



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Tabellenbuch Land- und Baumaschinentechnik

Tabellen

Formeln

Übersichten

Normen

- Mathematik • 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
Düsseldorfer 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, Marktoberdorf, 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

Auszubildende, 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, Qualitätssicherung und Kostenrechnen behandelt.

Maschinenelemente und Hydraulik. Hier sind Normteile wie z.B. Schrauben, Muttern, Splinte, Lager und Anschlagmittel 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 Regels 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 Kälteflüssigkeiten, 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 Kühl-, 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, Ladevorschriften, Ladungssicherung und Bremsenprüfung.

Inhaltsverzeichnis

Mathematik

Betriebsführung

Maschinenelemente,
Hydraulik

Grundkenntnisse

Werkstofftechnik

Technische
DokumentationFachkenntnisse
• Fahrzeugtechnik
• Landmaschinentechnik
• 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

Amazonen-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 KGaA 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

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-Baumman, Cavaion, Italien

Atlas Copco Kompressoren- und

Drucklufttechnik GmbH, Essen

G. Auwärter GmbH & Co

(Neoplan), Stuttgart

Basrijs BV, Rijsbergen, Niederlande

Bayer CropScience, Langenfeld

Behr Hella Service GmbH, Schwäbisch Hall

bema GmbH, Voltlage-Weese

Otto Boge GmbH & Co. KG, Bielefeld

Bosch Rexroth AG, Lohr am Main

Bressel und Lade Maschinenbau GmbH,

Visselhövede-Schwitschen

Christiansen's Bioland-Hof, Esperstoft-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 Flötzingler

Gerätetechnik GmbH, Polling

Carl Freudenberg, Weinheim/Bergstraße

Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik,

Ludwigsburg

Girling-Bremssens GmbH, Koblenz

Gasurit GmbH, Münster/Westfalen

Globaljig, Deutschland GmbH,

Cloppenburg

Glyco-Metall-Werke B.V. & Co. KG,

Wiesbaden/Schierstein

Goetze AG, Burscheid

Grau-Bremse, Heidelberg

Grimme GmbH & Co. KG, Damme

GVS Agrar AG, Schaffhausen, Schweiz

Hazer-Werk, Hermann Zerver, Remscheid

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, Seiten: 438/1-4; 439/3-4

Lenken GmbH & Co.KG, Seiten: 409/4,9;

410/5; 413/4-7; 434/2,5; 436/1; 437/1-3;

Liebherr GmbH, Seiten: 355/3,4; 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, Seite: 409/3; 414/10

HAMEG GmbH, Frankfurt/Main

Hengst Filterwerke, Nienkamp

HAMM AG, Tirschenreuth

Fritz Hintermayr, Bing-Vergaser-Fabrik,

Nürnberg

Hetronic Swiss AG, Härkingen

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

Kaesser 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

Kühnle, Kopp und Kausch AG,

Frankenthal/Pfalz

Kuhn Maschinen-Vertrieb GmbH,

Genthin-Schopisdorf GmbH, Soest

Landwirtschaftliches Technologiezentrum

Augustenberg, Außenstelle Stuttgart

Lely International N. V., Maassluis,

Niederlande

Leumker-Werke, Königswinter

Lux 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

Schärmüller 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

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 Farnspritztechnik 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

Stirnemann 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
Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch	49
Kraftstoffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge	51
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmischung	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

