



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Roland Gomeringer
Roland Kilgus
Volker Menges

Stefan Oesterle
Thomas Rapp
Claudius Scholer

Andreas Stenzel
Andreas Stephan
Falko Wieneke

Tabellenbuch Metall

49., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Europa-Nr.: 10609 mit Formelsammlung

Europa-Nr.: 1060X ohne Formelsammlung

Europa-Nr.: 10706 XL, mit Formelsammlung und keycard

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

Autoren:

Roland Gomeringer	Meistetten
Roland Kilgus	Neckartenzlingen
Volker Menges	Lichtenstein
Stefan Oesterle	Amtzell
Thomas Rapp	Albstadt
Claudius Scholer	Metzingen
Andreas Stenzel	Balingen
Andreas Stephan	Marktoberdorf
Falko Wieneke	Essen

Lektorat:

Roland Gomeringer, Meistetten

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Maßgebend für die Anwendung der Normen und der anderen Regelwerke sind deren neueste Ausgaben. Verbindlich für die Anwendung sind nur die Original-Normblätter. Sie können durch die Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Inhalte des Kapitels „Programmaufbau bei CNC-Maschinen nach PAL“ (Seiten 366 bis 380) richten sich nach Veröffentlichungen der PAL-Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle der IHK Region Stuttgart. Das vorliegende Tabellenbuch wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen die Autoren und der Verlag für die Richtigkeit der Angaben sowie für eventuelle Satz- oder Druckfehler keine Haftung.

49. Auflage 2022, korrigierter Nachdruck 2022

Druck 6 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-7585-1142-4 mit Formelsammlung
ISBN 978-3-7585-1143-1 ohne Formelsammlung
ISBN 978-3-7585-1144-8 XL, mit Formelsammlung und Keycard

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschtzt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Flle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfoto: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Zielgruppen des Tabellenbuches

- Metallberufe aus Handwerk und Industrie
- Technische Produktdesigner
- Meister- und Technikerausbildung
- Praktiker in Handwerk und Industrie
- Studenten des Maschinenbaues

Inhalt

Der Inhalt des Buches ist in sieben Hauptkapitel gegliedert, die in der rechten Spalte benannt sind. Er ist auf die Bildungspläne der Zielgruppen abgestimmt und der Entwicklung der Technik und der KMK-Lehrpläne angepasst.

Die **Tabellen** enthalten die wichtigsten Regeln, Bauarten, Sorten, Abmessungen und Richtwerte der jeweiligen Sachgebiete.

Bei den **Formeln** wird in der Legende auf die Nennung von Einheiten verzichtet. In den oft parallel zum Buch verwendeten „**Formeln für Metallberufe**“ sind dagegen die Einheiten angegeben, um vor allem Berufsanfängern beim Berechnen eine Hilfestellung zu geben. Dies gilt auch für die „**Formelsammlung Metall plus+**“, die in kompakter Form neben einfachen Grundlagen auch weitergehende Inhalte bietet.

Mit der online & offline nutzbaren Ausgabe in der EUROPATHEK liegt das Tabellenbuch Metall in digitaler Form vor. Die neue Version ist geräte- und betriebssystemübergreifend in verschiedenen Varianten erhältlich. Berechnungsmöglichkeiten, Such- und Notizfunktionen sind integriert. Formeln und Einheiten können gewählt und umgestellt werden. Weitere Informationen zu den digitalen Angeboten unter www.europa-lehrmittel.de/tm49.

Das **Sachwortverzeichnis** am Schluss des Buches enthält neben den deutschen auch die englischen Bezeichnungen.

Im **Normenverzeichnis** sind alle im Buch zitierten aktuellen Normen und Regelwerke aufgeführt.

Änderungen und Erweiterungen in der 49. Auflage

- Normänderungen bis November 2021.
- Neustrukturierung des Kapitels „Technische Kommunikation“ mit wichtigen inhaltlichen Änderungen und Ergänzungen durch neue Normen zur Produktdokumentation (TPD) und der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) zur Darstellung in technischen Zeichnungen.
- Aufnahme der Tolerierung von Kunststoff-Formteilen.
- Aufnahme von Verfahren zur Additiven Fertigung mit den Werkstoffen zum Lasersintern.
- Aufnahme neuer CNC-Zyklen bei PAL.
- Neue Kennzeichnungen in Schaltplänen.
- Ergänzungen im Bereich GRAFCET.
- Aufnahme von Hydraulikpumpen mit Berechnungsformeln.

Autoren und Verlag sind allen Nutzern des Tabellenbuches für Hinweise und Verbesserungsvorschläge an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

1 Technische Mathematik	9 ... 28	M
--------------------------------	----------	----------

2 Technische Physik	29 ... 56	P
----------------------------	-----------	----------

3 Technische Kommunikation	57 ... 124	K
-----------------------------------	------------	----------

4 Werkstofftechnik	125 ... 214	W
---------------------------	-------------	----------

5 Maschinenelemente	215 ... 286	M
----------------------------	-------------	----------

6 Fertigungstechnik	287 ... 432	F
----------------------------	-------------	----------

7 Automatisierungstechnik	433 ... 476	A
----------------------------------	-------------	----------

Inhaltsverzeichnis

1 Technische Mathematik (M)

9

1.1 Einheiten im Messwesen	
SI-Basisgrößen und Einheiten	10
Abgeleitete Größen und Einheiten	10
Einheiten außerhalb des SI	12
1.2 Formeln	
Formelzeichen, mathem. Zeichen	13
Formeln, Gleichungen, Diagramme	14
Umstellen von Formeln	15
Größen und Einheiten	16
Rechnen mit Größen	17
Prozent- und Zinsrechnung	17
1.3 Winkel und Dreiecke	
Winkelarten, Satz des Pythagoras	18
Funktionen im Dreieck	19
1.4 Längen	
Teilung von Längen	20
Gestreckte Längen	21
Rohlängen	21

1.5 Flächen	
Eckige Flächen	22
Dreieck, Vielecke, Kreis	23
Kreisausschnitt, -abschnitt, -ring	24
Ellipse	24
1.6 Volumen und Oberfläche	
Würfel, Zylinder, Pyramide	25
Kegel, Kegelstumpf, Kugel	26
Zusammengesetzte Körper	27
1.7 Masse	
Allgemeine Berechnung	27
Längenbezogene Masse	27
Flächenbezogene Masse	27
1.8 Schwerpunkte	
Linienschwerpunkte	28
Flächenschwerpunkte	28

2 Technische Physik (P)

29

2.1 Bewegungen	
Konstante Bewegungen	30
Beschleunigte Bewegungen	30
Geschwindigkeiten an Maschinen	31
2.2 Kräfte	
Zusammensetzen und Zerlegen	32
Kräftearten	34
Drehmoment	35
2.3 Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	
Mechanische Arbeit	35
Einfache Maschinen	36
Energie	36
Leistung und Wirkungsgrad	37
2.4 Reibung	
Reibungskraft, Reibungszahlen	38
Rollreibungszahlen	38
2.5 Druck in Flüssigkeiten und Gasen	
Druck	39
Auftrieb	39
Hydraulische Kraftübersetzung	39
Druckübersetzung	40
Durchflussgeschwindigkeit	40
Zustandsänderung bei Gasen	40

2.6 Festigkeitslehre	
Belastungsfälle, Grenzspannungen	41
Statische Festigkeit	42
Elastizitätsmodul	42
Zug, Druck, Flächenpressung	43
Abscherung, Torsion, Biegung	44
Biegebelastung auf Bauteile	45
Widerstandsmomente	46
Knickung, Zus. Beanspruchung	47
Dynamische Festigkeit	48
Gestaltfestigkeit	49
2.7 Wärmetechnik	
Temperaturen, Längenänderung	51
Schwindung	51
Wärmemenge	51
Heizwerte	52
2.8 Elektrotechnik	
Größen und Einheiten	53
Ohmsches Gesetz	53
Leiterwiderstand	53
Stromdichte	54
Schaltung von Widerständen	54
Stromarten	55
Elektrische Arbeit und Leistung	56
Transformator	56

