

Bildquellenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren mit Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

ALLIGATOR GmbH,
Giengen a. d. Brenz,
Seite: 368/1

Audi AG,
Neckarsulm, Ingolstadt,
Seiten: 240/1, 2; 241/1, 2;
260/2; 292/1, 296/3; 301/1;
302/1–4; 335/1, 3; 341/2;
343/2; 347/2; 356/6; 367/3;
400/1–3; 401/1; 423/4; 494/1;
495/1; 501/1, 3; 505/2–3

Autoliv B.V. & Co. KG,
Elmshorn, Seite: 425/2

Beru-Borg Warner GmbH,
Ludwigsburg,
Seiten: 272/5, 6; 473/2–10

BMW AG,
München,
Seiten: 25/1; 240/7, 8; 342/1, 3;
349/1; 351/2; 503/3

Robert Bosch GmbH,
Stuttgart,
Seiten: 30/4; 59/1; 89/6;
258/1–3; 261/1; 269/4;
272/1–3; 275/1, 3; 276/2, 3;
281/1, 2; 288/1; 346/1; 426/1;
462/1, 4; 469/1; 471/1, 2; 480/3,
5, 7; 481/2–3, 5; 483/1, 2;
514/1

Car-O-Liner Deutschland GmbH,
Babenhausen,
Seite: 406/6

Continental Teves AG & Co oHG,
Frankfurt,
Seiten: 372/5–6; 381/1

DUNLOP GmbH,
Hanau/Main,
Seiten: 357/1 links; 361/3

Gewerbeaufsichtsamt,
München,
Seite: 303/1

Hella KG, Hueck & Co,
Lippstadt,
Seiten: 236/3; 454/1–7; 455/2

Honda Motor Co, Ltd.,
Seite: 240/5, 6

Huf Hülsbeck & Fürst GmbH & Co KG,
Velbert, Seite: 367/4, 5

Hunter Deutschland GmbH,
Greifenberg am Ammersee,
Seiten: 347/1, 7, 8

Michael Immler GmbH,
Immenstadt, Seite: 365/4, 5

Jost Group GmbH & Co KG,
Rockinger, München,
Seite: 544/1

Knorr Bremse, GmbH,
München, Seite: 388/1

Liqui Moly, Ulm,
Seite: 333/2

LuK GmbH, Bühl/Baden,
Seiten: 310/2; 311/2

MAHLE Behr GmbH & Co KG,
Stuttgart, Seite: 507/1

MAN Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg AG,
München, Seite: 286/1

Mann und Hummel,
Ludwigsburg, Seite: 236/1

Mercedes-Benz Group,
Stuttgart,
Seiten: 231/5; 354/1;
356/1, 4, 5, 9; 424/1;

Metzeler-Pirelli Reifen GmbH,
München,
Seite: 357/1 rechts

MICHELIN Reifenwerke AG & Co. KGaA,
Karlruhe,
Seite 365/2, 3, 6

NGK/NTK Europa GmbH,
Ratingen, Seite: 481/1

OZ Deutschland,
Biberach, Seite: 366/1

Dr. Ing. h. c. F. Porsche,
Stuttgart,
Seiten: 240/3, 4; 372/7

Rheinmetall Automotive,
Neckarsulm, Seite: 237/2

Ringfeder power transmission,
Groß-Umstadt, Seite: 543/1, 2

TAK Akademie Deutsches Kraftfahrtgewerbe GmbH,
Bonn, Seite: 550/2, 4

TOYOTA Deutschland GmbH,
Köln, Seite: 297/2, 3

Volkswagen AG,
Wolfsburg,
Seiten: 234/2; 303/2, 3;
322/1, 2; 323/1–3; 356/2, 3, 7, 8;
373/2; 399/2, 3; 502/2

Wabco Westinghouse GmbH,
Hannover, Seite: 389/4

ZF Getriebe GmbH,
Saarbrücken,
Seiten: 313/1; 325/1; 342/2;
350/1

ZF Aftermarket, Sachs,
Friedrichshafen,
Seite 314/1-16

Alle Bilder im Buch ohne Quellenangaben wurden vom Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern oder den Autoren erstellt und bearbeitet.



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik

Tabellen

Formeln

Übersichten

Normen

- Mathematik • Betriebsführung • Grundkenntnisse • Werkstoffkunde
- Zeichnen • Fachkenntnisse Kraftfahrzeugtechnik • Elektrische Anlage
- Vorschriften

17. Auflage

Lektorat: Rolf Gscheidle a. D., Studiendirektor

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

Europa-Nr.: 20566 ohne Formelsammlung

Europa-Nr.: 2056X mit Formelsammlung

Autoren des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik:

