

## Sicherheitszeichen

### Verbotsszeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 (2020-07)

					
Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten	Für Flurförderfahrzeuge verboten	Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren	Berühren verboten	Mit Wasser löschen verboten	Eingeschaltete Mobiltelefone verboten
					
Hineinfassen verboten	Auf die Fläche steigen verboten	Essen und Trinken verboten	Abstellen oder Lagern verboten	Betreten der Fläche verboten	Nicht zulässig für Freihand- und handgeführtes Schleifen

### Warnzeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 (2020-07)

					
Warnung vor spitzem/scharfem Gegenstand	Warnung vor elektrischer Spannung	Warnung vor Absturzgefahr	Warnung vor schwebender Last	Warnung vor Flurförderzeugen	Warnung vor Laserstrahl

### Gebotszeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 (2020-07)

					
Gehörschutz benutzen	Augenschutz benutzen	Kopfschutz benutzen	Maske benutzen	Atemschutz benutzen	Schweißmaske benutzen

### Rettungszeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 (2020-07)

					
Notausgang (links)	Erste Hilfe	Sammelstelle	Notausgangsvorrichtung, die nach Zerschlagen einer Scheibe zu erreichen ist	Automatisierter externer Defibrillator (AED)	Augenspül-einrichtung

### Brandschutzzeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 (2020-07)

					
Feuerlöscher	Löschschlauch Wandhydrant	Leiter	Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung	Brandmelder	Brandmelde-telefon



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# Tabellenbuch für Metallbautechnik

**Lektorat: Gerhard Lämmlin**

Autoren:	M. Fehrmann	S. Hierl	Dr. E. Ignatowitz
	D. Köhler	F. Köhler	G. Lämmlin
	E. Lang	H.-J. Pahl	A. Steinmüller
	A. Weingartner		

**11. Auflage**

**Europa-Nr.: 16011**

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

## Autoren

Fehrmann, Michael	Dipl.-Ing. (FH), Studiendirektor	Waiblingen
Hierl, Stephanie	Dipl.-Ing. (FH)	München
Ignatowitz, Eckhard	Dr.-Ing., Studienrat	Waldbronn
Köhler, Dagmar	Dipl.-Ing.-Päd. i. R.	Moritzburg
Köhler, Frank	Dipl.-Ing.-Päd. i. R.	Moritzburg
Lämmlein, Gerhard	Dipl.-Ing.; Studiendirektor i. R.	Neustadt/Weinstraße
Lang, Esther	Metallbaumeisterin, Studienrätin	Waddeweitz
Pahl, Hans-Joachim	Oberstudienrat	Hamburg
Steinmüller, Armin	Dipl.-Ing.	Hamburg
Weingartner, Alfred	Studiendirektor i. R.	München

Für die Mitarbeit an der 1. bis 5. Auflage dieses Buches dankt der Arbeitskreis Herrn Jürgen Hohenstein und Herrn Werner Röhrer; für die Mitarbeit an der 1. bis 6. Auflage Herrn Gunter Mahr.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Steinmüller für die Leitung des Arbeitskreises bis zur 9. Auflage.

**Lektorat** und Leitung des Arbeitskreises: Lämmlein, Gerhard, Dipl.-Ing., StD

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Angaben in diesem Tabellenbuch beziehen sich auf die neuesten Ausgaben der Normblätter und sonstiger amtlicher Regelwerke. Es sind jedoch nur auf das Wesentliche beschränkte ausgewählte Teile der Originale. Verbindlich für die Anwendung sind nur die Original-Normblätter mit dem neuesten Ausgabedatum des DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) selbst. Diese können durch die Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Auch andere Inhalte, die auf Verordnungen, Regelwerken oder Herstellervorgaben unterschiedlicher Herkunft basieren, dürfen nur an Hand der jeweils neuesten Ausgabe der Originalfassung angewendet werden. In diesem Nachschlagewerk stehen in der Regel nur Auszüge aus den oft umfangreichen Unterlagen.

Das vorliegende Werk wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Fakten, Hinweisen und Vorschlägen sowie für eventuelle Satz- und Druckfehler keine Haftung.

Die in diesem Buch wiedergegebenen Namen und Bezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

**Hinweis:** In Zukunft werden wir Sie über wichtige Fehlerkorrekturen, Normänderungen oder andere Fakten unter der Adresse [www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de) informieren.

11. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 korrigierter Nachdruck 2023

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

ISBN 978-3-7585-1157-8

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Schlosserei Wendt, Braunschweig, Architekt Klaus Krüger, Braunschweig,

Asymptotische Gitterschale, Prof. Dr.-Ing. R. Barthel TUM und

Dipl.-Ing. Architekt Eike Schling TUM; bauforumstahl e.V., Düsseldorf.

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Während der letzten Jahrzehnte hat sich die Berufsgruppe der Metallbauer und Konstruktionsmechaniker zusammen mit den Stahl- und Metallbauunternehmen stark entwickelt. Dies sowohl auf Grund neuer Tendenzen in der Architektur als auch wegen erhöhter Anforderungen beim Wärmeschutz von Gebäuden als Beitrag zum Klimaschutz. Die für diese Berufe herausgegebene Fachbuchreihe des Verlages EUROPA-LEHRMITTEL besitzt mit diesem Tabellenbuch eine für Unterricht und Praxis notwendige aktuelle Basis an Daten und Fakten. Dieses ist aber auch unabhängig vom Schulunterricht als Nachschlagewerk geeignet.

In erster Linie ist diese Tabellen- und Formelsammlung für die Berufsausbildung der Metallbauer und Konstruktionsmechaniker bestimmt. Um den vielfältigen Anforderungen der beruflichen Weiterbildung Rechnung zu tragen, wurden darüber hinaus Informationen aufgenommen, die für den Unterricht in Meisterschulen und Fachschulen Bedeutung haben. Außerdem enthält dieses Nachschlagewerk für Studierende der Architektur und des Bauwesens viele wichtige Angaben und kann ein hilfreicher Wegweiser zu anderen Quellen mit weitergehenden Detailinformationen sein.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in die nebenstehend aufgeführten acht Themenbereiche. Die Vielfalt der Informationen bedingt, dass hin und wieder Inhalte einer Überschrift zugeordnet werden, die möglicherweise auch an anderer Stelle stehen könnten.

Jeder der 8 Hauptteile enthält Formeln, Gleichungen, Tabellen, Definitionen und in manchen Fällen auch knappe Erläuterungen. Zur besseren Abgrenzung von den Formeln, werden die Einheitengleichungen mit einem blauen Rahmen versehen. In den Tabellen sind wesentliche Inhalte von DIN-Normen, Regeln der Behörden und Berufsgenossenschaften, Stoffwerte und Firmenangaben zu speziellen Verfahren und Konstruktionslösungen zu finden.

Zum schnellen Aufsuchen bestimmter Sachverhalte dienen die umfangreichen Teil-Inhaltsverzeichnisse sowie ein Sachwortverzeichnis mit englischer Übersetzung. Inhaltlich ähnliche Seiten wurden nach denselben grafischen Prinzipien benutzerfreundlich gestaltet. Bei Normteilen, Werkstoffen, vielen Bauteilen sowie bei Kurzangaben in Zeichnungen wird jeweils ein Bezeichnungsbeispiel aufgeführt.

Die jetzt vorliegende **11. Auflage** entspricht in der Abfolge der Themen der vorherigen. Alle Normangaben wurden überprüft und, falls notwendig, aktualisiert. In einigen Fällen waren wegen erneuerter oder ersetzter Normen größere Änderungen notwendig. **Besonderes Augenmerk wurde auf die „Grundlagen der Tragwerksplanung nach Eurocode“ gelegt.**

Der Umfang des gesamten Fachgebietes und die Vielfalt der Informationen aus den in permanenter Weiterentwicklung befindlichen einzelnen Sachgebieten des Metall- und Stahlbaus zwang uns im Interesse einer überschaubaren Seitenzahl dazu, manche von einzelnen Lesern gewünschten Sachverhalte nicht zu berücksichtigen.

Wir danken unseren Lesern für ihre Zuschriften und hoffen auch weiterhin auf ihre Meinungsäußerungen. Ebenso sind wir stets dankbar für Fehlerhinweise, Anregungen und Verbesserungsvorschläge, die wir Sie bitten, an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) zu schicken.