3 Technische Kommunikation (K)

57

3.1 Geometrische Grundkonstruktionen	
Kartesisches Koordinatensystem	58
Polarkoordinatensystem	59
Flächendiagramme	59
Strecken, Lote, Winkel	60
Tangenten, Kreisbögen	61
Inkreis, Ellipse, Spirale	62
Zykloide, Evolvente, Hyperbel	63
3.2 Zeichnungselemente	
Schriftzeichen	64
Normzahlen, Radien, Maßstäbe	65
Zeichenblätter	66
Stücklisten, Positionsnummern	67
Linienarten	68
3.3 Darstellung	
Projektionsmethoden	70
Ansichten	72
Schnittdarstellung	74
Schraffuren	76
3.4 Maßeintragung	
Maßlinien, Maßzahlen	77
Bemaßungsregeln	78
Zeichnungsvereinfachung	83
3.5 GPS – Dimensionelle Tolerierung	
ISO-GPS-System	85
Dimensionelle Tolerierung	86
ISO-Passungen	88
Passungsempfehlungen, -auswahl	96
Allgemeintoleranzen	97
Wälzlagerpassungen	97
Spezifikationsmodifikatoren	98
Hüllbedingung, Maximal-Minimal-Bedingung	99
3.6 GPS – Geometrische Tolerierung	
Aufbau der Toleranzangaben	100
Toleranzindikatoren	101
Zusätzliche Symbole, Modifikatoren	102
Angaben in Zeichnungen	103
3.7 GPS – Oberflächenangaben	
Rauheitskenngrößen	106
Oberflächenangaben	107
Härteangaben	110
3.8 Werkstückelemente	
Butzen, Werkstückkanten	111
Zentrierbohrungen, Rändel	112
Freistiche	113
Gewindeausläufe, Gewindefreistiche	114
3.9 Maschinenelemente	
Gewinde, Schraubenverbindungen	115
Zahnräder	116
Wälzlager	118
Dichtungen	119
Sicherungsringe, Federn, Keilwellen	120
3.10 Schweißen und Löten	
Symbole	121
Bemaßungsbeispiele	123

4 Werkstofftechnik (W)

125

4.1 Stoffe	
Stoffwerte	126
Periodisches System der Elemente	128
Chemikalien der Metalltechnik	129
4.2 Bezeichnungssystem der Stähle	
Definition und Einteilung	130
Normung von Stahlprodukten	131
Werkstoffnummern	132
Bezeichnungssystem	133
4.3 Stahlsorten	
Erzeugnisse aus Stahl, Übersicht	137
Stähle, Übersicht	138
Baustähle	140
Einsatzstähle	143
Vergütungsstähle	144
Werkzeugstähle	146
Nichtrostende Stähle	147
Federstähle	149
Stähle für Blankstahlerzeugnisse	150
4.4 Stahl-Fertigerzeugnisse	
Bleche, Bänder, Rohre	152
Profile	156
Längen- u. flächenbezogene Masse	165
4.5 Wärmebehandlung	
Kristallgitter, Legierungssysteme	166
Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	167
Wärmebehandlung der Stähle	168
4.6 Gusseisen-Werkstoffe	
Bezeichnung, Werkstoffnummern	173
Gusseisenwerkstoffe	174
4.7 Gießereitechnik	
Bezeichnung	177
4.8 Leichtmetalle	
Übersicht Al-Legierungen	179
Aluminium-Knetlegierungen	181
Aluminium-Gusslegierungen	183
Aluminium-Profile	184
Magnesium- u. Titanlegierungen	187
4.9 Schwermetalle	
Bezeichnungssystem	189
Kupfer- und Zinklegierungen	190

4.10 Sonstige Werkstoffe	192	4.12 Werkstoffprüfung	
4.11 Kunststoffe		Übersicht	207
Übersicht	194	Zugversuch	209
Duroplaste	197	Kerbschlag-, Umlaufbiegeversuch ...	210
Thermoplaste	198	Härteprüfung	211
Elastomere, Schaumstoffe	201	4.13 Korrosion, Korrosionsschutz	214
Kunststoffverarbeitung	202		
Polyblends, Schichtpressstoffe	203		
Kunststoffprüfung	206		

5 Maschinenelemente (M)

215

5.1 Gewinde		5.5 Scheiben	
Gewindearten, Übersicht	216	Bauarten, Übersicht	249
Ausländische Gewinde-Normen	217	Flache Scheiben	249
Metrisches ISO-Gewinde	218	Sonstige Scheiben	251
Sonstige Gewinde	219	5.6 Stifte und Bolzen	
Gewindetoleranzen	221	Bauarten, Übersicht	252
5.2 Schrauben		Zylinderstifte, Spannstifte	253
Schraubenarten, Übersicht	222	Kerbstifte, Bolzen	254
Bezeichnung	223	5.7 Welle-Nabe-Verbindungen	
Festigkeit	224	Verbindung, Übersicht	255
Sechskantschrauben	225	Keile	256
Zylinderschrauben	228	Passfedern, Scheibenfedern	257
Sonstige Schrauben	229	Werkzeugkegel	258
Berechnung von Schrauben	234	5.8 Sonstige Maschinenelemente	
Schraubensicherungen, Übersicht ...	238	Federn	259
Schraubenantriebe	239	Gewindestifte, Druckstücke, Kugelhöpfe	262
5.3 Senkungen		Griffe, Aufnahmen	263
Senkungen für Senkschrauben	240	Schnellspan-Bohrvorrichtung	265
Senkungen für Zylinderschrauben ...	241	5.9 Antriebs Elemente	
5.4 Muttern		Riemen	267
Mutternarten, Übersicht	242	Stirnräder, Maße	270
Bezeichnung	243	Kegel- u. Schneckenräder, Maße ...	272
Festigkeit	244	Übersetzungen	273
Sechskantmutter	245	5.10 Lager	
Sonstige Muttern	247	Gleitlager	274
		Wälzlager	276
		Schmieröle und Schmierfette	285

6 Fertigungstechnik (F)

287

6.1 Messtechnik		6.5 Produktionsorganisation	
Prüfmittel	288	Erzeugnisgliederung	303
Messergebnis	289	Arbeitsplanung	304
6.2 Qualitätsmanagement		Kalkulation	308
Normen, Begriffe	290	6.6 Instandhaltung	
Qualitätsplanung, Qualitätsprüfung ..	292	Wartung, Instandsetzung	311
Statistische Auswertung	293	Instandhaltungskonzepte	312
Qualitätsfähigkeit	295		
Statistische Prozesslenkung	296		
6.3 Maschinenrichtlinie	299		
6.4 Industrie 4.0			
Y-Modell, Begriffe	301		

6.7 Spanende Fertigung		6.10 Umformen	
Zeitspannungsvolumen	314	Biegen: Werkzeug, Verfahren	388
Kräfte beim Spanen	315	Biegeradien, Zuschnitt	390
Drehzahl- und Drehmomentdiagramm	316	Tiefziehen: Werkzeug, Verfahren	392
Schneidstoffe	318	Zuschnittsdurchmesser, Ziehspalt	394
Wendeschneidplatten	320	6.11 Spritzgießen	
Werkzeug-Aufnahmen	321	Spritzgießwerkzeug	396
Kühlschmierung	322	Schwindung, Kühlung, Dosierung	399
Drehen	324	6.12 Additive Fertigung	
Fräsen	336	Verfahren	401
Bohren, Senken, Reiben	347	Lasersintern, Werkstoffe	402
Schleifen	355	6.13 Fügen	
Honen	360	Schmelzschweißen	403
CNC-Technik, Null- u. Bezugspunkte	361	Schutzgasschweißen	405
Werkzeug-/Bahnkorrekturen	362	Lichtbogenschweißen	407
CNC-Fertigung nach DIN	363	Schweißanweisung	409
CNC-Drehen nach PAL	366	Brennschneiden	410
CNC-Fräsen nach PAL	372	Kennzeichnung von Gasflaschen	412
6.8 Abtragen		Löten	414
Drahterodieren, Senkerodieren	381	Kleben	417
Einflüsse auf das Verfahren	382	6.14 Arbeits- und Umweltschutz	
6.9 Trennen durch Schneiden		Gefahren am Arbeitsplatz	419
Schneidkraft, Pressen	383	Gefahrstoffverordnung	420
Schneidwerkzeug	384	Verbots-, Warn-, Sicherheitszeichen	428
Werkzeug- und Werkstückmaße	386	Kennzeichnung von Rohrleitungen	431
Streifenausnutzung	387	Schall und Lärm	432
7 Automatisierungstechnik (A)		433	
7.1 Pneumatik, Hydraulik		7.4 SPS-Steuerungen	
Schaltzeichen, Wegeventile	434	SPS-Programmiersprachen	459
Proportionalventile	436	Binäre Verknüpfungen	463
Schaltpläne, Kennzeichnungssysteme	437	Ablaufsteuerungen	464
Pneumatische Steuerung	441	7.5 Regelungstechnik	
Pneumatikzylinder	442	Grundbegriffe, Kennbuchstaben	466
Hydraulik-, Pneumatikzylinder, Leistung von Pumpen	443	Bildzeichen	467
Hydraulikpumpen	444	Regler	468
Rohre	446	7.6 Handhabungs-, Robotertechnik	
7.2 Grafset		Koordinatensysteme, Achsen	470
Grundstruktur	447	Aufbau von Robotern	471
Schritte, Transitionen	448	Greifer, Arbeitssicherheit	472
Aktionen	449	7.7 Motoren und Antriebe	
Verzweigung	451	Schutzmaßnahmen, Schutzarten	473
7.3 Elektropneumatik, Elektrohydraulik		Elektromotoren, Berechnungen	475
Schaltzeichen	454	Kennzeichnung von Anschlüssen	476
Stromlaufpläne, Kennzeichnung	455		
Sensoren	457		
Elektropneumatische Steuerung	458		
Normenverzeichnis		477	
Sachwortverzeichnis		482	

Normen und andere Regelwerke

Normung und Normbegriffe

Normung ist eine planmäßig durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und nichtmateriellen Gegenständen, wie z. B. Bauteilen, Berechnungsverfahren, Prozessabläufen und Dienstleistungen, zum Nutzen der Allgemeinheit.

