



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Holz verarbeitende Berufe

Holztechnik – Mathematik

Formeln und Tabellen

6. Auflage

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

Europa-Nr.: 4161X

Bearbeiter der „Formeln und Tabellen zur Mathematik – Holztechnik“ sind:

Bounin, Katrina	Dipl.-Ing., Oberstudienrätin	Walheim
Nutsch, Wolfgang	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Stuttgart
Spellenberg, Bernd	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Stuttgart

Lektorat: Wolfgang Nutsch, Stuttgart

Bildbearbeitung

Verlag Europa-Lehrmittel, Bildbearbeitung, 73760 Ostfildern

6. Auflage 20144

Druck 5, Nachdruck 2024

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

ISBN 978-3-8085-4166-1

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

© 2014 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen

Satz ab 6. Auflage: Punkt für Punkt GmbH · Mediendesign, 40549 Düsseldorf

Druck: plump druck & medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Vorwort

Die kleine Broschüre „Formeln und Tabellen – Holztechnik“ ist eine sinnvolle Ergänzung zu dem Fachbuch „Mathematik – Holztechnik“ (Europa-Nr. 4001X). In ihr sind alle wichtigen Formeln und Tabellen, die in der „Mathematik – Holztechnik“ genannt oder behandelt werden, gesondert und ohne erklärende Rechenbeispiele aufgeführt. Somit kann sie als Formelsammlung bei Klassenarbeiten und Prüfungen ohne Bedenken zugelassen werden. Darüber hinaus ist „Formeln und Tabellen – Holztechnik“ ein Konzentrat des mathematischen Grundwissens in der Holztechnik, in dem man durch klare Gliederung sehr schnell die gesuchte Formel oder Tabelle finden kann.

„Mathematik – Holztechnik“ und „Formeln und Tabellen – Holztechnik“ vermitteln mathematische Grund- und Fachkenntnisse für die Ausbildung zum Holzmechaniker, Tischler, Fensterbauer und Glaser. Sie enthalten außerdem wesentliche Ausbildungsinhalte für den Beruf zum Technischen Zeichner mit dem Schwerpunkt Holztechnik. Der Stoffauswahl lagen die noch gültigen Rahmenlehrpläne der einzelnen Bundesländer zugrunde. Die einschlägigen Normen wurden berücksichtigt.

Die Gliederung der „Formeln und Tabellen – Holztechnik“ folgt im Wesentlichen der Gliederung der „Mathematik – Holztechnik“ und damit dem zeitlichen Fortschreiten der Ausbildung sowie fachdidaktischen Grundsätzen. Sie ist ebenso sachlogisch nach Leitthemen unterteilt und mit derselben Nummerierung klassifiziert. Durch diese Verwandtschaft findet sich der Benutzer der „Mathematik – Holztechnik“ sehr leicht und sicher in der dazugehörigen Formelsammlung zurecht.

Herbst 2014

Wolfgang Nutsch

Inhaltsverzeichnis

1 Mathematische Grundlagen

Mathematische und physikalische Begriffe	6
Wichtige Größen, Formelzeichen und Einheiten	8
Zeichen und Symbole	9
Bruchrechnen	10
Prozentrechnen	11
Zinsrechnen	11
Winkel, Steigung, Neigung, Gefälle	12

2 Einheiten – Umrechnungen

Längen	13
Flächen	13
Volumen	13
Masse	13
Dichte	13
Zeit, Winkel	13
Geschwindigkeit	13
Kräfte	13
Druck	13
Arbeit	13

3 Längen

Goldener Schnitt	14
Maßstäbe	14
Streckenteilung	15
Maßordnung im Hochbau – Fenster- und Türmaße	16
Seitenlängen rechtwinkliger Dreiecke, Lehrsatz des Pythagoras	17
Winkelfunktionen	17
Tabelle Sinus, Cosinus	18
Tabelle Tangens, Cotangens	19
Treppen – Steigungsverhältnis, Schrittmaßregel	20

4 Verschnittberechnungen

Holzmengenberechnungen – Rohmenge, Fertigmengen, Verschnitt	21
---	----

5 Flächen

Geradlinig begrenzte Flächen

Rechteck	22
Quadrat	22
Raute (Rhombus)	22
Parallelogramm (Rhomboid)	22
Trapez	22
Dreiecke	23
Regelmäßige Vielecke	24
Unregelmäßige Vielecke	24
Zusammengesetzte Flächen	24
Flächeninhalte von Brettern und Bohlen	25

Bogenförmig begrenzte Flächen

Kreis	26
Kreisausschnitt (Sektor)	26
Kreisabschnitt (Segment)	26
Kreisring	27
Kreisringausschnitt	27
Ellipse	27
Ellipsenring	27

6 Körper

Prismen und Zylinder	28
Pyramide	29
Pyramidenstumpf	30
Kegel	31
Kegelstumpf	32
Volumenberechnungen von Schnittholz – Stammberechnungen	33
Kugel	34
Fass	34
Keil und Ponton	34

7 Masse – Dichte – Gewichtskraft

Masse	35
Dichte	35
Gewichtskraft	35

8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen

Umrechnungen von Holzmen- gen und Preisen bei Schnittholz	36
Plattenwerkstoffe – Sperrholzplatten, Spanplatten	37
Plattenwerkstoffe – Holzfaserplatten, MDF-Platten, Naturholzplatten	38
Belagstoffe – Furniere	39
Belagstoffe – Kunststoffe	40
Mischungsrechnen	41
Kaufmännisches Mischungsrechnen	41
Klebstoffe – Klebstoffbedarf	42
Stoffe zur Oberflächenbehandlung	43
Glas – Glasdicken und Glasflächen	44
Glas – Mehrscheiben-Isoliergläser	45

9 Kräfte

Darstellen von Kräften – Zusammen- setzen und Zerlegen von Kräften	46
---	----

10 Hebel

Einseitiger Hebel, zweiseitiger Hebel	47
Drehmoment – Auflagerkraft	47

11 Arbeit, Leistung, Reibung, Wirkungsgrad

Mechanische Arbeit und mechanische Energie	48
Goldene Regel der Mechanik	
Die Schiefe Ebene, Keil, Schraube	48
Goldene Regel der Mechanik	
Rollen- und Flaschenzüge	49
Mechanische Leistung	50
Reibung	50
Wirkungsgrad	50

12 Druck

Druckspannung und Zugspannung	51
Flächenpressung – Hydraulik	51
Pneumatik – Drucklufterzeugung	52
Kolbenkraft	52

13 Maschinelle Holzbearbeitung

Vorschubgeschwindigkeit	53
Schnittgeschwindigkeit	53
Schnittgüte – Zahnvorschub	54
Riementrieb und Zahnradtrieb	55

14 Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz	56
Leiterwiderstand	56
Reihen- und Parallelschaltungen	56
Elektrische Leistung	57
Elektrische Arbeit	57

15 Holz Trocknung

Holzfeuchte – Luftfeuchte	58
Bestimmung der Holzfeuchte	59
Holzschwind – Holzfeuchte- gleichgewicht	60
Holzschwind – Schwindung – Quellung ..	61
Schwindberechnungen	61

16 Wärme und Wärmeschutz

Größen und Einheiten	62
Rohdichten und Wärmeleitfähigkeiten verschiedener Baustoffe – Tabelle	63
Formeln und Tabellenwerte	64
Wärmeübergangswiderstände	65
Wärmedurchlasswiderstände für Außenwände, Decken und Dächer	66

17 Kostenrechnen, Kalkulation

Kostenbegriffe	67
Materialeinzelkosten	67
Preisliste	68
Lohnarten	69
Lohnzuschläge, Zulagen, Lohnabzüge	69
Gemeinkosten	70
Kosten der Maschinenarbeit	71
Zuschlagskalkulation, Tischler	71
Zuschlagskalkulation für Tischlerarbeiten – Formular	72
Zuschlagskalkulation für Fenster	74

