

Formelsammlung Fahrzeugtechnik

M. Bell
H. Elbl
W. Schüler
T. Stietz

11., überarbeitete und erweiterte Auflage

Handwerk und Technik – Hamburg
Best. Nr. 3511

Die Formelsammlung entspricht im Wesentlichen dem Kapitel „Technische Mathematik“ im Tabellenbuch Fahrzeugtechnik.
Sie enthält keine Erklärungstexte und keine Beispiele.

In der Regel werden Größengleichungen verwendet. In Fällen, die eine gewisse Vereinfachung erfordern, sind auf bestimmte Einheiten zugeschnittene Zahlenwertgleichungen angegeben. Bei Zahlenwertgleichungen müssen deshalb die Größen in den angegebenen Einheiten eingesetzt werden. Zahlenwertgleichungen sind durch **blauen Farbdruck** gekennzeichnet.

ISBN 978-3-582-57297-4 Best.-Nr. 3511

Der Formelsammlung wurden die bei Manuskriptabschluss vorliegenden neuesten Ausgaben der DIN-Normen und der gesetzlichen Vorschriften zugrunde gelegt. Die Auswahl ist auf die Erfordernisse in Schule und Praxis zugeschnitten.

Die Normblattangaben werden 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 DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich oder durch bundesweite Vereinbarung zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends und Korrelationen gemäß § 44b UrhG („Text und Data Mining“) zu gewinnen, ist untersagt.

Verlag Handwerk und Technik GmbH,
Lademannbogen 135, 22339 Hamburg; Postfach 630500, 22331 Hamburg – 2025
E-Mail: info@handwerk-technik.de, Internet: www.handwerk-technik.de

Zeichnungen: Hans-Hermann Kropf, 89428 Syrgenstein; Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimpar;
CMS – Cross Media Solutions GmbH, 97082 Würzburg
Satz und Layout: CMS – Cross Media Solutions GmbH, 97082 Würzburg
Druck und Bindung: Himmer GmbH Druckerei & Verlag; 86167 Augsburg

Inhaltsverzeichnis

Grundlagen

Winkelfunktionen. 3

Buchstabenrechnen (Algebra) 3

Größen und Einheiten im Messwesen. 4... 6

Verhältnis-, Mischungs-, Prozent-,
Zinsrechnen 7

Längen

Pythagoras, Vielecke, Steigung, Maßstäbe 8

Toleranzen, Teilung, gestreckte Länge,
Kreisbogenlänge. 9

Flächen 10... 12

Volumen 13... 15

Mechanik

Dichte, Masse, Kraft. 16

Kräfte 17

Drehmoment

 Hebel, Auflager. 18

Fliehkraft, Kurvenfahrt. 19

Geschwindigkeit 20

Beschleunigen und Bremsen 21

Überholen. 22

Einfache Übersetzung

 Riemen-, Zahnrad-, Schneckentrieb. 23

Doppelte Übersetzung

 Riemen-, Zahnradtrieb, Planetengetriebe 24

Reibung 25

Schraube 25

Festigkeit 26

Arbeit, Energie. 27

Leistung, Wirkungsgrad 28

Hydraulik

 Druck, hydraulische Presse, hydrostatischer Druck,
 Auftrieb 29

Pneumatik

 Gasgesetze, -behälter, -strömung 30

Wärmetechnik

 Temperatur, Wärmemenge, Wärmeausdehnung . . . 31

Fahrzeugtechnik

Verbrennungsraum

 Hubraum, Verdichtung

 Verdichtungsänderung 32

 Kennzahlen. 33

Kurbeltrieb

 Abmessungen 33

 Kräfte, Motorarbeit, Geschwindigkeiten 34

Motorsteuerung

 Steuerzeiten, Ventilöffnungsquerschnitt,
 Strömungsgeschwindigkeit. 35

Motorleistung

 Innen-, Nutzleistung 36

 Leistungsprüfung, Kenngrößen. 37

Luftverhältnis, Luftverbrauch,
CO₂-Emission, Reichweite. 38

Kraftstoffverbrauch 39

Motorkühlung 40

Motorschmierung 41

Kupplung

 Abmessungen, Kraftübertragung 42

 Kupplungsbetätigung 43

Getriebe

 Wechsel-, Planetengetriebe. 44

Achsantrieb

 Achs-, Ausgleichgetriebe 45

 Drehmomentverteilung. 46

Antriebsstrang

 Gesamtübersetzung 46

 Drehzahl, Fahrgeschwindigkeit,
 Drehmoment, Zugkraft 47

Achsen

 Achslasten, Schwerpunktabstände 48

 Achskräfte 49

Lenkung

 Radstellung, Lenkgetriebe. 50

Federung 51

Reifen 52

Bremsen

 Bremskraft, -verteilung 52

 Bremswirkung, -prüfung 53

 Hydraulische Bremsanlage 54

 Bremskraft, Übersetzung, Bremsarbeit,
 Bremsleistung 55

Fahrmechanik

 Fahrwiderstand, Fahrleistung 56

 Fahrdiagramm, Beschleunigung 57

Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz, Leiterwiderstand,
Leitungsberechnung. 58

Reihen-, Parallelschaltung,
Gemischte Schaltung 59

Spannungsteiler, elektrische Leistung,
elektrische Arbeit 60

Wirkungsgrad, Batterie (Akkumulator). 61

Pulsweitenmodulation (PWM),
Zündanlage, Kondensator 62

Wechselstrom, Wechselstromwiderstände 63

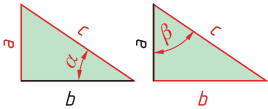
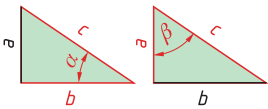
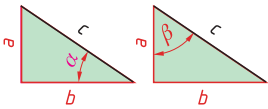
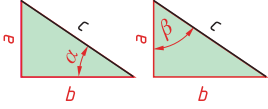
Drehstrom, Transformator 64

Magnetisches Feld, elektrisches Feld,
Diode, Transistor. 65

Hochvolttechnik 66

Kostenrechnung 67

Sachwortverzeichnis 68

Sinus (sin)	Formel	
	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin \alpha$ $c = \frac{a}{\sin \alpha}$	$\sin \beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \sin \beta$ $c = \frac{b}{\sin \beta}$ Sinus = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$ a Gegenkathete zu Winkel α b Gegenkathete zu Winkel β c Hypotenuse, dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite
Cosinus (cos)	Formel	
	$\cos \alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \cos \alpha$ $c = \frac{a}{\cos \alpha}$	$\cos \beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos \beta$ $c = \frac{b}{\cos \beta}$ Cosinus = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$ a Ankathete zu Winkel β b Ankathete zu Winkel α c Hypotenuse, dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite
Tangens (tan)	Formel	
	$\tan \alpha = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \tan \alpha$ $b = \frac{a}{\tan \alpha}$	$\tan \beta = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \tan \beta$ $a = \frac{b}{\tan \beta}$ Tangens = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$ a Gegenkathete zu Winkel α Ankathete zu Winkel β b Gegenkathete zu Winkel β Ankathete zu Winkel α
Cotangens (cot)	Formel	
	$\cot \alpha = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \cot \alpha$ $a = \frac{b}{\cot \alpha}$	$\cot \beta = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \cot \beta$ $b = \frac{a}{\cot \beta}$ Cotangens = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$ a Ankathete zu Winkel β Gegenkathete zu Winkel α b Ankathete zu Winkel α Gegenkathete zu Winkel β

Buchstabenrechnen (Algebra)

