



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, Marktoberdorf, Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach an der Riss, und CLAAS KGaA mbH, Harzewinkel

Druck: RCOM Print GmbH, 97222 Rimpfing

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, Kolbeneinbaupiel | 31 |
| Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit | 32 |
| Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Luftbedarf, CO ₂ -Emission | 33 |
| Kraftstoffverbrauch | 34 |
| Kraftstoff-Einspritzmenge, Mischungsverhältnis 2-Takt-Motoren, Gefrierschutzmischung, Motorkühlung | 35 |
| Motorleistung, innere Motorarbeit, Leistungsmessung am Motorprüfstand, Motorwirkungsgrade, Motorkennlinien | 36 |
| Kenngrößen von Verbrennungsmotoren (Hubraumleistung, Leistungsgewicht, Gewichtsleistung, 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 | \angle | 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 | parallel | e | Eulersche Zahl $e = 2,718\ 281\ 828\dots$ |
| > | größer als | \nparallel | nicht parallel | π | Pi = 3,14159... |
| \geq | größer oder gleich, mindestens gleich | \perp | rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf | ∞ | unendlich |
| \leq | kleiner oder gleich, höchstens gleich | Δ | Delta, Zeichen für Differenz | log | Logarithmus (allgemein) |
| + | plus, mehr, und | | | lg | Zehnerlogarithmus |
| - | minus, weniger | | | ln | natürlicher Logarithmus |

Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten

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

Prozentrechnen

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

Zinsrechnen

| | | |
|---|---|---|
| z Zinsen in € p Zinssatz in % k Kapital in € t Zeit in Jahren oder Zeit in Tagen | $k = \frac{100 \cdot z}{p \cdot t}$ $p = \frac{100 \cdot z}{k \cdot t}$ $t = \frac{100 \cdot z}{k \cdot p}$ | Jahreszins $z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100}$ Tageszins $z = \frac{k \cdot p \cdot t}{100 \cdot 360}$ |
| 1 Zinsjahr \triangleq 360 Tage 1 Zinsmonat \triangleq 30 Tage | | |

Mischungsrechnen

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

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <div>Sinus = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$</div> | | $\sin \alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin \alpha$ $c = \frac{a}{\sin \alpha}$ | | $\sin \beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \sin \beta$ $c = \frac{b}{\sin \beta}$ |
| <div>Cosinus = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$</div> | | $\cos \alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos \alpha$ $c = \frac{b}{\cos \alpha}$ | | $\cos \beta = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \cos \beta$ $c = \frac{a}{\cos \beta}$ |
| <div>Tangens = $\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$</div> | | $\tan \alpha = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \tan \alpha$ $b = \frac{a}{\tan \alpha}$ | | $\tan \beta = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \tan \beta$ $a = \frac{b}{\tan \beta}$ |
| <div>Cotangens = $\frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$</div> | | $\cot \alpha = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \cot \alpha$ $a = \frac{b}{\cot \alpha}$ | | $\cot \beta = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \cot \beta$ $b = \frac{a}{\cot \beta}$ |

Berechnung von Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner (Beispiele)

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

$10 \div 50 = 0,2$ (SHIFT ; 2ND ; INV) SIN \Rightarrow 11,536 96° (SHIFT ; 2ND ; INV) ° ' " \Rightarrow 11° 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 (°)

Sinussatz

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

Kosinussatz

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