



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

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Leinfelden-Echterdingen

17. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2018

Druck 6 5 4 3 2

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf die korrigierten Druckfehler und kleine Normänderungen unverändert sind.

ISBN 978-3-8089-2127-4 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  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz und Layout: rkt, 42799 Leichlingen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: Daimler AG, Stuttgart und © Anna Om – Fotolia.com

Druck: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

**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 Gleichungen 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 Kühlflüssigkeiten, 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.

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, durch Informations- und Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

**Alcan Aluminiumwerke GmbH**  
Werk Nürnberg

**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**

**Landmaschinentechnik GmbH**

St. Valentin Österreich

**Citroen Deutschland AG**, Köln

**Continental Aftermarket GmbH**,

Eschborn

**Daimler AG**, Stuttgart

**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

**MSI Motorservice**

**International GmbH**

**Kolbenschmidt**

Pierburg / Neckarsulm

**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

**Messer-Griesheim GmbH**

Frankfurt/Main

**Metzeler Reifen GmbH**,

**Techn. Kundendienst**

München

**Michelin Reifenwerke**

**AG & Co KGaA**

Karlsruhe

**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**

Koblenz

**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	<b>M</b>
Taschenrechner	10	
Winkelfunktionen	11	
Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen	12	
Längen, Gestreckte Längen, Biegeradius, Kanten, Bördeln von Blechen	13	
Flächen, Volumen	16	

**Mechanik · Hydraulik · Pneumatik · Wärmetechnik · Antriebe**

Masse, Dichte, Kräfte	21	<b>B</b>
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>G</b>

**Berechnungen Motor**

Hubraum, Verdichtung, Kolbengeschwindigkeit, Gasdruck, Kolbenkraft, Kurbeltrieb	47	<b>W</b>
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	

**Berechnungen Antriebsstrang (Kraftübertragung)**

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

**Berechnungen Fahrwerk**

Achskräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktabstand, Federberechnung	74	<b>F</b>
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	

**Berechnungen Elektrotechnik**

Ohmsches Gesetz, Widerstand	85	<b>E</b>
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	<b>V</b>
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung	96	

**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		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
<b>Länge</b>	<i>l</i>	<b>Meter</b>	<b>m</b>		m	dm	cm	mm		
Breite	<i>b</i>			1 km	1000	10 000	100 000	1 000 000		
Höhe, Tiefe	<i>h</i>			1 m	1	10	100	1 000		
Radius, Halbmesser	<i>r</i>			1 dm	0,1	1	10	100		
Durchmesser	<i>d</i>			1 cm	0,01	0,1	1	10		
Strecke	<i>s</i>			1 mm	0,001	0,01	0,1	1		
Dicke	<i>δ, d</i>			1 μm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001		
<b>Fläche</b>	<i>A, S</i>			<b>Quadratmeter</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
Querschnittsfläche	<i>S, q</i>			Ar Hektar	a ha	1 m <sup>2</sup>	1	100	10 000	1 000 000
				1 dm <sup>2</sup>	0,01	1	100	10 000		
				1 cm <sup>2</sup>	0,000 1	0,01	1	100		
				1 km <sup>2</sup>	1 000 000					
				<b>1 ha = 100 a = 10 000 m<sup>2</sup> = 0,01 km<sup>2</sup></b>						
<b>Volumen</b>	<i>V</i>	<b>Kubikmeter</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> (l)	cm <sup>3</sup> (ml)	mm <sup>3</sup>		
Rauminhalt		Liter	l, L	1 m <sup>3</sup>	1	1 000	1 000 000			
				1 dm <sup>3</sup> (l)	0,001	1	1 000	1 000 000		
				1 cm <sup>3</sup> (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000		
				1 mm <sup>3</sup>		0,000 001	0,001	1		
				<b>1 l = 1 dm<sup>3</sup> = 1 000 cm<sup>3</sup></b>						
<b>Zeit</b>	<i>t</i>	<b>Sekunde</b>	<b>s</b>		d	h	min	s		
Zeitspanne		Minute	min	1 s		0,000 278	0,01667	1		
Dauer		Stunde	h	1 min		0,01667	1	60		
		Tag	d	1 h		0,041 67	1	3 600		
		Jahr	a	1 d		1	24	1 440		
				1 a		~365	~8 760	~525 600		
				<b>Zeitspanne: 3 h = 3 Stunden</b>						
				<b>Zeitpunkt: 3<sup>h</sup> = 3:00 Uhr</b>						
<b>Winkel</b> z.B. Phasenwinkel	<i>α, β, γ</i> ... <i>φ</i>	<b>Radiant</b>	<b>rad</b>	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit <i>R</i> = 1 m einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
		Vollwinkel		1 rad = $\frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}}$ 1 rad ≈ 57,3°						
		Grad	°	1 Vollwinkel = 2 · π rad						
		Minute	'	1° = $\frac{\pi}{180}$ rad						
		Sekunde	"	1' = $\left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10800}$ rad						
		Gon	gon	1" = $\left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648000}$ rad						
				1 gon = $\frac{\pi}{200}$ rad						

