

Tabelle: Berechnen von wichtigen Funktionswerten (Beispiele) mit dem ETR und in Excel

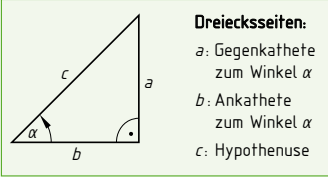
In der Elektrotechnik müssen häufig Funktionswerte, z.B. $\sin 45^\circ$, mit dem elektronischen Taschenrechner (ETR) oder mithilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen, z.B. Excel, berechnet werden. Für die Tastaturreingabe am ETR sind, je nach Hersteller und Typ, bestimmte Schritte einzuhalten. Grundsätzlich ist zu beachten:

- Bei gängigen Taschenrechnern erfolgt die Eingabe entsprechend der Schreibweise von links nach rechts (natürliches Display).
- Neben der ersten Tastenbelegung ist meist auch die Eingabe einer zweiten Tastenbelegung, die über der Taste steht und in der Regel auch andersfarbig gekennzeichnet ist, möglich. Die Zweitbelegung, z.B. die Funktion 10^x , wird üblicherweise durch Drücken einer separaten Taste, z.B. "SHIFT" oder "2nd", aufgerufen.
- Zusammengehörige Rechenschritte, z.B. eine Addition unter der Wurzel, müssen in Klammern gesetzt werden.
- In Excel wird der Ausdruck zur Berechnung des Funktionswertes in einer Zelle, z.B. A1, eingetragen.