Tabellenverzeichnis

Sachwortverzeichnis

1 Mathematische Grundlagen		
1.1 Mathematische und physikalische Begriffe		
Begriffe	Erklärung	Beispiele
Größen	Größen sind messbare physikalische Eigenschaften von Zuständen und Vorgängen. Größen kürzt man mit Formelzeichen ab. Der Wert der Größe wird dabei durch das Produkt aus Zahlenwert und Einheit angegeben.	Länge, Masse, Zeit, Kraft. Bei der Länge $l = 4,50 \text{ m}$ ist l das Formelzeichen, 4,50 der Zahlenwert und m (Meter) die Einheit.
Einheiten	Einheiten geben den festgelegten Wert für Größen an. Sie sind in Normen (z. B. SI-Einheiten) festgelegt oder bilden sich aus den Beziehungen der Größen in Formeln.	cm; kg; min; N $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{min}}$
SI-Einheiten	SI-Basiseinheiten sind im „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ vom 2. Juli 1969 festgelegt. SI = Système International d'Unités	Länge l in m; Masse m in kg; Zeit t in s; elektrische Stromstärke I in A; Temperatur θ in °C
Wert der Größe	Der Wert der Größe wird durch das Produkt aus Zahlenwert und dazugehöriger Einheit angegeben.	4,5 m; 8,5 kg; 35 s; 16 A; 273 K
Konstante	Eine Konstante ist ein Zeichen mit einer selbstständigen Bedeutung. Sie ist ein gleich bleibender Zahlenwert (Zahlenfaktor) oder Größe bei Berechnungen in der Mathematik oder Physik. Sie wird in Größengleichungen durch Buchstaben dargestellt.	π : Zahl Pi ($\pi = 3,14159\dots$)
Variable	Eine Variable ist ein Zeichen ohne eine selbstständige Bedeutung. Die Variablen werden auch als Leerstellen oder Platzhalter bezeichnet.	$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ $x + 5 = 15$ $3z = 24$
Term	Ein Term ist ein Ausdruck aus zwei oder mehr Zeichen für Zahlen, Konstanten und Variablen, die durch Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division oder andere Rechenanweisungen verbunden sind.	$3 + 4$ 6^2 $l \cdot b$ $(x + y)$
Koeffizient	Größe, die den Einfluss einer Stoffeigenschaft auf einen physikalischen Vorgang kennzeichnet.	U : Wärmedurchgangskoeffizient μ : Reibungszahl
Potenz	Ein Produkt aus gleichen Faktoren kann man als Potenz schreiben. Eine Potenz besteht aus Basis (Grundzahl) und dem Exponenten (Hochzahl). Den Rechenvorgang nennt man Potenzieren.	$a \cdot a \cdot a = a^3$ Basis Exponent $5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$ Potenz Faktoren Potenzwert
Exponent	Hochzahl einer Potenz, die angibt, wie oft eine Zahl mit sich selbst multipliziert werden soll.	10^2 ; 10^{-4} ; d^2 ; m^3 ; a^n
Radizieren	Radizieren (Wurzelziehen) ist eine Umkehrung des Potenzierens.	Wurzel-exponent Radikant $\sqrt[3]{125} = \sqrt[3]{5 \cdot 5 \cdot 5} = 5$ Wurzel (Faktoren) Wurzelwert
Indizes (Index)	Indizes sind tiefgestellte Ziffern oder Buchstaben zur Unterscheidung gleichartiger Größen. Sie werden z. B. bei Formelzeichen angewendet.	$l_1 + l_2 + l_3$ d_m v_s

1 Mathematische Grundlagen		
1.1 Mathematische und physikalische Begriffe		
Begriffe	Erklärung	Beispiele
Formelzeichen	Formelzeichen ersetzen Größen und dienen zum Rechnen mit Formeln bzw. Größengleichungen. Sie bilden aus Klein- oder Großbuchstaben Zeichen für Größen. Sie stehen stellvertretend für das Produkt aus Zahlenwert und Maßeinheit. Formelzeichen werden <i>kursiv</i> geschrieben.	A = Fläche m = Masse F = Kraft t = Zeit V = Volumen
Formeln	Formeln sind technische, mathematische oder physikalische Gleichungen. Sie werden durch 2 Rechenausdrücke (Terme) mit dem Gleichheitszeichen verbunden. Durch Einsetzen der Zahlenwerte mit den gewählten Einheiten erhält man den Zahlenwert des Ergebnisses mit der entsprechenden Einheit.	$A = l \cdot b$ $l = \frac{U}{R}$ $c = \sqrt{a^2 + b^2}$
Größengleichungen	Die Größengleichungen stellen Beziehungen zwischen Größen dar. Sie können Formelzeichen, mathematische Zeichen, z. B. $\sqrt{}$ und Konstanten (Zahlenfaktoren), z. B. π enthalten. Sie sind unabhängig von der Wahl der Einheit.	$U = d \cdot \pi = 0,95 \text{ m} \cdot 3,14 = \mathbf{2,98 \text{ m}}$ $A = \frac{l \cdot b}{2} = \frac{1,25 \text{ m} \cdot 0,72 \text{ m}}{2}$ $A = \mathbf{0,45 \text{ m}^2}$
Zahlenwertgleichungen	Bei den Zahlenwertgleichungen sind die Zahlenwerte an vorgeschriebene Einheiten gebunden. Den Zahlenwert des Ergebnisses erhält man nur, wenn alle Zahlenwerte der Gleichung in den jeweils vorgeschriebenen Einheiten eingesetzt werden.	$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}$ Schnittgeschwindigkeit v_c in m/s Durchmesser d in m Umdrehungsfrequenz n in 1/min
Einheitengleichungen	Die Einheitengleichungen enthalten nur Rechenausdrücke mit Einheiten. Sie dienen auch dem korrekten Umrechnen von Einheiten innerhalb von Größengleichungen.	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1\,000 \text{ mm}$ $3\,600 \text{ s} = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$ $\frac{\text{km} \cdot 1 \text{ h} \cdot 1\,000 \text{ m}}{\text{h} \cdot 3\,600 \text{ s} \cdot 1 \text{ km}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Bestimmungsgleichungen	Die Bestimmungsgleichungen sind algebraische Gleichungen, bei denen Werte bestimmter Variablen zu berechnen sind.	$x + a = b$ $x = b - a$
Verhältnisgleichung (Proportion)	Eine Verhältnisgleichung wird gebildet, wenn zwei Quotienten den gleichen Wert haben. Sie werden gleichgesetzt. Man kann sie auch als Bruchgleichung schreiben.	$a : b = x : y$ (Proportion) $\frac{a}{b} = \frac{x}{y}$ (andere Schreibweise als Bruchgleichung)
Runden	Für das Auf- oder Abrunden gelten folgende Regeln: ist die über die angegebene Stellenzahl hinausgehende Ziffer 5 oder größer 5, wird aufgerundet, ist die betreffende Ziffer kleiner als 5, wird abgerundet.	$24,8\mathbf{2}7 \text{ m}^2 = 24,83 \text{ m}^2$ $13\mathbf{8},744 \% = 139 \%$ $0,87\mathbf{5}52 \text{ m}^3 = 0,876 \text{ m}^3$
Ergebnisse	Die Ergebnisse sind bei technischen Berechnungen sinnvoll oder bei Zahlen mit Einheiten nach vorliegenden Regeln zu runden. Die Ergebnisse sind bei handschriftlichen Berechnungen durch zweimaliges Unterstreichen hervorzuheben.	$A = l \cdot b$ $A = 3,45 \text{ m} \cdot 2,20 \text{ m}$ $A = \mathbf{7,59 \text{ m}^2}$