Größen								
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
<b>Geschwindigkeit</b>	$v$	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	$\omega$	Radian/ Sekunde	rad/s	1 m/s	1	60	3,6	
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036	
<b>Frequenz</b>	$f, \nu$	Hertz	Hz	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde				
		reziproke Sekunde	1/s	1 Hz = 1/s = s <sup>-1</sup>				
Drehzahl	$n$	reziproke Minute	1/min	1/s = 60/min				
Kreisfrequenz	$\omega$	reziproke Sekunde	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
Periodendauer	$T$	Sekunde	s					
<b>Beschleunigung</b>	$a$	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s <sup>2</sup>	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	$\alpha$	Radian/ Sekunde hoch zwei	rad/s <sup>2</sup>					
<b>Masse</b>	$m$	<b>Kilogramm</b>	<b>kg</b>		g	kg	Mg (t)	
Gewicht als Wägeregebnis		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 <sup>2</sup>	$m = A \cdot m''$ $m''$ wird z.B. zur Berechnung der Masse von Blechen und Platten verwendet.				
<b>Dichte</b>	$\rho$	Kilogramm/ Kubikmeter	kg/m <sup>3</sup>		g/cm <sup>3</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
				1 kg/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	1	
		Kilogramm/ Kubikdezimeter	kg/dm <sup>3</sup>	1 kg/dm <sup>3</sup>	1	1	1 000	
				1 g/cm <sup>3</sup>	1	1	1 000	
		Gramm/ Kubikzentimeter	g/cm <sup>3</sup>	1 kg/l	1	1	1 000	
				1 g/l	0,001	0,001	1	
<b>spezifisches Volumen</b>	$v$	Kubikmeter/ Kilogramm	m <sup>3</sup> /kg	<b>1 m<sup>3</sup>/kg = 1 000 dm<sup>3</sup>/kg = 1 dm<sup>3</sup>/g</b>				
<b>Stoffmenge</b>	$n$	<b>Mol</b>	<b>mol</b>	Teilchenmenge = 6,022 · 10 <sup>23</sup> Teilchen				
<b>Kraft</b>	$F$	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 <sup>9</sup>	1 000 000	100 000	1 000
				<b>1 N = 1 kg · 1 m/s<sup>2</sup> = 1 kg m/s<sup>2</sup></b>				
<b>Drehmoment</b>	$M$	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

B

G

W

Z

F

E

V

**Größen**

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
<b>Temperatur</b>	$T$ $t$	<b>Kelvin</b> Celsius	<b>K</b> °C	0 Kelvin = 0 K = -273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K				
<b>Arbeit</b>	$W$	Joule	J	kWh	J	kJ		MJ
<b>Energie</b>	$E, W$			1 kWh	1	3 600 000	3 600	3,6
<b>Wärmemenge</b>	$Q$			1 J	1	0,001	0,000 001	
				1 kJ	0,000 277 8	1 000	1	0,001
		1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000	1		
				<b>1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup></b>				
<b>Leistung</b>	$P$	Watt	W	mW	W	kW		MW
				1 mW	1	0,001	0,000 001	10 <sup>-9</sup>
				1 W	1 000	1	0,001	0,000 001
				1 kW	1 000 000	1 000	1	0,001
				1 MW	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000	1
				<b>1 W = 1 J/s = 1 Nm/s</b>				
<b>Druck</b>	$p$	Pascal	Pa	Pa	mbar, hPa	bar		N/cm <sup>2</sup>
				1 Pa	1	0,01	0,000 01	0,000 1
				1 mbar, hPa	100	1	0,001	0,01
				1 bar	100 000	1 000	1	10
				1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	100	0,1	1
				<b>1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>; 1 bar = 10 N/cm<sup>2</sup>; 1 mbar = 1 hPa</b>				
<b>Mechanische Spannung</b>	$\sigma, \tau$	Newton/Quadratmeter	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>
				1 N/m <sup>2</sup>	1	0,000 1	0,000 01	0,000 001
				1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	1	0,1	0,01
				1 daN/cm <sup>2</sup>	100 000	10	1	0,1
				1 N/mm <sup>2</sup>	1 000 000	100	10	1
				<b>1 N/m<sup>2</sup> = 1 Pa</b>				
<b>Elektrische Stromstärke</b>	$I$	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	
<b>Elektrische Spannung</b>	$U$	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	
<b>Elektrischer Widerstand</b>	$R$	Ohm	Ω	mΩ	Ω	kΩ		MΩ
				1 mΩ	1	0,001	0,000 001	10 <sup>-9</sup>
				1 Ω	1 000	1	0,001	0,000 001
				1 kΩ	1 000 000	1 000	1	0,001
				1 MΩ	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000	1

**Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)**

da (Deka) 10 <sup>1</sup>	130 Meter = 13 · 10 <sup>1</sup> m = 13 dam	d (Dezi) 10 <sup>-1</sup>	0,1 Meter = 1 · 10 <sup>-1</sup> m = 1 dm
h (Hekto) 10 <sup>2</sup>	300 Liter = 3 · 10 <sup>2</sup> l = 3 hl	c (Centi) 10 <sup>-2</sup>	0,25 Meter = 25 · 10 <sup>-2</sup> m = 25 cm
k (Kilo) 10 <sup>3</sup>	1500 Gramm = 1,5 · 10 <sup>3</sup> g = 1,5 kg	m (Milli) 10 <sup>-3</sup>	0,004 Meter = 4 · 10 <sup>-3</sup> m = 4 mm
M (Mega) 10 <sup>6</sup>	1 200 000 Watt = 1,2 · 10 <sup>6</sup> W = 1,2 MW	μ (Mikro) 10 <sup>-6</sup>	0,000 015 Meter = 15 · 10 <sup>-6</sup> m = 15 μm
G (Giga) 10 <sup>9</sup>	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10 <sup>9</sup> W = 20,5 GW	n (Nano) 10 <sup>-9</sup>	0,000 000 105 Meter = 105 · 10 <sup>-9</sup> m = 105 nm
T (Tera) 10 <sup>12</sup>		p (Pico) 10 <sup>-12</sup>	
P (Peta) 10 <sup>15</sup>		f (Femto) 10 <sup>-15</sup>	
E (Exa) 10 <sup>18</sup>		a (Atto) 10 <sup>-18</sup>	

**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	Π π p Pi	Υ υ ü Ypsilon	Ω ω o Omega

M

B

G

W

Z

F

E

V



**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	$\Delta$	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	$\div / -$	durch, geteilt durch, dividiert durch	$\sphericalangle$	Winkel
$\approx$	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	$\% / \text{‰}$	Prozent, vom Hundert / Promille, vom Tausend	$\overline{AB}$	Strecke AB
$\ni$	entspricht	$\%$	Prozent, vom Hundert	$\overline{AB}$	Bogen AB
$<$	kleiner als	$\text{‰}$	Promille, vom Tausend	$\Sigma$	Summe
$>$	größer als	$\{ \} [ ] ( )$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	e	Eulersche Zahl $e = 2,718281828\dots$
$\geq$	größer oder gleich, mindestens gleich	$\parallel$	parallel	$\pi$	Pi = 3,14159...
$\leq$	kleiner oder gleich, höchstens gleich	$\nparallel$	nicht parallel	$\infty$	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 <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
inch (Zoll)	1 in	25,4	0,025	square inch	1 in <sup>2</sup>	6,452	-
foot	1 ft	304,8	0,305	square foot	1 ft <sup>2</sup>	929	0,0931
yard	1 yd	914,4	0,914	square yard	1 yd <sup>2</sup>	8361	0,836
statute mile	1 mile	-	1609,34	acre	1 acre	-	4047
nautical mile	1 n mile	-	1852	square mile	1 mile <sup>2</sup>	-	2,59 km <sup>2</sup>
1 mile = 1760 yd;    1 yd = 3 ft;    1 ft = 12 in							
Volumen		cm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> (l)	Masse		g	kg
cubic inch	1 in <sup>3</sup>	16,387	0,0164	grain	1 gr	0,0648	-
cubic foot	1 ft <sup>3</sup>	28317	28,317	dram	1 dram	1,772	-
cubic yard	1 yd <sup>3</sup>	-	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 <sup>2</sup>	bar
foot per second	1 fps	0,3048	1,096	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in <sup>2</sup>	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 =  $\frac{1}{1,8}$  · (Temperatur in Grad Fahrenheit - 32)

**Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten**

Druck	Energie, Arbeit	Leistung
1 at = 1 kp/cm <sup>2</sup> = 981 mbar	1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ =	1 PS = 735 W = 0,735 kW =
1 mm WS = 1 kp/m <sup>2</sup> = 0,098 mbar	= 1,16 · 10 <sup>-3</sup> 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

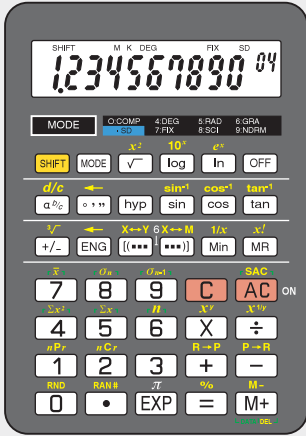
W

Z

F

E

V



\*)