Normbegriff	Beispiel	Erklärung
Norm	DIN 509	Eine Norm ist das veröffentlichte Ergebnis der Normungsarbeit. Beispiel: DIN 509 mit Formen und Maßen von Freisteilen bei Drehteilen und Bohrungen.
Teil	DIN 30910-2	Normen können aus mehreren in Zusammenhang stehenden Teilen bestehen. Die Teilnummern werden mit Bindestrich an die Norm-Nummer angehängt. DIN 30910-2 beschreibt z. B. Sinterwerkstoffe für Filter, während die Teile 3 und 4 Sinterwerkstoffe für Lager und Formteile beschreiben.
Beiblatt	DIN 743 Bbl 1	Ein Beiblatt enthält Informationen zu einer Norm, jedoch keine zusätzlichen Festlegungen. Das Beiblatt DIN 743 Bbl 1 enthält z. B. Anwendungsbeispiele zu den in DIN 743 beschriebenen Tragfähigkeitsberechnungen von Wellen und Achsen.
Entwurf	E DIN EN ISO 129-1 (2019-05)	Normentwürfe werden zur Einsicht und Stellungnahme veröffentlicht. Die Norm DIN EN ISO 129-1 (2020-02) mit Grundlagen der Maß- und Toleranzangabe lag der Öffentlichkeit z. B. seit Mai 2019 als Entwurf vor.
Vornorm	DIN V 45696-1 (2006-02)	Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen Vorbehalten nicht als Norm herausgegeben wird. DIN V 45696-1 enthält z. B. technische Maßnahmen bei der Gestaltung von Maschinen, die Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen übertragen.
Ausgabedatum	DIN 76-1 (2016-08)	Zeitpunkt des Erscheinens, welcher im DIN-Anzeiger veröffentlicht wird und mit dem die Norm Gültigkeit bekommt. Die DIN 76-1, welche Ausläufe und Freisteiche für metrische ISO-Gewinde festlegt, ist z. B. seit August 2016 gültig.

Normenarten und Regelwerke (Auswahl)

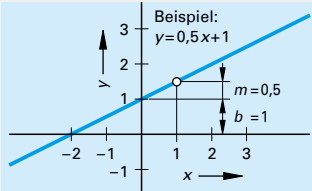
Art	Kurzzeichen	Erklärung	Zweck und Inhalte
Internationale Normen (ISO-Normen)	ISO	International Organisation for Standardization, Genf (O und S werden in der Abkürzung vertauscht)	Den internationalen Austausch von Gütern und Dienstleistungen sowie die Zusammenarbeit auf wissenschaftlichem, technischem und ökonomischem Gebiet erleichtern.
Europäische Normen (EN-Normen)	EN	Europäische Normungsorganisation CEN (Comité Européen de Normalisation), Brüssel	Technische Harmonisierung und damit verbundener Abbau von Handelshemmnissen zur Förderung des Binnenmarktes und des Zusammenwachsens von Europa.
Deutsche Normen (DIN-Normen)	DIN	Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin	Die nationale Normungsarbeit dient der Rationalisierung, der Qualitätssicherung, der Sicherheit, dem Umweltschutz und der Verständigung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft, Verwaltung und Öffentlichkeit.
	DIN EN	Deutsche Umsetzung einer europäischen Norm	
	DIN ISO	Deutsche Norm, deren Inhalt unverändert von einer ISO-Norm übernommen wurde.	
	DIN EN ISO	Norm, die von ISO und CEN veröffentlicht wurde, und deren deutsche Fassung als DIN-Norm Gültigkeit hat.	
	DIN VDE	Druckschrift des VDE, die den Status einer deutschen Norm hat.	
VDI-Richtlinien	VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf	Diese Richtlinien geben den aktuellen Stand der Technik zu bestimmten Themenbereichen wieder und enthalten z. B. konkrete Handlungsanleitungen zur Durchführung von Berechnungen oder zur Gestaltung von Prozessen im Maschinenbau bzw. in der Elektrotechnik.
VDE-Druckschriften	VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., Frankfurt am Main	
DGQ-Schriften	DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V., Frankfurt am Main	Empfehlungen für den Bereich der Qualitätstechnik.
REFA-Blätter	REFA	Verband für Arbeitsstudien REFA e.V., Darmstadt	Empfehlungen für den Bereich der Fertigung und Arbeitsplanung.

1 Technische Mathematik

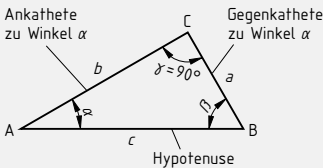
M



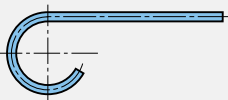
1.1 Einheiten im Messwesen	
SI-Basisgrößen und Einheiten	10
Abgeleitete Größen und Einheiten	10
Einheiten außerhalb des SI	12



1.2 Formeln	
Formelzeichen, mathematische Zeichen	13
Formeln, Gleichungen, Diagramme	14
Umstellen von Formeln	15
Größen und Einheiten	16
Rechnen mit Größen	17
Prozent- und Zinsrechnung	17



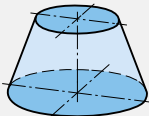
1.3 Winkel und Dreiecke	
Winkelarten, Satz des Pythagoras	18
Strahlensatz	18
Funktionen im Dreieck	19
Funktionen im rechtwinkligen Dreieck	19
Funktionen im schiefwinkligen Dreieck	19



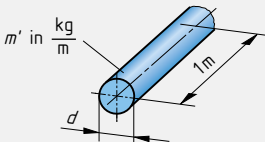
1.4 Längen	
Teilung von Längen	20
Bogenlänge	20
Gestreckte Längen	21
Federdrahtlänge	21
Rohlänge	21



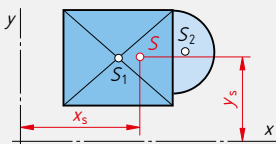
1.5 Flächen	
Eckige Flächen	22
Dreieck, Vielecke, Kreis	23
Kreisausschnitt, Kreisabschnitt, Kreisring	24
Ellipse	24



1.6 Volumen und Oberfläche	
Würfel, Zylinder, Pyramide	25
Kegel, Kegelstumpf, Kugel	26
Zusammengesetzte Körper	27



1.7 Masse	
Allgemeine Berechnung	27
Längenbezogene Masse	27
Flächenbezogene Masse	27



1.8 Schwerpunkte	
Linienschwerpunkte	28
Flächenschwerpunkte	28

Einheiten im Messwesen

SI¹⁾-Basisgrößen und Basiseinheiten

vgl. DIN 1301-1 (2010-10), -2 (1978-02), -3 (2018-02)

Basisgröße	Länge	Masse	Zeit	Elektrische Stromstärke	Thermodynamische Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Basis-einheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Einheitenzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd

¹⁾ Die Einheiten im Messwesen sind im Internationalen Einheitensystem (SI = Système International d'Unités) festgelegt. Es baut auf den sieben Basiseinheiten (SI-Einheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet sind.

