

Paul Müller

Formelsammlung Metalltechnik

1. Auflage 2017

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

Hinweise auf DIN-Normen in diesem Werk entsprechen dem Stande der Normung bei Abschluss des Manuskriptes. Die Normen sind wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin erhältlich ist.

Umschlaggestaltung: Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, Konstanz

Umschlagfoto: Fraunhofer IWU

Best.-Nr. 95191
ISBN 978-3-95863-241-7

1. Auflage 2017

© 2017 by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, Konstanz

Alle Rechte, einschließlich der Fotokopie, Mikrokopie, Verfilmung, Wiedergabe durch Daten-, Bild- und Tonträger jeder Art und des auszugsweisen Nachdrucks, vorbehalten. Nach dem Urheberrechtsgesetz ist die Vervielfältigung urheberrechtlich geschützter Werke oder von Teilen daraus für Zwecke von Unterricht und Ausbildung nicht gestattet, außer nach Einwilligung des Verlages und ggf. gegen Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums. Nach dem Urheberrechtsgesetz wird mit Freiheitstrafen von bis zu einem Jahr oder mit einer Geldstrafe bestraft, wer „in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen ohne Einwilligung des Berechtigten ein Werk vervielfältigt ...“

Ein paar Worte ...

Die Formelsammlung Metalltechnik ermöglicht einen raschen und präzisen Überblick über die wichtigen Formeln des Berufsfeldes Metall.

Somit eignet sie sich sehr gut für den Einsatz in Facharbeiterprüfungen.
Wenn bei der Arbeit Zusatzinformationen benötigt werden, können Verweise auf die entsprechenden Tabellenbuchseiten sehr hilfreich und informativ sein.

Formelsammlung und Tabellenbuch sind eine unschlagbare Kombination in der Berufsbildung und im Berufsalltag.

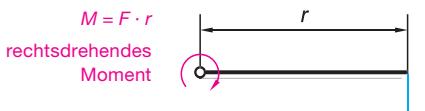
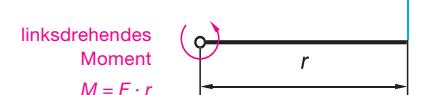
Inhalt

Allgemeine Grundlagen	7	Volumen, Oberflächen	24
Physikalische Gleichungen.....	7	Würfel	24
Basiseinheiten.....	7	Prisma	24
Umrechnung von Einheiten	7	Zylinder.....	24
Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten.....	7	Hohlzylinder	25
Formelzeichen und Einheiten	8	Pyramide	25
Umrechnung von Einheiten	11	Pyramidenstumpf	26
Dreisatzrechnung.....	12	Kegel	26
Potenzrechnung.....	14	Kegelstumpf.....	27
Formelumstellung	14	Kugel	27
Flächenberechnung	16	Ring mit Kreisquerschnitt.....	27
Quadrat	16	Kugelabschnitt (Kalotte).....	28
Raute	16	Kugelzone, Kugelschicht.....	28
Rechteck	16	Kugelausschnitt	29
Parallelogramm	16	Guldinsche Regel, Mantelfläche	29
Dreieck, stumpfwinklig	16	Guldinsche Regel, Oberfläche	29
Dreieck, spitzwinklig.....	17	Guldinsche Regel, Volumen	30
Dreieck, gleichschenklig ($\alpha = \beta$)	17	Kraft und Bewegung	30
Dreieck, gleichseitig ($\alpha = \beta = \gamma$).....	17	Kraftpfeil, Vektor	30
Trapez.....	17	Resultierende Kraft.....	30
Dreieck	17	Kräfteparallelogramm	30
Vieleck, regelmäßig.....	18	Krafteck.....	31
Vieleck, unregelmäßig	18	Gewichtskraft.....	31
Verschnitt	18	Beschleunigungskraft.....	31
Zusammengesetzte Fläche	18	Federkraft	31
Kreis	19	Fliehkraft	31
Kreisring	19	Gleichförmige, geradlinige Bewegung	32
Kreisbogen.....	19	Gleichförmig beschleunigte Bewegung	32
Kreisausschnitt	19	Beschleunigung	32
Kreisringausschnitt	20	Umfangsgeschwindigkeit	32
Kreisabschnitt	20	Winkelgeschwindigkeit	32
Satz des Pythagoras	20	Reibungskraft	33
Rechtwinkliges Dreieck	21	Rollreibung	33
Winkelfunktionen	21	Einseitiger Hebel	33
Winkelsumme	21	Zweiseitiger Hebel	33
Sinussatz.....	21	Winkelhebel	33
Cosinussatz	21	Mehrfacher Hebel	34
Höhensatz	22	Auflagerkräfte	34
Kathetensatz, Lehrsatz des Euklid.....	22	Rolle, Flaschenzug, Winde	34
Strahlensatz	22	Feste Rolle ($s = h$).....	34
Steigung, Neigung	22	Lose Rolle ($s = 2 \cdot h$).....	35
Teilungen, Längen	23	Rollenflaschenzug ($s = n \cdot h$).....	35
Teilungen	23	Differenzialflaschenzug	35
Gestreckte Länge	23	Winde – Seilwinde	36
Teilungen von Längen	23	Räderwinde	36
Trennen von Werkstückteilen	24		

Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	36	Wärme	51
Arbeit, Ebene	36	Temperatur.....	51
Arbeit, geneigte Ebene (ohne Reibung)	37	Längenänderung.....	51
Arbeit, geneigte Ebene (mit Reibung)	37	Volumenänderung.....	51
Stellkeil.....	37	Wärmemenge.....	51
Schraube, Bolzen.....	38	Schmelz- und Verdampfungswärme.....	52
Energieerhaltungssatz.....	39	Verbrennungswärme.....	52
Potenzielle Energie	39	Mischungstemperatur.....	52
Spannenergie.....	39		
Kinetische Energie	39		
Leistung.....	40		
Hubleistung.....	40		
Zugleistung	40		
Getriebeleistung.....	40		
Pumpenleistung.....	41		
Schnittleistung.....	41		
Einzelwirkungsgrad.....	42		
Gesamtwirkungsgrad	42		
Antriebe.....	42	Elektrotechnik.....	53
Einfacher Riementrieb	42	Elektrische Ladung	53
Mehrfacher Riementrieb.....	42	Elektrische Stromstärke	53
Einfacher Zahnradtrieb.....	43	Stromdichte.....	53
Zahnradtrieb, mehrfache Übersetzung.....	43	Elektrische Arbeit.....	53
Schneckentrieb.....	43	Elektrische Leistung	53
Achsabstand, Außenverzahnung	44	Leiterwiderstand.....	54
Achsabstand, Innenverzahnung.....	44	Ohmsches Gesetz	54
Fluidtechnik.....	44	Elektrischer Leitwert.....	54
Druck, Überdruck	44	Temperaturabhängigkeit des Widerstands.....	54
Auftrieb.....	44	Wärmewirkung des elektrischen Stroms	54
Hydrostatischer Druck.....	45	Parallelschaltung von Widerständen	55
Seitendruckkraft	45	Reihenschaltung von Widerständen	55
Flüssigkeitspresse	45	Periodendauer, Frequenz	55
Allgemeine Gasgleichung.....	45	Leistung im Wechselstromkreis	55
Gesetz von Boyle-Mariotte (isothermischer Vorgang)	46	Leistung im Drehstromkreis	56
Gesetz von Boyle-Mariotte (isochorer Vorgang)	46	Sternschaltung.....	56
Gesetz von Gay-Lussac (isobarer Vorgang).....	47	Dreieckschaltung	57
Kolbenpressung.....	47	Transformator.....	57
Hydraulische Presse	47		
Druckübersetzer	48	Festigkeitslehre	57
Strömung in Rohren	48	Zugspannungsbeanspruchung, Zugversuch.....	57
Kolbengeschwindigkeit	48	Zugbeanspruchung (Zugspannung)	58
Einfach wirkender Zylinder	49	Druckbeanspruchung	58
Spezifischer Luftverbrauch	49	Flächenpressung	59
Doppelt wirkender Zylinder	49	Abscherung	59
Kolbenkräfte.....	50	Torsion (Verdrehung)	60
Hydraulische Leistung	50	Kerbwirkung	60

