

## 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 Hüsbeck & 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,** Karlsruhe,  
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	
Hohmann, Berthold	Oberstudiendirektor	Neckarsulm – Ellhofen
van Huet, Achim	Oberstudienrat	Eversberg
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor a.D.	Oberhausen – Essen
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ingenieur Oberstudienrat	München
Mann, Jochen	Oberstudiendirektor	Aachen – Hückelhoven
Schlögl, Bernd	Studiendirektor	Stuttgart – Schorndorf
Steidle, Bernhard	Studiendirektor	Gaggenau – Rastatt
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a.D.	Stuttgart – Neckarsulm
		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](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz und Layout: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://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 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 **Fahrzeubau** 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.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	5
---------------------------	---

<b>Mathematik</b>	6 ... 96
-------------------	----------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	97
---------------------------	----

<b>Betriebsführung</b>	98 ... 118
------------------------	------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	119
---------------------------	-----

<b>Grundkenntnisse</b>	120 ... 160
------------------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	161
---------------------------	-----

<b>Werkstoffkunde</b>	162 ... 198
-----------------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	199
---------------------------	-----

<b>Zeichnen</b>	200 ... 216
-----------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	217
---------------------------	-----

<b>Fachkenntnisse</b>	218 ... 426
-----------------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	427
---------------------------	-----

<b>Elektrische Anlage</b>	428 ... 514
---------------------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	515
---------------------------	-----

<b>Vorschriften</b>	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.

<b>Alcan Aluminiumwerke GmbH</b> Werk Nürnberg	<b>Ford-Werke AG</b> , Köln	<b>Michelin Reifenwerke AG &amp; Co KGaA</b> Karlsruhe
<b>ALLIGATOR GmbH</b> , Giengen an der Brenz	<b>Getrag, Getriebe- und Zahnradfabrik GmbH</b> Ludwigsburg	<b>MSI Motorservice International GmbH</b> Kolbenschmidt Pierburg / Neckarsulm
<b>ARAL AG</b> , Bochum	<b>Gewerbeaufsichtsamt München-Land</b>	<b>NGK</b> , Ratingen
<b>Audatex Deutschland</b> , Minden	<b>GKN Löbro GmbH</b> Offenbach/Main	<b>OMV AG</b> , Wien
<b>Audi AG</b> Ingolstadt, Neckarsulm	<b>Glasurit GmbH</b> Münster, Westfalen	<b>Adam Opel AG</b> , Rüsselsheim
<b>Behr GmbH &amp; Co</b> , Stuttgart	<b>Graubremse GmbH</b> , Heidelberg	<b>OZ Deutschland GmbH</b> Biberach
<b>Beissbarth GmbH</b> Automobil Servicegeräte München	<b>Hella KG, Hueck &amp; Co</b> , Lippstadt	<b>Piaggio Gilera Deutschland GmbH</b> Dieburg
<b>Beru-BorgWarner</b> <b>Federal-Mogul</b> Ludwigsburg	<b>HONDA DEUTSCHLAND GMBH</b> Offenbach/Main	<b>Pirelli Deutschland GmbH</b> Breuberg
<b>BMW</b> Bayrische Motoren-Werke AG München	<b>Huf Hülsbeck &amp; Fürst GmbH &amp; Co KG</b> Velbert	<b>Dr .Ing. h.c. F. Porsche AG</b> Stuttgart
<b>Continental Teves AG &amp; Co, OHG</b> Frankfurt	<b>Michael Immler GmbH</b> Immenstadt	<b>Renault Nissan Deutschland AG</b> Brühl
<b>ROBERT BOSCH GMBH</b> , Stuttgart	<b>IVECO-Magirus AG</b> , Ulm	<b>Ringfeder VBG Group</b> Truck Equipment Krefeld
<b>Case-Steyr</b> Landmaschinentechnik GmbH St.Valentin Österreich	<b>John Deere</b> , Bruchsal	<b>SCANIA Deutschland GmbH</b> Koblenz
<b>Citroen Deutschland AG</b> , Köln	<b>Josam Richttechnik GmbH</b> Henstedt-Ulzburg	<b>Siemes Deutschland</b> , München
<b>Continental Aftermarket GmbH</b> , Eschborn	<b>Koch Achsmessanlagen</b> Wennigsen	<b>SKF Kugellagerfabriken GmbH</b> Schweinfurt
<b>Dataliner Richtsysteme</b> Ahlerstedt	<b>Knorr-Bremse GmbH</b> München	<b>Spicer Gelenkwellenbau GmbH</b> Essen
<b>DEKRA AG</b> , Stuttgart	<b>KTM Sportmotorcycles AG</b> , Mattighofen/Österreich	<b>Subaru Deutschland GmbH</b> Friedberg/Hessen
<b>Deutsche BP AG</b> , Hamburg	<b>LuK GmbH</b> , Bühl / Baden	<b>Sun Electric Deutschland GmbH</b> Mettmann
<b>Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung</b> München	<b>MAHLE GmbH</b> , Stuttgart	<b>Technolit GmbH</b> , Großlüder
<b>Deutz Fahr Agrarsysteme GmbH</b> Lauingen	<b>MAN Maschinenfabrik</b> Augsburg-Nürnberg AG, München	<b>Temic Elektronik</b> , Nürnberg
<b>Dhollandia Deutschland GmbH</b> , Glinde	<b>Mann und Hummel, Filterwerke</b> Ludwigsburg	<b>Toyota Deutschland GmbH</b> Köln
<b>Ducati Motor Deutschland</b> Köln	<b>Mazda Motors Deutschland GmbH</b> Leverkusen	<b>TÜV</b> , München
<b>DUNLOP GmbH</b> , Hanau/Main	<b>MCC</b>	<b>Volkswagen AG</b> , Wolfsburg
<b>J. Eberspächer</b> , Esslingen	<b>Micro Compact Car GmbH</b> Böblingen	<b>Wabco Westinghouse GmbH</b> Hannover
<b>ESSO AG</b> , Essen	<b>Mercedes-Benz Group</b> , Stuttgart,	<b>ZF Friedrichshafen AG</b> Freidrichshafen
<b>FAG Kugelfischer</b> <b>Georg Schäfer AG</b> Schweinfurt	<b>Messer-Griesheim GmbH</b> Frankfurt/Main	<b>ZF Getriebe GmbH</b> Saarbrücken
<b>Fendt Agro</b> , Marktoberdorf	<b>Metzeler Reifen GmbH</b> , Techn. Kundendienst	<b>ZF Sachs AG</b> , Schweinfurt
<b>Ferrari Deutschland GmbH</b> Wiesbaden	München	