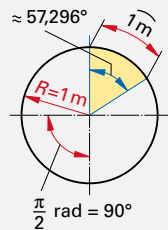
Berechnungen Elektrotechnik

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 Einheitensystem (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 Strom- stärke	Thermo- dynamische Tem- peratur	Stoffmenge	Licht- stärke			
Basiseinheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela			
Kurzzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd			
Größen										
Größe	Formel- zeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
Länge	l	Meter	m		m	dm	cm	mm		
Breite	b			1 km	1 000	10 000	100 000	1 000 000		
Höhe, Tiefe	h			1 m	1	10	100	1 000		
Radius, Halbmesser	r			1 dm	0,1	1	10	100		
Durchmesser	d			1 cm	0,01	0,1	1	10		
Strecke	s			1 mm	0,001	0,01	0,1	1		
Dicke	δ, d			1 μ m	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001		
Fläche	A, S			Quadrat- meter	m ²		m ²	dm ²	cm ²	mm ²
Querschnittsfläche	S, q	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		
		1 km ²	1 000 000							
1 ha = 100 a = 10 000 m ² = 0,01 km ²										
Volumen	V	Kubik- meter	m ³		m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³		
Rauminhalt				1 m ³	1	1 000	1 000 000			
				1 dm ³ (l)	0,001	1	1 000	1 000 000		
				1 cm ³ (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000		
				1 mm ³		0,000 001	0,001	1		
1 l = 1 dm ³ = 1 000 cm ³										
Zeit	t	Sekunde	s		d	h	min	s		
Zeitspanne				1 s	0,000 69	0,000 278	0,01667	1		
Dauer				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 Jahr	a	~ 8 760	~ 525 600	~ 31 536 000		
					Zeitspanne: 3 h = 3 Stunden					
					Zeitpunkt: 3 ^h = 3:00 Uhr					
Winkel	α, β, γ ... φ	Radiant	rad	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit $R = 1$ m einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
				$\frac{1 \text{ rad} = 1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}} \quad 1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$						
	Vollwinkel			1 Vollwinkel = $2 \cdot \pi$ rad						
	Grad			°	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$					
	Minute			'	$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10\,800} \text{ rad}$					
	Sekunde			"	$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648\,000} \text{ rad}$					
Gon	gon	$1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$								

Größen								
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
Geschwindigkeit	v	Meter/Sekunde	m/s		m/s	m/min	km/h	
Umfangsgeschwindigkeit	v	Kilometer/Stunde	km/h	1 km/h	0,2778	16,667	1	
Lichtgeschwindigkeit	c			1 m/min	0,016 67	1	0,06	
Winkelgeschwindigkeit	ω	Radiant/ Sekunde	rad/s	1 m/s	1	60	3,6	
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036	
Frequenz	f, ν	Hertz	Hz	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde				
		reziproke Sekunde	1/s	1 Hz = 1/s = s ⁻¹				
Drehzahl	n	reziproke Minute	1/min	1/s = 60/min				
Kreisfrequenz	ω	reziproke Sekunde	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
Periodendauer	T	Sekunde	s					
Beschleunigung	a	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s ²	Wirkungsrichtung: Beliebig				
örtliche Fallbeschleunigung	g			Wirkungsrichtung: Zum Erdmittelpunkt $g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ wird meist als Normfallbeschleunigung angegeben.				
Winkelbeschleunigung	α	Radiant/ Sekunde hoch zwei	rad/s ²					
Masse	m	Kilogramm	kg		g	kg	Mg (t)	
Gewicht als Wäageergebnis		Gramm	g	1 kg	1 000	1	0,001	
		Tonne	t	1 g	1	0,001	0,000 001	
				1 Mg (t)	1 000 000	1 000	1	
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		g/cm ³	kg/dm ³	kg/m ³	
		Kilogramm/ Kubikdezimeter	kg/dm ³	1 kg/m ³	0,001	0,001	1	
				1 kg/dm ³	1	1	1 000	
		Gramm/ Kubikzentimeter	g/cm ³	1 g/cm ³	1	1	1 000	
				1 kg/l	1	1	1 000	
				1 g/l	0,001	0,001	1	
spezifisches Volumen	ν	Kubikmeter/ Kilogramm	m ³ /kg	1 m³/kg = 1 000 dm³/kg = 1 dm³/g				
Stoffmenge	n	Mol	mol	Teilchenmenge = 6,022 · 10 ²³ Teilchen				
Kraft	F	Newton	N		mN	N	daN	kN
Gewichtskraft	F_G, G			1 mN	1	0,001	0,000 1	0,000 001
				1 N	1 000	1	0,1	0,001
				1 kN	1 000 000	1 000	100	1
				1 MN	10 ⁹	1 000 000	100 000	1 000
				1 N = 1 kg · 1 m/s² = 1 kg m/s²				
Drehmoment	M	Newtonmeter	Nm		Ncm	Nm	kNm	
				1 Ncm	1	0,01	0,000 01	
				1 Nm	100	1	0,001	
				1 kNm	100 000	1 000	1	