Fertigungstechnik	64		
Bohren.....	64	Zuschnittsermittlung für Teile mit beliebigem Biegewinkel.....	70
Bohren und Reiben einer Durchgangsbohrung.	65		
Bohren und Reiben einer Grundlochbohrung ...	65		
Zentrierbohren und Senken.....	65		
Gewindebohren	66		
Drehen.....	66		
Fräsen.....	67		
Schleifen	68		
Außen-Längsrundschleifen	68		
Umfangs-Planschleifen	68		
Biegen	69		
Gestreckte Länge	69		
Kreisförmig gebogen	69		
Scharfkantig gebogen, Ecken gestaucht.....	69		
Scharfkantig gebogen, Ecken abgerundet.....	69		
Biegerückfederung	70		
Toleranzen und Passungen.....	70		
Grundbegriffe, Toleranzen.....	70		
Bohrungen, Grenzmaße und Passungen.....	72		
Wellen, Grenzmaße und Passungen.....	73		
Spieldpassung	73		
Übergangspassung	73		
Übermaßpassung	73		
Passungssystem Einheitsbohrung.....	74		
Passungssystem Einheitswelle	74		
CNC-Werkzeugmaschinen.....	74		
Koordinatenachsen und Bewegungsrichtungen	74		
Bewegungsrichtungen.....	75		
Bezugspunkte	75		
Satzbau, Reihenfolge der Wörter	76		
Sachwortverzeichnis	77		

Allgemeine Grundlagen															
Physikalische Gleichungen															
Größengleichung		Zugeschnittene Größengleichung		Einheitengleichung			Zahlenwertgleichung								
$n = \frac{f}{P}$		$n = \frac{f \cdot 60}{P}$		$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$			$v = 3,6 \cdot \frac{s}{t}$								
v in km/h s in m t in s															
Basiseinheiten															
Physikalische Größe		Formelzeichen		Einheit			Kennzeichen der Einheit								
Länge		l		Meter			m								
Masse		m		Kilogramm			kg								
Zeit		t		Sekunde			s								
Stromstärke		I		Ampere			A								
Temperatur ¹⁾		T		Kelvin			K								
Stoffmenge		n		Mol			mol								
Lichtstärke		I_v		Candela			cd								
¹⁾ Thermodynamische Temperatur															
Umrechnung von Einheiten															
Längen		Flächen		Volumen		Kräfte		Massen							
$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$		$1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$		$1 \text{ ml} = 0,001 \text{ l}$		$1 \text{ mN} = 0,001 \text{ N}$		$1 \mu\text{g} = 0,001 \text{ mg}$							
$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$		$1 \text{ m}^2 = 10000 \text{ cm}^2$		$1 \text{ cl} = 0,01 \text{ l}$		$1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$		$1 \text{ mg} = 0,001 \text{ g}$							
$1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$		$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$		$1 \text{ l} = 1000 \text{ ml}$		$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$		$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$							
$1 \text{ dm} = 10 \text{ cm}$		$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$		$1 \text{ hl} = 100 \text{ l}$		$1 \text{ MN} = 1000 \text{ kN}$		$1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$							
$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$		$1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$		$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$				$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$							
$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$		$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$		$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$											
Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten															
Vorsatz	Faktor	Zeichen	Vorsatz	Faktor	Zeichen	Vorsatz	Faktor	Zeichen							
Piko	10^{-12}	p	Zenti	10^{-2}	c	Kilo	10^3	k							
Nano	10^{-9}	n	Dezi	10^{-1}	d	Mega	10^6	M							
Mikro	10^{-6}	μ	Deka	10^1	da	Giga	10^9	G							
Milli	10^{-3}	m	Hekto	10^2	n	Tera	10^{12}	T							

