



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# Formelsammlung Metall **PLUS+**

mit Formelumstellungen,  
CNC-Technik, Arbeitsplanung und Kalkulation

3. Auflage

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

**Europa-Nr.: 11947**

**Autoren**

Roland Gomeringer	Maßstetten
Volker Menges	Lichtenstein
Stefan Oesterle	Amtzell
Claudius Scholer	Metzingen
Andreas Stephan	Marktoberdorf
Falko Wieneke	Essen

**Lektorat und Leitung des Arbeitskreises**

Roland Gomeringer, Maßstetten

**Bildbearbeitung**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Verwendung nur eines grammatikalischen Geschlechts bei Berufs- und Gruppenbezeichnungen wurde im Hinblick auf den Lesefluss gewählt. Sie stellt keine Meinungsäußerung zur Geschlechterrolle dar.

3. Auflage 2025, korrigierter Nachdruck 2026

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-7585-1418-0

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

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

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co KG, D 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlagfotos: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

## Vorwort

Das vorliegende Werk **Formelsammlung Metall PLUS+** ist in Inhalt, Darstellung und Buchformat neu. Die klare Struktur und Aufteilung der Seiten helfen bei der Nutzung. Jede Formel ist mit aussagekräftigen Bildern, den Erklärungen der Formelzeichen, allen Formelumstellungen und den dazu gehörenden Einheiten angegeben. Außerdem helfen die Formelumstellungen bei der schnellen Berechnung und zur eigenen Kontrolle.

Wichtige und häufig genutzte Inhalte sind im ausklappbaren Deckel des Buches im schnellen Zugriff.

Im Kapitel **Technische Mathematik** werden zunächst Grundlagen mit deren Anwendungen dargestellt.

Die **Technische Physik** beinhaltet die Bewegungslehre, die Wärmelehre, die Fluidmechanik, die Elektrotechnik sowie die Optik. Die Mechanik und Festigkeitslehre sind umfangreich dargestellt.

Das Kapitel **Arbeitsplanung und Kalkulation** beinhaltet die Mess- und Qualitätstechnik, die Arbeitsplanung mit Belegungszeiten und Optimierungsgrößen sowie die verschiedenen Kalkulationsmethoden.

In der **Fertigungstechnik** sind alle gängigen Verfahren vertreten. Bei den zerspanenden Verfahren werden die Kräfte, sowie die Leistungen und Nutzungszeiten dargestellt. Wichtige weitere Verfahren sind das Abtragen, das Schneiden, das Tiefziehen und das Schweißen.

Die **CNC-Technik** mit den PAL-Befehlen zum Drehen und Fräsen mit wichtigen Zyklen beschließen dieses Kapitel.

Im letzten Kapitel wird die weitergehende **Mathematik** mit Integralen, Differenzialen und Gleichungssystemen dargestellt.

Diese Formelsammlung ist als Nachschlagewerk bei Prüfungen und als Hilfe bei der Arbeit mit Fachbüchern gedacht. Viele Inhalte sind bei der Ausbildung in Metallberufen wichtig. Weitergehende Inhalte können in der technischen Weiterbildung (z. B. Meister und Techniker) oder in Berufskollegs und Beruflichen Gymnasien genutzt werden.

Auch für Praktiker aus Handwerk und Industrie sowie für Studierende des Maschinenbaues ist diese Formelsammlung wertvoll.

Autoren und Verlag sind allen Nutzern dieser Formelsammlung für Hinweise und Verbesserungsvorschläge an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar.