1 Mathematische Grundlagen

1.2 Wichtige Größen, Formelzeichen und Einheiten

Art	Formelzeichen	Physikalische Größe	Basiseinheit *SI-Einheit	Einheiten- zeichen	Abgeleitete Einheiten, gebräuchliche Umrechnungen
Längen-, Flächen- und Volumengrößen	<i>l</i>	Länge*	Meter*	m	1 m = 10 dm = 100 cm = 1 000 mm 1 km = 1 000 m
	<i>b</i>	Breite			
	<i>h</i>	Höhe			
	<i>d</i>	Dicke (oder <i>t</i> von <i>thick</i>)			
	<i>r</i>	Radius			
	<i>d</i>	Durchmesser			
	<i>s</i>	Sehne (Weg- oder Seitenlänge)			
	<i>A</i>	Fläche (<i>Area</i>)	Quadratmeter	m²	1 m ² = 100 dm ² = 10 000 cm ² = 1 000 000 mm ²
	<i>V</i>	Volumen (Rauminhalt)	Kubikmeter	m³	1 m ³ = 1 000 dm ³ = 1 000 000 cm ³ ; 1 dm ³ = 1
	<i>α, β, γ</i>	Winkel (Gradmaß)	Grad	°	1° (1 Grad) = 60' (Winkelminuten) 1' (Winkelminute) = 60'' (Winkelsekunden)
Zeitgrößen	<i>t</i>	Zeit* (<i>time</i>)	Sekunde*	s	1 min = 60 s; 1 h = 60 min = 3 600 s; 1 d = 24 h; 1 a = 365 d
	<i>v</i>	Geschwindigkeit	Meter je Sekunde	$\frac{m}{s}$	m/min bei Vorschubgeschwindigkeit
	<i>n</i>	Umdrehungsfrequenz (Drehfrequenz)	Anzahl der Umdrehungen je Minute	$\frac{1}{min}$	$1 \frac{1}{min} = 1 min^{-1} = \frac{1}{60} \frac{1}{s} = \frac{1}{60} s^{-1}$
Mechanische Größen	<i>m</i>	Masse*	Kilogramm*	kg	1 kg = 1 000 g; 1 t = 1 000 kg
	<i>ρ</i>	Dichte (<i>rho</i>)	Kilogramm je Kubikmeter	$\frac{kg}{m^3}$	$1 \frac{kg}{dm^3} \triangleq 1 000 \frac{kg}{m^3}$; $1 \frac{kg}{dm^3} \triangleq 1 \frac{g}{cm^3}$
	<i>F</i>	Kraft (<i>force</i>)	Newton	N	$1 N = \frac{1 kgm}{s^2}$; 10 N = 1 daN; 1 kN = 100 daN
	<i>M</i>	Drehmoment	Newtonmeter	Nm	1 kNm = 100 daNm = 1 000 Nm
	<i>p</i>	Druck (<i>pressure</i>)	Pascal	Pa	$1 Pa = 1 \frac{N}{m^2}$
			bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa = 10 N/cm ² = 1 daN/cm ²
	<i>W</i>	Arbeit (<i>work</i>)	Joule	J	1 J = 1 Nm (Newtonmeter) = 1 Ws (Wattsekunde)
	<i>P</i>	Leistung (<i>power</i>)	Watt	W	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s; 1 kW = 1 000 W; 1 MW = 1 000 000 W
	<i>T</i>	Thermodynamische Temperatur*	Kelvin*	K	0 K = -273,15 °C
Elektrische Größen	<i>Θ</i>	Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C	0 °C = 273,15 K
	<i>I</i>	Elektr. Stromstärke*	Ampere*	A	1 A = 1 000 mA; 1 kA = 1 000 A
	<i>U</i>	Elektr. Spannung	Volt	V	1 V = 1 000 mV; 1 kV = 1 000 V
	<i>R</i>	Elektr. Widerstand	Ohm	Ω	1 Ω = 1 000 mΩ; 1 kΩ = 1 000 Ω

1 Mathematische Grundlagen

1.3 Zeichen und Symbole

1.3.1 Rechenzeichen

Zeichen	Bedeutung	Beispiele
+	plus, und	$4 + 7 = 11$
-	minus, weniger	$13 - 5 = 8$
±	plus-minus	$\pm 0.00 \text{ OFF}$
·	multipliziert, mal	$4 \cdot 3 = 12$
×	mal (im Text)	$4 \times 3 = 12$
:	dividiert, geteilt durch	$3 : 4 = 0,75$
—	Bruchstrich	$\frac{3}{4} = 0,75$
/	Bruchstrich bei Platzmangel	$3/4 = 0,75$
=	gleich, ist gleich	$7 + 5 = 16 - 4$
≠	ungleich, nicht gleich	$7 \neq 9$
≈	ungefähr gleich	$100 : 3 \approx 33,333$
<	kleiner als	$5 < 7$
>	größer als	$13 > 9$
≤	kleiner oder gleich	Schnittgeschwindigkeit $v_c \leq 90 \text{ m/s}$
≥	größer oder gleich	Dicke $t \geq 22 \text{ mm}$
...	und so weiter	$l_1 + l_2 + l_3 + \dots$
Σ	Summe	$\Sigma A_0 = 2A + A_M$
()	runde Klammer	$(36 + 12) : 6 = 8$
[]	eckige Klammer	$6 \cdot [(15 - 3) : 12 + 1] = 12$
	parallel	$p \parallel$ zur Faserrichtung
⊥	rechtwinklig zu	$p \perp$ zur Faserrichtung
	rechter Winkel	
∠	Winkel	$\angle = 45^\circ$
°	Grad	60°
≐	entspricht	$42 \text{ kg} \hat{=} 7 \%$
%	Prozent, von Hundert	14% MwSt
‰	Promille, von Tausend	$0,8 \%$
√	Wurzelzeichen	$\sqrt{25} = 5$

1.3.2 Gebräuchliche griechische Buchstaben

Zeichen	Name	Anwendungsbeispiele
α	Alpha	Winkelgröße
β	Beta	Winkelgröße
γ	Gamma	Winkelgröße
δ	Delta	Temperatur
ε	Epsilon	Längenausdehnung
η	Eta	Wirkungsgrad
Λ	Lambda (groß)	Wärmedurchlasskoeffizient
λ	Lambda (klein)	Wärmeleitfähigkeit
μ	My	Mikrometer (μm)
π	Pi	Konstante (Kreis) 3,14
ρ	Rho	Dichte
Σ	Sigma (groß)	Summe
σ	Sigma (klein)	Spannung
Ω	Omega (groß)	Einheit für elektrischen Widerstand
Θ	Theta (groß)	Cesius-Temperatur

1.3.3 Vorsilben im metrischen System

Symbol	Vorsilbe	Bedeutung	Zahl	Faktor
G	Giga	Milliarde	1 000 000 000	10^9
M	Mega	Million	1 000 000	10^6
k	Kilo	Tausend	1 000	10^3
h	Hekto	Hundert	100	10^2
da	Deka	Zehn	10	10^1
d	Dezi	Zehntel	0,1	10^{-1}
c	Zenti	Hundertstel	0,01	10^{-2}
m	Milli	Tausendstel	0,001	10^{-3}
μ	Mikro	Millionstel	0,000 001	10^{-6}
n	Nano	Milliardstel	0,000 000 001	10^{-9}

Beispiele:

1 MWh (MW-Std.) $\hat{=}$ eine Megawattstunde
 $\hat{=}$ 1 000 000 Wh
 1 kg (Kilogramm) $\hat{=}$ eintausend Gramm
 $\hat{=}$ 1 000 g
 1 hl (Hektoliter) $\hat{=}$ einhundert Liter $\hat{=}$ 100 l
 1 daN (Dekaneutron) $\hat{=}$ zehn Newton $\hat{=}$ 10 N
 1 dl (Deziliter) $\hat{=}$ einzehntel Liter $\hat{=}$ 0,1 l
 1 cm (Zentimeter) $\hat{=}$ einhundertstel Meter
 $\hat{=}$ 0,01 m
 1 mm (Millimeter) $\hat{=}$ eintausendstel Meter
 $\hat{=}$ 0,001 m
 1 μW (Mikrowatt) $\hat{=}$ einmillionstel Watt

