



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# Formeln Metallbau Konstruktionsmechanik

## Bearbeiter

Bulling, Gerhard	Studiendirektor	München
Dillinger, Josef	Studiendirektor i. R.	München
Heringer, Stefanie	Oberfachlehrerin	Schechen
Schindlbeck, Harald	Oberstudienrat	Altheim
Weingartner, Alfred	Studiendirektor i. R.	München

**Lektorat** und Leitung des Arbeitskreises  
Alfred Weingartner, München

## Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

7. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagfoto: Eislaufhalle im Olympiapark München  
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

**Europa-Nr.: 16313**

ISBN 978-3-8085-1639-3

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>Mathematische Grundlagen</b>	Grundrechnungsarten . . . . .	4
	Umrechnen von Einheiten . . . . .	7
	Winkelfunktionen . . . . .	8
	Winkel, Strahlensatz . . . . .	9
	Mischungs-, Prozent-, Zinsrechnung . . . . .	9
	Längen . . . . .	10
	Berechnungen am rechtwinkligen Dreieck . . . . .	11
	Flächen . . . . .	12
	Berechnung regelmäßiger Vielecke . . . . .	13
	Verschnitt . . . . .	14
	Körper, Volumen und Oberfläche . . . . .	15
	Masse, Gewichtskraft . . . . .	18
<b>Naturwissenschaftliche Grundlagen</b>	Bewegungslehre . . . . .	19
	Gleichförmige Kreis- oder Drehbewegung . . . . .	19
	Geschwindigkeiten . . . . .	20
	Vorschub-, Schnitt-, Umfangsgeschwindigkeit . . . . .	20
	Mittlere Geschwindigkeit bei Kurbeltrieben . . . . .	20
	Kräfte . . . . .	21
	Hebel und Drehmoment . . . . .	22
	Auflagerkräfte . . . . .	22
	Mechanische Arbeit und Energie . . . . .	23
	Kräfte an der schiefen Ebene . . . . .	23
	Mechanische Leistung, Wirkungsgrad . . . . .	24
	Rolle und Flaschenzug . . . . .	25
<b>Fertigungstechnik</b>	Berechnungen an Metallbaukonstruktionen . . . . .	26
	Teilungslängen bei Gittern und Bauelementen . . . . .	26
	Teilungslängen nach Landesbauordnung . . . . .	27
	Teilungslängen gekrümmter Strecken . . . . .	28
	Oberflächen von Profilkonstruktionen . . . . .	28
	Masse von Profilkonstruktionen . . . . .	29
	Zuschnittlängen gebogener Profile . . . . .	30
	Zuschnittlängen von Systemkonstruktionen, Fenster, Türen . . . . .	30
	Rohmaße von Schmiede- und Pressstücken . . . . .	32
	Treppenberechnungen . . . . .	32
	Blechkonstruktionen . . . . .	33
	Gestreckte Längen gekanteter Bauelemente . . . . .	33
	Zugaben, Drahteinlagen . . . . .	33
	Zugaben, Falze . . . . .	34
	Abwicklungen von Blechformkörpern . . . . .	34
	Wärmetechnik . . . . .	36
	Temperatur . . . . .	36
	Wärmemenge . . . . .	36
	Längen- und Volumenänderung . . . . .	36
	Kohle- und Gasverbrauch beim Schmieden . . . . .	37
	Wärmestrom . . . . .	38
	Wärmedurchlasswiderstand einschichtiger Bauelemente . . . . .	38
	Wärmeleitfähigkeit verschiedener Baustoffe . . . . .	38
	Wärmedurchlasswiderstand mehrschichtiger Bauelemente . . . . .	39
	Wärmedurchgangswiderstand . . . . .	39
	Wärmedurchgangskoeffizient . . . . .	39
	Wärmeübergangswiderstände . . . . .	40
	Wasserdampfdiffusion . . . . .	41
	Vermeidung von Tauwasserbildung . . . . .	41
	Nachweisverfahren nach Wärmeschutzverordnung . . . . .	42
	Schweißen . . . . .	43
	Rechnerische Schweißnahtlängen . . . . .	44

<b>Statische Berechnungen</b>	Konstruktionselemente einer Stahlhalle .....	45
	Charakteristische Eigenlasten stabförmiger Bauteile. ....	45
	Charakteristische Werte von Nutzlasten .....	45
	Charakteristische Werte von Windlasten .....	46
	Charakteristische Werte von Schneelasten .....	47
	Bemessungswerte .....	48
	Umrechnung von charakteristischen Kräften in Bemessungskräfte .....	49
	Beanspruchbarkeit von Querschnitten .....	50
	Tragsicherheitsnachweis nach dominierender innerer Kraft .....	51
	Knickfestigkeit .....	51
	Festigkeit von Schweißverbindungen .....	53
	Festigkeit von Schraubenverbindungen .....	53
<b>Festigkeitsberechnungen im Maschinen- und Anlagenbau</b>	Beanspruchung auf Zug .....	55
	Beanspruchung auf Druck .....	55
	Beanspruchung auf Flächenpressung .....	55
	Beanspruchung auf Schub (Scherung) .....	56
	Festigkeit von Schweißverbindungen .....	56
	Schneiden von Werkstoffen .....	56
	Beanspruchung auf Biegung .....	57
	Beanspruchung auf Torsion .....	58
	Zahnradmaße .....	59
<b>Zahnradberechnungen</b>	Achsabstand .....	59
	Einfache Übersetzungen .....	60
	Bohren, Reiben, Senken .....	61
<b>Hauptnutzungszeit</b>	Längs-Runddrehen, Quer-Plandrehen .....	61
	Druck, Druckeinheiten .....	62
<b>Hydraulik und Pneumatik</b>	Kolbenkräfte .....	63
	Kolben- und Strömungsgeschwindigkeit .....	64
	Luftverbrauch pneumatischer Zylinder .....	65
	Ohmsches Gesetz .....	66
<b>Elektrotechnik</b>	Leiterwiderstand .....	66
	Reihenschaltung von Widerständen .....	66
	Parallelschaltung von Widerständen .....	66
	Elektrische Arbeit .....	67
	Elektrische Leistung .....	67
	Logische Grundfunktionen .....	68
<b>Steuerungstechnik</b>	Berechnung der Einzelkosten .....	69
<b>Kostenrechnung</b>	Berechnung der Gemeinkostenzuschlagssätze .....	69
	Berechnung der Herstell- und Selbstkosten .....	69
	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	71

## Grundrechnungsarten

Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division zählen zu den Grundrechnungsarten. Man unterscheidet dabei zwischen den beiden Gruppen Strich- und Punktrechnung.

