
Technische Mathematik
Seite 6... 58

1

Betriebsführung
Seite 59... 87

2

Fachliche Vorschriften
Seite 88... 116

3

Fahrzeugtechnik
Seite 117... 340

4

Werkstoffe
Seite 341... 378

5

Betriebsstoffe
Seite 379... 389

6

Fertigung
Seite 390... 401

7

Technisches Zeichnen
Seite 402... 419

8

Abkürzungen
Englische Fachbegriffe
Sachwortverzeichnis

Seite 420
Seite 421
Seite 423

Dem Tabellenbuch wurden die bei Manuskriptabschluss vorliegenden neuesten Ausgaben der DIN-Normen und der gesetzlichen Vorschriften zugrunde gelegt. Die Auswahl ist auf die Erfordernisse in Schule und Praxis zugeschnitten. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die gesetzlichen Vorschriften selbst. Die DIN-Blätter können bei der DIN Media GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

30. Auflage 2025, korrigierter Nachdruck 2025
Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-7585-2536-0

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an 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, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: CMS – Cross Media Solutions GmbH, 97082 Würzburg
Zeichnungen: CMS – Cross Media Solutions GmbH, 97082 Würzburg; Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimpar;
Hans-Hermann Kropf, 89428 Syrgenstein; Gabriele Timm, 41564 Kaarst
Umschlagfotos: Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart; © abomedia - stock.adobe.com
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Tabellenbuch Fahrzeugtechnik

M. Bell
H. Eibl
W. Schüler
T. Stietz

30., überarbeitete und erweiterte Auflage

Verlag Europa-Lehrmittel · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 25360

Vorwort

Das Tabellenbuch Fahrzeugtechnik ist als Begleiter in der Aus- und Weiterbildung und als Nachschlagewerk und Orientierungshilfe bei fahrzeugtechnischen Fragestellungen konzipiert.

Das besonders übersichtliche Layout mit der sehr klaren Struktur, das ausführliche Inhaltsverzeichnis und das umfangreiche Sachwortverzeichnis gewährleisten ein schnelles Auffinden der gesuchten Information. Durch die Seitenverweise lassen sich direkt Verknüpfungen zu weiteren Informationen und anderen Bereichen herstellen.

Die aussagekräftigen, auch in Details gut erkennbaren Abbildungen in Verbindung mit verständlichen, wo notwendig auch umfassenderen Beschreibungen, tragen zum besseren Verstehen der Zusammenhänge bei.

Die Anpassung an den aktuellen Stand der Technik und die Aktualisierung der Vorschriften und Daten erforderte in der vorliegenden Auflage zahlreiche Änderungen, z. B.:

Im Kapitel „Technische Mathematik“ wurde der Abschnitt zum Kraftstoff-Normverbrauch überarbeitet und das Thema Berechnungen zur Hochvolttechnik neu aufgenommen.

In den Kapiteln „Betriebsführung“ und „Fachliche Vorschriften“ wurden die Daten und die rechtlichen Vorgaben aktualisiert.

Im Kapitel „Fahrzeugtechnik“ wurden wichtige Themen überarbeitet und erweitert, z. B.: Viertakt-Ottomotor (Motorsteuerung, optimierte Verbrennungsverfahren), Fahrwerk (Wankstabilisierung), Elektromobilität (E-Maschinen, Batterietechnik, Ladetechnik, Brennstoffzellenantrieb, Thermomanagement, Fehlersuche), Elektrotechnik (Grundlagen, 48 V-Bordnetz, Relais, Verbindungstechnik, Sicherungen), Elektronik (FET, IGBT), Fahrerassistenzsysteme (intelligenter Geschwindigkeitsassistent, Notbremslicht/adaptives Bremslicht, Rückfahrassistent, Unfalldatenspeicher).

Im Kapitel „Betriebsstoffe“ wurde das Thema Kraftstoffe überarbeitet und erweitert (alternative und synthetische Kraftstoffe).

Das Tabellenbuch Fahrzeugtechnik enthält in den Themenbereichen Gemischbildung und Zündung weiterhin noch ausgewählte Old- und Youngtimer-Technik. Diese Abschnitte sind durch das Oldtimersymbol (VW-Käfer) in den Überschriften gekennzeichnet.

Die Inhalte im Tabellenbuch entsprechen insgesamt den Bildungsplänen der Bundesländer und den Ausbildungsordnungen des Handwerks und der Industrie.

Im Kapitel Technische Mathematik werden in der Regel Größengleichungen nach DIN 1313 verwendet. In Fällen, die eine gewisse Vereinfachung erfordern, sind auf bestimmte Einheiten zugeschnittene Zahlenwertgleichungen angegeben. Aus diesem Grund müssen hier die Größen in den angegebenen Einheiten eingesetzt werden. Zahlenwertgleichungen sind durch **blauen Farbdruck** gekennzeichnet.

Das Kapitel „Technische Mathematik“ entspricht der „Formelsammlung Fahrzeugtechnik“. Die Formeln sind abgestimmt auf das Lehr- und Übungsbuch „Technische Mathematik Fahrzeugtechnik – fachsystematisch“.

Wir danken allen, die unsere Arbeit unterstützt haben, und nehmen auch weiterhin Anregungen gerne entgegen.

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis

1 Technische Mathematik

Grundlagen

Winkelfunktionen	6
Einheiten im Messwesen, Formelzeichen	7
Verhältnis-, Dreisatz-, Mischungs-, Prozent-, Zinsrechnen	10

Längen

Pythagoras, Vielecke, Kegel, Steigung	11
Maßstab, Toleranzen, Passungen, Teilung, gestreckte Länge, Kreisbogen	12

Flächen

	13
--	----

Volumen

	15
--	----

Mechanik

Dichte, Masse, Gewichtskraft, Kraft	17
Kräfte, Zusammensetzung, Zerlegung	18
Drehmoment, Hebel, Auflager, Fliehkraft	19
Geschwindigkeit	20
Beschleunigen, Bremsen	21
Überholen	22
Riemen-, Zahnrad-, Schneckentrieb	23
Planetengetriebe, Zahnradabmessungen	24
Reibung	25
Festigkeit	26
Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	27
Energie, schiefe Ebene, Schraube	28
Hydraulik	29
Pneumatik	30
Wärmetechnik, -menge, -ausdehnung	31

Fahrzeugtechnik

Hub-, Verdichtungsraum	32
Kurbeltrieb	33
Motorsteuerung	34
Motorleistung, Leistungsprüfung	35
Kenngrößen, Luftverhältnis, CO ₂ -Emission, Reichweite	36
Kraftstoffverbrauch	37
Motorkühlung, Motorschmierung	38
Kupplung	39
Wechselgetriebe, Planetengetriebe	40
Achsantrieb	41
Antriebsstrang	42
Achslasten, Achskräfte	43
Radstellung, Lenkgetriebe	44
Federung, Reifen	45
Bremsen	46
Fahrwiderstand, Fahrdiagramm	49
Fahrleistung, Beschleunigung, Kurvenfahrt	50

Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz, Leiterwiderstand, Reihenschaltung	51
Parallelschaltung, gemischte Schaltung, Spannungsteiler	52
Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad, Batterie	53
PWM, Zündanlage, Kondensator	54
Wechselstrom, Wechselstromwiderstände	55
Drehstrom, Transformator	56
Magnetisches Feld, elektrisches Feld, elektronische Bauteile	57

Elektroantrieb: HV-Batterie, E-Maschine, Zwischenkreiskondensator	58
---	----

2 Betriebsführung

Lohnberechnung

Lohnformen, -zuschläge, -gruppen	59
Brutto, Netto, Steuern, Sozialversicherungen	60

Qualitätsmanagement

Grundlagen, Normen, Zertifizierung	61
------------------------------------	----

Kostenrechnung

Kosten, Zuschlagskalkulation, Vergleich	62
Einzelkosten	63
Gemeinkosten	64
Kfz-Werkstatt	66
Ersatzteillager	70
Gewinn- und Verlustrechnung, Kennzahlen	72
Mechanische Werkstatt	73
Rechnungserstellung	75

Deckungsbeitragsrechnung

Kostenarten, Deckungsbeitrag, Deckungssatz	76
--	----

Abschreibung

linear, degressiv	77
-------------------	----

Kostenstellen

Betriebsabrechnungsbogen	78
--------------------------	----

Umsatzsteuer

	79
--	----

Planungsrechnung

Umsatz-, Auftrags-, Personalplanung	80
-------------------------------------	----

Auftragsabwicklung

	81
--	----

Unterhaltskosten

Fahrzeugkosten	82
Maschinenkosten	83

Grundbegriffe der Buchführung

Inventar und Bilanz	84
Bilanz-, Erfolgskonten	85
Buchungen	86
Geschäftsbücher	87

3 Fachliche Vorschriften

Arbeitssicherheit

Gesetzliche Grundlagen	88
Zuständige Stellen, Sicherheitsregeln für die Fahrzeuginstandhaltung, Sicherheitszeichen	89
Gefahrstoffe	98