Fischer, Richard	Studiendirektor a. D.	Polling
Gscheidle, Rolf	Studiendirektor a. D.	Winnenden
Gscheidle, Tobias	Studiendirektor	Sindelfingen – Filderstadt
Heider, Uwe	Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG	Neckarsulm – Ellhofen
Hohmann, Berthold	Oberstudiendirektor	Eversberg
van Huet, Achim	Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor a. D.	München
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ingenieur Oberstudienrat	Aachen – Hückelhoven
Mann, Jochen	Oberstudiendirektor	Stuttgart – Schorndorf
Schlägl, Bernd	Studiendirektor	Gaggenau – Rastatt
Steidle, Bernhard	Studiendirektor	Stuttgart – Neckarsulm
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a. D.	Berghülen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor a. D., Winnenden

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

17. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2023

Druck 6 5

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

ISBN 978-3-8085-2127-4 ohne Formelsammlung

ISBN 978-3-8085-2137-3 mit Formelsammlung

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz und Layout: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: Mercedes-Benz Group, Stuttgart und © Anna Om – Fotolia.com

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Vorwort

Die neu gestaltete und umfassend überarbeitete Auflage des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik dient als Nachschlagewerk von kraftfahrzeugtechnischen Problemstellungen in Service, Reparatur, Diagnose sowie Um- und Nachrüstung. Alle technisch aktuellen Themen wurden neu aufgenommen und die Bilder und Tabellen sind nach methodischen und didaktischen Gesichtspunkten gestaltet.

Zielgruppen

Auszubildende, Facharbeiter, Techniker, Meister und Studierende des Bereiches Kraftfahrzeugtechnik.

Hinweise für den Benutzer

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

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

Griffleiste. Um ein schnelles Auffinden der 8 Sachgebiete zu ermöglichen, ist jedem Abschnitt eine Griffmulde zugeordnet.

Inhalt

Mathematik. Das Kapitel ist gegliedert in allgemeine Grundlagen und fachspezifische Berechnungen am Kraftfahrzeug.

Bei den Formeln werden zwei Gleichungsarten unterschieden:

Größengleichungen nach DIN 1313 (**rot** 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.

Grundkenntnisse. In diesem Kapitel sind Grundkenntnisse der Physik, Chemie, Informationstechnik sowie des Steuerns und Regelns tabellarisch dargestellt. Ebenso sind metalltechnische Grundlagen, Fügetechniken, Normteile und die Grundlagen der Zerspantechnik übersichtlich zusammengestellt.

Werkstoffkunde. Aufbau, Herstellung und Arten von Kraftstoffen sowie weitere Betriebs- und Hilfsstoffe sind nach neuester Norm zusammengestellt. Aktuelle Kühleigenschaften, Kältemittel und AdBlue wurden aufgenommen.

Zeichnen. Hier sind geometrische Grundkonstruktionen, grafische Darstellungen und alle notwendigen Normen, Grenzabmaße und Passungen zum Technischen Zeichnen aufgeführt.

Fachkenntnisse. Dieses Kapitel umfasst wichtige kraftfahrzeugtechnische Inhalte, dargestellt in tabellarischer Form. Vorangestellt sind Tabellen mit Fahrzeugdaten von Pkw, Krafträder, Nkw und Traktoren.

In den Unterkapiteln **Motor, Antriebsstrang, Fahrwerk** und **Fahrzeugbau** sind technische Neuerungen, wie z. B. Kühl-, Schmier- und Gemischbildungssysteme, Abgasnachbehandlung, Hybridantriebe, E-Maschine, IT-Netz, Freischalten von Elektrofahrzeugen, automatisierte Schaltgetriebe, Reifen, Ventile, Abschnittsreparatur, Lackieren sowie EBS-Druckluftbremsanlage, neu aufgenommen.

Elektrische Anlage. Hier sind alle wichtigen elektrischen Geräte und Systeme behandelt. Neu aufgenommen sind: Neue Bus- und Komfortsysteme, Hochvolt-Technik, Fehlersuchpläne, Fahrerassistenzsysteme.

Vorschriften. In diesem Kapitel sind wichtige kraftfahrzeugtechnische Vorschriften sowie Vorschriften zur Unfallverhütung nach den neuesten technischen und gesetzlichen Bestimmungen zusammengestellt, wie z.B. Gefährdungskennlinien, Vorschriften E-Mobilität, Nkw-Ladevorschriften, Ladungssicherung und Bremsenprüfung Nkw.

Sommer 2017

Die Autoren des Arbeitskreises Kfz-Technik

Inhaltsverzeichnis 5

Mathematik 6 ... 96

Inhaltsverzeichnis 97

Betriebsführung 98 ... 118

Inhaltsverzeichnis 119

Grundkenntnisse 120 ... 160

Inhaltsverzeichnis 161

Werkstoffkunde 162 ... 198

Inhaltsverzeichnis 199

Zeichnen 200 ... 216

Inhaltsverzeichnis 217

Fachkenntnisse 218 ... 426

Inhaltsverzeichnis 427

Elektrische Anlage 428 ... 514

Inhaltsverzeichnis 515

Vorschriften 516 ... 559

M

B

G

W

Z

F

E

V

Firmenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und Informationsmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