1 Mathematische Grundlagen	
1.5 Bruchrechnen	
Tabelle 21/1: Bruchrechnen – Zusammenfassung der Regeln	
Regeln	Beispiele
Erweitern und Kürzen von Brüchen	
Man erweitert einen Bruch, indem man Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl multipliziert.	$\frac{1}{3} = \frac{1 \cdot 7}{3 \cdot 7} = \frac{7}{21}; \quad \frac{a}{b} = \frac{a \cdot c}{b \cdot c}$
Man kürzt einen Bruch, indem man Zähler und Nenner durch die gleiche Zahl dividiert.	$\frac{7}{21} = \frac{7:7}{21:7} = \frac{1}{3}; \quad \frac{(a \cdot c):c}{(b \cdot c):c} = \frac{a}{b}$
Summen und Differenzen können im Allgemeinen nicht gekürzt werden. Sie sind vorher zu berechnen.	$\frac{3+4}{21-7} = \frac{7}{14} = \frac{1}{2}$
Algebraische Summen kann man nur dann kürzen, wenn man sie vorher in ein Produkt verwandelt.	$\frac{12x+6y}{4x-2y} = \frac{6(2x+y)}{2(2x-y)} = \frac{3(2x+y)}{2x-y};$ $\frac{ax+bx}{ay+by} = \frac{x(a+b)}{y(a+b)} = \frac{x}{y}$
Addition und Subtraktion von Brüchen	
Gleichnamige Brüche werden addiert oder subtrahiert, indem man die Zähler addiert oder subtrahiert und den Nenner beibehält.	$\frac{3}{7} + \frac{4}{7} - \frac{1}{7} = \frac{3+4-1}{7} = \frac{6}{7}$ $\frac{3}{a} + \frac{2}{a} - \frac{4}{a} = \frac{3+2-4}{a} = \frac{1}{a}$
Ungleichnamige Brüche kann man durch Erweitern einzelner Brüche gleichnamig machen. Der Hauptnenner (HN) ist das kleinste gemeinsame Vielfache der Einzelnenner.	$\frac{1}{3}; \frac{1}{2}; \frac{2}{6} \quad \text{HN} = 6$ $\frac{1}{3} = \frac{2}{6}; \quad \frac{1}{2} = \frac{3}{6}; \quad \frac{2}{6} = \frac{2}{6}$
Ungleichnamige Brüche werden addiert oder subtrahiert, indem man sie erst auf einen gemeinsamen Hauptnenner gleichnamig macht und dann die Zähler addiert bzw. subtrahiert.	$\frac{1}{4} + \frac{2}{7} - \frac{3}{14} = ? \quad \text{HN} = 28$ $\frac{1 \cdot 7}{4 \cdot 7} + \frac{2 \cdot 4}{7 \cdot 4} - \frac{3 \cdot 2}{14 \cdot 2} = \frac{7+8-6}{28} = \frac{9}{28}$
Multiplizieren von Brüchen	
Ein Bruch wird mit einer ganzen Zahl multipliziert, indem man den Zähler mit der ganzen Zahl multipliziert.	$\frac{2}{5} \cdot 4 = \frac{8}{5} = 1\frac{3}{5}; \quad \frac{a}{b} \cdot c = \frac{a \cdot c}{b}$
Ein Bruch wird mit einem Bruch multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.	$\frac{2}{5} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2 \cdot 2}{5 \cdot 3} = \frac{4}{15}; \quad \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{ac}{bd}$
Dividieren von Brüchen	
Man dividiert einen Bruch durch eine ganze Zahl, indem man den Zähler durch die ganze Zahl dividiert oder den Nenner mit dieser Zahl multipliziert.	$\frac{4}{7} : 2 = \frac{4:2}{7} = \frac{2}{7}; \quad \frac{a}{b} : a = \frac{a:a}{b} = \frac{1}{b}$ $\frac{5}{7} : 2 = \frac{5}{7 \cdot 2} = \frac{5}{14}; \quad \frac{a}{b} : c = \frac{a}{b \cdot c} = \frac{a}{bc}$
Ist ein Bruch eine gemischte Zahl, muss man diese erst in einen unechten Bruch umwandeln.	$1\frac{2}{3} : 3 = \frac{5}{3} : 3 = \frac{5}{3 \cdot 3} = \frac{5}{9}$
Ein Bruch wird durch einen Bruch dividiert, indem man ihn mit dem Kehrwert des anderen Bruches multipliziert.	$\frac{2}{3} : \frac{1}{4} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 1} = \frac{8}{3} = 2\frac{2}{3}; \quad \frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}$
Eine ganze Zahl wird durch einen Bruch dividiert, indem man die Zahl zu einem Scheinbruch macht und diesen mit dem Kehrwert des Bruches multipliziert.	$5 : \frac{3}{4} = \frac{5}{1} : \frac{3}{4} = \frac{5 \cdot 4}{1 \cdot 3} = \frac{20}{3} = 6\frac{2}{3}$ $a : \frac{b}{c} = \frac{a}{1} : \frac{b}{c} = \frac{a \cdot c}{1 \cdot b} = \frac{ac}{b}$

1 Mathematische Grundlagen

Prozentrechnen

Berechnung mit reinem Grundwert

$$\text{Prozentwert} = \frac{\text{Grundwert} \times \text{Prozentsatz}}{100 \%}$$

$$P_W = \frac{G_W \cdot P_S \%}{100 \%}$$

$$\text{Prozentsatz} = \frac{\text{Prozentwert} \times 100 \%}{\text{Grundwert}}$$

$$P_S \% = \frac{P_W \cdot 100 \%}{G_W}$$

$$\text{Grundwert} = \frac{\text{Prozentwert} \times 100 \%}{\text{Prozentsatz}}$$

$$G_W = \frac{P_W \cdot 100 \%}{P_S \%}$$

Berechnungen mit vermehrtem Grundwert

Grundwert (G_W)	Prozentwert (P_W)
100 %	P_S %
100 % + P_S % = vermehrter Grundwert	

Vermehrter Grundwert
= Grundwert + Prozentwert

$$\text{vermehrter } G_W = \frac{G_W \cdot (100 \% + P_S \%)}{100 \%}$$

$$P_W = \frac{\text{vermehrter } G_W \cdot P_S \%}{100 \% + P_S \%}$$

Berechnungen mit vermindertem Grundwert

Verminderter Grundwert	Prozentwert (P_W)
100 % - P_S %	P_S %
100 % = Grundwert (G_W)	

Verminderter Grundwert
= Grundwert - Prozentwert

$$G_W = \frac{\text{verminderter } G_W \cdot 100 \%}{100 \% - P_S \%}$$

Zinsrechnen

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Kapital} \times \text{Zinssatz in \%} \times \text{Laufzeit in Jahren}}{100 \%}$$

$$Z = \frac{K \cdot p \% \cdot t}{100 \%}$$

$$\text{Kapital} = \frac{\text{Zinsen} \times 100 \%}{\text{Zinssatz in \%} \times \text{Laufzeit in Jahren}}$$

$$K = \frac{Z \cdot 100 \%}{p \% \cdot t}$$

$$\text{Zinssatz in \%} = \frac{\text{Zinsen} \times 100 \%}{\text{Kapital} \times \text{Laufzeit in Jahren}}$$

$$p \% = \frac{Z \cdot 100 \%}{K \cdot t}$$

$$\text{Laufzeit in Jahren} = \frac{\text{Zinsen} \times 100 \%}{\text{Kapital} \times \text{Zinssatz in \%}}$$

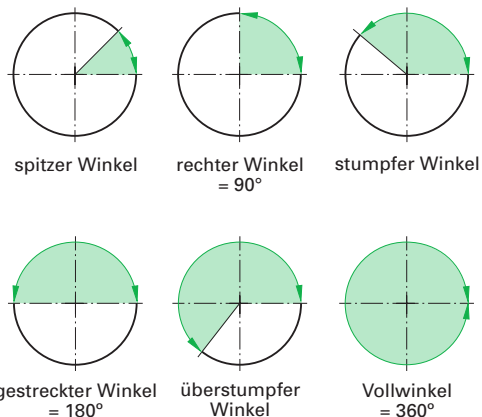
$$t = \frac{Z \cdot 100 \%}{K \cdot p \%}$$