Mathematische  
Grundlagen

M

Naturwissenschaftlich-  
technische Grundlagen

N

Arbeitsplanung  
Technische Kommunikation  
Arbeitsicherheit  
Umweltschutz

A

Werkstoffe

W

Bauteile  
Befestigungsmittel  
Verbindungsmittel

B

Fertigungstechnik

F

Konstruktionselemente  
und Bauteile

K

Steuerungs- und  
Regelungstechnik,  
NC-Technik

S

<b>M Technische Mathematik</b>	<b>5</b>
Allgemeine Grundlagen .....	6
Mathematische Grundlagen .....	10
Winkel, Strahlensatz .....	15
Winkelfunktionen .....	16
Längen .....	17
Flächen .....	18
Volumen – Oberflächen .....	23
Volumen – Masse .....	26
Schwerpunkte .....	28

<b>N Naturwissenschaftlich-technische Grundlagen</b>	<b>29</b>
Bewegung .....	30
Kräfte .....	31
Arbeit, Leistung, Energie .....	34
Druck .....	36
Statik und Festigkeit .....	37
Grundlagen der Tragwerksplanung nach Eurocode .....	44
Elektrotechnik .....	68
Bauphysik .....	70
Chemie .....	84

<b>A Arbeitsplanung – Technische Kommunikation – Arbeitssicherheit</b>	<b>87</b>
Grundlagen der technischen Kommunikation ..	88
Grundlagen des technischen Zeichnens .....	89
Geometrische Grundkonstruktionen .....	104
Maßeintragung .....	111
Grenzmaße und Passungen .....	124
Oberflächenbeschaffenheit .....	132
Oberflächenbeschaffenheit, Wärmebehandlungsangaben .....	134
Schweißzeichnungen .....	135
Metall- und Stahlbauzeichnungen .....	141
Rohrleitungsdarstellungen .....	150
Bauzeichnungen .....	152
Gestaltung .....	157
Kalkulation .....	159
Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz ..	165

<b>W Werkstoffe</b>	<b>179</b>
Stoffwerte .....	180
Werkstoffnummern .....	182
Einteilung der Stähle .....	183
Bezeichnungssystem für Stähle .....	184
Stahlsorten .....	189
Schneidstoffe .....	193
Stahlbleche .....	194
Warmgewalzte Stahlprofile .....	197
Rohre .....	208
Stahlrohre .....	209
Bauteile und Erzeugnisse .....	214
Nichteisen-Metalle .....	218
Kunststoffe .....	223
Schmierstoffe .....	227
Kühlschmierstoffe, Hydrauliköle .....	228
Korrosionsschutz .....	229
Wärmebehandlung der Stähle .....	240
Werkstoffprüfung .....	243
Standardisierte Farben .....	247

<b>B Bauteile, Befestigungsmittel, Verbindungsmittel, Anschlagmittel</b>	<b>249</b>
Gewinde .....	250
Schrauben .....	255
Muttern .....	277
Scheiben .....	281
Scheiben und Sicherungselemente .....	282
Verbindungselemente .....	283
Verbindungselemente, Stanzverbindungen ..	288
Befestigungselemente .....	289
Montageelemente .....	296
Anschlagmittel .....	297

<b>F Fertigungstechnik</b>	<b>303</b>
Biegen .....	304
Schmieden .....	315
Trennen .....	316
Antriebstechnik .....	320
Spanende Fertigungsverfahren .....	325
Schweißen .....	332
Löten .....	352
Kleben .....	354

<b>K Konstruktionselemente und Bauteile</b>	<b>355</b>
Schlösser .....	356
Türen .....	365
Bänder .....	374
Tore .....	376
Treppen .....	385
Geländer .....	395
Fenster .....	406
Verglasungen .....	412
Sonnenschutz .....	431
Stahlbau .....	433
Metallbauelemente .....	452
Rohrrahmenprofile .....	454
Instandhaltung .....	462

<b>S Steuerungs- und Regelungstechnik, CNC-Technik</b>	<b>463</b>
Grundbegriffe der Steuerungs- und Regelungstechnik .....	464
Schaltalgebra und elektronische Schaltzeichen .....	465
Logische Verknüpfungen .....	468
GRAFSET .....	472
Elektrische Betriebsmittel .....	474
Funktionsdiagramme .....	475
Pneumatik und Hydraulik .....	476
Steuerung von Werkzeugmaschinen .....	486
Datenverarbeitung und Internet .....	495

<b>Verzeichnis der zitierten Normen und anderer Regelwerke</b>	<b>497</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>500</b>
<b>Bildquellenverzeichnis</b>	<b>508</b>



Formelzeichen

vgl. DIN 1304-1 (1994-03)

M

Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
<b>Länge, Fläche, Volumen, Winkel</b>		<b>Mechanik</b>		<b>Wärme</b>	
<i>l</i>	Länge	<i>m</i>	Masse	<i>T, Θ</i>	thermodynamische Temperatur <sup>3)</sup> (in K)
<i>b</i>	Breite	<i>m'</i>	längenbezogene Masse	$\Delta T, \Delta \Theta$	Temperaturdifferenz <sup>3)</sup>
<i>h</i>	Höhe, Tiefe	<i>m''</i>	flächenbezogene Masse	<i>t, θ</i>	Celsius-Temperatur <sup>3)</sup> (in °C)
<i>r, R</i>	Radius, Halbmesser	<i>ρ</i>	Dichte	$\Delta t, \Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz
<i>d, D</i>	Durchmesser	<i>J</i>	Trägheitsmoment	<i>α<sub>l</sub>, α</i>	Längenausdehnungskoeffizient
<i>s</i>	Weglänge, Kurvenlänge	<i>F</i>	Kraft	<i>α<sub>v</sub>, γ</i>	Volumenausdehnungskoeffizient
<i>λ</i>	Wellenlänge	<i>F<sub>Gr</sub>, G</i>	Gewichtskraft	<i>Q</i>	Wärme, Wärmemenge
<i>A, S</i>	Fläche, Querschnittsfläche	<i>M</i>	Drehmoment	<i>λ</i>	Wärmeleitfähigkeit
<i>V</i>	Volumen	<i>T</i>	Torsionsmoment	<i>α</i>	Wärmeübergangskoeffizient <sup>3)</sup>
<i>α, β, γ</i>	ebener Winkel	<i>M<sub>b</sub></i>	Biegemoment	<i>k</i>	Wärmedurchgangskoeffizient <sup>3)</sup>
<i>Ω</i>	Raumwinkel	<i>p</i>	Druck	$\phi, \dot{Q}$	Wärmestrom
<b>Zeit</b>		<i>p<sub>abs</sub></i>	absoluter Druck	<i>a</i>	Temperaturleitfähigkeit
<i>t</i>	Zeit, Dauer	<i>p<sub>amb</sub></i>	Atmosphärendruck	<i>C</i>	Wärmekapazität
<i>T</i>	Periodendauer	<i>ρ<sub>e</sub></i>	Überdruck	<i>c</i>	spez. Wärmekapazität
<i>f, ν</i>	Frequenz	<i>σ</i>	Normalspannung	<i>H<sub>i</sub></i>	spezifischer Heizwert
<i>n</i>	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	<i>τ</i>	Schubspannung	<b>Elektrizität</b>	
<i>ω</i>	Winkelgeschwindigkeit	<i>A</i>	Bruchdehnung <sup>2)</sup>	<i>Q</i>	Ladung, Elektrizitätsmenge
<i>v, u</i>	Geschwindigkeit	<i>ε</i>	Dehnung, rel. Längenänderung	<i>U</i>	Spannung
<i>a</i>	Beschleunigung	<i>E</i>	Elastizitätsmodul	<i>C</i>	Kapazität
<i>g</i>	örtliche Fallbeschleunigung	<i>G</i>	Schubmodul	<i>ε</i>	Permittivität
<i>α</i>	Winkelbeschleunigung	<i>μ, f</i>	Reibungszahl	<i>I</i>	Stromstärke
<i>q<sub>v</sub>, V</i>	Volumenstrom	<i>W</i>	Widerstandsmoment	<i>L</i>	Induktivität
<b>Akustik</b>		<i>I</i>	Flächenmoment 2. Grades	<i>μ</i>	Permeabilität
<i>p</i>	Schalldruck	<i>W<sub>p</sub>, E<sub>p</sub></i>	Arbeit, Energie	<i>R</i>	Widerstand
dB(A)	Schallpegel <sup>1)</sup>	<i>W<sub>kr</sub>, E<sub>k</sub></i>	potenzielle Energie	<i>R</i>	Widerstand
<i>c</i>	Schallgeschwindigkeit	<i>P</i>	kinetische Energie	<i>q</i>	spezifischer Widerstand
<i>L<sub>p</sub></i>	Schalldruckpegel	<i>η</i>	Leistungsgrad	<i>γ, x</i>	elektrische Leitfähigkeit
<i>L<sub>N</sub></i>	Lautstärkepegel	<b>Licht, elektromagnet. Strahlung</b>		<i>X</i>	Blindwiderstand
<i>I</i>	Schallintensität	<i>E<sub>v</sub></i>	Beleuchtungsstärke	<i>Z</i>	Scheinwiderstand
<i>N</i>	Lautheit	<i>f</i>	Brennweite	<i>φ</i>	Phasenverschiebungswinkel
		<i>n</i>	Brechzahl	<i>N</i>	Windungszahl
		<i>I<sub>e</sub></i>	Strahlstärke		
		<i>Q<sub>er</sub>, W</i>	Strahlungsenergie		

<sup>1)</sup> nicht in DIN 1304; siehe Seite 80

<sup>2)</sup> nicht in DIN 1304; siehe Seite 169 ff.