**Technische  
Mathematik**  
Grundlagen  
Anwendungen

**Technische Physik**  
mit  
Mechanik und  
Festigkeitslehre

**Arbeitsplanung und  
Kalkulation**  
mit  
Qualitätstechnik

**Fertigungstechnik**  
mit  
CNC-Technik

**Mathematik**  
mit  
Integral- und  
Differenzialrechnung  
Gleichungssysteme

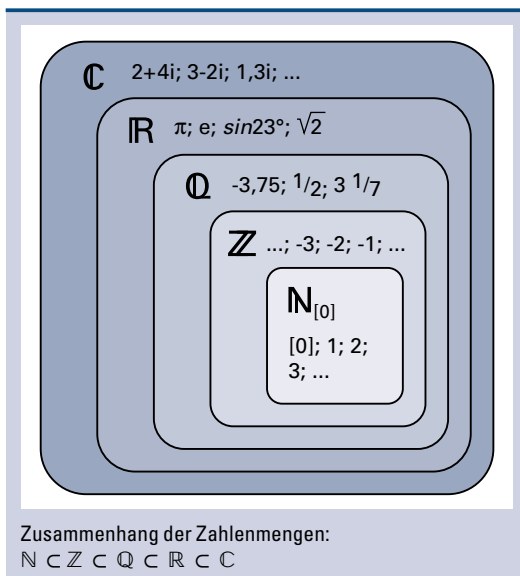
<b>Technische Mathematik – Grundlagen</b>	<b>6</b>	Zustandsänderung von Gasen	<b>57</b>
Mathematische Zeichen, Zahlenmengen	6	Druck, Überdruck, Luftdruck, absoluter Druck	59
Besondere Zahlen, Sinus-, Kosinus- und Tangensfunktion	7	Schweredruck, Auftriebskraft, Aufdruck- und Bodenkraft	60
Griechisches Alphabet mit Anwendungsbeispielen	8	Druckübersetzung	60
Grundrechenarten, Vorzeichenregeln, Rechengesetze, Klammern	9	Kolbenkräfte	61
Grundoperationen mit Brüchen	10	Kolbengeschwindigkeit	62
Potenzterme, Rechenoperationen mit Potenzen	11	Strömungsgeschwindigkeit in Zuleitung	62
Wurzelterme, Rechenoperationen mit Wurzeln	12	Luftverbrauch	63
<b>Technische Mathematik – Anwendungen</b>	<b>13</b>	Hydraulische Presse	64
Größen und Einheiten	13	Durchflussgeschwindigkeit (gleichbleibende Querschnittsfläche)	64
Umstellung und Auflösung von Formeln	18	Durchflussgeschwindigkeit (wechselnde Querschnittsfläche)	64
Verhältnisse	20	Energieerhaltungssatz, Bernoullische Druckgleichung	65
Prozentrechnung, Zinsrechnung	21	<b>Technische Physik – Elektrotechnik</b>	<b>66</b>
Winkelarten, Dreiecke, Dreiecke	22	Elektrische Größen und Einheiten	66
Rechtwinkliges Dreieck (Pythagoras, Kathetensatz, Höhensatz)	23	Ohmsches Gesetz	66
Winkelfunktionen	24	Widerstand, Leitwert, Leiterwiderstand und Stromdichte	66
<b>Technische Mathematik – Längen, Flächen, Umfang, Volumen</b>	<b>25</b>	Reihenschaltung von Widerständen	67
Teilung von Längen, Trennen von Teilstücken	25	Reihenschaltung von Widerständen	67
Strahlensatz, Steigung, Neigung	26	Reihenschaltung parallel zur Parallelschaltung	68
Gestreckte Länge, Zusammengesetzte Länge	27	Reihenschaltung in Reihe zur Parallelschaltung	68
Quadrat, Rhombus (Raute), Rechteck	28	Gleichstrom, Wechselstrom	69
Trapez, Rhomboid (Parallelogramm), Dreieck	29	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	70
Gleichseitiges Dreieck, Kreis	30	Elektrische Leistung bei ohmscher Belastung	71
Kreisring, Kreisabschnitt	31	Wirkleistung mit Induktivität oder Kapazität	71
Kreisabschnitt, Ellipse	32	Elektrische Arbeit, Kosten elektrischer Energie	72
Regelmäßige Vielecke	33	Transformator	72
Würfel, Vierkantprisma (Quader)	34	Kondensator – Laden	72
Zylinder, Hohlzylinder (Rohr)	35	Plattenkondensator – Kapazität	73
Pyramide, Pyramidenstumpf	36	Widerstand und Temperatur	73
Kegel, Kegelstumpf	37	Leistung von Pumpen	74
Kugel, Kugelabschnitt (Kugelkalotte, Kugelsegment)	38	Gleichstrommotor, Wechselstrommotor	74
Kugelzone (Kugelschicht)	39	Asynchronmotor – Leistung, Drehmoment, Wirkungsgrad	75
Kugelausschnitt (Kugelsektor), Torus	40	<b>Technische Physik – Optik</b>	<b>76</b>
Kreisring	40	Lichtausbreitung, Reflexion	76
Guldin'sche Regel	41	Reflexion am Spiegel	77
Volumen zusammengesetzter Körper, Massenberechnung	42	Brechung	78
<b>Technische Physik – Bewegung</b>	<b>43</b>	<b>Technische Physik – Mechanik und Festigkeitslehre</b>	<b>79</b>
Gleichförmige (konstante), geradlinige Bewegung	43	Darstellen von Kräften, Resultierende	79
Gleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung	43	Zerlegung einer Kraft in zwei Teilkräfte	80
Gleichförmig beschleunigt oder verzögert, mit Anfangs- oder Endgeschwindigkeit	44	Ermittlung unbekannter Kräfte durch Drei-Kräfte-Verfahren	81
Gleichförmig (konstante), kreisförmige Bewegung	45	Ermittlung unbekannter Kräfte durch Schlusslinienverfahren	81
Gleichförmig beschleunigte oder verzögerte Kreisbewegung	45	Kraft und Kraftkomponenten im X-Y-Koordinatensystem	82
Gleichförmig beschleunigte oder verzögerte Kreisbewegung, mit Anfangs- oder Endgeschwindigkeit	46	Resultierende von zwei Kräften (rechnerische Ermittlung)	82
Schnittgeschwindigkeit, Umfangsgeschwindigkeit	47	Freiheitsgrade, Vorzeichenregeln, Gleichgewicht in der Ebene	83
Vorschubgeschwindigkeit beim Gewindetrieb	48	Ermittlung unbekannter Kräfte im zentralen Kräftesystem	84
Vorschubgeschwindigkeit beim Zahnstangentrieb	48	Ermittlung unbekannter Kräfte im allgemeinen Kräftesystem	84
Mittlere Geschwindigkeit beim Kurbeltrieb	48	Drehmoment am Hebel, Hebelgesetz	85
Harmonische Schwingung (Sinusschwingung) ohne Phasenverschiebung	49	Auflagerkräfte	86
Pendel- und Drehschwingungen	50	Drehmoment an Rotationsteilen	87
Bestimmung des Trägheitsmomentes eines Körpers	51	Drehmoment an Zahnrädergetrieben	87
<b>Technische Physik – Wärmelehre und Fluidmechanik</b>	<b>52</b>	Kräfte bei Beschleunigung und Verzögerung, Drehmoment bei beschleunigter oder verzögerter Kreisbewegung	88
Temperatureinheiten	52	Trägheitsmoment (Massenmoment 2. Grades)	89
Längenänderung, Volumenänderung	52	Federkraft	90
Schwindung	53	Zentripetalkraft, -petalbeschleunigung, -fugalkraft, -fugalbeschleunigung	90
Wärmemenge bei Temperaturänderung	53	Reibungskraft, Reibungsarten, Reibungsmoment	91
Wärmemischung, Gesamtwärmeinhalt, Mischtemperatur	54	Reibungszahl und Reibungswinkel	92
Schmelzwärme, Verdampfungswärme, Verbrennungswärme	55	Reibung an der schiefen Ebene	92
Wärmestrom	56	Reibung an der Backenbremse	93
		Mechanische Arbeit, Hubarbeit, Reibungsarbeit	94
		Feste Rolle	94
		Loose Rolle	95