Alcan Aluminiumwerke GmbH
Werk Nürnberg

ALLIGATOR GmbH,
Giengen an der Brenz

ARAL AG, Bochum

Audatex Deutschland, Minden

Audi AG
Ingoldstadt, Neckarsulm

Behr GmbH & Co, Stuttgart

Beissbarth GmbH
Automobil Servicegeräte
München

Beru-BorgWarner
Federal-Mogul
Ludwigsburg

BMW
Bayrische Motoren-Werke AG
München

Continental Teves AG & Co, OHG
Frankfurt

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart

Case-Steyr
Landmaschinen-technik GmbH
St.Valentin Österreich

Citroen Deutschland AG, Köln

Continental Aftermarket GmbH,
Eschborn

Dataliner Richtsysteme
Ahlerstedt

DEKRA AG, Stuttgart

Deutsche BP AG, Hamburg

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung
München

Deutz Fahr Agrarsysteme GmbH
Lauingen

Dhollandia Deutschland GmbH,
Glinde

Ducati Motor Deutschland
Köln

DUNLOP GmbH, Hanau/Main

J. Eberspächer, Esslingen

ESSO AG, Essen

FAG Kugelfischer
Georg Schäfer AG
Schweinfurt

Fendt Agro, Marktoberdorf

Ferrari Deutschland GmbH
Wiesbaden

Ford-Werke AG, Köln

Getrag, Getriebe- und
Zahnradfabrik GmbH
Ludwigsburg

Gewerbeaufsichtsamt
München-Land

GKN Löbro GmbH
Offenbach/Main

Glasurit GmbH
Münster, Westfalen

Graubremse GmbH, Heidelberg

Hella KG, Hueck & Co, Lippstadt

HONDA DEUTSCHLAND GMBH
Offenbach/Main

Huf Hülsbeck & Fürst
GmbH & Co KG
Velbert

Michael Immler GmbH
Immenstadt

IVECO-Magirus AG, Ulm

John Deere, Bruchsal

Josam Richttechnik GmbH
Henstedt-Ulzburg

Koch Achsmessanlagen
Wennigsen

Knorr-Bremse GmbH
München

KTM Sportmotorcycles AG,
Mattighofen/Österreich

LuK GmbH, Bühl / Baden

MAHLE GmbH, Stuttgart

MAN Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg AG,
München

Mann und Hummel, Filterwerke
Ludwigsburg

Mazda Motors Deutschland GmbH
Leverkusen

MCC
Micro Compact Car GmbH
Böblingen

Mercedes-Benz Group,
Stuttgart,

Messer-Griesheim GmbH
Frankfurt/Main

Metzeler Reifen GmbH,
Techn. Kundendienst
München

Michelin Reifenwerke
AG & Co KGaA
Karlsruhe

MSI Motorservice
International GmbH
Kolbenschmidt
Pierburg / Neckarsulm

NGK, Ratingen

OMV AG, Wien

Adam Opel AG, Rüsselsheim

OZ Deutschland GmbH
Biberach

Piaggio Gilera Deutschland GmbH
Dieburg

Pirelli Deutschland GmbH
Breuberg

Dr .Ing. h.c. F. Porsche AG
Stuttgart

Renault Nissan Deutschland AG
Brühl

Ringfeder VBG Group
Truck Equipment
Krefeld

SCANIA Deutschland GmbH
Koblentz

Siemes Deutschland, München

SKF Kugellagerfabriken GmbH
Schweinfurt

Spicer Gelenkwellenbau GmbH
Essen

Subaru Deutschland GmbH
Friedberg/Hessen

Sun Electric Deutschland GmbH
Mettmann

Technolit GmbH, Großlüder

Temic Elektronik, Nürnberg

Toyota Deutschland GmbH
Köln

TÜV, München

Volkswagen AG, Wolfsburg

Wabco Westinghouse GmbH
Hannover

ZF Friedrichshafen AG
Freidrichshafen

ZF Getriebe GmbH
Saarbrücken

ZF Sachs AG, Schweinfurt

Grundlagen

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

M

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
Riementrieb, Zahnradtrieb	44

B

Berechnungen Motor

Hubraum, Verdichtung, Kolbengeschwindigkeit, Gasdruck, Kolbenkraft, Kurbeltrieb	47
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit	50
Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch	51
Kraftstoffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge	53
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmischung	54
Motor-, Nutz- und Innenleistung, Wirkungsgrad, innere Arbeit, Hubraumleistung	55

G

W

Berechnungen Antriebsstrang (Kraftübertragung)

Kupplung, Wechselgetriebe	61
Achsgetriebe, Gesamtübersetzung	65
Antriebskraft an den Antriebsrädern, Drehmoment, Leistung, Fahrgeschwindigkeit	66
Ausgleichsgetriebe, Kreuzgelenke, Gelenkwellen	68
Fahrwiderstände, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrschaubild	70

Z

Berechnungen Fahrwerk

Achskräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktabstand, Federberechnung	74
Lenkung: Spur, Spurdifferenzwinkel, Lenkgetriebe, Gesamtübersetzung der Lenkung	77
Bremsen: Mechanische, hydraulische Übersetzung, Leitungsdruck, Spannkraft	79
Gesamtübersetzung, Umfangskraft, Bremsmoment, Trägheitskraft, Bremskraft	81
Bremsarbeit, -leistung, -prüfung, Abbremsung	83