<sup>3)</sup> Abweichungen von DIN 1304 s. S. 70 bis 79

Mathematische Zeichen

Math. Zeichen	Sprechweise	Math. Zeichen	Sprechweise	Math. Zeichen	Sprechweise
≈	ungefähr gleich	π	pi (Kreiszahl = 3,14159...)	ln	natürlicher Logarithmus
≐	entspricht	<i>a<sup>x</sup></i>	a hoch x, x-te Potenz von a	log	Logarithmus (allgemein)
…	und so weiter bis	$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus	lg	dekadischer Logarithmus
=	gleich	$\sqrt[n]{\quad}$	n-te Wurzel aus	sin	Sinus
≠	ungleich	x	Betrag von x	cos	Kosinus
def	ist definitionsgemäß	∞	unendlich	tan	Tangens
≤	kleiner	⊥	senkrecht auf	cot	Kotangens
<	kleiner gleich	∥	ist parallel zu	arcsin	Arcussinus
>	größer	∥	ist parallel zu	%	Prozent, vom Hundert
≥	größer gleich	↕	gleichsinnig parallel	‰	Promille, vom Tausend
+	plus	↔	gegenseitig parallel	() , [] , {}	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu
-	minus	∠	Winkel	$\overline{AB}$	Strecke AB
·	mal, multipliziert mit	△	Dreieck	$\widehat{AB}$	Bogen AB
-, /, :	durch, geteilt durch, zu	≅	kongruent zu	<i>a', a''</i>	a Strich, a zwei Strich
Σ	Summe	Δx	Delta x (Differenz zweier Werte)	<i>a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub></i>	a eins, a zwei
~	proportional				

## Einheiten im Messwesen

Die Einheiten im Messwesen sind im Internationalen Einheitensystem (SI = Systeme International) festgelegt. Es baut auf den sieben Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet werden. → vgl. DIN 1301-1 (2010-10)

### Basisgrößen und Basiseinheiten

	Basisgröße	Basiseinheit	Einheitenzeichen
	Länge	Meter	m
	Masse	Kilogramm	kg
	Zeit	Sekunde	s
	elektrische Stromstärke	Ampere	A
	Temperatur	Kelvin	K
	Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd	

### Größen und Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung	Bemerkung
		Name	Zeichen		
<b>Länge, Fläche, Volumen, Winkel</b>					
Länge	<i>l</i>	Meter	m	1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm 1 mm = 1000 µm 1 km = 1000 m	1 inch = 1 Zoll = 25,4 mm  In der Luft- und Seefahrt gilt: 1 internationale Seemeile = 1852 m
Fläche	<i>A, S</i>	Quadratmeter Ar Hektar	m <sup>2</sup> a ha	1 m <sup>2</sup> = 10000 cm <sup>2</sup> = 1000000 mm <sup>2</sup> 1 a = 100 m <sup>2</sup> 1 ha = 100 a = 10000 m <sup>2</sup> 100 ha = 1 km <sup>2</sup>	Zeichen <i>S</i> nur für Querschnittsflächen Ar und Hektar nur für Flächen von Grundstücken
Volumen	<i>V</i>	Kubikmeter Liter	m <sup>3</sup> l, L	1 m <sup>3</sup> = 1000 dm <sup>3</sup> = 1000000 cm <sup>3</sup> = 1 L = 1 dm <sup>3</sup> = = 10 dl = 0,001 m <sup>3</sup> 1 ml = 1 cm <sup>3</sup>	Meist für Flüssigkeiten und Gase
ebener Winkel (Winkel)	<i>α, β, γ</i> ...	Radian Grad Minute Sekunde	rad ° ' "	1 rad = 1 m/m = 57,2957...° = 180°/π  1° = $\frac{\pi}{180}$ rad = 60' 1' = 1°/60 = 60" 1" = 1'/60 = 1°/3600	1 rad ist der Winkel, der aus einem um den Scheitelpunkt geschlagenen Kreis mit 1 m Radius einen Bogen von 1 m Länge schneidet. Bei techn. Berechnungen z. B. nicht $\alpha = 33^\circ 17' 27,6''$ , sondern besser $\alpha = 33,291^\circ$ verwenden.
<b>Zeit</b>					
Zeit, Zeitspanne, Dauer	<i>t</i>	Sekunde Minute Stunde Tag Jahr	s min h d a	1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h	3 h bedeutet eine Zeitspanne (3 Std.) 3 <sup>h</sup> bedeutet einen Zeitpunkt (3 Uhr). Werden Zeitpunkte in gemischter Form, z. B. 3 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> geschrieben, so kann das Zeichen min auf m verkürzt werden.
Drehzahl, Um-drehungs-frequenz	<i>n</i>	1 durch Sekunde 1 durch Minute	1/s 1/min	1/s = 60/min = 60 min <sup>-1</sup> 1/min = 1 min <sup>-1</sup> = $\frac{1}{60}$ s	
Geschwindigkeit	<i>v</i>	Meter durch Sekunde	m/s	1 m/s = 60 m/min = 3,6 km/h	Geschwindigkeit bei der Seefahrt in Knoten (kn). 1 kn = 1,852 km/h  Mile per hour = 1 mile/h = 1 mph 1 mph = 1,60934 km/h
		Meter durch Minute Kilometer d. Stunde	m/min km/h	1 m/min = $\frac{1}{60}$ s 1 km/h = $\frac{1000}{3600}$ m/s = $\frac{1}{3,6}$ s	
Beschleunigung	<i>a, g</i>	Meter durch Sekunde hoch zwei	m/s <sup>2</sup>	1 m/s <sup>2</sup> = $\frac{1}{1}$ m/s	Formelzeichen <i>g</i> nur für Fallbeschleunigung. <i>g</i> = 9,81 m/s <sup>2</sup>

Einheiten im Messwesen

vgl. DIN 1301-1 (2010-10)

Größen und Einheiten (Fortsetzung)

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung	Bemerkung
		Name	Zeichen		
<b>Mechanik</b>					
Masse	<i>m</i>	<b>Kilogramm</b> Gramm Megagramm Tonne	kg g Mg t	1 kg = 1000 g 1 g = 1000 mg  1 t = 1000 kg = 1 Mg 0,2 g = 1 Kt	Gewicht im Sinne eines Wägeregebnisses oder eines Wägestückes ist eine Größe von der Art der Masse (Einheit kg). Masse für Edelsteine in Karat (Kt).
längenbezogene Masse	<i>m'</i>	Kilogramm durch Meter	kg/m	1 kg/m = 1 g/mm	Die längenbezogene Masse wird z.B. zur Berechnung der Masse (Gewicht) von Stabwerkstoffen, Profilen und Rohren verwendet.
flächenbezogene Masse	<i>m''</i>	Kilogramm durch Meter hoch zwei	kg/m <sup>2</sup>	1 kg/m <sup>2</sup> = 0,1 g/cm <sup>2</sup>	Die flächenbezogene Masse wird z.B. zur Berechnung der Masse von Blechen verwendet.
Dichte	$\rho$	Kilogramm durch Meter hoch drei	kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup> = 1 t/m <sup>3</sup> = 1 kg/dm <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup> = 1 g/ml = 1 mg/mm <sup>3</sup>	Die Dichte ist eine vom Ort unabhängige Größe.
Trägheitsmoment, Massenmoment 2. Grades	<i>J</i>	Kilogramm mal Meter hoch zwei	kg · m <sup>2</sup>		früher: Massenträgheitsmoment
Kraft	<i>F</i>	Newton	N	1 N = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ = 1 $\frac{\text{J}}{\text{m}}$ 1 MN = 10 <sup>3</sup> kN = 1000000 N	Die Kraft 1 N bewirkt bei der Masse 1 kg in 1 s eine Geschwindigkeitsänderung von 1 m/s.
Gewichtskraft	<i>F<sub>G</sub></i> , <i>G</i>				
Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	<i>M</i> <i>M<sub>b</sub></i> <i>T</i>	Newton mal Meter	N · m		
Druck	<i>p</i>	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 0,01 mbar 1 bar = 100000 N/m <sup>2</sup> = 10 N/cm <sup>2</sup> = 10 <sup>5</sup> Pa 1 mbar = 1 hPa 1 N/mm <sup>2</sup> = 10 bar = 1 MN/m <sup>2</sup> = 1 MPa 1 bar = 0,1 N/mm <sup>2</sup>	Unter Druck versteht man die Kraft je Flächeneinheit. <i>p<sub>e</sub></i> – Überdruck <i>p<sub>abs</sub></i> – absoluter Druck <i>p<sub>atm</sub></i> – atmosphärischer Druck
mechanische Spannung	$\sigma$ , $\tau$	Newton durch Meter hoch zwei	N/m <sup>2</sup>		
Flächenmoment 2. Grades	<i>I</i>	Meter hoch vier Zentimeter hoch vier	m <sup>4</sup> cm <sup>4</sup>	1 m <sup>4</sup> = 100000000 cm <sup>4</sup>	früher: Flächenträgheitsmoment
Energie, Arbeit Wärmemenge	<i>E</i> , <i>W</i>	Joule	J	1 J = 1 N · m = 1 W · s = 1 kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Joule für jede Energieart, kW · h bevorzugt für elektrische Energie
Leistung Wärmestrom	<i>P</i> , $\phi$	Watt	W	1 W = 1 J/s = 1 N · m/s = 1 V · A = 1 m <sup>2</sup> · kg/s <sup>3</sup>	
<b>Elektrizität und Magnetismus</b>					
<b>Elektrische Stromstärke</b>	<i>I</i>	<b>Ampere</b>	A		
Elektr. Spannung	<i>U</i>	Volt	V	1 V = 1 W/1 A = 1 J/C	
Elektr. Widerstand	<i>R</i>	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$ = 1 V/1 A	
spez. Widerstand	$\varrho$	Ohm mal Meter	$\Omega \cdot \text{m}$	10 <sup>-6</sup> $\Omega \cdot \text{m}$ = 1 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\varrho = \frac{1}{\chi}$ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Leitfähigkeit	$\gamma$ , $\chi$	Siemens durch Meter	S/m		$\chi = \frac{1}{\varrho}$ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Frequenz	<i>f</i>	Hertz	Hz	1 Hz = $\frac{1}{\text{s}}$ , 1000 Hz = 1 kHz	
Elektr. Arbeit	<i>W</i>	Joule	J	1 J = 1 W · s = 1 N · m 1 kW · h = 3,6 MJ 1 W · h = 3,6 kJ	