Basigrößen, abgeleitete Größen und ihre Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Beziehung	Bemerkung Anwendungsbeispiele
Länge, Fläche, Volumen, Winkel					
Länge	l	Meter	m	1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm 1 mm = 1000 μ m 1 km = 1000 m	1 inch = 1 Zoll = 25,4 mm In der Luft- und Seefahrt gilt: 1 internationale Seemeile = 1852 m
Fläche	A, S	Quadratmeter Ar Hektar	m ² a ha	1 m ² = 10 000 cm ² = 1 000 000 mm ² 1 a = 100 m ² 1 ha = 100 a = 10 000 m ² 100 ha = 1 km ²	Zeichen S nur für Querschnittsflächen Ar und Hektar nur für Flächen von Grundstücken
Volumen	V	Kubikmeter Liter	m ³ l, L	1 m ³ = 1000 dm ³ = 1 000 000 cm ³ 1 l = 1 L = 1 dm ³ = 10 dl = 0,001 m ³ 1 ml = 1 cm ³	Meist für Flüssigkeiten und Gase
ebener Winkel (Winkel)	$\alpha, \beta, \gamma \dots$	Radian Grad Minute Sekunde	rad ° ' "	1 rad = 1 m/m = 57,2957...° = 180°/ π 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad = 60' 1' = 1°/60 = 60" 1" = 1°/60 = 1°/3600	1 rad ist der Winkel, der aus einem um den Scheitelpunkt geschlagenen Kreis mit 1 m Radius einen Bogen von 1 m Länge schneidet. Bei technischen Berechnungen statt $\alpha = 33^\circ 17' 27,6''$ besser $\alpha = 33,291^\circ$ verwenden.
Raumwinkel	Ω	Steradian	sr	1 sr = 1 m ² /m ²	Der Raumwinkel von 1 sr umschließt auf der Oberfläche einer Kugel mit $r = 1$ m die Fläche eines Kugelabschnitts mit $A_0 = 1$ m ² .
Mechanik					
Masse	m	Kilogramm Gramm Megagramm Tonne	kg g Mg t	1 kg = 1000 g 1 g = 1000 mg 1 t = 1000 kg = 1 Mg 0,2 g = 1 Kt	In der Alltagssprache bezeichnet man die Masse eines Körpers auch als Gewicht. Massenangabe für Edelsteine in Karat (Kt).
längenbezogene Masse	m'	Kilogramm pro Meter	kg/m	1 kg/m = 1 g/mm	Zur Berechnung der Masse von Stäben, Profilen, Rohren.
flächenbezogene Masse	m''	Kilogramm pro Meter hoch zwei	kg/m ²	1 kg/m ² = 0,1 g/cm ²	Zur Berechnung der Masse von Blechen.
Dichte	ρ	Kilogramm pro Meter hoch drei	kg/m ³	1000 kg/m ³ = 1 t/m ³ = 1 kg/dm ³ = 1 g/cm ³ = 1 g/ml = 1 mg/mm ³	Dichte = Masse eines Stoffes pro Volumeneinheit Für homogene Körper ist die Dichte eine vom Ort unabhängige Größe.

Einheiten im Messwesen

Größen und Einheiten (Fortsetzung)

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung	Bemerkung Anwendungsbeispiele
		Name	Zeichen		
Mechanik					
Trägheitsmoment, Massenmoment 2. Grades	J	Kilogramm mal Meter hoch zwei	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Für homogenen Vollzylinder mit Masse m und Radius r gilt: $J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$	Das Trägheitsmoment gibt den Widerstand eines starren, homogenen Körpers gegen die Änderung seiner Rotationsbewegung um eine Drehachse an.
Kraft Gewichtskraft	F F_G, G	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{J}}{\text{m}}$ $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1\,000\,000 \text{ N}$	Die Kraft 1 N bewirkt bei der Masse 1 kg in 1 s eine Geschwindigkeitsänderung von 1 m/s.
Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	M M_b, T	Newton mal Meter	$\text{N} \cdot \text{m}$	$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	$1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ist das Moment, das eine Kraft von 1 N bei einem Hebelarm von 1 m bewirkt.
Impuls	p	Kilogramm mal Meter pro Sekunde	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	$1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s}$	Der Impuls ist das Produkt aus Masse mal Geschwindigkeit. Er hat die Richtung der Geschwindigkeit.
Druck mechanische Spannung	p σ, τ	Pascal Newton pro Millimeter hoch zwei	Pa N/mm^2	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ N/cm}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ $1 \text{ daN/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$	Unter Druck versteht man die Kraft je Flächeneinheit. Für Überdruck wird das Formelzeichen p_a verwendet (DIN 1314). $1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$ (pounds per square inch = Pfund pro Quadratinch)
Flächenmoment 2. Grades	I	Meter hoch vier Zentimeter hoch vier	m^4 cm^4	$1 \text{ m}^4 = 100\,000\,000 \text{ cm}^4$	früher: Flächenträgheitsmoment
Energie, Arbeit, Wärmemenge	E, W	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$	Joule für jede Energieart, $\text{kW} \cdot \text{h}$ bevorzugt für elektrische Energie.
Leistung, Wärmestrom	P Φ	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}^3$	Leistung beschreibt die Arbeit, die in einer bestimmten Zeit verrichtet wurde.
Zeit					
Zeit, Zeitspanne, Dauer	t	Sekunde Minute Stunde Tag Jahr	s min h d a	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\,400 \text{ s}$	3 h bedeutet eine Zeitspanne (3 Std.), 3^h bedeutet einen Zeitpunkt (3 Uhr). Werden Zeitpunkte in gemischter Form, z.B. $3^h24^m10^s$ geschrieben, so kann das Zeichen min auf m verkürzt werden.
Frequenz	f, ν	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$	$1 \text{ Hz} \approx 1$ Schwingung in 1 Sekunde.
Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	n	1 pro Sekunde 1 pro Minute	1/s 1/min	$1/\text{s} = 60/\text{min} = 60 \text{ min}^{-1}$ $1/\text{min} = 1 \text{ min}^{-1} = \frac{1}{60 \text{ s}}$	Die Anzahl der Umdrehungen pro Zeiteinheit ergibt die Drehzahl, auch Drehfrequenz genannt.
Geschwindigkeit	v	Meter pro Sekunde Meter pro Minute Kilometer pro Stunde	m/s m/min km/h	$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3,6 \text{ km/h}$ $1 \text{ m/min} = \frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}}$ $1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$	Geschwindigkeit bei der Seefahrt in Knoten (kn): $1 \text{ kn} = 1,852 \text{ km/h}$ mile per hour = 1 mile/h = 1 mph $1 \text{ mph} = 1,60934 \text{ km/h}$
Winkelgeschwindigkeit	ω	1 pro Sekunde Radiant pro Sekunde	1/s rad/s	$\omega = 2\pi \cdot n$	Bei einer Drehzahl von $n = 2/\text{s}$ beträgt die Winkelgeschwindigkeit $\omega = 4\pi/\text{s}$.
Beschleunigung	a, g	Meter pro Sekunde hoch zwei	m/s^2	$1 \text{ m/s}^2 = \frac{1 \text{ m/s}}{1 \text{ s}}$	Formelzeichen g nur für Fallbeschleunigung. $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$

Einheiten im Messwesen

Größen und Einheiten (Fortsetzung)

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Beziehung	Bemerkung Anwendungsbeispiele
Elektrizität und Magnetismus					
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A		Bewegte elektrische Ladung nennt man Strom. Die Spannung ist gleich der Potenzialdifferenz zweier Punkte im elektrischen Feld. Den Kehrwert des elektrischen Widerstands nennt man elektrischen Leitwert.
Elektr. Spannung	U	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/1 \text{ A} = 1 \text{ J}/\text{C}$	
Elektr. Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V}/1 \text{ A}$	
Elektr. Leitwert	G	Siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V} = 1/\Omega$	
Spezifischer Widerstand	ρ	Ohm mal Meter	$\Omega \cdot \text{m}$	$10^{-6} \Omega \cdot \text{m} = 1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	
Leitfähigkeit	γ, κ	Siemens pro Meter	S/m		$\rho = \frac{1}{\kappa} \text{ in } \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ $\kappa = \frac{1}{\rho} \text{ in } \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Frequenz	f	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$ $1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$	Frequenz öffentlicher Stromnetze: EU 50 Hz, USA 60 Hz
Elektr. Arbeit	W	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ}$ $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kJ}$	In der Atom- und Kernphysik wird die Einheit eV (Elektronenvolt) verwendet.
Phasenverschiebungswinkel	φ	-	-	für Wechselstrom gilt: $\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$	Winkel zwischen Strom und Spannung bei induktiver oder kapazitiver Belastung.
Elektr. Feldstärke	E	Volt pro Meter	V/m		$E = \frac{F}{Q}, C = \frac{Q}{U}, Q = I \cdot t$
Elektr. Ladung	Q	Coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}; 1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kC}$	
Elektr. Kapazität	C	Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$	
Induktivität	L	Henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}/\text{A}$	
Leistung Wirkleistung	P	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$	In der elektrischen Energietechnik: Scheinleistung S in $\text{V} \cdot \text{A}$

Thermodynamik und Wärmeübertragung

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Beziehung	Bemerkung Anwendungsbeispiele	
Thermodynamische Temperatur	T, θ	Kelvin	K	$0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$	Kelvin (K) und Grad Celsius ($^\circ\text{C}$) werden für Temperaturen und Temperaturdifferenzen verwendet. $t = T - T_0; T_0 = 273,15 \text{ K}$ Umrechnung in $^\circ\text{F}$: Seite 51	
	t, ϑ	Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$ $0 \text{ }^\circ\text{C} = 32 \text{ }^\circ\text{F}$ $0 \text{ }^\circ\text{F} = -17,77 \text{ }^\circ\text{C}$		
Wärmemenge	Q	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$		$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$
Spezifischer Heizwert	H_u	Joule pro Kilogramm	J/kg	$1 \text{ MJ}/\text{kg} = 1000000 \text{ J}/\text{kg}$		Freiwerdende Wärmeenergie je kg (bzw. je m^3) Brennstoff abzüglich der Verdampfungswärme des in den Abgasen enthaltenen Wasserdampfes.
		Joule pro Meter hoch drei	J/m^3	$1 \text{ MJ}/\text{m}^3 = 1000000 \text{ J}/\text{m}^3$		