Addition, Subtraktion	Formel	
Gleichartige Glieder	$7a + 3a - 2a = 8a$	Die Vorfzahlen gleichartiger Glieder werden addiert oder subtrahiert.
Ungleichartige Glieder	$7a + 3a - 2b = 10a - 2b$	Ungleichartige Glieder können nicht addiert oder subtrahiert werden.
Vertauschungsregel	$a + b - c = b - c + a$	In einer Summe oder Differenz dürfen Glieder beliebig vertauscht werden.
Klammerregel	$a + (b + c) = a + b + c$ $a - (b + c) = a - b - c$	Beim Auflösen der Klammer verändert ein Minuszeichen vor der Klammer die Vorzeichen der Glieder in der Klammer.
Multiplikation, Division	Formel	
Vorzeichenregel	$(+a) \cdot (+b) = +ab$ $(-a) \cdot (-b) = +ab$ $(+a) \cdot (-b) = -ab$ $(-a) \cdot (+b) = -ab$	$(+a) : (+a) = +1$ $(-a) : (-a) = +1$ $(+a) : (-a) = -1$ $(-a) : (+a) = -1$
Klammerregel	$c \cdot (a + b) = ac + bc$ $(12a - 6ab) : 3a = 4 - 2b$	Haben zwei Zahlen gleiche Vorzeichen, so ist ihr Produkt bzw. Quotient positiv, haben sie verschiedene Vorzeichen, so ist ihr Produkt bzw. Quotient negativ. Jedes Glied in der Klammer wird mit dem Glied vor bzw. nach der Klammer multipliziert bzw. dividiert.

Größen und Einheiten im Messwesen

SI-Basiseinheiten

Basis- größe	Länge	Masse	Zeit	Elektrische Stromstärke	Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Basis- einheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Kurzzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd

Größen und Einheiten Teile und Vielfache

Größe Formelzeichen	Name Einheit Zeichen	Umrechnung				
Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \dots$	Radiant rad	rad	°	'	"	
		1 rad = 1	57,296	3 438	206 265	
		1 ° = $\pi/180$	1	60	3 600	
		1 ' = –	0,01667	1	60	
		1 " = –	0,00028	0,01667	1	
Länge l	Meter m Für Luft- und Seefahrt: Internationale Seemeile (sm) 1 sm = 1,852 km	m	dm	cm	mm	
		1 m = 1	10	100	1 000	
		1 dm = 0,1	1	10	100	
		1 cm = 0,01	0,1	1	10	
		1 mm = 0,001	0,01	0,1	1	
		1 μ m = 0,000001	0,00001	0,0001	0,001	
		1 km = 1 000	10 000	100 000	1 000 000	
Fläche A	Quadratmeter m ² Für Grund- und Flurstücke: Ar (a) 1 a = 100 m ² Hektar (ha) 1 ha = 10 000 m ²	m ²	dm ²	cm ²	mm ²	
		1 m ² = 1	100	10 000	1 000 000	
		1 dm ² = 0,01	1	100	10 000	
		1 cm ² = 0,0001	0,01	1	100	
		1 mm ² = 0,000001	0,0001	0,01	1	
		1 km ² = 1 000 000	–	–	–	
Volumen V	Kubikmeter m ³ Außerhalb des SI: Liter l, L	m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³	
		1 m ³ = 1	1 000	1 000 000	–	
		1 dm ³ (l) = 0,001	1	1 000	1 000 000	
		1 cm ³ (ml) = 0,000001	0,001	1	1 000	
		1 mm ³ = –	0,000001	0,001	1	
Zeit t	Sekunde s Minute min Stunde h Tag d	d	h	min	s	
		1 d = 1	24	1 440	86 400	
		1 h = 0,04167	1	60	3 600	
		1 min = –	0,01667	1	60	
		1 s = –	0,00028	0,01667	1	
Frequenz f	Hertz Hz 1 Hz = 1/s 1 Hz = 1 Schwingung/Sek.	GHz	MHz	kHz	Hz	
		1 GHz = 1	1 000	1 000 000	10 ⁹	
		1 MHz = 0,001	1	1 000	1 000 000	
		1 kHz = 0,000001	0,001	1	1 000	
		1 Hz = 10 ⁻⁹	0,000001	0,001	1	
Geschwindigkeit v	Meter durch Sekunde m/s Für Seefahrt: Knoten (kn = sm/h) 1 kn = 1,852 km/h	m/s	km/h	m/min	kn	
		1 m/s = 1	3,6	60	1,944	
		1 km/h = 1/3,6	1	16,667	0,54	
		1 m/min = 1/60	0,06	1	–	

Größen und Einheiten im Messwesen

Größe Formelzeichen	Name Einheit Zeichen	Umrechnung				
Beschleunigung <i>a</i>	Meter durch Sekunde hoch zwei m/s²	$1 \text{ m/s}^2 = \frac{1 \text{ m/s}}{\text{s}}$; Fallbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$				
Drehzahl <i>n</i>	Eins durch Sekunde 1/s Kfz-Bereich: 1/min	1/s 1/min	1/min = 1/60	1/min 60 1	Schreibweise: $\frac{1}{\text{min}} = \text{min}^{-1}$	
Masse <i>m</i>	Kilogramm kg Außerhalb des SI: Tonne (t)	Mg (t) 1 Mg (t) 1 kg 1 g 1 mg	(t) = 1 = 0,001 = 0,000001 = –	kg 1000 1 0,001 0,000001	g 1000 000 1000 1 0,001	mg – 1000 000 1000 1
Dichte <i>ρ</i>	Kilogramm durch Kubikmeter kg/m³ Außerhalb des SI: kg/l, t/m ³	kg/m ³ 1 kg/m ³ 1 kg/dm ³ 1 g/cm ³	= 1 = 1000 = 1000	kg/dm ³ 0,001 1 1	g/cm ³ 0,001 1 1	t/m ³ 0,001 1 1
Kraft F Gewichtskraft F_G	Newton (gespr.: njut'n) N 1 N = 1 kg · 1 m/s ² = 1 kgm/s ²	kN 1 kN 1 daN 1 N	= 1 = 0,01 = 0,001	daN 100 1 0,1	N 1000 10 1	mN 1000 000 10 000 1000
Drehmoment <i>M</i>	Newtonmeter Nm 1 N · 1 m = 1 Nm	kNm 1 kNm 1 Nm 1 mNm	= 1 = 0,001 = 0,000001	Nm 1000 1 0,001	mNm 1000 000 1000 1	
Druck <i>p</i>	Pascal Pa 1 Pa = 1 N/m ² Hektopascal (hPa) 1 hPa = 1 mbar Außerhalb des SI: Bar 1 bar = 10 N/cm ²	MPa 1 MPa 1 bar 1 mbar 1 hPa 1 Pa	= 1 = 0,1 = 0,0001 = 0,0001 = 0,000001	bar 10 1 0,001 0,001 0,00001	mbar 10000 1000 1 1 0,01	Pa 1000 000 100 000 100 100 1
Mechanische Spannung <i>σ, τ</i>	Newton durch Quadratmeter N/m² 1 N/m ² = 1 Pa 1 N/mm ² = 1 MPa	N/mm ² 1 N/mm ² 1 daN/cm ² 1 N/cm ² 1 N/m ²	= 1 = 0,1 = 0,01 = 0,000001	daN/cm ² 10 1 0,1 0,00001	N/cm ² 100 10 1 0,0001	N/m ² , Pa 1000 000 100 000 10 000 1
Arbeit W Energie E Wärmemenge Q	Joule (gespr.: Dschul) J 1 J = 1 Nm = 1 Ws Außerhalb des SI: Kilowattstunde 1 kW · 1 h = 1 kWh	kWh 1 kWh 1 MJ 1 kJ 1 J	= 1 = 0,2778 = 0,0002778 = –	MJ 3,6 1 0,001 0,000001	kJ 3600 1000 1 0,001	J 3 600 000 1000 000 1000 1
Leistung <i>P</i>	Watt W 1 W = 1 J/s = 1 Nm/s mech. Leistung (alt): 1 PS = 0,735 kW 1 kW = 1,36 PS	MW 1 MW 1 kW 1 W 1 mW	= 1 = 0,001 = 0,000001 = 10 ⁻⁹	kW 1000 1 0,001 0,000001	W 1000 000 1000 1 0,001	mW 10 ⁹ 1000 000 1000 1