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

Anzeigefeld (Display)	Anmerkungen
Zahlenwertangabe Exponenten Sonderfunktionen	acht- oder zehnstellig - 99 bis + 99 M = Speicher E = Überlauf Funktion z.B. x/0 = unendlich
Bedienfeld	Abkürzungen
Ein-, Ausschaltfunktion Zifferntasten Punktaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlöschaste Speicherrückruftaste Rechentasten Ausführungstaste Funktionstasten	ON – OFF 0 – 9 . C; CE; AC MC; STO; M+; M-; Min MC MR; MRC; RCL +; -; ×; ÷ = %; +/-; x <sup>2</sup> ; 1/x; x <sup>n</sup> ; [(...)] sin; cos; tan; x <sup>3</sup> ; √x; ∛x; π; ... SHIFT/INV/2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funktionstasten.
Umschalttaste	

Werteingabe/Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wertausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	2 5 . 3 3	25.33	Mit der Punktaste 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.
Prozentrechnung	15% von 3000 = ?	3000 × 15 SHIFT %	450	Die Prozentaste bewirkt die Rechenoperation 1/100.
Klammerrechnung	$\frac{12 \times [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	12 × [ 2 - [ ( 1 - 6 ) ] ] ÷ 20 ÷ 5 =	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammertaste <b>)]</b> so oft drücken, wie Klammern geöffnet wurden.
Quadrieren/Potenzieren	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ 3,7 <sup>2</sup> = ? 2 <sup>5</sup> = ?	π × 14 SHIFT x <sup>2</sup> ÷ 4 = 3.7 SHIFT x <sup>2</sup> 2 SHIFT x <sup>y</sup> 5 =	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonderfunktionstaste <b>π</b> verwenden. Das Ergebnis wird ohne Betätigen der „=“-Taste ausgegeben. Zur Ausführung der Rechenoperation muss die „=“-Taste betätigt werden.
Wurzelziehen	$\sqrt[3]{625} = ?$ $\sqrt[3]{125} = ?$	625 √ 125 SHIFT √ 5	25 5	Zuerst Radikant x eingeben und dann Wurzelaste drücken.
Kehrwert	20 <sup>-1</sup> = ? bzw. $\frac{1}{20} = ?$	20 SHIFT 1/x	0.05	Die Funktion 1/x errechnet, wie oft die betreffende Zahl in 1 enthalten ist.
Speicherrechnung	254 + 157 - 23 + 88 = ?	254 Min 157 M+ 23 SHIFT M+ 28 M+ MR	476	M+ bewirkt Addition im Speicher. M- bewirkt Subtraktion im Speicher. MR Speicherwert wird ausgegeben. Min Festwert wird in Speicher eingetragen. Speicherwertlöschung: Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.

M

B

G

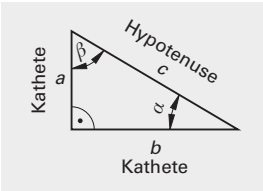
W

Z

F

E

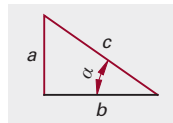
V



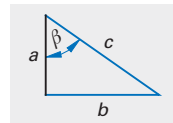
- Die den rechten Winkel bildenden Seiten  $a$  und  $b$  heißen Katheten.
- Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite  $c$  heißt Hypotenuse.
- Die dem spitzen Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$  anliegende Seite  $b$  bzw.  $a$  heißt Ankathete.
- Die dem spitzen Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$ 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

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

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

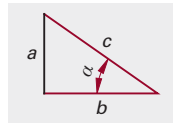


$\sin \alpha = \frac{a}{c}$   
 $a = c \cdot \sin \alpha$   
 $c = \frac{a}{\sin \alpha}$

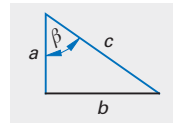


$\sin \beta = \frac{b}{c}$   
 $b = c \cdot \sin \beta$   
 $c = \frac{b}{\sin \beta}$

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

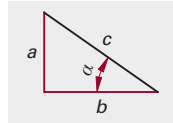


$\cos \alpha = \frac{b}{c}$   
 $b = c \cdot \cos \alpha$   
 $c = \frac{b}{\cos \alpha}$

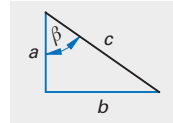


$\cos \beta = \frac{a}{c}$   
 $a = c \cdot \cos \beta$   
 $c = \frac{a}{\cos \beta}$