Gefahrguttransport

	100
--	-----

Umweltschutz

Bereiche, Abfallentsorgung	101
Altölentsorgung, Altfahrzeugentsorgung	103
Immissionsschutz	104
Abwasser	105

Inhaltsverzeichnis

Wassergefährdende Stoffe, entzündbare Flüssigkeiten	106
Straßenverkehrsgesetz StVG	
Fahrerlaubnis	107
Zulassung, Kennzeichen	108
Zulassungsbescheinigung	109
Betriebserlaubnis, Untersuchung der Fahrzeuge	110
Lichttechnische Einrichtungen	112
Abmessungen, Achslast, Gesamtmasse, Anhänger	114
Ab schleppen, Geschwindigkeitsmessung -kontrollgeräte	115
Kraftfahrzeugsteuer	116

4 Fahrzeugtechnik

Fahrzeugdiagnose	
Fahrzeugsystemtester	117
Begriffe der Diagnosetechnik	118
Diagnoseablauf	119
Fehlersuchplan, Fehlersuchtafel	120

Verbrennungsmotor	
Einteilung, Bauformen	122
Grundbegriffe	124
Verbrennungsvorgang	125
Viertakt-Ottomotor	126
Viertakt-Dieselmotor	130
Zweitakt-Motor	132
Kreiskolbenmotor	133
Kenngrößen	134
Zylinderkurbelgehäuse	137
Kolben, Kolbenzubehör	138
Pleuel, Kurbelwelle	140
Motorsteuerung	141
Motoraufladung	145
Motorschmierung	148
Motorkühlung	149
Gemischbildung Ottomotor	152
Vergaser	153

Einspritzanlagen für Ottomotoren	
Kraftstoffanlage	155
Einteilung	157
Übersicht Einspritzsysteme, Zentral-einspritzung	158
KE-, L-, LH-Jetronic	159
ME-, MED-Motronic	160
Erdgas-/Autogasanlage	163

Einspritzanlagen für Dieselmotoren	
Elektronische Dieselregelung	164
Common-Rail-System	165
Pumpe-Düse-System	168
Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe	169
Überblick mechanische Systeme	170
Starthilfesysteme	171

Abgase	
Abgase (Ottomotor)	172
Abgase (Dieselmotor)	175
Europäische On-Board-Diagnose (EOBD)	178

Abgasprüfung, Abgasgrenzwerte, RDE	179
Feinstaubplakette, Emissionsschlüsselnummern	180

Elektromobilität	
Einteilung Elektro- und Hybridantriebe	181
Hybridantrieb	182
Elektroantrieb	183
Leistungselektronik	184
Elektrische Antriebsmotoren	185
Rotorlagesensor	187
Energiespeicher	188
Thermomanagement	189
Wärmepumpe	190
HV-Batterie laden	192
Elektroantrieb mit Brennstoffzelle	191
Ladeschnittstellen, Ladesysteme	193
Sicherheitskonzept	194
Fehlersuche am Hochvoltssystem	195
Stromlaufplan Hochvoltssystem (Beispiel)	197

Antriebsstrang	
Baugruppen, Kupplung	198
Wechselgetriebe	201
Doppelkupplungsgetriebe	202
Synchronisierung, CVT-Getriebe	203
Gruppen-, Verteilergetriebe, Elektropneumatische Schaltung	204
Automatikgetriebe	205
Achsantrieb, Getriebe in E-Fahrzeugen	209
Ausgleichssperren	210
Allradantriebe	211

Fahrwerk	
Fahrdynamik	212
Radstellung, Achsvermessung	215
Radaufhängung	218
Federung, Dämpfung	219
Wankstabilisierung	222
Aktive Fahrwerkssysteme	223
Lenkung, Hilfskraftlenksysteme, Aktivlenkung	224
Räder, Reifen, Reifendruckkontrollsysteme, Reifentabellen	228
Bremsanlage, Vorschriften, Einteilung	236
Bremsenprüfung	237
Trommel-, Scheibenbremse, Parkbremse	238
Hydraulische Bremsanlage	239
Bremskraftverstärkung, Bremskraftverteilung	240
Antiblockiersystem (ABS)	242
Fahrdynamikregelung (FDR)	244
Druckluftbremsanlage	246
Dauerbremsanlage	249

Karosserie	
Bauarten	250
Unfallinstandsetzung	251

Fahrzeugsicherheit	
Rückhaltesystem, Gurtstraffer, Airbag	252

Klimatisierung	
Heizung, Zuheizung, Klimaanlage	254
Standheizung	256

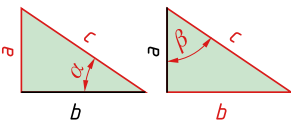
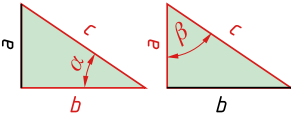
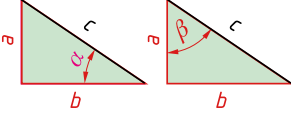
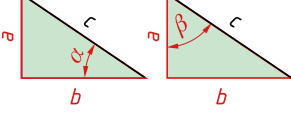
Elektrische Anlage	
Grundlagen der Elektrotechnik	257
Grundlagen der Elektronik	261
Elektromotoren	264
Generator	266
Starterbatterie	268
Bordnetzmanagement	270
Starteranlagen	272
Lichttechnik	273
Zündanlage	280
Elektrischer Schaltplan	285
Schaltzeichen	287
Klemmenbezeichnungen	289
Stromlaufpläne	290
Elektrische Leitungen, Verbindungstechnik	297
Relais	299
Anhängersteckdose, Sicherungen	300
Elektronische Systeme	
Signalverarbeitung	301
Sensoren	302
Aktoren	306
Signalübertragung	307
Datenbus	308
Fahrerassistenzsysteme	314
Infotainmentsysteme, Konnektivität	322
Steuerung, Regelung	323
Schaltzeichen, Symbole	
Schaltzeichen, fluidtechnische	324
Grafische Symbole, Bremsenschaltpläne	326
Grafische Symbole, Kraftfahrzeug	327
Angaben zu Kraftfahrzeugen	
Systematik der Straßenfahrzeuge	328
Fahrzeugmassen (-gewichte), Fahrzeugabmessungen	331
Fahrzeugdaten	333
5 Werkstoffe	
Chemische Grundbegriffe	341
Chemische Elemente, Verbindungen	342
Physikalische Grundbegriffe	343
Stoffwerte	345
Eisenwerkstoffe	
Gusseisen, Temperguss, Stahlguss	347
Wärmebehandlung von Stahl	348
Werkstoffprüfung	350
Bezeichnungssysteme für Stähle	351
Stahl	354
Eisen-Gusswerkstoffe	356
Nichteisenmetalle	
NE-Schwermetalle, -Legierungen	357
Leichtmetalle, -Legierungen	361
Sinterwerkstoffe, Hartmetalle	362
Schleifmittel	363
Profile, Bleche, Drähte	
Stabstahl, Rohre, Bleche	364
Profilstahl	365
Drähte, Profile aus Aluminium	366
Biegeumformen	367
Nichtmetalle	
Nichtmetalle	368
Kunststoffe	369
Korrosion	
Korrosionsarten	373
Korrosionsschutz	374
Fahrzeuglackierung	
Fahrzeuglack, -lackierungen	375
Lackpflege	378
6 Betriebsstoffe	
Rohöl, chemischer Aufbau	379
Ottokraftstoff	380
Dieselmotorkraftstoff	381
Additive, Alternative Kraftstoffe	382
Motoröle	383
Getriebeöle	388
Schmierfette	388
Kühl-, Bremsflüssigkeit, Kältemittel	389
7 Fertigung	
Metrisches Gewinde, Rohrgewinde	390
Gewindereparatur, Schrauben	391
Schrauben, Blindniete	392
Senkungen, Blechschrauben	393
Schraubensicherung, Schlüsselweiten	394
Festigkeitsklassen von Schrauben, Verbindungsarten	395
Löt-, Schweißverbindungen	396
Kennzahlen für Schweiß-, Lötverfahren, Schutzgase, Druckgasflaschen	398
Wälzlager, Wellendichtringe	399
Bohren, Drehen	400
Drehzahlidiogramm	401
8 Technisches Zeichnen	
Geometrische Konstruktionen	402
Normschrift, Linien, Maßstäbe	403
Projektionsmethoden	404
Darstellungselemente, besondere Ansichten	405
Besondere, vereinfachte Darstellungen	406
Schnitte	407
Gewinde, Schrauben, Muttern	408
Zahnräder, Federn, Senkungen, Bohrungen	409
Oberflächenbeschaffenheit	410
Schweiß- und Lötnahte, Darstellung	412
Maßeintragung	413
Toleranzen, Passungen	417
Anhang	
Abkürzungen	420
Englische Fachbegriffe	421
Sachwortverzeichnis	423