Größen und Einheiten im Messwesen

Größe Formelzeichen	Name	Einheit Zeichen	Umrechnung				
Temperatur T (in Kelvin) t, θ (in °Celsius)	Kelvin	K		K	°C		
			0 K	= 0	−273 (genauer Wert −273,16)		
	Grad Celsius	°C	0 °C	= 273	0		
Elektrische Stromstärke I	Ampere	A		A	mA	µA	
			1 A	= 1	1000	1000 000	
			1 mA	= 0,001	1	1000	
			1 µA	= 0,000001	0,001	1	
Elektrische Spannung U	Volt	V		kV	V	mV	
			1 kV	= 1	1000	1000 000	
			1 V	= 0,001	1	1000	
			1 mV	= 0,000001	0,001	1	
Elektrischer Widerstand R	Ohm	Ω		MΩ	kΩ	Ω	mΩ
			1 MΩ	= 1	1000	1000 000	10 ⁹
			1 kΩ	= 0,001	1	1000	1000 000
			1 Ω	= 0,000001	0,001	1	1000
			1 mΩ	= 10 ^{−9}	0,000001	0,001	1

Vorsätze und Vorsatzzeichen

Vorsatz	Faktor	Beispiel	Vorsatz	Faktor	Beispiel
Deka da	10 ¹	1 daN = 10 ¹ N = 10 N	Dezi d	10 ⁻¹	1 dm = 10 ⁻¹ m = 0,1 m
Hekto h	10 ²	1 hl = 10 ² l = 100 l	Zenti c	10 ⁻²	1 cm = 10 ⁻² m = 0,01 m
Kilo k	10 ³	1 kW = 10 ³ W = 1000 W	Milli m	10 ⁻³	1 mm = 10 ⁻³ m = 0,001 m
Mega M	10 ⁶	1 MPa = 10 ⁶ Pa = 1 000 000 Pa	Mikro µ	10 ⁻⁶	1 µm = 10 ⁻⁶ m = 0,000001 m
Giga G	10 ⁹	1 GJ = 10 ⁹ J = 1 000 000 000 J	Nano n	10 ⁻⁹	1 nm = 10 ⁻⁹ m = 0,000000001 m
Tera T	10 ¹²	1 TB = 10 ¹² Byte	Piko p	10 ⁻¹²	1 pF = 10 ⁻¹² F

Mathematische Zeichen (Auswahl)

Bedeutung		Bedeutung		Bedeutung	
...	und so weiter, bis	+	plus	∠	Winkel
=	gleich	-	minus	△	Dreieck
≈	ungefähr gleich	· / ×	mal	⊙	Kreis
≠	ungleich	: / -	geteilt durch	≡	kongruent zu
~	proportional	%	Prozent	$\overline{PQ}$	Strecke von P nach Q
≡	entspricht	‰	Promille	$\widehat{AB}$	Bogen AB
<	kleiner als	√	Wurzel aus	Σ	Summe von
≤	kleiner oder gleich	$\sqrt[n]{}$	n-te Wurzel aus	e	Euler'sche Zahl (2,7182...)
>	größer als		parallel zu	π	Pi = 3,14159...
≥	größer oder gleich	⊥	senkrecht auf	log	Logarithmus (allgemein)
∞	unendlich			lg	Zehnerlogarithmus
				ln	natürlicher Logarithmus

Griechisches Alphabet (Auswahl)

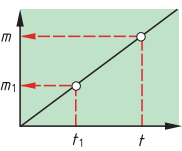
$A \alpha$	Alpha	$H \eta$	Eta	$N \nu$	Ny	$T \tau$	Tau
$B \beta$	Beta	$\Theta \theta$	Theta	$\Xi \xi$	Xi	$\Phi \phi$	Phi
$\Gamma \gamma$	Gamma	$K \kappa$	Kappa	$\Pi \pi$	Pi	$\chi \chi$	Chi
$\Delta \delta$	Delta	$\Lambda \lambda$	Lambda	$\rho \varrho$	Rho	$\Psi \psi$	Psi
$E \varepsilon$	Epsilon	$M \mu$	My	$\Sigma \sigma$	Sigma	$\Omega \omega$	Omega

Verhältnis-, Mischungs-, Prozent-, Zinsrechnen

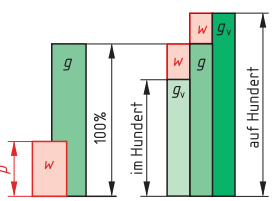
Verhältnisrechnen

Verhältnis	$a : b$ oder $\frac{a}{b}$	Gleichartige Größen können zueinander ins Verhältnis gesetzt werden.
Verhältnisgleichung	Außenglieder als Bruchgleichung $a : b = c : d$ $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ Innenglieder	Zwei gleichwertige Verhältnisse können zu einer Gleichung zusammengefasst werden. Die Gleichung heißt Verhältnisgleichung oder Proportion.
Gerades Verhältnis	$a_1 : a_2 = b_1 : b_2$ z. B. Hydr. Presse: $F_1 : F_2 = A_1 : A_2$	Die Reihenfolge der Glieder auf beiden Seiten ist gleich.
Umgekehrtes Verhältnis	$a_1 : a_2 = b_2 : b_1$ z. B. Übersetzung: $n_1 : n_2 = z_2 : z_1$	Die Reihenfolge der Glieder auf beiden Seiten ist umgekehrt.

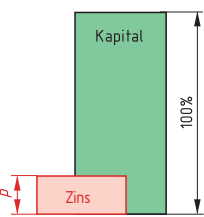
Mischungsrechnen

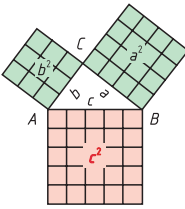
	Teilmenge	Gesamtmenge	Größe	Einheit
Es verhalten sich Teilmenge m_1 zu Gesamtmenge m wie Anteile t_1 zu Gesamtteile t .	$m_1 = \frac{m \cdot t_1}{t}$ $m_1 = \frac{m \cdot p_1}{100\%}$	$m = \frac{m_1 \cdot t}{t_1}$ $m = \frac{100\% \cdot m_1}{p_1}$ $m = m_1 + m_2 + \dots$	m Gesamtmenge m_1, m_2 Teilmengen p_1 Prozentsatz (Prozentteile) t Gesamtteile t_1 Anteile, Anteilzahl	kg, l kg, l % – –
	Anteile	Prozentsatz(-teile)		
	$t_1 = \frac{m_1 \cdot t}{m}$ $t = t_1 + t_2 + \dots$	$p_1 = \frac{100\% \cdot m_1}{m}$		
			Motorkühlung vgl. S. 40	

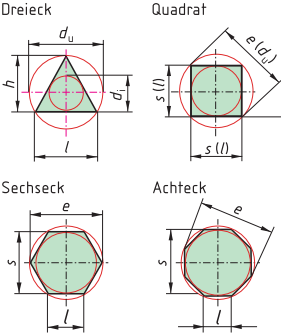
Prozentrechnen

	vom Hundert	auf und im Hundert	Größe
	$w = \frac{g \cdot p}{100\%}$ $g = \frac{100\% \cdot w}{p}$ $p = \frac{100\% \cdot w}{g}$	vermehrter Wert: $w = \frac{g_v \cdot p}{100\% + p}$ $g = \frac{100\% \cdot g_v}{100\% + p}$ $p = \frac{100\% \cdot w}{g_v - w}$	g Grundwert (Wert, auf den die Prozentrechnung bezogen ist) g_v vermehrter Wert (auf Hundert) (vermehrt = $g + w$) g_v verminderter Wert (im Hundert) (vermindert = $g - w$) p Prozentsatz in % w Prozentwert (Wert, der dem Prozentsatz entspricht)
	*) Bei vermindertem Wert g_v sind die Vorzeichen (+) und (-) umgekehrt.		