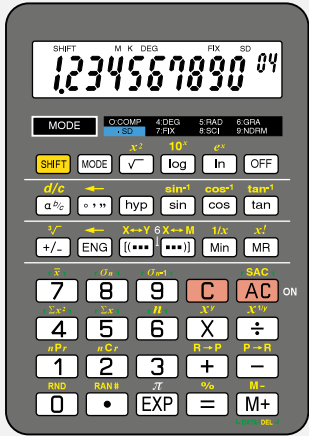
M

Größen									
Größe	Formelzeichen	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		kWh	J	kJ	MJ	
				1 kWh	1	3 600 000	3 600	3,6	
				1 J	0,000	1	0,001	0,000 001	
				1 kJ	277 8	1 000	1	0,001	
				1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000	1	
				1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m²/s²					
Leistung	P	Watt	W		mW	W	kW	MW	
				1 mW	1	0,001	0,000 001	10 ^{−9}	
				1 W	1 000	1	0,001	0,000 001	
				1 kW	1 000 000	1 000	1	0,001	
				1 MW	10 ⁹	1 000 000	1 000	1	
				1 W = 1 J/s = 1 Nm/s					
Druck	p	Pascal	Pa		Pa	mbar, hPa	bar	N/cm²	
				1 Pa	1	0,01	0,000 01	0,000 1	
				1 kPa	1 000	10	0,01	0,1	
				1 MPa	1 000 000	10 000	10	100	
				1 mbar, hPa	100	1	0,001	0,01	
				1 bar	100 000	1 000	1	10	
				1 N/cm²	10 000	100	0,1	1	
				1 Pa = 1 N/m²; 1 bar = 10 N/cm²; 1 mbar = 1 hPa					
Mechanische Spannung	σ, τ	Newton/ Quadratmeter	N/m²		N/m²	N/cm²	daN/cm²	N/mm²	
				1 N/m²	1	0,000 1	0,000 01	0,000 001	
				1 N/cm²	10 000	1	0,1	0,01	
				1 daN/cm²	100 000	10	1	0,1	
				1 N/mm²	1 000 000	100	10	1	
				1 N/m² = 1 Pa					
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A		mA	A	kA		
				1 mA	1	0,001	0,000 001		
				1 A	1 000	1	0,001		
				1 kA	1 000 000	1 000	1		
Elektrische Spannung	U	Volt	V		mV	V	kV		
				1 mV	1	0,001	0,000 001		
				1 V	1 000	1	0,001		
				1 kV	1 000 000	1 000	1		
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω		mΩ	Ω	kΩ	MΩ	
				1 mΩ	1	0,001	0,000 001	10 ^{−9}	
				1 Ω	1000	1	0,001	0,000 001	
				1 kΩ	1 000 000	1 000	1	0,001	
				1 MΩ	10 ⁹	1 000 000	1 000	1	
Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)									
da (Deka)	10 ¹	130 Meter = 13 · 10 ¹ m = 13 dam			d (Dezi)	10 ^{−1}	0,1 Meter = 1 · 10 ^{−1} m = 1 dm		
h (Hekto)	10 ²	300 Liter = 3 · 10 ² l = 3 hl			c (Centi)	10 ^{−2}	0,25 Meter = 25 · 10 ^{−2} m = 25 cm		
k (Kilo)	10 ³	1500 Gramm = 1,5 · 10 ³ g = 1,5 kg			m (Milli)	10 ^{−3}	0,004 Meter = 4 · 10 ^{−3} m = 4 mm		
M (Mega)	10 ⁶	1 200 000 Watt = 1,2 · 10 ⁶ W = 1,2 MW			μ (Mikro)	10 ^{−6}	0,000 015 Meter = 15 · 10 ^{−6} m = 15 μm		
G (Giga)	10 ⁹	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10 ⁹ W = 20,5 GW			n (Nano)	10 ^{−9}	0,000 000 105 Meter = 105 · 10 ^{−9} m = 105 nm		
T (Tera)	10 ¹²				p (Pico)	10 ^{−12}			
Griechisches Alphabet (Auswahl)									
A α a	Alpha	E ε e	Epsilon	Λ λ l	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	Τ τ t	Tau	Ψ ψ ps	Psi
Δ δ d	Delta	K κ k	Kappa	Π π p	Pi	Υ 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 <i>a</i>	≅	kongruent		
≠	nicht gleich, ungleich	· ×	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	~	ähnlich		