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

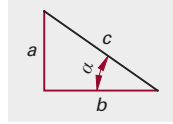


$\tan \alpha = \frac{a}{b}$   
 $a = b \cdot \tan \alpha$   
 $b = \frac{a}{\tan \alpha}$

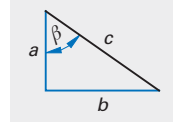


$\tan \beta = \frac{b}{a}$   
 $b = a \cdot \tan \beta$   
 $a = \frac{b}{\tan \beta}$

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



$\cot \alpha = \frac{b}{a}$   
 $b = a \cdot \cot \alpha$   
 $a = \frac{b}{\cot \alpha}$

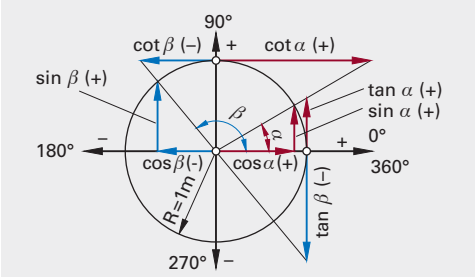


$\cot \beta = \frac{a}{b}$   
 $a = b \cdot \cot \beta$   
 $b = \frac{a}{\cot \beta}$

**Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (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) ° ' "  $\Rightarrow 11^\circ 32' 13''$

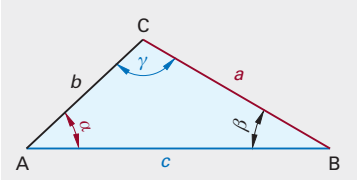
**Winkelfunktionen am Einheitskreis**



**Besondere Winkelfunktionswerte**

Winkel / Funktion	0°	30°	45°	60°	90°
Sinus $\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1
Cosinus $\alpha$	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
Tangens $\alpha$	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\infty$
Cotangens $\alpha$	$\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0

**Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck**



$a, b, c$  Seitenlängen (mm)  
 $\alpha, \beta, \gamma$  Winkel, die jeweils den Seiten  $a, b, c$  gegenüber liegen (°)

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

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

**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<sub>max</sub>* Endwert (vermehrter Wert) (Grundwert + Prozentwert)

*E<sub>min</sub>* 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 €; *k* = ? €

**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 Zinsjahr  $\hat{=}$  360 Tage

1 Zinsmonat  $\hat{=}$  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.

**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<sub>1</sub>* Teilmenge 1  
*m<sub>2</sub>* Teilmenge 2  
*x* Summe der Anteile  
*x<sub>1</sub>* Anteil der Teilmenge 1  
*x<sub>2</sub>* Anteil der Teilmenge 2

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

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

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

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

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

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

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

M

B

G

W

Z

F

E

V

**Maßstäbe**

<b>Vergrößerung</b>	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)	$l_z = l_w \cdot M$	
<b>Natürliche Größe</b>	1 : 1						$l_w = \frac{l_z}{M} \quad M = \frac{l_z}{l_w}$
<b>Verkleinerung</b>	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 20			

Zeichnungslänge = wirkliche Länge

**Längenteilungen**

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

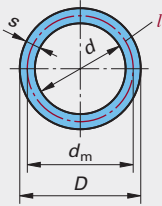
**Kettenlänge**

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

**Gebogene Längen**

<b>Kreisumfang</b> 	$U$ Umfang $d$ Durchmesser	$U = \pi \cdot d$
		$d = \frac{U}{\pi}$
<b>Kreisbogenlänge</b> 	$l_B$ Bogenlänge $d$ Durchmesser $\alpha$ Mittelpunktswinkel in °	$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$
		$\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot d} \quad d = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$
<b>Ellipsenumfang</b> 	$U$ Umfang $D$ Durchmesser $d$ Durchmesser $R$ Radius $r$ Radius	$U \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$
		$D \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d \quad d \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - D$ <p>genauer:  <math display="block">U \approx \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}</math> </p>
<b>Gestreckte Länge</b> 	$l_m$ gestreckte Länge, Länge der neutralen Faser $d_m$ mittlerer Durchmesser $D$ Außendurchmesser $d$ Innendurchmesser $\alpha$ 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)
- $\alpha$  Mittelpunktswinkel

**Gestreckte Länge beim Kreisring**

$$l = \pi \cdot d_m$$

**Beispiel (Kreisring):**

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

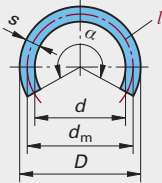
$$d_m = D - s = 45 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$$

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

**Mittlerer Durchmesser**

$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$



**Beispiel (Kreisringausschnitt)**

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

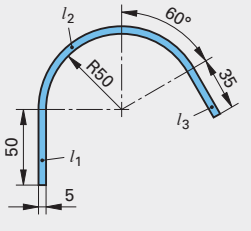
$$d_m = D - s = 53 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$$

