



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Tabellenbuch Land- und Baumaschinentechnik

Tabellen

Formeln

Übersichten

Normen

- Matematik • Betriebsführung • Maschinenelemente und Hydraulik
- Grundkenntnisse • Werkstoffkunde • Technische Kommunikation
- Fahrzeugtechnik • Landmaschinentechnik • Baumaschinentechnik
- Fördertechnik • Elektrische Anlage • Vorschriften

1. Auflage

Lektorat: Alois Wimmer

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

Europa-Nr.: 20789

Autoren des Tabellenbuches Land- und Baumaschinentechnik:

Fehr, Andreas	Dipl.-Gwl., Studienrat	Breisach
Fleischlin, Stefan	Eidg. Dipl., Berufsfachschullehrer	Sempach, Schweiz
Friese-Tapmeyer, Joachim	Oberstudienrat a. D.	Hildesheim
Friske, Richard	Oberstudienrat	Hannover
Ganzmann, Herbert	Dipl.-Ingenieur	Häusern im Südschwarzwald
Petersen, Malte	Oberstudienrat	Jübek
Mann, Jochen	Dipl.-Gwl., Studiendirektor	Schorndorf – Stuttgart
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor a. D.	München
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a. D.	Berghülen

Für die großzügige Hilfe und Unterstützung bei der Erstellung der 1. Auflage dieses Buches bedankt sich der Arbeitskreis Land- und Baumaschinentechnik besonders bei den Autoren des Arbeitskreises Kfz, den Autoren des Arbeitskreises Metall und den Autoren des Arbeitskreises Metallbautechnik.

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Alois Wimmer

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2020, korrigierter Nachdruck 2022

Druck 5 4 3

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

ISBN 978-3-8085-2078-9

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz und Layout: Satz + Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: AGCO GmbH, Marktberdorf, Liebherr-Werk Biberach GmbH,

Biberach a. d. Riss, und CLAAS KGaA mbh, Harsewinkel

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Das Tabellenbuch Land- und Baumaschinentechnik dient als Nachschlagewerk für fahrzeug- und maschinenspezifische Problemstellungen in Service, Reparatur, Diagnose sowie Um- und Nachrüstung. Alle technisch aktuellen Themen wurden aufgenommen. Die Bilder und Tabellen sind nach methodischen und didaktischen Gesichtspunkten gestaltet.

Zielgruppen

Ausbildende, Facharbeiter, Techniker, Meister und Studierende des Bereiches Land-, Bau-, Forst-, Garten- und Kommunaltechnik.

Hinweise für den Benutzer

Inhaltsverzeichnis. Zum schnellen Aufsuchen von Sachverhalten ist jeweils ein ausführliches Inhaltsverzeichnis vorangestellt.

Sachwortverzeichnis. Es ermöglicht ein rasches Auffinden von Inhalten und Begriffen.

Griffleiste. Um ein schnelles Auffinden der 9 Sachgebiete zu ermöglichen, ist jedem Abschnitt eine Griffmulde zugeordnet.

Inhalt

Mathematik. Das Kapitel ist gegliedert in allgemeine Grundlagen und fachspezifische Berechnungen an Fahrzeugen. Bei den Formeln werden zwei Gleichungsarten unterschieden:

- Größengleichungen nach DIN 1313 (braun umrahmt)
- Zahlenwertgleichungen (blau umrahmt).
- Hinweis: Bei Zahlenwertgleichungen müssen die Größen in den angegebenen Einheiten eingesetzt werden.

Betriebsführung. In diesem Kapitel werden Grundlagen, Auftragsabwicklung, Qualitäts sicherung und Kostenrechnen behandelt.

Maschinenelemente und Hydraulik. Hier sind Normteile wie z.B. Schrauben, Muttern, Splinte, Lager und Anschlagsmittel nach der aktuellen Norm aufgeführt. Für die Instandsetzung hydraulischer Systeme sind wichtige Bauteile wie Rohre und Verbindungselemente tabellarisch aufgeführt.

Grundkenntnisse. In diesem Kapitel sind Grundkenntnisse der Physik, Chemie, Informationstechnik sowie des Steuerns und Regelns tabellarisch dargestellt. Ebenso sind metalltechnische Grundlagen, Fügetechniken und die Grundlagen der Zerspanungstechnik übersichtlich zusammengestellt. Das Kapitel beinhaltet Informationen zur Korrosion und zum Korrosionsschutz.

Werkstofftechnik. Das Kapitel beinhaltet neben Eisenwerkstoffen und Nichteisenwerkstoffen auch den Aufbau, die Herstellung und die Arten von Kraftstoffen. Weitere Betriebs- und Hilfsstoffe sind nach neuester Norm zusammengestellt, wie z.B. aktuelle Kühlflüssigkeiten, Kältemittel und AdBlue.

Technische Dokumentation. Hier sind geometrische Grundkonstruktionen, grafische Darstellungen und alle notwendigen Normen, Grenzmaße und Passungen zum Technischen Zeichnen aufgeführt. Ebenso sind Schaltzeichen und Schaltpläne für die Bereiche Pneumatik, Hydraulik und Elektrik dargestellt.

Fachkenntnisse. In diesem Kapitel sind die Themenbereiche Fahrzeug-, Landmaschinen-, Baumaschinen- und Fördertechnik zusammengefasst.

Fahrzeugtechnik. Dieses Kapitel umfasst wichtige fahrzeugtechnische Inhalte, dargestellt in tabellarischer Form. Vorangestellt sind Tabellen mit Fahrzeugdaten von Traktoren und mobilen Arbeitsmaschinen. In den Unterkapiteln **Motor**, **Leistungsübertragung** und **Fahrwerk** sind technische Systeme wie Küh-, Schmier- und Gemischbildungssysteme, Abgasnachbehandlung, Räder, Reifen, Ventile sowie EBS-Druckluftbremsanlagen aufgenommen.

Landmaschinentechnik. Dieses Kapitel umfasst die wichtigsten Bereiche der Landmaschinentechnik wie Traktoren, Bodenbearbeitungsmaschinen und -geräte, Feldspritzen und Erntemaschinen.

Baumaschinentechnik und Fördertechnik. Das Kapitel beinhaltet Erdbewegungsmaschinen, wie z.B. Bagger und Radlader. Im Bereich Fördertechnik sind z.B. Kräne und Gabelstapler beschrieben.

Elektrotechnik. Hier sind alle wichtigen elektrischen Geräte und Systeme behandelt sowie auch Bus- und Komfortsysteme, Hochvolttechnik, Fehlersuchpläne und Fahrerassistenzsysteme.

Vorschriften. In diesem Kapitel sind wichtige fahrzeugtechnische Vorschriften sowie Vorschriften zur Unfallverhütung nach den neuesten technischen und gesetzlichen Bestimmungen zusammengestellt, wie Gefährdungskennlinien, Vorschriften E-Mobilität, Ladeverordnungen, Ladungssicherung und Bremsenprüfung.

Inhaltsverzeichnis

Mathematik

Betriebsführung

Maschinenelemente, Hydraulik

Grundkenntnisse

Werkstofftechnik

Technische Dokumentation

Fachkenntnisse

- Fahrzeugtechnik
- Landmaschinen-technik
- Baumaschinen- und Fördertechnik

Elektrotechnik

Vorschriften, Verzeichnisse

Firmenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung, durch Informations- und Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