Seilwinde	95	Tiefziehen	156
Flaschenzug	96	Schweißen	159
Keil	96		
Schraube	97		
Räderwinde	97		
Stirnräder bei Geradverzahnung, Zahnradmaße	98		
Zahnradtrieb, Schneckentrieb	99		
Riementrieb	100		
Potenzielle Energie (Lage- und Federenergie), Kinetische Energie	101		
Leistung bei geradliniger Bewegung, Wirkungsgrad	102		
Leistung bei kreisförmiger Bewegung	103		
Statische Festigkeitsrechnung, allgemeine Aufgabenstellungen	104		
Statische Festigkeitswerte (Grenzspannungen), Benennungen und Einheiten	104		
Statische Festigkeitswerte (Grenzspannungen)	105		
Sicherheitszahlen	105		
Beanspruchung auf Zug	106		
Beanspruchung auf Druck	106		
Beanspruchung auf Flächenpressung	107		
Beanspruchung auf Abscherung	107		
Beanspruchung auf Torsion	108		
Elastische Verdrehung, Verdrehwinkel	108		
Beanspruchung auf Biegung	109		
Biegemomente und Durchbiegungen (Auswahl von Sonderfällen)	110		
Beanspruchung auf Knickung	111		
Flächenmomente, Widerstandsmomente für Biegung und Knickung	112		
Flächenmomente, Widerstandsmomente für Torsion (Verdrehung)	114		
<b>Arbeitsplanung und Kalkulation – Mess- und Qualitätstechnik</b>	<b>115</b>		
Toleranzen und Passungen	115		
Qualitätsmanagement	117		
Statistische Auswertung	118		
Qualitätsmanagement	119		
Statistische Prozesslenkung	121		
Durchlaufzeit	122		
Netzplantechnik	123		
Auftragszeit	124		
Belegungszeit	125		
Kalkulation	126		
<b>Fertigungstechnik – Kräfte, Leistungen, Nutzungszeiten</b>	<b>136</b>		
Hauptnutzungszeit: Längsrunddrehen	136		
Hauptnutzungszeit: Querplandrehen	137		
Hauptnutzungszeit: Abstechdrehen	138		
Hauptnutzungszeit: Einstechdrehen	139		
Hauptnutzungszeit: Gewindedrehen	139		
Kegeldrehen	140		
Rautiefe in Abhängigkeit vom Eckenradius beim Konturdrehen	140		
Kräfte, Leistungen und Zeitspannungsvolumen beim Längsrunddrehen	141		
Hauptnutzungszeit: Stirnfräsen (Plan- und Eckfräsen)	142		
Hauptnutzungszeit: Umfangsfräsen	143		
Hauptnutzungszeit: Nutenfräsen	144		
Hauptnutzungszeit: Bandsägen	144		
Direktes Teilen mit dem Teilkopf, Indirektes Teilen mit dem Teilkopf	145		
Kräfte, Leistungen und Zeitspannungsvolumen beim Stirnfräsen	146		
Hauptnutzungszeit: Bohren und Reiben	147		
Hauptnutzungszeit: Senken und Zentrierbohren	148		
Hauptnutzungszeit: Gewindebohren	148		
Kräfte, Leistungen und Zeitspannungsvolumen beim Bohren	149		
Hauptnutzungszeit: Längsrundschleifen (Außenrundschleifen)	150		
Hauptnutzungszeit: Planschleifen (Umfangsschleifen)	151		
Abtragen	152		
Scherschneiden	153		
Biegen	155		
		<b>Fertigungstechnik – CNC-Technik</b>	<b>161</b>
		PAL-Drehen: Befehlscodierung	161
		Aufbau von CNC-Programmen nach PAL-Drehen	162
		PAL-Drehen: G1 (Linearinterpolation von P1 nach P2)	162
		PAL-Drehen: G2 (Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn)	163
		PAL-Drehen: G3 (Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn)	163
		PAL-Drehen: G82 (Planschruppsyklus) – Abwahl mit G80	164
		PAL-Drehen: G14 (Werkzeugwechsellpunkt [WWP] anfahren)	165
		PAL-Drehen: G31 (Gewindezyklus)	166
		PAL-Drehen: G22 (Unterprogrammaufruf)	166
		PAL-Drehen: G23 (Programmwiederholung)	166
		PAL-Drehen: G86 (radialer Einstechzyklus)	167
		PAL-Drehen: G88 (axialer Einstechzyklus)	167
		PAL-Fräsen: Befehlscodierung	168
		Aufbau von CNC-Programmen nach PAL-Fräsen	169
		PAL-Fräsen: G1 (Linearinterpolation von P1 nach P2)	169
		PAL-Fräsen: G2 (Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn)	170
		PAL-Fräsen: G3 (Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn)	170
		PAL-Fräsen: G45 (Lineares tangentiales An- und Abfahren)	171
		PAL-Fräsen: G46/G47 (Tangentiales An- und Abfahren im Viertel-/Halbkreis)	171
		PAL-Fräsen: G41/G42 (Bahnkorrekturen) – Abwahl mit G40	171
		PAL-Fräsen: G59 (Nullpunktverschiebung)	172
		PAL-Fräsen: G79 (Zyklusaufruf auf einen Punkt durch kartesische Koordinaten)	172
		PAL-Fräsen: G76 (Mehrfachzyklus auf einer Geraden, Rahmen oder Gitter)	172
		PAL-Fräsen: G77 (Mehrfachzyklusaufruf auf einen Teilkreis)	173
		PAL-Fräsen: G78 (Zyklusaufruf auf einen Punkt durch Polarkoordinaten)	173
		PAL-Fräsen: G66 (Spiegeln an der X-/Y-Achse)	173
		PAL-Fräsen: G72 (Rechtecktasche/Rechteckzapfen)	174
		PAL-Fräsen: G73 (Kreistaschen- und Zapfenfräszyklus mit Fasen und Stufen)	174
		PAL-Fräsen: G74 (Nutzenzyklus mit Fasen und Stufen)	174
		PAL-Fräsen: G75 (Kreisbogennut-Fräszyklus)	175
		PAL-Fräsen: G81 (Bohrzyklus)	175
		PAL-Fräsen: G82 (Tiefbohrzyklus mit Spanbruch)	175
		PAL-Fräsen: G84 (Gewindebohrzyklus)	176
		PAL-Fräsen: G85 (Reibzyklus)	176
		PAL-Fräsen: G88 (Innengewindefräszyklus)	176
		PAL-Fräsen: G10 (Verfahren im Eilgang in Polarkoordinaten)	177
		PAL-Fräsen: G11 (Linearinterpolation mit Polarkoordinaten)	177
		PAL-Fräsen: G12/G13 (Kreisinterpolation mit Polarkoordinaten)	177
		<b>Mathematik – Integrale, Differenziale, Gleichungen</b>	<b>178</b>
		Lineare Funktion – Gerade, Zwei Geraden	178
		Quadratische Funktion – Parabel	179
		Binomische Formeln	180
		Quadratische Gleichung (Normalform) lösen	180
		Quadratische Gleichung (allgemeine Form) lösen	180
		Differenzenquotient, Ableitung, Ableitungsregeln	181
		Integrale, Integration, Integrationsregeln, Flächen	182
		Gleichungssystem mit 2 Unbekannten	183
		Gleichungssystem mit 3 Unbekannten	184
		Vektoren	185
		Logarithmus	186
		Kurvendiskussion eines Polynoms	187
		<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>188</b>