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
Z	Zinsen	€
K	Kapital	€
p	Zinssatz	%/Jahr
t	Zeit	Jahre

1 Mathematische Grundlagen

Winkel

Winkelarten und Einheiten der Winkel



Winkelarten

Tabelle: Einheiten in Grad

1° (Grad)	= 60' (Minuten)
1' (Minute)	= 60'' (Sekunden)
1° (Grad)	= 3 600'' (Sekunden)

Tabelle: Winkelgrößen in Grad

Winkelbereiche		genaue Winkel	
Winkelart	Grad	Winkelart	Grad
spitzer Winkel	>0° <90°	rechter Winkel	90°
stumpfer Winkel	>90° <180°	gestreckter Winkel	180°
überstumpfer Winkel	>180° <360°	Vollwinkel	360°

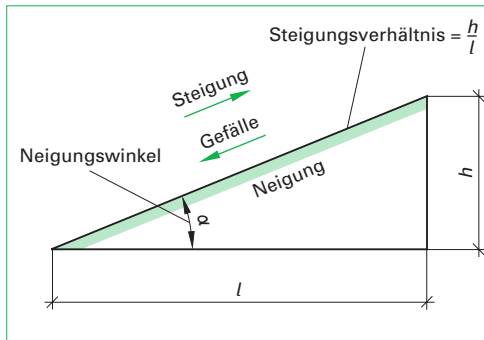
Tabelle: Winkelgrößen in gon

Winkelbereiche		genaue Winkel	
Winkelart	gon	Winkelart	gon
spitzer Winkel	>0 <100	rechter Winkel	100
stumpfer Winkel	>100 <200	gestreckter Winkel	200
überstumpfer Winkel	>200 <400	Vollwinkel	400

1 gon entspricht 0,9° oder 54'.

1 Grad entspricht 1,111 gon.

Steigung, Neigung, Gefälle



Steigung, Neigung, Gefälle

$$\text{Steigungsverhältnis} = \frac{\text{Höhe}}{\text{Grundlänge}}$$

$$s_v = \frac{h}{l}$$

$$\text{Höhe} = \text{Länge} \times \text{Steigungsverhältnis}$$

$$h = l \cdot s_v$$

$$\text{Länge} = \frac{\text{Höhe}}{\text{Steigungsverhältnis}}$$

$$l = \frac{h}{s_v}$$

$$\text{Steigung in Prozent} = \frac{\text{Höhe} \times 100 \%}{\text{Grundlänge}}$$

$$s_p = \frac{h \cdot 100 \%}{l}$$

$$\text{Höhe} = \frac{\text{Steigung in \%} \times \text{Länge}}{100 \%}$$

$$h = \frac{s_p \cdot l}{100 \%}$$

$$\text{Länge} = \frac{\text{Höhe} \times 100 \%}{\text{Steigung in \%}}$$

$$l = \frac{h \cdot 100 \%}{s_p}$$

2 Einheiten

Umrechnungen

Umrechnung von Längeneinheiten

1 m =	1 dm =	1 cm =	1 mm =	
1	0,1	0,01	0,001	m
10	1	0,1	0,01	dm
100	10	1	0,1	cm
1 000	100	10	1	mm

Umrechnung von Flächeneinheiten

1 m ² =	1 dm ² =	1 cm ² =	1 mm ² =	
1	0,01	0,000 1	0,000 001	m ²
100	1	0,01	0,000 1	dm ²
10 000	100	1	0,01	cm ²
1 000 000	10 000	100	1	mm ²
1 a (Ar) = 100 m ² ; 1 ha = 100 a				

Umrechnung von Volumeneinheiten

1 m ³ =	1 dm ³ =	1 cm ³ =	1 mm ³ =	
1	0,001	0,000 001	0,000 000 001	m ³
1 000	1	0,001	0,000 001	dm ³
1 000 000	1 000	1	0,001	cm ³
1 000 000 000	1 000 000	1 000	1	mm ³
1 l = 1 dm ³ ; 1 hl = 100 l; 1 cl = 0,01 l				

Umrechnung von Masseinheiten

1 t =	1 kg =	1 g =	1 mg =	
1	0,001	0,000 001	0,000 000 001	t
1 000	1	0,001	0,000 001	kg
1 000 000	1 000	1	0,001	g

Umrechnung von Dichteinheiten

1 g/cm ³ =	1 kg/dm ³ = (1 kg/l)	1 kg/m ³ =	1 t/m ³ =	
1	1	0,001	1	g/cm ³
1	1	0,001	1	kg/dm ³
1 000	1 000	1	1 000	kg/m ³
1	1	0,001	1	t/m ³

Umrechnung von Zeiteinheiten und Winkleinheiten

1 s = 1'' =	1 min = 1' =	1 h = 1° =	
1	60	3 600	s "
$\frac{1}{60}$	1	60	min '
$\frac{1}{3 600}$	$\frac{1}{60}$	1	h °

Umrechnung von Geschwindigkeitseinheiten

1 m/s =	1 m/min =	1 km/h =	
1	0,016 7	0,278	m/s
60	1	16,67	m/min
3,6	0,06	1	km/h

Umrechnung von Kräfteinheiten

1 N =	1 kN =	1 MN =	
1	1 000	1 000 000	N
0,001	1	1 000	kN
0,000 001	0,001	1	MN
1 daN = 10 N; 1 kg ≈ 10 N			

Umrechnung von Druckeinheiten

1 N/mm ² =	1 bar =	1 N/cm ² =	
1	0,1	0,01	N/mm ²
10	1	0,1	bar
100	10	1	N/cm ²
1 bar = 10 N/cm ² = 1 daN/cm ² ; 1 atü, 1 kp/cm ² (veraltet)			

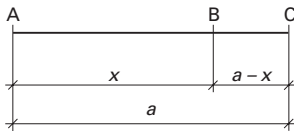
Umrechnung von Arbeitseinheiten

1 MJ =	1 kJ =	1 J =	
1	0,001	0,000 001	MJ
1 000	1	0,001	kJ
1 000 000	1 000	1	J
1 J = 1 Nm = 1 Ws			

3 Längen

Goldener Schnitt

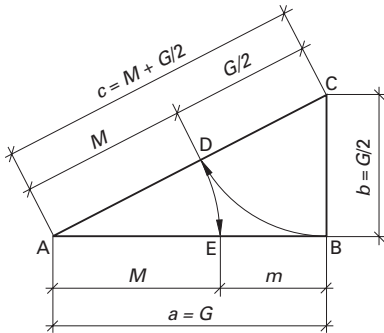
Goldener Schnitt



Der längere Abschnitt einer stetig geteilten Strecke $\overline{AC} = a$ beträgt:

$$x = \frac{a}{2}(\sqrt{5} - 1) = 0,618a$$

$$m : M = M : G$$



Nach dem Satz des Pythagoras gilt:

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

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

$$\left(M + \frac{G}{2}\right)^2 = G^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2 = \frac{5G^2}{4}$$

$$M + \frac{G}{2} = \frac{G\sqrt{5}}{2}$$

$$M = \frac{G\sqrt{5}}{2} - \frac{G}{2}$$

$$M = \frac{G}{2}(\sqrt{5} - 1) = G \cdot 0,618$$

$$M = G \cdot 0,618$$

$$m = G \cdot 0,382$$

$$m = M \cdot 0,618$$

G = Gesamtstrecke; M = Major; m = Minor

Maßstäbe

Maßstäbe in Tischlerzeichnungen

Gebrauchliche Maßstäbe in Tischlerzeichnungen

Maßstäbe		Anwendung
Vergrößerung	M 2 : 1	Bessere Bemaßung bei kleinen Werkstücken
Natürliche Größe	M 1 : 1	Teilschnitte, Einzelteildarstellungen
Verkleinerung	M 1 : 5 M 1 : 10 M 1 : 20 M 1 : 50	Einzelteildarstellungen, Ansichten, Schnitte und Grundrisse