## 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
Auftaktverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch . . . . .	51
Kraftstofffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge . . . . .	53
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmischnung . . . . .	54
Motor-, Nutz- und Innenleistung, Wirkungsgrad, innere Arbeit, Hubraumleistung . . . . .	55

G

## Berechnungen Antriebsstrang (Kraftübertragung)

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

W

## Berechnungen Fahrwerk

Achs Kräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktstand, Federberechnung . . . . .	74
Lenkung: Spur, Spurdifferenzwinkel, Lenkgetriebe, Gesamtübersetzung der Lenkung . . . . .	77
Bremsen: Mechanische, hydraulische Übersetzung, Leitungsdruk, Spannkraft . . . . .	79
Gesamtübersetzung, Umfangskraft, Bremsmoment, Trägheitskraft, Bremskraft . . . . .	81
Bremsarbeit, -leistung, -prüfung, Abbremsung . . . . .	83

Z

## 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

F

E

V

**SI-Basiseinheiten**

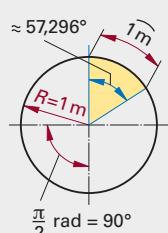
**M** Die Einheiten im Messwesen sind im internationalen Einheitensystem (SI = Système International d'Unités) festgelegt. Das SI-System baut auf 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet sind. Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten können nach DIN 1301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

**B** 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	Formel-zeichen	Einheit Name	Einheit Zeichen	Umrechnung, Erklärung						
<b>Länge</b>	<i>l</i>	Meter	m	m	dm	cm	mm			
Breite	<i>b</i>			1 km	1000	10 000	100 000			
Höhe, Tiefe	<i>h</i>			1 m	1	10	100			
Radius, Halbmesser	<i>r</i>			1 dm	0,1	1	10			
Durchmesser	<i>d</i>			1 cm	0,01	0,1	1			
Strecke	<i>s</i>			1 mm	0,001	0,01	1			
Dicke	$\delta, d$			1 $\mu\text{m}$	0,000 001	0,000 01	0,000 1			
<b>Fläche</b>	<i>A, S</i>	Quadrat-meter	$\text{m}^2$	$\text{m}^2$	$\text{dm}^2$	$\text{cm}^2$	$\text{mm}^2$			
Querschnittsfläche	$S, q$	Ar Hektar	a ha	1 $\text{m}^2$	100	10 000	1 000 000			
				1 $\text{dm}^2$	1	100	1000			
				1 $\text{cm}^2$	0,01	1	100			
				1 $\mu\text{m}^2$	0,000 001	0,000 01	0,000 1			
				1000 000						
<b>1 ha = 100 a = 10 000 <math>\text{m}^2</math> = 0,01 <math>\text{km}^2</math></b>										
<b>Volumen</b>	<i>V</i>	Kubik-meter	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$	$\text{dm}^3$ (l)	$\text{cm}^3$ (ml)	$\text{mm}^3$			
Rauminhalt				1 $\text{m}^3$	1000	1 000 000				
		Liter	$\text{l}, \text{L}$	1 $\text{dm}^3$ (l)	1	1000	1 000 000			
				1 $\text{cm}^3$ (ml)	0,001	1	1000			
				1 $\mu\text{m}^3$	0,000 001	0,001	1			
<b>1 l = 1 <math>\text{dm}^3</math> = 1000 <math>\text{cm}^3</math></b>										
<b>Zeit</b>	<i>t</i>	Sekunde	s	d	h	min	s			
Zeitspanne				1 s	0,000 278	0,01667	1			
Dauer		Minute	min	1 min	0,000 69	0,016 67	60			
		Stunde	h	1 h	0,041 67	1	3600			
		Tag	d	1 d	1	24	86400			
		Jahr	a	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	$\alpha, \beta, \gamma, \dots, \varphi$	Radian	rad	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit $R = 1 \text{ m}$ einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
		Vollwinkel		$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}} \quad 1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$						
		Grad	$^\circ$	$1 \text{ Vollwinkel} = 2 \cdot \pi \text{ rad}$						
		Minute	'	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$						
		Sekunde	"	$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10800} \text{ rad}$						
		Gon	gon	$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648000} \text{ rad}$						
				$1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$						



