

# Leseprobe

Der Bildungsprofi für Technik

**Christiani**

Technisches Institut für  
Aus- und Weiterbildung

Paul Müller

## Formelsammlung Metalltechnik



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG  
[www.christiani.de](http://www.christiani.de)

### 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.

**4**

**Inhalt**

<b>Allgemeine Grundlagen</b> .....	7	<b>Volumen, Oberflächen</b> .....	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
<b>Flächenberechnung</b> .....	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, gleichschenkelig ( $\alpha = \beta$ ).....	17	<b>Kraft und Bewegung</b> .....	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
<b>Rechtwinkliges Dreieck</b> .....	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	<b>Rolle, Flaschenzug, Winde</b> .....	34
Strahlensatz.....	22	Feste Rolle ( $s = h$ ).....	34
Steigung, Neigung.....	22	Lose Rolle ( $s = 2 \cdot h$ ).....	35
<b>Teilungen, Längen</b> .....	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		

**5**

<b>Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad</b> .....	36
Arbeit, Ebene .....	36
Arbeit, geneigte Ebene (ohne Reibung) .....	37
Arbeit, geneigte Ebene (mit Reibung) .....	37
Stellkeil .....	37
Schraube, Bolzen .....	38
Energieerhaltungssatz .....	39
Potenzielle Energie .....	39
Spannenergie .....	39
Kinetische Energie .....	39
Leistung .....	40
Hubleistung .....	40
Zugleistung .....	40
Getriebeleistung .....	40
Pumpenleistung .....	41
Schnittleistung .....	41
Einzelwirkungsgrad .....	42
Gesamtwirkungsgrad .....	42
<b>Antriebe</b> .....	42
Einfacher Riementrieb .....	42
Mehrfacher Riementrieb .....	42
Einfacher Zahnradtrieb .....	43
Zahnradtrieb, mehrfache Übersetzung .....	43
Schneckentrieb .....	43
Achsabstand, Außenverzahnung .....	44
Achsabstand, Innenverzahnung .....	44
<b>Fluidtechnik</b> .....	44
Druck, Überdruck .....	44
Auftrieb .....	44
Hydrostatischer Druck .....	45
Seitendruckkraft .....	45
Flüssigkeitspresse .....	45
Allgemeine Gasgleichung .....	45
Gesetz von Boyle-Mariotte (isothermischer Vorgang) .....	46
Gesetz von Boyle-Mariotte (isochorer Vorgang) .....	46
Gesetz von Gay-Lussac (isobarer Vorgang) .....	47
Kolbenpressung .....	47
Hydraulische Presse .....	47
Druckübersetzer .....	48
Strömung in Rohren .....	48
Kolbengeschwindigkeit .....	48
Einfach wirkender Zylinder .....	49
Spezifischer Luftverbrauch .....	49
Doppelt wirkender Zylinder .....	49
Kolbenkräfte .....	50
Hydraulische Leistung .....	50

<b>Wärme</b> .....	51
Temperatur .....	51
Längenänderung .....	51
Volumenänderung .....	51
Wärmemenge .....	51
Schmelz- und Verdampfungswärme .....	52
Verbrennungswärme .....	52
Mischungstemperatur .....	52
<b>Elektrotechnik</b> .....	53
Elektrische Ladung .....	53
Elektrische Stromstärke .....	53
Stromdichte .....	53
Elektrische Arbeit .....	53
Elektrische Leistung .....	53
Leiterwiderstand .....	54
Ohmsches Gesetz .....	54
Elektrischer Leitwert .....	54
Temperaturabhängigkeit des Widerstands .....	54
Wärmewirkung des elektrischen Stroms .....	54
Parallelschaltung von Widerständen .....	55
Reihenschaltung von Widerständen .....	55
Periodendauer, Frequenz .....	55
Leistung im Wechselstromkreis .....	55
Leistung im Drehstromkreis .....	56
Sternschaltung .....	56
Dreieckschaltung .....	57
Transformator .....	57
<b>Festigkeitslehre</b> .....	57
Zugspannungsbeanspruchung, Zugversuch .....	57
Zugbeanspruchung (Zugspannung) .....	58
Druckbeanspruchung .....	58
Flächenpressung .....	59
Abscherung .....	59
Torsion (Verdrehung) .....	60
Kerbwirkung .....	60
Biegung .....	61
Knickung .....	61
<b>Schrauben</b> .....	62
Schraube (Bolzen-Mutter) .....	62
Vorspannkraft, Anziehdrehmoment .....	62
Flächenpressung .....	63
<b>Federn</b> .....	63
Federkräfte, Federlängen .....	63