F

Berechnungen Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz, Widerstand	85
Spannungsabfall, Stromdichte, Leitungsberechnung	86
Schaltung von Widerständen	87
Spannungsteiler, Messbrücke (Wheatstonesche Brücke)	88
Kondensatoren, Elektrische Leistung und Arbeit, Wirkungsgrad	89
Batterie	90
Magnetisches Feld, Elektrisches Feld	91
Wechselstrom	92
Schaltung von Wechselstromwiderständen	93
Stern- und Dreieckschaltung, Transformator, Antennen	94
Elektronische Bauelemente, Winkel und Zeiten beim Zündvorgang	95
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung	96

E

V

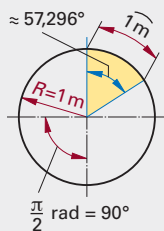
SI-Basiseinheiten

Die Einheiten im Messwesen sind im internationalen Einheitensystem (SI = System 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 Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung				
Länge	l	Meter	m		m	dm	cm	mm
Breite	b			1 km	1000	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 μm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001
Fläche	A, S	Quadratmeter	m^2		m^2	dm^2	cm^2	mm^2
Querschnittsfläche	S, q	Ar Hektar	a ha	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	Kubikmeter	m^3		m^3	dm^3 (l)	cm^3 (ml)	mm^3
Rauminhalt		Liter	l, L	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		Minute Stunde Tag Jahr	min h d a	1 s		0,000 278	0,01667	1
Dauer				1 min	0,000 69	0,016 67	1	60
				1 h	0,041 67	1	60	3 600
				1 d	1	24	1 440	86 400
				1 a	~365	~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	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				
				$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}}$		$1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$		
		Vollwinkel		1 Vollwinkel = $2 \cdot \pi$ rad				
		Grad	°	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$				
		Minute	'	$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10800} \text{ rad}$				
		Sekunde	"	$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648000} \text{ rad}$				
		Gon	gon	$1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$				

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung			
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	0,01667	1	0,06
Winkelgeschwindigkeit	ω	Radian/ 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	Radian/ 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
				1 kg/m ³	0,001	0,001	1
		Kilogramm/Kubikdezimeter	kg/dm ³	1 kg/dm ³	1	1	1 000
				1 g/cm ³	1	1	1 000
		Gramm/Kubikzentimeter	g/cm ³	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

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung				
Temperatur	T t	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = - 273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K				
Arbeit	W	Joule	J		kWh	J	kJ	MJ
Energie	E, W			1 kWh	1	3600 000	3600	3,6
Wärmemenge	Q			1 J		1	0,001	0,000 001
				1 kJ	0,000 277 8	1000	1	0,001
				1 MJ	0,277 8	1000 000	1000	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	1000	1	0,001	0,000 001
				1 kW	1000 000	1000	1	0,001
				1 MW	10 ⁹	1000 000	1000	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 mbar, hPa	100	1	0,001	0,01
				1 bar	100 000	1000	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	1000	1	0,001	
				1 kA	1000 000	1000	1	
Elektrische Spannung	U	Volt	V		mV	V	kV	
				1 mV	1	0,001	0,000 001	
				1 V	1000	1	0,001	
				1 kV	1000 000	1000	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	1000 000	1000	1	0,001
				1 MΩ	10 ⁹	1000 000	1000	1

Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)

da (Deka) 10¹	300 Liter = 3 · 10² l = 3 hl	d (Dezi) 10⁻¹	0,1 Meter = 1 · 10⁻¹ m = 1 dm
h (Hekto) 10²		c (Centi) 10⁻²	0,25 Meter = 25 · 10⁻² m = 25 cm
k (Kilo) 10³	1500 Gramm = 1,5 · 10³ g = 1,5 kg	m (Milli) 10⁻³	0,004 Meter = 4 · 10⁻³ m = 4 mm
M (Mega) 10⁶	1 200 000 Watt = 1,2 · 10⁶ W = 1,2 MW	μ (Mikro) 10⁻⁶	0,000 015 Meter = 15 · 10⁻⁶ m = 15 μm
G (Giga) 10⁹	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10⁹ W = 20,5 GW	n (Nano) 10⁻⁹	0,000 000 105 Meter = 105 · 10⁻⁹ m = 105 nm
T (Tera) 10¹²		p (Pico) 10⁻¹²	
P (Peta) 10¹⁵		f (Femto) 10⁻¹⁵	
E (Exa) 10¹⁸		a (Atto) 10⁻¹⁸	

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	T τ t Tau	Ψ ψ ps Psi
Δ δ d Delta	K κ k Kappa	I ι π p Pi	Υ υ ü Ypsilon	Ω ω o Omega

Römische Ziffern

I = 1	II = 2	III = 3	IV = 4	V = 5	VI = 6	VII = 7	VIII = 8	IX = 9
X = 10	XX = 20	XXX = 30	XL = 40	L = 50	LX = 60	LXX = 70	LXXX = 80	XC = 90
C = 100	CC = 200	CCC = 300	CD = 400	D = 500	DC = 600	DCC = 700	DCCC = 800	CM = 900
M = 1000	MM = 2000							