## Mathematische Zeichen

Math. Zeichen	Sprechweise	Math. Zeichen	Sprechweise
$\approx$	ungefähr gleich, rund, etwa	$\sim$	proportional
$\cong$	entspricht	$a^x$	a hoch x, x-te Potenz von a
$\dots$	und so weiter	$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus n
$\infty$	unendlich	$\sqrt[n]{\quad}$	n-te Wurzel aus
$=$	gleich	$ x $	Betrag von x
$\neq$	ungleich	$\perp$	senkrecht zu
$\stackrel{\text{Def}}{=}$	ist definitionsgemäß gleich	$\parallel$	ist parallel zu
$<$	kleiner als	$\Uparrow$	gleichsinnig parallel
$\leq$	kleiner oder gleich	$\Downarrow$	gegensinnig parallel
$>$	größer als	$\sphericalangle$	Winkel
$\geq$	größer oder gleich	$\triangle$	Dreieck
$+$	plus	$\cong$	kongruent zu
$-$	minus	$\Delta x$	Delta x (Differenz zweier Werte)
$\cdot$	mal, multipliziert mit	$\%$	Prozent, vom Hundert
$\div, /, :$	durch, geteilt durch, zu, pro	$\text{‰}$	Promille, vom Tausend
$\Sigma$	Summe	$() ; [] ; \{\}$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu
log	Logarithmus (allgemein)	$\pi$	pi (Kreiszahl = 3,14159 ...)
lg	dekadischer Logarithmus		
ln	natürlicher Logarithmus		
e	Eulersche Zahl (e = 2,71828...)		
sin	Sinus	$\overline{AB}$	Strecke AB
cos	Kosinus	$\widehat{AB}$	Bogen AB
tan	Tangens	$a', a''$	a Strich, a zwei Strich
cot	Kotangens	$a_1, a_2$	a eins, a zwei

## Zahlenmengen

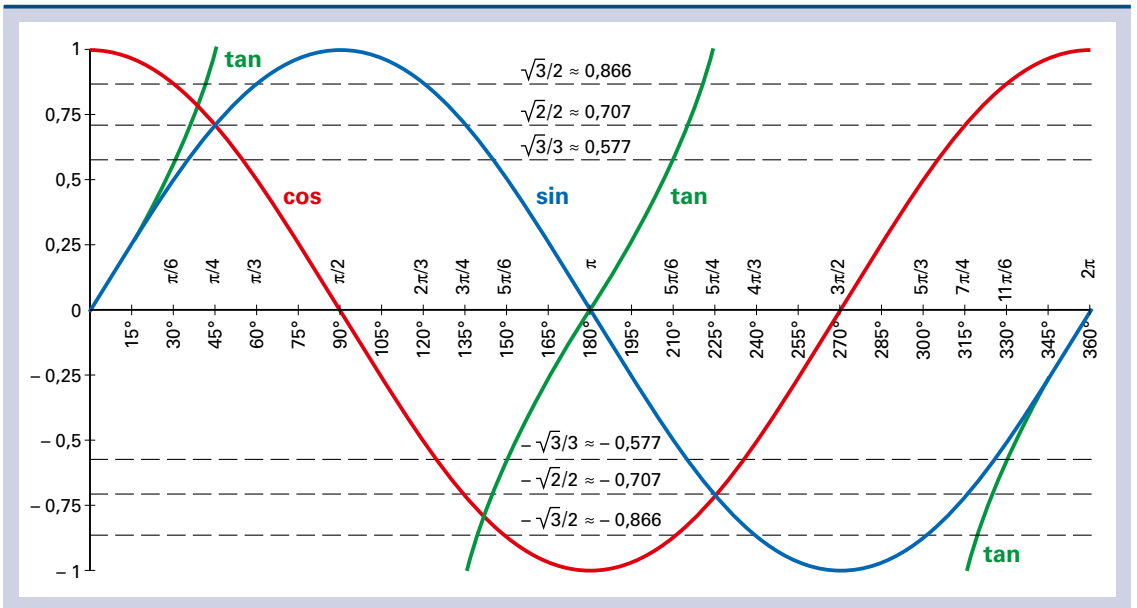


- $\mathbb{N}$  **Natürliche Zahlen**, positive ganze Zahlen [mit Null]
- $\mathbb{Z}$  **Ganze Zahlen**,  $\mathbb{N}$  plus negative ganze Zahlen
- $\mathbb{Q}$  **Rationale Zahlen** (Quotienten),  $\mathbb{Z}$  plus Bruch- und Dezimalzahlen
- $\mathbb{R}$  **Reelle Zahlen**,  $\mathbb{Q}$  plus nicht durch Brüche darstellbare Zahlen
- $\mathbb{C}$  **Komplexe Zahlen** (Complex) aus Realteil und Imaginärteil; mit  $i^2 = -1$
- $\subset$  Ist Teilmenge von

## Besondere Zahlen

Kreiszahl	$\pi = 3,141592\dots$	Goldener Schnitt	$\Phi = 1,618033$
Eulersche Zahl	$e = 2,71828\dots$	Wurzel aus 2	$\sqrt{2} = 1,4142135\dots$
Absoluter Nullpunkt	$T = -273,15\text{ °C} = 0\text{ K}$	Wurzel aus 3	$\sqrt{3} = 1,7320508\dots$
Erdbeschleunigung	$g = 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Primzahlen	2; 3; 5; 7; 11; 13...
Lichtgeschwindigkeit	$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Avogadrozahl	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$
Fluchtgeschwindigkeit	$v = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$	molare Gaskonstante	$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

## Sinus-, Kosinus- und Tangensfunktion



$\alpha$	0	30	45	60	90	120	150	180	210	225	240	270	300	330	360
$\alpha_r$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{4\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{11\pi}{6}$	$2\pi$
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0
$\tan \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\infty$	$-\sqrt{3}$	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\infty$	$-\sqrt{3}$	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

$\cos \alpha$	Kosinusfunktion
$\sin \alpha$	Sinusfunktion
$\tan \alpha$	Tangensfunktion
$\alpha$	Winkel in Grad (°)
$\alpha_r$	Winkel im Bogenmaß (rad)

<p><b>Bogenmaß in Grad umrechnen</b></p> $\alpha = \frac{\alpha_r \cdot 180^\circ}{\pi}$	<p><b>Grad in Bogenmaß umrechnen</b></p> $\alpha_r = \frac{\alpha \cdot \pi}{180^\circ}$
--	--