Allgemeine Grundlagen				
Formelzeichen und Einheiten				
Größe	Zeichen	Einheit	Hinweis	
Arbeit, Energie	W, E	Joule Newtonmeter Wattsekunde Kilowattstunde	J Nm Ws kWh	$1 \text{ kcal} = 4186,6 \text{ Ws}$ $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
Beschleunigung	a, g	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		Fallbeschleunigung $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Dichte	ϱ	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$ $1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ Bei Fluiden wird die Dichte in kg/l (Liter) angegeben.
Moment Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	M M_d M_b M_t, T	Nm Newtonmeter		$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$  
Drehzahl Umdrehungs- frequenz	n	$\frac{1}{\text{s}}, \frac{1}{\text{min}}$		$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1460 \frac{1}{\text{min}} = \frac{1460}{60} \frac{1}{\text{s}} = 24,3 \frac{1}{\text{s}}$
Druck absoluter Druck Athmosphären- druck Überdruck	p p_{abs} p_{amb} p_e	Pa Pascal		$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ $1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$ $1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa}$
Energie	E, Q, W	Joule Wattstunde Wattsekunde	J Wh Ws	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$
Feldstärke, elektrische	E	$\frac{\text{V}}{\text{m}}$	$\frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$E = \frac{F}{Q}$ F Kraft in N $Q = I \cdot t$ elektrische Ladung

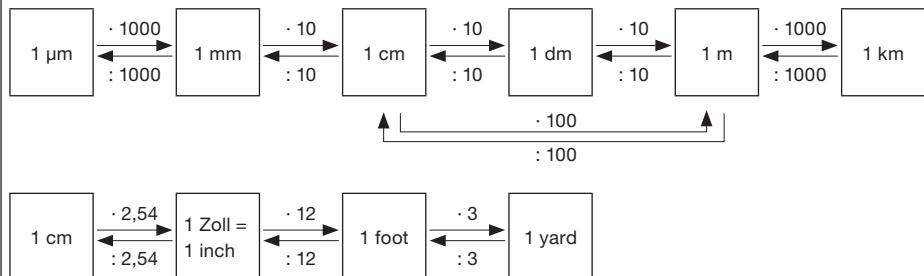
Allgemeine Grundlagen

Formelzeichen und Einheiten

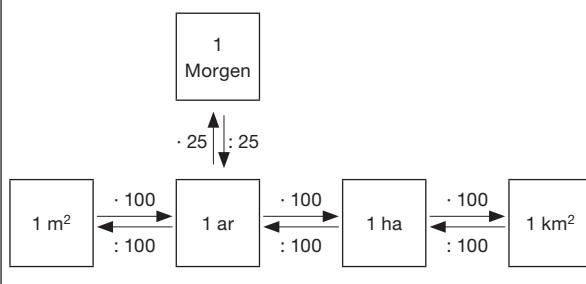
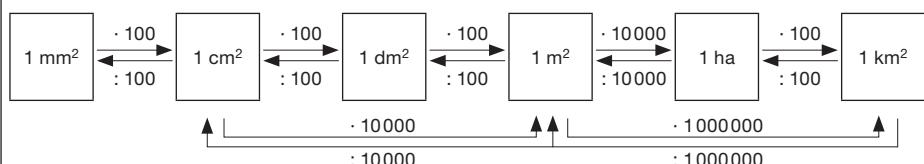
Größe	Zeichen	Einheit	Hinweis
Winkel, Phasenverschiebung	ϕ	rad ° Grad	In Wechselstromkreisen mit <i>induktiven</i> und/oder <i>kapazitiven</i> Widerständen.
Winkelgeschwindigkeit	ω	$\frac{1}{\text{s}}$	$\omega = 2 \pi n$ In der Elektrotechnik <i>Kreisfrequenz</i> genannt.
Zeit Periodendauer	t T	d h min s	Tag Stunden Minuten Sekunden $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86400 \text{ s}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$