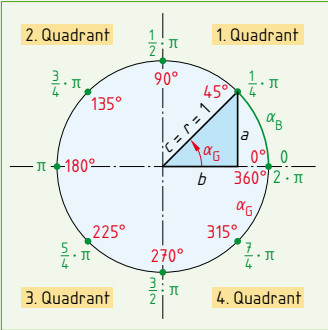
Funktionsbeispiele mit zugehörigen Eingabeschritten*	Hinweise
<p>2-te Wurzel und Quadrat, z.B. $\sqrt{202^2 + 110^2} = ?$ (Seite 23)</p> <p>ETR 1: $\sqrt{\square} \left(\left[\square \right] 202 \left[x^2 \right] + 110 \left[x^2 \right] \right) \left[= \right] \Rightarrow 230$</p> <p>ETR 2: $\left[2nd \right] \left[x^2 \right] \left(\left[\left[\square \right] 202 \left[x^2 \right] + 110 \left[x^2 \right] \right) \left[= \right] \Rightarrow 230$</p> <p>Excel: =WURZEL(202^2+110^2) $\Rightarrow 230$</p>	<p>$\sqrt{\square}$ über 1. Tastenbelegung</p> <p>$\sqrt{}$ über 2. Tastenbelegung $\left[2nd \right] \left[x^2 \right]$</p> <p>Statt z.B. 202^2 auch Potenz(202;2)</p>
<p>Zehnerpotenz, z.B. $2,5 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} = ?$ (Seite 19)</p> <p>ETR 1: $2,5 \left[x \right] 8,85 \left[x \right] 10^x \left(- \right) 12 \left[= \right] \Rightarrow 2,2125 \times 10^{-11}$</p> <p>ETR 2: $2,5 \left[x \right] 8,85 \left[x \right] \left[2nd \right] \left[LOG \right] \left(- \right) 12 \left[= \right] \Rightarrow 2,2125 \times 10^{-11}$</p> <p>Excel: =2,5*8,85*1E-12 $\Rightarrow 2,2125E-11$</p>	<p>$\left[x10^x \right]$ über 1. Tastenbelegung</p> <p>10^x über 2. Tastenbelegung $\left[2nd \right] \left[LOG \right]$</p> <p>1E-12 bedeutet: 10^{-12}</p> <p>Auch: =PRODUKT(2,5;8,85;1E-12)</p>
<p>Zehnerlogarithmus (lg), z.B. $20 \cdot \lg \frac{48}{14} = ?$ (Seite 45)</p> <p>ETR 1: $20 \left[x \right] \left[SHIFT \right] \left(- \right) \left[\left[\square \right] 48 \left[\div \right] 14 \right) \left[= \right] \Rightarrow 10,7$</p> <p>ETR 2: $20 \left[x \right] \left[LOG \right] \left(\left[\left[\square \right] 48 \left[\div \right] 14 \right) \right) \left[= \right] \Rightarrow 10,7$</p> <p>Excel: =20*LOG10(48/14) $\Rightarrow 10,7$</p>	<p>Der Zehnerlogarithmus (lg) hat die Zahl 10 als Basis.</p> <p>log über 2. Tastenbelegung $\left[SHIFT \right] \left(- \right)$</p> <p>$\left[LOG \right]$ über 1. Tastenbelegung</p> <p>Bei Basis 10 ist die Basisangabe 10 nicht unbedingt erforderlich.</p>
<p>Natürlicher Logarithmus (ln), z.B. $-2,4 \cdot \ln \left(\frac{24,6}{125} \right) = ?$ (Seite 19)</p> <p>ETR 1: $\left(- \right) 2,4 \left[x \right] \left[ln \right] \left(\left[\left[\square \right] 24,6 \left[\div \right] 125 \right) \right) \left[= \right] \Rightarrow 3,90$</p> <p>ETR 2: $\left(- \right) 2,4 \left[x \right] \left[LN \right] \left(\left[\left[\square \right] 24,6 \left[\div \right] 125 \right) \right) \left[= \right] \Rightarrow 3,90$</p> <p>Excel: =-2,4*LN(24,6/125) $\Rightarrow 3,90$</p>	<p>Der natürliche Logarithmus (ln) hat die Zahl $e = 2,71828...$ als Basis.</p> <p>$\left[ln \right]$ über 1. Tastenbelegung</p> <p>$\left[LN \right]$ über 1. Tastenbelegung</p>
<p>Exponentialfunktion (e-Funktion), z.B. $125 \cdot e^{\frac{3,9}{2,4}} = ?$ (Seite 19)</p> <p>ETR 1: $125 \left[x \right] \left[SHIFT \right] \left[ln \right] \left(- \right) \left[\left[\square \right] 3,9 \left[\div \right] 2,4 \right) \left[= \right] \Rightarrow 24,6$</p> <p>ETR 2: $125 \left[x \right] \left[2nd \right] \left[LN \right] \left(- \right) \left[\left[\square \right] 3,9 \left[\div \right] 2,4 \right) \left[= \right] \Rightarrow 24,6$</p> <p>Excel: =125*EXP(-3,9/2,4) $\Rightarrow 24,6$</p>	<p>Die e-Funktion ist eine Exponentialfunktion mit der Basis $e = 2,71828...$</p> <p>e^x über 2. Tastenbelegung $\left[SHIFT \right] \left[ln \right]$</p> <p>$e^x$ über 2. Tastenbelegung $\left[2nd \right] \left[LN \right]$</p>
<p>Trigonometrische Funktion (sin) a) im Gradmaß und b) im Bogenmaß, z.B. a) $325 \cdot \sin 45^\circ = ?$ b) $325 \cdot \sin \frac{\pi}{4} = ?$ (Seite 22)</p> <p>a) Einstellung: DEG bzw. D ETR 1: $325 \left[x \right] \left[sin \right] 45 \left[= \right] \Rightarrow 229,8$ ETR 2: $325 \left[x \right] \left[SIN \right] 45 \left[= \right] \Rightarrow 229,8$ Excel: =325*SIN(BOGEN MASS(45)) $\Rightarrow 229,8$</p> <p>b) Einstellung: RAD bzw. R ETR 1: $325 \left[x \right] \left[sin \right] \left(\left[SHIFT \right] \left[x10^x \right] \left(- \right) 4 \right) \left[= \right] \Rightarrow 229,8$ ETR 2: $325 \left[x \right] \left[SIN \right] \left(\left[\pi \right] \left[\div \right] 4 \right) \left[= \right] \Rightarrow 229,8$ Excel: =325*SIN(PI()/4) $\Rightarrow 229,8$</p>	<p>Am ETR muss bei Winkelangaben im Gradmaß, z.B. 45°, DEG bzw. D und bei Winkelangaben im Bogenmaß, z.B. $\pi/4$, RAD bzw. R eingestellt werden. Die Einstellung erfolgt z.B. im SETUP-Menü.</p> <p>π über 2. Tastenbelegung $\left[SHIFT \right] \left[x10^x \right]$</p> <p>Excel berechnet trigonometrische Funktionen immer im Bogenmaß. Winkel im Gradmaß werden mit der Funktion BOGENMASS() umgerechnet.</p>
<p>Umkehrfunktion des Sinus (arcsin), z.B. $\arcsin \left(\frac{230}{325} \right) = ?$ (Seite 22)</p> <p>ETR 1: $\left[SHIFT \right] \left[sin \right] \left(\left[\left[\square \right] 230 \left[\div \right] 325 \right) \right) \left[= \right] \Rightarrow 45 \left(45^\circ \right)$</p> <p>ETR 2: $\left[2nd \right] \left[SIN \right] \left(\left[\left[\square \right] 230 \left[\div \right] 325 \right) \right) \left[= \right] \Rightarrow 45 \left(45^\circ \right)$</p> <p>Excel: =GRAD(ARCSIN(230/325)) $\Rightarrow 45 \left(45^\circ \right)$</p>	<p>Zu einem Sinuswert, z.B. 0,707, wird der zugehörige Winkel im Gradmaß, hier 45°, mit \sin^{-1} (= arcsin) berechnet.</p> <p>\sin^{-1} über 2. Tastenbelegung $\left[SHIFT \right] \left[sin \right]$ bzw. $\left[2nd \right] \left[SIN \right]$</p> <p>GRAD liefert den Winkel im Gradmaß.</p>