Rechnungsart	Rechnungsvorgang	Rechenzeichen	Ergebnis	Gruppe
Addition Subtraktion	addieren subtrahieren	+ plus - minus	Summe Differenz	Strichrechnung
Multiplikation Division	multiplizieren dividieren	· mal : geteilt	Produkt Quotient	Punktrechnung

### Strichrechnungen

Bei Strichrechnungen handelt es sich um Summierungen, d.h. Additionen und Subtraktionen.

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Nur Zahlen mit gleichen Variablen können summiert werden.	-	$18a + a - 3a + 2b = 16a + 2b$
Zahlen und Buchstaben können vertauscht werden (Kommutativgesetz).	$3 - 9 + 7 = 7 + 3 - 9 = -9 + 3 + 7 = -9 + 7 + 3$	$a - b + c = a + c - b = -b + a + c = c + a - b$
Einzelne Glieder können zu Teilsommen zusammengefasst werden (Assoziativgesetz).	$3 + 7 - 9 = (3 + 7) - 9$	$a + b - c = (a + b) - c$

### Klammern

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Klammern, vor denen ein Pluszeichen steht, können weggelassen werden. Die Vorzeichen der Glieder bleiben dann unverändert.	$16 + (9 - 5) = 16 + 9 - 5 = 20$	$a + (b - c) = a + b - c$
Klammern, vor denen ein Minuszeichen steht, können nur aufgelöst (weggelassen) werden, wenn alle Glieder in der Klammer entgegengesetzte Vorzeichen erhalten.	$16 - (9 - 5) = 16 - 9 + 5 = 12$	$a - (b - c) = a - b + c$

### Punktrechnungen

Punktrechnungen sind Multiplikationen und Divisionen.

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Faktor · Faktor = Produkt	$2 \cdot 5 = 10$	$x \cdot y = z$
Faktoren dürfen vertauscht werden (Kommutativgesetz).	$3 \cdot 4 \cdot 5 = 4 \cdot 3 \cdot 5 = 5 \cdot 3 \cdot 4 = 5 \cdot 4 \cdot 3$	$a \cdot b \cdot c = b \cdot a \cdot c = c \cdot b \cdot a = c \cdot a \cdot b$
Einzelne Faktoren dürfen zu Teilprodukten zusammengefasst werden (Assoziativgesetz).	$3 \cdot 4 \cdot 5 = (3 \cdot 4) \cdot 5 = 3 \cdot (4 \cdot 5)$	$a \cdot b \cdot c = (a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$
Haben 2 Faktoren gleiche Vorzeichen, so wird das Produkt (Ergebnis) positiv. + <b>mal</b> + = + ; - <b>mal</b> - = +	$2 \cdot 5 = 10$ $(-2) \cdot (-5) = 10$	$a \cdot x = ax$ $(-a) \cdot (-x) = ax$

## Grundrechnungsarten

### Punktrechnungen

Punktrechnungen sind Multiplikationen und Divisionen.

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Haben 2 Faktoren verschiedene Vorzeichen, so wird das Produkt (Ergebnis) negativ. <b>+ mal - = -; - mal + = -</b>	$3 \cdot (-8) = -24$ $(-3) \cdot 8 = -24$	$\cdot (-) = -$ $(-) \cdot = -$
Ein Klammerausdruck wird mit einem Faktor multipliziert indem man jedes Glied der Klammer mit dem Faktor multipliziert. Man kann auch zuerst den Inhalt der Klammer berechnen und danach das Ergebnis mit dem Faktor multiplizieren.	$7 \cdot (4 + 8)$ $= 7 \cdot 4 + 7 \cdot 8 = 84$ oder $7 \cdot (4 + 8)$ $= 7 \cdot 12 = 84$	$\cdot (+2) = +2 = 3$ oder $\cdot (+2) = \cdot 3 = 3$
Ein Klammerausdruck wird mit einem Klammerausdruck multipliziert indem man jedes Glied der einen Klammer mit jedem Glied der anderen Klammer multipliziert. Bei Zahlen können auch erst die Klammerausdrücke berechnet und danach hieraus das Produkt gebildet werden.	$(3 + 5) \cdot (10 - 7)$ $= 3 \cdot 10 + 3 \cdot (-7) + 5 \cdot 10 + 5 \cdot (-7)$ $= 30 - 21 + 50 - 35 = 24$ oder $(3 + 5) \cdot (10 - 7)$ $= 8 \cdot 3 = 24$	$(+) \cdot (-) = - + -$  $(+2) \cdot (+) = 3 \cdot (+) = 3 + 3$

### Gemischte Punkte- und Strichrechnungen

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Punktrechnungen müssen vor Strichrechnungen gelöst werden.	$8 \cdot 4 - 18 \cdot 3$ $= 32 - 54 = -22$	$4 \cdot - \cdot 3$ $= 4 - 3$
	$\frac{16}{4} + \frac{20}{5} - \frac{18}{3}$ $= 4 + 4 - 6 = 2$	$\frac{16}{4} - \frac{3}{2} + \frac{6}{2}$ $= 4 - 3 + 3 = 4$
Sind in einer gemischten Punkt- und Strichrechnung auch Klammerausdrücke vorhanden, so werden, wenn möglich, zuerst die Klammern berechnet. Danach wird die Punkt- und dann die Strichrechnung durchgeführt.	$8 \cdot (3 - 2) + 4 \cdot (16 - 5)$ $= 8 \cdot 1 + 4 \cdot 11$ $= 8 + 44 = 52$	$\cdot (3 - 5)$ $- \cdot (12 - 2)$ $= \cdot (-2) - \cdot 10 = -2 - 10$

### Potenzen

#### Zehnerpotenzen

Schreibweise als			Schreibweise als		
ausgeschriebene Zahl	Zehnerpotenz	Vorsatz bei Einheiten	ausgeschriebene Zahl	Zehnerpotenz	Vorsatz bei Einheiten
1 000 000	$10^6$	Mega (M)	1	$10^0$	-
100 000	$10^5$	-	0,1	$10^{-1}$	deci (d)
10 000	$10^4$	-	0,01	$10^{-2}$	centi (c)
1 000	$10^3$	kilo (k)	0,001	$10^{-3}$	milli (m)
100	$10^2$	hekto (h)	0,000 1	$10^{-4}$	-
10	$10^1$	deka (da)	0,000 01	$10^{-5}$	-
1	$10^0$	-	0,000 001	$10^{-6}$	mikro ( $\mu$ )