Größen					
Größe	Formel-zeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung	
<b>Geschwindigkeit</b>	v	Meter/Sekunde	m/s		m/s      m/min      km/h
	v	Kilometer/Stunde	km/h	1 km/h	0,2778      16,667      1
	c			1 m/min	0,01667      1      0,06
	$\omega$	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	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$	
	n	reziproke Minute	1/min	$1/\text{s} = 60/\text{min}$	
	$\omega$	reziproke Sekunde	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	
<b>Beschleunigung</b>	a	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s <sup>2</sup>	Wirkungsrichtung: Beliebig	
	g			Wirkungsrichtung: Zum Erdmittelpunkt $g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ wird meist als Normfallbeschleunigung angegeben.	
	$\alpha$	Radian/ Sekunde hoch zwei	rad/s <sup>2</sup>		
<b>Masse</b>	m	Kilogramm	kg		g      kg      Mg (t)
		Gramm	g	1 kg	1000      1      0,001
		Tonne	t	1 g	1      0,001      0,000 001
				1 Mg (t)	1000 000      1000      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>	$\varrho$	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      1000
				1 g/cm <sup>3</sup>	1      1      1000
		Gramm/ Kubikzentimeter	g/cm <sup>3</sup>	1 kg/l	1      1      1000
				1 g/l	0,001      0,001      1
<b>spezifisches Volumen</b>	$\nu$	Kubikmeter/ Kilogramm	m <sup>3</sup> /kg	$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 1000 \text{ dm}^3/\text{kg} = 1 \text{ dm}^3/\text{g}$	
<b>Stoffmenge</b>	n	Mol	mol	Teilchenmenge = $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen	
<b>Kraft</b>	F G, G	Newton	N	mN	N      daN      kN
				1 mN	1      0,001      0,000 1      0,000 001
				1 N	1000      1      0,1      0,001
				1 kN	1000 000      1000      100      1
				1 MN	10 <sup>9</sup> 1000 000      100 000      1000
					$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg m/s}^2$
<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      1000      1

