EUROPA-FACHBUCHREIHE
Kraftfahrzeugtechnik

Formeln Kraftfahrzeugtechnik

Bearbeitet von Gewerbelehrern und Ingenieuren

8. Auflage

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

Europa-Nr.: 20612

Autoren:

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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:
Rolf Gscheidle, Studiendirektor a. D., Winnenden

Bildquellen:
Robert Bosch GmbH: S. 18/4; S. 38/1 + 2; S. 55/2; S. 59/3
Autor Richard Fischer: S. 34/1

Bildbearbeitung:
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Den „Formeln Kraftfahrzeugtechnik“ wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

8. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2023
Druck 8
Alle Drucke dieser Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-2098-7

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de
Satz und Layout: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com
Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald
Umschlagfotos: Mercedes-Benz Group, Stuttgart und © Anna Om – Fotolia.com
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Grundlagen 4 – 28

Mathematische Zeichen, Prozent-, Zins-, Mischungsrechnen 4
Winkelfunktionen 5
Längen, Flächen . . . . . 6 – 9
Volumen, Mantelfläche, Oberfläche . . . . . 10 – 11
Dichte, Masse, Kraft, Kräftezusammensetzung, -zerlegung 12
Fliehkraft 13
Geschwindigkeit 14
Beschleunigung, Verzögerung, Überholen . . . . . 15 – 16
Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad . . . . . 17 – 18
Drehmoment, Hebelgesetz, Flaschenzug 19
Festigkeit, Reibung, Druck . . . . . 20 – 21
Hydraulik, Pneumatik . . . . . 22 – 24
Wärmetechnik . . . . . 25 – 26
Riementrieb, Zahnradtrieb . . . . . 27 – 28

Motor 29 – 40

Hubraum, Verdichtung, Hubverhältnis, Pleuelstangenverhältnis, Kolbenweg, Kolbengeschwindigkeit . . . . . 29 – 30
Gasdruck, Kolbenkraft, Kräfte am Kurbeltrieb, Kolbeneinbauspiel 31
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit 32
Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Luftbedarf, CO_2-Emission 33
Kraftstoffverbrauch . . . . . 34 – 35
Kraftstoff-Einspritzmenge, Mischungsverhältnis 2-Takt-Motoren, Gefrierschutzmischung, Motorkühlung 35
Motorleistung, innere Motorarbeit, Leistungsmessung am Motorprüfstand, Motorwirkungsgrade . . . . . 36 – 39
Kenngrößen von Verbrennungsmotoren (Hubraumleistung, Leistungsgewicht, Gewichtsleitung, Hubraumgewicht) 40

Antriebsstrang – Kraftübertragung 41 – 48

Kupplung, Kupplungsbetätigung . . . . . 41 – 42
Wechselgetriebe . . . . . 43 – 44
Achsgetriebe 45
Ausgleichsgetriebe 46
Antriebsstrang, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrwiderstände . . . . . 47 – 48

Fahrwerk 49 – 50

Achskräfte, Auflagerkräfte 49
Übersetzung Lenkgetriebe, Lenkung 50

Bremsen 51 – 56

Übersetzungen, Leitungsdruck, pneumatische Verstärkung, hydraulische Übersetzung . . . . . 51 – 53
Bremsmoment, Bremskraft, Bremsarbeit, Bremsleistung, Bremsenprüfung . . . . . 54 – 55
Flussdiagramm zur Berechnung von hydraulischen Bremsen 56

Elektrotechnik 57 – 62

Ohmsches Gesetz, Spannung, Strom, Widerstand, Widerstandsschaltungen . . . . . 57 – 58
Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad, Spannungsteiler 59
Batterie, Transformator 60
Wechselstrom, Drehstrom 61
Elektronische Bauelemente, Winkel und Zeiten beim Zündvorgang 62
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung 62

Sachwortverzeichnis 63 – 64

Mathematische Zeichen (Auswahl)