## Umrechnung von Maßeinheiten

### Längeneinheiten

Umrechnungszahl 10



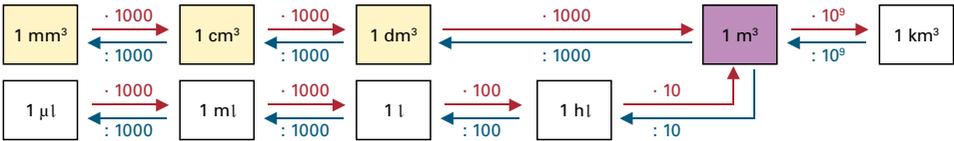
### Flächeneinheiten

Umrechnungszahl 100



### Volumeneinheiten

Umrechnungszahl 1000



### Masseinheiten



### Krafteinheiten



### Druckeinheiten



1. Beispiel: ges:  $4 \text{ m}^2 = ? \text{ cm}^2$

$$1 \text{ m}^2 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} = 1 \cdot \frac{1}{10^4} \text{ m}^2 = 1 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow 1 \text{ m}^2 = 1 \cdot 10^4 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow 4 \text{ m}^2 = 4 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 40000 \text{ cm}^2$$

2. Beispiel: ges:  $3400 \text{ mm}^3 = ? \text{ dm}^3$

$$1 \text{ mm}^3 \cdot 1000 \cdot 1000 = 1 \text{ dm}^3 \Rightarrow 1 \text{ mm}^3 = \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \cdot 1000}$$

$$3400 \text{ mm}^3 = \frac{3400 \cdot 1 \text{ dm}^3}{1000 \cdot 1000} = 3400 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$= 0,0034 \text{ dm}^3$$

### Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Teilen und Vielfachen der Einheiten

Vorsatz	Piko	Nano	Mikro	Milli	Zenti	Dezi	Deka	Hekto	Kilo	Mega	Giga	Tera
Vorsatzzeichen	P	N	µ	m	c	d	da	h	k	M	G	T
Zehnerpotenz	$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$
	Teile (z. B. $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 0,000001 \text{ m}$ )						Vielfache (z. B. $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N} = 1000 \text{ N}$ )					

Besondere Längeneinheiten	Besondere Flächeneinheiten	Besondere Volumeneinheiten
1 Zoll (") = 2,54 cm	1 km <sup>2</sup> = 100 ha	1 hl = 100 l
1 cm = 0,394 Zoll (")	1 ha = 100 a	1 barrel = 1,59 hl
1 inch = 1 Zoll	1 a = 100 m <sup>2</sup>	1 gallone = 4,55 l
1 USmile = 1609 m	1 Morgen = 25 a	1 l = 1 dm <sup>3</sup>

M

**Bruchrechnung**

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
<b>Gleichnamige Brüche</b> werden addiert oder subtrahiert, indem man die Zähler addiert oder subtrahiert und die Nenner unverändert lässt.	$\frac{5}{8} + \frac{2}{8} - \frac{1}{8} = \frac{5+2-1}{8}$ $= \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$	$\frac{5}{a} - \frac{3}{a} + \frac{7}{a} = \frac{5-3+7}{a}$ $= \frac{9}{a}$
Bei <b>ungleichnamigen Brüchen</b> muss zuerst der Hauptnenner gebildet werden, um sie addieren bzw. subtrahieren zu können. Der Hauptnenner ist der kleinste gemeinsame Nenner, in dem die Nenner aller Brüche ganzzahlig enthalten sind. Die Brüche werden durch Erweitern auf den Hauptnenner gebracht.	$\frac{1}{2} + \frac{2}{3} - \frac{3}{4} =$ <p style="text-align: center;">Hauptnenner = 12</p> $= \frac{1 \cdot 6}{2 \cdot 6} + \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 4} - \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 3}$ $= \frac{6}{12} + \frac{8}{12} - \frac{9}{12}$ $= \frac{6+8-9}{12} = \frac{5}{12}$	$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} =$ <p style="text-align: center;">Hauptnenner = <math>b \cdot d</math></p> $= \frac{a \cdot d}{b \cdot d} + \frac{c \cdot b}{b \cdot d}$ $= \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$
Ein Bruch wird mit einem anderen multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.	$\frac{3}{5} \cdot \frac{2}{7} = \frac{3 \cdot 2}{5 \cdot 7} = \frac{6}{35}$	$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$
Ein Bruch wird durch einen anderen Bruch dividiert, indem man den Dividenden (Bruch im Zähler) mit dem Kehrwert des Divisors (Bruch im Nenner) multipliziert.	$\frac{3}{4} : \frac{3}{5} = \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{3} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 3}$ $= \frac{5}{4} = 1 \frac{1}{4}$	$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$

**Vorzeichenregeln**

Haben zwei Faktoren <b>gleiche</b> Vorzeichen, so wird das Produkt <b>positiv</b> .	$2 \cdot 5 = 10$ $(-2) \cdot (-5) = 10$	$a \cdot x = ax$ $(-a) \cdot (-x) = ax$
Haben zwei Faktoren <b>unterschiedliche</b> Vorzeichen, so wird das Produkt <b>negativ</b> .	$3 \cdot (-8) = -24$ $(-3) \cdot 8 = -24$	$a \cdot (-x) = -ax$ $(-a) \cdot x = -ax$
Haben Zähler und Nenner bzw. Dividend und Divisor <b>gleiche</b> Vorzeichen, so ist der Bruch bzw. der Quotient <b>positiv</b> .	$\frac{15}{3} = 15 : 3 = 5$ $\frac{-15}{-3} = (-15) : (-3) = 5$	$\frac{a}{b} = \frac{a}{b}$ $\frac{-a}{-b} = \frac{a}{b}$
Haben Zähler und Nenner bzw. Dividend und Divisor <b>unterschiedliche</b> Vorzeichen, so ist der Bruch bzw. der Quotient <b>negativ</b> .	$\frac{15}{-3} = 15 : (-3) = -5$ $\frac{-15}{3} = (-15) : 3 = -5$	$\frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$ $\frac{-a}{b} = -\frac{a}{b}$
<b>Punktrechnungen</b> ( $\cdot$ und $:$ ) müssen vor <b>Strichrechnungen</b> ( $+$ und $-$ ) ausgeführt werden.	$8 \cdot 4 - 18 \cdot 3 = 32 - 54$ $= -22$ $\frac{16}{4} + \frac{20}{5} - \frac{18}{3} = 4 + 4 - 6$ $= 2$	$8a \cdot b - c \cdot 3d$ $= 8ab - 3cd$

**Klammerrechnung**

Klammern, vor denen ein Pluszeichen steht, können weggelassen werden. Die Vorzeichen der Glieder bleiben dann unverändert.	$16 + (9 - 5)$ $= 16 + 9 - 5$ $= 20$	$a + (b - c)$ $= a + b - c$
Klammern, vor denen ein Minuszeichen steht, können nur aufgelöst (weggelassen) werden, wenn alle Summanden (Glieder in der Klammer) entgegengesetzte Vorzeichen erhalten.	$16 - (9 - 5)$ $= 16 - 9 + 5$ $= 12$	$a - (b - c)$ $= a - b + c$