M

B

G

W

Z

F

E

V

Größen									
M	Größe	Formel-zeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
			Name	Zeichen					
Temperatur	$T$ $t$	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = - 273 °C 0 Celsius = 0 °C = 273 K					
Arbeit	$W$	Joule	J		kWh	J	kJ	MJ	
Energie	$E, W$	$E, W$ $Q$	J	1 kWh	3 600 000	3 600	3,6		
Wärmemenge	$Q$			1 J	1	0,001	0,000 001		
				1 kJ	0,000 2778	1 000	1	0,001	
				1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000	1	
1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>									
Leistung	$P$	Watt	W		mW	W	kW	MW	
			W	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	
1 W = 1 J/s = 1 Nm/s									
Druck	$p$	Pascal	Pa		Pa	mbar, hPa	bar	N/cm <sup>2</sup>	
			Pa	1 Pa	1	0,01	0,000 001	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	
1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> ; 1 bar = 10 N/cm <sup>2</sup> ; 1 mbar = 1 hPa									
Mechanische Spannung	$\sigma, \tau$	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>	
			N/m <sup>2</sup>	1 N/m <sup>2</sup>	1	0,000 1	0,000 001	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	
1 N/m <sup>2</sup> = 1 Pa									
Elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A		mA	A	kA		
			A	1 mA	1	0,001	0,000 001		
				1 A	1 000	1	0,001		
				1 kA	1 000 000	1 000	1		
Elektrische Spannung	$U$	Volt	V		mV	V	kV		
			V	1 mV	1	0,001	0,000 001		
				1 V	1 000	1	0,001		
				1 kV	1 000 000	1 000	1		
Elektrischer Widerstand	$R$	Ohm	Ω		mΩ	Ω	kΩ	MΩ	
			Ω	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)									
E	da (Deka) $10^1$	130 Meter = $13 \cdot 10^1$ m = 13 dam			d (Dezi) $10^{-1}$	0,1 Meter = $1 \cdot 10^{-1}$ m = 1 dm			
	h (Hekto) $10^2$	300 Liter = $3 \cdot 10^2$ l = 3 hl			c (Centi) $10^{-2}$	0,25 Meter = $25 \cdot 10^{-2}$ m = 25 cm			
Z	k (Kilo) $10^3$	1500 Gramm = $1,5 \cdot 10^3$ g = 1,5 kg			m (Milli) $10^{-3}$	0,004 Meter = $4 \cdot 10^{-3}$ m = 4 mm			
	M (Mega) $10^6$	1 200 000 Watt = $1,2 \cdot 10^6$ W = 1,2 MW			μ (Mikro) $10^{-6}$	0,000 015 Meter = $15 \cdot 10^{-6}$ m = 15 μm			
F	G (Giga) $10^9$	20 500 000 000 Watt = $20,5 \cdot 10^9$ W = 20,5 GW			n (Nano) $10^{-9}$	0,000 000 105 Meter = $105 \cdot 10^{-9}$ m = 105 nm			
	T (Tera) $10^{12}$				p (Pico) $10^{-12}$				
E	P (Peta) $10^{15}$				f (Femto) $10^{-15}$				
	E (Exa) $10^{18}$				a (Atto) $10^{-18}$				
Griechisches Alphabet (Auswahl)									
V	A α a Alpha	E ε e Epsilon	A 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	Y 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	$\Delta$	Delta, Zeichen f. Differenz
=	gleich	$\sqrt{a}$	Quadratwurzel aus a	$\cong$	kongruent
≠	nicht gleich, ungleich	$\cdot \times$	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	$\sim$	ähnlich
~	proportional	$:$ / —	durch, geteilt durch, dividiert durch	$\angle$	Winkel
$\approx$	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	%	Prozent, vom Hundert	$\overline{AB}$	Strecke AB
$\cong$	entspricht	$\%$	Promille, vom Tausend	$\overline{\overline{AB}}$	Bogen AB
<	kleiner als	$\% \%$	( $)$ [ ] { }	$\Sigma$	Summe
>	größer als	$\pi$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	e	Eulersche Zahl e = 2,718281828...
$\geq$	größer oder gleich, mindestens gleich	$\parallel$	parallel	$\infty$	Pi = 3,14159... unendlich
$\leq$	kleiner oder gleich, höchstens gleich	$\neq$	nicht parallel	log	Logarithmus (allgemein)
+	plus, mehr, und	$\perp$	rechteckig zu, normal auf, senkrecht auf	lg	Zehnerlogarithmus
				In	natürlicher Logarithmus

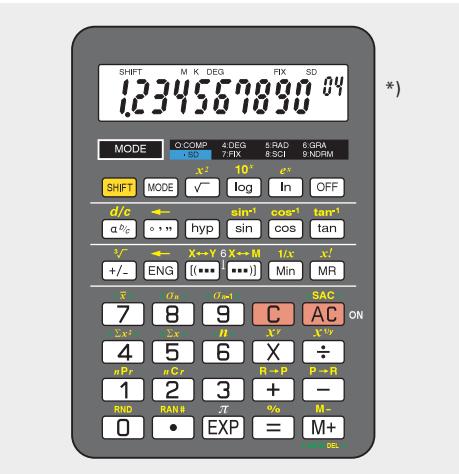
**Anglo-amerikanische Einheiten**

Länge	mm	m	Fläche	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
inch (Zoll) foot yard statute mile nautical mile	1 in 1 ft 1 yd 1 mile 1 n mile	25,4 304,8 914,4 — —	square inch square foot square yard acre square mile	1 in <sup>2</sup> 1 ft <sup>2</sup> 1 yd <sup>2</sup> 1 acre 1 mile <sup>2</sup>	6,452 929 8361 — 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 cubic foot cubic yard US-gallon engl. gallon barrel	1 in <sup>3</sup> 1 ft <sup>3</sup> 1 yd <sup>3</sup> 1 gal 1 gal 1 barrel	16,387 28317 — 3785 4546 —	grain dram ounce pound (libre) hundredweight amer. ton	0,0164 1 dram 1 oz 1 lb 1 cwt 1 tn	0,0648 1,772 28,35 453,59 50 802 —
		158,990			0,454 50,802 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 statute mile per hour nautic mile per hour	1 ffps 1 mph 1 kn	0,3048 0,4470 0,5147	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in <sup>2</sup>	0,704 0,0704
		1,096 1,609 1,852			

**Temperatur**Temperatur in Grad Fahrenheit =  $1,8 \cdot$  Temperatur in Grad Celsius + 32Temperatur in Grad Celsius =  $\frac{1}{1,8} \cdot$  (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 = = $1,16 \cdot 10^{-3}$ kWh	1 PS = 735 W = 0,735 kW = = 735 Nm/s
1 mm WS = 1 kp/m <sup>2</sup> = 0,098 mbar	1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm	1 kW = 1,36 PS
1 mm Hg = 1 Torr = 1,333 mbar		