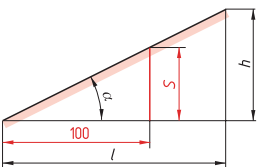
Zinsrechnen

	Jahreszins	Zinssatz (Zinsfuß)	Größe	Einheit
	$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100\%}$ Kapital $k = \frac{100\% \cdot z}{p \cdot t}$ Tageszins $z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100\% \cdot 360}$ Kapital $k = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{p \cdot t}$	$p = \frac{100\% \cdot z}{k \cdot t}$ Zeit (in Jahren) $t = \frac{100\% \cdot z}{k \cdot p}$ Zinssatz (Zinsfuß) $p = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{k \cdot t}$ Zeit (in Tagen) $t = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{k \cdot p}$	k Kapital p Zinssatz (Zinsfuß) t Zeit (bei Tageszins) t Zeit (bei Jahreszins) z Zins	€ % Tage Jahre €
			Bei kaufmännischen Rechnungen wird das Jahr zu 360 Tagen und jeder Monat zu 30 Tagen gerechnet.	

Satz des Pythagoras	Lehrsatz, Seitenlänge	Größe, Erklärung
	In jedem rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat über der Hypotenuse gleich der Summe der Quadrate über den Katheten. $c^2 = a^2 + b^2 \qquad c = \sqrt{a^2 + b^2}$ $a^2 = c^2 - b^2 \qquad a = \sqrt{c^2 - b^2}$ $b^2 = c^2 - a^2 \qquad b = \sqrt{c^2 - a^2}$	a Kathete b Kathete c Hypotenuse Im rechtwinkligen Dreieck werden die Seiten, die den rechten Winkel bilden, als Katheten bezeichnet. Die Seite, die dem rechten Winkel gegenüberliegt, ist die Hypotenuse.

Vielecke, regelmäßige	Höhe	Um-/Inkreis	Seitenlänge	Größe, Erklärung
	Dreieck $d_u = 1,155 \cdot l$ $h = 0,866 \cdot l$ Eckenmaß Quadrat $e = 1,414 \cdot s$ $e = d_u$ Sechseck $e = 1,155 \cdot s$ $e = 2 \cdot l$ Achteck $e = 1,082 \cdot s$ $e = 2,613 \cdot l$	$d_u = 1,155 \cdot l$ $d_i = 0,577 \cdot l$ Schlüsselweite $s = 0,707 \cdot e$ $s = l$ $s = 0,866 \cdot e$ $s = 1,732 \cdot l$ $s = 0,924 \cdot e$ $s = 2,414 \cdot l$	$l = 1,732 \cdot d_i$ $l = 0,866 \cdot d_u$ Seitenlänge $l = s$ $l = d_i$ $l = 0,577 \cdot s$ $l = 0,5 \cdot e$ $l = 0,414 \cdot s$ $l = 0,383 \cdot e$	d_i Inkreisdurchmesser d_u Umkreisdurchmesser e Eckenmaß h Höhe (Breite) des Dreiecks l Seitenlänge s Schlüsselweite Zahlenwerte $1,414 = \sqrt{2}$ $0,707 = 1/\sqrt{2}$ $1,732 = \sqrt{3}$ $0,866 = \sqrt{3}/2$ $1,155 = 2/\sqrt{3}$ $0,577 = 1/\sqrt{3}$ $0,383 = \sin 22^\circ 30'$ $2,613 = \frac{1}{\sin 22^\circ 30'}$ $0,924 = \sin 67^\circ 30'$ $1,082 = \frac{1}{\sin 67^\circ 30'}$ $0,414 = \tan 22^\circ 30'$ $2,414 = \tan 67^\circ 30'$

Formeln für Flächen
vgl. S. 10, 11

Steigung (Gefälle)	Steigung	Höhenunterschied	Größe	Einheit
	$S = \frac{100\% \cdot h}{l}$ $SV = \frac{h}{l}$	$h = \frac{S \cdot l}{100\%}$ $h = l \cdot SV$	h Höhenunterschied l waagrechte Länge S Steigung (Gefälle) SV Steigungsverhältnis α Steigungswinkel	m m % - °
	Steigungswinkel	waagrechte Länge	Straßensteigungen werden in der Regel in Prozent angegeben, z.B. 5%. Das entspricht einem Höhenunterschied von 5 m auf 100 m waagrechte Länge oder einem Steigungsverhältnis 1:20.	
	$\tan \alpha = \frac{h}{l}$ $\tan \alpha = \frac{S}{100\%}$	$l = \frac{h}{\tan \alpha}$ $l = \frac{h}{SV}$		

Maßstäbe	Techn. Zeichnung	Größe	Einheit
Vergrößerungsmaßstäbe	$M = \frac{l_z}{l_w}$	$l_z = M \cdot l_w$	l_w Wirkliche Länge, Dinggröße mm
Natürlicher Maßstab	1:1	$l_w = \frac{l_z}{M}$	l_z Länge auf der Zeichnung, Bildgröße mm
Verkleinerungsmaßstäbe	1:2 1:5 1:10 1:20 1:50 1:100		M Maßstab (Vergrößerte, verkleinerte oder wirkliche Länge) -

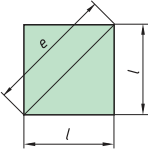
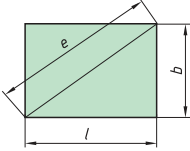
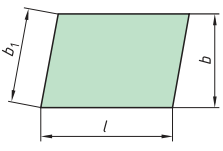
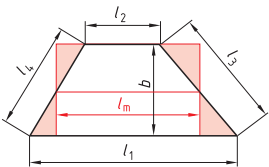
Toleranzen, Passungen	Höchstmaß	Mindestmaß	Größe	Einheit
	$G_{oB} = N + ES$ $G_{oW} = N + es$	$G_{uB} = N + EI$ $G_{uW} = N + ei$	ES oberes Abmaß Bohrung EI unteres Abmaß Bohrung es oberes Abmaß Welle ei unteres Abmaß Welle G_{oB} Höchstmaß Bohrung G_{uB} Mindestmaß Bohrung G_{oW} Höchstmaß Welle G_{uW} Mindestmaß Welle N Nennmaß P_{SH} Höchstspiel P_{SM} Mindestspiel P_{UH} Höchstübermaß P_{UM} Mindestübermaß T_B Toleranz Bohrung T_W Toleranz Welle	mm mm mm mm mm mm mm mm mm mm
	Bohrungstoleranz	Wellentoleranz		
	$T_B = ES - EI$ $T_B = G_{oB} - G_{uB}$	$T_W = es - ei$ $T_W = G_{oW} - G_{uW}$		
	Spießpassung	Übermaßpassung		
	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$ $P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$	$P_{UH} = G_{uB} - G_{oW}$ $P_{UM} = G_{oB} - G_{uW}$		