Umrechnung von Einheiten

Längeneinheiten



Flächeneinheiten



Allgemeine Grundlagen	
Dreisatzrechnung	
Einfacher, direkter Dreisatz Nimmt eine Größe zu, dann wächst auch die andere Größe. Nimmt eine Größe ab, dann wird auch die andere Größe kleiner. Die Größen sind <i>direkt proportional</i> .	<p><i>Beispiel 1: Die Größen nehmen zu</i></p> <p>12 Spiralbohrer kosten 60 Euro. Was kosten dann 30 Bohrer?</p> <ol style="list-style-type: none"> BS 12 Bohrer kosten 60 Euro FS 1 Bohrer kostet $\frac{60 \text{ Euro}}{12}$ SS 30 Bohrer kosten $\frac{60 \text{ Euro} \cdot 30}{12} = 150 \text{ Euro}$ <p><i>Beispiel 2: Die Größen nehmen ab</i></p> <p>Eine Lackdose enthält bei einer Füllhöhe von 25 cm 5 l Lack. Nach Arbeitsende ist sie noch 15 cm hoch gefüllt. Wie viel Liter Lack wurden für die Arbeit verbraucht?</p> <ol style="list-style-type: none"> BS 25 cm \triangleq 5 l FS 1 cm \triangleq $\frac{5 \text{ l}}{25 \text{ cm}}$ SS 15 cm \triangleq $\frac{5 \text{ l} \cdot 10 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 2 \text{ l}$
Einfacher, indirekter Dreisatz Nimmt eine Größe zu, dann nimmt die andere Größe ab. Wird eine Größe kleiner, dann nimmt die andere Größe zu. Die Größen sind <i>indirekt (umgekehrt) proportional</i> .	<p><i>Beispiel 1: Die erste Größe nimmt zu</i></p> <p>5 Monteure benötigen für eine Arbeit 70 Stunden. Wie viele Stunden würden dann 7 Monteure benötigen?</p> <ol style="list-style-type: none"> BS 5 Monteure benötigen 70 h FS 1 Monteur benötigt $70 \text{ h} \cdot 5$ SS 7 Monteure benötigen $\frac{70 \text{ h} \cdot 5}{7} = 50 \text{ h}$ <p><i>Beispiel 2: Die erste Größe nimmt ab</i></p> <p>Für eine Baustelle, die in 12 Tagen eingerichtet und in Betrieb genommen werden soll, sind 10 Monteure vorgesehen. Um wie viele Tage würde sich die Inbetriebnahme verzögern, wenn nur 6 Monteure zur Verfügung stehen?</p> <ol style="list-style-type: none"> BS 10 Monteure benötigen 12 Tage FS 1 Monteur benötigt $12 \text{ Tage} \cdot 10$ SS 6 Monteure benötige $\frac{12 \text{ Tage} \cdot 10}{6} = 20 \text{ Tage}$
Zusammengesetzter Dreisatz Es sind mehr als drei Größen gegeben. Deshalb sind mehrere Folge- und Schlussätze erforderlich.	<p><i>Beispiel:</i></p> <p>Ein 4,0-m²-Blech von 1,6 mm Dicke wiegt 18 kg. Wie viel kg wiegt ein 1,5-m²-Blech von 1,2 mm Dicke?</p> <ol style="list-style-type: none"> BS 4,0 m²; 1,6 mm wiegen 18 kg FS 1 1,0 m²; 1,6 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg}}{4}$ FS 2 1,0 m²; 1,0 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg}}{4 \cdot 1,6}$ SS 1 1,0 m²; 1,2 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg} \cdot 1,2}{4 \cdot 1,6}$ SS 2 1,5 m²; 1,2 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg} \cdot 1,2 \cdot 1,5}{4 \cdot 1,6} = 5,1 \text{ kg}$