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

**Gestreckte Länge beim Kreisringausschnitt**

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

**Zusammengesetzte Längen (z.B. Biegen von Flachstähen)**



- $R$  Biegeradius (Innenradius)
- $d_m$  mittlerer Durchmesser
- $s$  Dicke
- $L$  zusammengesetzte Länge (gestreckte Länge)
- $l_1, l_2$  Teillängen
- $\alpha$  Mittelpunktswinkel

**Zusammengesetzte Längen**

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

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

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

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

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

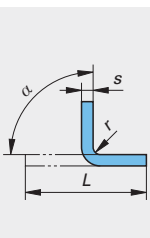
Meist ist bei Biegeteilen der Biegeradius  $r$  (Innenradius) gegeben, so dass gilt

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

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

**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	
		<b>Mindest-Biegeradius <math>r^{(1)}</math> in mm</b>								
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	

<sup>1)</sup> 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<sup>2</sup> über ... bis

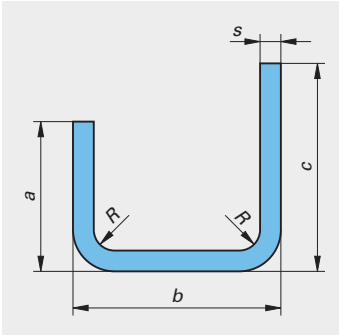
**Kleinster Biegeradius<sup>1)</sup>  $R$  für Blechdicken  $s$  in mm**

	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
bis 390	1	1,6	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45	
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50	

<sup>1)</sup> Werte gelten für Biegewinkel  $\alpha < 120^\circ$ , und Biegen quer zur Walzrichtung. Beim Biegen längs zur Walzrichtung und Biege winkeln  $\alpha > 120^\circ$  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

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

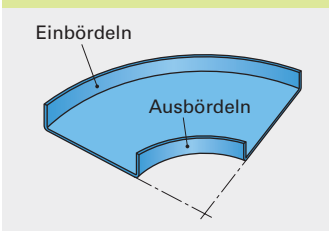
$$L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \cdot 2 = 84 \text{ mm}$$

**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  $\epsilon$ ) muss kleiner als die Bruchdehnung A sein. Evtl. muss das Blech wärmebehandelt werden (Rekristallisationsglühen).

**Beispiel:**

Verformungsgrad ermitteln

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

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

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

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

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

$\epsilon$  Verformungsgrad in %

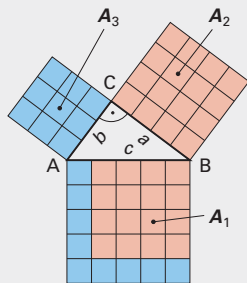
R Krümmungsradius des Bördels in mm

b Bördelbreite in mm

A Bruchdehnung in %

$$\epsilon < A$$

**Lehrsatz des Pythagoras**



Beim rechtwinkligen 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

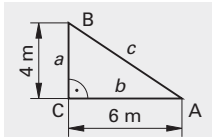
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

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

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

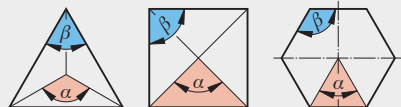
*A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>* Flächen

Beispiel: *a* = 4 m; *b* = 6 m; *c* = ? m



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

**Regelmäßige Vielecke**



Für regelmäßige Vielecke gilt:

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

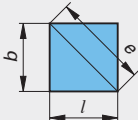
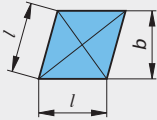
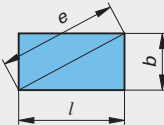
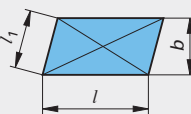
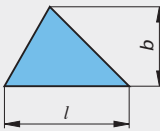
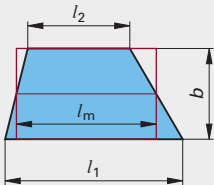
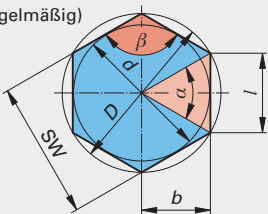
$$\text{Außenwinkel } \beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$$