~	proportional	: / —	durch, geteilt durch, dividiert durch	∠	Winkel		
≈	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	%	Prozent, vom Hundert	\overline{AB}	Strecke AB		
△	entspricht	‰	Promille, vom Tausend	\widehat{AB}	Bogen AB		
<	kleiner als	() [] { }	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	Σ	Summe		
>	größer als		parallel	e	Eulersche Zahl e = 2,718 281 828...		
≥	größer oder gleich, mindestens gleich	≠	nicht parallel	π	Pi = 3,14159...		
≤	kleiner oder gleich, höchstens gleich	⊥	rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf	∞	unendlich		
+	plus, mehr, und			log	Logarithmus (allgemein)		
				lg	Zehnerlogarithmus		
				ln	natürlicher Logarithmus		
Anglo-amerikanische Einheiten							
Länge		mm	m	Fläche		cm ²	m ²
inch (Zoll)	1 in	25,4	0,025	square inch	1 in ²	6,452	–
foot	1 ft	304,8	0,305	square foot	1 ft ²	929	0,0931
yard	1 yd	914,4	0,914	square yard	1 yd ²	8361	0,836
statute mile	1 mile	–	1609,34	acre	1 acre	–	4047
nautical mile	1 n mile	–	1852	square mile	1 mile ²	–	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	0,0164	grain	1 gr	0,0648	–
cubic foot	1 ft ³	28 317	28,317	dram	1 dram	1,772	–
cubic yard	1 yd ³	–	764,555	ounce	1 oz	28,35	0,028
US-gallon	1 gal	3 785	3,785	pound (libre)	1 lb	453,59	0,454
engl. gallon	1 gal	4 546	4,546	hundredweight	1 cwt	50 802	50,802
barrel	1 barrel	–	158,990	amer. ton	1 tn	–	1016
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 fps	0,3048	1,096	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in ²	0,704	0,0704
statute mile per hour	1 mph	0,4470	1,609				
nautic mile per hour	1 kn	0,5147	1,852				
Temperatur							
Temperatur in Grad Fahrenheit = 1,8 · 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 = 981 mbar		1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ =			1 PS = 735 W = 0,735 kW =		
1 mm WS = 1 kp/m ² = 0,098 mbar		= 1,16 · 10 ^{–3} kWh			= 735 Nm/s		
1 mm Hg = 1 Torr = 1,333 mbar		1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm			1 kW = 1,36 PS		

Taschenrechner

M



*)

*) $1.234567890^{04} = 12345.67890$
Exponent 04 : Kommastelle vier Stellen nach rechts verschieben
 $1.234567890^{-04} = 0.0001234567890$
Exponent $^{-04}$: Kommastelle 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 Punkttaaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlöschtaaste Speicherrückruftaaste Rechentasten Ausführungstaaste Funktionstaasten	ON – OFF 0 – 9 . C; CE; AC M; STO; M+; M–; Min MC MR; MRC; RCL +; –; ×; ÷ = %; +/–; x^2 ; $1/x$; x^n ; [(...)]; sin; cos; tan; x^3 ; \sqrt{x} ; $\sqrt[3]{x}$; π ; ...
Umschalttaaste	SHIFT / INV / 2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funktionstaasten.