- Accuride Wheels GmbH, Seite: 385/1
 Aebi+Co. AG Maschinenfabrik,
 Seite: 402/5-6
 AGCO GmbH (Fendt), Seiten: 395/6; 402/11;
 405/1-3; 456/2; 580/1,2; 581/2; 598/1;
 599/1
 Agrotop GmbH, Seiten: 437/2; 438/2
 Allison, GN, Seite: 350/1
 Altek GmbH, Seite: 435/3
 Amazonas-Werke H. Dreyer GmbH &
 Co.KG, Seiten: 409/1,5; 413/2; 414/7;
 430/2,4; 433/3,4; 434/3; 435/5; 440/1
 Audi AG, Seiten: 304/1,2; 315/1,3; 317/1-3;
 320/1; 321/1; 322/1; 323/1-3; 325/2
 Bertschi Agrartechnik AG, Seiten: 402/4;
 405/4
 Beru-Borg Warner, Seiten: 314/5,6
 BMW AG, Seite: 302/2
 Robert Bosch GmbH, Seiten: 30/4; 87/6;
 312/2,3; 313/1-3; 314/1-4; 317/1,3; 318/2,3;
 323/1,2; 324/1-3; 325/1; 326/1,2; 327/1-8;
 328/1-5; 334/1
 Brix GmbH, Seite: 409/7
 Bridgestone Europe, Seite: 383/1-5
 Bridgestone Europe (Firestone),
 Seite: 384/1-5
 Carl Geringhoff GmbH, Seite: 457/3
 CLAAS KGa mbH, Seiten: 285/3; 402/3;
 405/5; 444/1; 452/2; 457/2; 581/1
 CNH Industrial Österreich GmbH,
 Seite: 402/1,2,7-10
 Continental Reifen GmbH, Seiten: 377/1;
 377/2; 384/9; 384/10
- DLG e.V., Seite: 284/2
 GKN Land Systems, Seiten: 362/2,3; 364/
 1-9; 365/1-10; 367/1-16; 368/1-9; 406/16-19
 Hella KG, Hueck & Co, Seite: 301/3
 HARDI GmbH, Seiten: 434/6; 435/4
 Ernst Herbst Prüftechnik e.K., Seite: 435/2
 Herbert Dammann GmbH, Seite: 434/1
 HORSCH Maschinen GmbH, Seite: 434/5
 ITT Automotive (ATE, VDO), Seite: 392/5
 John Deere GmbH & Co. KG, Seiten: 286/1;
 287/1; 349/1-3; 351/3,4
 Kock & Sohn GmbH, Seite: 386/8,9
 Köckerling GmbH & Lo.KG, Seite: 409/8
 Komatsu Forest GmbH, Seite: 286/2
 Krone Maschinenfabrik, Seiten: 444/2;
 445/3,4; 451/1; 452/1,3,4; 453/1-3; 454/1
 Kronos, Kronoby, Seite: 409/6
 Kverneland Group Deutschland GmbH,
 Seiten: 410/2,3; 412/1-4; 436/2
 Lechler GmbH, Seite: 438/1-4; 439/3-4
 Lemken GmbH & Co.KG, Seiten: 409/4,9;
 410/5; 413/4-7; 434/2,5; 436/1; 437/1-3;
 Liebherr GmbH, Seite: 435/3,4; 466/1;
 466/4; 466/7; 468/1; 468/2; 471/3-5;
 473/3,5; 474/2; 475/2-4; 476/1-7; 477/1-3;
 478/1-4; 479/2,3; 480/1-3; 481/1-3; 482/1-3;
 483/1-4; 484/1-4; 485/1-12; 486/1-12;
 488/1; 489/1; 490/2,3; 491/1; 492/1,2;
 494/2,3; 495/2,4,5; 496/2,4; 501/1-5;
 502/1-6; 503/1-3; 504/1,2
 MAN Maschinenfabrik, Seite: 332/1
 Mann und Hummel, Seite: 301/1
 Maschio, Seiten: 409/3; 414/10
- HAMEG GmbH, Frankfurt/Main
 Hengst Filterwerke, Nienkamp
 HAMM AG, Tirschenreuth
 Fritz Hintermayr, Bing-Vergaser-Fabrik,
 Nürnberg
 Hetronic Swiss AG, Härringen
 Hunger Maschinenfabrik GmbH,
 München und Kaufering
 Hydac, Sierning, Österreich
 Hydraulik Nord Fluidtechnik GmbH &
 Co.KG, Parchim
 IBM Deutschland, Böblingen
 Michael Immler GmbH, Immenstadt
 IVECO-Magirus AG, Neu-Ulm
 IXION Maschinenfabrik Otto Häfner
 GmbH & Co., Hamburg-Wandsbek
 Jungheinrich AG, Hirschthal, Schweiz
 Julius Kühn Institut, Quedlinburg
 Alfred Kärcher GmbH & Co. KG,
 Winnenden
 Kaeser Kompressoren SE, Coburg
 Kemper GmbH, Stadtlohn
 Knecht Filterwerke GmbH, Stuttgart
 Knorr-Bremse GmbH, München
 Knott-GmbH, Eggstätt
 Kolbenschmidt AG, Neckarsulm
 KS Gleitlager GmbH, St. Leon-Rot,
 Mattighofen, Österreich
 Kühlne, Kopp und Kausch AG,
 Frankenthal/Pfalz
 Kuhn Maschinen-Vertrieb GmbH,
 Genthin/Schöpsdorf GmbH, Soest
 Landwirtschaftliches Technologiezentrum
 Augustenberg, Außenstelle Stuttgart
 Lely International N. V., Maasvluis,
 Niederlande
 Lemmerz-Werke, Königswinter
 Luk Schaeffler Automotiv, Bühl/Baden
 MAHLE GmbH, Stuttgart
 Mahler AG, Obfelden, Schweiz
 Mannesmann Sachs AG, Schweinfurt
 Maschinenfabrik Schmotzer GmbH,
 91438 Bad Windsheim
- Menzi Muck AG, Seite: 471/2
 Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA,
 Seiten: 377/1; 379/1; 379/2; 379/4; 384/8
 New Holland Agriculture, Seite: 285/1
 NovoNox, Seite: 258/5-6
 Nokian Tyres GmbH, Seiten: 384/6; 384/7
 Optibelt GmbH, Seiten: 159/1-8; 160/1-13;
 161/1-6; 162/2-4
 Paus Maschinenfabrik GmbH, Seite: 466/2
 Parker Ermeto, Seiten: 167/2,4; 172/1-6;
 173/1-4; 174/1-6; 175/1,2; 176/1-6
 PHILIPP Forstwerkzeuge GmbH,
 Seite: 384/11
 Pöttinger Maschinenfabrik, Seiten: 256/2;
 409/1; 410/4,6; 411/1
 PTG Reifendruckregelsystem GmbH,
 Seiten: 390/1-5
 Rauch Landmaschinenfabrik GmbH,
 Seite: 430/1
 Reform Werke, Seiten: 445/5; 446/2
 Same Deutz-Fahr GmbH, Seite: 391/1
 Scharmüller GmbH. & Co.KG.,
 Seite: 406/1-15
 STIGA GmbH, Seite: 287/2
 TeeJet Technologies GmbH, Seiten: 436/3;
 437/1-2; 438/5
 Franz Trinker Räderproduktion GmbH,
 Seiten: 386/5-7,10,11
 ZF Getriebe GmbH, Seiten: 350/3; 351/1;
 Zeppelin Baumaschinen GmbH,
 Seiten: 466/1; 466/4; 466/7; 468/1; 468/2
 Zürn, Seite 457/1
- Nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und durch Informationsmaterial unterstützt.
 Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.
- AEBI Schmidt Deutschland GmbH, St.
 Blasien
 Agrifac Machinery B.V., Steenwijk,
 Niederlande
 Aral AG, Bochum
 Arbor AG-Baumann, Cavaion, Italien
 Atlas Copco Kompressoren- und
 Drucklufttechnik GmbH, Essen
 G. Auwarter GmbH & Co
 (Neoplan), Stuttgart
 Basrijs BV, Rijssbergen, Niederlande
 Bayer CropScience, Langenfeld
 Behr Hella Service GmbH, Schwäbisch Hall
 bema GmbH, Volltage-Weese
 Otto Boge GmbH & Co. KG, Bielefeld
 Bosch Rexroth AG, Lohr am Main
 Bressel und Lade Maschinenbau GmbH,
 Visselhövede-Schwitschen
 Christiansen's Bioland-Hof, Esperstorf-Feld
 Continental Teves AG & Co.OHG, Frankfurt
 Deutsche BP AG, Hamburg
 Deutz AG, Köln-Porz
 Dici-Ennio Berto, Montecchio Emilia, Italien
 DUNLOP GmbH & Co. KG, Hanau/Main
 J. Eberspächer, Esslingen
 ESSO AG, Hamburg
 EMM Motoren Service, Lindau
 Fiedler Maschinenbau und Flötzinger
 Gerätetechnik GmbH, Polling
 Carl Freudenberg, Weinheim/Bergstraße
 Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik,
 Ludwigsburg
 Girling-Bremsen GmbH, Koblenz
 Glasurit GmbH, Münster/Westfalen
 Globaljig, Deutschland GmbH,
 Cloppenburg
 Glyco-Metall-Werke B.V. & Co. KG,
 Wiesbaden/Schierstein
 Goette AG, Burscheid
 Grau-Bremse, Heidelberg
 Grimmel GmbH & Co. KG, Damme
 GVS Agrar AG, Schaffhausen, Schweiz
 Hazet-Werk, Hermann Zerver, Remscheid
- Mercedes Benz, Stuttgart
 Metzeler Reifen GmbH, München
 Mitsubishi Electric Europe B.V., Ratingen
 Mitsubishi MMC, Trebur
 MOBIL OIL AG, Hamburg
 NGK/NTK Europe GmbH, Ratingen
 NH Agriculture, Niederwenigen, Schweiz
 OSRAM AG, München
 OMV AG, Wien, Österreich
 Pierburg GmbH, Neuss
 Pirelli AG, Höchst im Odenwald
 Potain, Dardilly, Frankreich
 Rapid Technic AG, Killwangen, Schweiz
 SATA Farbspritztechnik GmbH & Co.,
 Kornwestheim
 SCANIA Deutschland GmbH, Koblenz
 SEKURIT SAINT-GOBAIN Deutschland
 GmbH, Aachen
 Schäffler Automotive, Langen
 SKF Kugellagerfabriken GmbH,
 Schweinfurt
 SOLO Kleinmotoren GmbH, Sindelfingen
 Stahlwille E. Wille, Wuppertal
 Stihl, Waiblingen
 Steyr-Daimler-Puch AG, Graz, Österreich
 Stirnimann AG, Olten
 SUN Elektrik Deutschland, Mettmann
 Technikvertrieb GmbH, Schmölln-Putzkau
 Telma Retarder Deutschland GmbH,
 Ludwigsburg
 UNIWHEELS GmbH, Bad Dürkheim
 VARTA Autobatterien GmbH, Hannover
 Vereinigte Motor-Verlage GmbH & Co. KG,
 Stuttgart
 Joseph Vögele AG, Ludwigshafen
 Voith GmbH & Co. KG, Heidenheim
 Volvo Deutschland GmbH, Brühl
 Wabco Westinghouse GmbH, Hannover
 Wacker Neuson Linz GmbH,
 Hörsching, Österreich
 Webasto GmbH, Stockdorf
 Wirtgen GmbH, Windhagen

Alle oben nicht aufgeführten Abbildungen wurden von den Autoren selbst erstellt und vom Zeichenbüro des Verlags grafisch bearbeitet.