* Die Eingabeschritte am elektronischen Taschenrechner sind beispielhaft und können je nach Modell abweichen.

In der Elektrotechnik, insbesondere in der Wechselstromtechnik, sind Berechnungen mit Winkelfunktionen, z. B. der Sinusfunktion (**Seite 22**), wichtig. Die vier Winkelfunktionen Sinus, Cosinus, Tangens und Cotangens geben im rechtwinkligen Dreieck das Verhältnis zweier Seiten, z. B. a und c , in Bezug auf den Winkel α an.



Winkel-funktion	Funktions-gleichung	Beispiel für $a = 0,707$; $b = 0,707$; $c = 1$; $\alpha = 45^\circ$
Sinus	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$\sin 45^\circ = \frac{0,707}{1} = 0,707$
Cosinus	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$\cos 45^\circ = \frac{0,707}{1} = 0,707$
Tangens	$\tan \alpha = \frac{a}{b}$	$\tan 45^\circ = \frac{0,707}{0,707} = 1$
Cotangens	$\cot \alpha = \frac{b}{a}$	$\cot 45^\circ = \frac{0,707}{0,707} = 1$



- Der Winkel α kann im Gradmaß α_G , z. B. $\alpha_G = 45^\circ$, oder im Bogenmaß α_B , z. B. $\alpha_B = 1/4 \cdot \pi$ rad = $0,785$ rad, angegeben werden.
- Die Einheit des Winkels im Gradmaß ist $^\circ$ (Grad), im Bogenmaß rad (Radiant).
- In einem Einheitskreis (Radius $r = 1$) ist α_B die Länge des Kreisbogens.

Umrechnung Gradmaß α_G in Bogenmaß α_B :

Bogenmaß $\alpha_B = \frac{\alpha_G \cdot \pi}{180^\circ}$			
Beispiele	$\alpha_G = 90^\circ$	$\alpha_G = 180^\circ$	$\alpha_G = 270^\circ$
α_B in rad	$\frac{1}{2} \cdot \pi \approx 1,57$	$\pi \approx 3,14$	$\frac{3}{2} \cdot \pi \approx 4,71$

Eingabe mit Taschenrechner:

- Bei Gradmaß auf DEG oder D,
- bei Bogenmaß auf RAD oder R.