Einheiten außerhalb des Internationalen Einheitensystems SI

Länge	Fläche	Volumen	Masse	Energie, Leistung
1 inch (in) = 25,4 mm	1 sq.in = 6,452 cm ²	1 cu.in = 16,39 cm ³	1 oz = 28,35 g	1 PSh = 0,735 kWh
1 foot (ft) = 0,3048 m	1 sq.ft = 9,29 dm ²	1 cu.ft = 28,32 dm ³	1 lb = 453,6 g	1 PS = 0,7355 kW
1 yard (yd) = 0,9144 m	1 sq.yd = 0,8361 m ²	1 cu.yd = 764,6 dm ³	1 t = 1000 kg	1 kcal = 4186,8 Ws
1 See-meile = 1,852 km	1 acre = 4046,873 m ²	1 gallon (US) = 3,785 l	1 short ton = 907,2 kg	1 kcal = 1,166 Wh
1 Land-meile = 1,6093 km		1 gallon (UK) = 4,546 l	1 Karat = 0,2 g	1 kpm/s = 9,807 W
		1 barrel (US) = 158,9 l	1 Karat = 0,2 g	1 Btu = 1055 Ws
		1 barrel (UK) = 159,1 l	1 pound/in ³ = 27,68 g/cm ³	1 bhp = 745,7 W
	Druck, Spannung			
	1 bar = 14,5 pound/in ²			
	1 N/mm ² = 145,038 pound/in ²			

Formelzeichen, mathematische Zeichen

Formelzeichen vgl. DIN 1304-1 (1994-03)					
Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
Länge, Fläche, Volumen, Winkel					
l	Länge	r, R	Radius	α, β, γ	ebener Winkel
b	Breite	d, D	Durchmesser	Ω	Raumwinkel
h	Höhe	A, S	Fläche, Querschnittsfläche	λ	Wellenlänge
s	Weglänge	V	Volumen		
Mechanik					
m	Masse	F	Kraft	G	Schubmodul
m'	längenbezogene Masse	F_G, G	Gewichtskraft	μ, f	Reibungszahl
m''	flächenbezogene Masse	M	Drehmoment	W	Widerstandsmoment
ρ	Dichte	M_T, T	Torsionsmoment	I	Flächenmoment 2. Grades
J	Trägheitsmoment	M_b	Biegemoment	W, E	Arbeit, Energie
p	Druck	σ	Normalspannung	W_p, E_p	potenzielle Energie
p_{abs}	absoluter Druck	τ	Schubspannung	W_k, E_k	kinetische Energie
p_{amb}	Atmosphärendruck	ε	Dehnung	P	Leistung
p_o	Überdruck	E	Elastizitätsmodul	η	Wirkungsgrad
Zeit					
t	Zeit, Dauer	f, ν	Frequenz	a	Beschleunigung
T	Periodendauer	v, u	Geschwindigkeit	g	örtliche Fallbeschleunigung
n	Umdrehungsfrequenz, Drehzahl	ω	Winkelgeschwindigkeit	α	Winkelbeschleunigung
				Q, \dot{V}, q_v	Volumenstrom
Elektrizität					
Q	Ladung, Elektrizitätsmenge	L	Induktivität	X	Blindwiderstand
U	Spannung	R	Widerstand	Z	Scheinwiderstand
C	Kapazität	ρ	spezifischer Widerstand	φ	Phasenverschiebungswinkel
I	Stromstärke	γ, κ	elektrische Leitfähigkeit	N	Windungszahl
Wärme					
T, Θ	thermodynamische Temperatur	Q	Wärme, Wärmemenge	Φ, \dot{Q}	Wärmestrom
$\Delta T, \Delta t, \Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz	λ	Wärmeleitfähigkeit	a	Temperaturleitfähigkeit
t, ϑ	Celsius-Temperatur	α	Wärmeübergangskoeffizient	c	spezifische Wärmekapazität
α_l, α	Längenausdehnungskoeffizient	k	Wärmedurchgangskoeffizient	H_o	spezifischer Heizwert
Licht, elektromagnetische Strahlung					
E_v	Beleuchtungsstärke	f	Brennweite	I_o, \dot{W}	Strahlstärke
		n	Brechzahl		Strahlungsenergie
Akustik					
p	Schalldruck	L_p	Schalldruckpegel	N	Lautheit
c	Schallgeschwindigkeit	I	Schallintensität	L_N	Lautstärkepegel
Mathematische Zeichen vgl. DIN 1302 (1999-12)					
Math. Zeichen	Sprechweise	Math. Zeichen	Sprechweise	Math. Zeichen	Sprechweise
\approx	ungefähr gleich, rund, etwa	\sim	proportional	\log	Logarithmus (allgemein)
$\hat{=}$	entspricht	a^x	a hoch x, x-te Potenz von a	\lg	dekadischer Logarithmus
\dots	und so weiter	$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus	\ln	natürlicher Logarithmus
∞	unendlich	$\sqrt[n]{\quad}$	n-te Wurzel aus	e	Eulersche Zahl (e = 2,718281...)
$=$	gleich	$ x $	Betrag von x	\sin	Sinus
\neq	ungleich	\perp	senkrecht zu	\cos	Kosinus
$\stackrel{def}{=}$	ist definitionsgemäß gleich	\parallel	ist parallel zu	\tan	Tangens
$<$	kleiner als	$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	\cot	Kotangens
\leq	kleiner oder gleich	$\uparrow \downarrow$	gegensinnig parallel	$(), [], \{ }$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu
$>$	größer als	\sphericalangle	Winkel	π	pi (Kreiszahl = 3,14159 ...)
\geq	größer oder gleich	\triangle	Dreieck		
$+$	plus	\equiv	kongruent zu		
$-$	minus	Δx	Delta x (Differenz zweier Werte)	\overline{AB}	Strecke AB
\cdot	mal, multipliziert mit	$\%$	Prozent, vom Hundert	\widehat{AB}	Bogen AB
$-, /, :$	durch, geteilt durch, zu, pro	$\%$	Promille, vom Tausend	a', a''	a Strich, a zwei Strich
Σ	Summe	‰		a_1, a_2	a eins, a zwei



Formeln, Gleichungen, Diagramme

Formeln

Die Berechnung physikalischer Größen erfolgt meist über Formeln. Sie bestehen aus:

- Formelzeichen, z. B. v_c für die Schnittgeschwindigkeit, d für den Durchmesser, n für die Drehzahl
- Operatoren (Rechenvorschriften), z. B. \cdot für Multiplikation, $+$ für Addition, $-$ für Subtraktion, $-$ (Bruchstrich) für Division
- Konstanten, z. B. π (pi) = 3,14159 ...
- Zahlen, z. B. 10, 15 ...

Die Formelzeichen (Seite 13) sind Platzhalter für Größen. Bei der Lösung von Aufgaben werden die bekannten Größen mit ihren Einheiten in die Formel eingesetzt. Vor oder während der Berechnung werden die Einheiten so umgeformt, dass

- der Rechengang möglich wird oder
- das Ergebnis die geforderte Einheit erhält.

Die meisten Größen und ihre Einheiten sind genormt (Seite 10).

Das **Ergebnis** ist immer ein **Zahlenwert** mit einer **Einheit**, z. B. 4,5 m, 15 s

Beispiel:

Wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit v_c in m/min für $d = 200$ mm und $n = 630$ /min?

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 200 \text{ mm} \cdot 630 \frac{1}{\text{min}} = \pi \cdot 200 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot 630 \frac{1}{\text{min}} = \mathbf{395,84 \frac{\text{m}}{\text{min}}}$$

Formel für die Schnittgeschwindigkeit

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

Zahlenwertgleichungen

Zahlenwertgleichungen sind Formeln, in welche die üblichen Umrechnungen von Einheiten bereits eingearbeitet sind. Bei ihrer Anwendung ist zu beachten:

Die Zahlenwerte der einzelnen Größen dürfen nur in der vorgeschriebenen Einheit verwendet werden.

- Die Einheiten werden bei der Berechnung nicht mitgeführt.
- Die Einheit der gesuchten Größe ist vorgegeben.

Beispiel:

Wie groß ist das Drehmoment M eines Elektromotors mit der Antriebsleistung $P = 15$ kW und der Drehzahl $n = 750$ /min?