Mathematik

M

Grundlagen

Einheiten im Messwesen, Größen, Formelzeichen, Einheiten	6
Taschenrechner	10
Winkelfunktionen	11
Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen	12
Längen	13
Gestreckte Längen, Biegeradius, Kanten, Bördeln von Blechen	14
Flächen, Volumen	16

Mechanik, Hydraulik, Pneumatik, Wärmetechnik, Antriebe

Masse, Dichte, Kräfte	21
Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung, Überholen	24
Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad	29
Drehmoment, Hebel, Flaschenzug, Reibung, Festigkeit	31
Druck, Hydraulik, Pneumatik, Wärmetechnik	37

Berechnungen am Motor

Hubraum, Verdichtung, Kolbengeschwindigkeit, Gasdruck, Kolbenkraft, Kurbeltrieb	45
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit	48
Auftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch	49
Kraftstofffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge	51
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmixung	52
Motor-, Nutz- und Innenleistung, Wirkungsgrad, innere Arbeit, Hubraumleistung	53

Berechnungen am Antriebsstrang (Kraftübertragung)

Berechnungen am Antriebsstrang	58
Kupplung, Wechselgetriebe	61
Achsgetriebe, Gesamtübersetzung	65
Ausgleichsgetriebe	66
Antriebskraft an den Antriebsrädern, Drehmoment, Leistung, Fahrgeschwindigkeit	67
Fahrwiderstände, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrschaubild	69

Berechnungen am Fahrwerk

Achskräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktabstand, Federberechnung	73
Lenkung: Spur, Spurdifferenzwinkel, Lenkgetriebe, Gesamtübersetzung der Lenkung	75
Bremsen: Mechanische, hydraulische Übersetzung, Leitungsdruck, Spannkraft	77
Gesamtübersetzung, Umfangskraft, Bremsmoment, Trägheitskraft, Bremskraft	79
Bremsarbeit, -leistung, -prüfung, Abbremsung	81

Berechnungen Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz, Widerstand	83
Spannungsfall, Stromdichte, Leitungsberechnung	84
Schaltung von Widerständen	85
Spannungsteiler, Messbrücke (Wheatstonesche Brücke)	86
Kondensatoren, Elektrische Leistung und Arbeit, Wirkungsgrad	87
Batterie	88
Magnetisches Feld, Elektrisches Feld	89
Schaltung von Wechselstromwiderständen, Transformator, Antennenberechnung	91
Elektronische Bauelemente	93
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung	94

Einheiten im Messwesen, Größen, Formelzeichen, Einheiten

SI-Basiseinheiten

Die Einheiten im Messwesen sind im internationalen Einheitenystem (SI = Système international d'unités) festgelegt. Das SI-System baut auf 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet sind. Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten können nach DIN 1301 bezeichnet werden, z. B. Kilometer mit km oder Millimeter mit mm.

Das SI-System fördert die internationale Vereinheitlichung im Messwesen; es wurde für die Bundesrepublik Deutschland durch das „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ rechtsverbindlich.

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

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
Länge Breite Höhe, Tiefe Radius, Halbmesser Durchmesser Strecke Dicke	l b h r d s δ, d	Meter	m		m	dm	cm	mm		
				1 km	1 000	10 000	100 000	1 000 000		
				1 m	1	10	100	1 000		
				1 dm	0,1	1	10	100		
				1 cm	0,01	0,1	1	10		
				1 mm	0,001	0,01	0,1	1		
				1 μm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001		
Fläche Querschnittsfläche	A, S S, q	Quadratmeter	m ²		m ²	dm ²	cm ²	mm ²		
				1 m ²	1	100	10 000	1 000 000		
				1 dm ²	0,01	1	100	10 000		
				1 cm ²	0,000 1	0,01	1	100		
		Ar Hektar	a ha	1 km ²	1 000 000					
1 ha = 100 a = 10 000 m² = 0,01 km²										
Volumen Rauminhalt	V	Kubikmeter	m ³		m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³		
				1 m ³	1	1 000	1 000 000			
				1 dm ³ (l)	0,001	1	1 000	1 000 000		
		Liter	l, L	1 cm ³ (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000		
				1 mm ³	0,000 000 001	0,000 001	0,001	1		
1 l = 1 dm³ = 1 000 cm³										
Zeit Zeitspanne Dauer	t	Sekunde	s		d	h	min	s		
				1 s	0,000 69	0,000 278	0,01667	1		
				1 min	0,041 67	0,016 67	1	60		
				1 h	1	1	60	3 600		
				1 d	~ 365	24	1 440	86 400		
				1 a	~ 8 760	~ 525 600	~ 31 536 000			
Zeitspanne: 3 h = 3 Stunden										
Zeitpunkt: 3^h = 3:00 Uhr										
Winkel z.B. Phasenwinkel	α, β, γ ... φ	Radian	rad	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit $R = 1 \text{ m}$ einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
				$1 \text{ rad} = 1 \text{ m} \text{ (Bogen)} \quad 1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$ 1 m (Radius)						
				1 Vollwinkel = $2 \cdot \pi \text{ rad}$						
				$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$						
				$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10\ 800} \text{ rad}$						
				$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648\ 000} \text{ rad}$						
				$1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$						
 $\frac{\pi}{2} \text{ rad} = 90^\circ$										

Größen										
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
Geschwindigkeit	v	Meter/Sekunde	m/s		m/s	m/min				
		Kilometer/Stunde	km/h							
	c				1 km/h	0,2778				
					1 m/min	0,016 67				
Frequenz	f, v	Hertz reziproke Sekunde	Hz 1/s		16,667	1				
Drehzahl	n	reziproke Minute	1/min		0,06	0,06				
Kreisfrequenz	ω		1/s							
Periodendauer	T	Sekunde	s							
Beschleunigung	a g	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s ²		Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde $1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$					
					$1/\text{s} = 60/\text{min}$					
					$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$					
Masse	m	Kilogramm	kg		Wirkungsrichtung: Beliebig					
		Gramm			Wirkungsrichtung: Zum Erdmittelpunkt					
		Tonne			$g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ wird meist als Normfallbeschleunigung angegeben.					
längenbezogene Masse	m'	Kilogramm/Meter	kg/m		$m = l \cdot m'$ m' wird z.B. zur Berechnung der Masse von Profilen, Stäben und Rohren benutzt.					
flächenbezogene Masse	m''	Kilogramm/Quadratmeter	kg/m ²		$m = A \cdot m''$ m'' wird z.B. zur Berechnung der Masse von Blechen und Platten verwendet.					
Dichte	ρ	Kilogramm/Kubikmeter	kg/m ³		m³/kg = 1 000 dm³/kg = 1 dm³/g					
		Kilogramm/Kubikdezimeter								
		Gramm/Kubikzentimeter								
spezifisches Volumen	v	Kubikmeter/Kilogramm	m³/kg							
Stoffmenge	n	Mol	mol	Teilchenmenge = $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen						
Kraft Gewichtskraft	F F _G , G	Newton	N		mN					
					0,001	0,001	1			
					1 N	1 000	1			
					1 kN	1 000 000	1 000			
					1 MN	10 ⁹	100 000			
					$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg m/s}^2$					
Drehmoment	M	Newtonmeter	Nm		Nm					
					1 Ncm	1	0,01			
					1 Nm	100	1			
					1 kNm	100 000	1 000			
							1			