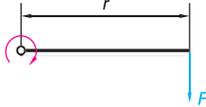
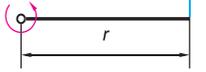
## 6

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

7

Allgemeine Grundlagen								
Physikalische Gleichungen								
Größengleichung	Zugeschnittene Größengleichung			Einheitengleichung	Zahlenwertgleichung			
$n = \frac{f}{p}$	$n = \frac{f \cdot 60}{p}$			1 h = 3600 s 1 kg = 1000 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 <sup>1)</sup>	$T$			Kelvin	K			
Stoffmenge	$n$			Mol	mol			
Lichtstärke	$I_v$			Candela	cd			
<sup>1)</sup> Thermodynamische Temperatur								
Umrechnung von Einheiten								
Längen	Flächen		Volumen		Kräfte		Massen	
1 μm = 0,001 mm 1 mm = 0,001 m 1 cm = 10 mm 1 dm = 10 cm 1 m = 10 dm 1 km = 1000 m	1 cm <sup>2</sup> = 100 mm <sup>2</sup> 1 m <sup>2</sup> = 10 000 cm <sup>2</sup> 1 m <sup>2</sup> = 100 dm <sup>2</sup> 1 a = 100 m <sup>2</sup> 1 ha = 100 a 1 km <sup>2</sup> = 100 ha		1 ml = 0,001 l 1 cl = 0,01 l 1 l = 1000 ml 1 hl = 100 l 1 dm <sup>3</sup> = 1000 cm <sup>3</sup> 1 m <sup>3</sup> = 1000 dm <sup>3</sup>		1 mN = 0,001 N 1 daN = 10 N 1 kN = 1000 N 1 MN = 1000 kN		1 μg = 0,001 mg 1 mg = 0,001 g 1 kg = 1000 g 1 Mg = 1000 kg 1 t = 1000 kg	
Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten								
Vorsatz	Faktor	Zeichen	Vorsatz	Faktor	Zeichen	Vorsatz	Faktor	Zeichen
Piko	10 <sup>-12</sup>	p	Zenti	10 <sup>-2</sup>	c	Kilo	10 <sup>3</sup>	k
Nano	10 <sup>-9</sup>	n	Dezi	10 <sup>-1</sup>	d	Mega	10 <sup>6</sup>	M
Mikro	10 <sup>-6</sup>	μ	Deka	10 <sup>1</sup>	da	Giga	10 <sup>9</sup>	G
Milli	10 <sup>-3</sup>	m	Hekto	10 <sup>2</sup>	h	Tera	10 <sup>12</sup>	T
<b>Hinweis:</b> Nach Möglichkeit nur Vorsätze verwenden, deren Zahlenwerte zwischen 0,1 und 1000 liegen. Vorsätze mit ganzzahliger Potenz von Tausend (10 <sup>3·n</sup> ) sind zu bevorzugen.								

8

Allgemeine Grundlagen			
Formelzeichen und Einheiten			
Größe	Zeichen	Einheit	Hinweis
Arbeit, Energie	$W, E$	Joule J Newtonmeter Nm Wattsekunde Ws Kilowattstunde kWh	1 kcal = 4186,6 Ws 1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ 1 kWh = 3 600 000 Ws = 3,6 · 10 <sup>6</sup> 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	$\rho$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$ $1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ Bei <i>Fluiden</i> wird die Dichte in kg/l (Liter) angegeben.
Moment Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	$M$ $M_d$ $M_b$ $M_t, T$	Nm Newtonmeter	1 N · m = 1 J  $M = F \cdot r$ rechtsdrehendes Moment   $M = F \cdot r$ linksdrehendes Moment 
Drehzahl Umdrehungs- frequenz	$n$	$\frac{1}{\text{s}}, \frac{1}{\text{min}}$	1 min = 60 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	$p$ $p_{\text{abs}}$ $p_{\text{amb}}$ $p_e$	Pa Pascal	1 Pa = 1 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ = 0,01 mbar 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 100 000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ = 10 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ 1 mbar = 1 h Pa $1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa}$
Energie	$E, Q, W$	Joule J Wattstunde Wh Wattsekunde Ws	1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ 1 kWh = 3 600 000 J
Feldstärke, elektrische	$E$	$\frac{\text{V}}{\text{m}}$ Volt 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	$\varphi$	rad ° Radiant Grad	In Wechselstromkreisen mit induktiven und/oder kapazitiven Widerständen.
Winkelgeschwindigkeit	$\omega$	$\frac{1}{s}$	$\omega = 2 \pi n$ In der Elektrotechnik Kreisfrequenz genannt.
Zeit Periodendauer	$t$ $T$	d h min s Tag Stunden Minuten Sekunden	1 d = 24 h = 1440 min = 86400 s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s

