s
Celsius- Temperatur ϑ	Grad Celsius	°C	Schallfluss q	–	1 m ³ /s = 1 m ² · 1 m/s
thermodynamische Temperatur T	Kelvin	K	Schallintensität I	–	W/m ²
Temperatur- differenz ΔT	Kelvin	K	spezifische Schall- kennimpedanz Z	–	N · s/m ³
Wärme Q , innere Energie U	Joule	1 J = 1Ws	akustische (Feld-) Impedanz Z_F	–	N · s/m ³
Wärmestrom Φ, \dot{Q}	Watt	1 W = 1 J/s	mechanische Impedanz Z_M	–	N · s/m = kg/s
Wärmewiderstand (Bauelemente) R_{th}	Kelvin je Watt	K/W	äquivalente Absorptionsfläche A	Quadratmeter	m ²
Wärmeleitfähigkeit λ	–	W/(K · m)	Sonstige Bereiche		
Wärmeübergangs- koeffizient h	–	W/(K · m ²)	Entfernung in der Astronomie l	(Astronomi- sche Einheit) Parsec	1 AE = 149,6Gm ¹ 1 pc = 30,857 Pm ¹
Wärmekapazität C , Entropie S	Joule je Kelvin	J/K	Licht- geschwindigkeit c_0	km/s	$c_0 \approx 300000$ km/s
spezifische Wärmekapazität c	–	J/(kg · K)	Masse in der Atomphysik m	(Atomare Masseneinheit)	1 u = 1,66 · 10 ⁻²⁷ kg
Chemie, Molekularphysik			längenbezogene Masse textiler Fasern, Garnen Tt	Tex	1 tex = 1 g/km
Stoffmenge n	Mol	mol	Fläche von Grundstücken A	Ar Hektar	1 a = 100 m ² 1 ha = 100 a
Stoffmengen- konzentration c	–	mol/m ³	¹ Vorsätze G, P siehe Seite 21		
stoffmengenbez. Volumen (molares Volumen) V_m	–	m ³ /mol			
Molalität b	–	mol/kg			
molare Masse M	–	kg/mol			
molare Wärme- kapazität c_p, c_v	–	J/(mol · K)			
Diffusions- koeffizient D	–	m ² /s			

Bruchrechnen, Vorzeichen, Klammern

Fractional Arithmetic, Preceding Signs, Parenthetical Expressions

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Bruchrechnung		
Gleichnamige Brüche werden addiert oder subtrahiert, indem man die Zähler addiert oder subtrahiert und die Nenner unverändert lässt.	$\frac{5}{8} + \frac{2}{8} - \frac{1}{8} = \frac{5+2-1}{8}$ $= \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$	$\frac{5}{a} - \frac{3}{a} + \frac{7}{a} = \frac{5-3+7}{a} = \frac{9}{a}$
Bei ungleichnamigen Brüchen muss zuerst der Hauptnenner gebildet werden, um sie addieren bzw. subtrahieren zu können. Der Hauptnenner ist der kleinste gemeinsame Nenner, in dem die Nenner aller Brüche ganzzahlig enthalten sind. Die Brüche werden durch Erweitern auf den Hauptnenner gebracht.	$\frac{1}{2} + \frac{2}{3} - \frac{3}{4}$ <p>Hauptnenner ist $3 \cdot 4 = 12$</p> $= \frac{1 \cdot 6}{2 \cdot 6} + \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 4} - \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 3}$ $= \frac{6}{12} + \frac{8}{12} - \frac{9}{12}$ $= \frac{6+8-9}{12} = \frac{5}{12}$	$\frac{a}{b} + \frac{c}{d}$ <p>Hauptnenner ist $b \cdot d$</p> $= \frac{a \cdot d}{b \cdot d} + \frac{c \cdot b}{b \cdot d}$ $= \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$
Ein Bruch wird mit einem anderen Bruch multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.	$\frac{3}{5} \cdot \frac{2}{7} = \frac{3 \cdot 2}{5 \cdot 7} = \frac{6}{35}$	$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$
Ein Bruch wird durch einen anderen Bruch dividiert, indem man den Dividenden (Bruch im Zähler) mit dem Kehrwert des Divisors (Bruch im Nenner) multipliziert.	$\frac{3}{4} : \frac{3}{5} = \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{3} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 3}$ $= \frac{5}{4} = 1 \frac{1}{4}$	$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$
Vorzeichenregeln		
Haben zwei Faktoren gleiche Vorzeichen, so wird das Produkt positiv .	$2 \cdot 5 = 10$ $(-2) \cdot (-5) = 10$	$a \cdot x = ax$ $(-a) \cdot (-x) = ax$
Haben zwei Faktoren unterschiedliche Vorzeichen, so wird das Produkt negativ .	$3 \cdot (-8) = -24$ $(-3) \cdot 8 = -24$	$a \cdot (-x) = -ax$ $(-a) \cdot x = -ax$
Haben Zähler und Nenner bzw. Dividend und Divisor gleiche Vorzeichen, so ist der Bruch bzw. der Quotient positiv .	$\frac{15}{3} = 15 : 3 = 5$ $\frac{-15}{-3} = (-15) : (-3) = 5$	$\frac{-a}{-b} = \frac{a}{b}$
Haben Zähler und Nenner bzw. Dividend und Divisor unterschiedliche Vorzeichen, so ist der Bruch bzw. der Quotient negativ .	$\frac{15}{-3} = 15 : (-3) = -5$ $\frac{-15}{3} = (-15) : 3 = -5$	$\frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$ $\frac{-a}{b} = -\frac{a}{b}$
Punktrechnungen (\cdot und $:$) müssen vor Strichrechnungen ($+$ und $-$) ausgeführt werden.	$2 + 8 \cdot 4 - 18 \cdot 3$ $= 2 + 32 - 54 = -20$ $4 + 8 : 4 + 20 : 5 - 9 : 3$ $= 4 + 2 + 4 - 3 = 7$	$2a + 3a \cdot 2 - 6a : 3$ $= 2a + 6a - 2a = 6a$
Klammerrechnung		
Klammern, vor denen ein Pluszeichen steht, können weggelassen werden. Die Vorzeichen der Glieder bleiben dann unverändert.	$16 + (9 - 5) = 16 + 9 - 5 = 20$	$a + (b - c) = a + b - c$
Klammern, vor denen ein Minuszeichen steht, können nur aufgelöst (weggelassen) werden, wenn alle Glieder in der Klammer entgegengesetzte Vorzeichen erhalten.	$16 - (9 - 5) = 16 - 9 + 5 = 12$	$a - (b - c) = a - b + c$