Größen									
Größe	Formel-zeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung					
		Name	Zeichen						
Temperatur	T t	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = -273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K					
Arbeit Energie Wärmemenge	W E, W Q	Joule	J	1 kWh 1 J 1 kJ 1 MJ	kWh 0,000 277,8 0,2778	J 1 1 000 1 000 000	3 600 000 1 1 000 1 000	kJ 0,001 1 1 000	MJ 0,000 001 0,001 0,001 1
				$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$					
Leistung	P	Watt	W	1 mW 1 W 1 kW 1 MW	mW 1 000 1 000 000 10^9	W 0,001 1 1 000 1 000 000	kW 0,000 001 0,001 1 1 000	MW 10 ⁻⁹ 0,000 001 0,001 1	
				$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$					
Druck	p	Pascal	Pa	1 Pa 1 kPa 1 MPa 1 mbar, hPa 1 bar 1 N/cm ²	Pa 1 000 1 000 000 100 100 000 10 000	mbar, hPa 0,01 10 10 000 1 000 100	bar 0,000 01 0,01 10 0,001 1 0,1	N/cm ² 0,000 1 0,1 100 0,01 10 1	
				$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2; \quad 1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2; \quad 1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$					
Mechanische Spannung	σ, τ	Newton/ Quadratmeter	N/m ²	1 N/m ² 1 N/cm ² 1 daN/cm ² 1 N/mm ²	N/m ² 10 000 100 000 1 000 000	N/cm ² 0,000 1 1 10	daN/cm ² 0,000 01 0,1 1	N/mm ² 0,000 001 0,01 0,1	
				$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$					
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	1 mA 1 A 1 kA	mA 1 000 1 000 000	A 0,001 1 1 000	kA 0,000 001 0,001 1		
Elektrische Spannung	U	Volt	V	1 mV 1 V 1 kV	mV 1 000 1 000 000	V 0,001 1 1 000	kV 0,000 001 0,001 1		
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	1 mΩ 1 Ω 1 kΩ 1 MΩ	mΩ 1 000 1 000 000 10^9	Ω 0,001 1 1 000 1 000 000	kΩ 0,000 001 0,001 1 1 000	ΜΩ 10 ⁻⁹ 0,000 001 0,001 1	

Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)

da (Deka) 10^1	130 Meter = $13 \cdot 10^1 \text{ m} = 13 \text{ dam}$	d (Dezi) 10^{-1}	0,1 Meter = $1 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 1 \text{ dm}$
h (Hekto) 10^2	300 Liter = $3 \cdot 10^2 \text{ l} = 3 \text{ hl}$	c (Centi) 10^{-2}	0,25 Meter = $25 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 25 \text{ cm}$
k (Kilo) 10^3	1500 Gramm = $1,5 \cdot 10^3 \text{ g} = 1,5 \text{ kg}$	m (Milli) 10^{-3}	0,004 Meter = $4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4 \text{ mm}$
M (Mega) 10^6	1 200 000 Watt = $1,2 \cdot 10^6 \text{ W} = 1,2 \text{ MW}$	μ (Mikro) 10^{-6}	0,000 015 Meter = $15 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 15 \mu\text{m}$
G (Giga) 10^9	20 500 000 000 Watt = $20,5 \cdot 10^9 \text{ W} = 20,5 \text{ GW}$	n (Nano) 10^{-9}	0,000 000 105 Meter = $105 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 105 \text{ nm}$
T (Tera) 10^{12}		p (Pico) 10^{-12}	

Griechisches Alphabet (Auswahl)

A α a Alpha	E ε e Epsilon	Λ λ I Lambda	P ρ r Rho	Φ φ f(ph) Phi
B β b Beta	H η e Eta	M μ m Mü	Σ σ s Sigma	X χ ch Chi
Γ γ g Gamma	Θ θ th Theta	N ν n Nü	T τ t Tau	Ψ ψ ps Psi
Δ δ d Delta	K κ k Kappa	Π π p Pi	Y υ ü Ypsilon	Ω ω o Omega

Indizes für Formelzeichen			DIN 1304 (Auszug)		
Index	Bedeutung	Index	Bedeutung	Index	Bedeutung
0	Leerlauf	amb	ambient = umgebend	ges	gesamt
1	Anfangszustand	b	Biegung	max	maximal
2	Endzustand	e	excedens = überschreitend	min	minimal
abs	absolut	eff	effektiv	zu	zulässig

Mathematische Zeichen (Auswahl)

Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung
...	bis, und so weiter bis	-	minus, weniger	Δ	Delta, Zeichen f. Differenz
=	gleich	\sqrt{a}	Quadratwurzel aus a	\cong	kongruent
\neq	nicht gleich, ungleich	$\cdot \times$	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	\sim	ähnlich
\sim	proportional	$:$ / -	durch, geteilt durch, dividiert durch	\overline{AB}	Strecke AB
\approx	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	%	Prozent, vom Hundert	\overarc{AB}	Bogen AB
\triangleq	entspricht	$\%_{\circ}$	Promille, vom Tausend	Σ	Summe
<	kleiner als	() [] { }	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	e	Eulersche Zahl $e = 2,718\ 281\ 828\dots$
>	größer als	\parallel	parallel	π	Pi = 3,14159...
\geq	größer oder gleich, mindestens gleich	\neq	nicht parallel	∞	unendlich
\leq	kleiner oder gleich, höchstens gleich	\perp	rechteckig zu, normal auf, senkrecht auf	log	Logarithmus (allgemein)
+	plus, mehr, und			lg	Zehnerlogarithmus
				ln	natürlicher Logarithmus

Anglo-amerikanische Einheiten

Länge	mm	m	Fläche	cm ²	m ²
inch (Zoll)	1 in	25,4	square inch	1 in ²	6,452
foot	1 ft	304,8	square foot	1 ft ²	929
yard	1 yd	914,4	square yard	1 yd ²	8361
statute mile	1 mile	-	acre	1 acre	-
nautical mile	1 n mile	1852	square mile	1 mile ²	4047
					2,59 km ²
1 mile = 1760 yd; 1 yd = 3 ft; 1 ft = 12 in					
Volumen	cm ³	dm ³ (l)	Masse	g	kg
cubic inch	1 in ³	16,387	grain	1 gr	0,0648
cubic foot	1 ft ³	28 317	dram	1 dram	1,772
cubic yard	1 yd ³	-	ounce	1 oz	28,35
US-gallon	1 gal	3 785	pound (libre)	1 lb	453,59
engl. gallon	1 gal	4 546	hundredweight	1 cwt	50 802
barrel	1 barrel	158,990	amer. ton	1 tn	50,802
			1 tn = 20 hw; 1 cwt = 112 lb; 1 lb = 16 oz		

Geschwindigkeit	m/s	km/h	Druck	N/cm ²	bar
foot per second	1 ft/s	0,3048	1,096	1 psi =	
statute mile per hour	1 mph	0,4470	1,609	1 lb/in ²	0,704
nautic mile per hour	1 kn	0,5147	1,852		0,0704

Temperatur

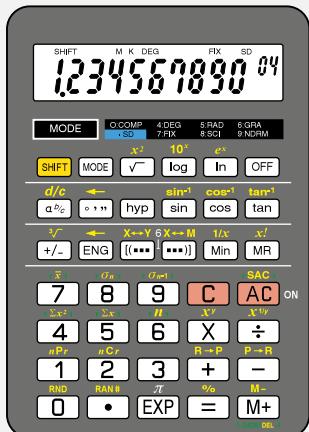
Temperatur in Grad Fahrenheit = $1,8 \cdot \text{Temperatur in Grad Celsius} + 32$
 Temperatur in Grad Celsius = $\frac{1}{1,8} \cdot (\text{Temperatur in Grad Fahrenheit} - 32)$

Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten

Druck	Energie, Arbeit	Leistung
1 at = 1 kp/cm ² 1 mm WS = 1 kp/m ² 1 mm Hg = 1 Torr	= 981 mbar = 0,098 mbar = 1,333 mbar	1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ = = $1,16 \cdot 10^{-3}$ kWh 1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm
		1 PS = 735 W = 0,735 kW = = 735 Nm/s 1 kW = 1,36 PS

Taschenrechner

M



*)

*) $1.234567890^{04} = 12345.67890$
 Exponent 0^4 : Komma stelle vier Stellen nach rechts verschieben
 $1.234567890^{-04} = 0.0001234567890$
 Exponent -04 : Komma stelle vier Stellen nach links verschieben