M



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

Anzeigenfeld (Display)	Anmerkungen
Zahlenwertangabe Exponenten Sonderfunktionen	acht- oder zehnstellig – 99 bis +99 M = Speicher E = Überlauffunktion z.B. $x/0$ = unendlich
Bedienfeld	Abkürzungen
Ein-, Ausschaltfunktion Zifferntasten Punkttaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlösztaste Speicherrückrufaste Rechentasten Ausführungstaste Funktionstasten	ON – OFF 0 – 9 · C; CE; AC M; STO; M+; M–; Min MC MR; MRC; RCL +; –; $\times$ ; $\div$ =; $\%$ ; $+/-$ ; $x^2$ ; $1/x$ ; $x^n$ ; $\lfloor \dots \rfloor$ ; $\sin$ ; $\cos$ ; $\tan$ ; $x^3$ ; $\sqrt[3]{x}$ ; $\sqrt{x}$ ; $\pi$ ; ... SHIFT/INV/2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funktionstasten.
Umschalttaste	

B

G

W

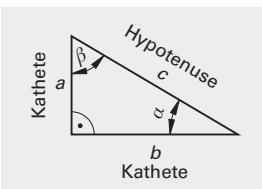
Z

F

E

V

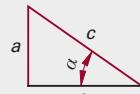
Werteingabe/ Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wert- ausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	2 5 . 3 3	25.33	Mit der Punkttaste wird das Dezimalzeichen gesetzt.
Addition/ Subtraktion	$32,2 + 27,9 - 15,7 = ?$	32.2 + 27.9 - 15.7 =	44.4	Das Ergebnis wird durch Betätigen der „=“-Taste ausgegeben.
Prozent- rechnung	15 % von 3000 = ?	3000 [X] 15 SHIFT %	450	Die Prozenttaste bewirkt die Rechenoperation 1/100.
Klammer- rechnung	$\frac{12 \times [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	12 X [ 2 - ( 1 - 6 ) ] + 20 ÷ 5 =	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammertaste [ ] so oft drücken, wie Klammern geöffnet wurden.
Quadrieren/ Potenzieren	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ $3,7^2 = ?$ $2^5 = ?$	$\pi \times 14 \text{ SHIFT } x^2 \div 4 =$ 3.7 SHIFT $x^2$ 2 SHIFT $x^y$ 5 =	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonderfunktionstaste $\pi$ 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 $\sqrt{ }$ 5	25 5	Zuerst Radikant x eingeben und dann Wurzeltaste drücken.
Kehrwert	$20^{-1} = ?$ bzw. $\frac{1}{20} = ?$	20 SHIFT $1/x$	0.05	Die Funktion $1/x$ errechnet, wie oft die betreffende Zahl in 1 enthalten ist.
Speicher- rechnung	$254 + 157 - 23 + 88 = ?$	254 Min 157 M+ 23 SHIFT M+ 28 M+ MR	476	M+ bewirkt Addition im Speicher. M- bewirkt Subtraktion im Speicher. MR Speicherwert wird ausgegeben. Min Festwert wird in Speicher eingetragen. <b>Speicherwertlöschung:</b> Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.



- 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.

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



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

$$a = c \cdot \sin \alpha$$

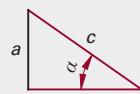
$$c = \frac{a}{\sin \alpha}$$

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

$$b = c \cdot \sin \beta$$

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

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



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

$$b = c \cdot \cos \alpha$$

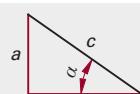
$$c = \frac{b}{\cos \alpha}$$

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

$$a = c \cdot \cos \beta$$

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

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



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

$$a = b \cdot \tan \alpha$$

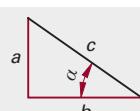
$$b = \frac{a}{\tan \alpha}$$

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

$$b = a \cdot \tan \beta$$

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

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



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

$$b = a \cdot \cot \alpha$$

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

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

$$a = b \cdot \cot \beta$$

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

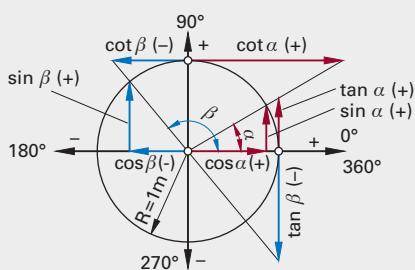
### Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiel)

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

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

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

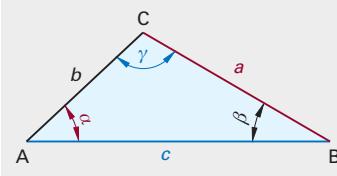
### Winkelfunktionen am Einheitskreis



### Besondere Winkelfunktionswerte

Winkel $\alpha$ Funktion	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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 ( $^\circ$ )