Beispiele: 98 = XCVIII 439 = CDXXXIX 1994 = MCMXCIV 2004 = MMIV

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	\equiv	kongruent
\neq	nicht gleich, ungleich	$\cdot \times$	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	\sim	ähnlich
\propto	proportional	$:$ / $—$	durch, geteilt durch, dividiert durch	\sphericalangle	Winkel
\approx	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	$\% —$	durch, geteilt durch, dividiert durch	\overline{AB}	Strecke AB
\ni	entspricht	$\%$	Prozent, vom Hundert	\widehat{AB}	Bogen AB
$<$	kleiner als	‰	Promille, vom Tausend	Σ	Summe
$>$	größer als	$() [] \{ \}$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	e	Eulersche Zahl $e = 2,718\,281\,828\dots$
\geq	größer oder gleich, mindestens gleich	\parallel	parallel	π	Pi = 3,14159...
\leq	kleiner oder gleich, höchstens gleich	\nparallel	nicht parallel	∞	unendlich
+	plus, mehr, und	\perp	rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf	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	28317	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	3785	3,785	pound (libre)	1 lb	453,59	0,454
engl. gallon	1 gal	4546	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

M

B

G

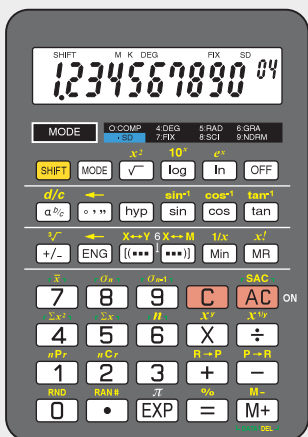
W

Z

F

E

V



*) $1.234567890^{04} = 12345.67890$
 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 = Überlaufunktion z.B. $x/0$ = unendlich
Bedienfeld	Abkürzungen
Ein-, Ausschaltfunktion Zifferntasten Punktstaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlöschstaste Speicherrückruftaste Rechentasten Ausführungstaste Funktionstasten	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 ; ... SHIFT/INV/2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funk- tionstasten.
Umschaltstaste	

Werteingabe/ Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wert- ausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	2 5 . 3 3	25.33	Mit der Punktstaste wird das Dezimal- zeichen 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 Prozenttaste bewirkt die Rechen- operation 1/100.
Klammer- rechnung	$\frac{12 \times [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	12 × [2 – (1 – 6)] ÷ 20 × 5 =	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammertaste] so oft drücken, wie Klammern geöffnet wurden.
Quadrieren/ Potenzieren	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ $3,7^2 = ?$ $2^5 = ?$	π × 14 SHIFT x^2 ÷ 4 = 3.7 SHIFT x^2 2 SHIFT x^y 5 =	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonder- funktionstaste 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 Wurzelstaste 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 ein- getragen. Speicherwrtlöschung : Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.

M

B

G

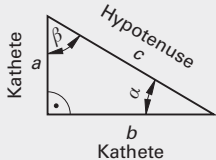
W

Z

F

E

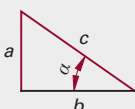
V



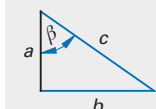
- Die den rechten Winkel bildenden Seiten a und b heißen Katheten.
- Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite c heißt Hypotenuse.
- Die dem spitzen Winkel α bzw. β anliegende Seite b bzw. a heißt Ankathete.
- Die dem spitzen Winkel α bzw. β gegenüberliegende Seite a bzw. b heißt Gegenkathete.

Die Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck werden Winkelfunktionen bzw. trigonometrische Funktionen genannt.

$$\text{Sinus} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

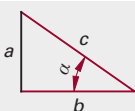


$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{a}{c} \\ a &= c \cdot \sin \alpha \\ c &= \frac{a}{\sin \alpha}\end{aligned}$$

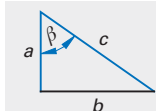


$$\begin{aligned}\sin \beta &= \frac{a}{c} \\ b &= c \cdot \sin \beta \\ c &= \frac{b}{\sin \beta}\end{aligned}$$

$$\text{Cosinus} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

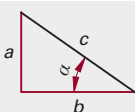


$$\begin{aligned}\cos \alpha &= \frac{b}{c} \\ b &= c \cdot \cos \alpha \\ c &= \frac{b}{\cos \alpha}\end{aligned}$$

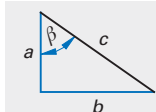


$$\begin{aligned}\cos \beta &= \frac{b}{c} \\ a &= c \cdot \cos \beta \\ c &= \frac{a}{\cos \beta}\end{aligned}$$

$$\text{Tangens} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$$

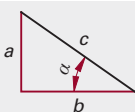


$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{a}{b} \\ a &= b \cdot \tan \alpha \\ b &= \frac{a}{\tan \alpha}\end{aligned}$$