Klammerrechnung, Potenzieren

Calculations with Parenthetical Expressions, Exponentiating

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Klammerrechnung		
Ein Klammerausdruck wird mit einem Faktor multipliziert, indem man jedes Glied des Klammerausdrucks mit dem Faktor multipliziert.	$7 \cdot (4 + 5) = 7 \cdot 4 + 7 \cdot 5 = 63$	$a \cdot (b + c) = ab + ac$
Ein Klammerausdruck wird mit einem Klammerausdruck multipliziert, indem man jedes Glied des einen Klammerausdrucks mit jedem Glied des anderen Klammerausdrucks multipliziert.	$(3 + 5) \cdot (10 - 7)$ $= 3 \cdot 10 + 3 \cdot (-7) + 5 \cdot 10 + 5 \cdot (-7)$ $= 30 - 21 + 50 - 35 = 24$	$(a + b) \cdot (c - d)$ $= ac - ad + bc - bd$
Das Quadrieren von Summen bzw. Differenzen wird durch Anwendung der Binomischen Formeln vereinfacht. Gleiches gilt für die Multiplikation von $(a + b) \cdot (a - b)$.	$(4 + 5)^2 = 4^2 + 4 \cdot 5 + 4 \cdot 5 + 5^2$ $= 16 + 20 + 20 + 25 = 81$ $(7 - 2)^2 = 7^2 - 7 \cdot 2 - 7 \cdot 2 + 2^2$ $= 49 - 14 - 14 + 4 = 25$ $(4 + 3) \cdot (4 - 3) = 4^2 - 4 \cdot 3 + 4 \cdot 3 - 3^2$ $= 16 - 9 = 7$	$(a + b)^2 = a^2 + ab + ab + b^2$ $= a^2 + 2ab + b^2$ $(a - b)^2 = a^2 - ab - ab + b^2$ $= a^2 - 2ab + b^2$ $(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - ab + ab - b^2$ $= a^2 - b^2$
Ein Klammerausdruck wird durch einen Wert dividiert, indem man jedes Glied im Klammerausdruck durch diesen Wert dividiert.	$(16 - 4) : 4 = 16 : 4 - 4 : 4$ $= 4 - 1 = 3$	$(a + b) : c = a : c + b : c$ $\frac{a - b}{b} = \frac{a}{b} - 1$
Ein Bruchstrich fasst Ausdrücke in gleicher Weise zusammen wie eine Klammer.	$\frac{3 + 4}{2} = (3 + 4) : 2$	$\frac{a + b}{2} \cdot c = (a + b) \cdot \frac{c}{2}$
Bei gemischten Punkt- und Strichrechnungen mit Klammerausdrücken müssen zuerst die Klammern aufgelöst und danach die Punktrechnungen und dann die Strichrechnungen ausgeführt werden.	$8 \cdot (3 - 2) + 4 \cdot (16 - 5)$ $= 8 \cdot 1 + 4 \cdot 11 = 8 + 44 = 52$	$a \cdot (3x - 5y) - b \cdot (12y - 2y)$ $= a \cdot (-2x) - b \cdot 10y$ $= -2ax - 10by$
Potenzieren		
Potenzen mit gleicher Basis werden multipliziert, indem man die Exponenten addiert und die Basis beibehält.	$3^2 \cdot 3^3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 3^5$ oder $3^2 \cdot 3^3 = 3^{(2+3)} = 3^5$	$a^4 \cdot a^2 = a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^6$ oder $a^4 \cdot a^2 = a^{(4+2)} = a^6$
Potenzen mit gleicher Basis werden dividiert, indem man ihre Exponenten subtrahiert und die Basis beibehält.	$\frac{4^3}{4^2} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{4 \cdot 4} = 4$ oder $4^3 : 4^2 = 4^{(3-2)} = 4^1 = 4$	$\frac{a^2}{a^3} = \frac{a \cdot a}{a \cdot a \cdot a} = \frac{1}{a} = a^{-1}$ oder $a^2 : a^3 = a^{(2-3)} = a^{-1} = \frac{1}{a}$
Werden Potenzen mit einem Faktor multipliziert, so muss zuerst der Potenzwert berechnet werden. Potenzrechnung geht vor Punktrechnung.	$6 \cdot 10^3 = 6 \cdot 1000 = 6000$ $7 \cdot 10^{-2} = 7 \cdot \frac{1}{100} = 0,07$	$a \cdot 10^2 = a \cdot 100 = 100a$ $b \cdot 10^{-1} = b \cdot \frac{1}{10} = \frac{b}{10} = 0,1b$
Jede Potenz mit dem Exponenten Null hat den Wert 1.	$\frac{10^4}{10^4} = 10^{(4-4)} = 10^0 = 1$ $3^0 = 1$	$a^0 = 1$ $(a + b)^0 = 1$