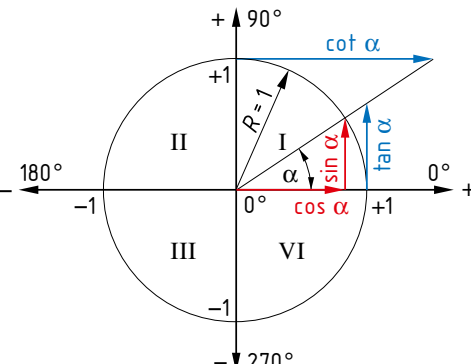
1 Technische Mathematik

Winkelfunktionen

Sinus, Cosinus, Tangens, Cotangens

1

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

Winkelfunktionen im Einheitskreis	Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen		
	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$	$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$	$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$
	$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$	$\sin \alpha = \tan \alpha \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha = \frac{\sin \alpha}{\tan \alpha}$
	$\cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$	$\sin \alpha = \frac{\cos \alpha}{\cot \alpha}$	$\cos \alpha = \cot \alpha \cdot \sin \alpha$
	$\tan \alpha \cdot \cot \alpha = 1$	$\tan \alpha = \frac{1}{\cot \alpha}$	$\cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$

Ausgewählte Werte von Winkelfunktionen								
Winkel-funktionen	Winkel							
	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3}$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{3}$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	∞	0
cot	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3}$	0	∞	0	∞

SI-Basiseinheiten

Die Grundlage für die Einheiten im Messwesen ist das internationale Einheitensystem SI (System International d' Unités).

Basisgröße	Basiseinheit	Zeichen	Definition
Zeit	Sekunde	s	1 Sekunde ist die Zeitdauer von 9 192 631 770 Schwingungen des Cäsiumatoms 133 in der Atomuhr.
Länge	Meter	m	1 Meter ist gleich der Strecke, die Licht im Vakuum innerhalb des Bruchteils von 1/299792458 einer Sekunde zurücklegt.
Masse	Kilogramm	kg	Das Kilogramm wird als Funktion des Planck'schen Wirkungsquantums h definiert: 1 Kilogramm = $\left(\frac{h}{6,62607015 \cdot 10^{-34}}\right) m^{-2}s$
Elektrische Stromstärke	Ampere	A	1 Ampere entspricht dem Stromfluss von $(10^{19}/1,602176634)$ Elementarladungen (Elektronen) pro Sekunde.
Thermodynam. Temperatur	Kelvin	K	1 Kelvin entspricht einer Änderung der thermodynamischen Temperatur, die mit einer Änderung der thermischen Energie (kT) um $1,380649 \cdot 10^{-23}$ J einhergeht.
Stoffmenge	Mol	mol	1 Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das $6,02214076 \cdot 10^{23}$ eines bestimmten Einzelteilchens (Atom, Molekül, Ion usw.) enthält.
Lichtstärke	Candela	Cd	Eine Candela ist die Lichtstärke (in eine bestimmte Raumrichtung) einer Strahlquelle, die mit einer Frequenz von $540 \cdot 10^{12}$ Hz emittiert und die eine Strahlungsintensität in dieser Richtung hat von $(1/683)$ Watt pro Steradian. (Steradian = Maßeinheit für Raumwinkel).

Größen und Einheiten

Teile und Vielfache

Größe Formelzeichen	Name	Einheit	Zeichen	Umrechnung
Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \dots$	Radian		rad	rad ° ' "
	1 rad ist gleich dem Zentriwinkel, der aus dem Kreis mit $r = 1$ m einen Bogen von 1 m Länge ausschneidet. Grad (°), Minute ('), Sekunde (")			1 rad = 1 1 ° = $\pi/180$ 1 ' = - 1 " = -
				57,296 60 1 0,01667 0,00028
				3 438 60 1 0,1667
				206265 3600 60 1
Länge l	Meter		m	m dm cm mm
	Definition siehe oben			1 m = 1 1 dm = 0,1 1 cm = 0,01 1 mm = 0,001
	Für Luft- und Seefahrt: Internationale Seemeile (sm) 1 sm = 1,852 km			10 1 0,1 0,01 0,00001 10000
				100 100 1 0,1 0,001 100000
				1000 100 10 1 0,001 1000000
Fläche A	Quadratmeter		m²	m ² dm ² cm ² mm ²
	1 m ² ist gleich der Fläche eines Quadrates mit 1 m Seitenlänge Für Grund- und Flurstücke: Ar (a) 1 a = 100 m ² Hektar (ha) 1 ha = 100 a = 10000 m ²			1 m ² = 1 1 dm ² = 0,01 1 cm ² = 0,0001 1 mm ² = 0,000001 1 km ² = 1000000
				100 1 0,01 0,0001 -
				10000 100 1 0,01 -
				1000000 10000 100 1 -
Volumen V	Kubikmeter		m³	m ³ dm ³ (l) cm ³ (ml) mm ³
	1 m ³ ist gleich dem Volumen eines Würfels mit 1 m Seitenlänge. Außerhalb des SI: Liter			1 m ³ = 1 1 dm ³ (l) = 0,001 1 cm ³ (ml) = 0,000001 1 mm ³ = -
				1000 1 0,001 0,000001
				1000000 1000 1 0,001
				- 1000000 1000 1
Zeit t	Sekunde		s	d h min s
	Minute Stunde Tag Zeitpunkt, z. B. Uhrzeit: 4 ^h 20 ^m 15 ^s oder 4.20.15 Uhr	min h d		1 d = 1 1 h = 0,04167 1 min = - 1 s = -
				24 1 0,01667 0,00028
				1440 60 1 0,1667
				86 400 3600 60 1
Frequenz f	Hertz		Hz	GHz MHz kHz Hz
	1 Hz = 1/s 1 Hz $\hat{=}$ 1 Schwingung/Sekunde			1 GHz = 1 1 MHz = 0,001 1 kHz = 0,000001 1 Hz = 10 ⁻⁹
				1000 1 0,001 0,000001
				1000000 1000 1 0,001
				10 ⁹ 1000000 1000 1
Geschwindigkeit v	Meter durch Sekunde		m/s	m/s km/h m/min kn
	Für Seefahrt: Knoten (kn = sm/h) 1 kn = 1,852 km/h			1 m/s = 1 1 km/h = 1/3,6 1 m/min = 1/60
				3,6 1 0,06
				60 16,667 1
				1,944 0,54 -
Beschleunigung a	Meter durch Sekunde hoch zwei		m/s²	1 m/s ² = $\frac{1 \text{ m/s}}{\text{s}}$; Die Fallbeschleunigung (g) beträgt 9,81 m/s ² \approx 10 m/s ²

Größe Formelzeichen	Name	Einheit	Zeichen	Umrechnung				
Drehzahl n	Eins durch Sekunde		1/s	1/s	1/s	1/min	Schreibweise:	
	Spez. Anwendungsbereich		1/min	1/min	= 1/60	1	$\frac{1}{\text{min}} = \text{min}^{-1}$	
Masse m	Kilogramm		kg	Mg (t)	Mg (t)	kg	g	mg
	Außerhalb des SI: Tonne (t) Für Edelsteine: Karat (Kt), 1 Kt = 0,2 g Gold: 24 Kt = 1000/1000			1 kg	= 0,001	1	1000	1000000
Dichte ρ	Kilogramm durch Kubikmeter		kg/m³	kg/m ³	kg/dm ³	kg/dm ³	g/cm ³	t/m ³
	Außerhalb des SI: kg/l, t/m ³			1 kg/m ³	= 1	0,001	0,001	0,001
Kraft F Gewichtskraft F_G	Newton (gespr.: nju't'n)		N	kN	daN	N	N	mN
	1 N = 1 kg · 1 m/s ² = 1 kg m/s ²			1 kN	= 1	100	1000	1000000
Drehmoment M	Newtonmeter		Nm	kNm	Nm	Nm	mNm	
	1 N · 1 m = 1 Nm			1 kNm	= 1	1000	1000000	1000000
Druck p	Pascal			MPa	bar	mbar	Pa	
	1 Pa = 1 N/m ² , 1 MPa = 1 N/mm ² Hektopascal (hPa) für Meteorologie 1 hPa = 1 mbar Außerhalb des SI: Bar (bar) 1 bar = 10 N/cm ² = 100 kPa			1 MPa	= 1	10	10000	1000000
Mechanische Spannung σ, τ	Newton durch Quadratmeter		N/m²	N/mm ²	daN/cm ²	N/cm ²	N/m ² , Pa	
	1 N/m ² = 1 Pa 1 N/mm ² = 1 MPa			1 N/mm ²	= 1	10	100	1000000
Arbeit W Energie E Wärme Q	Joule (gespr.: dschul)		J	kWh	MJ	kJ	J	
	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 J = 1 kgm/s ² · 1 m = 1 kg m ² /s ² Außerhalb des SI: Kilowattstunde 1 kW · 1 h = 1 kWh			1 kWh	= 1	3,6	3600	3600000
Leistung P	Watt		W	MW	kW	W	mW	
	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s 1 PS = 0,735 kW 1 kW = 1,36 PS			1 MW	= 1	1000	1000000	10 ⁹
Temperatur T (in Kelvin) t, θ (in °Celsius)	Kelvin		K	K	°C	–273 (genauer Wert –273,16)		
	Grad Celsius		°C	0 K	= 0	–273		
Elektrische Stromstärke I	Ampere		A	A	mA	µA		
				1 A	= 1	1000	1000000	
Elektrische Spannung U	Volt		V	kV	V	mV		
				1 kV	= 1	1000	1000000	
Elektrischer Widerstand R	Ohm		Ω	MΩ	kΩ	Ω	mΩ	
				1 MΩ	= 1	1000	1000000	10 ⁹