### Kosinussatz

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

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

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

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

## Prozentrechnen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Zinsrechnen

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

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

$z$  Zinsen in €

$p$  Zinssatz in %

$k$  Kapital in €

$t$  Zeit in Jahren oder  
Zeit in Tagen

### Jahreszins

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

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

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

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

$$\begin{aligned} 1 \text{ Zinsjahr} &\quad \hat{=} 360 \text{ Tage} \\ 1 \text{ Zinsmonat} &\quad \hat{=} 30 \text{ Tage} \end{aligned}$$

### Tageszins

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

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

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

## 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.

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

$$a : b = c : d$$

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

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

## Mischungsrechnen

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

Gefrierschutzmittelmenge = ? l

Wassermenge = ? l

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

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

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

$m$  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

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

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

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

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

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

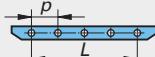
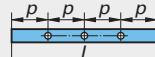
$$m = \frac{m_1 \cdot x}{x_1}$$

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

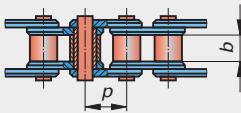
**Maßstäbe**

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

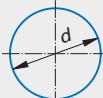
**Längenteilungen**

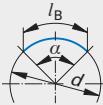
	<b>Teilung <math>p</math> Lochabstand</b>	<b>Teilungszahl <math>n</math> Lochzahl</b>	<b>Teilungslänge <math>l</math></b>
	$p = \frac{L}{n-1}$	$n = \frac{L}{p} + 1$	$L = p \cdot (n-1)$
	$p = \frac{L}{n+1}$	$n = \frac{L}{p} - 1$	$L = p \cdot (n+1)$
	$p = \frac{\pi \cdot d}{n}$	$n = \frac{\pi \cdot d}{p}$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

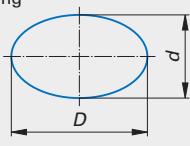
**Kettenlänge**

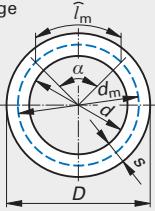
	$L$ Kettenlänge $p$ Teilung $b$ Gliederbreite (Innenglied) $X$ Gliederzahl	$L = p \cdot X$
		$p = \frac{L}{X}$ $X = \frac{L}{p}$

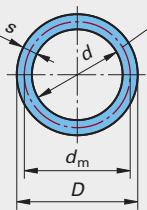
**Gebogene Längen**

Kreisumfang		$U$ Umfang $d$ Durchmesser	$U = \pi \cdot d$
			$d = \frac{U}{\pi}$

Kreisbogenlänge		$l_B$ Bogenlänge $d$ Durchmesser $\alpha$ Mittelpunktwinkel in °	$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$
			$\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot d}$ $d = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$

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

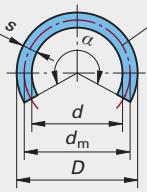
Gestreckte Länge		$l_m$ gestreckte Länge, Länge der neutralen Faser	$l_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$
		$d_m$ mittlerer Durchmesser $D$ Außendurchmesser $d$ Innendurchmesser $\alpha$ Mittelpunktwinkel in ° $s$ Werkstoffdicke $U_m$ mittlerer Umfang	$U_m = \pi \cdot d_m$ $d_m = \frac{D+d}{2}$ $d_m = D-s$ $d_m = d+s$

**Gestreckte Längen**
**M**


- $D$  Außendurchmesser  
 $d$  Innendurchmesser  
 $d_m$  mittlerer Durchmesser  
 (Durchmesser der neutralen Faser)  
 $s$  Dicke  
 $l$  gestreckte Länge (Länge der neutralen Faser)  
 $\alpha$  Mittelpunktwinkel

**Gestreckte Länge beim Kreisring**

$$l = \pi \cdot d_m$$

**B**


- Beispiel (Kreisring):**  
 $D = 45 \text{ mm}; s = 4 \text{ mm}; l = ? \text{ mm}$

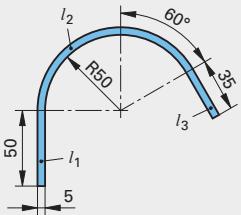
$$d_m = D - s = 45 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$$

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

- Beispiel (Kreisringausschnitt):**  
 $D = 53 \text{ mm}; s = 4 \text{ mm}; d_m = ?; \alpha = 250^\circ; l = ? \text{ mm}$

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

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

**G**
**Zusammengesetzte Längen (z.B. Biegen von Flachstählen)**


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

**Zusammengesetzte Längen**

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

**W**

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

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

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

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

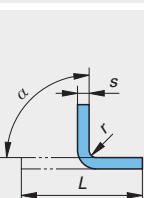
$$L = 50 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 105 \text{ mm} \cdot (90^\circ + 60^\circ)}{360^\circ} + 35 \text{ mm} = 222,4 \text{ mm}$$