Beispiele:
 $\alpha_G = 90^\circ \Rightarrow D \Rightarrow \sin 90 = 1$
 $\alpha_B = \pi/2 \Rightarrow R \Rightarrow \sin \left[\frac{\pi}{2} \right] = 1$

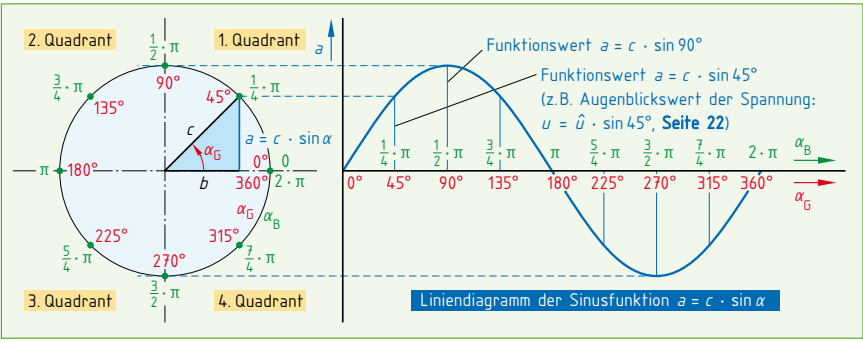
Umrechnung Bogenmaß α_B in Gradmaß α_G :

Gradmaß $\alpha_G = \frac{\alpha_B \cdot 180^\circ}{\pi}$			
Beispiele	$\alpha_B = \frac{3}{4} \cdot \pi = 2,36$	$\alpha_B = \frac{5}{4} \cdot \pi = 3,93$	$\alpha_B = \frac{7}{4} \cdot \pi = 5,50$
α_G in Grad	135°	225°	315°

Wertebereiche der Winkelfunktionen bei einem Kreisumlauf in den vier Quadranten:

Quadrant	sin α	cos α	tan α	cot α
1. (0° bis 90°)	0 bis +1	+1 bis 0	0 bis + ∞	+ ∞ bis 0
2. (90° bis 180°)	+1 bis 0	0 bis -1	- ∞ bis 0	0 bis - ∞
3. (180° bis 270°)	0 bis -1	-1 bis 0	0 bis + ∞	+ ∞ bis 0
4. (270° bis 360°)	-1 bis 0	0 bis +1	- ∞ bis 0	0 bis - ∞
Beispiele	$\sin 90^\circ = 1$ $\sin 225^\circ = -0,707$	$\cos 90^\circ = 0$ $\cos 180^\circ = -1$	$\tan 45^\circ = 1$ $\tan 89^\circ = 57,3$	$\cot 90^\circ = 0$ $\cot 359^\circ = -57,3$

Darstellung der Sinusfunktion als Liniendiagramm für einen Kreisumlauf von $\alpha_G = 0^\circ$ bis 360° :



Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

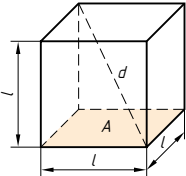
Nach DIN 1304

Formelzeichen*	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen	Formelzeichen*	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen
1. Länge und ihre Potenzen				3. Mechanik			
l Δl	Länge, Abstand Längenänderung, Längendifferenz	Meter	m	m	Masse, Gewicht als Wäageergebnis	Kilogramm	kg
b h	Breite Höhe, Tiefe			ρ, ρ_m	Dichte, Massendichte, volumenbezogene Masse	Kilogramm je Kubikmeter	kg/m ³
d, δ r, R	Dicke, Schichtdicke Radius, Halbmesser, Abstand			F F_G, G	Kraft Gewichtskraft	Newton	N
d, D s	Durchmesser Weglänge, Kurvenlänge			M	Kraftmoment, Drehmoment	Newtonmeter	Nm
A, S S, q	Flächeninhalt, Fläche, Oberfläche Querschnittsfläche, Querschnitt			Quadratmeter	m ²	p	Druck
V ΔV	Volumen, Rauminhalt Volumenänderung, Volumendifferenz	Kubikmeter	m ³	ε	Dehnung, relative Längenänderung	-	1
α, β, γ	ebener Winkel	Grad (DEG)	° (Grad)	μ	Reibungszahl	-	1
φ	Drehwinkel	Radian (RAD)	rad = $\frac{m}{m}$ = 1	W	Arbeit, Energie	Joule	J
Ω, ω	Raumwinkel	Steradian	sr	P	Leistung	Watt	W
2. Raum und Zeit				4. Wärme und Wärmeübertragung			
t Δt	Zeit, Dauer Zeitdifferenz, Zeitänderung	Sekunde	s	T, θ	thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
T τ, T	Periodendauer, Schwingungsdauer Zeitkonstante			$\Delta T, \Delta t,$ $\Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz		
f, ν f_G f_r	Frequenz Grenzfrequenz Resonanzfrequenz	Hertz	Hz = 1/s	t, ϑ	Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C
ω	Kreisfrequenz, Pulsatanz	-	rad/s = 1/s	α_l	Längenausdehnungskoeffizient	je Kelvin	1/K
n	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	-	1/s	α_v, γ	Volumenausdehnungskoeffizient		
ω, Ω	Winkelgeschwindigkeit, Drehgeschwindigkeit	Radian je Sekunde	rad/s	Q	Wärme, Wärmemenge	Joule	J
λ	Wellenlänge	Meter	m	R_{th}	thermischer Widerstand, Wärmewiderstand	Kelvin je Watt	K/W
v, u, w c	Geschwindigkeit Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle	Meter je Sekunde	m/s	C_{th}	Wärmekapazität	Joule je Kelvin	J/K
a g	Beschleunigung, Verzögerung örtliche Fallbeschleunigung	Meter je Sekunde hoch zwei	m/s ²	c	spezifische Wärmekapazität	Joule je kg und Kelvin	J/(kg · K)
* Sind für eine Größe mehrere Zeichen angeführt, so ist das an erster Stelle stehende (meist internationale) Zeichen zu bevorzugen.				Fortsetzung siehe hintere Umschlag-Innenseite			
** ξ griech. Kleinbuchstabe zeta							

3 Körper-, Volumen- und Masseberechnungen

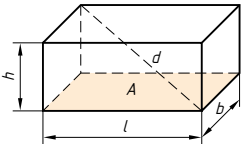
3.1 Volumen und Oberflächen

Würfel



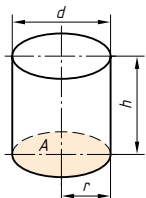
V Volumen		$V = A \cdot l$; $V = l^3$
A Grundfläche		$A_0 = 6 \cdot l^2$
l Kantenlänge	$A = l^2$	$d = l \cdot \sqrt{3}$
A_0 Oberfläche		
d Raumdiagonale		

Prisma



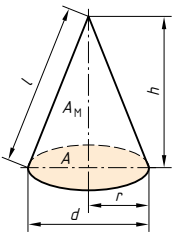
V Volumen		$V = A \cdot h$
A Grundfläche		$V = l \cdot b \cdot h$
h Höhe	$A = l \cdot b$	$A_0 = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$
l Länge		$d = \sqrt{l^2 + h^2 + b^2}$
b Breite		
A_0 Oberfläche		
d Raumdiagonale		

Zylinder



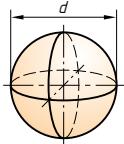
V Volumen	$A = \pi r^2$	$V = A \cdot h$
A Grundfläche	$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	$V = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h$
h Höhe	$\pi = 3,1415 \dots$	
d Durchmesser	$\frac{\pi}{4} = 0,785 \dots$	$A_0 = \pi \cdot d \cdot h + \frac{d^2 \cdot \pi}{2}$
r Radius		
A_0 Oberfläche		

Kegel



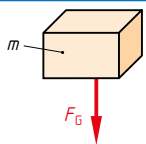
V Volumen	$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	$V = \frac{A \cdot h}{3}$
A Grundfläche		$V = \frac{\pi}{12} \cdot d^2 \cdot h$
A_M Mantelfläche	$l = \sqrt{h^2 + r^2}$	$A_M = \pi \cdot r \cdot l$
A_0 Oberfläche	$A_0 = A_M + A$	$A_0 = \pi \cdot r \cdot (l + r)$
h Höhe		
d Durchmesser		
r Radius		
l Länge der Mantellinie		