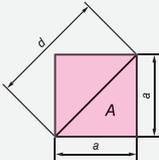
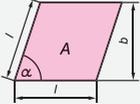
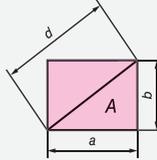
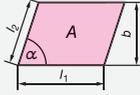
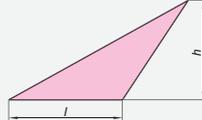
  

Umrechnung von Einheiten	
Längeneinheiten	
$1 \mu\text{m} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 1000} \\ \xleftarrow{: 1000} \end{matrix} 1 \text{mm} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 10} \\ \xleftarrow{: 10} \end{matrix} 1 \text{cm} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 10} \\ \xleftarrow{: 10} \end{matrix} 1 \text{dm} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 10} \\ \xleftarrow{: 10} \end{matrix} 1 \text{m} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 1000} \\ \xleftarrow{: 1000} \end{matrix} 1 \text{km}$	$\begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix}$
$1 \text{cm} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 2,54} \\ \xleftarrow{: 2,54} \end{matrix} 1 \text{ Zoll} = 1 \text{ inch} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 12} \\ \xleftarrow{: 12} \end{matrix} 1 \text{ foot} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 3} \\ \xleftarrow{: 3} \end{matrix} 1 \text{ yard}$	
Flächeneinheiten	
$1 \text{mm}^2 \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{cm}^2 \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{dm}^2 \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{m}^2 \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 10000} \\ \xleftarrow{: 10000} \end{matrix} 1 \text{ha} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{km}^2$	$\begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 10000} \\ \xleftarrow{: 10000} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 1000000} \\ \xleftarrow{: 1000000} \end{matrix}$
$1 \text{m}^2 \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{ar} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{ha} \begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 100} \\ \xleftarrow{: 100} \end{matrix} 1 \text{km}^2$	$\begin{matrix} \xrightarrow{\cdot 25} \\ \xleftarrow{: 25} \end{matrix}$
$1 \text{Morgen}$	

Allgemeine Grundlagen	
Dreisatzrechnung	
<p><b>Einfacher, direkter Dreisatz</b></p> <p>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>	<p><i>Beispiel 1: Die Größen nehmen zu</i></p> <p>12 Spiralbohrer kosten 60 Euro. Was kosten dann 30 Bohrer?</p> <p>1. <b>BS</b> 12 Bohrer kosten 60 Euro</p> <p>2. <b>FS</b> 1 Bohrer kostet <math>\frac{60 \text{ Euro}}{12}</math></p> <p>3. <b>SS</b> 30 Bohrer kosten <math>\frac{60 \text{ Euro} \cdot 30}{12} = 150 \text{ Euro}</math></p> <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> <p>1. <b>BS</b> 25 cm <math>\triangleq</math> 5 l</p> <p>2. <b>FS</b> 1 cm <math>\triangleq \frac{5 \text{ l}}{25 \text{ cm}}</math></p> <p>3. <b>SS</b> 15 cm <math>\triangleq \frac{5 \text{ l} \cdot 10 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 2 \text{ l}</math></p>
<p><b>Einfacher, indirekter Dreisatz</b></p> <p>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</i> (umgekehrt) <i>proportional</i>.</p>	<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> <p>1. <b>BS</b> 5 Monteure benötigen 70 h</p> <p>2. <b>FS</b> 1 Monteur benötigt 70 h · 5</p> <p>3. <b>SS</b> 7 Monteure benötigen <math>\frac{70 \text{ h} \cdot 5}{7} = 50 \text{ h}</math></p> <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> <p>1. <b>BS</b> 10 Monteure benötigen 12 Tage</p> <p>2. <b>FS</b> 1 Monteur benötigt 12 Tage · 10</p> <p>3. <b>SS</b> 6 Monteure benötige <math>\frac{12 \text{ Tage} \cdot 10}{6} = 20 \text{ Tage}</math></p>
<p><b>Zusammengesetzter Dreisatz</b></p> <p>Es sind mehr als drei Größen gegeben. Deshalb sind mehrere Folge- und Schlussätze erforderlich.</p>	<p><i>Beispiel:</i></p> <p>Ein 4,0-m<sup>2</sup>-Blech von 1,6 mm Dicke wiegt 18 kg.                      Wie viel kg wiegt ein 1,5-m<sup>2</sup>-Blech von 1,2 mm Dicke?</p> <p>1. <b>BS</b> 4,0 m<sup>2</sup>; 1,6 mm wiegen 18 kg</p> <p>2. <b>FS 1</b> 1,0 m<sup>2</sup>; 1,6 mm wiegen <math>\frac{18 \text{ kg}}{4}</math></p> <p>3. <b>FS 2</b> 1,0 m<sup>2</sup>; 1,0 mm wiegen <math>\frac{18 \text{ kg}}{4 \cdot 1,6}</math></p> <p>4. <b>SS 1</b> 1,0 m<sup>2</sup>; 1,2 mm wiegen <math>\frac{18 \text{ kg} \cdot 1,2}{4 \cdot 1,6}</math></p> <p>5. <b>SS 2</b> 1,5 m<sup>2</sup>; 1,2 mm wiegen <math>\frac{18 \text{ kg} \cdot 1,2 \cdot 1,5}{4,0 \cdot 1,6} = 5,1 \text{ kg}</math></p>