## Griechisches Alphabet mit Anwendungsbeispielen

Griechischer Buchstabe		Gesprochen	z. B. verwendet für...
A	$\alpha$	Alpha	Freiwinkel, Winkel, Längenausdehnungskoeffizient
B	$\beta$	Beta	Keilwinkel, Winkel
Γ	$\gamma$	Gamma	Spanwinkel, Winkel, spezifischer Widerstand
Δ	$\delta$	Delta	Differenz, Winkel
E	$\epsilon$	Epsilon	Dehnung, Eckenwinkel (Wendeschneidplatte)
Z	$\zeta$	Zeta	Verlustbeiwert von Armaturen
H	$\eta$	Eta	Wirkungsgrad
Θ	$\vartheta$	Theta	Thermodynamische Temperatur (K), Temperatur (°C)
I	$\iota$	Iota	Höhere Mathematik
K	$\kappa$	Kappa	Einstellwinkel (Drehen), elektrische Leitfähigkeit
Λ	$\lambda$	Lambda	Wellenlänge, Wärmeleitfähigkeit, Neigungswinkel (Wendeschneidplatte)
M	$\mu$	My	Reibungskoeffizient, Prozessmittelwert
N	$\nu$	Ny	Sicherheitszahl
Ξ	$\xi$	Xi	Höhere Mathematik
O	$\omicron$	Omikron	Höhere Mathematik
Π	$\pi$	Pi	Produktzeichen, Kreiszahl 3,1415...
P	$\rho, \varrho$	Rho	Dichte, Winkel, Leiterwiderstand
Σ	$\sigma$	Sigma	Summenzeichen, Normalspannung, Prozessstandardabweichung
T	$\tau$	Tau	Schubspannung, Torsionsspannung
Υ	$\upsilon$	Ypsilon	Achsenbezeichnung
Φ	$\varphi$	Phi	Wärmestrom (Q), Goldener Schnitt, Winkel, Phasenverschiebung, Stoßfaktor
X	$\chi$	Chi	Statistisches Merkmal
Ψ	$\psi$	Psi	Wärmedurchgangskoeffizient
Ω	$\omega$	Omega	Zeichen für Ohm, Winkelgeschwindigkeit

## Grundrechenarten

### Addition

$a, b$  Summand  
 $c$  Summe

### Subtraktion

$a$  Minuend;  $b$  Subtrahend  
 $c$  Differenz

### Multiplikation

$a, b$  Multiplikator  
 $c$  Produkt

### Division

$a$  Dividend; Zähler  
 $b$  Divisor; Nenner  
 $c$  Quotient; Wert des Bruches

$$a + b = c$$

$$a - b = c$$

$$a \cdot b = c$$

$$a : b = c$$

### Bruchschreibweise

$$\frac{a}{b} = c$$

## Vorzeichenregeln

### Addition und Subtraktion

### Multiplikation und Division

$$\begin{aligned} + (+a) &= +a \\ + (-a) &= -a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - (+a) &= -a \\ - (-a) &= +a \end{aligned}$$

### Multiplikation

$$\begin{aligned} (+a) \cdot (+b) &= +ab \\ (+a) \cdot (-b) &= -ab \\ (-a) \cdot (+b) &= -ab \\ (-a) \cdot (-b) &= +ab \end{aligned}$$

### Division

$$\begin{aligned} (+a) : (+b) &= +(a : b) \\ (+a) : (-b) &= -(a : b) \\ (-a) : (+b) &= -(a : b) \\ (-a) : (-b) &= +(a : b) \end{aligned}$$

## Rechengesetze

### „Punkt vor Strich“

### Kommutativgesetz...

### Assoziativgesetz...

### Distributivgesetz

$$a + b \cdot c = a + (b \cdot c)$$

### ... der Addition

$$a + b = b + a$$

### ... der Addition

$$(a + b) + c = a + (b + c)$$

$$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$$

### ... der Multiplikation

$$a \cdot b = b \cdot a$$

### ... der Multiplikation

$$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$$

## Klammern

### Klammern auflösen

### Ausklammern

$$(a + b) \cdot (c + d) = a \cdot c + a \cdot d + b \cdot c + b \cdot d$$

$$a + (b + c) = a + b + c$$

$$a - (b + c) = a - b - c$$

$$a \cdot b + a \cdot c = a \cdot (b + c)$$

## Grundoperationen mit Brüchen

### Multiplikation mit ganzer Zahl

- $a$  Zähler  
 $b$  Nenner  
 $k$  ganze Zahl

### Multiplikation von Brüchen

- $a, c$  Zähler  
 $b, d$  Nenner

### Erweitern

- $a$  Zähler  
 $b$  Nenner  
 $k$  Zahl, mit der erweitert wird

### Division durch ganze Zahl

- $a$  Zähler  
 $b$  Nenner  
 $k$  ganze Zahl

### Division von Brüchen

- $a, c$  Zähler  
 $b, d$  Nenner

### Kürzen

- $a$  Zähler;  
 $b$  Nenner  
 $k$  Zahl, durch die gekürzt wird

### Addition von Brüchen

- $a, c$  Zähler  
 $b, d$  Nenner

### Subtraktion von Brüchen

- $a, c$  Zähler  
 $b, d$  Nenner

### Vorzeichenregeln

- $a$  Zähler  
 $b$  Nenner

$$\frac{a}{b} \cdot k = \frac{a \cdot k}{b}$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{k}{k} = \frac{a \cdot k}{b \cdot k}$$

Der Wert des Bruches bleibt gleich.

$$\frac{a}{b} \div k = \frac{a}{b \cdot k}$$

$$\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$$

Multiplikation mit dem Kehrwert:  $\frac{c}{d}$   $\xrightarrow{\text{Kehrwert}}$   $\frac{d}{c}$

$$\frac{a \div k}{b \div k}$$

Der Wert des Bruches bleibt gleich.

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} + \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} = \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$$

Die Brüche müssen durch Erweitern auf den gemeinsamen Hauptnenner gebracht werden.

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} - \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} = \frac{a \cdot d - c \cdot b}{b \cdot d}$$

Die Brüche müssen durch Erweitern auf den gemeinsamen Hauptnenner gebracht werden.

$$\frac{+a}{+b} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{-a}{-b} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{-a}{+b} = -\frac{a}{b}$$

$$\frac{+a}{-b} = -\frac{a}{b}$$

## Potenzterme

$$a^n = x$$

- $a$  Basis (Grundzahl)
- $n, m$  Exponent (Hochzahl)
- $a^n$  Potenz
- $x$  Potenzwert

### Potenzieren

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_{n \text{ Faktoren}}$$

## Rechenoperationen mit Potenzen

### Addition und Subtraktion

### Ausklammern bei gleicher Potenz in allen Termen:

$$g \cdot a^n + j \cdot a^n + h \cdot a^n = a^n \cdot (g + j + h)$$

### Multiplikation

#### bei gleicher Basis

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$$

#### bei gleichem Exponenten

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

### Division

#### bei gleicher Basis

$$\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$$

#### bei gleichem Exponenten

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

### Potenzieren

$$(a^n)^m = a^{n \cdot m}$$

### Sonderformen von $a^n$

$$a^1 = a$$

$$a^0 = 1$$

$$a^{-1} = \frac{1}{a}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

### Umwandeln von Potenzen in Wurzeln

$$a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[m]{a^n}$$

## Wurzelterme

$$\sqrt[n]{a} = x$$

$a$  Radikant  
 $n, m$  Wurzelexponent  
 $x$  Wurzelwert

### Radizieren

$$a = \underbrace{\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} \cdot \dots \cdot \sqrt[n]{a}}_{n \text{ Wurzeln}}$$