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

Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten

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

Prozentrechnen

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)

$$E_{max} = G + P$$

$$E_{min} = G - P$$

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

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

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

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

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

Zinsrechnen

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

1 Zinsjahr ≙ 360 Tage
1 Zinsmonat ≙ 30 Tage

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

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

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

Jahreszins

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

Tageszins

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

Mischungsrechnen

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

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

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

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

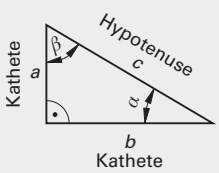
$$x = \frac{m \cdot x_1}{m_1}$$

$$m = m_1 + m_2 + \ldots$$

$$x = x_1 + x_2 + \ldots$$

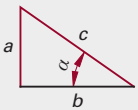
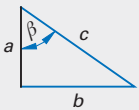
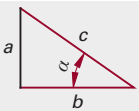
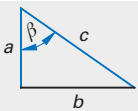
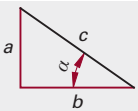
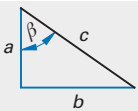
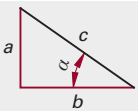
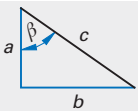
$$\frac{m}{m_1} = \frac{x}{x_1}$$

Winkelfunktionen



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

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

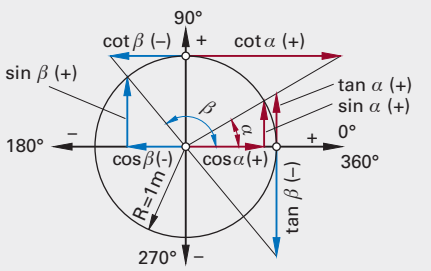
Sinus	$= \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$		$\sin\alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin\alpha$ $c = \frac{a}{\sin\alpha}$		$\sin\beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \sin\beta$ $c = \frac{b}{\sin\beta}$
Cosinus	$= \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$		$\cos\alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos\alpha$ $c = \frac{b}{\cos\alpha}$		$\cos\beta = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \cos\beta$ $c = \frac{a}{\cos\beta}$
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 (Beispiele)

Beispiel 1: $a = 10$ cm; $c = 50$ cm; $\alpha = ?$ *Lösung:* $\sin\alpha = a : c = 10\text{ cm} : 50\text{ cm} = \mathbf{0{,}2}$

10 ÷ 50 = 0,2 (SHIFT ; 2ND ; INV) SIN ⇒ 11,536 96° (SHIFT ; 2ND ; INV) ° ′ ″ ⇒ **11° 32′ 13″**

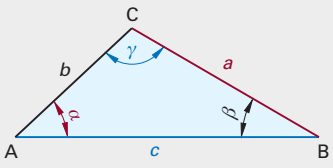
Winkelfunktionen am Einheitskreis



Besondere Winkelfunktionswerte

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

Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck



a, *b*, *c* Seitenlängen (mm)
α, β, γ Winkel, die jeweils den Seiten *a*, *b*, *c* gegenüber liegen (°)

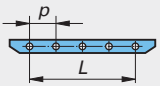
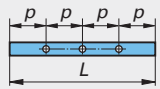
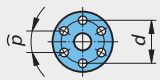
Sinussatz

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

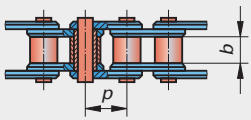
Kosinussatz

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

Längenteilungen

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

Kettenlänge



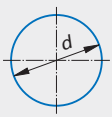
L Kettenlänge
p Teilung
b Gliederbreite (Innenglied)
X Gliederzahl

$$L = p \cdot X$$

$$p = \frac{L}{X} \qquad X = \frac{L}{p}$$

Gebogene Längen

Kreisumfang

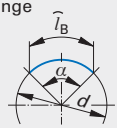


U Umfang
d Durchmesser

$$U = \pi \cdot d$$

$$d = \frac{U}{\pi}$$

Kreisbogenlänge

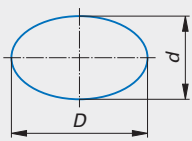


l_B Bogenlänge
d Durchmesser
α Mittelpunktswinkel in °

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

$$\alpha = \frac{360° \cdot l_B}{\pi \cdot d} \qquad d = \frac{360° \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$$

Ellipsenumfang



U Umfang
D Durchmesser
d Durchmesser
R Radius
r Radius

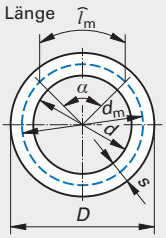
$$U \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$$

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

genauer:

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

Gestreckte Länge



l_m gestreckte Länge, Länge der neutralen Faser
d_m mittlerer Durchmesser
D Außendurchmesser
d Innendurchmesser
α Mittelpunktswinkel in °
s Werkstoffdicke
U_m mittlerer Umfang

$$l_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360°}$$

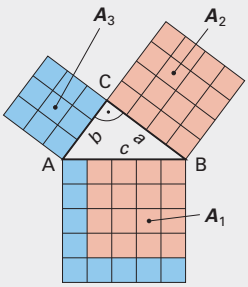
$$U_m = \pi \cdot d_m$$

$$d_m = \frac{D+d}{2}$$

$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$

Lehrsatz des Pythagoras



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

c Hypotenuse – die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite

a, b Katheten – die den rechten Winkel bildenden Seiten

A_1, A_2, A_3 Flächen

$$A_1 = A_2 + A_3$$

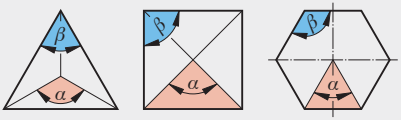
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

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

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

Regelmäßige Vielecke

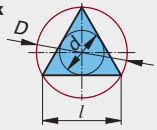
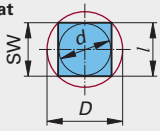
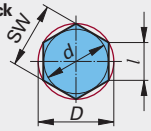
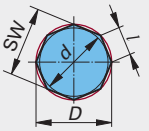
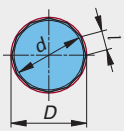


Für regelmäßige Vielecke gilt:

Innenwinkel $\alpha = \dfrac{360°}{n}$

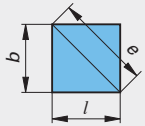
Außenwinkel $\beta = \dfrac{(n-2) \cdot 180°}{n}$ $\qquad \beta = 180° - \alpha$

n **Anzahl der Ecken**

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

Geradlinig begrenzte Flächen

Quadrat
$b = l$



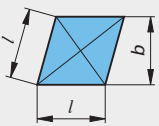
$l = \sqrt{A}$ $\quad b = l$

$e = \sqrt{2 \cdot l^2} = 1{,}414 \cdot l$

$l = \frac{e}{1{,}414} = 0{,}707 \cdot e$ $\quad U = 4 \cdot l$

$$A = l^2$$

Rhombus (Raute)



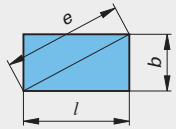
$l = \frac{A}{b}$

$b = \frac{A}{l}$

$U = 4 \cdot l$

$$A = l \cdot b$$

Rechteck



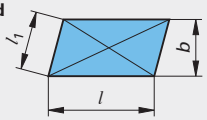
$b = \frac{A}{l}$ $\quad l = \frac{A}{b}$ $\quad l = \frac{U - 2 \cdot b}{2}$

$e = \sqrt{l^2 + b^2}$ $\quad b = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$

$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$

$$A = l \cdot b$$

Rhomboid (Parallelogramm)



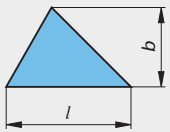
$l = \frac{A}{b}$ $\quad l = \frac{U - 2 \cdot l_1}{2}$

$b = \frac{A}{l}$ $\quad l_1 = \frac{U - 2 \cdot l}{2}$

$U = 2 \cdot l + 2 \cdot l_1$

$$A = l \cdot b$$

Dreieck



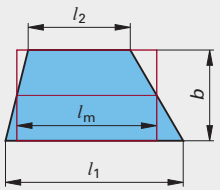
$l = \frac{2 \cdot A}{b}$

$b = \frac{2 \cdot A}{l}$

$U =$ Summe aller Seiten

$$A = \frac{l \cdot b}{2}$$

Trapez



$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $\quad b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$

$l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $\quad l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$

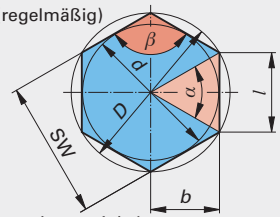
$l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $\quad l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$

$U =$ Summe aller Seiten

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

$$A = l_m \cdot b$$

Vieleck (regelmäßig)



α Innenwinkel
β Außenwinkel
SW Schlüsselweite
D Umkreisdurchmesser
d Inkreisdurchmesser