## Grundrechnungsarten

### Potenzieren

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraische Beispiele	
Potenzen dürfen nur dann addiert oder subtrahiert werden, wenn sie sowohl denselben Exponenten als auch dieselbe Basis haben.	$2 \cdot 5^2 + 4 \cdot 5^2 = 5^2 (2 + 4) = 6 \cdot 5^2$ $\frac{2}{3^2} - \frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^2} = 3^{-2}$	$a^3 + a^3 = 2a^3$ $\frac{7}{d^n} - \frac{4}{d^n} = \frac{3}{d^n} = 3 \cdot d^{-n}$	$ax^n + bx^n = x^n (a + b)$ $\frac{a}{x^n} = ax^{-n}$
Potenzen mit gleicher Basis werden multipliziert, indem man die Exponenten addiert und die Basis beibehält.	$3^2 \cdot 3^3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 3^5$ oder: $3^2 \cdot 3^3 = 3^{(2+3)} = 3^5$	$x^4 \cdot x^2 = x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x = x^6$ oder: $x^4 \cdot x^2 = x^{(4+2)} = x^6$	$x^m \cdot x^n = x^{m+n}$
Potenzen mit gleichen Exponenten werden multipliziert, indem man ihre Basen multipliziert und den Exponenten beibehält.	$4^2 \cdot 6^2 = (4 \cdot 6)^2 = 24^2 = 576$	$6x^2 \cdot 3y^2 = 18x^2 \cdot y^2 = 18(x \cdot y)^2$	$x^n \cdot y^n = (xy)^n$
Potenzen mit gleicher Basis werden dividiert, indem man ihre Exponenten subtrahiert und die Basis beibehält.	$\frac{4^3}{4^2} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{4 \cdot 4} = 4$ oder: $4^3 \cdot 4^{-2} = 4^{3-2} = 4^1 = 4$	$\frac{m^3}{m^2} = \frac{m \cdot m \cdot m}{m \cdot m} = m$ oder: $m^3 \cdot m^{-2} = m^{3-2} = m^1 = m$	$\frac{x^m}{x^n} = x^{m-n}$
Potenzen mit gleichem Exponenten werden dividiert, indem man ihre Basen dividiert und den Exponenten beibehält.	$\frac{15^2}{3^2} = \left(\frac{15}{3}\right)^2 = 5^2 = 25$	$\frac{a^3}{b^3} = \left(\frac{a}{b}\right)^3$	$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$
Jede Potenz mit dem Exponenten Null hat den Wert 1.	$\frac{10^4}{10^4} = 10^{4-4} = 10^0 = 1$	$(m+n)^0 = 1$	$a^0 = 1$

### Wurzelziehen

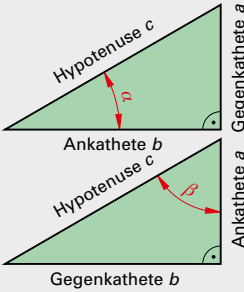
Regel	Zahlenbeispiel	Algebraische Beispiele	
Wurzeln dürfen nur dann addiert oder subtrahiert werden, wenn sie gleiche Exponenten und Radikanden haben. Man addiert (subtrahiert) die Faktoren und behält die Wurzel bei.	$2\sqrt{6} + 3\sqrt{6} = (2+3)\sqrt{6} = 5\sqrt{6}$	$8\sqrt{m} - 3\sqrt{m} = (8-3)\sqrt{m} = 5\sqrt{m}$	$a\sqrt{m} + b\sqrt{m} = (a+b)\sqrt{m}$
Ist der Radikand ein Produkt, so kann die Wurzel entweder aus dem Produkt oder aus jedem einzelnen Faktor gezogen werden.	$\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{144} = 12$ oder $\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{9} \cdot \sqrt{16} = 3 \cdot 4 = 12$	$\sqrt[3]{a \cdot b} = \sqrt[3]{a} \cdot \sqrt[3]{b}$	$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$
Ist der Radikand eine Summe oder eine Differenz, so kann nur aus dem Ergebnis die Wurzel gezogen werden.	$\sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$ $\sqrt{5^2-4^2} = \sqrt{25-16} = \sqrt{9} = 3$	$\sqrt[3]{a-b} = \sqrt[3]{(a-b)}$	$\sqrt[n]{a-b} = \sqrt[n]{(a-b)}$
Ist der Radikand ein Quotient (Bruch), so kann die Wurzel aus dem Quotienten oder aus Zähler und Nenner getrennt gezogen werden.	$\sqrt{\frac{9}{25}} = \sqrt{0,36} = 0,6$ oder $\frac{\sqrt{9}}{\sqrt{25}} = \frac{\sqrt{9}}{\sqrt{25}} = \frac{3}{5} = 0,6$	$\sqrt[4]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[4]{a}}{\sqrt[4]{b}}$	$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$