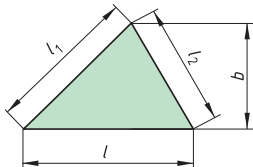
Längenteilung	Teilezahl	Teilung	Größe	Einheit
	$z = \frac{l}{t}$ $z = \frac{\pi \cdot d}{t_B}$ Teilungslänge:	$t = \frac{l}{z}$ $t_B = \frac{\pi \cdot d}{z}$ $l = t \cdot z$	d Teilkreisdurchmesser l Teilungslänge (Kreisumfang bei Lochkreisen) n Lochzahl oder Anzahl der Teilstriche t Teilung, Lochmittenabstand t_B Lochmittenabstand im Bogenmaß z Teilzahl	mm mm – mm mm –
	Teilezahl	Lochzahl		
	A) $z = n - 1$ B) $z = n + 1$ C) $z = n$	$n = z + 1$ $n = z - 1$ $n = z$		

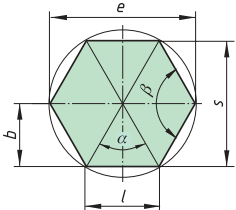
Gestreckte Länge	Gestreckte Länge	Durchmesser	Größe	Einheit
	$l = \pi \cdot d_m$ $l = \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2}$	$d_1 = \frac{2 \cdot l}{\pi} - d_2$ $d_2 = \frac{2 \cdot l}{\pi} - d_1$	d_1 Außendurchmesser d_2 Innendurchmesser d_m mittlerer Durchmesser l gestreckte Länge (= Länge der neutralen Faser) δ Dicke des Werkstoffes	mm mm mm mm mm
	Mittlerer Durchmesser			
	$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $d_m = \frac{l}{\pi}$	$d_m = d_1 - \delta$ $d_m = d_2 + \delta$	Die gestreckte Länge l eines gebogenen Teiles ist gleich der Länge der neutralen Faser.	

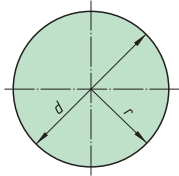
Kreisbogenlänge	Bogenlänge	Durchmesser	Größe	Einheit
	$l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $l_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha}{360^\circ}$	$d = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot \alpha}$ $r = \frac{360^\circ \cdot l_B}{2 \cdot \pi \cdot \alpha}$	d Durchmesser l_B Länge des Kreisbogens r Radius (Halbmesser) α Mittelpunktswinkel $\pi = 3,14159$	mm mm mm °
	Mittelpunktswinkel			
	$\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{\pi \cdot d}$	$\alpha = \frac{360^\circ \cdot l_B}{2 \cdot \pi \cdot r}$	Kreisumfang: $U = \pi \cdot d$. Der Mittelpunktswinkel des vollen Kreises (Vollwinkel) beträgt 360° .	

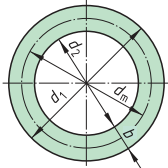
Flächen

Quadrat	Fläche	Umfang	Seitenlänge	Eckenmaß
	$A = l \cdot l$ $A = l^2$ A Fläche e Eckenmaß	$U = 4 \cdot l$ l Seitenlänge U Umfang	$l = \sqrt{A}$ $l = \frac{U}{4}$ $l = \frac{e}{1,414}$ $l = 0,707 \cdot e$	$e = 1,414 \cdot l$ $e = \sqrt{2} \cdot l$
Rechteck	Fläche	Umfang	Länge	Breite, Eckenmaß
	$A = l \cdot b$ A Fläche b Breite e Eckenmaß	$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$ $U = 2 \cdot (l + b)$ l Länge U Umfang	$l = \frac{A}{b}$ $l = \frac{U}{2} - b$	$b = \frac{A}{l}$ $b = \frac{U}{2} - l$ $e = \sqrt{l^2 + b^2}$
Parallelogramm (Rhomboid)	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = l \cdot b$ A Fläche b Breite b ₁ Schrägbreite	$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b_1$ $U = 2 \cdot (l + b_1)$ l Länge U Umfang	$l = \frac{A}{b}$ $l = \frac{U}{2} - b_1$	$b = \frac{A}{l}$ $b_1 = \frac{U}{2} - l$
Trapez	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $A = l_m \cdot b$ A Fläche b Breite l ₁ große Länge l ₂ kleine Länge	$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ l ₃ Seitenlänge l ₄ Seitenlänge l _m mittlere Länge U Umfang	$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$	$b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$

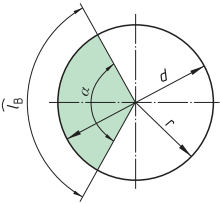
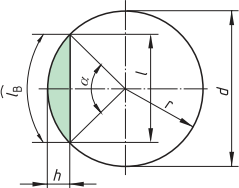
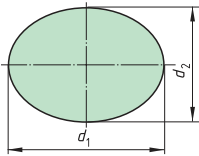
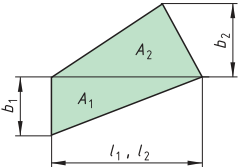
Dreieck	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = \frac{l \cdot b}{2}$ Gleichseitiges Dreieck $A = 0,433 \cdot l^2$ A Fläche b Breite l Seitenlänge	$U = l + l_1 + l_2$ $U = 3 \cdot l$ l_1 Seitenlänge l_2 Seitenlänge U Umfang	$l = \frac{2 \cdot A}{b}$ Gleichseitiges Dreieck $l = 1,155 \cdot b$	$b = \frac{2 \cdot A}{l}$ $b = 0,866 \cdot l$

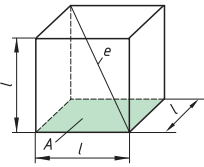
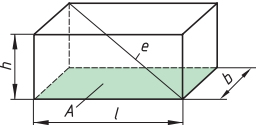
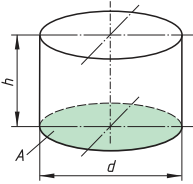
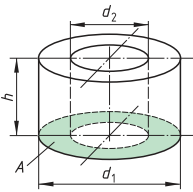
Vielfeck, regelmäßiges	Fläche	Umfang	Sechseck	Achteck
	$A = \frac{l \cdot b \cdot n}{2}$ $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ A Fläche b Breite e Eckenmaß l Seitenlänge n Eckenzahl	$U = l \cdot n$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ s Schlüsselweite U Umfang α Innenwinkel β Außenwinkel	$A = 0,866 \cdot s^2$ $A = 2,598 \cdot l^2$ $s = 0,866 \cdot e$ $s = 1,732 \cdot l$ $e = 1,155 \cdot s$ $e = 2,0 \cdot l$	$A = 0,828 \cdot s^2$ $A = 4,82 \cdot l^2$ $s = 0,924 \cdot e$ $s = 2,414 \cdot l$ $e = 1,082 \cdot s$ $e = 2,613 \cdot l$ Weitere Formeln Seite 8

Kreis	Fläche	Umfang	Durchmesser	Radius (Halbmesser)
	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A = 0,785 \cdot d^2$ $A = \pi \cdot r^2$ A Fläche d Durchmesser	$U = \pi \cdot d$ $U = 2 \cdot \pi \cdot r$ r Radius (Halbmesser) U Umfang	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $d = \frac{U}{\pi}$	$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ $r = \frac{U}{2 \cdot \pi}$