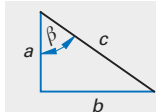


$$\begin{aligned}\tan \beta &= \frac{a}{b} \\ b &= a \cdot \tan \beta \\ a &= \frac{b}{\tan \beta}\end{aligned}$$

$$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$$



$$\begin{aligned}\cot \alpha &= \frac{b}{a} \\ b &= a \cdot \cot \alpha \\ a &= \frac{b}{\cot \alpha}\end{aligned}$$



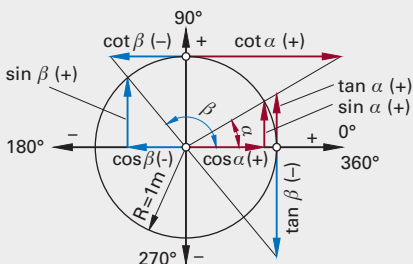
$$\begin{aligned}\cot \beta &= \frac{b}{a} \\ a &= b \cdot \cot \beta \\ b &= \frac{a}{\cot \beta}\end{aligned}$$

Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiel)

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

$10 \div 50 = 0,2$ (**SHIFT** ; **2ND** ; **INV**) **SIN** $\Rightarrow 11,53696^\circ$ (**SHIFT** ; **2ND** ; **INV**) **° ' "** $\Rightarrow 11^\circ 32' 13''$

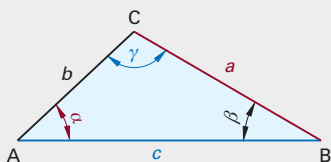
Winkelfunktionen am Einheitskreis



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 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

$$\begin{aligned}a^2 &= b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha \\ b^2 &= a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta \\ c^2 &= a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma\end{aligned}$$

Prozentrechnen

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

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) = ? €

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: $k = \frac{100 \cdot 360 \cdot z}{p \cdot t} = \frac{100 \cdot 360 \cdot 281,25}{7,5 \cdot 90} \text{ €} = 15000,00 \text{ €}$

z Zinsen in €

p Zinssatz in %

k Kapital in €

t Zeit in Jahren oder
Zeit in Tagen

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

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

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.

Verhältnisleichung (Proportion):

Haben zwei Verhältnisse den gleichen Wert, so können sie durch Gleichheitszeichen verbunden werden. Man erhält eine Verhältnisleichung 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

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

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

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

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

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

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

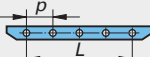
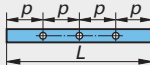

$$m = \frac{m_1 \cdot x}{x_1}$$

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

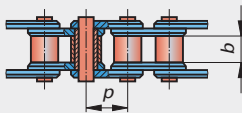
Maßstäbe

Vergrößerung	2 : 1	5 : 1	10 : 1	20 : 1	l_z Länge auf der Zeichnung; Bildgröße (vergrößerte, verkleinerte oder wirkliche Länge) l_w wirkliche Länge M Maßstab (Verhältniszahl)	<div>$l_z = l_w \cdot M$</div> <div>$l_w = \frac{l_z}{M}$ $M = \frac{l_z}{l_w}$</div>
Natürliche Größe	1 : 1 Zeichnungslänge = wirkliche Länge					
Verkleinerung	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 20		

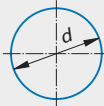
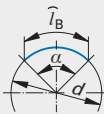
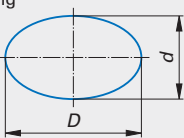
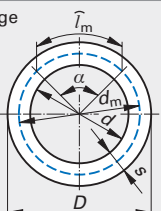
Längenteilungen

	Teilung p Lochabstand	Teilungszahl n Lochzahl	Teilungslänge l
	$p = \frac{L}{n-1}$	$n = \frac{L}{p} + 1$	$L = p \cdot (n-1)$
	$p = \frac{L}{n+1}$	$n = \frac{L}{p} - 1$	$L = p \cdot (n+1)$
	$p = \frac{\pi \cdot d}{n}$	$n = \frac{\pi \cdot d}{p}$	$L = U = n \cdot p$ $L = U = \pi \cdot d$

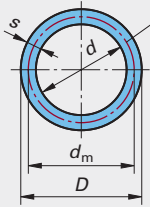
Kettenlänge

	L Kettenlänge p Teilung b Gliederbreite (Innenglied) X Gliederzahl	$L = p \cdot X$ $p = \frac{L}{X}$ $X = \frac{L}{p}$
---	---	--

Gebogene Längen

Kreisumfang 	U Umfang d Durchmesser	$U = \pi \cdot d$ $d = \frac{U}{\pi}$
Kreisbogenlänge 	l_B Bogenlänge d Durchmesser α Mittelpunktswinkel in °	$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot d}$ $d = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$
Ellipsenumfang 	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: $U \approx \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$
Gestreckte Länge 	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	$l_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ $U_m = \pi \cdot d_m$ $d_m = \frac{D+d}{2}$ $d_m = D - s$ $d_m = d + s$

Gestreckte Längen



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

Gestreckte Länge beim Kreisring

$$l = \pi \cdot d_m$$

Beispiel (Kreisring):

