



EUROPA-FACHBUCHREIHE
Kraftfahrzeugtechnik

Formeln Land- und Bau- maschinentechnik

Bearbeitet von Gewerbelehrern und Ingenieuren

1. Auflage

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

Europa-Nr.: 20006

Autoren:

| | | |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Fehr, Andreas | Dipl.-Gwl., Studienrat | Breisach |
| Fleischlin, Stefan | Eidg. Dipl., Berufsfachschullehrer | Sempach, Schweiz |
| Friese-Tapmeyer, Joachim | Oberstudienrat a. D. | Hildesheim |
| Friske, Richard | Oberstudienrat | Hannover |
| Ganzmann, Herbert | Dipl.-Ingenieur | Häusern im Südschwarzwald |
| Petersen, Malte | Oberstudienrat | Jübek |
| Keil, Wolfgang | Oberstudiendirektor a. D. | München |
| Wimmer, Alois | Oberstudienrat a. D. | Berghülen |

Für die großzügige Hilfe und Unterstützung bei der Erstellung der 1. Auflage dieser Formelsammlung bedankt sich der Arbeitskreis Land- und Baumaschinentechnik besonders bei den Autoren des Arbeitskreises Kfz.

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Alois Wimmer

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Den „Formeln Land- und Baumaschinentechnik“ wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch die DIN-Blätter selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

1. Auflage 2020

Druck 6 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-7585-2000-6

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz und Layout: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: AGCO GmbH, Marktberdorf, Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach an der Riss, und CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel

Druck: RCOM Print GmbH, 97222 Rimpar

Grundlagen

| | |
|--|----|
| Mathematische Zeichen, Prozent-, Zins-, Mischungsrechnen | 4 |
| Winkelfunktionen | 5 |
| Längen, Flächen | 6 |
| Volumen, Mantelfläche, Oberfläche | 10 |
| Dichte, Masse, Kraft, Kräftezusammensetzung, Kräftezerlegung | 12 |
| Fliehkraft | 13 |
| Geschwindigkeit | 14 |
| Beschleunigung, Verzögerung, Überholen | 15 |
| Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad | 17 |
| Drehmoment, Hebelgesetz, Flaschenzug | 19 |
| Festigkeit, Reibung, Druck | 20 |
| Hydraulik, Pneumatik | 22 |
| Wärmetechnik | 25 |
| Riementrieb, Zahnradtrieb | 27 |

Motor

| | |
|---|----|
| Hubraum, Verdichtung, Hubverhältnis, Pleuelstangenverhältnis, Kolbenweg, Kolbengeschwindigkeit | 29 |
| Gasdruck, Kolbenkraft, Kräfte am Kurbeltrieb, Kolbeneinbauspiel | 31 |
| Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit | 32 |
| Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Luftbedarf, CO ₂ -Emission | 33 |
| Kraftstoffverbrauch | 34 |
| Kraftstoff-Einspritzmenge, Mischungsverhältnis 2-Takt-Motoren, Gefrierschutzmischnung, Motorkühlung | 35 |
| Motorleistung, innere Motorarbeit, Leistungsmessung am Motorprüfstand, Motorwirkungsgrade, Motorkennlinien | 36 |
| Kenngrößen von Verbrennungsmotoren (Hubraumleistung, Leistungsgewicht, Gewichtsleitung, Hubraumgewicht) | 40 |

Antriebsstrang – Kraftübertragung

| | |
|--|----|
| Kupplung, Kupplungsbetätigung | 41 |
| Wechselgetriebe | 43 |
| Achsgetriebe | 45 |
| Ausgleichsgetriebe | 46 |
| Antriebsstrang, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrwiderstände | 47 |

Fahrwerk

| | |
|---|----|
| Achskräfte, Auflagerkräfte | 49 |
| Übersetzung Lenkgetriebe, Lenkung | 50 |

Bremsen

| | |
|--|----|
| Übersetzungen, Leitungsdruck, pneumatische Verstärkung, hydraulische Übersetzung | 51 |
| Bremsmoment, Bremskraft, Bremsarbeit, Bremsleistung, Bremsenprüfung | 54 |
| Flussdiagramm zur Berechnung von hydraulischen Bremsen | 56 |