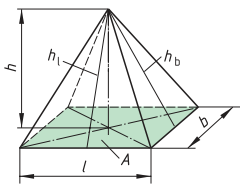
Kreisring	Fläche	Umfang	Durchmesser	Fläche
	$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4}$ $A = \pi \cdot d_m \cdot b$ A Ringfläche A_1 Gesamtfläche A_2 Innenfläche b Ringbreite d_1 Außendurchmesser	$U_1 = \pi \cdot d_1$ $U_2 = \pi \cdot d_2$ d_2 Innendurchmesser d_m mittlerer Durchmesser U_1 Umfang, außen U_2 Umfang, innen	$d_1 = \sqrt{d_2^2 + \frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $d_2 = \sqrt{d_1^2 - \frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $d_1 = \frac{U_1}{\pi}$ $d_2 = \frac{U_2}{\pi}$	$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$

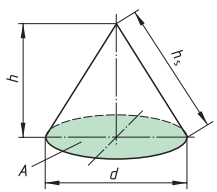
Flächen

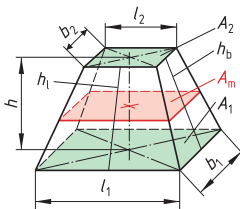
Kreisausschnitt	Fläche	Umfang	Abmessungen	
	$A = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \alpha}{1440^\circ}$ $A = \frac{l_b \cdot r}{2}$ A Fläche d Durchmesser l_b Bogenlänge	$U = l_b + 2 \cdot r$ r Radius (Halbmesser) α Innenwinkel	$d = \sqrt{\frac{1440^\circ \cdot A}{\pi \cdot \alpha}}$ $\alpha = \frac{1440^\circ \cdot A}{\pi \cdot d^2}$ $r = \frac{2 \cdot A}{l_b}$	$l_b = \frac{2 \cdot A}{r}$ $l_b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$
Kreisabschnitt	Fläche	Umfang	Abmessungen	
	$A = \frac{l_b \cdot r - l \cdot (r - h)}{2}$ $A \approx \frac{2}{3} \cdot l \cdot h$ A Fläche h Höhe l_b Bogenlänge	$U = l + l_b$ l Sehnenlänge r Radius (Halbmesser) α Innenwinkel	$h = r - \sqrt{r^2 - l^2/4}$ $h \approx \frac{3 \cdot A}{2 \cdot l}$ $r = \frac{2 \cdot A - h \cdot l}{l_b - l}$	$l = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2}$ $l \approx \frac{3 \cdot A}{2 \cdot h}$ $l_b \approx \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$
Ellipse	Fläche	Umfang	große Achse	kleine Achse
	$A = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot d_2}{4}$ A Fläche d_1 große Achse	$U \approx \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2}$ d_2 kleine Achse U Umfang	$d_1 = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_2}$ $d_1 \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d_2$	$d_2 = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_1}$ $d_2 \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d_1$
Zusammengesetzte Fläche	Gesamtfläche	Regel		
	Für die dargestellte Fläche gilt: $A = A_1 + A_2$ Allgemein: $A = A_1 \pm A_2 \pm A_3 \pm \dots$ A Gesamtfläche A_1 Teilfläche 1 A_2 Teilfläche 2 A_3 Teilfläche 3	1. Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung in einfache berechenbare Teilflächen zerlegt. 2. Durch Zusammenzählen und Abziehen der einzelnen Teilflächen ergibt sich die Gesamtfläche.		

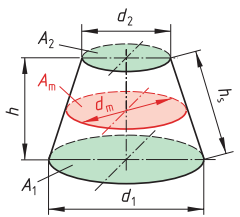
Würfel	Volumen	Oberfläche	Länge	Grundfläche
	$V = A \cdot l$	$A_0 = 6 \cdot A$	$l = \frac{V}{A}$	$A = l \cdot l$
	$V = l \cdot l \cdot l$	$A_0 = 6 \cdot l^2$	$l = \sqrt[3]{V}$	$A = \frac{V}{l}$
	$V = l^3$		$l = \sqrt{\frac{A_0}{6}}$	
	A Grundfläche A_0 Oberfläche	e Eckenmaß l Seitenlänge V Volumen	$e = \sqrt{3} \cdot l$	
Prisma (Quader)	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_M$	$h = \frac{V}{l \cdot b}$	$A = l \cdot b$
	$V = l \cdot b \cdot h$	$A_M = 2 \cdot h \cdot (l + b)$	$h = \frac{V}{A}$	$A = \frac{V}{h}$
	A Grundfläche A_M Mantelfläche A_0 Oberfläche b Breite	e Eckenmaß h Höhe l Länge V Volumen	$b = \frac{V}{l \cdot h}$	
			$l = \frac{V}{b \cdot h}$	
			$e = \sqrt{l^2 + b^2 + h^2}$	
Zylinder	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_M$	$h = \frac{V}{A} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$	$A_M = \pi \cdot d \cdot h$	$h = \frac{A_M}{\pi \cdot d}$	$A = \frac{V}{h}$
	A Grundfläche A_M Mantelfläche A_0 Oberfläche	d Durchmesser h Höhe V Volumen	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$	
			$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	
Hohlzylinder	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_{M,a} + A_{M,i}$	$h = \frac{V}{A}$	$A = \frac{V}{h}$
	$V = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} \cdot h$	$A_{M,a} = \pi \cdot d_1 \cdot h$	$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}$	$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4}$
	A Grundfläche $A_{M,a}$ Mantel, außen $A_{M,i}$ -, innen A_0 Oberfläche	d_1 Durchmesser, außen d_2 -, innen h Höhe V Volumen	$d_1 = \sqrt{d_2^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	
			$d_2 = \sqrt{d_1^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	

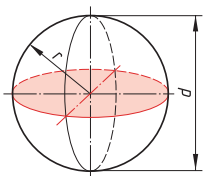
Volumen

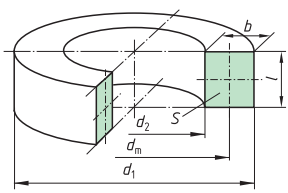
Pyramide	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = \frac{A \cdot h}{3}$	$A_O = A + A_M$	$h = \frac{3 \cdot V}{A}$	$A = l \cdot b$
	$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$	$A_M = l \cdot h_l + b \cdot h_b$	$h = \frac{3 \cdot V}{l \cdot b}$	$A = \frac{3 \cdot V}{h}$
	A Grundfläche A_M Mantelfläche A_O Oberfläche b Breite	h Höhe h_b, h_l Mantelhöhen l Länge V Volumen	$l = \frac{3 \cdot V}{b \cdot h}$ $b = \frac{3 \cdot V}{l \cdot h}$	$h_b = \sqrt{h^2 + l^2/4}$ $h_l = \sqrt{h^2 + b^2/4}$

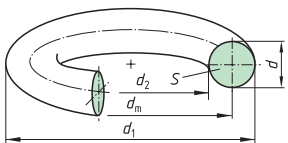
Kegel	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = \frac{A \cdot h}{3}$	$A_O = A + A_M$	$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot d^2} = \frac{3 \cdot V}{A}$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$	$A_M = \frac{\pi \cdot d \cdot h_s}{2}$	$h_s = \sqrt{h^2 + d^2/4}$	$A = \frac{3 \cdot V}{h}$
	A Grundfläche A_M Mantelfläche A_O Oberfläche	d Durchmesser h Höhe h_s Mantelhöhe V Volumen	$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$	