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Radizieren		
Ist der Radikand ein Produkt bzw. Quotient, so kann die Wurzel entweder aus dem Produkt bzw. Quotient oder aus jedem einzelnen Faktor gezogen werden.	$\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{144} = 12$ oder $\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{9} \cdot \sqrt{16} = 3 \cdot 4 = 12$	${}^n\sqrt{a \cdot b} = {}^n\sqrt{a} \cdot {}^n\sqrt{b}$
Ist der Radikand eine Summe oder eine Differenz, so kann nur aus dem Ergebnis die Wurzel gezogen werden.	$\sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5$ $\sqrt{5^2 - 4^2} = \sqrt{25 - 16} = \sqrt{9} = 3$	${}^n\sqrt{a - b} = {}^n\sqrt{(a - b)}$
Eine Wurzel kann auch als Potenz geschrieben werden.	$\sqrt[3]{27} = 27^{\frac{1}{3}} = 3^3 \cdot \frac{1}{3} = 3^{\frac{3}{3}} = 3^1 = 3$	${}^n\sqrt{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$
Wurzeln mit gleicher Basis und gleichem Wurzelexponenten können addiert oder subtrahiert werden.	$3 \cdot \sqrt[3]{64} + 4 \cdot \sqrt[3]{64}$ $= 7 \cdot \sqrt[3]{64} = 7 \cdot 4 = 28$ $4 \cdot \sqrt{36} - 2 \cdot \sqrt{36}$ $= 2 \cdot \sqrt{36} = 2 \cdot 6 = 12$	$a \cdot {}^n\sqrt{y} + b \cdot {}^n\sqrt{y} = (a + b) \cdot {}^n\sqrt{y}$ $a \cdot {}^n\sqrt{x} - b \cdot {}^n\sqrt{x} = (a - b) \cdot {}^n\sqrt{x}$
Wurzeln mit gleichem Wurzelexponenten werden multipliziert oder dividiert, indem man das Produkt bzw. den Quotienten der Radikanden radiziert.	$\sqrt{4} \cdot \sqrt{49} = \sqrt{4 \cdot 49} = \sqrt{196} = 14$ $\sqrt{36} : \sqrt{4} = \sqrt{\frac{36}{4}} = \sqrt{9} = 3$	${}^n\sqrt{x} \cdot {}^n\sqrt{y} = {}^n\sqrt{x \cdot y}$ ${}^m\sqrt{a} : {}^m\sqrt{b} = {}^m\sqrt{\frac{a}{b}}$
Eine Wurzel wird radiziert, indem man den Radikanden mit dem Produkt der Wurzelexponenten radiziert.	$\sqrt{\sqrt[3]{64}} = \sqrt[2 \cdot 3]{64} = \sqrt[6]{64} = 2$	${}^m\sqrt{{}^n\sqrt{a}} = {}^{m \cdot n}\sqrt{a}$
Umformen von Gleichungen		
Durch Addition der gleichen Zahl auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$y - 5 = 9$ $y - 5 + 5 = 9 + 5$ $y = 14$	$y - c = d$ $y - c + c = d + c$ $y = d + c$
Durch Subtraktion der gleichen Zahl auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$x + 7 = 18$ $x + 7 - 7 = 18 - 7$ $x = 11$	$x + a = b$ $x + a - a = b - a$ $x = b - a$
Durch Division der gleichen Zahl auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$6 \cdot x = 23$ $\frac{6 \cdot x}{6} = \frac{23}{6}$ $x = \frac{23}{6} = 3 \frac{5}{6}$	$a \cdot x = b$ $\frac{a \cdot x}{a} = \frac{b}{a}$ $x = \frac{b}{a}$
Durch Multiplikation der gleichen Zahl auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$\frac{y}{3} = 7$ $\frac{y \cdot 3}{3} = 7 \cdot 3$ $y = 21$	$\frac{y}{c} = d$ $\frac{y \cdot c}{c} = d \cdot c$ $y = d \cdot c$
Durch Potenzieren auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$\sqrt{x} = 4$ $(\sqrt{x})^2 = 4^2$ $x = 16$	${}^n\sqrt{x} = a + b$ $({}^n\sqrt{x})^n = (a + b)^n$ $x = (a + b)^n$
Durch Radizieren auf beiden Seiten steht die gesuchte Zahl allein auf der rechten Seite.	$x^2 = 36$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{36}$ $x = \pm 6$	$x^n = a + b$ ${}^n\sqrt{x^n} = {}^n\sqrt{a + b}$ $x = \pm {}^n\sqrt{a + b}$ für n gerade $x = {}^n\sqrt{a + b}$ für n ungerade