Anzeigenfeld (Display)	Anmerkungen			
Zahlenwertangabe Exponenten Sonderfunktionen	acht- oder zehnstellig – 99 bis +99 M = Speicher E = Überlauffunktion z.B. $x/0$ = unendlich			
Bedienfeld	Abkürzungen			
Ein-, Ausschaltfunktion Zifferntasten Punkttaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlöschtaste Speicherrückrufftaste Rechentasten Ausführungstaste Funktionstasten	ON – OFF 0 – 9 . C; CE; AC M; STO; M+; M-; Min MC MR; MRC; RCL +; –; \times ; \div =; %; $+/-$; x^2 ; $1/x$; x^n ; $([...])$; \sin ; \cos ; \tan ; x^3 ; \sqrt{x} ; $\sqrt[3]{x}$; π ; ...			
Umschalttaste	SHIFT / INV / 2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funktionstasten.			
Werteingabe/ Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wert- ausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	25 . 33	25.33	Mit der Punkttaste wird das Dezimalzeichen gesetzt.
Addition/ Subtraktion	$32,2 + 27,9 - 15,7 = ?$	32.2 + 27.9 - 15.7 =	44.4	Das Ergebnis wird durch Betätigen der „=“-Taste ausgegeben.
Prozent- rechnung	15 % von 3000 = ?	3000 SHIFT %	450	Die Prozenttaste bewirkt die Rechenoperation 1/100.
Klammer- rechnung	$\frac{12 [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	12 [2 - (1 - 6)] ÷ 20 ÷ 5 =	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammentaste)] so oft drücken, wie Klammern geöffnet wurden.
Quadrieren/ Potenzieren	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ $3,7^2 = ?$ $2^5 = ?$	$\pi \times 14$ SHIFT x^2 ÷ 4 = 3.7 SHIFT x^2 2 SHIFT x^y 5 =	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonderfunktionstaste π verwenden. Das Ergebnis wird ohne Betätigen der „=“-Taste ausgegeben. Zur Ausführung der Rechenoperation muss die „=“-Taste betätigt werden.
Wurzelziehen	$\sqrt{625} = ?$ $\sqrt[3]{125} = ?$	625 √ 125 SHIFT $\sqrt[3]{ }$ 5	25 5	Zuerst Radikant x eingeben und dann Wurzeltaste drücken.
Kehrwert	$20^{-1} = ?$ bzw. $\frac{1}{20} = ?$	20 SHIFT 1/x	0.05	Die Funktion 1/x errechnet, wie oft die betreffende Zahl in 1 enthalten ist.
Speicher- rechnung	254 + 157 – 23 + 88 = ?	254 Min 157 M+ 23 SHIFT M+ 28 M+ MR	476	M+ bewirkt Addition im Speicher. M- bewirkt Subtraktion im Speicher. MR Speicherwert wird ausgegeben. Min Festwert wird in Speicher eingetragen. Speicherwertlöschung: Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.

Winkelfunktionen

<p>Kathete a Hypotenuse c Kathete b</p>	<ul style="list-style-type: none"> Die den rechten Winkel bildenden Seiten a und b heißen Katheten. Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite c heißt Hypotenuse. Die dem spitzen Winkel α bzw. β anliegende Seite b bzw. a heißt Ankathete. Die dem spitzen Winkel α bzw. β gegenüberliegende Seite a bzw. b heißt Gegenkathete. <p>Die Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck werden Winkelfunktionen bzw. trigonometrische Funktionen genannt.</p>
---	---

Sinus = Gegenkathete / Hypotenuse		$\sin \alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin \alpha$ $c = \frac{a}{\sin \alpha}$		$\sin \beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \sin \beta$ $c = \frac{b}{\sin \beta}$
Cosinus = Ankathete / Hypotenuse		$\cos \alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos \alpha$ $c = \frac{b}{\cos \alpha}$		$\cos \beta = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \cos \beta$ $c = \frac{a}{\cos \beta}$
Tangens = Gegenkathete / Ankathete		$\tan \alpha = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \tan \alpha$ $b = \frac{a}{\tan \alpha}$		$\tan \beta = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \tan \beta$ $a = \frac{b}{\tan \beta}$
Cotangens = Ankathete / Gegenkathete		$\cot \alpha = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \cot \alpha$ $a = \frac{b}{\cot \alpha}$		$\cot \beta = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \cot \beta$ $b = \frac{a}{\cot \beta}$

Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiele)

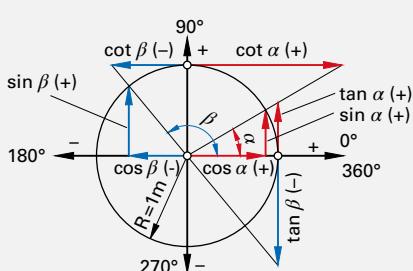
Beispiel: $a = 10 \text{ cm}; c = 50 \text{ cm}; \alpha = ?$

Lösung: $\sin \alpha = a : c = 10 \text{ cm} : 50 \text{ cm} = 0,2$

$10 : 50 = 0,2 \text{ (INV; 2ND) SIN}$

$\Rightarrow 11,536\ 96^\circ \text{ (INV; 2ND) } \circ' '' \Rightarrow 11^\circ 32' 12''$

Winkelfunktionen am Einheitskreis



Besondere Winkelfunktionswerte

Winkel α	0°	30°	45°	60°	90°
Sinus α	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1
Cosinus α	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
Tangens α	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞
Cotangens α	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0

Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck

	a, b, c α, β, γ	<p>Seitenlängen (mm) Winkel, die jeweils den Seiten a, b, c gegenüber liegen ($^\circ$)</p> <p>Sinussatz</p> $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$	<p>Kosinussatz</p> $a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$ $b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$
--	--------------------------------------	--	--

Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen

Prozentrechnen

Beispiel 1: Rohteil 3,36 kg; Fertigteil 2,8 kg; Verschnitt = ? %

$$\text{Lösung: Spanabfall} = 3,36 \text{ kg} - 2,8 \text{ kg} = 0,56 \text{ kg}$$

$$p = \frac{100 \cdot P}{G} = \frac{100 \cdot 0,56}{2,8} \% = 20 \%$$

Beispiel 2: Verkaufspreis (Endwert) 3600,00 €; Gewinn 20%; Einkaufspreis (Grundwert) = ? €

$$\text{Lösung: } G = \frac{100 \cdot E_{\max}}{100 + p} = \frac{100 \cdot 3600}{100 + 20} \text{ €} = 3000,00 \text{ €}$$

p Prozentsatz in %
Er gibt an, wie viel Hundertstel vom Grundwert zu nehmen sind.

G Grundwert
Er ist der Wert, auf den man sich beim Prozentrechnen bezieht.

P Prozentwert
Er ist der Teil des Grundwertes, der dem Prozentsatz entspricht. Er hat dieselbe Einheit wie der Grundwert.

E_{\max} Endwert (vermehrter Wert)
(Grundwert + Prozentwert)

E_{\min} Endwert (verminderter Wert)
(Grundwert – Prozentwert)

$$p = \frac{100 \cdot P}{G}$$

$$G = \frac{100 \cdot P}{p}$$

$$P = \frac{G \cdot p}{100}$$

$$G = \frac{100 \cdot E_{\max}}{100 + p}$$

$$G = \frac{100 \cdot E_{\min}}{100 - p}$$

Zinsrechnen

Beispiel 1: Ein Kapital von 2000,00 € wird für ein halbes Jahr zu 3 % verzinst. Wie hoch sind die Zinsen?

$$\text{Lösung: } z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100} = \frac{2000 \cdot 3 \cdot 0,5}{100} \text{ €} = 30,00 \text{ €}$$

z Zinsen in €

p Zinssatz in %

k Kapital in €

t Zeit in Jahren oder

Zeit in Tagen

Jahreszins

$$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100}$$

$$k = \frac{100 \cdot z}{p \cdot t}$$

$$p = \frac{100 \cdot z}{k \cdot t}$$

$$t = \frac{100 \cdot z}{k \cdot p}$$

Tageszins

$$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100 \cdot 360}$$

Beispiel 2: $p = 7,5\%$; $t = 90 \text{ Tage}$; $z = 281,25 \text{ €}$; $k = ? \text{ €}$

$$1 \text{ Zinsjahr} \triangleq 360 \text{ Tage}$$

$$1 \text{ Zinsmonat} \triangleq 30 \text{ Tage}$$

$$\text{Lösung: } k = \frac{100 \cdot 360 \cdot z}{p \cdot t} = \frac{100 \cdot 360 \cdot 281,25}{7,5 \cdot 90} \text{ €} = 15 \ 000,00 \text{ €}$$

Verhältnisrechnen

Beispiele:

Steigung, z. B. 1 : 50

Gefälle, z. B. 1 : 20

Übersetzungsverhältnis, z. B. 3,8 : 1 = 3,8

Verdichtung, z. B. 10,3 : 1 = 10,3

Der **Quotient** zweier Zahlen wird auch Verhältnis genannt.

Verhältnisgleichung (Proportion): Haben zwei Verhältnisse den gleichen Wert, so können sie durch Gleichheitszeichen verbunden werden. Man erhält eine Verhältnisgleichung mit 4 Gliedern.

$$a : b = \frac{a}{b}$$

$$a : b = c : d$$

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

Mischungsrechnen

Beispiel: 27,5 l Kühlflüssigkeit sollen im Verhältnis 4 : 7 (Gefrierschutzmittel zu Wasser) gemischt werden.