Werteingabe/ Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wert- ausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	2 5 . 3 3	25.33	Mit der Punkttaaste 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 = ?	3000×15 SHIFT %	450	Die Prozenttaaste bewirkt die Rechenoperation 1/100.
Klammer- rechnung	$\frac{12 [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	$12 \times [2 - (1 - 6)]$ $\div 20 \div 5 =$	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammertaste $)$ 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 $\div 4 =$ 3.7 SHIFT x^2 2 SHIFT x^y 5 $=$	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonderfunktionstaaste 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 $\sqrt{}$ 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. Speicherwrtlöschung: Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.

Winkelfunktionen

M

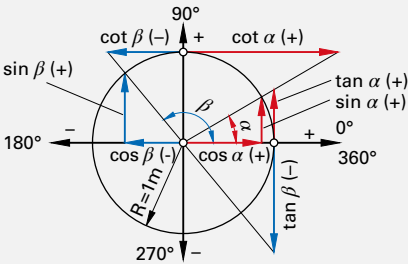
	<ul style="list-style-type: none">Die den rechten Winkel bildenden Seiten a und b heißen Katheten.Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite c heißt Hypotenuse.Die dem spitzen Winkel α bzw. β anliegende Seite b bzw. a heißt Ankathete.Die dem spitzen Winkel α bzw. β gegenüberliegende Seite a bzw. b heißt Gegenkathete. <p>Die Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck werden Winkelfunktionen bzw. trigonometrische Funktionen genannt.</p>
<div>Sinus = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$</div>	<div>$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$a = c \cdot \sin \alpha$$c = \frac{a}{\sin \alpha}$</div> <div>$\sin \beta = \frac{b}{c}$$b = c \cdot \sin \beta$$c = \frac{b}{\sin \beta}$</div>
<div>Cosinus = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$</div>	<div>$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$b = c \cdot \cos \alpha$$c = \frac{b}{\cos \alpha}$</div> <div>$\cos \beta = \frac{a}{c}$$a = c \cdot \cos \beta$$c = \frac{a}{\cos \beta}$</div>
<div>Tangens = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$</div>	<div>$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$a = b \cdot \tan \alpha$$b = \frac{a}{\tan \alpha}$</div> <div>$\tan \beta = \frac{b}{a}$$b = a \cdot \tan \beta$$a = \frac{b}{\tan \beta}$</div>
<div>Cotangens = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$</div>	<div>$\cot \alpha = \frac{b}{a}$$b = a \cdot \cot \alpha$$a = \frac{b}{\cot \alpha}$</div> <div>$\cot \beta = \frac{a}{b}$$a = b \cdot \cot \beta$$b = \frac{a}{\cot \beta}$</div>

Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiele)

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

$10 \div 50 = 0,2$ (INV; 2ND) SIN $\Rightarrow 11,536\,96^\circ$ (INV; 2ND) ° ' " $\Rightarrow 11^\circ 32' 12''$

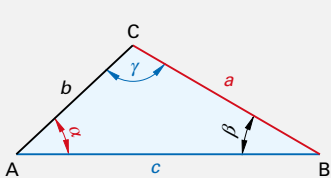
Winkelfunktionen am Einheitskreis



Besondere Winkelfunktionswerte

Winkel α	0°	30°	45°	60°	90°
Funktion					
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 Seitenlängen (mm)
 α, β, γ Winkel, die jeweils den Seiten a, b, c gegenüber liegen ($^\circ$)

Sinussatz

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

Kosinussatz

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

Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen

Prozentrechnen

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

Lösung: Spanabfall = 3,36 kg – 2,8 kg = 0,56 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) = ? €

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?