Vorsätze und Vorsatzzeichen

DIN 1301

Vorsatz	Faktor	Beispiel	Vorsatz	Faktor	Beispiel
Deka	da	10 ¹	1 Dekanewton	= 10 ¹ N	= 10 N
Hekto	h	10 ²	1 Hektoliter	= 10 ² l	= 100 l
Kilo	k	10 ³	1 Kilowatt	= 10 ³ W	= 1000 W
Mega	M	10 ⁶	1 Megapascal	= 10 ⁶ Pa	= 1000000 Pa
Giga	G	10 ⁹	1 Gigajoule	= 10 ⁹ J	= 1000000000 J
Tera	T	10 ¹²	1 Terabyte	= 10 ¹² Byte	
Dezi	d	10 ⁻¹	1 Dezimeter	= 10 ⁻¹ m	= 0,1 m
Zenti	c	10 ⁻²	1 Zentimeter	= 10 ⁻² m	= 0,01 m
Milli	m	10 ⁻³	1 Millimeter	= 10 ⁻³ m	= 0,001 m
Mikro	µ	10 ⁻⁶	1 Mikrometer	= 10 ⁻⁶ m	= 0,000001 m
Nano	n	10 ⁻⁹	1 Nanometer	= 10 ⁻⁹ m	= 0,000000001 m
Piko	p	10 ⁻¹²	1 Pikofarad	= 10 ⁻¹² F	

Formelzeichen, mathematische Zeichen, anglo-amerikanische Einheiten

1

Zeichen, Bedeutung	Zeichen, Bedeutung	Zeichen, Bedeutung
Länge und ihre Potenzen α, β ebener Winkel φ Phasenverschiebungswinkel ε Dehnung l Länge b Breite h Höhe H Höhe über dem Meeresspiegel δ, d Dicke, Schichtdicke r Radius, Halbmesser d, D Durchmesser s Weglänge, Kurvenlänge λ Wellenlänge A, S Fläche, Oberfläche S, q Querschnittsfläche V Volumen, Rauminhalt Zeit und Raum t Zeit, Zeitspanne, Dauer T Periodendauer f, ν Frequenz, Periodenfrequenz ν Kreisfrequenz n, f_r Drehzahl, Umdrehungsfrequenz ω, Ω Winkelgeschwindigkeit v, u Geschwindigkeit a Beschleunigung g örtliche Fallbeschleunigung q_v, V Volumenstrom	Mechanik m Masse, Gewicht (Wäageergebnis) m' längenbezogene Masse m'' flächenbezogene Masse ρ, ρ_m Dichte, volumenbezogene Masse q_m, \dot{m} Massenstrom, Massendurchsatz F Kraft F_G, G Gewichtskraft M Drehmoment, Kraftmoment M_b Biegemoment M_t, T Torsionsmoment p Druck p_{abs} absoluter Druck p_{amb} Atmosphärendruck p_o Überdruck σ Normalspannung (Zug-, Druck-) τ Schubspannung ε Dehnung μ, f Reibungszahl η dynamische Viskosität ν kinematische Viskosität W Widerstandsmoment W, A Arbeit E, W Energie E_p, W_p potentielle Energie E_k, W_k kinetische Energie P Leistung η Wirkungsgrad	Elektrizität und Magnetismus Q elektrische Ladung, El.-Menge U elektrische Spannung C elektrische Kapazität I elektrische Stromstärke J elektrische Stromdichte Φ magnetischer Fluss R elektrischer Widerstand G elektrischer Leitwert ρ spezifischer elektr. Widerstand γ, σ, κ elektrische Leitfähigkeit P Leistung, Wirkleistung S, P_s Scheinleistung N Windungszahl Thermodynamik u. Wärmeübertragung T Temperatur, thermodyn. Temperatur $\Delta T, \Delta t$ Temperaturdifferenz t, θ Celsius-Temperatur α_t therm. Längenausdehnungszahl α_v, γ therm. Volumenausdehnungszahl Q Wärme, Wärmemenge \dot{Q}, Φ_{th} Wärmestrom k Wärmedurchgangszahl C_{th} Wärmekapazität c spezifische Wärmekapazität H_b spezifischer Brennwert H_u spezifischer Heizwert

Mathematische Zeichen (Auswahl) vgl. DIN 1302

Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung
...	und so weiter, bis	>	größer als	‰	Promille	⊙	Kreis
=	gleich	≥	größer oder gleich	√	Wurzel aus	≡	kongruent zu
≈	ungefähr gleich	∞	unendlich	√ ⁿ	n-te Wurzel aus	PQ	Strecke von P nach Q
≠	ungleich	+	plus	∥	parallel zu	AB	Bogen AB
~	proportional	-	minus	⊥	senkrecht auf	Σ	Summe von
≐	entspricht	· / x	mal	∠	Winkel	sin, cos	Sinus, Cosinus
<	kleiner als	: / -	geteilt durch	△	Dreieck	tan, cot	Tangens, Cotangens
≤	kleiner oder gleich	%	Prozent				

Griechisches Alphabet Siehe auch Seite 403

A α Alpha	Z ζ Zeta	Λ λ Lambda	Π π Pi	Φ φ Phi
B β Beta	H η Eta	M μ My	Ρ ρ Rho	Χ χ Chi
Γ γ Gamma	Θ θ Theta	N ν Ny	Σ σ Sigma	Ψ ψ Psi
Δ δ Delta	Ι ι Jota	Ξ ξ Xi	T τ Tau	Ω ω Omega
E ε Epsilon	K κ Kappa	O ο Omikron	Υ υ Ypsilon	

Anglo-amerikanische Einheiten

Längeneinheit	Umrechnung			Flächeneinheit	Umrechnung		
inch (Zoll)	1 in = 25,4	mm	m	square inch	1 in ² = 6,452	cm ²	dm ²
foot (Fuß)	1 ft = 304,8		0,0254	square foot	= 929		m ² (km ² , a)
yard	1 yd = 914,4		0,3048	square yard	1 yd ² = 8361		0,0645
statute mile	1 mile = -		0,9144	square mile	1 mile ² = -		9,29
nautical mile	1 n mile = -		1,609	acre (Grundst.)	1 acre = -		0,0929
			1,852				83,61
							2,59 km ²
							40,4686 a
Volumeneinheit	Umrechnung			Masseneinheit	Umrechnung		
cubic inch	1 in ³ = 16,3871	cm ³	dm ³	grain	1 gr = 0,064799	g	kg
cubic foot	1 ft ³ = 28316,8		0,016387	dram	1 dram = 1,77184		Mg, t
cubic yard	1 yd ³ = -		28,3168	ounce	1 oz = 28,3495		-
gallon (US)	1 gal = 3785,41		0,02832	pound	1 lb = 453,592		0,0283495
gallon (GB)	1 gal = 4546,09		0,76456	long ton	1 long tn = -		0,45359
barrel (Min.-Öl)	1 barrel = -		3,78541	short ton	1 sh tn = -		1016,05
			4,54609				1,016
			158,99				0,907
Geschwindigkeit	Umrechnung			Druck	Umrechnung		
statute mile per hour	1 mph = 0,4470	m/s	km/h	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in ² = 0,704	N/cm ²	bar
nautic mile per hour	1 kn = 0,5147		1,609				0,0704
			1,852				