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 15}{750} \text{ N} \cdot \text{m} = \mathbf{191 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

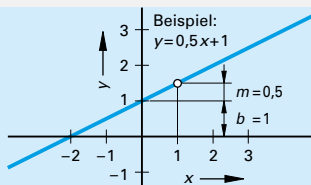
Zahlenwertgleichung für das Drehmoment

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n}$$

vorgeschriebene Einheiten	
Bezeichnung	Einheit
M	Drehmoment N · m
P	Leistung kW
n	Drehzahl 1/min

Gleichungen und Diagramme

Bei Funktionsgleichungen ist y die Funktion von x , mit x als unabhängige und y als abhängige Variable. Die Zahlenpaare (x, y) einer Wertetabelle bilden ein Diagramm im x - y -Koordinatensystem.



1. Beispiel:

$$y = 0,5x + 1$$

x	-2	0	2	3
y	0	1	2	2,5

2. Beispiel:

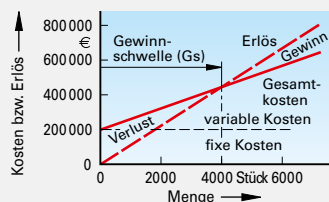
Kostenfunktion und Erlösfunktion

$$K_G = 60 \text{ €/Stck} \cdot M + 200000 \text{ €}$$

$$E = 110 \text{ €/Stck} \cdot M$$

M	0	4000	6000
K_G	200000	440000	560000
E	0	440000	660000

- K_G Gesamtkosten → abhängige Variable
- M Menge → unabhängige Variable
- K_f Fixe Kosten → y -Koordinatenabschnitt
- K_v Variable Kosten → Steigung der Funktion
- E Erlös → abhängige Variable



Zuordnungsfunktion

$$y = f(x)$$

Lineare Funktion

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

Beispiele:

Kostenfunktion

$$K_G = K_v \cdot M + K_f$$

Erlösfunktion

$$E = E/\text{Stück} \cdot M$$

Umstellen von Formeln

Umstellen von Formeln

Formeln und Zahlenwertgleichungen werden umgestellt, damit die gesuchte Größe allein auf der linken Seite der Gleichung steht. Dabei darf sich der Wert der linken und der rechten Formelseite nicht ändern. Für alle Schritte einer Formelumstellung gilt:

Veränderungen auf der linken Formelseite	=	Veränderungen auf der rechten Formelseite
--	---	---

Zur Rekonstruktion der einzelnen Schritte ist es sinnvoll, jeden Schritt rechts neben der Formel zu kennzeichnen:

$\cdot t$ → beide Formelseiten werden mit t multipliziert.

$: F$ → beide Formelseiten werden durch F dividiert.

Formel	
$p = \frac{F \cdot s}{t}$	
linke Formelseite	= rechte Formelseite

M

Umstellung von Summen

Beispiel: Formel $L = l_1 + l_2$, Umstellung nach l_2

① $L = l_1 + l_2$	$ -l_1$	l_1 subtrahieren	③ $L - l_1 = l_2$	Seiten vertauschen
② $L - l_1 = l_1 + l_2 - l_1$		subtrahieren durchführen	④ $l_2 = L - l_1$	umgestellte Formel

Umstellung von Produkten

Beispiel: Formel $A = l \cdot b$, Umstellung nach l

① $A = l \cdot b$	$: b$	dividieren durch b	③ $\frac{A}{b} = l$	Seiten vertauschen
② $\frac{A}{b} = \frac{l \cdot b}{b}$		kürzen mit b	④ $l = \frac{A}{b}$	umgestellte Formel

Umstellung von Brüchen

Beispiel: Formel $n = \frac{l}{l_1 + s}$, Umstellung nach s

① $n = \frac{l}{l_1 + s}$	$ \cdot (l_1 + s)$	mit $(l_1 + s)$ multiplizieren	④ $n \cdot l_1 - n \cdot l_1 + n \cdot s = l - n \cdot l_1$	$: n$ subtrahieren dividieren durch n
② $n \cdot (l_1 + s) = \frac{l \cdot (l_1 + s)}{(l_1 + s)}$		rechte Formelseite kürzen Klammer auflösen	⑤ $\frac{s \cdot n}{n} = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	kürzen mit n
③ $n \cdot l_1 + n \cdot s = l$	$ -n \cdot l_1$	$-n \cdot l_1$ subtrahieren	⑥ $s = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	umgestellte Formel

Umstellung von Wurzeln

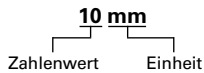
Beispiel: Formel $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, Umstellung nach a

① $c = \sqrt{a^2 + b^2}$	$ ()^2$	Formel quadrieren	④ $a^2 = c^2 - b^2$	$ \sqrt{\quad}$ radizieren
② $c^2 = a^2 + b^2$	$ -b^2$	b^2 subtrahieren	⑤ $\sqrt{a^2} = \sqrt{c^2 - b^2}$	Ausdruck vereinfachen
③ $c^2 - b^2 = a^2 + b^2 - b^2$		subtrahieren, Seite tauschen	⑥ $a = \sqrt{c^2 - b^2}$	umgestellte Formel

Größen und Einheiten

Zahlenwerte und Einheiten

Physikalische Größe



Physikalische Größen, z. B. 125 mm, bestehen aus einem

- **Zahlenwert**, der durch Messung oder Berechnung ermittelt wird, und aus einer
- **Einheit**, z. B. m, kg

Die Einheiten sind nach DIN 1301-1 genormt (Seite 10).

Sehr große oder sehr kleine Zahlenwerte lassen sich durch Vorsatzzeichen als dezimale Vielfache oder Teile vereinfacht darstellen, z. B. 0,004 mm = 4 µm.

Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten

vgl. DIN 1301-2 (1978-02)

Zeichen	Vorsatz-Name	Zehnerpotenz	Mathematische Bezeichnung	Beispiele
T	Tera	10^{12}	Billion	1200000000000 N = $12 \cdot 10^{12}$ N = 12 TN (Tera-Newton)
G	Giga	10^9	Milliarde	4500000000 W = $45 \cdot 10^9$ W = 45 GW (Giga-Watt)
M	Mega	10^6	Million	8500000 V = $8,5 \cdot 10^6$ V = 8,5 MV (Mega-Volt)
k	Kilo	10^3	Tausend	12600 W = $12,6 \cdot 10^3$ W = 12,6 kW (Kilo-Watt)
h	Hekto	10^2	Hundert	500 l = $5 \cdot 10^2$ l = 5 hl (Hekto-Liter)
da	Deka	10^1	Zehn	32 m = $3,2 \cdot 10^1$ m = 3,2 dam (Deka-Meter)
-	-	10^0	Eins	1,5 m = $1,5 \cdot 10^0$ m
d	Dezi	10^{-1}	Zehntel	0,5 l = $5 \cdot 10^{-1}$ l = 5 dl (Dezi-Liter)
c	Zenti	10^{-2}	Hundertstel	0,25 m = $25 \cdot 10^{-2}$ m = 25 cm (Zenti-Meter)
m	Milli	10^{-3}	Tausendstel	0,375 A = $375 \cdot 10^{-3}$ A = 375 mA (Milli-Ampere)
µ	Mikro	10^{-6}	Millionstel	0,000052 m = $52 \cdot 10^{-6}$ m = 52 µm (Mikro-Meter)
n	Nano	10^{-9}	Milliardstel	0,000000075 m = $75 \cdot 10^{-9}$ m = 75 nm (Nano-Meter)
p	Piko	10^{-12}	Billionstel	0,000000000006 F = $6 \cdot 10^{-12}$ F = 6 pF (Pico-Farad)

Umrechnung von Einheiten

Berechnungen mit physikalischen Größen sind nur dann möglich, wenn sich ihre Einheiten jeweils auf eine Basis beziehen. Bei der Lösung von Aufgaben müssen Einheiten häufig auf Basiseinheiten umgerechnet werden, z. B. mm in m, h in s, mm² in m². Dies geschieht durch Umrechnungsfaktoren, die den Wert 1 (kohärente Einheiten) darstellen.

Umrechnungsfaktoren für Einheiten (Auszug)

Größe	Umrechnungsfaktoren, z. B.	Größe	Umrechnungsfaktoren, z. B.
Längen	$1 = \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}$	Zeit	$1 = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$
Flächen	$1 = \frac{100 \text{ mm}^2}{1 \text{ cm}^2} = \frac{100 \text{ cm}^2}{1 \text{ dm}^2} = \frac{1 \text{ cm}^2}{100 \text{ mm}^2} = \frac{1 \text{ dm}^2}{100 \text{ cm}^2}$	Winkel	$1 = \frac{60'}{1^\circ} = \frac{60''}{1'} = \frac{3600''}{1^\circ} = \frac{1^\circ}{60 \text{ s}}$
Volumen	$1 = \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} = \frac{1 \text{ cm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$	Zoll	$1 \text{ inch} = 25,4 \text{ mm}; 1 \text{ mm} = \frac{1}{25,4} \text{ inch}$

1. Beispiel:

Das Volumen $V = 3416 \text{ mm}^3$ ist in cm^3 umzurechnen.