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

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

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

Beispiel (Kreisringausschnitt)

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

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

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

Mittlerer Durchmesser

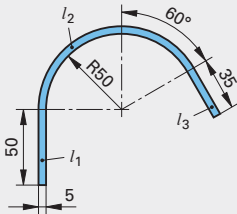
$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$

Gestreckte Länge beim Kreisringausschnitt

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

Zusammengesetzte Längen (z.B. Biegen von Flachstäben)



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

Zusammengesetzte Längen

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

Beispiel (Zusammengesetzte Längen, Bild links):

$R = 50 \text{ mm}$; $l_1 = 50 \text{ mm}$; $l_3 = 35 \text{ mm}$; $s = 5 \text{ mm}$;
 $\alpha = 60^\circ$; $d_m = ?$; $L = ? \text{ mm}$

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

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

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

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

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

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

Kleinst 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	Lösungsgeglüht und warm ausgelagert	4	5	8	12	16	23	28	38

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

Kleinst zulässiger Biegeradius für das Kaltbiegen von Stahl

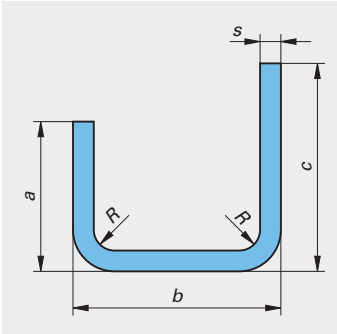
vgl. DIN 6935

Mindestzugfestigkeit R_m in N/mm ² über ... bis	Kleinst Biegeradius ¹⁾ R für Blechdicken s in mm									
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10
bis 390	1	1,6	2,5	3	4	5	6	8	10	12
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20

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



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

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

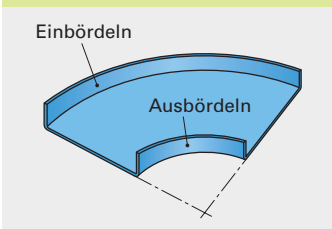
$$L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \cdot 2 = 84 \text{ mm}$$

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

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

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. Bördelungen (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).

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

ε Verformungsgrad in %

R Krümmungsradius des Bördels in mm

b Bördelbreite in mm

A Bruchdehnung in %

$$\varepsilon < A$$

Beispiel:

Verformungsgrad ermitteln

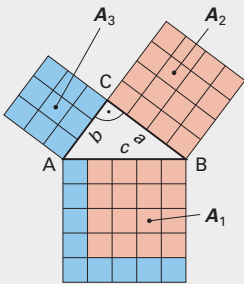
$R = 120$ mm; $b = 10$ mm;

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

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

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

Lehrsatz des Pythagoras

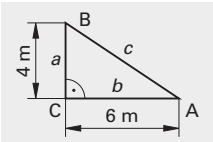


Beim rechtwinkigen Dreieck ist die Fläche des Hypotenusenquadrates gleich der Summe der Flächen der beiden Kathetenquadrate.

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



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

$$A_1 = A_2 + A_3$$

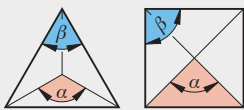
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

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

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

Regelmäßige Vielecke



Für regelmäßige Vielecke gilt:

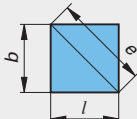
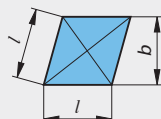
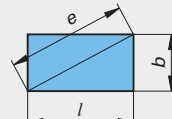
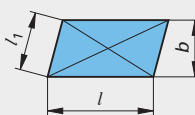
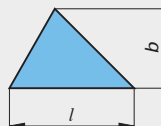
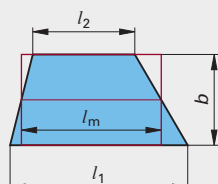
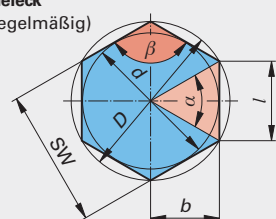
Innenwinkel $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$

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

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$

n Anzahl der Ecken

Regelmäßiges Vieleck n Anzahl der Ecken	Umkreis- \varnothing Eckenmaß D e	Innenkreis- \varnothing Schlüsselweite d 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 $n = 12$ 	$D = 3,864 \cdot l$ $D = 1,035 \cdot d$ $D = e$	$d = 3,732 \cdot l$ $d = 0,966 \cdot D$ $d = SW$	$l = 0,259 \cdot D$ $l = 0,268 \cdot d$ $U = l \cdot n$	$A = 0,750 \cdot D^2$ $A = 0,804 \cdot d^2$ $A = 11,196 \cdot l^2$