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

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

**Z**
**Kleinster zulässiger Biegeradius für Biegeteile aus Aluminium**

vgl. DIN 5520


**Werkstoff**
**Werkstoffzustand**

	0,8	1	1,5	2	3	4	6	8	10
Mindest-Biegeradius $r^{(1)}$ in mm									

AlMg3-01	Weich geglüht	0,6	1	2	3	4	6	8	10
AlMg3-H14	Kalt verfestigt	1,6	2,5	4	6	10	14	18	—
AlMg4,5Mn-H12	Weich geglüht, gerichtet	1	1,5	2,5	4	6	8	10	14
AlMg4,5Mn-H11	Kalt verfestigt und geglüht	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

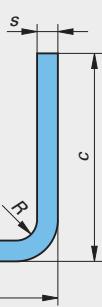
**Mindestzugfestigkeit  $R_m$  in N/mm<sup>2</sup> über ... bis**
**Kleinster Biegeradius  $r^{(1)}$  R für Blechdicken s in mm**

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

<sup>(1)</sup> Werte gelten für Biegewinkel  $\alpha < 120^\circ$ , und Biegen quer zur Walzrichtung. Beim Biegen längs zur Walzrichtung und Biegewinkel  $\alpha > 120^\circ$  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 Zuschnittslänge auch über die Addition der Innenmaße des Kanteils berechnet.

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

**Zuschnittslänge**  
(mit Verkürzung)

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

**Zuschnittslänge (Faustformel)**  
(Für Blechdicken  $s < 2$  mm)

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

## Beispiel

(Ermittlung der Zuschnittslänge mit Verkürzung):

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

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

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

## Beispiel

(Ermittlung der Zuschnittslänge mit Faustformel):

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

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

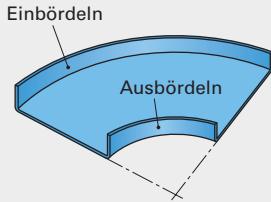
$$L = (25 + 30 + 35) \text{ mm} - 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \cdot 2 = 84 \text{ mm}$$

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

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

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

## Bördeln von Blechrändern (Verformungsgrad)



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

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

Man unterscheidet nach der Materialbeanspruchung

**Ausbördeln:** Werkstoff wird gestreckt

**Einbördeln:** Werkstoff wird gestaucht

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

## Beispiel:

Verformungsgrad ermitteln

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

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

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

$\varepsilon$  Verformungsgrad in %

$R$  Krümmungsradius des Bördels in mm

$b$  Bördelbreite in mm

$A$  Bruchdehnung in %

M

B

G

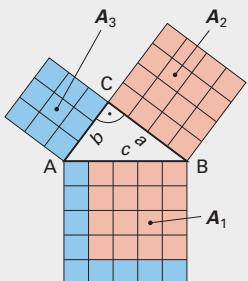
W

Z

F

E

V

**Lehrsatz des Pythagoras**


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

$$A_1 = A_2 + A_3$$

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

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

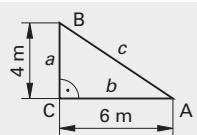
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

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

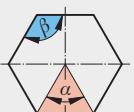
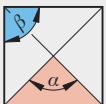
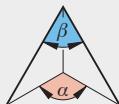
c Hypotenuse – die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite  
a, b Katheten – die den rechten Winkel bildenden Seiten

$A_1, A_2, A_3$  Flächen

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



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

**Regelmäßige Vielecke**


Für regelmäßige Vielecke gilt:

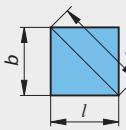
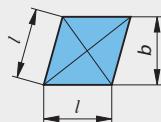
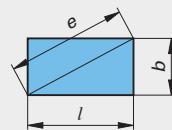
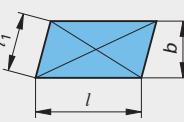
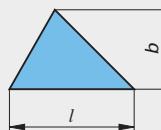
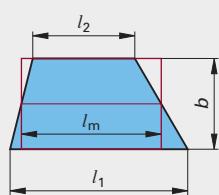
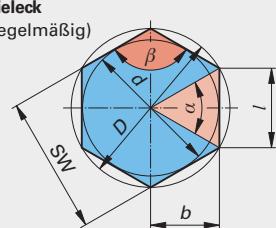
$$\text{Innenwinkel } \alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