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

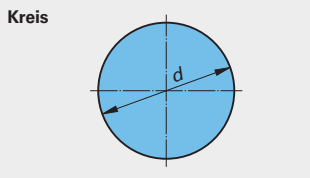
*n* Anzahl der Ecken

Regelmäßiges Vieleck <i>n</i> Anzahl der Ecken	Umkreis- $\emptyset$ <i>D</i> Eckenmaß <i>e</i>	Innenkreis- $\emptyset$ <i>d</i> Schlüsselweite <i>SW</i>	Seitenlänge <i>l</i> Umfang <i>U</i>	Gesamtfläche <i>A</i>
Dreieck <i>n</i> = 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 <i>n</i> = 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 <i>n</i> = 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 <i>n</i> = 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 <i>n</i> = 12 	$D = 3,864 \cdot l$ $D = 1,035 \cdot d$  $D = e$	$d = 3,732 \cdot l$ $d = 0,966 \cdot D$  $d = SW$	$l = 0,259 \cdot D$ $l = 0,268 \cdot d$  $U = l \cdot n$	$A = 0,750 \cdot D^2$  $A = 0,804 \cdot d^2$ $A = 11,196 \cdot l^2$



<p><b>Quadrat</b> <math>b = l</math></p> 	$l = \sqrt{A}$ $b = l$ $e = \sqrt{2 \cdot l^2} = 1,414 \cdot l$ $l = \frac{e}{1,414} = 0,707 \cdot e \quad U = 4 \cdot l$	$A = l^2$	M			
<p><b>Rhombus (Raute)</b></p> 	$l = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{l}$ $U = 4 \cdot l$	$A = l \cdot b$		B		
<p><b>Rechteck</b></p> 	$b = \frac{A}{l} \quad l = \frac{A}{b}$ $e = \sqrt{l^2 + b^2}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$	$A = l \cdot b$	G			
<p><b>Rhomboid (Parallelogramm)</b></p> 	$l = \frac{A}{b}$ $l = \frac{U - 2 \cdot l_1}{2}$ $b = \frac{A}{l}$ $l_1 = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot l_1$	$A = l \cdot b$	W			
<p><b>Dreieck</b></p> 	$l = \frac{2 \cdot A}{b}$ $b = \frac{2 \cdot A}{l}$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l \cdot b}{2}$	W			
<p><b>Trapez</b></p> 	$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$ $l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$ $l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $A = l_m \cdot b$	Z			
<p><b>Vieleck (regelmäßig)</b></p>  <p> <math>\alpha</math> Innenwinkel  <math>\beta</math> Außenwinkel                  SW Schlüsselweite                  D Inkreisdurchmesser                  d Inkreisdurchmesser             </p>	$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ $\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ $l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $l = D \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$ $b = \frac{SW}{2} = \frac{d}{2}$ $U = l \cdot n$	$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$ $A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$ <p>                 A Gesamtfläche                  d Inkreisdurchmesser                  n Anzahl der Ecken                  l Seitenlänge                  b Breite             </p>	F			
<p>A Fläche</p>	<p>l Länge</p>	<p><math>l_m</math> mittlere Länge</p>	<p>b Breite</p>	<p>U Umfang</p>	<p>e Eckmaß</p>	V

M



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

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

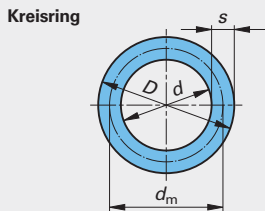
$$U = \pi \cdot d$$

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

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

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

B



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

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

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

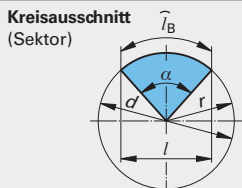
$$A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

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

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

$$A = A_2 - A_1$$

G



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

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

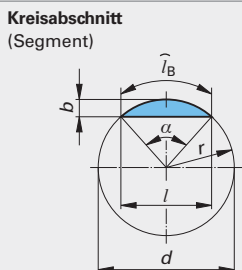
$$U = l_B + 2 \cdot r$$

$l_B$  Bogenlänge  
 $\alpha$  Mittelpunktswinkel

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

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

W



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

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

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

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

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

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

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

$l$  Länge (Sehne)  
 $b$  Breite (Bogenhöhe)

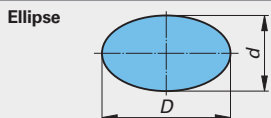
$$U = l + l_B$$

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

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

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

Z



$D$  große Achse  
 $d$  kleine Achse

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

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

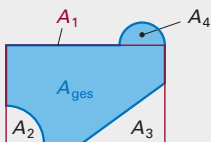
$$U \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$$

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

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

E

**Zusammengesetzte Flächen**



Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung ihrer Gesamtfläche in Teilflächen zerlegt.

Durch Addition und Subtraktion der Teilflächen erhält man die Gesamtfläche.