Quadrat $b = l$ 	$l = \sqrt{A}$ $b = l$ $e = \sqrt{2 \cdot l^2} = 1,414 \cdot l$ $l = \frac{e}{1,414} = 0,707 \cdot e$ $U = 4 \cdot l$	$A = l^2$			
Rhombus (Raute) 	$l = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{l}$ $U = 4 \cdot l$	$A = l \cdot b$			
Rechteck 	$b = \frac{A}{l} \quad l = \frac{A}{b}$ $e = \sqrt{l^2 + b^2}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$	$A = l \cdot b$			
Rhomboid (Parallelogramm) 	$l = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{l}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot l_1$	$A = l \cdot b$			
Dreieck 	$l = \frac{2 \cdot A}{b}$ $b = \frac{2 \cdot A}{l}$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l \cdot b}{2}$			
Trapez 	$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $A = l_m \cdot b$			
Vieleck (regelmäßig)  α Innenwinkel β Außenwinkel SW Schlüsselweite D Umkreisdurchmesser d Inkreisdurchmesser	$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ $\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ $l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $l = D \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$ $b = \frac{SW}{2} = \frac{d}{2}$ $U = l \cdot n$	$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$ $A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$ 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

B

G

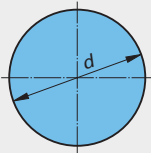
W

Z

F

E

V

Kreis


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

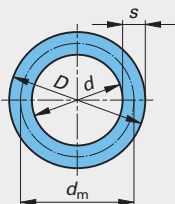
$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$U = \pi \cdot d$$

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

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

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

Kreisring


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

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

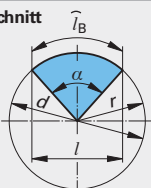
$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

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

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

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

$$A = A_2 - A_1$$

Kreisausschnitt (Sektor)


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

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

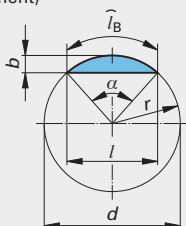
$$U = l_B + 2 \cdot r$$

 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)


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

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

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

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

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

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

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

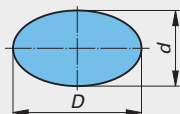
 l Länge (Sehne)

 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 große Achse
 d kleine Achse

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

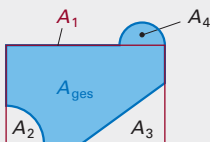
$$U \approx \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

genauer:

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

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

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

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:

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

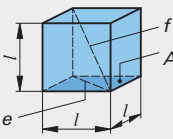
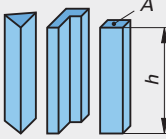
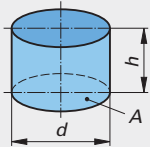
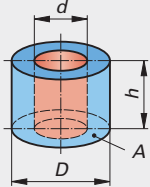
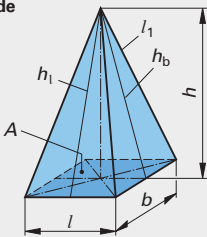
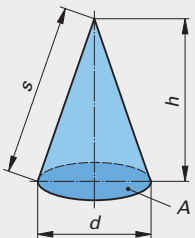
A Fläche
 U Umfang

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		$V = A \cdot h$	
Würfel 	$l = \sqrt[3]{V}$ $A_M = 4 \cdot A = 4 \cdot l^2$ $A_O = 6 \cdot A = 6 \cdot l^2$	$e = 1,414 \cdot l$ $f = 1,732 \cdot l$ $l_{\text{ges}} = 12 \cdot l$	$V = l \cdot l \cdot l$ $V = l^3$
Prisma 	$A = \frac{V}{h}$	$h = \frac{V}{A}$	$V = A \cdot h$
Zylinder 	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{V}{h}$ $A_M = \pi \cdot d \cdot h$ $A_O = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$ $h = \frac{V}{A}$	$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = A \cdot h$
Hohlzylinder 	$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$ $D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $A_O = \pi \cdot h \cdot (D + d) + 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$	$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	$V = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h$ $V = (A_2 - A_1) \cdot h$ $V = V_2 - V_1$
Spitze Körper		$V = A \cdot b/3$	
Pyramide 	$h = \frac{3 \cdot V}{l \cdot b}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $h_1 = \sqrt{h^2 + b^2/4}$ $l_1 = \sqrt{h_b^2 + b^2/4}$ $A_M = h_1 \cdot l + h_b \cdot b$ $A_O = A_M + A$	$b = \frac{3 \cdot V}{l \cdot h}$ $h = \frac{3 \cdot V}{A}$ $h_b = \sqrt{h^2 + l^2/4}$ $l_1 = \sqrt{h_1^2 + l^2/4}$	$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$
Kegel 	$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $A_M = \pi \cdot r \cdot \sqrt{h^2 + r^2}$ $A_M = \pi \cdot r \cdot s$ $A_O = A_M + A$	$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$ $h = \frac{3 \cdot V}{A}$ $A_M = \frac{\pi \cdot d \cdot s}{2}$ $s = \sqrt{h^2 + r^2}$	$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$
V Volumen A Fläche h Höhe	l Länge b Breite D, d Durchmesser	h₁ Mantelhöhe über l h_b Mantelhöhe über b s Mantelhöhe	r Radius A_M Mantelfläche A_O Oberfläche
			e Eckenmaß f (Flächendiagonale) f Raumdiagonale