Das Volumen V wird mit dem Umrechnungsfaktor multipliziert, der im Zähler die Einheit cm^3 und im Nenner die Einheit mm^3 aufweist.

$$V = 3416 \text{ mm}^3 = \frac{1 \text{ cm}^3 \cdot 3416 \text{ mm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = \frac{3416 \text{ cm}^3}{1000} = \mathbf{3,416 \text{ cm}^3}$$

2. Beispiel:

Die Winkelangabe $\alpha = 42^\circ 16'$ ist in Grad ($^\circ$) auszudrücken.

Der Teilwinkel $16'$ muss in Grad ($^\circ$) umgewandelt werden. Er wird mit dem Umrechnungsfaktor multipliziert, der im Zähler die Einheit Grad ($^\circ$) und im Nenner die Einheit Minute ($'$) hat.

$$\alpha = 42^\circ + 16' \cdot \frac{1^\circ}{60} = 42^\circ + \frac{16 \cdot 1^\circ}{60} = 42^\circ + 0,267^\circ = \mathbf{42,267^\circ}$$

Rechnen mit Größen, Prozentrechnung, Zinsrechnung

Rechnen mit Größen

Physikalische Größen werden mathematisch behandelt wie Produkte.

• Addition und Subtraktion

Bei gleichen Einheiten werden die Zahlenwerte addiert und die Einheit im Ergebnis übernommen.

Beispiel:

$$L = l_1 + l_2 - l_3 \text{ mit } l_1 = 124 \text{ mm}, l_2 = 18 \text{ mm}, l_3 = 44 \text{ mm}; L = ?$$

$$L = 124 \text{ mm} + 18 \text{ mm} - 44 \text{ mm} = (124 + 18 - 44) \text{ mm} = \mathbf{98 \text{ mm}}$$

• Multiplikation und Division

Die Zahlenwerte und die Einheiten entsprechen den Faktoren von Produkten.

Beispiel:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \text{ mit } F_1 = 180 \text{ N}, l_1 = 75 \text{ mm}, l_2 = 105 \text{ mm}; F_2 = ?$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{180 \text{ N} \cdot 75 \text{ mm}}{105 \text{ mm}} = 128,57 \frac{\text{N} \cdot \text{mm}}{\text{mm}} = \mathbf{128,57 \text{ N}}$$

• Multiplizieren und Dividieren von Potenzen

Potenzen mit gleicher Basis werden multipliziert bzw. dividiert, indem die Exponenten addiert bzw. subtrahiert werden.

Beispiel:

$$W = \frac{A \cdot a^e}{e} \text{ mit } A = 15 \text{ cm}^2, a = 7,5 \text{ cm}, e = 2,4 \text{ cm}; W = ?$$

$$W = \frac{15 \text{ cm}^2 \cdot (7,5 \text{ cm})^2}{2,4 \text{ cm}} = \frac{15 \cdot 56,25 \text{ cm}^{2+2}}{2,4 \text{ cm}^1} = 351,56 \text{ cm}^{4-1} = \mathbf{351,56 \text{ cm}^3}$$

Regeln beim Potenzieren

a Basis
 $m, n \dots$ Exponenten

Multiplikation von Potenzen

$$a^2 \cdot a^3 = a^{2+3}$$

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

Division von Potenzen

$$\frac{a^2}{a^3} = a^{2-3}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

Sonderformen

$$a^{-2} = \frac{1}{a^2}$$

$$a^m = \frac{1}{a^{-m}}$$

$$a^1 = a$$

$$a^0 = 1$$

Prozentrechnung

Der **Prozentsatz** gibt den Teil des Grundwertes in Hundertstel an.

Der **Grundwert** ist der Wert, von dem die Prozente zu rechnen sind.

Der **Prozentwert** ist der Betrag, den die Prozente des Grundwertes ergeben.

P_s Prozentsatz, Prozent P_w Prozentwert G_w Grundwert

Beispiel:

Werkstückrohteilgewicht 250 kg (Grundwert); Abbrand 2% (Prozentsatz)
Abbrand in kg = ? (Prozentwert)

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100\%} = \frac{250 \text{ kg} \cdot 2\%}{100\%} = \mathbf{5 \text{ kg}}$$

Prozentwert

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100\%}$$

Zinsrechnung

K_0 Anfangskapital Z Zinsen t Laufzeit in Tagen,
 K_1 Endkapital p Zinssatz pro Jahr Verzinsungszeit

1. Beispiel:

$$K_0 = 2800,00 \text{ €}; p = 6 \frac{\%}{a}; t = \frac{1}{2} a; Z = ?$$

$$Z = \frac{2800,00 \text{ €} \cdot 6 \frac{\%}{a} \cdot 0,5 a}{100\%} = \mathbf{84,00 \text{ €}}$$

2. Beispiel:

$$K_0 = 4800,00 \text{ €}; p = 5,1 \frac{\%}{a}; t = 50 \text{ d}; Z = ?$$

$$Z = \frac{4800,00 \text{ €} \cdot 5,1 \frac{\%}{a} \cdot 50 \text{ d}}{100\% \cdot 360 \frac{\text{d}}{a}} = \mathbf{34,00 \text{ €}}$$

Zins

$$Z = \frac{K_0 \cdot p \cdot t}{100\% \cdot 360}$$

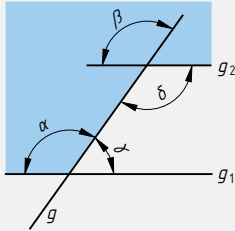
1 Zinsjahr (1 a) = 360 Tage (360 d)

360 d = 12 Monate

1 Zinsmonat = 30 Tage

Winkelarten, Strahlensatz, Winkel im Dreieck, Satz des Pythagoras

Winkelarten



- g Gerade
- g_1, g_2 parallele Geraden
- α, β Stufenwinkel
- β, δ Scheitelwinkel
- α, δ Wechselwinkel
- α, γ Nebenwinkel

Werden zwei Parallelen durch eine Gerade geschnitten, so bestehen unter den dabei gebildeten Winkeln geometrische Beziehungen.

Stufenwinkel

$$\alpha = \beta$$

Scheitelwinkel

$$\beta = \delta$$

Wechselwinkel

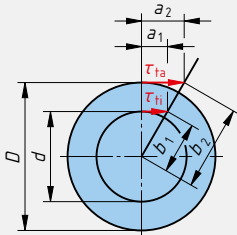
$$\alpha = \delta$$

Nebenwinkel

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

Strahlensatz

- τ_{ta} Torsionsspannung außen
- τ_{ti} Torsionsspannung innen



Werden zwei Geraden durch zwei Parallelen geschnitten, so bilden die zugehörigen Strahlenabschnitte gleiche Verhältnisse.

Beispiel:

$D = 40 \text{ mm}, d = 30 \text{ mm},$
 $\tau_{ta} = 135 \text{ N/mm}^2; \tau_{ti} = ?$

$$\frac{\tau_{ti}}{\tau_{ta}} = \frac{d}{D} \Rightarrow \tau_{ti} = \frac{\tau_{ta} \cdot d}{D}$$

$$= \frac{135 \text{ N/mm}^2 \cdot 30 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 101,25 \text{ N/mm}^2$$

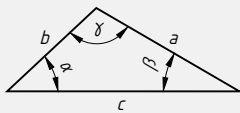
Strahlensatz

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{d}{2}$$

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2}$$

$$\frac{b_1}{d} = \frac{b_2}{D}$$

Winkelsumme im Dreieck



- a, b, c Dreiecksseiten
- α, β, γ Winkel im Dreieck

Beispiel:

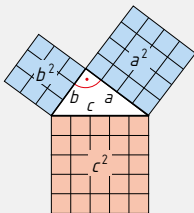
$\alpha = 21^\circ, \beta = 95^\circ, \gamma = ?$
 $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 21^\circ - 95^\circ = 64^\circ$

Winkelsumme im Dreieck

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

In jedem Dreieck ist die Winkelsumme 180° .

Lehrsatz des Pythagoras



Im **rechtwinkligen Dreieck** ist das Hypotenusenquadrat flächengleich der Summe der beiden Kathetenquadrate.