## Umrechnung von Einheiten

Länge			Fläche		
$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$			$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10000 \text{ cm}^2 = 1000000 \text{ mm}^2$		
$1 \text{ m} = 10^1 \text{ dm} = 10^2 \text{ cm} = 10^3 \text{ mm}$			$1 \text{ m}^2 = 10^2 \text{ dm}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$		
<p>10 kleine Einheiten geben die nächst größere Einheit. Bei den Längenmaßen ist die Umrechnungszahl <b>10</b>.</p>			<p>100 kleine Einheiten geben die nächst größere Einheit. Bei den Flächenmaßen ist die Umrechnungszahl <b>100</b>.</p>		
<p>Bei Umrechnung der <b>Längenmaße</b> rückt das Komma von Einheit zu Einheit um <b>eine Stelle</b>.</p>			<p>Bei Umrechnung der <b>Flächenmaße</b> rückt das Komma von Einheit zu Einheit um <b>zwei Stellen</b>.</p>		
Volumen			Masse		
$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000000 \text{ cm}^3 = 1000000000 \text{ mm}^3$			$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1000000 \text{ g} = 1000000000 \text{ mg}$		
$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$			$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g} = 10^9 \text{ mg}$		
<p>1000 kleine Einheiten geben die nächst größere Einheit. Bei den Volumenmaßen ist die Umrechnungszahl <b>1000</b>.</p>			<p>1000 kleine Einheiten geben die nächst größere Einheit. Bei den Massen ist die Umrechnungszahl <b>1000</b>.</p>		
<p>Bei Umrechnung der <b>Volumenmaße</b> rückt das Komma von Einheit zu Einheit um <b>drei Stellen</b>.</p>			<p>Bei Umrechnung der <b>Masse</b> rückt das Komma von Einheit zu Einheit um <b>drei Stellen</b>.</p>		
Hohlmaß			Kraft		
<p>Den Inhalt von Gefäßen misst man in Litern.  <math>1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3</math>   <math>1 \text{ dl} = 0,1 \text{ dm}^3</math>   <math>1 \text{ cl} = 0,01 \text{ dm}^3</math>  <math>1 \text{ ml} = 0,01 \text{ dm}^3 = 1 \text{ cm}^3</math></p>			<p><math>1 \text{ MN} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} = 1000000000 \text{ mN}</math>  <math>1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 10^6 \text{ N} = 10^9 \text{ mN}</math></p>		
<p><b>Umrechnung von Zollmaßen</b>     <math>1 \text{ Inch} = 1 \text{ Zoll} = 25,4 \text{ mm}; 1 \text{ mm} = \frac{1}{25,4} \text{ inch}</math>  <math>1 \text{ foot} = 12 \text{ inches} = 304,8 \text{ mm}; 1 \text{ m} = 39,37 \text{ inches} = 3,28 \text{ feet}</math></p>					
Vergrößernde Vorsätze			Verkleinernde Vorsätze		
Vorsatz	Bedeutung	Beispiel	Vorsatz	Bedeutung	Beispiel
da = Deka-	10-fach	$1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$	d = Dezi-	10tel	$1 \text{ dm} = 1/10 \text{ m}$
h = Hekto-	100-fach	$1 \text{ hl} = 100 \text{ l}$	c = Zenti-	100stel	$1 \text{ cm} = 1/100 \text{ m}$
k = Kilo-	1000-fach	$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$	m = Milli-	1000stel	$1 \text{ mV} = 1/1000 \text{ V}$
M = Mega-	1000000-fach	$1 \text{ MN} = 1000000 \text{ N}$	μ = Mikro-	1000000stel	$1 \mu\text{m} = 1/1000000 \text{ m} = 0,001 \text{ mm}$

## Winkelfunktionen

### Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck



- a Gegenkathete zu  $\alpha$
- Ankathete zu  $\beta$
- b Ankathete zu  $\alpha$
- Gegenkathete zu  $\beta$
- c Hypotenuse
- ⊥ rechter Winkel

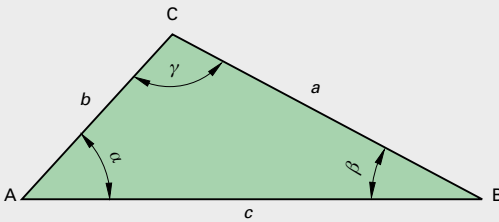
Funktionswerte aus Tabellen

für $\alpha$	für $\beta$
$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$\sin \beta = \frac{b}{c}$
$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$\cos \beta = \frac{a}{c}$
$\tan \alpha = \frac{a}{b}$	$\tan \beta = \frac{b}{a}$
$\cot \alpha = \frac{b}{a}$	$\cot \beta = \frac{a}{b}$

### Funktionswerte für ausgewählte Winkel

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2} = 0,5000$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = 0,7071$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} = 0,8660$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} = 0,8660$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = 0,7071$	$\frac{1}{2} = 0,5000$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} = 0,5774$	1	$\sqrt{3} = 1,7321$	$\infty$	0	$\infty$	0
cot	$\infty$	$\sqrt{3} = 1,7321$	1	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} = 0,5771$	0	$\infty$	0	$\infty$

### Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck



#### Sinussatz

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

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

#### Cosinussatz

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

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

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

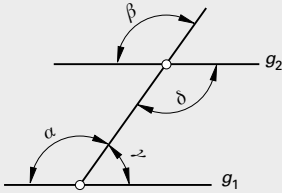
### Anwendung von Sinus- und Cosinussatz

Seitenberechnung	Winkelberechnung		Flächenberechnung
$a = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$	$\sin \alpha = \frac{a \cdot \sin \beta}{b} = \frac{a \cdot \sin \gamma}{c}$	$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c}$	$A = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2}$
$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$	$\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{a} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{c}$	$\cos \beta = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot c}$	$A = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$
$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{\sin \beta}$	$\sin \gamma = \frac{c \cdot \sin \alpha}{a} = \frac{c \cdot \sin \beta}{b}$	$\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot a \cdot b}$	$A = \frac{a \cdot c \cdot \sin \beta}{2}$



## Winkel, Strahlensatz, Mischungs-, Prozent-, Zinsrechnung

### Winkelarten



Werden zwei Parallelen durch eine Gerade geschnitten, so bestehen für die dabei gebildeten Winkel geometrische Zusammenhänge.

Stufenwinkel sind gleich groß.

$$\alpha = \beta$$

Scheitelwinkel sind gleich groß.

$$\beta = \delta$$

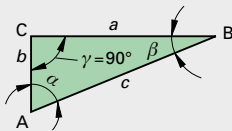
Wechselwinkel sind gleich groß.

$$\alpha = \delta$$

Nebenwinkel ergänzen sich zu 180°.

$$\alpha + \gamma = 180^\circ$$

### Winkelsumme im Dreieck



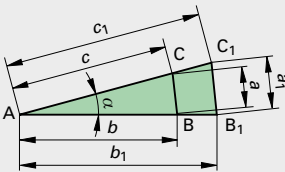
In jedem Dreieck ist die Summe der Innenwinkel gleich 180°.