Frühere Einheiten Nicht mehr anwenden

Kraft, Druck	Energie, Arbeit	Leistung
1 kp = 9,81 N 1 at = 1 kp/cm ² = 981 mbar = 0,981 bar	1 kcal = 4 186,8 J = 4,187 kJ = 1,16 · 10 ⁻³ kWh 1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm	1 PS = 735 W = 0,735 kW 1 kW = 1,36 PS

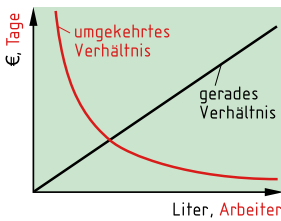
Verhältnis-, Dreisatz-, Mischungs-, Prozent-, Zinsrechnen

1

Verhältnisrechnen

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

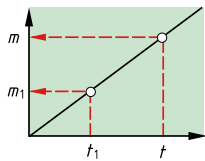
Dreisatzrechnen



Dreisatz mit geradem Verhältnis	Erklärung
Aussage: 20 l Schmieröl kosten 110,- € Frage: 12 l Schmieröl kosten ? € $\text{Preis} = \frac{110 \text{ €} \cdot 12 \text{ l}}{20 \text{ l}} = 66,- \text{ €}$	Gesprochen wird: 20 l Schmieröl kosten 110,- € 1 l Schmieröl kosten den 20sten Teil 12 l Schmieröl kosten 12-mal mehr
Dreisatz mit umgekehrtem Verhältnis	
Aussage: 20 Arbeiter brauchen 210 h Frage: 12 Arbeiter brauchen ? h $\text{Zeit} = \frac{210 \text{ h} \cdot 20 \text{ Arbeiter}}{12 \text{ Arbeiter}} = 350 \text{ h}$	Gesprochen wird: 20 Arbeiter brauchen 210 h 1 Arbeiter braucht 20-mal länger 12 Arbeiter brauchen 12-mal kürzer

Mischungsrechnen

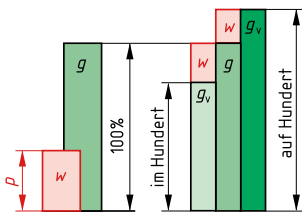
Es verhalten sich Teilmenge m_1 zu Gesamtmenge m wie Anteile t_1 zu Gesamtteile t .



Teilmenge	Gesamtmenge	Größe	Einheit
$m_1 = \frac{m \cdot t_1}{t}$	$m = \frac{m_1 \cdot t}{t_1}$	m Gesamtmenge	kg, l
$m_1 = \frac{m \cdot p_1}{100\%}$	$m = \frac{100\% \cdot m_1}{p_1}$	m_1, m_2 Teilmengen	kg, l
	$m = m_1 + m_2 + \dots$	p_1 Prozentsatz (Prozentteile)	%
		t Gesamtteile	-
		t_1 Anteile, Anteilzahl	-
Anteile	Prozentsatz(-teile)		
$t_1 = \frac{m_1 \cdot t}{m}$	$p_1 = \frac{100\% \cdot m_1}{m}$		
$t = t_1 + t_2 + \dots$			

Motorkühlung vgl. S. 38

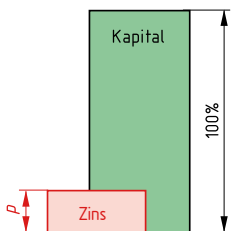
Prozentrechnen



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

*) Bei vermindertem Wert g , sind die Vorzeichen (+) und (-) umgekehrt.

Zinsrechnen



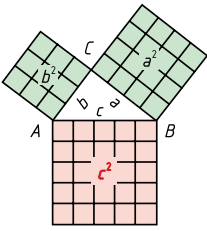
Jahreszins	Zinssatz (Zinsfuß)	Größe	Einheit
$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100\%}$	$p = \frac{100\% \cdot z}{k \cdot t}$	k Kapital	€
Kapital	Zeit (in Jahren)	p Zinssatz (Zinsfuß)	%
$k = \frac{100\% \cdot z}{p \cdot t}$	$t = \frac{100\% \cdot z}{k \cdot p}$	t Zeit (bei Tageszins)	Tage
		t Zeit (bei Jahreszins)	Jahre
		z Zins	€
Tageszins	Zinssatz (Zinsfuß)		
$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100\% \cdot 360}$	$p = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{k \cdot t}$		
Kapital	Zeit (in Tagen)		
$k = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{p \cdot t}$	$t = \frac{100\% \cdot 360 \cdot z}{k \cdot p}$		

Bei kaufmännischen Rechnungen wird das Jahr zu 360 Tagen und jeder Monat zu 30 Tagen gerechnet.

Satz des Pythagoras

Lehrsatz, Seitenlänge

Größe, Erklärung



In jedem rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat über der Hypotenuse gleich der Summe der Quadrate über den Katheten.

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

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

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

- a Kathete
- b Kathete
- c Hypotenuse

Im rechtwinkligen Dreieck werden die Seiten, die den rechten Winkel bilden, als Katheten bezeichnet. Die Seite, die dem rechten Winkel gegenüberliegt, ist die Hypotenuse.

Verhalten sich die Seiten eines Dreiecks wie 3:4:5, so ist es immer rechtwinklig.

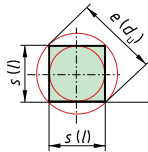
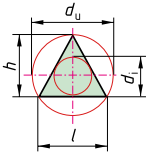
Vielecke, regelmäßige

Höhe Um-/Inkreis Seitenlänge

Größe, Erklärung

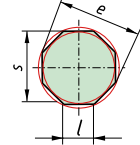
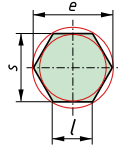
Dreieck

Quadrat



Sechseck

Achteck



Dreieck
 $h = 0,866 \cdot l$
 $d_u = 1,155 \cdot l$
 $d_i = 0,577 \cdot l$

Quadrat
 $e = 1,414 \cdot s$
 $e = d_u$

Eckenmaß Schlüsselweite Seitenlänge

Quadrat
 $e = 1,414 \cdot s$
 $e = d_u$
 $s = 0,707 \cdot e$
 $s = l$

$l = s$
 $l = d_i$

Sechseck
 $e = 1,155 \cdot s$
 $e = 2 \cdot l$
 $s = 0,866 \cdot e$
 $s = 1,732 \cdot l$

$l = 0,577 \cdot s$
 $l = 0,5 \cdot e$

Achteck
 $e = 1,082 \cdot s$
 $e = 2,613 \cdot l$
 $s = 0,924 \cdot e$
 $s = 2,414 \cdot l$

$l = 0,414 \cdot s$
 $l = 0,383 \cdot e$

- d_u Umkreisdurchmesser
 - d_i Inkreisdurchmesser
 - e Eckenmaß
 - h Höhe (Breite) des Dreiecks
 - l Seitenlänge
 - s Schlüsselweite
- Zahlenwerte
 $1,414 = \sqrt{2}$
 $0,707 = 1/\sqrt{2}$
- $1,732 = \sqrt{3}$
 $0,866 = \sqrt{3}/2$
 $1,155 = 2/\sqrt{3}$
 $0,577 = 1/\sqrt{3}$
- $0,383 = \sin 22^\circ 30'$
 $0,924 = \sin 67^\circ 30'$
 $0,414 = \tan 22^\circ 30'$
 $2,414 = \tan 67^\circ 30'$

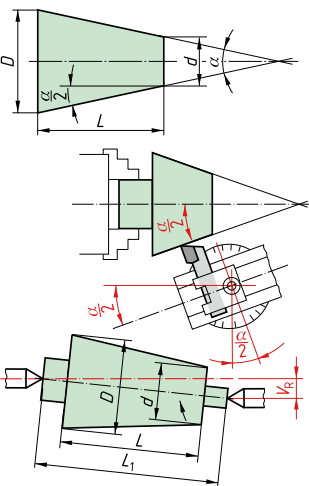
Kegel

Kegelverhältnis

Kegellänge

Größe

Einheit



$$C = \frac{D-d}{L} \quad L = \frac{D-d}{C}$$

Kegeldurchmesser

$$D = d + C \cdot L \quad d = D - C \cdot L$$

$$D = d + 2 \cdot L \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad d = D - C \cdot L \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

Einstellwinkel an der Drehmaschine

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2 \cdot L} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{1}{2 \cdot x}$$

Reitstockverstellung an der Drehmaschine

Kegellänge = Werkstücklänge
 $V_R = \frac{D-d}{2}$

Kegellänge < Werkstücklänge
 $V_R = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{L_1}{L}$

- C Kegelverhältnis (1 : x)
- D großer Kegeldurchmesser
- d kleiner Kegeldurchmesser
- L Kegellänge
- L₁ Werkstücklänge
- V_R Reitstockverstellung
- α Kegelwinkel
- α/2 Einstellwinkel

Das Kegelverhältnis C (auch Verjüngung genannt) ist das Verhältnis der Durchmesser-differenz zur Kegellänge. Es wird in der Regel 1:x angegeben. Kegelverhältnis 1:10 bedeutet z. B., dass sich der Durchmesser D auf 10 mm Kegellänge um 1 mm verjüngt.