Mit einer Unbekannten

Lineare Gleichung:

$$ax + b = 0$$

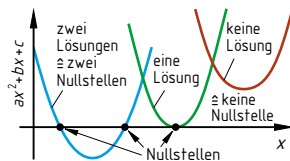
$$\Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad 1$$

Quadratische Gleichung

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

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

für $b^2 \geq 4ac$



Mit zwei Unbekannten

Lineares Gleichungssystem (LGS) 2. Grades:

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

Gleichsetzungsmethode

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

Beispiel

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

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

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

Additions-, Subtraktionsmethode

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

Beispiel

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

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

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

Setzt man $y = 3$ in eine der Gleichungen ein, erhält man z. B. $-3x + 2 \cdot 3 = 3 \Rightarrow x = 1$.

Fortsetzung

Determinantenverfahren für lineares Gleichungssystem 2. Grades

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

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

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:

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

y berechnen:

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

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

Beispiel

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

Determinante berechnen:

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

x -Determinante berechnen:

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

y -Determinante berechnen:

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

x berechnen:

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

y berechnen:

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

Alle drei Verfahren führen zu gleichen Ergebnissen.

Mit drei Unbekannten

Determinantenverfahren für lineares Gleichungssystem 3. Grades

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

Determinante erstellen:

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

Determinante berechnen: \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 b_3 - (c_1 b_2 a_3 + a_1 c_2 b_3 + b_1 a_2 c_3)$$

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:

$$\begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = d_1 b_2 c_3 + b_1 c_2 d_3 + c_1 d_2 b_3 - (c_1 b_2 d_3 + d_1 c_2 b_3 + b_1 d_2 c_3)$$

y -Determinante berechnen: \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen:

$$\begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 d_2 c_3 + d_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 d_3 - (c_1 d_2 a_3 + a_1 c_2 d_3 + d_1 a_2 c_3)$$

z -Determinante berechnen: \rightarrow Hauptdiagonalen minus Nebendiagonalen:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 d_3 + b_1 d_2 a_3 + d_1 a_2 b_3 - (d_1 b_2 a_3 + a_1 d_2 b_3 + b_1 a_2 d_3)$$

x, y, z berechnen für $D \neq 0$:

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

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

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



Zahlensysteme

Begriffe	Erklärung	Beispiele
Basis B Anzahl der Ziffern B Ziffer 0, Ziffer $(B - 1)$ Stellenwert einer Ziffer 1. Stelle links vom Komma n -te Stelle links vom Komma 1. Stelle rechts vom Komma n -te Stelle rechts vom Komma Potenzwert Übertrag 1 in nächsthöhere Stelle Bezeichnung	Grundlage des Zahlensystems Anzahl der Ziffern = Basiswert kleinste Ziffer, größte Ziffer Potenz der Basis Stellenwert B^0 Stellenwert B^{n-1} Stellenwert B^{-1} Stellenwert B^{-n} Produkt aus Stellenwert mal Ziffer Erfolgt, wenn die größte Ziffer um 1 überschritten wird. Z_B Zahl Z , B Basis als Index	$B = 10$ im Dezimalsystem 10 Ziffern im Dezimalsystem 0 bzw. 9 im Dezimalsystem Potenz von 10 im Dezimalsystem 8^0 im Oktalsystem 16^{n-1} im Hexadezimalsystem 2^{-1} im Dualsystem 10^{-n} im Dezimalsystem $27 = 2 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$ im Dez.-System 9 + 1 = 10 im Dezimalsystem, Übertrag bei 9 + 1. 13 ₁₀ Zahl 13 im Dezimalsystem

Umformen von Gleichungen

Regeln	Verfahren	Beispiele
Addition $0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1$ $1 + 1 = 10$	Dualzahlen werden stellenweise ausgerichtet untereinander geschrieben. Die Addition erfolgt stellenweise von rechts. Bei 1 + 1 tritt ein Übertrag von 1 in die nächsthöhere Stelle auf.	$\begin{array}{r} 110010 \\ + 10011 \\ \hline 1000101 \end{array}$
Subtraktion $0 - 0 = 0$ $1 - 0 = 1$ $1 - 1 = 0$ $10 - 1 = 1$	Dualzahlen werden stellenweise ausgerichtet untereinander geschrieben und von rechts stellenweise subtrahiert. Bei 0-1 wird von der nächsthöheren Stelle eine 1 entlehnt.	$\begin{array}{r} 11101 \\ - 1011 \\ \hline 10010 \end{array}$
Subtraktion durch Komplementation <i>Verfahren ohne Vorzeichenstelle</i> (Beispiel 1, 2) Subtrahend 10010 1er-Komplement 01101 $+ 1$ 2er-Komplement 01110 <i>Verfahren mit Vorzeichenstelle</i> (Beispiel 3) Vorzeichenstelle 0 \Rightarrow positive Zahl Vorzeichenstelle 1 \Rightarrow negative Zahl 1er-Komplement des Subtrahenden addieren. Übertrag in Vorzeichenstelle $\Rightarrow + 1$ zur letzten Stelle. Kein Übertrag \Rightarrow Ergebnis invertieren.	Vom Subtrahenden wird durch Invertierung das 1er-Komplement gebildet. Daraus wird durch Addition von 1 das 2er-Komplement gebildet und zum Minuenden addiert. Erfolgt ein Übertrag in der höchsten Stelle, so wird dieser gestrichen. Erfolgt kein Übertrag in der höchsten Stelle, so ist das Ergebnis negativ. Den Zahlenwert erhält man durch Bildung des 2er-Komplements.	Beispiel 1: $10110 - 101$ Subtrahend 00101 1er-Komplement 11010 2er-Komplement 11011 $\begin{array}{r} 10110 \text{ (Minuend)} \\ + 11011 \text{ (2er-Komplement)} \\ \hline 111 \end{array}$ $\begin{array}{r} 110001 \triangleq 10001 \end{array}$ Beispiel 2: $1101 - 110$ $\begin{array}{r} 01101 \\ + 11001 \\ \hline 100110 \\ \hline 0111 \end{array}$ Beispiel 3: $111 - 1011$ $\begin{array}{r} 00111 \\ + 10100 \\ \hline 111011 = -100 \end{array}$
Multiplikation und Division $1 \cdot 1 = 1$ $0 : 1 = 0$ $1 \cdot 0 = 0$ $1 : 1 = 1$ $0 \cdot 0 = 0$	Die Multiplikation erfolgt wie bei Dezimalzahlen durch stellenverschobene Addition der Teilprodukte. Entsprechend erfolgt die Division.	$\begin{array}{r} 101 \cdot 110 \\ \hline 101 \\ 101 \\ \hline 11110 \end{array}$