Wirkliche Länge

= Länge in der Zeichnung $\times$ Verhältniszahl

$$l_w = l_z \cdot n$$

Länge in der Zeichnung = $\frac{\text{wirkliche Länge}}{\text{Verhältniszahl}}$

$$l_z = \frac{l_w}{n}$$

Verhältniszahl = $\frac{\text{wirkliche Länge}}{\text{Länge in der Zeichnung}}$

$$n = \frac{l_w}{l_z}$$

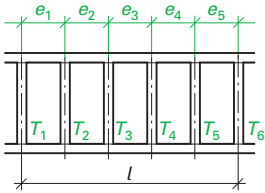
Bezeichnungen und Formelkurzzeichen für Streckenteilungen

l	Gesamtlänge, Teilungsstrecke
e	Länge gleicher Abstände
a	Länge eines Randabstandes
n_e	Anzahl der Abstände
n_T	Anzahl der Teilungselemente (Teilpunkte)

3 Längen

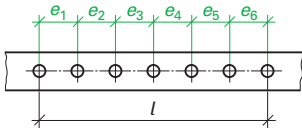
Streckenteilung

Teilen von Strecken in gleiche Abstände



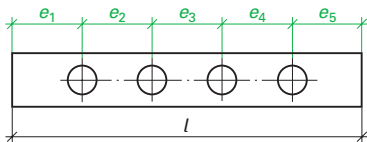
Anzahl der Teilungselemente
= Anzahl der Abstände + 1

$$n_T = n_e + 1$$



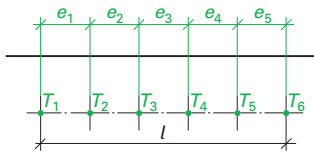
Anzahl der Abstände
= Anzahl der Teilungselemente - 1

$$n_e = n_T - 1$$



Länge des Abstandes = $\frac{\text{Gesamtlänge}}{\text{Anzahl der Abstände}}$

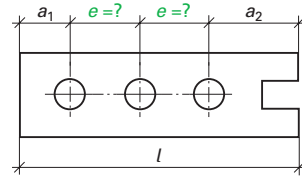
$$e = \frac{l}{n_e}$$



Länge eines
Abstandes = $\frac{\text{Gesamtlänge}}{\text{Anzahl der Teilungselemente} - 1}$

$$e = \frac{l}{n_T - 1}$$

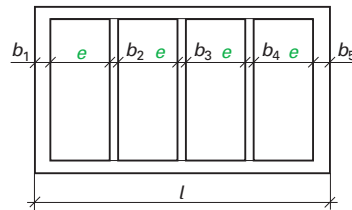
Teilen von Strecken in gleiche Abstände, jedoch mit Randabstand



Länge eines
Abstandes = $\frac{\text{Gesamtlänge} - \text{Summe Randabstand}}{\text{Anzahl der Teilungselemente} - 1}$

$$e = \frac{l - (a_1 + a_2)}{n_T - 1}$$

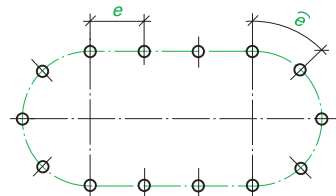
Teilen von Strecken in gleicher Abstände, jedoch mit Unterbrechungen



Länge des
Abstandes = $\frac{\text{Gesamtlänge} - \text{Summe Elementbreite}}{\text{Anzahl der Teilungselemente} - 1}$

$$e = \frac{l - (b_1 + b_2 \dots)}{n_T - 1}$$

Teilen von in sich geschlossenen Längen

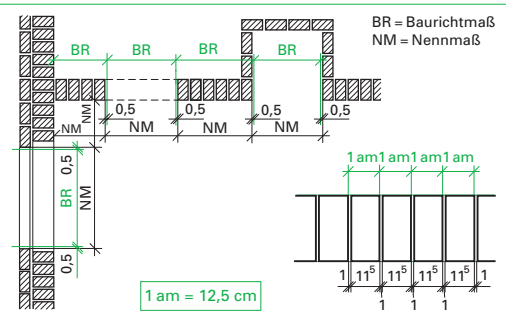


Anzahl der Abstände = Anzahl der Teilungselemente

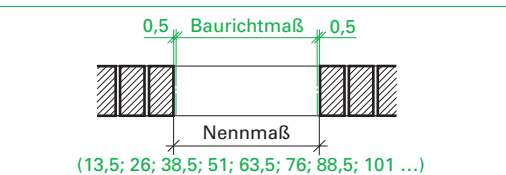
$$n_e = n_T$$

3 Längen

Maßordnung im Hochbau – Fenster- und Türmaße

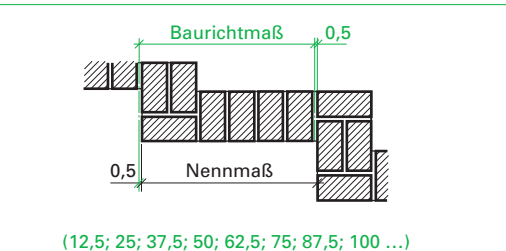


Maßbezeichnungen



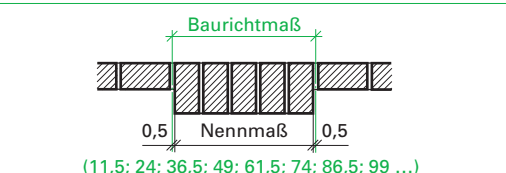
Breiten-Nennmaß (Rohbaumaß) bei **Öffnungen**
in cm = Anzahl der Steinbreite $\times$ am + 1 Stoßfuge
= $x \cdot 12,5 \text{ cm} + 1 \text{ cm}$

Länge einer Maueröffnung



Breiten-Nennmaß (Rohbaumaß) bei **Vorlagen** in cm
= Anzahl der Steinbreite $\times$ am = $x \cdot 12,5 \text{ cm}$

Länge einer Mauervorlage



Breiten-Nennmaß (Rohbaumaß) bei **Pfeilern** oder für **Wanddicken** in cm
= Anzahl der Steinbreite $\times$ am – 1 Stoßfuge
= $x \cdot 12,5 \text{ cm} - 1 \text{ cm}$

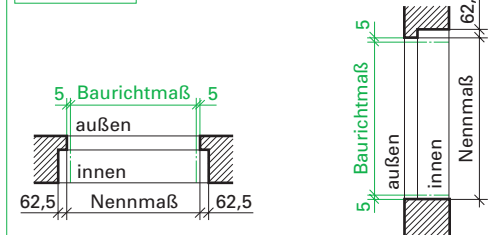
Länge eines Mauerpfeilers oder einer Wanddicke

Tabelle 1: Schichthöhen

Steinformate und Steinmaße	DF	NF	2 DF	10 DF
25 cm				
0 cm				
Steinhöhen in cm	5 ²	7 ¹	11 ³	23 ⁸
Schichthöhen in cm	6 ²⁵	8 ³³	12 ⁵	25
Schichten je m	16	12	8	4

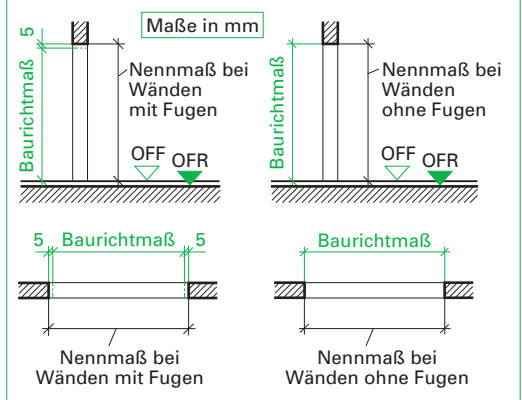
Höhen-Nennmaß (Rohbaumaß) für **Maueröffnung**
= Anzahl der Schichten $\times$ Schichthöhe
+ $2 \cdot \frac{1}{2}$ Lagerfuge = $x \cdot h_s + 2 \cdot 0,5 \text{ cm}$