Gefrierschutzmittelmenge = ? l

Wassermenge = ? l

$$\text{Lösung: } m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x} = \frac{27,5 \cdot 4}{11} = 10 \text{ l}$$

$$m_2 = m - m_1 = 27,5 \text{ l} - 10 \text{ l} = 17,5 \text{ l}$$

$$\text{oder } m_2 = \frac{m \cdot x_2}{x} = \frac{27,5 \cdot 7}{11} = 17,5 \text{ l}$$

m Gesamtmenge

m_1 Teilmenge 1

m_2 Teilmenge 2

x Summe der Anteile

x_1 Anteil der Teilmenge 1

x_2 Anteil der Teilmenge 2

$$m = m_1 + m_2 + \dots$$

$$x = x_1 + x_2 + \dots$$

$$\frac{m}{m_1} = \frac{x}{x_1}$$

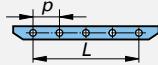
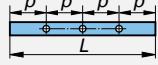
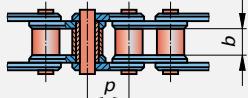
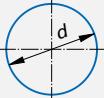
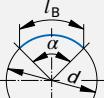
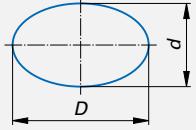
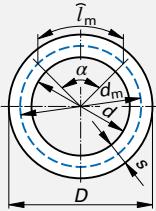
$$m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x}$$

$$x_1 = \frac{m_1 \cdot x}{m}$$

$$m = \frac{m_1 \cdot x}{x_1}$$

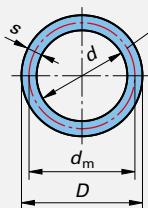
$$x = \frac{m \cdot x_1}{m_1}$$

Längen

Maßstäbe				
Vergrößerung	2 : 1	5 : 1	10 : 1	20 : 1
Natürliche Größe	1 : 1		Zeichnungslänge = wirkliche Länge	
Verkleinerung	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 20
I_z Länge auf der Zeichnung; Bildgröße (vergrößerte, verkleinerte oder wirkliche Länge) $\frac{I_w}{M}$ wirkliche Länge Maßstab (Verhältniszahl)				
$I_z = I_w \cdot M$ $I_w = \frac{I_z}{M}$ $M = \frac{I_z}{I_w}$				
Längenteilungen				
			Teilung p Lochabstand	Teilungszahl n Lochzahl
			$p = \frac{L}{n-1}$	$n = \frac{L}{p} + 1$
			$p = \frac{L}{n+1}$	$n = \frac{L}{p} - 1$
			$p = \frac{\pi \cdot d}{n}$	$n = \frac{\pi \cdot d}{p}$ $L = U = n \cdot p$ $L = U = \pi \cdot d$
Kettenlänge				
			L Kettenlänge p Teilung b Gliederbreite (Innenglied) X Gliederzahl	$L = p \cdot X$ $p = \frac{L}{X}$ $X = \frac{L}{p}$
Gebogene Längen				
			U Umfang d Durchmesser	$U = \pi \cdot d$ $d = \frac{U}{\pi}$
			l_B Bogenlänge d Durchmesser α Mittelpunktwinkel in °	$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot d}$ $d = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$
			U Umfang D Durchmesser d Durchmesser R Radius r Radius	$U \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$ $D \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d$ $d \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - D$ genauer: $U = \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$
			l_m gestreckte Länge, Länge der neutralen Faser d_m mittlerer Durchmesser D Außendurchmesser d Innendurchmesser α Mittelpunktwinkel in ° s Werkstoffdicke U_m mittlerer Umfang	$l_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ $U_m = \pi \cdot d_m$ $d_m = \frac{D+d}{2}$ $d_m = D - s$ $d_m = d + s$

Gestreckte Längen, Biegeradius, Kanten, Bördeln von Blechen

Gestreckte Längen



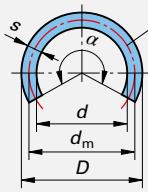
D Außendurchmesser
 d Innendurchmesser
 d_m mittlerer Durchmesser (Durchmesser der neutralen Faser)
 s Dicke
 l gestreckte Länge (Länge der neutralen Faser)
 α Mittelpunktwinkel

Beispiel (Kreisring):

$$D = 45 \text{ mm}; s = 4 \text{ mm}; l = ? \text{ mm}$$

$$d_m = D - s = 45 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$$

$$l = \pi \cdot d_m = \pi \cdot 41 \text{ mm} = 128,8 \text{ mm}$$


Beispiel (Kreisringausschnitt):

$$D = 53 \text{ mm}; s = 4 \text{ mm}; d_m = ?; \alpha = 250^\circ; l = ? \text{ mm}$$

$$d_m = D - s = 53 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$$

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 49 \text{ mm} \cdot 250^\circ}{360^\circ} = 106,9 \text{ mm}$$

Gestreckte Länge beim Kreisring

$$l = \pi \cdot d_m$$

Mittlerer Durchmesser

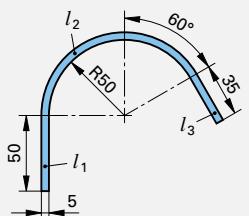
$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$

Gestreckte Länge beim Kreisringausschnitt

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Zusammengesetzte Längen z.B. Biegen von Flachstählen



R Biegeradius (Innenradius)
 d_m mittlerer Durchmesser
 s Dicke
 L zusammengesetzte Länge (gestreckte Länge)
 l_1, l_2 Teillängen
 α Mittelpunktwinkel

Beispiel (Zusammengesetzte Längen, Bild links):

$$R = 50 \text{ mm}; l_1 = 50 \text{ mm}; l_3 = 35 \text{ mm}; s = 5 \text{ mm};$$

$$\alpha = 60^\circ; d_m = ?; L = ? \text{ mm}$$

$$d_m = 2 \cdot R + s = 2 \cdot 50 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$$

- Einteilung in einzelne Längen
- Berechnung der einzelnen Längen
- Gesamtlänge ermitteln durch Addition der einzelnen Längen

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = l_1 + \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} + l_3$$

$$L = 50 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 105 \text{ mm} \cdot (90^\circ + 60^\circ)}{360^\circ} + 35 \text{ mm} = 222,4 \text{ mm}$$

Zusammengesetzte Längen

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

Meist ist bei Biegeteilen der Biegeradius r (Innenradius) gegeben, sodass gilt

$$d_m = 2 \cdot R + s$$

Kleinster zulässiger Biegeradius für Biegeteile aus Aluminium

vgl. DIN 5520

	Werkstoff	Werkstoffzustand	Dicke s in mm							
			0,8	1	1,5	2	3	4	5	6
			Mindest-Biegeradius r^1 in mm							
	AlMg3-01	Weich gegläutet	0,6	1	2	3	4	6	8	10
	AlMg3-H14	Kalt verfestigt	1,6	2,5	4	6	10	14	18	-
	AlMg4,5Mn-H12	Weich gegläutet, gerichtet	1	1,5	2,5	4	6	8	10	14
	AlMg4,5Mn-H111	Kalt verfestigt und gegläutet	1,6	2,5	4	6	10	16	20	25
	AlMgSi1-T6	Lösungsgeglüht und warm ausgelagert	4	5	8	12	16	23	28	38

¹⁾ für Biegeradius $\alpha = 90^\circ$, unabhängig von der Walzrichtung

Kleinster zulässiger Biegeradius für das Kaltbiegen von Stahl

vgl. DIN 6935

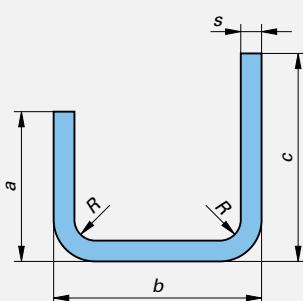
Mindestzugfestigkeit R_m in N/mm ² über ... bis	Kleinster Biegeradius ¹⁾ R für Blechdicken s in mm														
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
bis 390	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50

¹⁾ Werte gelten für Biegewinkel $\alpha < 120^\circ$ und Biegen quer zur Walzrichtung. Beim Biegen längs zur Walzrichtung und Biegewinkeln $\alpha > 120^\circ$ ist der Wert der nächsthöheren Blechdicke zu wählen. Für s kann auch t verwendet werden.

Kanten von Blechen

vgl. DIN 6935

Kanten von Blechen



Beim scharfkantigen Biegen von Blechen (Kanten) geht man davon aus, dass sich die neutrale Faser in Richtung des Innenradius verschiebt. Man rechnet deshalb bei der Berechnung der Biegelänge mit der Verkürzung. Vereinfachend wird die Zuschnittlänge auch über die Addition der Innenmaße des Kanteils berechnet.