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

Im rechtwinkligen Dreieck ist  $\gamma = 90^\circ$ , die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  ergänzen sich zu 90°.

$$\alpha + \beta = 90^\circ$$

### Strahlensatz

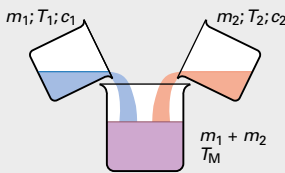


Werden zwei von einem Punkt ausgehende Strahlen von zwei Parallelen geschnitten, bilden die Abschnitte der Parallelen und die zugehörigen Strahlenabschnitte gleiche Verhältnisse.

$$\frac{a}{a_1} = \frac{b}{b_1} = \frac{c}{c_1}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{a_1}{b_1} \quad \frac{b}{c} = \frac{b_1}{c_1}$$

### Mischungsrechnung



$m_1, m_2$  Teilmassen

$T_1, T_2$  Temperaturen der Teilmassen in K

$c_1, c_2$  spez. Wärmekapazitäten der Teilmassen

$T_M$  Temperatur der Mischung

$$M = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2}$$

### Prozentrechnung

$P_s$  Prozentsatz  
 $G_w$  Grundwert  
 $P_w$  Prozentwert

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100\%}$$

### Zinsrechnung

$z$  Zinzwert  
 $p$  Zinssatz pro Jahr  
 $k$  Kapital  
 $t$  Zeit in Jahren

1 Zinsjahr (1 a)  $\hat{=}$  360 Tage (d)

$\hat{=}$  12 Monate

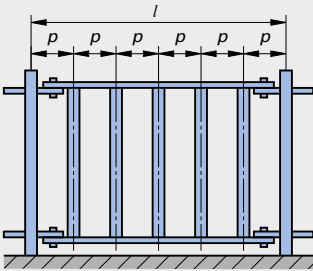
1 Zinsmonat  $\hat{=}$  30 Tage

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

## Längen

### Teilung von Längen

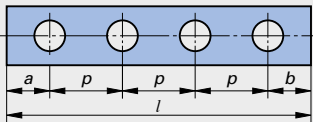
#### Randabstand = Teilung



- $l$  Teilungslänge
- $p$  Teilung
- $n$  Anzahl der Bohrungen, Sägeschnitte, ...

$$p = \frac{l}{n + 1}$$

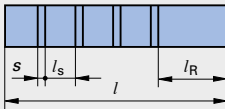
#### Randabstand + Teilung



- $l$  Gesamtlänge
- $p$  Teilung
- $a, b$  Randabstand
- $n$  Anzahl der Bohrungen, Sägeschnitte, ...

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$$

#### Trennen von Teilstücken

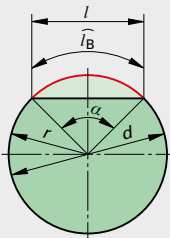


- $l$  Gesamtlänge, Stablänge
- $l_s$  Teillänge beim Trennen
- $l_R$  Restlänge
- $s$  Sägeschnittbreite
- $n$  Anzahl der Teilelemente, z. B. Sägeschnitte, Stäbe, Bohrungen

$$n = \frac{l}{l_s + s}$$

$$l_R = l - (l_s + s) \cdot n$$

#### Kreisumfänge und Kreisteilungen



- $d$  Durchmesser
- $U$  Kreisumfang
- $r$  Radius
- $\alpha$  Zentriwinkel
- $l$  Sehnenlänge
- $\hat{l}_B$  Kreisbogenlänge
- $p$  Teilung
- $n$  Anzahl der Teilelemente, z. B. Sägeschnitte, Stäbe, ...

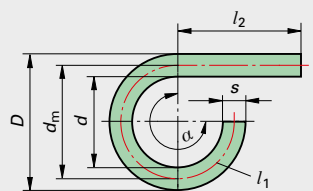
$$U = \pi \cdot d$$

$$p = \frac{U}{n} = \frac{\pi \cdot d}{n}$$

$$\hat{l}_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$$

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

#### Gestreckte und zusammengesetzte Längen



- $D$  Außendurchmesser
- $d$  Innendurchmesser
- $d_m$  mittlerer Durchmesser
- $l$  gestreckte Länge
- $l_1, l_2$  Teillängen
- $L$  zusammengesetzte Länge
- $\alpha$  Biegewinkel
- $s$  Dicke

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

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

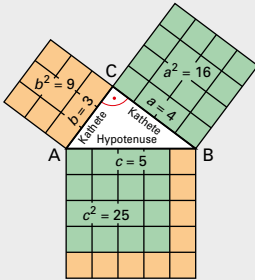
$$d_m = d + s$$

$$d_m = D - s$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots$$

## Berechnungen am rechtwinkligen Dreieck

### Lehrsatz des Pythagoras



Im **rechtwinkligen Dreieck** ist das Hypotenusenquadrat flächengleich der Summe der beiden Kathetenquadrate.

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

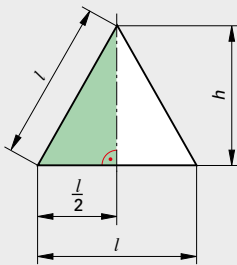
- a Kathete
- b Kathete
- c Hypotenuse
- ∠ rechter Winkel

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

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

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

Im rechtwinkligen Dreieck gilt:



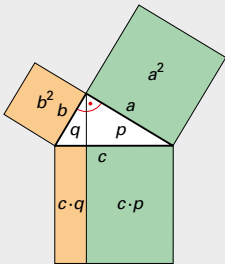
Im **gleichseitigen Dreieck** ergibt sich für die Höhe nach dem Lehrsatz des Pythagoras:

- h Höhe
- A Fläche
- l Seitenlänge

$$h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot l$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2$$

### Lehrsatz des Euklid (Kathetensatz)



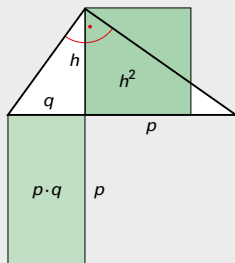
Das Quadrat über einer Kathete ist flächengleich einem Rechteck aus der Hypotenuse und dem anliegenden Hypotenusenabschnitt.

$$a^2 = c \cdot p$$

- a, b Kathete
- p, q Hypotenusenabschnitt
- c Hypotenuse

$$b^2 = c \cdot q$$

### Höhensatz



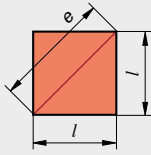
Das Quadrat über der Höhe h ist flächengleich dem Rechteck aus den Hypotenusenabschnitten p und q.