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

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

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

z Zinsen in €
 p Zinssatz in %
 k Kapital in €
 t Zeit in Jahren oder Zeit in Tagen

1 Zinsjahr \triangleq 360 Tage
1 Zinsmonat \triangleq 30 Tage

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

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

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 Kühflüssigkeit sollen im Verhältnis 4 : 7 (Gefrierschutzmittel zu Wasser) gemischt werden.

Gefrierschutzmittelmenge = ? l

Wassermenge = ? l

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

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

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

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

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

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

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

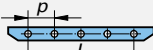
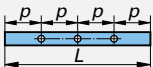
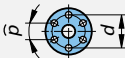
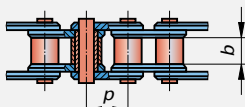
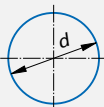
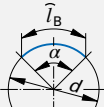
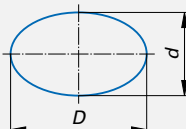
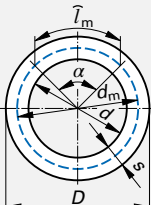
$$m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x}$$

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

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

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

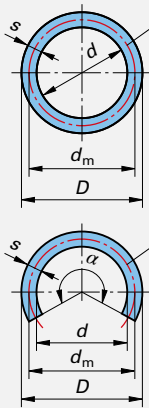
Längen

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

M

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 Mittelpunktswinkel

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

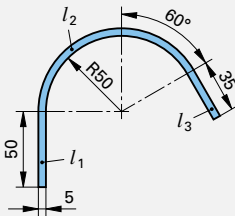
$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$

Gestreckte Länge beim Kreisringausschnitt

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

Zusammengesetzte Längen z.B. Biegen von Flachstählen



1. Einteilung in einzelne Längen
2. Berechnung der einzelnen Längen
3. Gesamtlänge ermitteln durch Addition der einzelnen Längen

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

Beispiel (Zusammengesetzte Längen, Bild links):
 $R = 50 \text{ mm}$; $l_1 = 50 \text{ mm}$; $l_3 = 35 \text{ mm}$; $s = 5 \text{ mm}$;
 $\alpha = 60^\circ$; $d_m = ?$; $L = ? \text{ mm}$
 $d_m = 2 \cdot R + s = 2 \cdot 50 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$

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

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

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 gegläht	0,6	1	2	3	4	6	8	10
AlMg3-H14	Kalt verfestigt	1,6	2,5	4	6	10	14	18	–
AlMg4,5Mn-H112	Weich gegläht, gerichtet	1	1,5	2,5	4	6	8	10	14
AlMg4,5Mn-H111	Kalt verfestigt und gegläht	1,6	2,5	4	6	10	16	20	25
AlMgSi1-T6	Lösungsgegläht 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

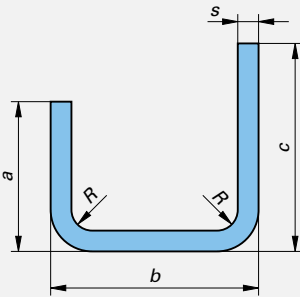
Mindestzugfestigkeit R_m in N/mm ² über ... bis	Kleinster Biegeradius ¹⁾ R für Blechdicken s in mm													
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20
bis 390	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	40
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	45
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	50

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 r 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 $s < 2 \text{ mm}$)

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

Beispiel – Ermittlung der Zuschnittlänge mit Verkürzung:

$a = 25 \text{ mm}$, $b = 30 \text{ mm}$; $c = 35 \text{ mm}$; $s = 1,5 \text{ mm}$; $n = 2$;
 $R = 1,6 \text{ mm}$; $v = 2,9 \text{ mm}$ (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:

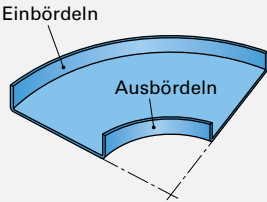
$a = 25 \text{ mm}$, $b = 30 \text{ mm}$; $c = 35 \text{ mm}$; $s = 1,5 \text{ mm}$; $n = 2$;
 $R = 1,6 \text{ mm}$
 $L = a + b + c - 2 \cdot s \cdot n$
 $L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \cdot 2 = 84 \text{ mm}$