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

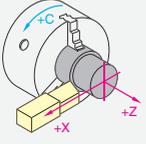
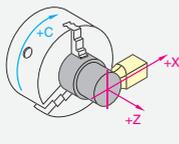
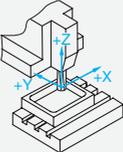
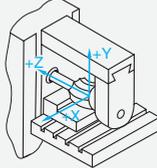
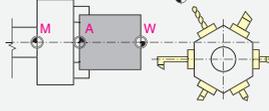
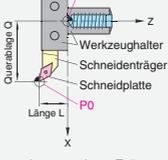
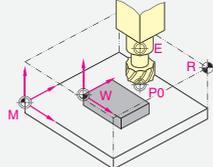
**16**

Flächenberechnung				
<b>Quadrat</b>				
$A = a^2$	$a = \sqrt{A}$	A	Flächeninhalt	m <sup>2</sup>
$A = \frac{d^2}{2}$		a	Seitenlänge	m
$U = 4 \cdot a$		d	Diagonale	m
$d = \sqrt{2} \cdot a$		U	Umfang	m
$d = \sqrt{2} \cdot \sqrt{A}$				
				
<b>Raute</b>				
$A = l \cdot b$		A	Flächeninhalt	m <sup>2</sup>
$l = \frac{A}{b}$	$b = \frac{A}{l}$	l	Seitenlänge	m
$A = l^2 \cdot \sin \alpha$		b	Breite	m
$l = \sqrt{\frac{A}{\sin \alpha}}$		α	Winkel	Grad
$U = 4 \cdot l$		U	Umfang	m
				
<b>Rechteck</b>				
$A = a \cdot b$		A	Flächeninhalt	m <sup>2</sup>
$a = \frac{A}{b}$	$b = \frac{A}{a}$	a, b	Seitenlänge	m
$U = 2a + 2b = 2 \cdot (a + b)$		d	Diagonale	m
$d = \sqrt{a^2 + b^2}$		U	Umfang	m
$a = \sqrt{d^2 - b^2}$				
$b = \sqrt{d^2 - a^2}$				
$a = \frac{U}{2} - b$	$b = \frac{U}{2} - a$			
				
<b>Parallelogramm</b>				
$A = l_1 \cdot b = l_1 \cdot l_2 \cdot \sin \alpha$		A	Flächeninhalt	m <sup>2</sup>
$l_1 = \frac{A}{b}$	$b = \frac{A}{l_1}$	l <sub>1</sub> , l <sub>2</sub>	Seitenlänge	m
$l_1 = \frac{A}{l_2 \cdot \sin \alpha}$	$l_2 = \frac{A}{l_1 \cdot \sin \alpha}$	b	Höhe	m
$U = 2 \cdot (l_1 + l_2)$		α	Winkel	Grad
$b = l_2 \cdot \sin \alpha$		U	Umfang	m
				
<b>Dreieck, stumpfwinklig</b>				
$A = \frac{l \cdot h}{2}$		A	Flächeninhalt	m <sup>2</sup>
$l = \frac{2 \cdot A}{h}$	$h = \frac{2 \cdot A}{l}$	l	Grundseite	m
		h	Höhe	m
				