Elektrotechnik

| | |
|--|----|
| Ohmsches Gesetz, Spannung, Strom, Widerstand, Widerstandsschaltungen | 57 |
| Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad, Spannungsteiler | 59 |
| Batterie, Transformator | 60 |
| Wechselstrom, Drehstrom | 61 |
| Elektronische Bauelemente, Winkel und Zeiten beim Zündvorgang, Pulsweitenmodulation, Datenübertragung | 62 |

Sachwortverzeichnis

Mathematische Zeichen (Auswahl)

| Zeichen | Erklärung | Zeichen | Erklärung | Zeichen | Erklärung |
|--------------|---------------------------------------|----------------|---|-----------------|--|
| ... | bis, und so weiter | \sqrt{a} | Quadratwurzel aus a | \cong | kongruent |
| = | gleich | $\cdot \times$ | mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe) | \sim | ähnlich |
| \neq | nicht gleich, ungleich | $: / -$ | durch, geteilt durch, dividiert durch | \triangleleft | Winkel |
| \sim | proportional | % | Prozent, vom Hundert | \overline{AB} | Strecke AB |
| \approx | annähernd, nahezu gleich, rund, etwa | $\% \%$ | Promille, vom Tausend | \widehat{AB} | Bogen AB |
| \triangleq | entspricht | () [] { } | runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu | Σ | Summe |
| < | kleiner als | | parallel | e | Eulersche Zahl $e = 2,718\ 281\ 828\dots$ |
| > | größer als | | nicht parallel | π | $\pi = 3,14159\dots$ |
| \geq | größer oder gleich, mindestens gleich | \parallel | rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf | ∞ | unendlich |
| \leq | kleiner oder gleich, höchstens gleich | \perp | Delta, Zeichen für Differenz | log | Logarithmus (allgemein) |
| + | plus, mehr, und | | | lg | Zehnerlogarithmus |
| - | minus, weniger | Δ | | In | natürlicher Logarithmus |

Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten

| Druck | Energie, Arbeit | Leistung |
|--|-------------------------------|---------------------------|
| 1 at = 1 kp/cm ² = 981 mbar | 1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ = | 1 PS = 735 W = 0,735 kW = |
| 1 mm WS = 1 kp/m ² = 0,098 mbar | = 1,16 · 10 ⁻³ kWh | = 735 Nm/s |
| 1 mm Hg = 1 Torr = 1,333 mbar | 1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm | 1 kW = 1,36 PS |

Prozentrechnen

| | | |
|------------|--|--|
| p | Prozentsatz in % Er gibt an, wie viel Hundertstel vom Grundwert zu nehmen sind. | $E_{\max} = G + P$ |
| G | Grundwert Er ist der Wert auf den man sich beim Prozentrechnen bezieht. | $E_{\min} = G - P$ |
| P | Prozentwert Er ist der Teil des Grundwertes, der dem Prozentsatz entspricht. Er hat dieselbe Einheit wie der Grundwert. | $G = \frac{100 \cdot P}{P}$ |
| E_{\max} | Endwert (vermehrter Wert) (Grundwert + Prozentwert) | $P = \frac{G \cdot p}{100}$ |
| E_{\min} | Endwert (verminderter Wert) (Grundwert - Prozentwert) | $G = \frac{100 \cdot E_{\min}}{100 - p}$ |

$$p = \frac{100 \cdot P}{G}$$

$$G = \frac{100 \cdot E_{\max}}{100 + p}$$

$$G = \frac{100 \cdot E_{\min}}{100 - p}$$

Zinsrechnen

| | |
|-----|-----------------------------------|
| z | Zinsen in € |
| p | Zinssatz in % |
| k | Kapital in € |
| t | Zeit in Jahren oder Zeit in Tagen |

$$\begin{aligned} 1 \text{ Zinsjahr} &\triangleq 360 \text{ Tage} \\ 1 \text{ Zinsmonat} &\triangleq 30 \text{ Tage} \end{aligned}$$

$$k = \frac{100 \cdot z}{p \cdot t}$$

$$p = \frac{100 \cdot z}{k \cdot t}$$

$$t = \frac{100 \cdot z}{k \cdot p}$$

Jahreszins

$$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100}$$

Tageszins

$$z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100 \cdot 360}$$

Mischungsrechnen

| | |
|-------|-------------------------|
| m | Gesamtmenge |
| m_1 | Teilmenge 1 |
| m_2 | Teilmenge 2 |
| x | Summe der Anteile |
| x_1 | Anteil der Teilmengen 1 |
| x_2 | Anteil der Teilmengen 2 |