- p, q Hypotenusenabschnitt
- h Höhe

$$h^2 = p \cdot q$$

## Flächen

### Quadrat

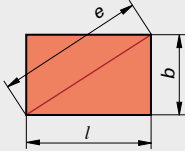


$A$  Fläche  
 $l$  Seitenlänge  
 $e$  Eckmaß

$$A = l^2$$

$$e = l \cdot \sqrt{2}$$

### Rechteck

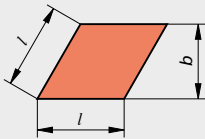


$A$  Fläche  
 $l$  Länge  
 $b$  Breite  
 $e$  Eckmaß

$$A = l \cdot b$$

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

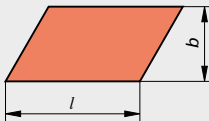
### Raute (Rhombus)



$A$  Fläche  
 $l$  Seitenlänge  
 $b$  Breite

$$A = l \cdot b$$

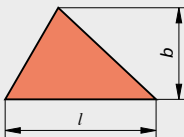
### Parallelogramm



$A$  Fläche  
 $l$  Länge  
 $b$  Breite

$$A = l \cdot b$$

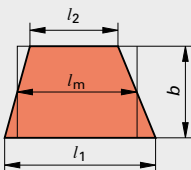
### Dreieck



$A$  Fläche  
 $l$  Seitenlänge  
 $b$  Breite

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

### Trapez



$A$  Fläche  
 $l_1$  große Länge  
 $l_2$  kleine Länge  
 $l_m$  mittlere Länge  
 $b$  Breite

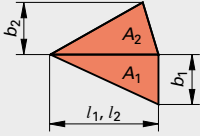
$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

$$A = l_m \cdot b$$

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

## Flächen

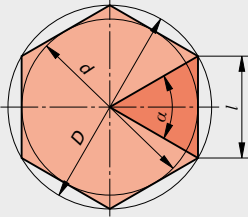
### Unregelmäßiges Vieleck



$A$  Gesamtfläche  
 $A_1, A_2$  Teilflächen  
 $l_1, l_2$  Längen  
 $b_1, b_2$  Breiten

$$A = A_1 + A_2 + \dots$$

### Regelmäßiges Vieleck



$A$  Fläche  
 $l$  Seitenlänge  
 $D$  Umkreisdurchmesser  
 $d$  Inkreisdurchmesser  
 $n$  Eckenzahl  
 $\alpha$  Mittelpunktswinkel

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

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

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

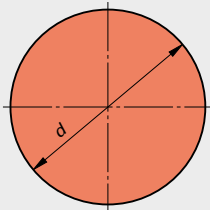
Im regelmäßigen Sechseck ist:  
 $A \approx 0,649 \cdot D^2 \approx 0,866 \cdot d^2$ ;  $D \approx 1,155 \cdot d$

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

### Berechnung regelmäßiger Vielecke mithilfe der Tabelle

Ecken- zahl $n$	Fläche $A \approx$			Umkreisdurch- messer $D \approx$		Inkreisdurch- messer $d \approx$		Seitenlänge $l \approx$	
	$D^2$ mal	$d^2$ mal	$l^2$ mal	$l$ mal	$d$ mal	$l$ mal	$D$ mal	$D$ mal	$d$ mal
3	0,325	1,299	0,433	1,154	2,000	0,578	0,500	0,867	1,732
4	0,500	1,000	1,000	1,414	1,414	1,000	0,707	0,707	1,000
5	0,595	0,908	1,721	1,702	1,236	1,376	0,809	0,588	0,727
6	0,649	0,866	2,598	2,000	1,155	1,732	0,866	0,500	0,577
8	0,707	0,829	4,828	2,614	1,082	2,414	0,924	0,383	0,414
10	0,735	0,812	7,694	3,236	1,052	3,078	0,951	0,309	0,325
12	0,750	0,804	11,196	3,864	1,035	3,732	0,966	0,259	0,268

### Kreis



$A$  Kreis  
 $d$  Durchmesser  
 $U$  Umfang

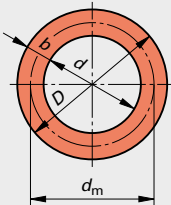
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

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

$$U = \pi \cdot d$$

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

### Kreisring



$A$  Fläche  
 $D$  Außendurchmesser  
 $d$  Innendurchmesser  
 $d_m$  mittlerer Durchmesser  
 $b$  Breite

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

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

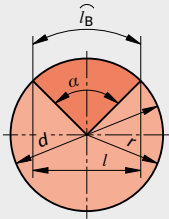
$$A = \pi \cdot d_m \cdot b$$

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

$$b = \frac{D-d}{2}$$

**Flächen**

**Kreisausschnitt**



- A Fläche
- d Durchmesser
- r Radius
- l Sehnenlänge
- $\widehat{l}_B$  Bogenlänge
- $\alpha$  Mittelpunktswinkel

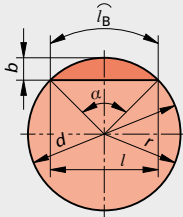
$$A = \frac{\widehat{l}_B \cdot r}{2}$$

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

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

$$\widehat{l}_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

**Kreisabschnitt**



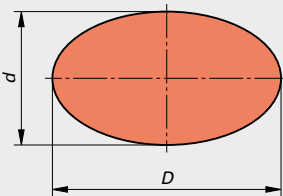
- A Fläche
- d Durchmesser
- r Radius
- l Sehnenlänge
- $\widehat{l}_B$  Bogenlänge
- b Breite
- $\alpha$  Mittelpunktswinkel

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

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

$$b = r \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right)$$

**Ellipse**



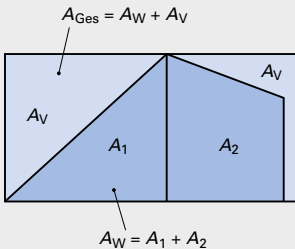
- A Fläche
- D großer Durchmesser
- d kleiner Durchmesser
- U Umfang

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

Die angegebene Formel gilt auch für Oval und Korbbogen.