Bei der Herstellung von Kegeln wird der Oberschlitten der Drehmaschine um den halben Kegelwinkel α/2 verdreht. Lange Kegel werden mittels Reitstockverstellung gefertigt, wobei das Maß für V_R nicht größer als 1/50 der Werkstücklänge sein soll.

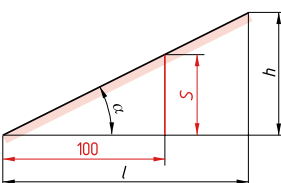
Steigung (Gefälle)

Steigung

Höhenunterschied

Größe

Einheit



$$S = \frac{100\% \cdot h}{l} \quad h = \frac{S \cdot l}{100\%}$$

$$SV = \frac{h}{l} \quad h = l \cdot SV$$

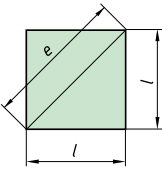
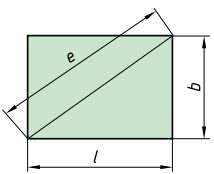
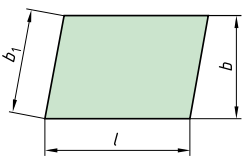
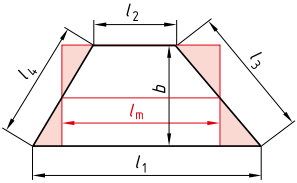
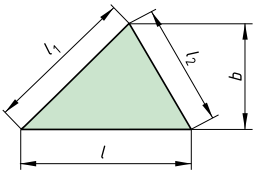
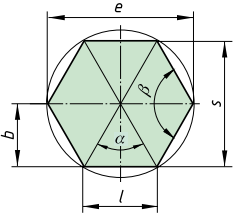
Steigungswinkel waagrechte Länge

$$\tan \alpha = \frac{h}{l} \quad l = \frac{h}{\tan \alpha}$$

$$\tan \alpha = \frac{S}{100\%} \quad l = \frac{h}{SV}$$

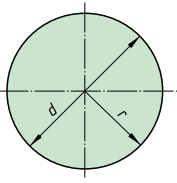
- h Höhenunterschied
- l waagrechte Länge
- S Steigung (Gefälle)
- SV Steigungsverhältnis
- α Steigungswinkel

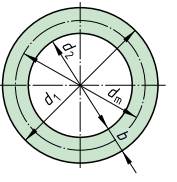
Straßensteigungen werden in der Regel in Prozent angegeben, z. B. 5%. Das entspricht einem Höhenunterschied von 5 m auf 100 m waagrechte Länge oder einem Steigungsverhältnis 1:20.

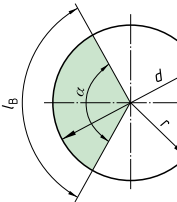
Quadrat	Fläche	Umfang	Seitenlänge	Eckenmaß
	$A = l \cdot l$ $A = l^2$	$U = 4 \cdot l$	$l = \sqrt{A}$ $l = \frac{U}{4}$ $l = \frac{e}{1,414}$ $l = 0,707 \cdot e$	$e = 1,414 \cdot l$ $e = \sqrt{2} \cdot l$
Rechteck	Fläche	Umfang	Länge	Breite, Eckenmaß
	$A = l \cdot b$	$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$ $U = 2 \cdot (l + b)$	$l = \frac{A}{b}$ $l = \frac{U}{2} - b$	$b = \frac{A}{l}$ $b = \frac{U}{2} - l$ $e = \sqrt{l^2 + b^2}$
Parallelogramm (Rhomboid)	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = l \cdot b$	$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b_1$ $U = 2 \cdot (l + b_1)$	$l = \frac{A}{b}$ $l = \frac{U}{2} - b_1$	$b = \frac{A}{l}$ $b_1 = \frac{U}{2} - l$
Trapez	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $A = l_m \cdot b$	$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$	$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$ $l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$ $l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$ $l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$	$b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$
Dreieck	Fläche	Umfang	Länge	Breite
	$A = \frac{l \cdot b}{2}$ Gleichseitiges Dreieck $A = 0,433 \cdot l^2$	$U = l + l_1 + l_2$ Gleichseitiges Dreieck $U = 3 \cdot l$	$l = \frac{2 \cdot A}{b}$ Gleichseitiges Dreieck $l = 1,155 \cdot b$	$b = \frac{2 \cdot A}{l}$ Gleichseitiges Dreieck $b = 0,866 \cdot l$
Vieleck, regelmäßiges	Fläche	Umfang	Sechseck	Achteck
	$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$ $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$	$U = l \cdot n$ $\beta = 180^\circ - \alpha$	$A = 0,866 \cdot s^2$ $A = 2,598 \cdot l^2$ $s = 0,866 \cdot e$ $s = 1,732 \cdot l$ $e = 1,155 \cdot s$ $e = 2,0 \cdot l$	$A = 0,828 \cdot s^2$ $A = 4,82 \cdot l^2$ $s = 0,924 \cdot e$ $s = 2,414 \cdot l$ $e = 1,082 \cdot s$ $e = 2,613 \cdot l$
			Weitere Formeln vgl. Seite 11	

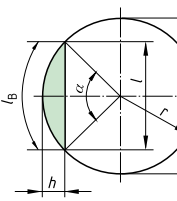
Flächen

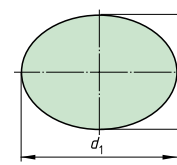
1

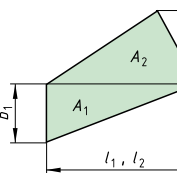
Kreis	Fläche	Umfang	Durchmesser	Radius (Halbmesser)
	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A = 0,785 \cdot d^2$ $A = \pi \cdot r^2$	$U = \pi \cdot d$ $U = 2 \cdot \pi \cdot r$	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $d = \frac{U}{\pi}$	$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ $r = \frac{U}{2 \cdot \pi}$
	A Fläche d Durchmesser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

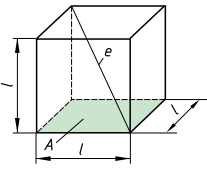
Kreisring	Fläche	Umfang	Durchmesser	Fläche
	$A = \frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4}$ $A = \pi \cdot d_m \cdot b$	$U_1 = \pi \cdot d_1$ $U_2 = \pi \cdot d_2$	$d_1 = \sqrt{\frac{d_2^2 + 4 \cdot A}{\pi}}$ $d_2 = \sqrt{\frac{d_1^2 - 4 \cdot A}{\pi}}$	$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$
	A Ringfläche A ₁ Gesamtfläche A ₂ Innenfläche b Ringbreite d ₁ Außendurchmesser	d ₂ Innendurchmesser d _m mittlerer Durchmesser U ₁ Umfang, außen U ₂ Umfang, innen	d ₁ = $\frac{U_1}{\pi}$ d ₂ = $\frac{U_2}{\pi}$	

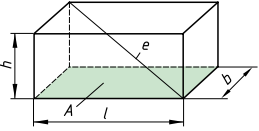
Kreisausschnitt	Fläche	Umfang	Abmessungen
	$A = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \alpha}{1440^\circ}$ $A = \frac{l_b \cdot r}{2}$	$U = l_b + 2 \cdot r$	$d = \sqrt{\frac{1440^\circ \cdot A}{\pi \cdot \alpha}}$ $\alpha = \frac{1440^\circ \cdot A}{\pi \cdot d^2}$ $r = \frac{2 \cdot A}{l_b}$
	A Fläche d Durchmesser l _b Bogenlänge	r Radius (Halbmesser) α Innenwinkel	l _b = $\frac{2 \cdot A}{r}$ l _b = $\frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$

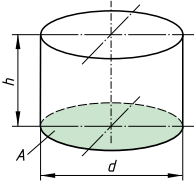
Kreisabschnitt	Fläche	Umfang	Abmessungen
	$A = \frac{l_b \cdot r - l \cdot (r - h)}{2}$ $A \approx \frac{2}{3} \cdot l \cdot h$	$U = l + l_b$	$h = r - \sqrt{r^2 - l^2/4}$ $h \approx \frac{3 \cdot A}{2 \cdot l}$ $r = \frac{2 \cdot A - h \cdot l}{l_b - l}$
	A Fläche h Höhe l _b Bogenlänge	l Sehnenlänge r Radius (Halbmesser) α Innenwinkel	l = $2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2}$ l ≈ $\frac{3 \cdot A}{2 \cdot h}$ l _b = $\frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$