$$m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x}$$

$$m = \frac{m_1 \cdot x}{x_1}$$

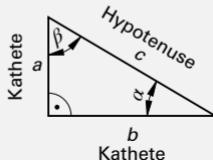
$$x_1 = \frac{m_1 \cdot x}{m}$$

$$x = \frac{m \cdot x_1}{m_1}$$

$$m = m_1 + m_2 + \dots$$

$$x = x_1 + x_2 + \dots$$

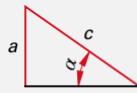
$$\frac{m}{m_1} = \frac{x}{x_1}$$

Winkelfunktionen

- Die den rechten Winkel bildenden Seiten a und b heißen Katheten.
- Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite c heißt Hypotenuse.
- Die dem spitzen Winkel α bzw. β anliegende Seite b bzw. a heißt Ankathete.
- Die dem spitzen Winkel α bzw. β gegenüberliegende Seite a bzw. b heißt Gegenkathete.

Die Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck werden Winkelfunktionen bzw. trigonometrische Funktionen genannt.

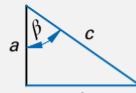
$$\text{Sinus} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$$



$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$a = c \cdot \sin \alpha$$

$$c = \frac{a}{\sin \alpha}$$

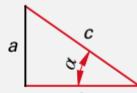


$$\sin \beta = \frac{b}{c}$$

$$b = c \cdot \sin \beta$$

$$c = \frac{b}{\sin \beta}$$

$$\text{Cosinus} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$$



$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$b = c \cdot \cos \alpha$$

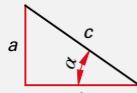
$$c = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$\cos \beta = \frac{a}{c}$$

$$a = c \cdot \cos \beta$$

$$c = \frac{a}{\cos \beta}$$

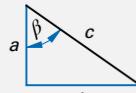
$$\text{Tangens} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$$



$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

$$a = b \cdot \tan \alpha$$

$$b = \frac{a}{\tan \alpha}$$

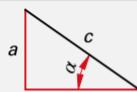


$$\tan \beta = \frac{b}{a}$$

$$b = a \cdot \tan \beta$$

$$a = \frac{b}{\tan \beta}$$

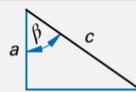
$$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$$



$$\cot \alpha = \frac{b}{a}$$

$$b = a \cdot \cot \alpha$$

$$a = \frac{b}{\cot \alpha}$$



$$\cot \beta = \frac{a}{b}$$

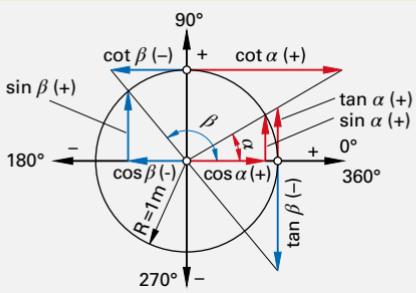
$$a = b \cdot \cot \beta$$

$$b = \frac{a}{\cot \beta}$$

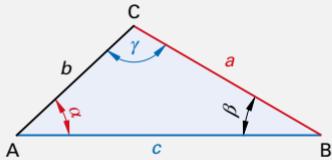
Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiele)

Beispiel: $a = 10 \text{ cm}; c = 50 \text{ cm}; \alpha = ?$ **Lösung:** $\sin \alpha = a : c = 10 \text{ cm} : 50 \text{ cm} = 0,2$

$10 : 50 = 0,2$ (SHIFT ; 2ND ; INV) SIN $\Rightarrow 11,53696^\circ$ (SHIFT ; 2ND ; INV) ° ' " $\Rightarrow 11^\circ 32' 13''$

Winkelfunktionen am Einheitskreis**Besondere Winkelfunktionswerte**

| | Winkel α | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° |
|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-----|
| Funktion | | | | | | |
| Sinus α | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | 1 | |
| Cosinus α | 1 | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | |
| Tangens α | 0 | $\frac{1}{3}\sqrt{3}$ | 1 | $\sqrt{3}$ | ∞ | |
| Cotangens α | ∞ | $\sqrt{3}$ | 1 | $\frac{1}{3}\sqrt{3}$ | 0 | |

Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck

a, b, c Seitenlängen (mm)
 α, β, γ Winkel, die jeweils den Seiten a, b, c gegenüber liegen ($^\circ$)

Sinussatz

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

Kosinussatz

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

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

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