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

**Verschnitt**



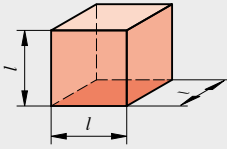
- $A_{Ges}$  Fläche des Rohteils, Ausgangsfläche
- $A_W$  Fläche des Werkstückes, Abwicklungsfläche
- $A_V$  Fläche des Verschnitts, Verschnitt

$$A_V = A_{Ges} - A_W$$

$$A_V = \frac{A_{Ges} - A_W}{A_{Ges}} \cdot 100\%$$

**Körper, Volumen und Oberfläche**

**Würfel**

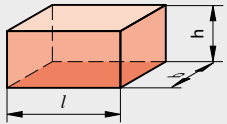


- $V$  Volumen
- $l$  Seitenlänge
- $A_0$  Oberfläche

$$V = l^3$$

$$A_0 = 6 \cdot l^2$$

**Vierkantprisma**

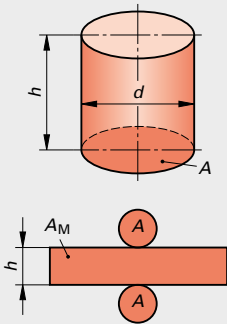


- $V$  Volumen
- $l$  Seitenlänge
- $h$  Höhe
- $b$  Breite
- $A_0$  Oberfläche

$$V = l \cdot b \cdot h$$

$$A_0 = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$$

**Zylinder**



- $V$  Volumen
- $d$  Durchmesser
- $h$  Höhe
- $A$  Grundfläche
- $A_0$  Oberfläche
- $A_M$  Mantelfläche

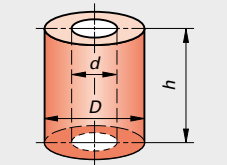
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$A_0 = 2 \cdot A + A_M$$

$$A_0 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \pi \cdot d \cdot h$$

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

**Hohlzylinder**

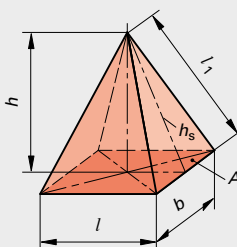


- $V$  Volumen
- $D$  Außendurchmesser
- $d$  Innendurchmesser
- $h$  Höhe
- $A_0$  Oberfläche

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

$$A_0 = \pi \cdot (D + d) \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot (D - d) + h \right]$$

**Pyramide**



- $V$  Volumen
- $l$  Seitenlänge
- $l_1$  Kantenlänge
- $h$  Höhe
- $h_s$  Mantelhöhe
- $b$  Breite
- $A$  Grundfläche
- $A_0$  Oberfläche
- $A_M$  Mantelfläche

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

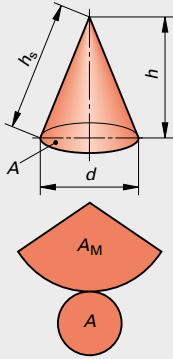
$$h_s = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$$

$$l_1 = \sqrt{h_s^2 + \frac{b^2}{4}}$$

$$A_0 = A + A_M$$

**Körper, Volumen und Oberfläche**

**Kegel**



- V Volumen
- d Durchmesser
- h Höhe
- hs Mantelhöhe
- A Grundfläche
- AM Mantelfläche
- AO Oberfläche

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

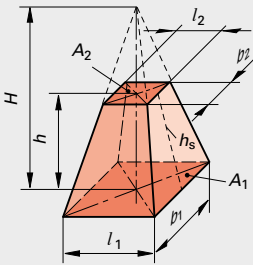
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

$$h_s = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$$

$$A_0 = A + A_M$$

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

**Pyramidenstumpf**



- V Volumen
- l1, l2 Seitenlänge
- b1, b2 Breiten
- h, H Höhen
- hs Mantelhöhe
- A0 Oberfläche
- A1 Grundfläche
- A2 Deckfläche

$$V = \frac{A_1 \cdot H}{3} - \frac{A_2 \cdot (H - h)}{3}$$

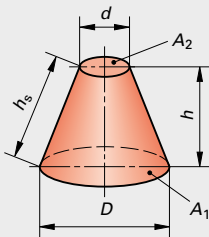
$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$A_0 = A_M + A_1 + A_2$$

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}$$

$$A_1 = l_1 \cdot b_1; A_2 = l_2 \cdot b_2$$

**Kegelstumpf**



- V Volumen
- D großer Durchmesser
- d kleiner Durchmesser
- h Höhe
- hs Mantelhöhe
- A0 Oberfläche
- AM Mantelfläche
- A1 Grundfläche
- A2 Deckfläche

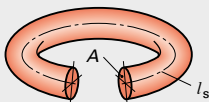
$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$A_0 = A_1 + A_M + A_2$$

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

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

**Ringförmiger Körper**



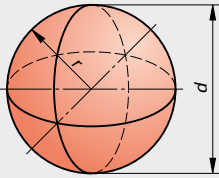
- V Volumen
- A Grundfläche
- ls Schwerpunktlinie

$$V = A \cdot l_s$$



**Körper, Volumen und Oberfläche**

**Kugel**

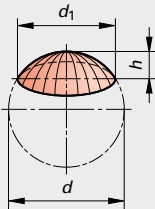


$V$  Volumen  
 $d$  Kugeldurchmesser  
 $A_0$  Oberfläche

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

$$A_0 = \pi \cdot d^2$$

**Kugelabschnitt**



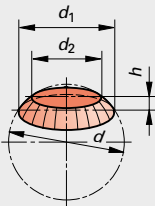
$V$  Volumen  
 $d$  Kugeldurchmesser  
 $d_1$  kleiner Durchmesser  
 $h$  Höhe  
 $A_0$  Oberfläche  
 $A_M$  Mantelfläche

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

$$A_0 = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)$$

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

**Kugelschicht**



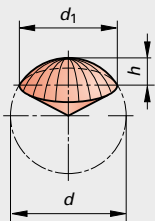
$V$  Volumen  
 $d$  Kugeldurchmesser  
 $d_1$  großer Durchmesser  
 $d_2$  kleiner Durchmesser  
 $h$  Höhe  
 $A_0$  Oberfläche  
 $A_M$  Mantelfläche

$$V = \frac{\pi \cdot h}{6} \cdot \left( \frac{3 \cdot d_1^2}{4} + \frac{3 \cdot d_2^2}{4} + h^2 \right)$$

$$A_0 = \pi \cdot \left( d \cdot h + \frac{d_1^2}{4} + \frac{d_2^2}{4} \right)$$

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

**Kugelausschnitt**



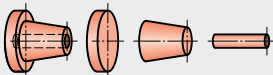
$V$  Volumen  
 $d$  Kugeldurchmesser  
 $d_1$  kleiner Durchmesser  
 $h$  Höhe  
 $A_0$  Oberfläche