L Zuschnittlänge = gestreckte Länge
 a, b, c Außenmaß der Schenkel
 s Blechdicke in mm
 n Anzahl der Biegestellen
 v Ausgleichswert (aus Tabelle) in mm

Zuschnittlänge (mit Verkürzung)

$$L = a + b + c + \dots - v \cdot n$$

Zuschnittlänge (Faustformel)
(Für Blechdicken $s < 2$ mm)

$$L = a + b + c + \dots - 2 \cdot s \cdot n$$

Beispiel – Ermittlung der Zuschnittlänge mit Verkürzung:

$a = 25$ mm, $b = 30$ mm; $c = 35$ mm; $s = 1,5$ mm; $n = 2$;

$R = 1,6$ mm; $v = 2,9$ mm (aus Tabelle)

$$L = a + b + c - n \cdot v$$

$$L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 2,9 = 84,2 \text{ mm}$$

Beispiel – Ermittlung der Zuschnittlänge mit Faustformel:

$a = 25$ mm, $b = 30$ mm; $c = 35$ mm; $s = 1,5$ mm; $n = 2$;

$R = 1,6$ mm

$$L = a + b + c - 2 \cdot s \cdot n$$

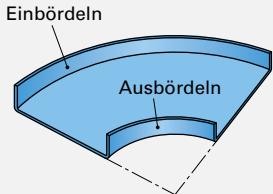
$$L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \cdot 2 = 84 \text{ mm}$$

Ausgleichswerte v für Biegewinkel $\alpha = 90^\circ$

vgl. Beiblatt 2 zu DIN 6935 (1983-02)

Biegeradius R in mm	Ausgleichswert v je Biegestelle in mm für Blechdicke s in mm														
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10
1	1,0	1,3	1,7	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	1,3	1,6	1,8	2,1	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	1,6	2,0	2,2	2,4	3,2	4,0	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	2,5	2,8	3,0	3,7	4,5	5,2	6,0	6,9	—	—	—	—	—	—
6	—	—	3,4	3,8	4,5	5,2	5,9	6,7	7,5	8,3	9,0	9,9	—	—	—
10	—	—	—	5,5	6,1	6,7	7,4	8,1	8,9	9,6	10,4	11,2	12,7	—	—
16	—	—	—	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5	11,2	11,9	12,6	13,3	14,8	17,8	21,0
20	—	—	—	9,8	10,4	11,0	11,6	12,2	12,8	13,4	14,1	14,9	16,3	19,3	22,3
25	—	—	—	11,9	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,2	16,8	18,2	21,1	24,1
32	—	—	—	15,0	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2	19,8	21,0	23,8	26,7
40	—	—	—	18,4	19,0	19,6	20,2	20,8	21,4	22,0	22,6	23,2	24,5	26,9	29,7
50	—	—	—	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7	26,3	26,9	27,5	28,8	31,2	33,6

Bördeln von Blechrändern (Verformungsgrad)



Bördeln ist das scharfkantige Biegen entlang einer Kurve. Bördelungen (Borde) haben folgende Aufgabe:

- Randversteifung
- Vorbereitung von Blechteilen für das Fügen, z.B. Schweißflansche, Falzvorbereitung etc.

Man unterscheidet nach der Materialbeanspruchung

Ausbördeln: Werkstoff wird gestreckt

Einbördeln: Werkstoff wird gestaucht

Die Materialbeanspruchung beim Umformen (Verformungsgrad ϵ) muss kleiner als die Bruchdehnung A sein. Evtl. muss das Blech wärmebehandelt werden (Rekristallisationsglühen).

Beispiel:

Verformungsgrad ermitteln

$$R = 120 \text{ mm}; b = 10 \text{ mm};$$

aus Tabelle: $A = 28\%$ (DC01); $\epsilon = ?$ in %;

$$\epsilon = \frac{b \cdot 100 \%}{R} = \frac{10 \text{ mm} \cdot 100 \%}{120 \text{ mm}} = 8,3 \%$$

$\epsilon < A$: Eine Umformung ist ohne Wärmebehandlung möglich.

$$\epsilon = \frac{b \cdot 100 \%}{R}$$

ϵ Verformungsgrad in %

R Krümmungsradius des Bördels in mm

b Bördelbreite in mm

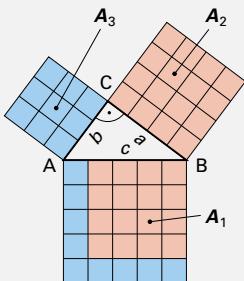
A Bruchdehnung in %

$$\epsilon < A$$

Flächen, Volumen

Lehrsatz des Pythagoras

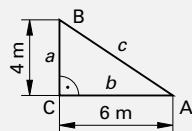
M



Beim rechtwinkligen Dreieck ist die Fläche des Hypotenenusquadrates gleich der Summe der Flächen der beiden Kathetenquadrate.

c Hypotenuse – die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite
 a, b Katheten – die den rechten Winkel bildenden Seiten
 A_1, A_2, A_3 Flächen

Beispiel: $a = 4 \text{ m}$; $b = 6 \text{ m}$; $c = ? \text{ m}$



$$\text{Lösung: } c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (6 \text{ m})^2} = \sqrt{16 \text{ m}^2 + 36 \text{ m}^2} = \sqrt{52 \text{ m}^2} = 7,21 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 + A_3$$

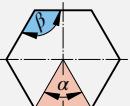
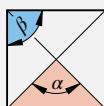
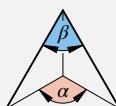
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

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

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

Regelmäßige Vielecke



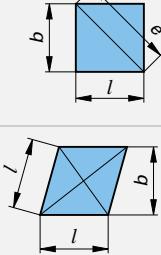
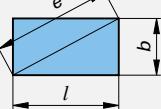
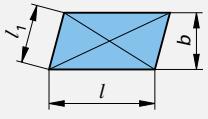
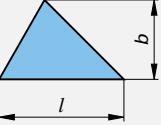
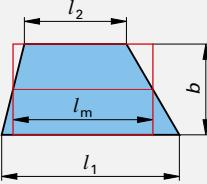
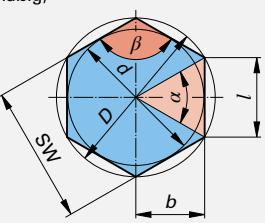
Für regelmäßige Vielecke gilt:

$$\text{Innenwinkel } \alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

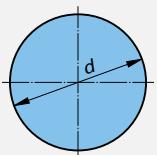
$$\text{Außenwinkel } \beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n} \quad \beta = 180^\circ - \alpha$$

n Anzahl der Ecken

Regelmäßiges Vieleck n Anzahl der Ecken	Umkreis-Ø D Eckenmaß e	Innenkreis-Ø d Schlüsselweite SW	Seitenlänge l Umfang U	Gesamtfläche A
Dreieck $n=3$ 	$D = 1,154 \cdot l$ $D = 2 \cdot d$	$d = 0,578 \cdot l$ $d = 0,5 \cdot D$	$l = 0,866 \cdot D$ $l = 1,730 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,325 \cdot D^2$ $A = 1,299 \cdot d^2$ $A = 0,433 \cdot l^2$
Quadrat $n=4$ 	$D = 1,414 \cdot l$ $D = 1,414 \cdot d$ $D = e$	$d = l$ $d = 0,707 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,707 \cdot D$ $l = d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,5 \cdot D^2$ $A = d^2$ $A = l^2$
Sechseck $n=6$ 	$D = 2 \cdot l$ $D = 1,155 \cdot d$ $D = e$	$d = 1,732 \cdot l$ $d = 0,866 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,5 \cdot D$ $l = 0,577 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,649 \cdot D^2$ $A = 0,866 \cdot d^2$ $A = 2,598 \cdot l^2$
Achteck $n=8$ 	$D = 2,614 \cdot l$ $D = 1,082 \cdot d$ $D = e$	$d = 2,414 \cdot l$ $d = 0,924 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,383 \cdot D$ $l = 0,414 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,707 \cdot D^2$ $A = 0,829 \cdot d^2$ $A = 4,828 \cdot l^2$
Zwölfeck $n=12$ 	$D = 3,864 \cdot l$ $D = 1,035 \cdot d$ $D = e$	$d = 3,732 \cdot l$ $d = 0,966 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,259 \cdot D$ $l = 0,268 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,750 \cdot D^2$ $A = 0,804 \cdot d^2$ $A = 11,196 \cdot l^2$

Geradlinig begrenzte Flächen					
Quadrat (Raute)	$b = l$	$A = l^2$	$l = \sqrt{A}$	$b = l$	$e = \sqrt{2} \cdot l^2 = 1,414 \cdot l$
Rhombus (Raute)		$A = l \cdot b$	$l = \frac{A}{b}$	$b = \frac{A}{l}$	$U = 4 \cdot l$
Rechteck		$A = l \cdot b$	$b = \frac{A}{l}$ $l = \frac{A}{b}$	$l = \frac{U - 2 \cdot b}{2}$	$b = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$
Rhomboid (Parallelogramm)		$A = l \cdot b$	$l = \frac{A}{b}$	$l = \frac{U - 2 \cdot l_1}{2}$	$b = \frac{A}{l}$ $l_1 = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$
Dreieck		$A = \frac{l \cdot b}{2}$	$l = 2 \cdot \frac{A}{b}$	$b = 2 \cdot \frac{A}{l}$	$U = \text{Summe aller Seiten}$
Trapez		$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$	$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$	$b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$	$l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$
Viereck (regelmäßig)		$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$	$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$	$\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$	$U = l \cdot n$
	α Innenwinkel β Außenwinkel SW Schlüsselweite D Umkreisdurchmesser d Inkreisdurchmesser	$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $l = D \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$ $b = \frac{SW}{2} = \frac{d}{2}$	$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$	A Gesamtfläche d Inkreisdurchmesser n Anzahl der Ecken l Seitenlänge b Breite	
A Fläche l Länge l_m mittlere Länge b Breite U Umfang e Eckmaß					