Allgemeine Grundlagen		
Formelumstellung		
2. Die gesuchte Größe steht in einer Faktorengleichung. <ul style="list-style-type: none">• Seiten vertauschen.• Nicht gesuchte Glieder auf die rechte Seite unter den Bruchstrich bringen.	$P = U \cdot I \cdot t$ $U \cdot I \cdot t = P$ $I = \frac{P}{U \cdot t}$	$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ $2\pi \cdot f \cdot L = X_L$ $f = \frac{X_L}{2\pi \cdot L}$
3. Die gesuchte Größe steht in einer Quotientengleichung auf dem Bruchstrich. <ul style="list-style-type: none">• Seiten vertauschen.• Nicht gesuchte Glieder auf die rechte Seite bringen. Was links auf dem Bruchstrich steht, kommt rechts unter den Bruchstrich. Was links unter dem Bruchstrich steht, kommt rechts auf den Bruchstrich.	$R = \frac{\varrho \cdot l}{A}$ $\frac{\varrho \cdot l}{A} = R$ $l = \frac{R \cdot A}{\varrho}$	$P = \frac{F \cdot s}{t}$ $\frac{F \cdot s}{t} = P$ $F = \frac{P \cdot t}{s}$
4. Die gesuchte Größe steht in einer Quotientengleichung unter dem Bruchstrich. <ul style="list-style-type: none">• Seiten vertauschen.• Seiten umkehren.• Nicht gesuchte Glieder auf die rechte Seite bringen (wie bei 3.)	$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$ $\frac{l}{\gamma \cdot A} = R$ $\frac{\gamma \cdot A}{l} = \frac{1}{R}$ $A = \frac{l}{\gamma \cdot R}$	$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $\frac{1}{\omega \cdot C} = X_C$ $\frac{\omega \cdot C}{1} = \frac{1}{X_C}$ $C = \frac{1}{\omega \cdot X_C}$
5. Die gesuchte Größe steht als Potenz in einer Gleichung. <ul style="list-style-type: none">• Seiten vertauschen.• Nicht gesuchte Glieder auf die rechte Seite bringen.• Auf beiden Seiten die Wurzel ziehen. Auf der linken Seite heben sich Wurzel und Exponent auf.	$P = I^2 \cdot R$ $I^2 \cdot R = P$ $I^2 = \frac{P}{R}$ $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$P = \frac{U^2}{R}$ $\frac{U^2}{R} = P$ $U^2 = P \cdot R$ $U = \sqrt{P \cdot R}$
6. Die gesuchte Größe steht als Wurzel in einer Gleichung. <ul style="list-style-type: none">• Seiten vertauschen.• Beide Seiten quadrieren. Auf der linken Seite heben sich Wurzel und Exponent auf.• Nicht gesuchte Größe auf die rechte Seite bringen.• Auf beiden Seiten die Wurzel ziehen.	$I = \sqrt{A}$ $\sqrt{A} = I$ $A = I^2$	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $\sqrt{R^2 + X_L^2} = Z$ $R^2 + X_L^2 = Z^2$ $R^2 = Z^2 - X_L^2$ $R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$

Flächenberechnung

Quadrat

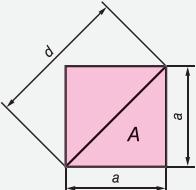
$$A = a^2 \quad a = \sqrt{A}$$

$$A = \frac{d^2}{2}$$

$$U = 4 \cdot a$$

$$d = \sqrt{2} \cdot a$$

$$d = \sqrt{2 \cdot A}$$

A	Flächeninhalt	m^2	
a	Seitenlänge	m	
d	Diagonale	m	
U	Umfang	m	

Raute

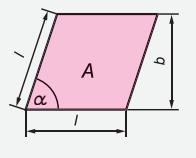
$$A = l \cdot b$$

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

$$A = l^2 \cdot \sin \alpha$$

$$l = \sqrt{\frac{A}{\sin \alpha}}$$

$$U = 4 \cdot l$$

A	Flächeninhalt	m^2	
l	Seitenlänge	m	
b	Breite	m	
α	Winkel	Grad	
U	Umfang	m	

Rechteck

$$A = a \cdot b$$

$$a = \frac{A}{b} \quad b = \frac{A}{a}$$

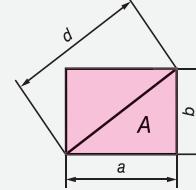
$$U = 2a + 2b = 2 \cdot (a + b)$$

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

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

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

$$a = \frac{U}{2} - b \quad b = \frac{U}{2} - a$$

A	Flächeninhalt	m^2	
a, b	Seitenlänge	m	
d	Diagonale	m	
U	Umfang	m	

Parallelogramm

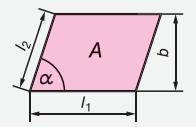
$$A = l_1 \cdot b = l_1 \cdot l_2 \cdot \sin \alpha$$