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

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot (4 \cdot h + d_1)$$

**Zusammengesetzter Körper**

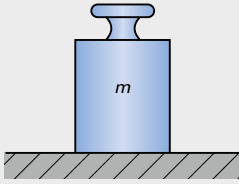
$$V = V_1 + V_2 - V_3$$



$V$  Gesamtvolumen  
 $V_1, V_2, V_3$  Teilvolumina

$$V = V_1 + V_2 - V_3$$

## Masse



$m$  Masse  
 $V$  Volumen  
 $\rho$  Dichte

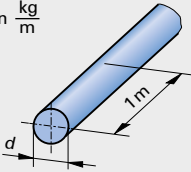
$$m = V \cdot \rho$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

## Längenbezogene Masse

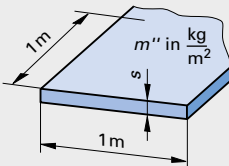
$m'$  in  $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$



$m$  Masse  
 $m'$  längenbezogene Masse  
 $l$  Länge

$$m = m' \cdot l$$

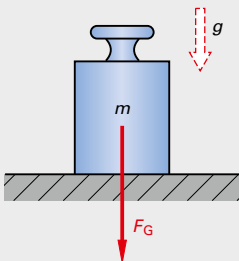
## Flächenbezogene Masse



$m$  Masse  
 $m''$  flächenbezogene Masse  
 $A$  Fläche

$$m = m'' \cdot A$$

## Gewichtskraft



$F_G$  Gewichtskraft  
 $m$  Masse  
 $g$  Fallbeschleunigung

$$F_G = m \cdot g$$

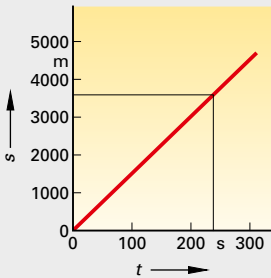
$$m = \frac{F_G}{g}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

## Bewegungslehre

### Geradlinige Bewegung



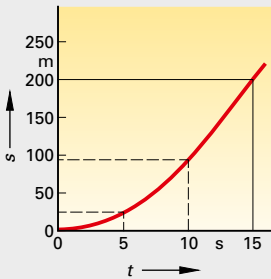
$v$  Geschwindigkeit  
 $s$  Weg  
 $t$  Zeit

$$v = \frac{s}{t}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 60 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 16,67 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,278 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Gleichförmig beschleunigte Bewegung



$a$  Beschleunigung  
 $v_e$  Endgeschwindigkeit  
 $v_o$  Anfangsgeschwindigkeit  
 $t$  Zeit  
 $s$  Weg

$$a = \frac{v_e - v_o}{t}$$

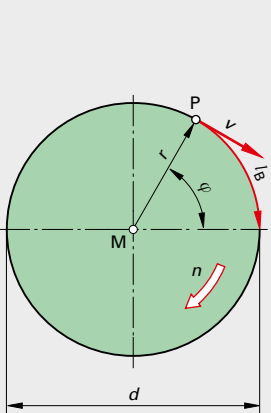
$$v_e = v_o + a \cdot t$$

$$v_e = \sqrt{v_o^2 + 2 \cdot a \cdot s}$$

$$s = \frac{v_o + v_e}{2} \cdot t$$

$$s = v_o \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

### Gleichförmige Kreis- oder Drehbewegung



$n$  Drehzahl  
 $t$  Zeit  
 $v$  Umfangsgeschwindigkeit  
 $\omega$  Winkelgeschwindigkeit  
 $\varphi$  Drehwinkel im Bogenmaß  
 $\hat{l}_B$  Bogenlänge  
 $d$  Durchmesser  
 $r$  Abstand

$$d = 2 \cdot r$$

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$v = \frac{d}{2} \cdot \omega$$

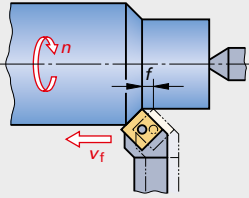
$$\varphi = \omega \cdot t$$

$$\hat{l}_B = \varphi \cdot r$$

$\frac{1}{\text{min}} = \text{min}^{-1}$	$\frac{1}{\text{s}} = \text{s}^{-1}$
--	--------------------------------------

## Geschwindigkeiten

### Vorschubgeschwindigkeit



- $v_f$  Vorschubgeschwindigkeit
- $f_z$  Vorschub je Schneide
- $z$  Anzahl der Schneiden, Zähnezahl des Ritzels
- $f$  Vorschub
- $n$  Drehzahl
- $P, p$  Steigung

**Vorschubgeschwindigkeit**  
(Bohren, Drehen)

$$v_f = n \cdot f$$

**Vorschubgeschwindigkeit**  
(Fräsen)

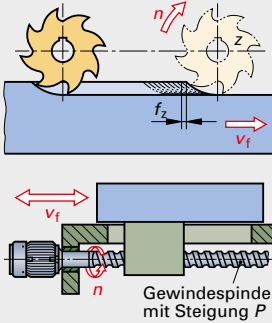
$$v_f = n \cdot f_z \cdot z$$

**Vorschubgeschwindigkeit**  
(Gewindebetrieb)

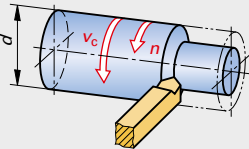
$$v_f = n \cdot P$$

**Vorschubgeschwindigkeit**  
(Zahnstangentrieb)

$$v_f = p \cdot z \cdot n$$



### Schnittgeschwindigkeit, Umfangsgeschwindigkeit



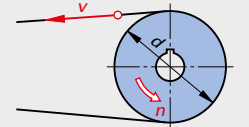
- $v_c$  Schnittgeschwindigkeit
- $v$  Umfangsgeschwindigkeit
- $d$  Durchmesser
- $n$  Drehzahl

**Schnittgeschwindigkeit**

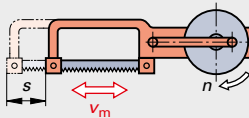
$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

**Umfangsgeschwindigkeit**

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$



### Mittlere Geschwindigkeit bei Kurbeltrieben



- $v_m$  mittlere Geschwindigkeit
- $n$  Anzahl der Doppelhübe
- $s$  Hublänge

**Mittlere Geschwindigkeit**

$$v_m = 2 \cdot s \cdot n$$