Fortsetzung auf Seite 11

**Klammerrechnung (Fortsetzung)**

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Ein Klammerausdruck wird mit einem Faktor multipliziert, indem man jedes Glied der Klammer mit dem Faktor multipliziert.	$7 \cdot (4 + 5)$ $= 7 \cdot 4 + 7 \cdot 5 = 63$	$a \cdot (b + c)$ $= ab + ac$
Ein Klammerausdruck wird mit einem Klammerausdruck multipliziert, indem man jedes Glied der einen Klammer mit jedem Glied der anderen Klammer multipliziert.	$(3 + 5) \cdot (10 - 7)$ $= 3 \cdot 10 + 3 \cdot (-7)$ $+ 5 \cdot 10 + 5 \cdot (-7)$ $= 30 - 21 + 50 - 35 = 24$	$(a + b) \cdot (c - d)$ $= ac - ad + bc - bd$
Ein Klammerausdruck wird durch einen Wert (Zahl, Buchstabe, Klammerausdruck) dividiert, indem man jedes Glied in der Klammer durch diesen Wert dividiert.	$(16 - 4) : 4$ $= 16 : 4 - 4 : 4$ $= 4 - 1 = 3$	$(a + b) : c = a : c + b : c$ $\frac{a - b}{b} = \frac{a}{b} - 1$
Ein Bruchstrich fasst Ausdrücke in gleicher Weise zusammen wie eine Klammer.	$\frac{3 + 4}{2} = (3 + 4) : 2$	$\frac{a + b}{2} \cdot h = (a + b) \cdot \frac{h}{2}$
Bei gemischten Punkt- und Strichrechnungen mit Klammerausdrücken müssen zuerst die Klammern aufgelöst und danach die Punkt- und dann die Strichrechnung ausgeführt werden.	$= 8 \cdot (3 - 2) + 4 \cdot (16 - 5)$ $= 8 \cdot 1 + 4 \cdot 11$ $= 8 + 44 = 52$	$= a \cdot (3x - 5x) - b \cdot (12y - 2y)$ $= a \cdot (-2x) - b \cdot 10y$ $= -2ax - 10by$

**Potenzieren**

Potenzen mit gleicher Basis werden multipliziert, indem man die Exponenten addiert und die Basis beibehält.	$3^2 \cdot 3^3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$ $= 3^5$ oder $3^2 \cdot 3^3 = 3^{(2+3)} = 3^5$	$x^4 \cdot x^2 = x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x$ $= x^6$ oder $x^4 \cdot x^2 = x^{(4+2)} = x^6$
Potenzen mit gleicher Basis werden dividiert, indem man ihre Exponenten subtrahiert und die Basis beibehält.	$4^3 = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{4 \cdot 4} = 4$ oder $4^3 : 4^2 = 4^{(3-2)} = 4^1 = 4$	$\frac{m^2}{m^3} = \frac{m \cdot m}{m \cdot m \cdot m} = \frac{1}{m} = m^{-1}$ oder $m^2 : m^3 = m^{(2-3)}$ $= m^{-1} = \frac{1}{m}$
Werden Potenzen mit einem Faktor multipliziert, so muss zuerst die Potenz berechnet werden. Potenzrechnung geht vor Punktrechnung.	$6 \cdot 10^3 = 6 \cdot 1000$ $= 6000$ $7 \cdot 10^{-2} = 7 \cdot \frac{1}{100} = 0,07$	$a \cdot 10^2 = a \cdot 100 = 100a$ $b \cdot 10^{-1} = b \cdot \frac{1}{10} = 0,1b$
Jede Potenz mit dem Exponenten Null hat den Wert 1.	$\frac{10^4}{10^4} = 10^{(4-4)} = 10^0 = 1$	$(m + n)^0 = 1$

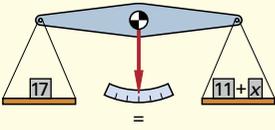
**Radizieren**

Ist der Radikand ein Produkt, so kann die Wurzel entweder aus dem Produkt oder aus jedem einzelnen Faktor gezogen werden.	$\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{144} = 12$ oder $\sqrt{9 \cdot 16} = \sqrt{9} \cdot \sqrt{16}$ $= 3 \cdot 4 = 12$	$\sqrt[3]{a \cdot b} = \sqrt[3]{a} \cdot \sqrt[3]{b}$
Ist der Radikand eine Summe oder eine Differenz, so kann nur aus dem Ergebnis die Wurzel gezogen werden.	$\sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5$ $\sqrt{5^2 - 4^2} = \sqrt{25 - 16}$ $= \sqrt{9} = 3$	$\sqrt[3]{a - b} = \sqrt[3]{(a - b)}$
Eine Wurzel kann als Potenz geschrieben werden.	$\sqrt[3]{27} = 27^{\frac{1}{3}} = 3^{3 \cdot \frac{1}{3}}$ $= 3^{\frac{3}{3}} = 3^1 = 3$	$\sqrt{a} = a^{\frac{1}{2}}$

Umformen von Gleichungen

Gleichheitsgrundsatz

Beide Seiten einer Gleichung können vertauscht werden.



Die beiden Seiten einer Gleichung sind mit dem Gleichgewicht einer Waage vergleichbar.

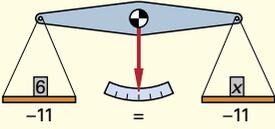
$$\begin{aligned} 17 &= 11 + x \\ 11 + x &= 17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 48 &= 6 \cdot y \\ 6 \cdot y &= 48 \end{aligned}$$

Anwendung des Kommutativgesetzes

Veränderungsoperationen

Die Veränderungen müssen so erfolgen, dass das Gleichgewicht erhalten bleibt.



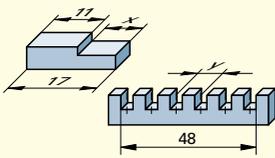
Auf beiden Seiten der Gleichung müssen die gleichen Rechenoperationen ausgeführt werden.

Auf beiden Seiten das Gleiche **addieren** oder **subtrahieren**.

Auf beiden Seiten mit dem Gleichen **multiplizieren** oder durch das Gleiche **dividieren**.

Grundregel

Beim Seitentausch einer Größe ändert sich das Operationszeichen.



Die gesuchte Größe soll auf der linken Seite der Gleichung isoliert werden. Nach der Seitenwechselregel folgt:

aus + wird -    aus - wird +

aus · wird :    aus : wird ·

$$\begin{aligned} 11 + x &= 17 \\ x &= 17 - 11 \\ x &= 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 \cdot y &= 48 \\ y &= \frac{48}{6} = 8 \end{aligned}$$

Regel	Zahlenbeispiel	Algebraisches Beispiel
Durch <b>Addition</b> der gleichen Zahl oder Größe auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} y - 5 &= 9 \\ y - 5 + 5 &= 9 + 5 \\ y &= 14 \end{aligned}$	$\begin{aligned} y - c &= d \\ y - c + c &= d + c \\ y &= d + c \end{aligned}$
Durch <b>Subtraktion</b> der gleichen Zahl oder Größe auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} x + 7 &= 18 \\ x + 7 - 7 &= 18 - 7 \\ x &= 11 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x + a &= b \\ x + a - a &= b - a \\ x &= b - a \end{aligned}$
Durch <b>Division</b> durch die gleiche Zahl oder Größe auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} 6 \cdot x &= 23 \\ \frac{6 \cdot x}{6} &= \frac{23}{6} \\ x &= \frac{23}{6} = 3 \frac{5}{6} \end{aligned}$	$\begin{aligned} a \cdot x &= b \\ \frac{a \cdot x}{a} &= \frac{b}{a} \\ x &= \frac{b}{a} \end{aligned}$
Durch <b>Multiplikation</b> mit der gleichen Zahl oder Größe auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} \frac{y}{3} &= 7 \\ \frac{y}{3} \cdot 3 &= 7 \cdot 3 \\ y &= 21 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \frac{y}{c} &= d \\ \frac{y}{c} \cdot c &= d \cdot c \\ y &= d \cdot c \end{aligned}$
Durch <b>Potenzieren</b> auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} \sqrt{x} &= 4 \\ (\sqrt{x})^2 &= 4^2 \\ x &= 16 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sqrt{x} &= a + b \\ (\sqrt{x})^2 &= (a + b)^2 \\ x &= a^2 + 2ab + b^2 \end{aligned}$
Durch <b>Radizieren</b> auf beiden Seiten steht die gesuchte Größe allein auf der linken Seite.	$\begin{aligned} x^2 &= 36 \\ \sqrt{x^2} &= \sqrt{36} \\ x &= \pm 6 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x^2 &= a + b \\ \sqrt{x^2} &= \sqrt{a + b} \\ x &= \pm \sqrt{a + b} \end{aligned}$