## Rechenoperationen mit Wurzeln

### Addition und Subtraktion

**Ausklammern bei gleicher Wurzel in allen Termen:**

$$g \cdot \sqrt[n]{a} + j \cdot \sqrt[n]{a} + h \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a} \cdot (g + j + h)$$

### Multiplikation

**bei gleichem Radikant**

$$\sqrt[m]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[m \cdot n]{a^{m+n}}$$

**bei gleichem Wurzelexponenten**

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$$

### Division

**bei gleichem Radikant**

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a^{m-n}}$$

**bei gleichem Wurzelexponenten**

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

### Potenzieren

$$\left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \sqrt[n]{a^m}$$

### Radizieren (Wurzel ziehen)

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}$$

### Hinweise zur Quadratwurzel

**Wurzelexponent entfällt**

$$x = \pm \sqrt[2]{a} \rightarrow x = \pm \sqrt{a}$$

**Es gibt zwei Werte für  $x$**

$$x_1 = +\sqrt{a};$$

$$x_2 = -\sqrt{a}$$

### Umwandeln von Potenzen in Wurzeln und umgekehrt

$$\sqrt[m]{a^n} = a^{\frac{n}{m}}$$

## Größen und Einheiten

### SI-Basisgrößen und Basiseinheiten

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

### Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten

Vorsatz		Zehnerpotenz	Vorsatz		Zehnerpotenz
Zeichen	Name		Zeichen	Name	
T	Terra	$10^{12}$	d	Dezi	$10^{-1} = 0,1$
G	Giga	$10^9$	c	Zenti	$10^{-2} = 0,01$
M	Mega	$10^6 = 1\,000\,000$	m	Milli	$10^{-3} = 0,001$
k	Kilo	$10^3 = 1\,000$	$\mu$	Mikro	$10^{-6} = 0,000001$
h	Hekto	$10^2 = 100$	n	Nano	$10^{-9}$
da	Deka	$10^1 = 10$	p	Piko	$10^{-12}$

### Umrechnungsfaktoren für Einheiten (Auszug)

Größe	Umrechnungsfaktoren, z. B.
Längen	$1 = \frac{10\text{ mm}}{1\text{ cm}} = \frac{1000\text{ mm}}{1\text{ m}} = \frac{1\text{ m}}{1000\text{ mm}} = \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}}$
Flächen	$1 = \frac{100\text{ mm}^2}{1\text{ cm}^2} = \frac{100\text{ cm}^2}{1\text{ dm}^2} = \frac{1\text{ cm}^2}{100\text{ mm}^2} = \frac{1\text{ dm}^2}{100\text{ cm}^2}$
Volumen	$1 = \frac{1000\text{ mm}^3}{1\text{ cm}^3} = \frac{1000\text{ cm}^3}{1\text{ dm}^3} = \frac{1\text{ cm}^3}{1000\text{ mm}^3} = \frac{1\text{ dm}^3}{1000\text{ cm}^3}$
Zeit	$1 = \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} = \frac{3600\text{ s}}{1\text{ h}} = \frac{60\text{ s}}{1\text{ min}} = \frac{1\text{ min}}{60\text{ s}}$
Winkel	$1 = \frac{60'}{1^\circ} = \frac{60''}{1'} = \frac{3600''}{1^\circ} = \frac{1^\circ}{60\text{ s}}$
Zoll	$1\text{ inch} = 25,4\text{ mm}; 1\text{ mm} = \frac{1}{25,4}\text{ inch}$

## Größen und Einheiten

## Länge

Größe	Formelzeichen		Einheitenname		Einheitenzeichen	
Länge	$l$		Meter		m	
Beziehung	m	$\mu\text{m}$	mm	cm	dm	km
1 m =	1	$10^6$ 1 000 000	$10^3$ 1000	$10^2$ 100	$10^1$ 10	$10^{-3}$ 0,001
1 $\mu\text{m}$ =	$10^{-6}$ 0,000 001	1	$10^{-3}$ 0,001	$10^{-4}$ 0,0001	$10^{-5}$ 0,00001	$10^{-9}$
1 mm =	$10^{-3}$ 0,001	$10^3$ 1000	1	$10^{-1}$ 0,1	$10^{-2}$ 0,01	$10^{-6}$ 0,000 001
1 cm =	$10^{-2}$ 0,01	$10^4$ 10 000	$10^1$ 10	1	$10^{-1}$ 0,1	$10^{-5}$ 0,00001
1 dm =	$10^{-1}$ 0,1	$10^5$ 100 000	$10^2$ 100	$10^1$ 10	1	$10^{-4}$ 0,0001
1 km =	$10^3$ 1 000	$10^9$	$10^6$ 1 000 000	$10^5$ 100 000	$10^4$ 10 000	1

1 inch = 1 Zoll = 25,4 mm; 1 foot = 0,3048 m; 1 yard = 0,9144 m

## Fläche

Größe	Formelzeichen		Einheitenname		Einheitenzeichen	
Fläche	$A, S$		Quadratmeter Ar Hektar		$\text{m}^2$ a ha	
Beziehung	$\text{m}^2$	$\text{mm}^2$	$\text{cm}^2$	$\text{dm}^2$		
1 $\text{m}^2$ =	1	$10^6$ 1 000 000	$10^4$ 10 000	$10^2$ 100		
1 $\text{mm}^2$ =	$10^{-6}$ 0,000 001	1	$10^{-2}$ 0,01	$10^{-4}$ 0,0 001		
1 $\text{cm}^2$ =	$10^{-4}$ 0,0001	$10^2$ 100	1	$10^{-2}$ 0,01		
1 $\text{dm}^2$ =	$10^{-2}$ 0,01	$10^4$ 10 000	$10^2$ 100	1		

1 a = 100  $\text{m}^2$ ; 1 ha = 100 a = 10 000  $\text{m}^2$ ; 100 ha = 1  $\text{km}^2$

## Volumen

Größe	Formelzeichen		Einheitenname		Einheitenzeichen	
Volumen	$V$		Kubikmeter Liter		$\text{m}^3$ l, L	
Beziehung	$\text{m}^3$	$\text{mm}^3$	$\text{cm}^3 = \text{ml}$	$\text{dm}^3 = \text{l}$		
1 $\text{m}^3$ =	1	$10^9$	$10^6$ 1 000 000	$10^3$ 1 000		
1 $\text{mm}^3$ =	$10^{-9}$	1	$10^{-3}$ 0,001	$10^{-6}$ 0,000 001		
1 $\text{cm}^3 = 1 \text{ ml}$ =	$10^{-6}$ 0,000 001	$10^3$ 1 000	1	$10^{-3}$ 0,001		
1 $\text{dm}^3 = 1 \text{ l}$ =	$10^{-3}$ 0,001	$10^6$ 1 000 000	$10^3$ 1000	1		