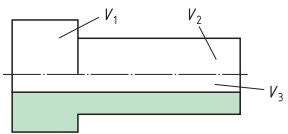
Pyramidenstumpf	Volumen	Oberfläche	Höhe	Grundflächen
	$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$	$A_O = A_1 + A_2 + A_M$	$h \approx \frac{2 \cdot V}{A_1 + A_2}$	$A_1 = l_1 \cdot b_1$
	$V \approx A_m \cdot h$	$A_M = h_l \cdot (l_1 + l_2) + h_b \cdot (b_1 + b_2)$	$h \approx \frac{V}{A_m}$	$A_2 = l_2 \cdot b_2$
	$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$ A_1, A_2 Grundflächen A_m Mittelfläche A_M Mantelfläche A_O Oberfläche	b_1, b_2 Breiten h Höhe h_b, h_l Mantelhöhen l_1, l_2 Längen V Volumen	Mittelfläche $A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$ $A_m \approx \frac{V}{h}$	$A_1 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_2$ $A_2 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_1$

Kegelstumpf	Volumen	Oberfläche	Höhe	Grundflächen
	$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h = A_m \cdot h$	$A_O = A_1 + A_2 + A_M$	$h \approx \frac{2 \cdot V}{A_1 + A_2} = \frac{V}{A_m}$	$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$
	$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2)$	$A_M = \frac{\pi \cdot h_s \cdot (d_1 + d_2)}{2}$	$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{d_1 - d_2}{2}\right)^2}$	$A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$
	A_1, A_2 Grundflächen A_m Mittelfläche A_M Mantelfläche A_O Oberfläche	d_1, d_2 Durchmesser h Höhe h_s Mantelhöhe V Volumen	Mittelfläche $A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$ $A_m \approx \frac{V}{h}$	$A_1 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_2$ $A_2 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_1$

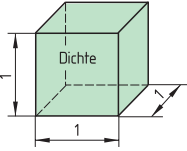
Kugel	Volumen	Oberfläche	Durchmesser	Radius (Halbmesser)
	$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = 0,523 \cdot d^3$ $V = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3}$	$A_0 = \pi \cdot d^2$ $A_0 = 4 \cdot \pi \cdot r^2$	$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}$ $d = \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$	$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}}$ $r = \sqrt{\frac{A_0}{4 \cdot \pi}}$
	A_0 Oberfläche d Durchmesser	r Radius (Halbmesser) V Volumen		

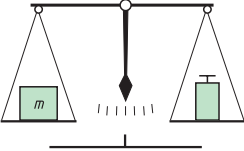
Umdrehungskörper	Volumen	Oberfläche	Durchmesser	Querschnitt
	$V = \pi \cdot d_m \cdot l \cdot b$ $V = \pi \cdot d_m \cdot S$	$A_0 = 2 \cdot \pi \cdot d_m \cdot (l + b)$ $A_0 = \pi \cdot d_m \cdot U$	$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $d_m = \frac{V}{\pi \cdot l \cdot b}$ $d_m = \frac{V}{\pi \cdot S}$	$S = \frac{V}{\pi \cdot d_m}$ $U = 2 \cdot (l + b)$ $l = \frac{V}{\pi \cdot d_m \cdot b}$ $b = \frac{d_1 - d_2}{2}$
	A_0 Oberfläche b Querschnittsbreite d_1 Durchmesser, äußerer d_2 -, innerer d_m -, mittlerer	l Querschnittslänge S Querschnittsfläche U Querschnittsumfang V Volumen		

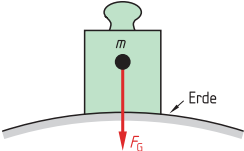
	$V = \frac{\pi^2 \cdot d_m \cdot d^2}{4}$ $V = \pi \cdot d_m \cdot S$	$A_0 = \pi^2 \cdot d_m \cdot d$ $A_0 = \pi \cdot d_m \cdot U$	$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $d_m = \frac{4 \cdot V}{\pi^2 \cdot d^2}$ $d_m = \frac{V}{\pi \cdot S}$ $d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi^2 \cdot d_m}}$	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $S = \frac{V}{\pi \cdot d_m}$ $U = \pi \cdot d$
	A_0 Oberfläche d Durchmesser d_1 -, äußerer d_2 -, innerer d_m -, mittlerer	S Querschnittsfläche U Querschnittsumfang V Volumen		

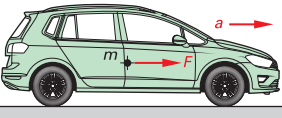
Zusammengesetzte Körper	Volumen	Allgemein	Regel
	Für den dargestellten Körper gilt: $V = V_1 + V_2 - V_3$	$V = V_1 \pm V_2 \pm V_3 \pm \dots$	1. Zusammengesetzte Körper werden zur Berechnung ihres Volumens in einfache Teilkörper zerlegt. 2. Durch Zusammenzählen und Abziehen der einzelnen Teilkörpervolumen ergibt sich das Gesamtvolumen.
	V Gesamtvolumen V_1 Teilkörpervolumen 1 V_2 Teilkörpervolumen 2 V_3 Teilkörpervolumen 3		

Dichte, Masse, Kraft

Dichte	Dichte	Größe	Einheit
	$\varrho = \frac{m}{V}$ Bei Gasen wird die Dichte im Normzustand bei 1013 mbar bzw. 1013 hPa und 0 °C in kg/m³ angegeben.	m Masse V Volumen ϱ Dichte	g, kg cm³, dm³ (l), m³ g/cm³, kg/dm³ bei Gasen kg/m³

Masse	Masse	Volumen	Größe	Einheit
	$m = V \cdot \varrho$ $m = \frac{F_G}{g}$	$V = \frac{m}{\varrho}$ $V = \frac{F_G}{\varrho \cdot g}$	F_G Gewichtskraft g Fallbeschleunigung m Masse ϱ Dichte V Volumen	N 9,81 m/s² kg kg/dm³ dm³

Gewichtskraft	Gewichtskraft	Größe	Einheit
	$F_G = m \cdot g$ $m = \frac{F_G}{g}$	F_G Gewichtskraft g Fallbeschleunigung m Masse V Volumen ϱ Dichte	N 9,81 m/s² kg dm³ kg/dm³
	Volumen $V = \frac{F_G}{\varrho \cdot g}$	Dichte $\varrho = \frac{F_G}{V \cdot g}$	In technischen Berechnungen wird als Fallbeschleunigung der Normwert eingesetzt: $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$

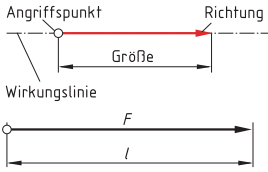
Kraft	Kraft, Masse	Beschleunigung	Größe	Einheit
	$F = m \cdot a$ $m = \frac{F}{a}$	$a = \frac{F}{m}$	a Beschleunigung F Kraft m Masse	m/s² N kg
			1 Newton (N) ist gleich der Kraft, die einem Körper der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/s² erteilt. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kgm/s}^2$	

Darstellung einer Kraft

Darstellung

Größe

Einheit



Eine Kraft ist eindeutig bestimmt durch:
1. Angriffspunkt, 2. Größe, 3. Richtung.
Zeichnerisch wird eine Pfeilstrecke (Kraftpfeil) mit Hilfe des Kräftemaßstabes dargestellt.