$\alpha = \frac{360°}{n}$

$\beta = \frac{(n-2) \cdot 180°}{n}$

$\beta = 180° - \alpha$

$l = D \cdot \sin\left(\frac{180°}{n}\right)$

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

$d = \sqrt{D^2 - l^2}$

$b = \frac{SW}{2} = \frac{d}{2}$ $\quad U = l \cdot n$

$$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$$

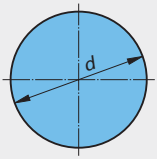
$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$$

A Gesamtfläche
d Inkreisdurchmesser
n Anzahl der Ecken
l Seitenlänge
b Breite

A Fläche $\quad l$ Länge $\quad l_m$ mittlere Länge $\quad b$ Breite $\quad U$ Umfang $\quad e$ Eckmaß

Kreisförmig oder bogenförmig begrenzte Flächen

Kreis



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

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

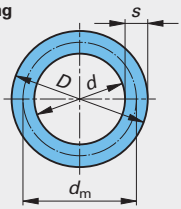
$$U = \pi \cdot d$$

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

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

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

Kreisring



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

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

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

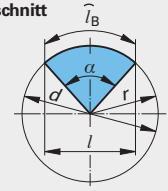
$$A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

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

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

$$A = A_2 - A_1$$

Kreisausschnitt (Sektor)



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

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

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

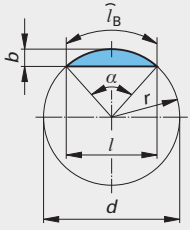
l_B Bogenlänge

α Mittelpunktswinkel

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

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

Kreisabschnitt (Segment)



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

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

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

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

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

$$U = l + l_B$$

l Länge (Sehne)

b Breite (Bogenhöhe)

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

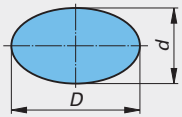
$$r = \frac{2 \cdot A - b \cdot l}{l_B - l}$$

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

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

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

Ellipse



D große Achse
d kleine Achse

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

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

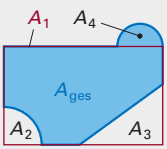
$$U \approx \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

genauer:

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

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

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:

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

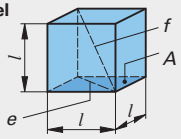
A Fläche; D, d Durchmesser; l_B Bogenlänge; b Breite (Bogenhöhe); α Mittelpunktswinkel
U Umfang; R, r Radius; l Länge (Sehne); b Breite; d_m mittlerer Durchmesser

Volumen

Gleichdicke Körper

$V = A \cdot h$

Würfel



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

$e = 1{,}414 \cdot l$

$f = 1{,}732 \cdot l$

$l_{ges} = 12 \cdot l$

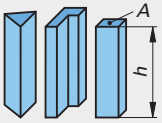
$A_M = 4 \cdot A = 4 \cdot l^2$

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

$V = l \cdot l \cdot l$

$V = l^3$

Prisma

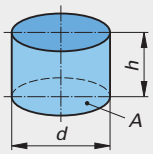


$A = \frac{V}{h}$

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

$V = A \cdot h$

Zylinder



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

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

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

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

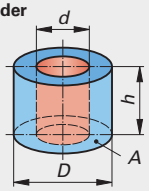
$A_M = \pi \cdot d \cdot h$

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

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

$V = A \cdot h$

Hohlzylinder



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

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

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

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

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

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

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

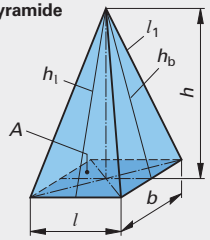
$V = (A_2 - A_1) \cdot h$

$V = V_2 - V_1$

Spitze Körper

$V = A \cdot b/3$

Pyramide



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

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

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

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

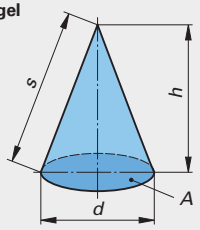
$A_M = h_l \cdot l + h_b \cdot b$

$A_O = A_M + A$

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

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

Kegel



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

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

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

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

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

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

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

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

$A_O = A_M + A$

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

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

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

V	Volumen	l	Länge	h_l	Mantelhöhe über l	r	Radius
A	Fläche	b	Breite	h_b	Mantelhöhe über b	A_M	Mantelfläche
h	Höhe	D, d	Durchmesser	s	Mantelhöhe	A_O	Oberfläche

e	Eckenmaß
	(Flächendiagonale)
f	Raumdiagonale