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

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

n Anzahl der Ecken

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

<b>Quadrat</b>		$l = \sqrt{A}$ $e = \sqrt{2 \cdot l^2} = 1,414 \cdot l$ $l = \frac{e}{1,414} = 0,707 \cdot e$ $U = 4 \cdot l$	$A = l^2$
<b>Rhombus (Raute)</b>		$l = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{l}$ $U = 4 \cdot l$	$A = l \cdot b$
<b>Rechteck</b>		$b = \frac{A}{l}$ $l = \frac{A}{b}$ $e = \sqrt{l^2 + b^2}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$	$A = l \cdot b$
<b>Rhomboïd (Parallelogramm)</b>		$l = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{l}$ $l_1 = \frac{U - 2 \cdot b}{2}$ $l_1 = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$ $U = 2 \cdot l + 2 \cdot l_1$	$A = l \cdot b$
<b>Dreieck</b>		$l = \frac{2 \cdot A}{b}$ $b = \frac{2 \cdot A}{l}$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l \cdot b}{2}$
<b>Trapez</b>		$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$ $l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$ $U = \text{Summe aller Seiten}$	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $A = l_m \cdot b$
<b>Viereck (regelmäßig)</b>		$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ $\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ $l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $l = D \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$ $b = \frac{SW}{2} = \frac{d}{2}$ $U = l \cdot n$	$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$ $A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$  A Gesamtfläche d Inkreisdurchmesser n Anzahl der Ecken l Seitenlänge b Breite
<b>A Fläche</b>	<b>l Länge</b>	<b><math>l_m</math> mittlere Länge</b>	<b>b Breite</b>
			<b><math>e</math> Eckmaß</b>

$\alpha$  Innenwinkel  
 $\beta$  Außenwinkel  
 SW Schlüsselweite  
 $D$  Umkreisdurchmesser  
 $d$  Inkreisdurchmesser

M

B

G

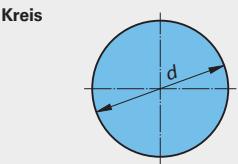
W

Z

F

E

V

**M**


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

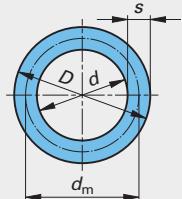
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

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

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

$$U = \pi \cdot d$$

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

**B**


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

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

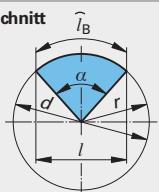
$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

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

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

$$A = A_2 - A_1$$

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

**G**
**Kreisausschnitt  
(Sektor)**


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

*l<sub>B</sub>* Bogenlänge

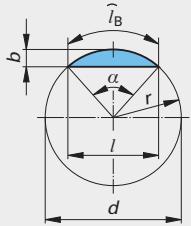
$$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$$

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

*α* Mittelpunktwinkel

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

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

**W**
**Kreisabschnitt  
(Segment)**


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

*l* Länge (Sehne)

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

*b* Breite (Bogenhöhe)

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

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

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

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

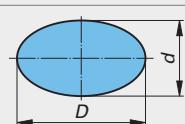
$$r = \frac{2 \cdot A - b \cdot l}{l_B - l}$$

$$U = l + l_B$$

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

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

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

**Z**
**F**


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

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

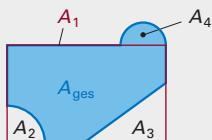
$$U \approx \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

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

*D* große Achse  
*d* kleine Achse

$$\text{genauer:}$$

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

**E**
**Zusammengesetzte Flächen**


Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung ihrer Gesamtfläche in Teilflächen zerlegt.

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

Durch Addition und Subtraktion der Teilflächen erhält man die Gesamtfläche.

Allgemein gilt:

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

*A* Fläche  
*U* Umfang

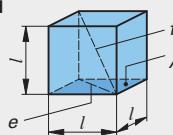
*D, d* Durchmesser  
*R, r* Radius

*l<sub>B</sub>* Bogenlänge  
*l* Länge (Sehne)

*b* Breite (Bogenhöhe)  
*b* Breite

*α* Mittelpunktwinkel  
*d<sub>m</sub>* mittlerer Durchmesser

**V**

**Gleichdicke Körper****Würfel**

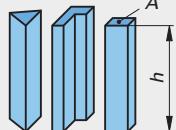
$$l = \sqrt[3]{V}$$

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

$$V = A \cdot h$$

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

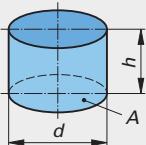
$$V = l^3$$

**Prisma**

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

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

$$V = A \cdot h$$

**Zylinder**

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

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

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

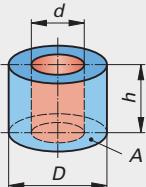
$$A = \frac{V}{h}$$

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

$$V = A \cdot h$$

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

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

**Hohlzylinder**

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

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

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

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

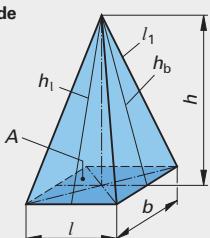
$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

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

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

$$V = V_2 - V_1$$

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

**Spitze Körper****Pyramide**

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

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

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

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

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

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

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

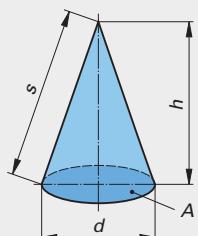
$$A_M = h_l \cdot l + h_b \cdot b$$

$$A_O = A_M + A$$

$$V = A \cdot b/3$$

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

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

**Kegel**

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_O = A_M + A$$

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

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

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

**V Volumen****l** Länge**A Fläche****b** Breite**h Höhe****D, d Durchmesser****h<sub>l</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 (Flächendiagonale)****f Raumdiagonale****M****B****G****W****Z****F****E****V**