Kraft und Bewegung				
<b>Krafteck</b>				
$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$	$F_R$	resultierende Kraft	N	
	$F_1, F_2, F_3$	Teilkraften	N	
	N: Newton Es ist eine <i>geometrische</i> Addition notwendig.			
<b>Gewichtskraft</b>				
$F_G = m \cdot g$  $m = \frac{F_G}{g}$	$F_G$	Gewichtskraft	N	
	$m$	Masse	kg	
	$g$	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	
N: Newton		$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$		
<b>Beschleunigungskraft</b>				
$F = m \cdot a$  $m = \frac{F}{a}$ $a = \frac{F}{m}$	$F$	Beschleunigungskraft	N	
	$m$	Masse	kg	
	$a$	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	
N: Newton				
<b>Federkraft</b>				
$F_G = F = s \cdot R$  $s = \frac{F}{R}$ $R = \frac{F}{s}$	$F_G$	Gewichtskraft	N	
	$F$	Federkraft	N	
	$s$	Federweg	mm	
N: Newton				
<b>Fliehkraft</b>				
$F_Z = m \cdot r \cdot \omega^2$ $\omega = \frac{v}{r}$  $m = \frac{F_Z}{r \cdot \omega^2}$ $r = \frac{F_Z}{m \cdot \omega^2}$  $\omega = \sqrt{\frac{F_Z}{m \cdot r}}$ $F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$ $m = \frac{F_Z \cdot r}{v^2}$ $r = \frac{m \cdot v^2}{F_Z}$  $v = \sqrt{\frac{F_Z \cdot r}{m}}$	$F_Z$	Fliehkraft	N	
	$m$	Masse	kg	
	$r$	Radius	m	
	$\omega$	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$	
	$v$	Umfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
	N: Newton			

**44**

Antriebe				
Achsabstand, Außenverzahnung				
$a = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2)$  $m = \frac{2 \cdot a}{z_1 + z_2} \quad z_1 = \frac{2 \cdot a}{m} - z_2$  $z_2 = \frac{2 \cdot a}{m} - z_1$  $d_1 = 2 \cdot a - d_2$  $d_2 = 2 \cdot a - d_1$	$a$	Achsabstand	mm	
	$z_1, z_2$	Zähnezahl		
	$d_1, d_2$	Teilkreis- durchmesser	mm	
	$m$	Modul	mm	
			Seite 294	
Achsabstand, Innenverzahnung				
$a = \frac{m}{2} \cdot (z_2 - z_1)$  $m = \frac{2 \cdot a}{z_2 - z_1} \quad z_1 = z_2 - \frac{2 \cdot a}{m}$  $z_2 = z_1 + \frac{2 \cdot a}{m}$  $a = \frac{d_2 - d_1}{2}$  $d_1 = d_2 - 2 \cdot a$  $d_2 = d_1 + 2 \cdot a$	$a$	Achsabstand	mm	
	$z_1, z_2$	Zähnezahl		
	$d_1, d_2$	Teilkreis- durchmesser	mm	
	$m$	Modul	mm	
			Seite 294	
Fluidtechnik				
Druck, Überdruck				
$p_e = p_{abs} - p_{amb}$  $p_{abs} = p_e + p_{amb}$  $p_{amb} = p_{abs} - p_e$	$p_e$	Überdruck	bar	
	$p_{abs}$	absoluter Druck	bar	
	$p_{amb}$	Luftdruck Atmosphäre	bar	
$p = \frac{F}{A}$  $F = p \cdot A \quad A = \frac{F}{p}$	$p$	Druck	bar	$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$ $= 0,01 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$ $= 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
	$F$	Kraft	N	
	$A$	Fläche	cm <sup>2</sup>	
			Pa: Pascal, N: Newton	
Auftrieb				
$F_A = V \cdot \rho \cdot g$  $V = \frac{F_A}{\rho \cdot g} \quad \rho = \frac{F_A}{V \cdot g}$  $F_A = F_G$ Schweben $F_A > F_G$ Schwimmen $F_A < F_G$ Sinken	$F_A$	Auftriebskraft	N	
	$F_G$	Gewichtskraft	N	
	$V$	eingetauchtes Volumen	m <sup>3</sup>	
	$\rho$	Dichte der Flüssigkeit	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
	$g$	Fallbeschleunigung	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	

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

Fortsetzung nächste Seite