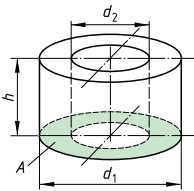
Ellipse	Fläche	Umfang	große Achse	kleine Achse
	$A = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot d_2}{4}$	$U \approx \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2}$	$d_1 = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_2}$ $d_1 \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d_2$	$d_2 = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_1}$ $d_2 \approx \frac{2 \cdot U}{\pi} - d_1$
	A Fläche d ₁ große Achse	d ₂ kleine Achse U Umfang		

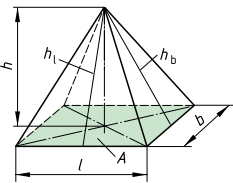
Zusammengesetzte Fläche	Gesamtfläche	Regel
	<p>Für die dargestellte Fläche gilt.</p> $A = A_1 + A_2$ <p>Allgemein:</p> $A = A_1 \pm A_2 \pm A_3 \pm \dots$	<ol style="list-style-type: none"> Zusammengesetzte Flächen werden zur Berechnung in einfache berechenbare Teilflächen zerlegt Durch Zusammenzählen und Abziehen der einzelnen Teilflächen ergibt sich die Gesamtfläche
	A Gesamtfläche A ₁ Teilfläche 1 A ₂ Teilfläche 2 A ₃ Teilfläche 3	

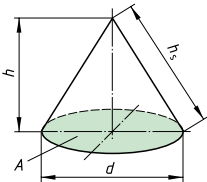
Würfel	Volumen	Oberfläche	Länge	Grundfläche
	$V = A \cdot l$	$A_0 = 6 \cdot A$	$l = \frac{V}{A}$	$A = l \cdot l$
	$V = l \cdot l \cdot l$	$A_0 = 6 \cdot l^2$	$l = \sqrt[3]{V}$	$A = \frac{V}{l}$
	$V = l^3$		$l = \sqrt{\frac{A_0}{6}}$	$e = \sqrt{3} \cdot l$
	A Grundfläche A ₀ Oberfläche	e Eckenmaß l Seitenlänge V Volumen		

Prisma (Quader)	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_M$	$h = \frac{V}{l \cdot b}$	$A = l \cdot b$
	$V = l \cdot b \cdot h$	$A_M = 2 \cdot h \cdot (l + b)$	$h = \frac{V}{A}$	$A = \frac{V}{h}$
			$b = \frac{V}{l \cdot h}$	$e = \sqrt{l^2 + b^2 + h^2}$
	A Grundfläche A _M Mantelfläche A ₀ Oberfläche b Breite	e Eckenmaß h Höhe l Länge V Volumen	$l = \frac{V}{b \cdot h}$	

Zylinder	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_M$	$h = \frac{V}{A} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$	$A_M = \pi \cdot d \cdot h$	$h = \frac{A_M}{\pi \cdot d}$	$A = \frac{V}{h}$
			$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$
	A Grundfläche A _M Mantelfläche A ₀ Oberfläche	d Durchmesser h Höhe V Volumen		

Hohlzylinder	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = A \cdot h$	$A_0 = 2 \cdot A + A_{M,a} + A_{M,i}$	$h = \frac{V}{A}$	$A = \frac{V}{h}$
	$V = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} \cdot h$	$A_{M,a} = \pi \cdot d_1 \cdot h$	$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}$	$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4}$
		$A_{M,i} = \pi \cdot d_2 \cdot h$	$d_1 = \sqrt{d_2^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	$d_2 = \sqrt{d_1^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$
	A Grundfläche A _{M,a} Mantel, außen A _{M,i} -, innen A ₀ Oberfläche	d ₁ Durchmesser, außen d ₂ -, innen h Höhe V Volumen		

Pyramide	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = \frac{A \cdot h}{3}$	$A_0 = A + A_M$	$h = \frac{3 \cdot V}{A}$	$A = l \cdot b$
	$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$	$A_M = l \cdot h_l + b \cdot h_b$	$h = \frac{3 \cdot V}{l \cdot b}$	$A = \frac{3 \cdot V}{h}$
			$l = \frac{3 \cdot V}{b \cdot h}$	$h_b = \sqrt{h^2 + l^2/4}$
	A Grundfläche A _M Mantelfläche A ₀ Oberfläche b Breite	h Höhe h _b , h _l Mantelhöhen l Länge V Volumen	$b = \frac{3 \cdot V}{l \cdot h}$	$h_l = \sqrt{h^2 + b^2/4}$

Kegel	Volumen	Oberfläche	Abmessungen	Grundfläche
	$V = \frac{A \cdot h}{3}$	$A_0 = A + A_M$	$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot d^2} = \frac{3 \cdot V}{A}$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$	$A_M = \frac{\pi \cdot d \cdot h_s}{2}$	$h_s = \sqrt{h^2 + d^2/4}$	$A = \frac{3 \cdot V}{h}$
			$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$
	A Grundfläche A _M Mantelfläche A ₀ Oberfläche	d Durchmesser h Höhe h _s Mantelhöhe V Volumen		

Volumen

1

Pyramidenstumpf	Volumen	Oberfläche	Höhe	Grundflächen
	$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$ $V \approx A_m \cdot h$ $V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$	$A_0 = A_1 + A_2 + A_M$ $A_M = h_b \cdot (l_1 + l_2) + h_b \cdot (b_1 + b_2)$	$h \approx \frac{2 \cdot V}{A_1 + A_2}$ $h \approx \frac{V}{A_m}$ <p>Mittelfläche</p> $A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$ $A_m \approx \frac{V}{h}$	$A_1 \approx l_1 + b_1$ $A_2 \approx l_2 + b_2$ $A_1 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_2$ $A_2 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_1$
	A_1, A_2 Grundflächen A_m Mittelfläche A_M Mantelfläche A_0 Oberfläche	b_1, b_2 Breiten h Höhe h_b, h_i Mantelhöhen l_1, l_2 Längen V Volumen		

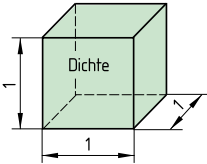
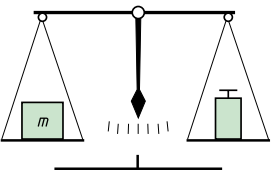
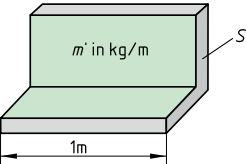
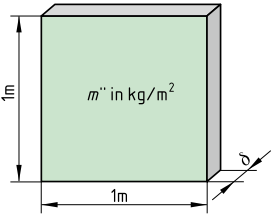
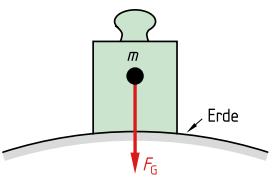
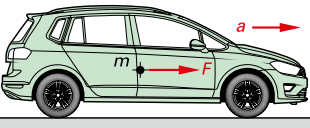
Kegelstumpf	Volumen	Oberfläche	Höhe	Grundflächen
	$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h = A_m \cdot h$ $V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2)$	$A_0 = A_1 + A_2 + A_M$ $A_M = \frac{\pi \cdot h_s \cdot (d_1 + d_2)}{2}$	$h \approx \frac{2 \cdot V}{A_1 + A_2} = \frac{V}{A_m}$ $h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{d_1 - d_2}{2}\right)^2}$ <p>Mittelfläche</p> $A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$ $A_m \approx \frac{V}{h}$	$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$ $A_1 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_2$ $A_2 \approx \frac{2 \cdot V}{h} - A_1$
	A_1, A_2 Grundflächen A_m Mittelfläche A_M Mantelfläche A_0 Oberfläche	d_1, d_2 Durchmesser h Höhe h_s Mantelhöhe V Volumen		