- a Kathete
- b Kathete
- c Hypotenuse

1. Beispiel:

$c = 35 \text{ mm}; a = 21 \text{ mm}; b = ?$
 $b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(35 \text{ mm})^2 - (21 \text{ mm})^2} = 28 \text{ mm}$

2. Beispiel:

CNC-Programm mit $R = 50 \text{ mm}$ und $I = 25 \text{ mm}$.
 $K = ?$
 $c^2 = a^2 + b^2$
 $R^2 = I^2 + K^2$
 $K = \sqrt{R^2 - I^2} = \sqrt{50^2 \text{ mm}^2 - 25^2 \text{ mm}^2}$
 $K = 43,3 \text{ mm}$

Quadrat über der Hypotenuse

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

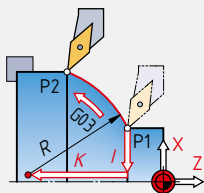
Länge der Hypotenuse

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

Länge der Katheten

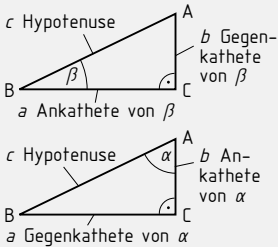
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

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



Funktionen im Dreieck

Funktionen im rechtwinkligen Dreieck (Winkelfunktionen)

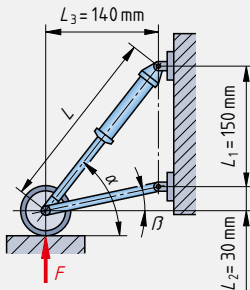


c Hypotenuse (längste Seite)
 a, b Katheten
 Bezogen auf den Winkel α ist
 - b die Ankathete und
 - a die Gegenkathete
 α, β, γ Winkel im Dreieck, mit $\gamma = 90^\circ$
 \sin Schreibweise für Sinus
 \cos Schreibweise für Kosinus
 \tan Schreibweise für Tangens
 $\sin \alpha$ Sinus des Winkels α

Winkelfunktionen

Sinus	=	$\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$
Kosinus	=	$\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$
Tangens	=	$\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$
Kotangens	=	$\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$

M



1. Beispiel

$L_1 = 150 \text{ mm}, L_2 = 30 \text{ mm}, L_3 = 140 \text{ mm};$
 Winkel $\alpha = ?$

$$\tan \alpha = \frac{L_1 + L_2}{L_3} = \frac{180 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} = 1,286$$

Winkel $\alpha = 52^\circ$

2. Beispiel

$L_1 = 150 \text{ mm}, L_2 = 30 \text{ mm}, \alpha = 52^\circ;$
 Länge des Stoßdämpfers $L = ?$

$$L = \frac{L_1 + L_2}{\sin \alpha} = \frac{180 \text{ mm}}{\sin 52^\circ} = 228,42 \text{ mm}$$

Bezogen auf den Winkel α ist:

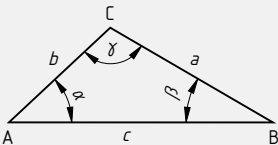
$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \tan \alpha = \frac{a}{b}$$

Bezogen auf den Winkel β ist:

$$\sin \beta = \frac{b}{c} \quad \cos \beta = \frac{a}{c} \quad \tan \beta = \frac{b}{a}$$

Die Berechnung eines Winkels in Grad ($^\circ$) oder als Bogenmaß (rad) erfolgt mit der Arcus-Funktion, z.B. arcsin.

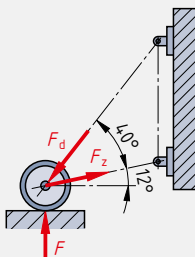
Funktionen im schiefwinkligen Dreieck (Sinussatz, Kosinussatz)



Im Sinussatz entsprechen die Seitenverhältnisse dem Sinus der entsprechenden Gegenwinkel im Dreieck. Aus einer Seite und zwei Winkeln lassen sich die anderen Werte berechnen.

Seite $a \rightarrow$ Gegenwinkel α
 Seite $b \rightarrow$ Gegenwinkel β
 Seite $c \rightarrow$ Gegenwinkel γ

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



Beispiel

$F = 800 \text{ N}, \alpha = 40^\circ, \beta = 38^\circ; F_z = ?, F_d = ?$

Die Berechnung erfolgt jeweils aus dem Kräfteplan.

$$\frac{F}{\sin \alpha} = \frac{F_z}{\sin \beta} \Rightarrow F_z = \frac{F \cdot \sin \beta}{\sin \alpha}$$

$$F_z = \frac{800 \text{ N} \cdot \sin 38^\circ}{\sin 40^\circ} = 766,24 \text{ N}$$

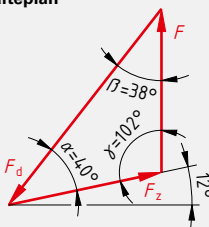
$$\frac{F}{\sin \alpha} = \frac{F_d}{\sin \varphi} \Rightarrow F_d = \frac{F \cdot \sin \varphi}{\sin \alpha}$$

$$F_d = \frac{800 \text{ N} \cdot \sin 102^\circ}{\sin 40^\circ} = 1217,38 \text{ N}$$

Viefältige Umstellungen sind möglich:

$a = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$
$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$
$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{\sin \beta}$

Kräfteplan



Die Berechnung eines Winkels in Grad ($^\circ$) oder als Bogenmaß (rad) erfolgt mit der Arcus-Funktion, z.B. arccos.

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

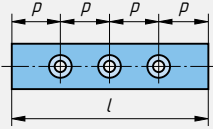
Umstellung, z.B.

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c}$$

Teilung von Längen, Bogenlänge, zusammengesetzte Länge

Teilung von Längen

Randabstand = Teilung



l Gesamtlänge n Anzahl der Bohrungen
 p Teilung

Beispiel:

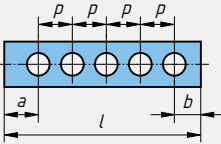
$l = 2 \text{ m}$; $n = 24$ Bohrungen; $p = ?$

$$p = \frac{l}{n+1} = \frac{2000 \text{ mm}}{24+1} = 80 \text{ mm}$$

Teilung

$$p = \frac{l}{n+1}$$

Randabstand \neq Teilung



l Gesamtlänge n Anzahl der Bohrungen
 p Teilung a, b Randabstände

Beispiel:

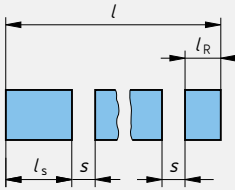
$l = 1950 \text{ mm}$; $a = 100 \text{ mm}$; $b = 50 \text{ mm}$;
 $n = 25$ Bohrungen; $p = ?$

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{1950 \text{ mm} - 150 \text{ mm}}{25 - 1} = 75 \text{ mm}$$

Teilung

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$$

Trennung von Teilstücken



l Gesamtlänge s Sägeschnittbreite
 z Anzahl der Teile l_R Restlänge
 l_s Teillänge

Beispiel:

$l = 6 \text{ m}$; $l_s = 230 \text{ mm}$; $s = 1,2 \text{ mm}$; $z = ?$; $l_R = ?$

$$z = \frac{l}{l_s + s} = \frac{6000 \text{ mm}}{230 \text{ mm} + 1,2 \text{ mm}} = 25,95 = 25 \text{ Teile}$$

$$l_R = l - z \cdot (l_s + s) = 6000 \text{ mm} - 25 \cdot (230 \text{ mm} + 1,2 \text{ mm}) = 220 \text{ mm}$$

Anzahl der Teile

$$z = \frac{l}{l_s + s}$$

Gesamtlänge

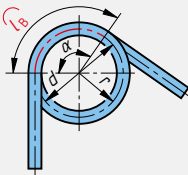
$$l = l_s \cdot z + s \cdot (z - 1)$$

Restlänge

$$l_R = l - z \cdot (l_s + s)$$

Bogenlänge

Beispiel: Schenkelfeder



l_B Bogenlänge α Mittelpunktswinkel
 r Radius d Durchmesser

Beispiel:

$r = 36 \text{ mm}$; $\alpha = 120^\circ$; $l_B = ?$

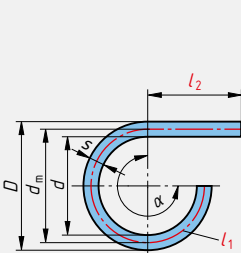
$$l_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 36 \text{ mm} \cdot 120^\circ}{180^\circ} = 75,36 \text{ mm}$$

Bogenlänge

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

$$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Zusammengesetzte Länge



D Außendurchmesser d Innendurchmesser
 d_m mittlerer Durchmesser s Dicke
 l_1, l_2 Teillängen L zusammengesetzte Länge
 α Mittelpunktswinkel

Beispiel (Zusammengesetzte Länge, Bild links):

$D = 360 \text{ mm}$; $s = 5 \text{ mm}$; $\alpha = 270^\circ$; $l_2 = 70 \text{ mm}$;
 $d_m = ?$; $L = ?$

$$d_m = D - s = 360 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 355 \text{ mm}$$

$$L = l_1 + l_2 = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} + l_2 = \frac{\pi \cdot 355 \text{ mm} \cdot 270^\circ}{360^\circ} + 70 \text{ mm} = 906,45 \text{ mm}$$

Zusammengesetzte Länge

$$L = l_1 + l_2 + \dots$$