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

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

Biege- radius 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. Bördeln (Borde) haben folgende Aufgabe:

- Randversteifung
- Vorbereitung von Blechteilen für das Fügen, z.B. Schweißflansche, Falz-vorbereitung 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); $\epsilon = ? \text{ in } \%$;

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

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

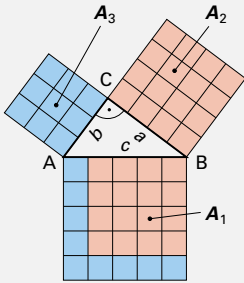
$$\epsilon = \frac{b \cdot 100 \%}{R}$$

$$\epsilon < A$$

- ϵ Verformungsgrad in %
- R Krümmungsradius des Bördels in mm
- b Bördelbreite in mm
- A Bruchdehnung in %

Flächen, Volumen

Lehrsatz des Pythagoras



Beim rechtwinkigen Dreieck ist die Fläche des Hypotenusenquadrates gleich der Summe der Flächen der beiden Kathetenquadrate.

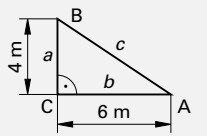
$$A_1 = A_2 + A_3$$

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

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

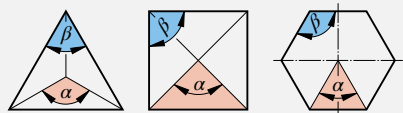
Beispiel: $a = 4\text{ m}$; $b = 6\text{ m}$; $c = ?\text{ m}$

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



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

Regelmäßige Vielecke



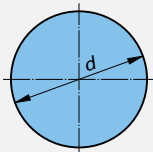
Für regelmäßige Vielecke gilt:

Innenwinkel $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$
Außenwinkel $\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$
 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 $n = 12$	 $D = 3,864 \cdot l$ $D = 1,035 \cdot d$ $D = e$	$d = 3,732 \cdot l$ $d = 0,966 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,259 \cdot D$ $l = 0,268 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,750 \cdot D^2$ $A = 0,804 \cdot d^2$ $A = 11,196 \cdot l^2$

Kreisförmig oder bogenförmig begrenzte Flächen

Kreis



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

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

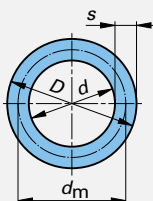
$$U = \pi \cdot d$$

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

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

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

Kreisring



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

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

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

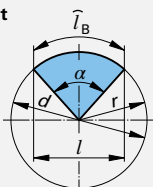
$$A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

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

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

$$A = A_2 - A_1$$

Kreisausschnitt (Sektor)



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

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

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

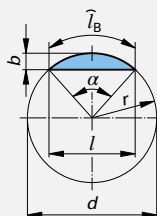
l_B Bogenlänge

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)

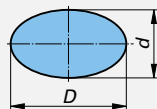
$$U = l + l_B$$

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

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

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

Ellipse



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

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

genauer:

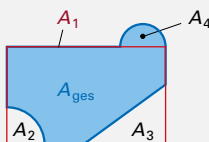
$$U \approx \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$$

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

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

D große Achse
 d kleine Achse

Zusammengesetzte Flächen



Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung ihrer Gesamtfläche in Teilflächen zerlegt.

Durch Addition und Subtraktion der Teilflächen erhält man die Gesamtfläche.