**Umstellen von Formeln**

$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Linke Formelseite

Rechte Formelseite

Wenn die zu ermittelnde Größe in einer Formel nicht allein auf einer Seite steht, dann ist es erforderlich die Formel umzustellen. Hier kommen die gleichen Regeln zur Anwendung wie beim Umformen von Gleichungen. Demnach gilt für alle Schritte der Umstellung:

Veränderung auf der linken Formelseite

= Veränderung auf der rechten Formelseite

Beispiel: Formel umstellen nach  $v$

**Handlungsschritte**

- 1 Multiplikation mit 2 auf beiden Seiten
- 2 Kürzen von 2 auf der rechten Formelseite
- 3 Beide Seiten durch  $m$  dividieren
- 4 Kürzen von  $m$  auf der rechten Formelseite
- 5 Formelseiten vertauschen
- 6 Beide Formelseiten radizieren

**Lösungsschritte**

$$\begin{aligned}
 W_k &= \frac{m \cdot v^2}{2} & | \cdot 2 \\
 2 \cdot W_k &= \frac{2 \cdot m \cdot v^2}{2} \\
 \frac{2 \cdot W_k}{m} &= \frac{m \cdot v^2}{m} & | : m \\
 \frac{2 \cdot W_k}{m} &= \cancel{m} \cdot v^2 \\
 v^2 &= \frac{2 \cdot W_k}{m} & | \sqrt{\phantom{x}} \\
 \sqrt{v^2} &= \sqrt{\frac{2 \cdot W_k}{m}} & \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot W_k}{m}}
 \end{aligned}$$

**Prozentrechnung**

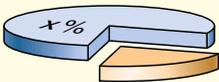
Bei der Prozentrechnung werden anteilige Größen vom Ganzen berechnet.

$P_s$  Prozentsatz, Prozent  
 $P_w$  Prozentwert  
 $G_w$  Grundwert

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100 \%}$$

**Prozentsatz**

Der Prozentsatz gibt den Teil des Grundwertes in Hunderstel an.



z.B.  
 $\frac{75}{100}$  vom Ganzen  $\hat{=}$  75 % |  $\frac{1}{100}$  vom Ganzen  $\hat{=}$  1 %

**Grundwert**

Der Grundwert ist der Wert einer Größe, von dem die Prozente zu berechnen sind.



Der Grundwert ist immer eine Größe.  
 (Größe = Zahlenwert · Einheit), z.B. 500 cm<sup>2</sup>  
 reiner Grundwert = 100 %  
 vermehrter Grundwert = 100 % + Prozentsatz  
 verminderter Grundwert = 100 % - Prozentsatz

**Prozentwert**

Der Prozentwert ist der Betrag der Größe des Grundwertes, den die Prozente des Grundwertes ergeben.



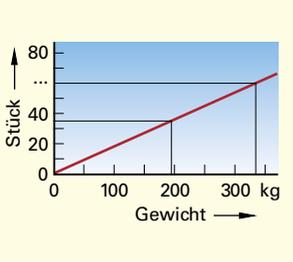
z.B. Prozentsatz  
75 % von Grundwert  
500 cm<sup>2</sup>  $\hat{=}$  Prozentwert  
375 cm<sup>2</sup>

**Beispiel:** Werkstückrohling 250 kg (Grundwert); Abbrand 2 % (Prozentsatz); Abbrand in kg = ? (Prozentwert)

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100 \%} = \frac{250 \text{ kg} \cdot 2 \%}{100 \%} = 5 \text{ kg}$$

Schlussrechnung, Mischungsrechnung

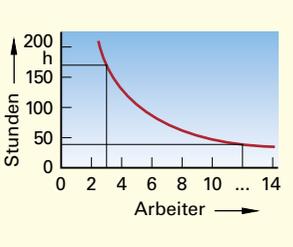
Dreisatz für direkt proportionale Verhältnisse



**Beispiel:** 60 Rohrkrümmen besitzen die Masse von 330 kg. Wie groß ist die Masse von 35 Rohrkrümmern?

- 1. Satz: Vorgabe 60 Rohrkrümmen besitzen die Masse von 330 kg.
- 2. Satz: Berechnung der Einheit: Durch Dividieren  
1 Rohrkrümmer hat die Masse von  $\frac{330 \text{ kg}}{60}$
- 3. Satz: Berechnung der Mehrheit: Durch Multiplizieren  
35 Rohrkrümmen haben die Masse von  $\frac{330 \text{ kg} \cdot 35}{60} = 192,5 \text{ kg}$

Dreisatz für indirekt proportionale Verhältnisse



**Beispiel:** 3 Arbeiter erledigen einen Auftrag in 170 Stunden. Wie viele Stunden benötigen 12 Arbeiter für den gleichen Auftrag?

- 1. Satz: Vorgabe 3 Arbeiter benötigen 170 Stunden.
- 2. Satz: Berechnung der Einheit: Durch Multiplizieren  
1 Arbeiter benötigt  $3 \cdot 170 \text{ h}$
- 3. Satz: Berechnung der Mehrheit: Durch Dividieren  
12 Arbeiter benötigen  $\frac{3 \cdot 170 \text{ h}}{12} = 42,5 \text{ h}$

Dreisatz mit mehrgliedrigen Verhältnissen

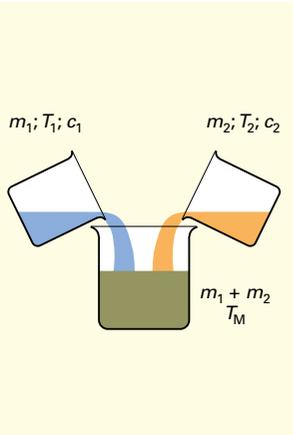
**Beispiel:**

660 Werkstücke werden durch 5 Maschinen in 24 Tagen hergestellt.

In welcher Zeit können 312 Werkstücke gleicher Art von 9 Maschinen angefertigt werden?

- 1. **Dreisatz:** 5 Maschinen fertigen 660 Werkstücke in 24 Tagen  
1 Maschine fertigt 660 Werkstücke in  $24 \cdot 5$  Tagen  
9 Maschinen fertigen 660 Werkstücke in  $\frac{24 \cdot 5}{9}$  Tagen
- 2. **Dreisatz:** 9 Maschinen fertigen 660 Werkstücke in  $\frac{24 \cdot 5}{9}$  Tagen  
9 Maschinen fertigen 1 Werkstück in  $\frac{24 \cdot 5}{9 \cdot 660}$  Tagen  
9 Maschinen fertigen 312 Werkstücke in  $\frac{24 \cdot 5 \cdot 312}{9 \cdot 660}$  Tagen  
**= 6,3 Tagen**

Mischungsrechnung



- $m_1, m_2$  Teilmassen
- $T_1, T_2$  Temperaturen der Teilmassen in K
- $c_1, c_2$  spez. Wärmekapazitäten<sup>1)</sup> der Teilmassen
- $T_M$  Temperatur der Mischung

Temperatur der Mischung

$$T_M = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2}$$

**Beispiel:**

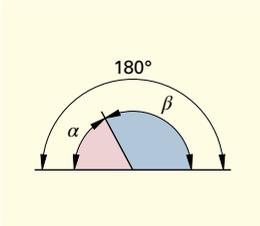
Ein Stahlbehälter mit  $m_1 = 6 \text{ kg}$  und  $T_1 = 293 \text{ K}$  wird mit  $m_2 = 24 \text{ l}$  Wasser von  $T_2 = 318 \text{ K}$  vollständig gefüllt. Welche Temperatur  $T_M$  stellt sich ein?

$$T_M = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2} = \frac{0,49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 6 \text{ kg} \cdot 293 \text{ K} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 24 \text{ kg} \cdot 318 \text{ K}}{0,49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 6 \text{ kg} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 24 \text{ kg}} = 317,29 \text{ K} \approx 44,1 \text{ °C}$$

<sup>1)</sup> Spezifische Wärmekapazität Seite 180 und Seite 181

**Winkelarten**

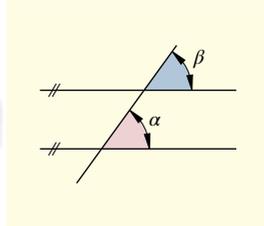
**Nebenwinkel**



Nebenwinkel ergänzen sich zu 180°.

$$\alpha + \beta = 180^\circ$$

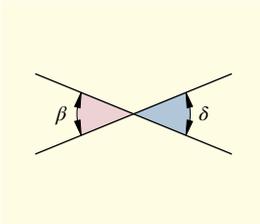
**Stufenwinkel**



Stufenwinkel sind gleich groß.

$$\alpha = \beta$$

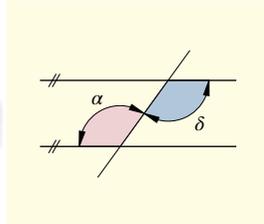
**Scheitelwinkel**



Scheitelwinkel sind gleich groß.

$$\beta = \delta$$

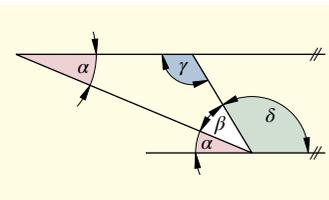
**Wechselwinkel**



Wechselwinkel sind gleich groß.

$$\alpha = \delta$$

**Winkelsumme im Dreieck**



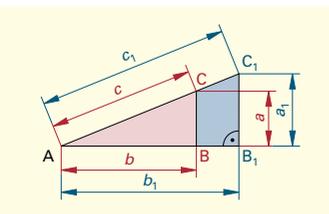
In jedem Dreieck ist die Summe der Innenwinkel gleich 180°.