Maße in mm



Fensteröffnung mit Innenanschlag

Maueröffnung für Fenster



Maueröffnung für Türen und Fenster

Tabelle 2: Rohbau-Nennmaße für Innentüren (Vorzugsmaße)

Höhen	Breiten einflügeliger Türen					Breiten zweiflügeliger Türen				
2 005	635	760	885	1010	1135	1260	1260	1510	1760	2010
2 130	635	760	885	1010	1135	1260	1260	1510	1760	2010
2 255			885	1010	1135	1260		1510	1760	2010

3 Längen

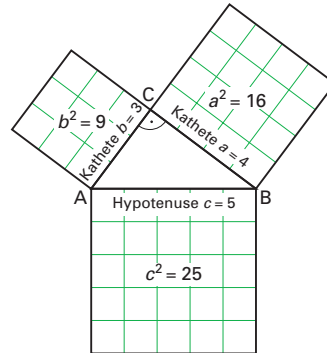
Seitenlängen rechtwinkliger Dreiecke – Winkelfunktionen

Lehrsatz:

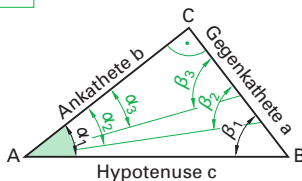
Im rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat über der Hypotenuse gleich der Summe der Quadrate über den beiden Katheten.

Grundformeln:	Für die Berechnung der Seitenlänge gilt:
$c^2 = a^2 + b^2$	► $c = \sqrt{a^2 + b^2}$
$a^2 = c^2 - b^2$	► $a = \sqrt{c^2 - b^2}$
$b^2 = c^2 - a^2$	► $b = \sqrt{c^2 - a^2}$

Lehrsatz des Pythagoras



$$\begin{aligned}\alpha_1 + \beta_1 &= 90^\circ \\ \alpha_2 + \beta_2 &= 90^\circ \\ \alpha_3 + \beta_3 &= 90^\circ\end{aligned}$$



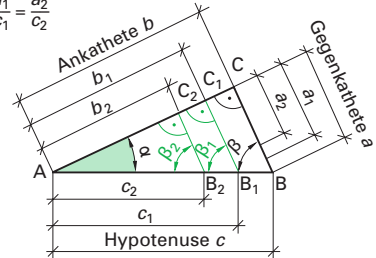
Abhängigkeiten von Seiten und Winkeln im rechtwinkligen Dreieck

Formeln: Winkelfunktionen
$\text{Sinus} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$
$\text{Cosinus} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$
$\text{Tangens} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$
$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$

$$\sin \alpha = \cos \beta$$

$$\sin \beta = \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{a_1}{c_1} = \frac{a_2}{c_2}$$



Seitenverhältnisse

Sind in verschiedenen großen (rechtwinkligen) Dreiecken die Winkel gleich, so sind auch deren Seitenverhältnisse gleich. Im rechtwinkligen Dreieck ist der Sinus eines Winkels gleich dem Cosinus seines Gegenwinkels.

bezogen auf den Winkel α :

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{a}{c} & a &= c \cdot \sin \alpha & c &= \frac{a}{\sin \alpha} \\ \cos \alpha &= \frac{b}{c} & b &= c \cdot \cos \alpha & c &= \frac{b}{\cos \alpha} \\ \tan \alpha &= \frac{a}{b} & a &= b \cdot \tan \alpha & b &= \frac{a}{\tan \alpha} \\ \cot \alpha &= \frac{b}{a} & b &= a \cdot \cot \alpha & a &= \frac{b}{\cot \alpha}\end{aligned}$$

bezogen auf den Winkel β :

$$\begin{aligned}\sin \beta &= \frac{b}{c} & b &= c \cdot \sin \beta & c &= \frac{b}{\sin \beta} \\ \cos \beta &= \frac{a}{c} & a &= c \cdot \cos \beta & c &= \frac{a}{\cos \beta} \\ \tan \beta &= \frac{b}{a} & b &= a \cdot \tan \beta & a &= \frac{b}{\tan \beta} \\ \cot \beta &= \frac{a}{b} & a &= b \cdot \cot \beta & b &= \frac{a}{\cot \beta}\end{aligned}$$

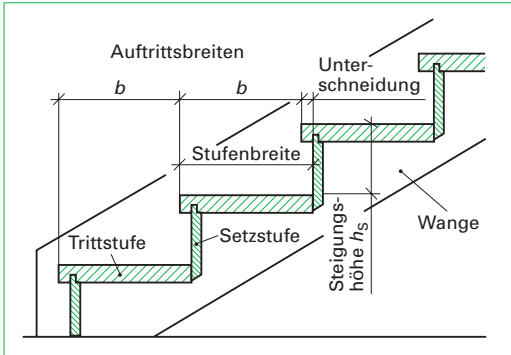
Sinus 0 ... 45°												Sinus 45 ... 90°													
Min. Grad	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°		Min. Grad	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°		Min. Grad	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89	45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44	45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88	46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43	46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87	47	0,7314	0,7334	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431	42	47	0,7314	0,7334	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86	48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41	48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85	49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40	49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84	50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39	50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83	51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880	38	51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82	52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37	52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81	53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36	53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80	54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35	54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79	55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34	55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78	56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33	56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77	57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32	57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76	58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31	58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75	59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30	59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74	60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29	60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73	61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28	61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72	62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27	62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	71	63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26	63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0,3393	0,3420	70	64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25	64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063
20	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69	65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24	65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68	66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23	66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67	67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22	67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66	68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21	68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65	69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20	69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397
25	0,4226	0,4253	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64	70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19	70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63	71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18	71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62	72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17	72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4797	0,4823	0,4848	61	73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16	73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,5000	60	74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15	74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59	75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14	75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703
31	0,5150	0,5175	0,5200	0,5225	0,5250	0,5275	0,5299	58	76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13	76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744
32	0,5299	0,5324	0,5348	0,5373	0,5398	0,5422	0,5446	57	77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12	77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781
33	0,5446	0,5471	0,5495	0,5519	0,5544	0,5568	0,5592	56	78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11	78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55	79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10	79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54	80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877	9	80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,5972	0,5995	0,6018	53	81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	8	81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	52	82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925	7	82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925
38	0,6157	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6294	51	83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945	6	83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0,6383	0,6406	0,6428	50	84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962	5	84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49	85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976	4	85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48	86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	3	86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47	87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994	2	87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46	88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9999	1,0000	1	88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9999	1,0000
44	0,6947	0																							