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

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

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

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

Dichte	Dichte	Größe	Einheit													
	$\rho = \frac{m}{V}$ <p>Die Dichte eines homogenen Stoffes ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen von Körpern, die aus diesem Stoff bestehen. Bei Gasen wird die Dichte im Normzustand bei 1013 mbar bzw. 1013 hPa und 0 °C in kg/m³ angegeben.</p>	mögliche Einheiten														
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">m</td> <td style="width: 20%;">Masse</td> <td style="width: 10%;">kg</td> <td style="width: 10%;">kg</td> <td style="width: 10%;">g</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen</td> <td>dm³ (l)</td> <td>m³</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>ρ</td> <td>Dichte</td> <td>kg/dm³</td> <td>kg/m³</td> <td>g/cm³</td> </tr> </table>	m	Masse	kg	kg	g	V	Volumen	dm ³ (l)	m ³	cm ³	ρ	Dichte	kg/dm ³	kg/m ³
m	Masse	kg	kg	g												
V	Volumen	dm ³ (l)	m ³	cm ³												
ρ	Dichte	kg/dm ³	kg/m ³	g/cm ³												
Masse	Masse	Volumen	Größe	Einheit												
	$m = V \cdot \rho$ $m = \frac{F_G}{g}$ <p>Die Masse eines Körpers kann durch Vergleich mit Körpern bekannter Masse bestimmt werden, z. B. durch Wägung.</p>	$V = \frac{m}{\rho}$ $V = \frac{F_G}{\rho \cdot g}$	F_G Gewichtskraft g Fallbeschleunigung m Masse ρ Dichte	N 9,81 m/s ² kg kg/dm ³												
			<p>Der Wägewert eines Wägegutes ist gleich der Masse der Gewichtsstücke, die die Waage im Gleichgewicht halten.</p>													
Längenbezogene Masse	Masse	Länge	Größe	Einheit												
	$m = m' \cdot l$ $m = \frac{l \cdot S \cdot \rho}{1000}$	$l = \frac{m}{m'}$ $l = \frac{1000 \cdot m}{S \cdot \rho}$	l Länge m Masse m' längenbezogene Masse S Querschnittsfläche ρ Dichte	m kg kg/m mm ² kg/dm ³												
			–, längenbezogene	Querschnitt	<p>Die längenbezogene Masse ist die Masse von 1 m Länge eines Körpers, der insgesamt einen konstanten Querschnitt hat.</p>											
	$m' = \frac{m}{l}$	$S = \frac{1000 \cdot m}{l \cdot \rho}$														
Flächenbezogene Masse	Masse	Fläche	Größe	Einheit												
	$m = m'' \cdot A$ $m = A \cdot \delta \cdot \rho$	$A = \frac{m}{m''}$ $A = \frac{m}{\delta \cdot \rho}$	A Fläche m Masse m'' flächenbezogene Masse δ Blechdicke ρ Dichte	m ² kg kg/m ² mm kg/dm ³												
			–, flächenbezogene	Blechdicke	<p>Die flächenbezogene Masse ist die Masse von 1 m² eines Körpers, der insgesamt eine konstante Dicke hat.</p>											
	$m'' = \frac{m}{A}$	$\delta = \frac{m}{A \cdot \rho}$														
Gewichtskraft	Gewichtskraft	Größe	Einheit													
	$F_G = m \cdot g$ $m = \frac{F_G}{g}$	$F_G = V \cdot \rho \cdot g$ $g = \frac{F_G}{m}$	F_G Gewichtskraft g Fallbeschleunigung m Masse V Volumen ρ Dichte	N 9,81 m/s ² kg dm ³ kg/dm ³												
			Volumen	Dichte	<p>In technischen Berechnungen wird als Fallbeschleunigung der Normwert eingesetzt: $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$</p>											
	$V = \frac{F_G}{\rho \cdot g}$	$\rho = \frac{F_G}{V \cdot g}$														
Kraft	Kraft, Masse	Beschleunigung	Größe	Einheit												
	$F = m \cdot a$ $m = \frac{F}{a}$	$a = \frac{F}{m}$	a Beschleunigung F Kraft m Masse	m/s ² N kg												
			<p>Das Gesetz „Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung“ wurde von Isaac Newton (englischer Physiker) entdeckt.</p>		<p>1 Newton (N) ist gleich der Kraft, die einem Körper der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/s² erteilt. 1 N = 1 kg · 1 m/s² = 1 kgm/s²</p>											

Darstellung, Maßstab	Darstellung	Größe	Einheit
<p>Angriffspunkt Richtung Größe Wirkungslinie</p> <p>F l</p>	<p>Eine Kraft ist eindeutig bestimmt durch: 1. Angriffspunkt, 2. Größe, 3. Richtung. Der Angriffspunkt einer Kraft lässt sich auf der Wirkungslinie verschieben.</p> <p>Zeichnerisch wird eine Kraft durch eine Pfeilstrecke (Kraftpfeil) mit Hilfe des Kräftemaßstabes dargestellt.</p> <p>Kräftemaßstab</p> $KM = \frac{l}{F} \quad l = F \cdot KM \quad F = \frac{l}{KM}$	<p>F Größe der Kraft l zeichnerische Länge KM Kräftemaßstab</p> <p>Beispiele für die Angabe des Maßstabes: $KM: 1 \text{ mm} \approx 5 \text{ N}$ oder $KM = \frac{1 \text{ mm}}{5 \text{ N}}$ oder $KM = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{N}}$</p>	<p>N mm mm/N</p>
<p>Zusammensetzung</p>		<p>Kräfte mit derselben Wirkungslinie</p>	<p>Einheit</p>

<p>F_1 F_2 F</p> <p>F_2 F_1 F</p> <p>F_1 F_2 F α</p> <p>F_1 F_2 F_3 Lageplan Krafteck</p>	<p>Richtung gleich $F = F_1 + F_2 + \dots$ entgegengesetzt $F = F_1 - F_2$</p> <p>Zwei Kräfte mit beliebiger Wirkungslinie</p> $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$ <p>Zeichnerische Lösung:</p> <ol style="list-style-type: none"> Kräftemaßstab wählen Einzelkräfte F_1 und F_2 maßstabgerecht nach Größe und Richtung aufzeichnen Kräfteparallelogramm bilden Die Diagonale des Parallelogramms entspricht der gesuchten Ersatzkraft <p>Mehrere Kräfte mit beliebiger Wirkungslinie</p> <p>Zeichnerische Lösung</p> <ol style="list-style-type: none"> Kräftemaßstab wählen Einzelkräfte maßstabgerecht nach Größe und Richtung in beliebiger Reihenfolge zu einem Krafteck aneinandereihehen Die Verbindungslinie vom Anfangspunkt der ersten Kraft bis zum Endpunkt der letzten Kraft ergibt Ersatzkraft 	<p>F Kraft, Ersatzkraft (Resultierende) F_1 Einzelkraft 1, Teilkraft 1 F_2 Einzelkraft 2, Teilkraft 2 F_3 Einzelkraft 3, Teilkraft 3 α Winkel</p> <p>Vektorgößen: Kräfte sind Vektorgößen, d.h. Größen, denen eine Richtung zugeordnet ist. Deshalb können nur Kräfte mit gleicher Wirkungslinie algebraisch addiert werden. Kräfte mit unterschiedlicher Wirkungslinie werden mit Hilfe des Kräfteparallelogramms oder mittels eines Kraftecks zusammengesetzt.</p> <p>Krafteck oder Kraftzug Im Krafteck oder Kraftzug können beliebig viele Einzelkräfte in beliebiger Reihenfolge aneinandergereiht werden.</p>	<p>N N N N °</p>	
<p>Zerlegung</p>		<p>In zwei gegebene Richtungen</p> <p>Zeichnerische Lösung</p> <ol style="list-style-type: none"> Kräftemaßstab wählen Die zu zerlegende Kraft maßstabgerecht nach Größe und Richtung aufzeichnen Durch beide Endpunkte der Kraft Parallele zu den gegebenen Wirkungslinien ziehen Die Seiten des Parallelogramms ergeben die Größe der gesuchten Einzelkräfte 	<p>Kräftegleichgewicht Wirken auf einen Körper zwei entgegengesetzt gerichtete Kräfte gleicher Größe, dann bleibt der Körper in Ruhe, weil ein Gleichgewicht der Kräfte herrscht.</p> <p>Gegenkraft Jede Kraft erzeugt eine gleich große Gegenkraft, z. B. die Kraft auf eine Druckfeder bewirkt durch die Spannung eine gleich große Gegenkraft in der Feder.</p>	<p>N N N m/s² m m kg % m °</p>

Kräfte an Steigungen	Normalkraft	Steigungswinkel	Größe	Einheit
<p>F_N F_G F_H α s l</p>	$F_N = \frac{F_G \cdot l}{s}$ $F_N = F_G \cdot \cos \alpha$ $F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$	$\tan \alpha = \frac{h}{l}$ $\tan \alpha = \frac{S}{100\%}$ $\sin \alpha = \frac{h}{s}$	<p>F_G Gewichtskraft des Körpers (Fahrzeug) F_H Hangabtriebskraft F_N Normalkraft g Fallbeschleunigung h Höhenunterschied der Steigung l waagrechte Länge der Steigung m Masse des Körpers (Fahrzeug) S Steigung s schiefe Länge, Straßenlänge α Steigungswinkel</p>	<p>N N N m/s² m m kg % m °</p>
<p>Hangabtriebskraft für kleine Steigungen</p>		$F_H = \frac{F_G \cdot h}{s}$ $F_H = F_G \cdot \sin \alpha$	$F_H \approx \frac{F_G \cdot h}{l} = \frac{F_G \cdot S}{100\%}$ $F_H \approx F_G \cdot \tan \alpha$	<p>Fahrwiderstand bei Steigungen vgl. S. 49</p>