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

Im rechtwinkligen Dreieck ist  $\gamma = 90^\circ$ , die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  ergänzen sich zu 90°.

$$\alpha + \beta + \delta = 180^\circ$$

**Strahlensatz**



Werden zwei von einem Punkt ausgehende Strahlen von zwei Parallelen geschnitten, bilden die Abschnitte der Parallelen und die zugehörigen Strahlenabschnitte gleiche Verhältnisse.

$$\frac{a}{a_1} = \frac{b}{b_1} = \frac{c}{c_1}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{a_1}{b_1}$$

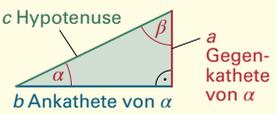
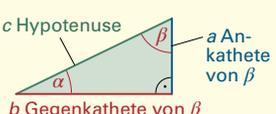
$$\frac{b}{c} = \frac{b_1}{c_1}$$

**Zehnerpotenzen**

Ziffer	Schreibweise als Zehnerpotenz	Einheiten-Vorsatz	Ziffer	Schreibweise als Zehnerpotenz	Einheiten-Vorsatz
1 000 000	$10^6$	Mega (M)	1	$10^0$	–
100 000	$10^5$	–	0,1	$10^{-1}$	Deci (d)
10 000	$10^4$	–	0,01	$10^{-2}$	Centi (c)
1 000	$10^3$	Kilo (k)	0,001	$10^{-3}$	Milli (c)
100	$10^2$	Hekto (h)	0,000 1	$10^{-4}$	–
10	$10^1$	Deka (da)	0,000 01	$10^{-5}$	–
1	$10^0$	–	0,000 001	$10^{-6}$	Mikro ( $\mu$ )

**Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck**

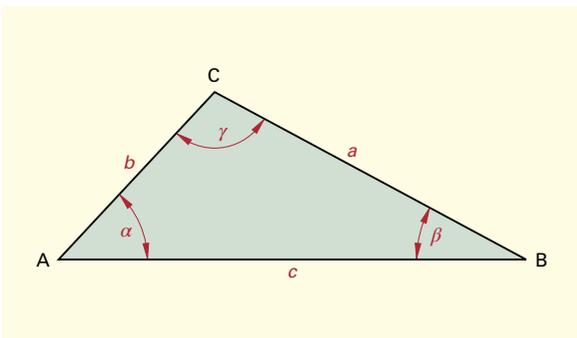
M

Bezeichnungen im rechtwinkligen Dreieck	Bezeichnungen der Seitenverhältnisse	Anwendung für	
		$\alpha$	$\beta$
für $\alpha$ : 	<b>Sinus</b> = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$\sin \beta = \frac{b}{c}$
	<b>Kosinus</b> = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$\cos \beta = \frac{a}{c}$
für $\beta$ : 	<b>Tangens</b> = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$	$\tan \alpha = \frac{a}{b}$	$\tan \beta = \frac{b}{a}$
	<b>Kotangens</b> = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$	$\cot \alpha = \frac{b}{a}$	$\cot \beta = \frac{a}{b}$

**Funktionswerte für ausgewählte Winkel**

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
<b>sin</b>	0	$\frac{1}{2} = 0,5000$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = 0,7071$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} = 0,8660$	1	0	-1	0
<b>cos</b>	1	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} = 0,8660$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = 0,7071$	$\frac{1}{2} = 0,5000$	0	-1	0	1
<b>tan</b>	0	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} = 0,5774$	1	$\sqrt{3} = 1,7321$	$\infty$	0	$\infty$	0
<b>cot</b>	$\infty$	$\sqrt{3} = 1,7321$	1	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} = 0,5774$	0	$\infty$	0	$\infty$

**Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck**



**Sinussatz**

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

**Kosinussatz**

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2 \cdot c \cdot a \cdot \cos \beta$$

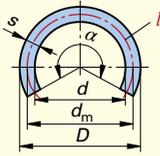
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$$

**Anwendungen des Sinus- und Kosinussatzes**

Seitenberechnung	Winkelberechnung		Flächenberechnung
$a = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$	$\sin \alpha = \frac{a \cdot \sin \beta}{b} = \frac{a \cdot \sin \gamma}{c}$	$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c}$	$A = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2}$
$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$	$\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{a} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{c}$	$\cos \beta = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot c}$	$A = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$
$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{\sin \beta}$	$\sin \gamma = \frac{c \cdot \sin \alpha}{a} = \frac{c \cdot \sin \beta}{b}$	$\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot a \cdot b}$	$A = \frac{a \cdot c \cdot \sin \beta}{2}$

**Gestreckte Längen**

**Kreisringausschnitt**



- D Außendurchmesser
- d Innendurchmesser
- $d_m$  mittlerer Durchmesser
- s Dicke
- l gestreckte Länge
- $l_1, l_2$  Teillänge
- L zusammengesetzte Länge
- Siehe auch Seite 308 ff.

**Beispiel:**

Zusammengesetzte Länge (Bild links)  
 $D = 360 \text{ mm}$ ;  $s = 5 \text{ mm}$ ;  $\alpha = 270^\circ$ ;  
 $l_2 = 70 \text{ mm}$ ;  $d_m = ?$ ;  $L = ?$

$$d_m = D - s = 360 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 355 \text{ mm}$$

$$L = l_1 + l_2 = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} + l_2$$

$$= \frac{\pi \cdot 355 \text{ mm} \cdot 270^\circ}{360^\circ} + 70 \text{ mm} = 906,45 \text{ mm}$$

**Gestreckte Länge beim Kreisring**

$$l = \pi \cdot d_m$$

**Gestreckte Länge beim Kreisringausschnitt**

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$$

**Mittlerer Durchmesser**

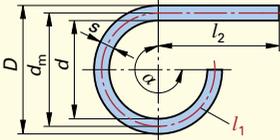
$$d_m = D - s$$

$$d_m = d + s$$

**Zusammengesetzte Längen**

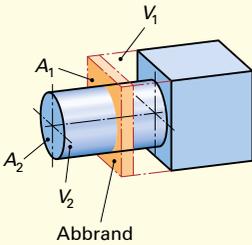
$$L = l_1 + l_2 + \dots$$

**Zusammengesetzte Länge**



**Rohlängen von Schmiede- und Presstücken**

Beim Umformen ohne Abbrand ist das Volumen des Rohstückes gleich dem Volumen des Fertigstückes. Tritt Abbrand oder eine Gratbildung auf, so wird dies durch einen Zuschlag zum Volumen des Fertigstückes berücksichtigt.



- $V_1$  Volumen des Rohstückes
- $V_2$  Volumen des Fertigstückes
- q Zuschlagsfaktor für Abbrand oder Gratverluste
- $A_1$  Querschnittsfläche des Rohstückes
- $A_2$  Querschnittsfläche des Fertigstückes
- $l_1$  Ausgangslänge der Zugabe
- $l_2$  Länge des angeschmiedeten Teiles
- Siehe auch Seite 315.

**Volumen ohne Abbrand**

$$V_1 = V_2$$

**Volumen mit Abbrand**

$$V_1 = V_2 + q \cdot V_2$$

$$V_1 = V_2 \cdot (1 + q)$$

$$A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q)$$

**Beispiel:**

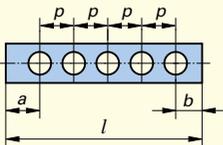
Wie groß muss die Ausgangslänge  $l_1$  der Schmiedezugabe sein, wenn an einem Flachstahl 50 mm x 30 mm ein zylindrischer Zapfen mit  $d = 24 \text{ mm}$  und  $l_2 = 60 \text{ mm}$  abgesetzt werden soll?