$$l_1 = \frac{A}{b} \quad b = \frac{A}{l_1}$$

$$l_1 = \frac{A}{l_2 \sin \alpha} \quad l_2 = \frac{A}{l_1 \sin \alpha}$$

$$U = 2 \cdot (l_1 + l_2)$$

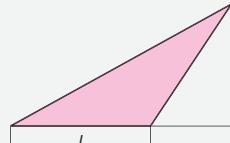
$$b = l_2 \cdot \sin \alpha$$

A	Flächeninhalt	m^2	
l_1, l_2	Seitenlänge	m	
b	Höhe	m	
α	Winkel	Grad	
U	Umfang	m	

Dreieck, stumpfwinklig

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

$$l = \frac{2 \cdot A}{h} \quad h = \frac{2 \cdot A}{l}$$

A	Flächeninhalt	m^2	
l	Grundseite	m	
h	Höhe	m	

Kraft und Bewegung

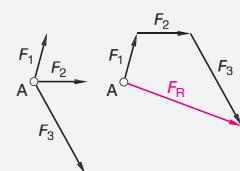
Krafteck

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

F_R	resultierende Kraft	N
F_1, F_2, F_3	Teilkräfte	N

N: Newton

Es ist eine *geometrische* Addition notwendig.



Gewichtskraft

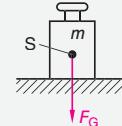
$$F_G = m \cdot g$$

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

F_G	Gewichtskraft	N
m	Masse	kg

g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
-----	--------------------	-----------------

N: Newton



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

Beschleunigungskraft

$$F = m \cdot a$$

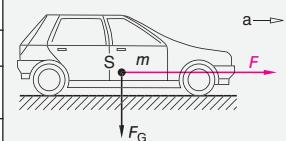
$$m = \frac{F}{a}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

F	Beschleunigungskraft	N
m	Masse	kg

a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
-----	----------------	-----------------

N: Newton



Federkraft

$$F_G = F = s \cdot R$$

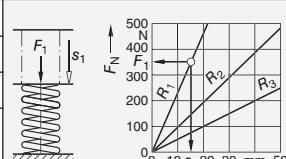
$$s = \frac{F}{R}$$

$$R = \frac{F}{s}$$

F_G	Gewichtskraft	N
F	Federkraft	N

s	Federweg	mm
R	Federrate	$\frac{N}{mm}$

N: Newton



Fliehkraft

$$F_Z = m \cdot r \cdot \omega^2$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$m = \frac{F_Z}{r \cdot \omega^2}$$

$$r = \frac{F_Z}{m \cdot \omega^2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{F_Z}{m \cdot r}}$$

$$F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$m = \frac{F_Z \cdot r}{v^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_Z \cdot r}{m}}$$

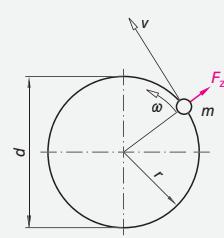
F_Z	Fliehkraft	N
m	Masse	kg

r	Radius	m
-----	--------	---

ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$
----------	-----------------------	---------------

v	Umfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
-----	------------------------	---------------

N: Newton



Antriebe

Achsabstand, Außenverzahnung

$a = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2)$	a	Achsabstand	mm	
$m = \frac{2 \cdot a}{z_1 + z_2}$	z_1, z_2	Zähnezahl		
$z_2 = \frac{2 \cdot a}{m} - z_1$	d_1, d_2	Teilkreis-durchmesser	mm	
$d_1 = 2 \cdot a - d_2$	m	Modul	mm	
$d_2 = 2 \cdot a - d_1$	TB Seite 294			

Achsabstand, Innenverzahnung

$a = \frac{m}{2} \cdot (z_2 - z_1)$	a	Achsabstand	mm	
$m = \frac{2 \cdot a}{z_2 - z_1}$	z_1, z_2	Zähnezahl		
$z_2 = z_1 + \frac{2 \cdot a}{m}$	d_1, d_2	Teilkreis-durchmesser	mm	
$a = \frac{d_2 - d_1}{2}$	m	Modul	mm	
$d_1 = d_2 - 2 \cdot a$	TB Seite 294			
$d_2 = d_1 + 2 \cdot a$				