Kräftemaßstab

$$KM = \frac{l}{F} \quad l = F \cdot KM \quad F = \frac{l}{KM}$$

F Größe der Kraft
 l zeichnerische Länge
 KM Kräftemaßstab
N
mm
mm/N

Angabe des Maßstabes (Beispiel):

$$KM: 1 \text{ mm} \approx 5 \text{ N oder } KM = \frac{1 \text{ mm}}{5 \text{ N}}$$

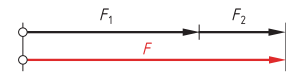
$$\text{oder } KM = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Zusammensetzung von Kräften

Kräfte mit derselben Wirkungslinie

Größe

Einheit



Richtung gleich entgegengesetzt
 $F = F_1 + F_2 + \dots$ $F = F_1 - F_2$

Zwei Kräfte mit beliebiger Wirkungslinie

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$$

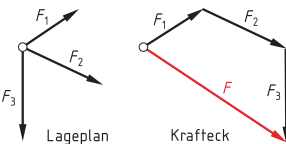
Zeichnerische Lösung:

1. Kräftemaßstab wählen
2. F_1 und F_2 maßstabgerecht nach Größe und Richtung aufzeichnen
3. Die Diagonale des Parallelogramms entspricht der Ersatzkraft F

Mehrere Kräfte mit bel. Wirkungslinie

Zeichnerische Lösung:

1. Kräftemaßstab wählen
2. Einzelkräfte in beliebiger Reihenfolge zu einem Kräfteck aneinanderreihen
3. Die Verbindungslinie vom Anfangspunkt der ersten Kraft bis zum Endpunkt der letzten Kraft ist die gesuchte Ersatzkraft F



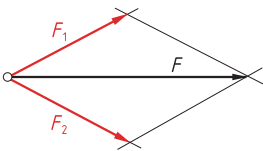
F Kraft, Ersatzkraft
 F_1 Einzelkraft 1
 F_2 Einzelkraft 2
 F_3 Einzelkraft 3
N
N
N
N

Zerlegung von Kräften

In zwei gegebene Richtungen

Größe

Einheit



Zeichnerische Lösung:

1. Kräftemaßstab wählen
2. Die zu zerlegende Kraft F maßstabgerecht aufzeichnen
3. Durch beide Endpunkte der Kraft F Parallelen zu den gegebenen Wirkungslinien ziehen
4. F_1 und F_2 sind die gesuchten Kräfte

F zu zerlegende Kraft
 F_1 Einzelkraft 1, Teilkraft 1
 F_2 Einzelkraft 2, Teilkraft 2
N
N
N

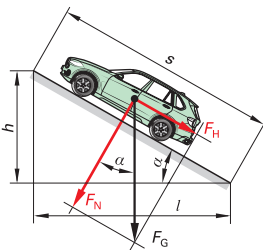
Kräfte an Steigungen

Normalkraft

Steigungswinkel

Größe

Einheit



$$F_N = \frac{F_G \cdot l}{s} \quad \tan \alpha = \frac{h}{l} = \frac{s}{100\%}$$

$$F_N = F_G \cdot \cos \alpha \quad \sin \alpha = \frac{h}{s}$$

Hangabtriebskraft für kleine Steigungen

$$F_H = \frac{F_G \cdot h}{s} \quad F_H \approx \frac{F_G \cdot h}{l} = \frac{F_G \cdot s}{100\%}$$

$$F_H = F_G \cdot \sin \alpha \quad F_H \approx F_G \cdot \tan \alpha$$

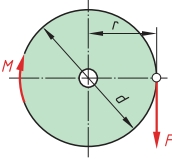
F_G Gewichtskraft des Körpers (Fahrzeug)
 F_H Hangabtriebskraft
 F_N Normalkraft
 g Fallbeschleunigung
 h Höhenunterschied
 l waagrechte Länge
 m Masse des Körpers (Fahrzeug)
 S Steigung
 s schräge Länge, Straßenlänge
 α Steigungswinkel
N
N
N
m/s²
m
kg
%
°

Drehmoment

Drehmoment

Größe

Einheit



$M = F \cdot r$

$M = F \cdot \frac{d}{2}$

Kraft

Hebelarm

$F = \frac{M}{r}$

$r = \frac{M}{F}$

d Durchmesser
 F Kraft
 M Drehmoment
 r Hebelarm

m
N
Nm
m

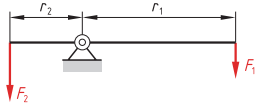
Hebel

Hebelgesetz

Übersetzung

Größe

Einheit



$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$

$i = \frac{F_1}{F_2}, i = \frac{r_2}{r_1}, i = \frac{s_2}{s_1}$

Kräfte am Hebel

$F_1 = \frac{F_2 \cdot r_2}{r_1}$

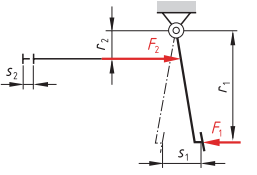
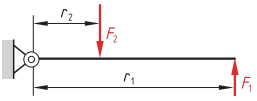
$F_2 = \frac{F_1 \cdot r_1}{r_2}$

$F_1 = F_2 \cdot i$

$F_2 = \frac{F_1}{i}$

F_1 Kraft 1 am Hebel
 F_2 Kraft 2 am Hebel
 i Gesamtübersetzung
 i_1 Einzelübersetzung
 i_2 Einzelübersetzung
 r_1 Hebelarm 1
 r_2 Hebelarm 2
 s_1 Kraftweg 1
 s_2 Kraftweg 2

N
N
–
–
–
m
m
mm, m
mm, m



Hebelarme

Kraftwege

$r_1 = \frac{F_2 \cdot r_2}{F_1}$

$s_1 = \frac{s_2}{i}$

$r_2 = \frac{F_1 \cdot r_1}{F_2}$

$s_2 = s_1 \cdot i$

Mehrfache Hebelübersetzung

$i = i_1 \cdot i_2 \dots$

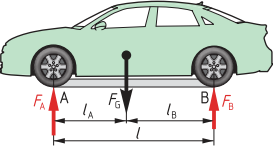
$i = \frac{r_2 \cdot r_4 \dots}{r_1 \cdot r_3 \dots}$

Auflager

Auflagerkräfte aus einer Gewichtskraft

Größe

Einheit



$\sum M_B = 0$

$\sum M_A = 0$

$F_A \cdot l = F_G \cdot l_B$

$F_B \cdot l = F_G \cdot l_A$

$F_A = \frac{F_G \cdot l_B}{l}$

$F_B = \frac{F_G \cdot l_A}{l}$

$\sum F = 0$

$F_A = F_G - F_B$

$F_B = F_G - F_A$

F_A Auflagerkraft im Auflager A
 F_B – im Auflager B
 F_G Gewichtskraft
 F_{G1} Gewichtskraft 1
(Fahrzeugaufbau)
 F_{G2} Gewichtskraft 2
(Motor und Getriebe)
 l Abstand der Auflager
 l_A Schwerpunktabstand,
 F_G bis A

N
N
N
N
N
m
m
m
m
m
m
m
m
N

– aus mehreren Gewichtskräften

$F_A = \frac{F_{G1} \cdot l_{B1} + F_{G2} \cdot l_{B2}}{l}$

$F_A = F_{G1} + F_{G2} - F_B$

$F_B = \frac{F_{G1} \cdot l_{A1} + F_{G2} \cdot l_{A2}}{l}$

$F_B = F_{G1} + F_{G2} - F_A$

l_{A1} –, Gewichtskraft F_{G1} bis A
 l_{A2} –, Gewichtskraft F_{G2} bis A
 l_B –, Gewichtskraft F_G bis B
 l_{B1} –, Gewichtskraft F_{G1} bis B
 l_{B2} –, Gewichtskraft F_{G2} bis B
 $\sum F$ Summe der Kräfte
 $\sum M_A$ Summe der Drehmomente um A
 $\sum M_B$ Summe der Drehmomente um B

Nm
Nm