Der Verlust durch Abbrand beträgt 10 %.

$$V_1 = V_2 \cdot (1 + q) \quad A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q) \quad l_1 = \frac{A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q)}{A_1} = \frac{\pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \cdot 60 \text{ mm} \cdot (1 + 0,1)}{4 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}} = 19,9 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

**Teilung von Längen, Randabstände**

**Randabstand  $\neq$  Teilung**



- l Gesamtlänge
- n Anzahl der Bohrungen, Sägeschnitte
- p Teilung
- a, b Randabstand

**Beispiel:**  $l = 1950 \text{ mm}$ ;  $a = 100 \text{ mm}$ ;  
 $b = 50 \text{ mm}$ ;  $n = 25$  Bohrungen;  
 $p = ?$

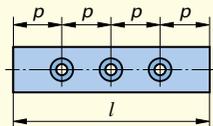
$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{1950 \text{ mm} - 150 \text{ mm}}{25 - 1} = 75 \text{ mm}$$

**Teilung**

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$$

$$l = p(n - 1) + (a + b)$$

**Randabstand = Teilung**



- l Gesamtlänge
- n Anzahl der Bohrungen, Sägeschnitte, ...
- p Teilung
- z Anzahl der Teile

**Beispiel:**  $l = 2 \text{ m}$ ;  $n = 24$  Bohrungen;  $p = ?$

$$p = \frac{l}{n + 1} = \frac{2000 \text{ mm}}{24 + 1} = 80 \text{ mm}$$

**Teilung**

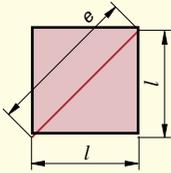
$$p = \frac{l}{n + 1}$$

**Anzahl der Teile**

$$z = n + 1$$

Geradlinig begrenzte einfache Flächen

Quadrat



A Fläche  $e$  Eckenmaß  
 $l$  Seitenlänge

Beispiel:

$l = 14 \text{ mm}; A = ?; e = ?$

$A = l^2 = (14 \text{ mm})^2 = 196 \text{ mm}^2$

$e = \sqrt{2} \cdot l = \sqrt{2} \cdot 14 \text{ mm} = 19,8 \text{ mm}$

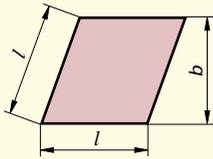
Fläche

$A = l^2$

Eckenmaß

$e = \sqrt{2} \cdot l$

Raute (Rhombus)



A Fläche  $b$  Breite  
 $l$  Seitenlänge

Beispiel:

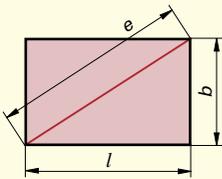
$l = 9 \text{ mm}; b = 8,5 \text{ mm}; A = ?$

$A = l \cdot b = 9 \text{ mm} \cdot 8,5 \text{ mm} = 76,5 \text{ mm}^2$

Fläche

$A = l \cdot b$

Rechteck



A Fläche  $b$  Breite  
 $l$  Länge  $e$  Eckenmaß

Beispiel:

$l = 12 \text{ mm}; b = 11 \text{ mm}; A = ?; e = ?$

$A = l \cdot b = 12 \text{ mm} \cdot 11 \text{ mm} = 132 \text{ mm}^2$

$e = \sqrt{l^2 + b^2} = \sqrt{(12 \text{ mm})^2 + (11 \text{ mm})^2}$   
 $= \sqrt{265 \text{ mm}^2} = 16,28 \text{ mm}$

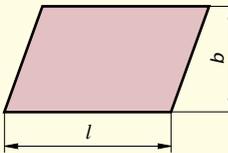
Fläche

$A = l \cdot b$

Eckenmaß

$e = \sqrt{l^2 + b^2}$

Parallelogramm (Rhomboid)



A Fläche  $b$  Breite  
 $l$  Länge

Beispiel:

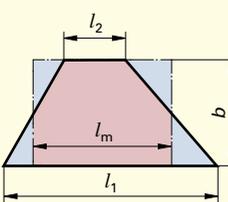
$l = 36 \text{ mm}; b = 15 \text{ mm}; A = ?$

$A = l \cdot b = 36 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} = 540 \text{ mm}^2$

Fläche

$A = l \cdot b$

Trapez



A Fläche  $l_m$  mittlere Länge  
 $l_1$  große Länge  $b$  Breite  
 $l_2$  kleine Länge

Beispiel:

$l_1 = 23 \text{ mm}; l_2 = 20 \text{ mm}; b = 17 \text{ mm}; A = ?$

$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b = \frac{23 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \cdot 17 \text{ mm}$   
 $= 365,5 \text{ mm}^2$

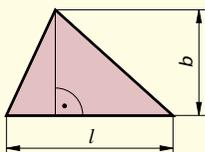
Fläche

$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$

Mittlere Länge

$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$

Dreieck



A Fläche  $b$  Breite  
 $l$  Seitenlänge

Beispiel:

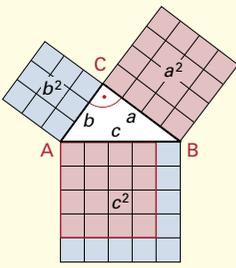
$l_1 = 62 \text{ mm}; b = 29 \text{ mm}; A = ?$

$A = \frac{l \cdot b}{2} = \frac{62 \text{ mm} \cdot 29 \text{ mm}}{2} = 899 \text{ mm}^2$

Fläche

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

### Lehrsatz des Pythagoras



Im **rechtwinkligen Dreieck** ist das Hypotenusenquadrat flächengleich der Summe der beiden Kathetenquadrate.

*a* Kathete                      *c* Hypotenuse  
*b* Kathete

**1. Beispiel:**

$$c = 35 \text{ mm}; \quad a = 21 \text{ mm}; \quad b = ?$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(35 \text{ mm})^2 - (21 \text{ mm})^2} = 28 \text{ mm}$$

**2. Beispiel:**

$$a = 9 \text{ mm}; \quad b = 12 \text{ mm}; \quad c = ?$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(9 \text{ mm})^2 + (12 \text{ mm})^2} = 15 \text{ mm}$$

**Hypotenusenquadrat**

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

**Hypotenuse**

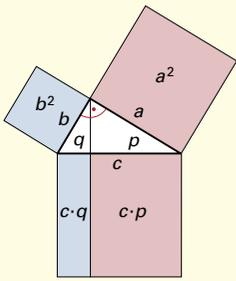
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

**Katheten**

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

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

### Lehrsatz des Euklid (Kathetensatz)



Das Quadrat über einer Kathete ist flächengleich einem Rechteck aus der Hypotenuse und dem anliegenden Hypotenusenabschnitt.

*a, b* Kathete                      *p, q* Hypotenusenabschnitt  
*c* Hypotenuse

**Beispiel:**

Ein Rechteck mit  $c = 6 \text{ cm}$  und  $p = 3 \text{ cm}$  soll in ein flächengleiches Quadrat verwandelt werden. Wie groß ist die Quadratseite  $a$ ?

$$a^2 = c \cdot p$$

$$a = \sqrt{c \cdot p} = \sqrt{6 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm}} = 4,24 \text{ cm}$$

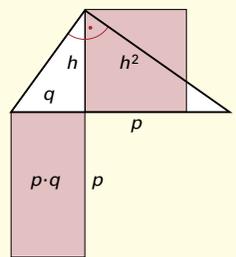
**Kathetenquadrat**

$$b^2 = c \cdot q$$

**Kathetenquadrat**

$$a^2 = c \cdot p$$

### Höhensatz



Das Quadrat über der Höhe  $h$  ist flächengleich dem Rechteck aus den Hypotenusenabschnitten  $p$  und  $q$ .

*h* Höhe                      *p, q* Hypotenusenabschnitt

**Beispiel:**

Rechtwinkliges Dreieck

$$p = 6 \text{ cm}; \quad q = 2 \text{ cm}; \quad h = ?$$

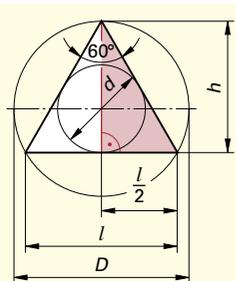
$$h^2 = p \cdot q$$

$$h = \sqrt{p \cdot q} = \sqrt{6 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm}} = \sqrt{12 \text{ cm}^2} = 3,46 \text{ cm}$$

**Höhenquadrat**

$$h^2 = p \cdot q$$

### Gleichseitiges Dreieck



*A* Fläche  
*h* Höhe  
*d* Inkreisdurchmesser  
*D* Umkreisdurchmesser  
*l* Seitenlänge

**Beispiel:**

$$l = 42 \text{ cm}; \quad A = ?; \quad h = ?$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot (42 \text{ mm})^2 = 763,9 \text{ mm}^2$$

**Umkreisdurchmesser**

$$D = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = 2 \cdot d$$

**Fläche**

$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2$$

**Inkreisdurchmesser**

$$d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = \frac{D}{2}$$

**Dreieckshöhe**

$$h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot l$$