## Größen und Einheiten

## Mechanik

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	
Masse	$m$	Kilogramm	kg	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$ $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$ $0,2 \text{ g} = 1 \text{ Kt}$
		Gramm	g	
		Megagramm	Mg	
		Tonne Karat	t	
längenbezogene Masse	$m'$	Kilogramm pro Meter	kg/m	$1 \text{ kg/m} = 1 \text{ g/mm}$
flächenbezogene Masse	$m''$	Kilogramm pro Meter hoch zwei	kg/m <sup>2</sup>	$1 \text{ kg/m}^2 = 0,1 \text{ g/cm}^2$
Dichte	$\rho, \rho$	Kilogramm pro Meter hoch drei	kg/m <sup>3</sup>	$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ t/m}^3$ $= 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$ $= 1 \text{ g/ml}$ $= 1 \text{ mg/mm}^3$
Kraft Gewichtskraft	$F$ $F_G, G$	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ J/m}$ $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1\,000\,000 \text{ N}$
Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment	$M$ $M_b$ $M_T, T$	Newton mal Meter	N · m	$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
Druck mechanische Spannung	$p$ $\sigma, \tau$	Pascal Newton pro Millimeter hoch zwei	Pa N/mm <sup>2</sup>	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ N/cm}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ $1 \text{ daN/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$
Flächenmoment 2. Grades	$I$	Meter hoch vier Zentimeter hoch vier	m <sup>4</sup> cm <sup>4</sup>	$1 \text{ m}^4 = 100\,000\,000 \text{ cm}^4$
Energie, Arbeit Wärmemenge	$E, W$ $Q$	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
Leistung, Wärmestrom	$P$ $\Phi$	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m/s}$ $= 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}^3$ $1 \text{ PS} = 0,7355 \text{ kW}$

## Größen und Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	
<b>Zeit, Zeitspanne, Dauer</b>	$t$	Sekunde	s	1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h = 86 400 s
		Minute	min	
		Stunde	h	
		Tag	d	
		Jahr	a	
<b>Frequenz</b>	$f, \nu$	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
<b>Drehzahl, Umdrehungsfrequenz</b>	$n$	1 pro Sekunde	1/s	1/s = 60/min = 60 min <sup>-1</sup>
		1 pro Minute	1/min	1/min = 1 min <sup>-1</sup> = $\frac{1}{60 \text{ s}}$
<b>Geschwindigkeit</b>	$v$	Meter pro Sekunde	m/s	1 m/s = 60 m/min = 3,6 km/h
		Meter pro Minute	m/min	1 m/min = $\frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}}$
		Kilometer pro Stunde	km/h	1 km/h = $\frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$
<b>Winkelgeschwindigkeit</b>	$\omega$	1 pro Sekunde Radiant pro Sekunde	1/s rad/s	$\omega = 2 \pi \cdot n$
<b>Beschleunigung</b>	$a, g$	Meter pro Sekunde hoch zwei	m/s <sup>2</sup>	1 m/s <sup>2</sup> = $\frac{1 \text{ m/s}}{1 \text{ s}}$

## Thermodynamik und Wärmeübertragung

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	
<b>Thermodynamische Temperatur</b> <b>Celsius-Temperatur</b>	$T, \Theta$	Kelvin	K	0 K = - 273,15 °C
	$t, \vartheta$	Grad Celsius Grad Fahrenheit	°C	0 °C = 273,15 K 0 °C = 32 °F 0 °F = - 17,77 °C
<b>Wärmemenge</b>	$Q$	Joule	J	1 J = 1 W · s = 1 N · m 1 kW · h = 3 600 000 J = 3,6 MJ 1 kcal = 4,1868 kJ 1 kcal = 4186,8 Ws 1 kcal = 1,166 Wh
<b>Spezifischer Heizwert</b>	$H_u$	Joule pro Kilogramm	J/kg	1 MJ/kg = 1 000 000 J/kg
	$H_i$	Joule pro Meter hoch drei	J/m <sup>3</sup>	1 MJ/m <sup>3</sup> = 1 000 000 J/m <sup>3</sup>

## Größen und Einheiten

### Elektrizität und Magnetismus

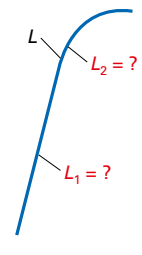
Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	
<b>Elektrische Stromstärke</b>	$I$	Ampere	A	
<b>Elektrische Spannung</b>	$U$	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/1 \text{ A} = 1 \text{ J}/\text{C}$
<b>Elektrischer Widerstand</b>	$R$	Ohm	$\Omega$	$1 \Omega = 1 \text{ V}/1 \text{ A}$
<b>Elektrischer Leitwert</b>	$G$	Siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V} = 1/\Omega$
<b>Spezifischer Widerstand</b>	$\rho$ $\gamma, \kappa$	Ohm mal Meter	$\Omega \cdot \text{m}$	$10^{-6} \Omega \cdot \text{m} = 1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
<b>Leitfähigkeit</b>		Siemens pro Meter	S/m	
<b>Frequenz</b>	$f$	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$ $1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$
<b>Elektrische Arbeit</b>	$W$	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ}$ $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kJ}$
<b>Phasenverschiebungswinkel</b>	$\varphi$	–	–	für Wechselstrom gilt: $\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$
<b>Elektrische Feldstärke</b>	$E$	Volt pro Meter	V/m	
<b>Elektrische Ladung</b>	$Q$	Coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}; 1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kC}$
<b>Elektrische Kapazität</b>		Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$
<b>Induktivität</b>		Henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}/\text{A}$
<b>Leistung</b>	$P$ $L$	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$
<b>Wirkleistung</b>				

### Winkel

Größe	Formelzeichen	Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	
<b>ebener Winkel (Winkel)</b>	... $\alpha, \beta, \gamma$	Radian	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m}/\text{m} = 57,2957 \dots^\circ = 180^\circ/\pi$ $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} = 60'$ $1' = 1^\circ/60 = 60''$ $1'' = 1'/60 = 1^\circ/3600$
		Grad	$^\circ$	
		Minute	'	
		Sekunde	''	

## Umstellung und Auflösung von Formeln

### Umstellung von Summen (Beispiele)



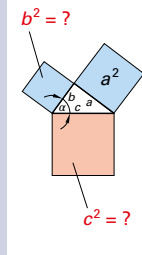
**Längenaddition**

$$L = L_1 + L_2$$

$$L_1 + L_2 = L$$

$$L_1 = L - L_2$$

$$L_2 = L - L_1$$



**Kosinussatz**

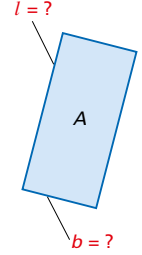
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