Tangens 0 ... 45°												Tangens 45 ... 90°																			
Grad	Min.	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		Grad	Min.	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		Grad	Min.	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		Grad	Min.
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	0,0175	89	45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0235	1,0295	1,0355	1,0355	44	50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	1,2349	39	80	1,7133
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	0,0349	88	46	1,0355	1,0416	1,0477	1,0538	1,0599	1,0661	1,0724	1,0724	43	51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	1,2799	38	81	1,8040
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	0,0524	87	47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0977	1,1041	1,1106	1,1106	42	52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	1,3270	37	82	1,8807
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	0,0699	86	48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	1,1504	41	53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3513	1,3597	1,3680	1,3764	1,3764	36	83	1,9626
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	0,0875	85	49	1,1504	1,1571	1,1637	1,1703	1,1768	1,1836	1,1904	1,1904	40	54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4019	1,4106	1,4193	1,4281	1,4281	35	84	2,0503
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	0,1051	84	50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	1,2349	39	55	1,4281	1,4370	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	1,4826	34	85	2,1445
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	0,1228	83	51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	1,2799	38	56	1,4826	1,4919	1,5013	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	1,5399	33	86	2,2446
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	0,1405	82	52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	1,3270	37	57	1,5399	1,5497	1,5597	1,5697	1,5798	1,5900	1,6003	1,6003	32	87	2,3559
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	0,1584	81	53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3513	1,3597	1,3680	1,3764	1,3764	36	58	1,6003	1,6107	1,6212	1,6319	1,6426	1,6534	1,6643	1,6643	31	88	2,4751
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	0,1763	80	54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4019	1,4106	1,4193	1,4281	1,4281	40	59	1,6643	1,6753	1,6864	1,6977	1,7090	1,7205	1,7321	1,7321	30	89	2,6051
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	0,1944	79	60	1,7321	1,7437	1,7556	1,7675	1,7796	1,7917	1,8040	1,8040	29	61	1,8040	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	1,8807	28	90	2,7228
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	0,2126	78	61	1,8040	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	1,8807	28	62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	1,9626	27	91	2,8502
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	0,2309	77	62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	1,9626	27	63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0055	2,0200	2,0353	2,0503	2,0503	26	92	2,9817
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	0,2493	76	63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0055	2,0200	2,0353	2,0503	2,0503	26	64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	2,1445	25	93	3,0867
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	0,2679	75	64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	2,1445	25	65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	2,2460	24	94	3,2077
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	0,2867	74	65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	2,2460	24	66	2,2446	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3559	2,3559	23	95	3,3270
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	0,3057	73	66	2,2446	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3559	2,3559	23	67	2,3559	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	2,4751	22	96	3,4474
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	0,3249	72	67	2,3559	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	2,4751	22	68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5386	2,5605	2,5828	2,6051	2,6051	21	97	3,5681
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	0,3443	71	68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5386	2,5605	2,5828	2,6051	2,6051	21	69	2,6051	2,6279	2,6511	2,6746	2,6985	2,7228	2,7475	2,7475	20	98	3,6891
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	0,3640	70	70	2,7475	2,7725	2,7980	2,8239	2,8502	2,8770	2,9042	2,9042	19	71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	3,0777	18	99	3,8104
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	0,3839	69	71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	3,0777	18	72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	3,2709	17	100	3,9315
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	0,4040	68	72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	3,2709	17	73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	3,4874	16	101	4,0464
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	0,4245	67	73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	3,4874	16	74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	3,7321	15	102	4,1614
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	0,4452	66	74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	3,7321	15	75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	4,0108	14	103	4,2764
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	0,4663	65	75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	4,0108	14	76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2742	4,3315	4,3315	13	104	4,3915
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	0,4877	64	76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2742	4,3315	4,3315	13	77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6382	4,7046	4,7046	12	105	4,5107
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095	0,5095	63	77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6382	4,7046	4,7046	12	78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	5,1446	11	106	4,6382
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	0,5317	62	78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	5,1446	11	79	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	5,6713	10	107	4,7564
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543	0,5543	61	80	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	5,6713	10	80	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	6,3138	9	108	4,8731
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	0,5774	60	81	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	6,3138	9	81	6,3138	6,4348	6,5606	6,6912	6,8269	6,9682	7,1154	7,1154	8	109	4,9902
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	0,6009	59	82	6,0844	6,1970	6,3138	6,4348	6,5606	6,6912	6,8269	6,8269	8	82	6,8269	7,0000	7,1787	7,3630	7,5536	7,7504	7,9530	8,1443	7	110	5,1073
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	0,6249	58	83	6,5606	6,6912	6,8269	6,9612	7,1000	7,2444	7,3944	7,3944	7	83	7,3944	7,5855	7,7822	7,9854	8,1954	8,4119	8,6354	8,8564	6	111	5,2257
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	0,6494	57	84	7,0000	7,2000	7,4054	7,6164	7,8330	8,0554	8,2834	8,2834	6	84	8,2834	8,5000	8,7222	8,9500	9,1834	9,4224	9,6664	9,9154	5	112	5,3511
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	0,6745	56	85	7,5855	7,7822	7,9854	8,1954	8,4119	8,6354	8,8564	8,8564	5	85	9,5144	9,7666	10,0250	10,2894	10,5594	10,8354	11,1174	11,4004	4	113	5,4764
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	0,7002	55	86	8,0554	8,2834	8,5000	8,7222	8,9500	9,1834	9,4224	9,4224	4	86	10,0250	10,2894	10,5594	10,8354	11,1174	11,4004	11,6834	11,9664	3	114	5,6017
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	0,7265	54	87	8,5000	8,7222	8,9500	9,1834	9,4224	9,6664	9,9154	9,9154	3	87	10,5594	10,8354	11,1174	11,4004	11,6834	11,9664	12,2504	12,5354	2	115	5,7270
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400																											

3 Längen

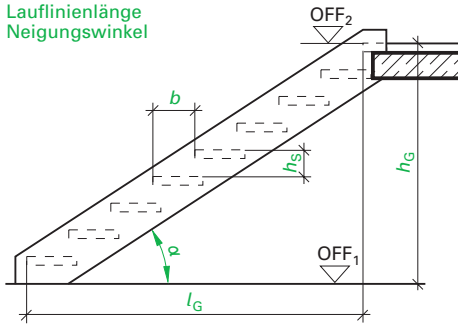
Treppen

Steigungsverhältnis



Begriffe an Treppenstufen

- b Auftrittsweite
- h_s Steigungshöhe
- h_G Geschosshöhe
- l_G Lauflinienlänge
- α Neigungswinkel



$$\text{Steigungsverhältnis} = \frac{\text{Steigungshöhe}}{\text{Auftrittsweite}} = \frac{h_s}{b}$$

$$\text{Ideale Steigungsverhältnisse} = \frac{17}{29} \text{ bis } \frac{18}{27}$$

Tabelle: Steigungshöhen und Auftrittsweiten

	Steigungs- höhe h_s	Auftritts- breite b
Einfamilienhaustreppen	$\leq 20 \text{ cm}$	$\geq 23 \text{ cm}$
Keller-, Boden-, Neben- und Nottreppen	$\leq 20 \text{ cm}$	$\geq 21 \text{ cm}$
Treppen in Mehrfamilien- häusern	$\leq 19 \text{ cm}$	$\geq 26 \text{ cm}$

Schrittmaßregel

Die Zahl der Steigungen ist stets um eins größer als die Zahl der Auftritte.

$$n_S = n_A + 1$$

$$n_A = n_S - 1$$

Schrittmaßregel:

$$\text{Schrittlänge } l_S = 2 \times \text{Steigungshöhe} + 1 \times \text{Auftrittsweite} = 63 \text{ cm}$$

$$l_S = 2h_s + b = 63 \text{ cm}$$

Tabelle: Schrittlängen

Normalfall	$l_S = 2h_s + b = 63$
Flache Treppe	$l_S = 2h_s + b = 61$ wobei $h_s \leq 17 \text{ cm}$
Steile Treppe	$l_S = 2h_s + b = 65$ wobei $h_s \geq 18 \text{ cm}$

Berechnung der Steigungshöhe:

$$\text{Steigungshöhe } h_s = \frac{\text{Geschosshöhe}}{\text{Anzahl der Steigungen}}$$

$$h_s = \frac{h_G}{n_S}$$

Berechnung der Auftrittsweite:

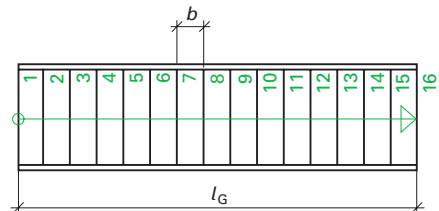
$$\text{Auftrittsweite } b = \frac{\text{Lauflinienlänge } l_G}{\text{Anzahl der Auftritte}}$$

$$b = \frac{l_G}{n_A} \text{ oder } b = 63 - 2h_s$$

Berechnung der Lauflinienlänge:

$$\text{Lauflinienlänge } l_G = \text{Anzahl der Auftritte} \times \text{Auftrittsweite}$$

$$l_G = n_A \cdot b$$



Lauflinienlänge