Fluidtechnik

Druck, Überdruck

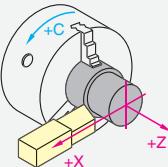
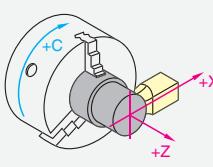
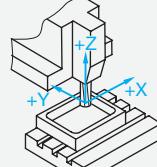
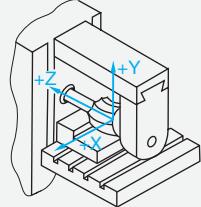
$P_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$	P_e	Überdruck	bar	
$p_{\text{abs}} = p_e + p_{\text{amb}}$	P_{abs}	absoluter Druck	bar	
$p_{\text{amb}} = p_{\text{abs}} - p_e$	P_{amb}	Luftdruck Atmosphäre	bar	
$p = \frac{F}{A}$	p	Druck	bar	
$F = p \cdot A$	F	Kraft	N	
	A	Fläche	cm ²	
	Pa: Pascal, N: Newton			
	$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$ $= 0,01 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$			
	$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$ $= 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$			

Auftrieb

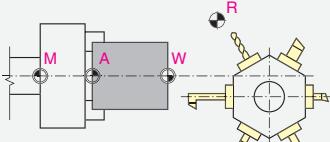
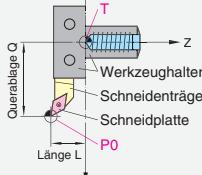
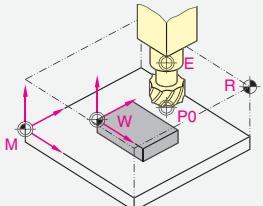
$F_A = V \cdot \rho \cdot g$	F_A	Auftriebskraft	N	
$V = \frac{F_A}{\rho \cdot g}$	F_G	Gewichtskraft	N	
$\rho = \frac{F_A}{V \cdot g}$	V	eingetauchtes Volumen	m ³	
$F_A = F_G$ Schweben	ρ	Dichte der Flüssigkeit	kg/m ³	
$F_A > F_G$ Schwimmen	g	Fallbeschleunigung	m/s ²	
$F_A < F_G$ Sinken	$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$			

CNC-Werkzeugmaschinen

Bewegungsrichtungen

Drehmaschinen	Fräsmaschinen
Meißel vor Drehmitte	Meißel hinter Drehmitte
	
Senkrecht-Fräsmaschine	Waagerecht-Fräsmaschine
	

Bezugspunkte

Zeichen	Bezugspunkt	Beschreibung	Beispiele
M	Maschinen-nullpunkt	Ursprung des Maschinenkoordinatensystems, Schnittpunkt der Arbeitsspindelachse mit dem Werkstückträger; vom Hersteller festgelegt	Bezugspunkte an einer Drehmaschine 
W	Werkstück-nullpunkt	Ursprung der Werkstückkoordinaten; vom Programmierer nach fertigungstechnischen Gesichtspunkten festgelegt	Werkzeugeinstellpunkt am Drehmeißel 
R	Referenzpunkt	Ursprung des inkremental messenden CNC-Systems mit exaktem Abstand zum Maschinennullpunkt. Der Referenzpunkt wird zum Nullsetzen des Messsystems angefahren	Bezugspunkte an einer Fräsmaschine 
P0	Programm-nullpunkt	Gibt die Koordinaten des Punktes an, an dem sich das Werkzeug vor Beginn des Programmstarts befindet	Hinweis: Zur Vereinfachung der Programmierung wird angenommen, dass sich nur das Werkzeug bewegt. Das Werkstück steht still.
T	Werkzeugträger-Bezugspunkt	Liegt mittig an der Anschlagfläche der Werkzeugaufnahme. Fräsmaschinen: Stirnfläche Werkzeugspindel; Drehmaschinen: Anschlagfläche des Werkzeughalters am Revolver	
A	Anschlagpunkt	Anlagepunkt des Drehwerkstückes	

Fortsetzung nächste Seite