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

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

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

### Umstellung von Produkten (Beispiele)



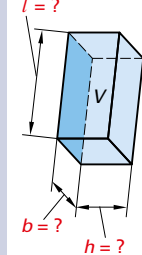
**Rechteckfläche**

$$A = l \cdot b$$

$$l \cdot b = A$$

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

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



**Quadervolumen**

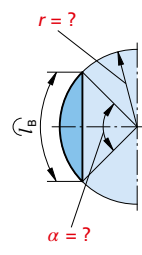
$$V = l \cdot b \cdot h$$

$$l \cdot b \cdot h = V$$

$$h = \frac{V}{l \cdot b}$$

$$l = \frac{V}{b \cdot h} \quad b = \frac{V}{l \cdot h}$$

### Umstellung von Brüchen (Beispiele für Unbekannte im Zähler)



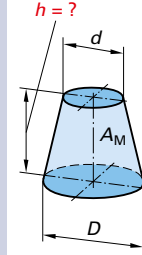
**Kreisausschnitt**

$$l_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$\frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = l_B$$

$$r = \frac{l_B \cdot 180^\circ}{\pi \cdot \alpha}$$

$$\alpha = \frac{l_B \cdot 180^\circ}{\pi \cdot r}$$



**Kegelstumpf-Mantelfläche**

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

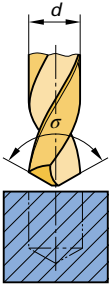
$$\frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) = V$$

$$h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) = \frac{12 \cdot V}{\pi}$$

$$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)}$$

## Umstellung und Auflösung von Formeln

### Umstellung von Brüchen (Beispiele für Unbekannte im Nenner)



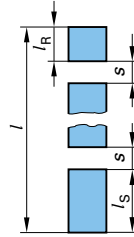
#### Drehzahl

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

$$\frac{\pi \cdot d}{v_c} = \frac{1}{n}$$

$$d = \frac{v_c}{\pi \cdot n}$$

$$v_c = d \cdot \pi \cdot n$$



#### Teilung von Längen

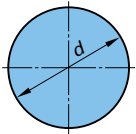
$$z = \frac{l}{l_s + s}$$

$$\frac{l_s + s}{l} = \frac{1}{z}$$

$$l_s + s = \frac{l}{z}$$

$$s = \frac{l}{z} - l_s$$

### Umstellung von Potenzen



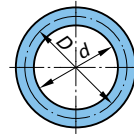
#### Kreisfläche

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = A$$

$$d^2 = \frac{4 \cdot A}{\pi}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$



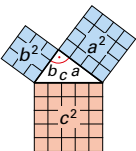
#### Kreisringfläche

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = A$$

$$(D^2 - d^2) = \frac{4 \cdot A}{\pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi} + d^2}$$



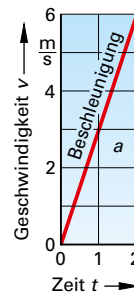
#### Pythagoras

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

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

$$a^2 = c^2 - b^2$$

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



#### Beschleunigung

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$$

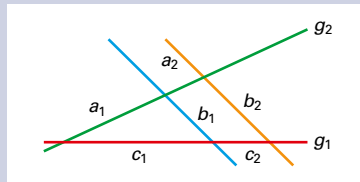
$$t^2 = \frac{2 \cdot s}{a}$$

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

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

## Verhältnisse

## Strahlensatz



$a_{1,2}$  Geradenabschnitte ( $g_2$ )

$c_{1,2}$  Geradenabschnitte ( $g_1$ )

$b_{1,2}$  Parallelenabschnitte

## 1. Strahlensatz

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

$$a_1 = \frac{a_2 \cdot c_1}{c_2}$$

$$a_2 = \frac{a_1 \cdot c_2}{c_1}$$

[a] = mm, cm

[b] = mm, cm

[c] = mm, cm

## 2. Strahlensatz

$$\frac{c_1}{c_1 + c_2} = \frac{b_1}{b_2}$$

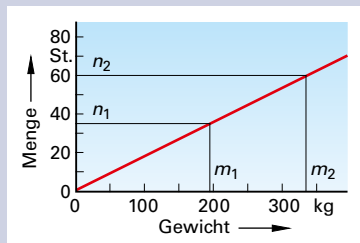
$$c_1 = \frac{a_1 \cdot c_2}{a_2}$$

$$c_2 = \frac{a_2 \cdot c_1}{a_1}$$

$$b_1 = \frac{b_2 \cdot c_1}{c_1 + c_2}$$

$$b_2 = \frac{b_1 \cdot (c_1 + c_2)}{c_1}$$

## Direkt proportionale Verhältnisse



$n$  Menge

$m$  Gewicht

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

[n] = Anzahl

[m] = g, kg

$$m_1 = \frac{m_2 \cdot n_1}{n_2}$$

$$n_1 = \frac{m_1 \cdot n_2}{m_2}$$

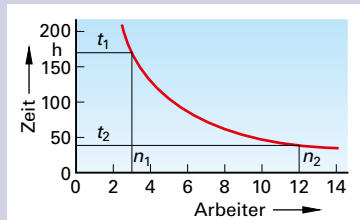
$$m_2 = \frac{m_1 \cdot n_2}{n_1}$$

$$n_2 = \frac{m_2 \cdot n_1}{m_1}$$

## Dreisatz-„Sprachregel“

1. 60 Stück ( $n_2$ ) wiegen ( $m_2$ ) 330 kg
2. 1 Stück wiegt 330 kg / 60 Stück
3. 35 Stück ( $n_1$ ) wiegen  
 $m_1 = 35 \text{ Stück} \cdot 330 \text{ kg} / 60 \text{ Stück}$

## Indirekt proportionale Verhältnisse



$t$  Zeit

$n$  Anzahl Arbeiter

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

[n] = -

[t] = min, h

$$t_2 = \frac{n_1 \cdot t_1}{n_2}$$

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot t_2}{t_1}$$

$$t_1 = \frac{n_2 \cdot t_2}{n_1}$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot t_1}{t_2}$$

## Dreisatz-„Sprachregel“

1. 3 Arbeiter ( $n_1$ ) benötigen 170 h ( $t_1$ )
2. 1 Arbeiter benötigt  $3 \cdot 170$  h
3. 12 Arbeiter ( $n_2$ ) benötigen  $t_2 = 3 \cdot 170 \text{ h} / 12$