Kugel



V Volumen		$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$
d Durchmesser		$A_0 = \pi \cdot d^2$
A_0 Oberfläche		

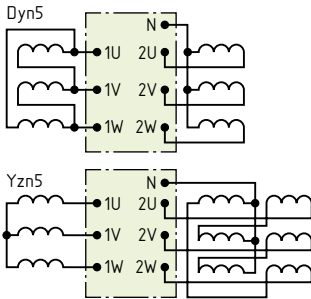
3.2 Masse und Gewichtskraft



V Volumen	$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$; $[\text{m}] = \text{kg}$	$m = \rho \cdot V$
m Masse		$F_G = m \cdot g$
ρ Dichte	$1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	
F_G Gewichtskraft	$[F_G] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$	$F_G = \rho \cdot V \cdot g$
g Fallbeschleunigung (9,81 m/s ²)		

Übersetzungsverhältnisse für Drehstromtransformatoren

Bevorzugt eingesetzte Verteilertansformatoren im Niederspannungsnetz:



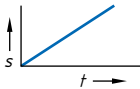
- U_1 Leiterspannung der Eingangsseite
- U_2 Leiterspannung der Ausgangsseite
- N_1 Windungszahl der Eingangswicklung
- N_2 Windungszahl der Ausgangswicklung

Schaltgruppe	Übersetzungsverhältnis
Yyn0, Yyn6, Ddn0, Ddn6	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$
Dyn5, Dyn11	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$
Ydn5, Ydn11	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$
Yzn5, Yzn11	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{2 \cdot N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$
Dzn0, Dzn6	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{2 \cdot N_1}{3 \cdot N_2}$

10.2 Antriebstechnik

10.2.1 Bewegungen

Gleichförmige Bewegung

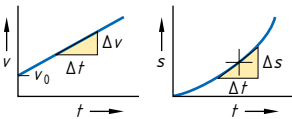


- v Geschwindigkeit
- s Weg, Weglänge
- t Zeit, Dauer

$[v] = \frac{m}{s}$

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

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung



- a Beschleunigung
- Δv Geschwindigkeitsänderung
- Δt Zeitdifferenz
- $\Delta v / \Delta t$ Steigung der $v(t)$ -Kurve
- v erreichte Geschwindigkeit
- Δs Wegdifferenz
- $\Delta s / \Delta t$ Steigung der $s(t)$ -Kurve
- v_0 Anfangsgeschwindigkeit
- t Zeit, Dauer
- s Weg, Weglänge
- g Fallbeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
- h Fallhöhe

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$v = v_0 + a \cdot t$

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

$s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$

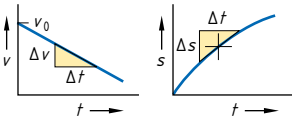
Freier Fall:

$v = g \cdot t$

$h = \frac{g}{2} \cdot t^2$

$[g] = [a] = \frac{m}{s^2}$

Gleichmäßig verzögerte Bewegung



- v Geschwindigkeit nach der Verzögerung
- v_0 Anfangsgeschwindigkeit
- a Verzögerung (Betrag)
- s_b Bremsweg

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$v = v_0 - a \cdot t$

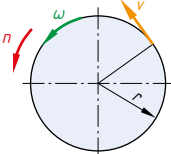
$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$s = v_0 \cdot t - \frac{a}{2} \cdot t^2$

Bremsweg:

$s_b = \frac{v_0^2}{2a}$

Kreisförmige Bewegung



- n Drehzahl, Umdrehungsfrequenz
- ω Winkelgeschwindigkeit, Drehgeschwindigkeit
- r Bahnradius
- d Bahndurchmesser
- v Umfangsgeschwindigkeit
- T Umlaufdauer

$\omega = 2\pi \cdot n$

$v = 2\pi \cdot n \cdot r$

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

$v = \omega \cdot r$

$n = \frac{1}{T}$

$[n] = s^{-1}$

$[\omega] = \text{rad} \cdot s^{-1} = s^{-1}$