M

Kreisförmig oder bogenförmig begrenzte Flächen
Kreis

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{A}{0,785}}$$

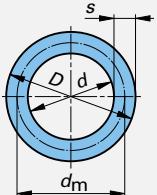
$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$U = \pi \cdot d$$

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

$$A = 0,785 \cdot d^2$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

Kreisring

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

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

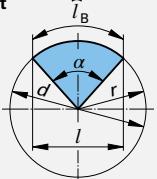
$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi \cdot d_m \cdot s$$

$$A = A_2 - A_1$$

Kreisausschnitt (Sektor)

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

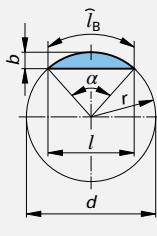
$$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$$

$$U = l_B + 2 \cdot r$$

l_B Bogenlänge*α* Mittelpunktswinkel

$$A = \frac{l_B \cdot r}{2}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Kreisabschnitt (Segment)

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

$$b = r - \sqrt{r^2 - l^2/4}$$

$$b = \frac{l}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4}$$

$$l = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot b \cdot r - b^2}$$

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$r = \frac{b}{2} + \frac{l^2}{8 \cdot b}$$

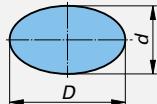
$$r = \frac{2 \cdot A - b \cdot l}{l_B - l}$$

l Länge (Sehne)*b* Breite (Bogenhöhe)

$$A = \frac{l_B \cdot r - l \cdot (r - b)}{2}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r - b)}{2}$$

$$A \approx \frac{2 \cdot l \cdot b}{3}$$

Ellipse

$$D = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d}$$

$$U \approx \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

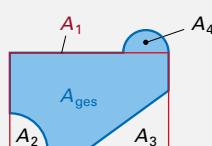
$$d = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot D}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

genauer:

$$U \approx \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$$

D große Achse
d kleine Achse

Zusammengesetzte Flächen


Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung ihrer Gesamtfläche in Teilstücke zerlegt.

Durch Addition und Subtraktion der Teilstücke erhält man die Gesamtfläche.

$$A_{\text{ges}} = A_1 - A_2 - A_3 + A_4$$

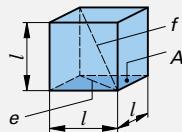
Allgemein gilt:

$$A_{\text{ges}} = A_1 \pm A_2 \pm A_3 \pm \dots$$

<i>A</i>	Fläche	<i>D, d</i>	Durchmesser
<i>U</i>	Umfang	<i>R, r</i>	Radius

<i>l_B</i>	Bogenlänge	<i>b</i>	Breite (Bogenhöhe)
<i>l</i>	Länge (Sehne)	<i>b</i>	Breite

<i>α</i>	Mittelpunktwinkel
<i>d_m</i>	mittlerer Durchmesser

Gleichdicke Körper**Würfel**

$$l = \sqrt[3]{V}$$

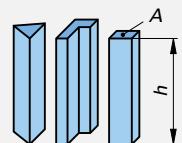
$$\begin{aligned} e &= 1,414 \cdot l \\ f &= 1,732 \cdot l \\ l_{\text{ges}} &= 12 \cdot l \end{aligned}$$

$$A_M = 4 \cdot A = 4 \cdot l^2$$

$$A_O = 6 \cdot A = 6 \cdot l^2$$

$$V = l \cdot l \cdot l$$

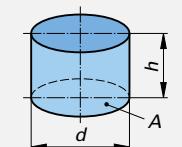
$$V = l^3$$

Prisma

$$A = \frac{V}{h}$$

$$h = \frac{V}{A}$$

$$V = A \cdot h$$

Zylinder

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$$

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

$$A = \frac{V}{h}$$

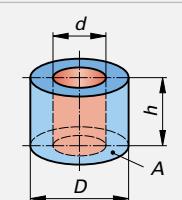
$$h = \frac{V}{A}$$

$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$A_O = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

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

$$V = A \cdot h$$

Hohlzylinder

$$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

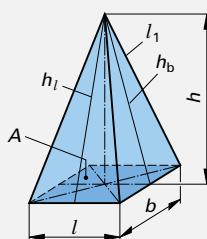
$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A_O = \pi \cdot h \cdot (D + d) + 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h$$

$$V = (A_2 - A_1) \cdot h$$

$$V = V_2 - V_1$$

Spitze Körper**Pyramide**

$$h = \frac{3 \cdot V}{l \cdot b} \quad b = \frac{3 \cdot V}{l \cdot h} \quad l = \frac{3 \cdot V}{b \cdot h}$$

$$A = \frac{3 \cdot V}{h} \quad h = \frac{3 \cdot V}{A}$$

$$h_l = \sqrt{h^2 + b^2/4}$$

$$h_b = \sqrt{h^2 + l^2/4}$$

$$l_1 = \sqrt{h_b^2 + b^2/4}$$

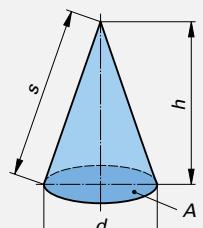
$$l_1 = \sqrt{h_l^2 + l^2/4}$$

$$A_M = h_l \cdot l + h_b \cdot b$$

$$A_O = A_M + A$$

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

Kegel

$$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$$

$$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$$

$$A = \frac{3 \cdot V}{h}$$

$$h = \frac{3 \cdot V}{A}$$

$$A_M = \pi \cdot r \cdot \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$A_M = \frac{\pi \cdot d \cdot s}{2}$$

$$A_M = \pi \cdot r \cdot s$$

$$s = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$A_O = A_M + A$$

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$$

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

V Volumen **l** Länge

h_l Mantelhöhe über l

r Radius

e Eckenmaß
(Flächendiagonale)

A Fläche **b** Breite

h_b Mantelhöhe über b

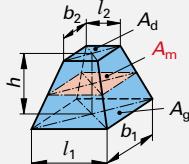
A_M Mantelfläche

h Höhe **D, d** Durchmesser

s Mantelhöhe

A_O Oberfläche

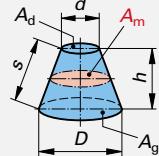
f Raumdiagonale

Abgestumpfte Körper**Pyramidenstumpf**

$$A_m = \frac{A_g + A_d}{2}$$

$$V = \frac{h \cdot (A_g + A_d + \sqrt{A_g \cdot A_d})}{3}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

Kegelstumpf

$$A_m = \frac{A_g + A_d}{2}$$

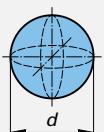
$$A_M = \frac{\pi \cdot (D + d) \cdot s}{2}$$

$$s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)}{12}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

$$A_o = A_d + A_M + A_g$$

Kugel**Vollkugel**

$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{V}{0,524}}$$

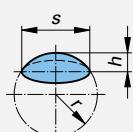
$$d \approx 1,24 \cdot \sqrt[3]{V}$$

$$A_0 = \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

$$V = 0,524 \cdot d^3$$

**Kugelabschnitt
(Kugelsegment)**

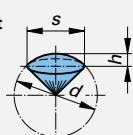
$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$A_M = \frac{\pi \cdot (s^2 + 4 \cdot h^2)}{4}$$

$$A_0 = \pi \cdot h \cdot (4 \cdot r - h)$$

$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(r - \frac{h}{3}\right)$$

$$V = \pi \cdot h \cdot \left(\frac{s^2}{8} + \frac{h^2}{6}\right)$$

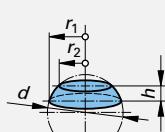
**Kugelausschnitt
(Kugelsektor)**

$$A_M = A_0$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot (4 \cdot h + s)}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot V}{\pi \cdot h}}; \quad h = \frac{6 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$$

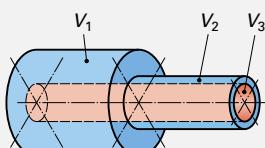
$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{6}$$

**Kugelschicht
(Kugelzone)**

$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$A_0 = \pi \cdot (d \cdot h + r_1^2 + r_2^2)$$

$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (3 \cdot r_1^2 + 3 \cdot r_2^2 + h^2)}{6}$$

Zusammengesetzte Körper

Zusammengesetzte Körper werden zur Berechnung ihres Gesamtvolumens in Teilkörper zerlegt.

Durch Addition und Subtraktion der Teilkörper erhält man das Gesamtvolume.

$$V_{\text{ges}} = V_1 + V_2 - V_3$$

Allgemein gilt:

$$V_{\text{ges}} = V_1 \pm V_2 \pm V_3 \pm \dots$$

V Volumen

A_0 Oberfläche

A Fläche

b Breite

d_m mittlerer Durchmesser

A_m Mittelfläche

A_d Deckfläche

h Höhe

r Halbmesser

s Mantelhöhe, Länge

A_g Grundfläche

A_M Mantelfläche

l Länge

D, d Durchmesser