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

Allgemein gilt:

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

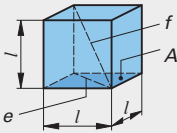
V

- A Fläche
- U Umfang
- $D, d$  Durchmesser
- $R, r$  Radius
- $l_B$  Bogenlänge
- $l$  Länge (Sehne)
- $b$  Breite (Bogenhöhe)
- $b$  Breite
- $\alpha$  Mittelpunktswinkel
- $d_m$  mittlerer Durchmesser

**Gleichdicke Körper**

$V = A \cdot h$

**Würfel**



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

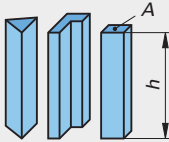
$e = 1,414 \cdot l$   
 $f = 1,732 \cdot l$   
 $l_{\text{ges}} = 12 \cdot l$

$V = l \cdot l \cdot l$

$A_M = 4 \cdot A = 4 \cdot l^2$   
 $A_O = 6 \cdot A = 6 \cdot l^2$

$V = l^3$

**Prisma**

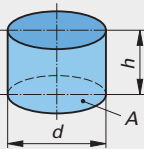


$A = \frac{V}{h}$

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

$V = A \cdot h$

**Zylinder**



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

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

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

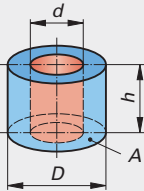
$A = \frac{V}{h}$

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

$V = A \cdot h$

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

**Hohlzylinder**



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

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

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

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

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

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

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

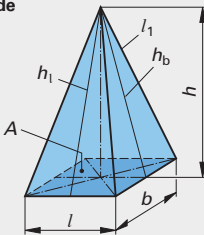
$V = V_2 - V_1$

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

**Spitze Körper**

$V = A \cdot b/3$

**Pyramide**



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

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

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

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

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

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

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

$h_1 = \sqrt{h^2 + b^2/4}$

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

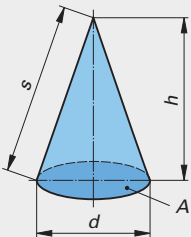
$l_1 = \sqrt{h_b^2 + b^2/4}$

$l_1 = \sqrt{h_1^2 + l^2/4}$

$A_M = h_1 \cdot l + h_b \cdot b$

$A_O = A_M + A$

**Kegel**



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$A_M = \pi \cdot r \cdot s$   
 $A_O = A_M + A$

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

V Volumen  
 A Fläche  
 h Höhe  
 l Länge  
 b Breite  
 D, d Durchmesser

h<sub>1</sub> Mantelhöhe über l  
 h<sub>b</sub> Mantelhöhe über b  
 s Mantelhöhe

r Radius  
 A<sub>M</sub> Mantelfläche  
 A<sub>O</sub> Oberfläche

e Eckenmaß  
 f (Flächendiagonale)  
 f Raumdiagonale

M

B

G

W

Z

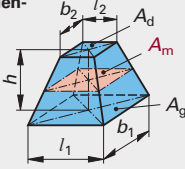
F

E

V

**Abgestumpfte Körper**

**Pyramidenstumpf**

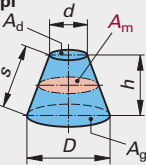


$$A_m = \frac{A_g + A_d}{2}$$

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

$$V \approx A_m \cdot h$$

**Kegelstumpf**



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

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

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

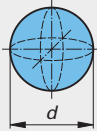
$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)}{12}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

$$A_o = A_d + A_M + A_g$$

**Kugel**

**Vollkugel**



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

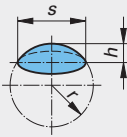
$$d \approx 1,24 \cdot \sqrt[3]{V}$$

$$A_o = \pi \cdot d^2 \quad d = \sqrt{\frac{A_o}{\pi}}$$

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

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

**Kugelabschnitt (Kugelsegment)**



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

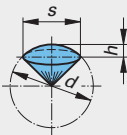
$$A_M = \frac{\pi \cdot (s^2 + 4 \cdot h^2)}{4}$$

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

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

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

**Kugelausschnitt (Kugelsektor)**



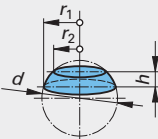
$$A_M = A_o$$

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

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

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

**Kugelschicht (Kugelzone)**

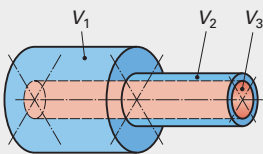


$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

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

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

**Zusammengesetzte Körper**



Zusammengesetzte Körper werden zur Berechnung ihres Gesamtvolumens in Teilkörper zerlegt.

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

Durch Addition und Subtraktion der Teilkörper erhält man das Gesamtvolumen.

Allgemein gilt:

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

- V Volumen
- A<sub>m</sub> Mittelfläche
- A<sub>g</sub> Grundfläche
- A<sub>o</sub> Oberfläche
- A<sub>d</sub> Deckfläche
- A<sub>M</sub> Mantelfläche
- A Fläche
- h Höhe
- l Länge
- b Breite
- r Halbmesser
- D, d Durchmesser
- d<sub>m</sub> mittlerer Durchmesser
- d Durchmesser
- s Mantelhöhe, Länge