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

Allgemein gilt:

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

A Fläche

D, d Durchmesser

R, r Radius

l_B Bogenlänge

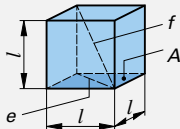
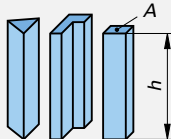
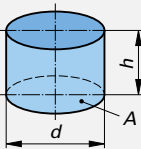
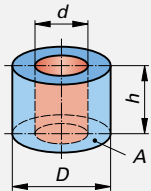
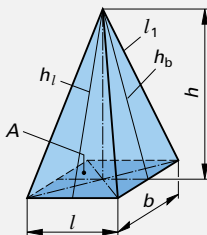
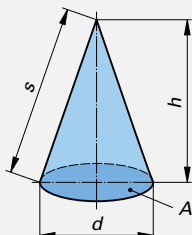
l Länge (Sehne)

b Breite (Bogenhöhe)

b Breite

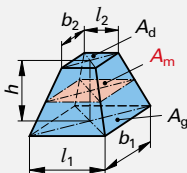
α Mittelpunktswinkel

d_m mittlerer Durchmesser

Gleichdicke Körper						
Würfel			$l = \sqrt[3]{V}$ $e = 1,414 \cdot l$ $f = 1,732 \cdot l$ $l_{\text{ges}} = 12 \cdot l$ $A_M = 4 \cdot A = 4 \cdot l^2$ $A_O = 6 \cdot A = 6 \cdot l^2$		<div>$V = l \cdot l \cdot l$ $V = l^3$</div>	
Prisma			$A = \frac{V}{h}$ $h = \frac{V}{A}$		<div>$V = A \cdot h$</div>	
Zylinder			$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{V}{h}$ $A_M = \pi \cdot d \cdot h$ $A_O = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$		<div>$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = A \cdot h$</div>	
Hohlzylinder			$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$ $D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $A_O = \pi \cdot h \cdot (D + d) + 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$		<div>$V = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h$ $V = (A_2 - A_1) \cdot h$ $V = V_2 - V_1$</div>	
Spitze Körper						
Pyramide			$h = \frac{3 \cdot V}{l \cdot b}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $h_l = \sqrt{h^2 + b^2/4}$ $l_1 = \sqrt{h_b^2 + b^2/4}$ $A_M = h_l \cdot l + h_b \cdot b$ $A_O = A_M + A$		<div>$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$</div>	
Kegel			$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $A_M = \pi \cdot r \cdot \sqrt{h^2 + r^2}$ $A_M = \pi \cdot r \cdot s$ $A_O = A_M + A$		<div>$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$</div>	
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	f Raumdiagonale		
h Höhe	D, d Durchmesser	s Mantelhöhe	A _O Oberfläche			

Abgestumpfte Körper

Pyramidenstumpf

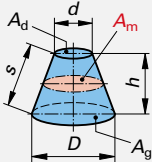


$$A_m = \frac{A_g + A_d}{2}$$

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

$$V \approx A_m \cdot h$$

Kegelstumpf



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

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

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

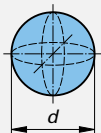
$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)}{12}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

$$A_o = A_d + A_m + A_g$$

Kugel

Vollkugel



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

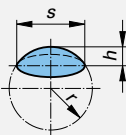
$$d \approx 1,24 \cdot \sqrt[3]{V}$$

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

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

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

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

Kugelabschnitt
(Kugelsegment)

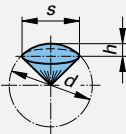
$$A_m = \pi \cdot d \cdot h$$

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

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

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

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

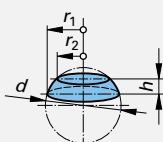
Kugelausschnitt
(Kugelsektor)

$$A_m = A_o$$

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

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

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

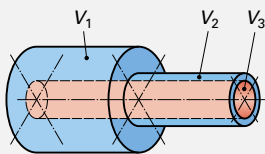
Kugelschicht
(Kugelzone)

$$A_m = \pi \cdot d \cdot h$$

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

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

Zusammengesetzte Körper



Zusammengesetzte Körper werden zur Berechnung ihres Gesamtvolumens in Teilkörper zerlegt.

Durch Addition und Subtraktion der Teilkörper erhält man das Gesamtvolumen.

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

Allgemein gilt:

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

V Volumen

A_o 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