



EUROPA-FACHBUCHREIHE
Kraftfahrzeugtechnik

Formeln Kraftfahrzeugtechnik

Bearbeitet von Gewerbelehrern und Ingenieuren

9. Auflage

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

Europa-Nr.: 20612

Autoren:

Fischer, Richard
Gscheidle, Rolf
Gscheidle, Tobias
Heider, Uwe

Hohmann, Berthold
Keil, Wolfgang
Lohuis, Rainer
Schlögl, Bernd

Studiendirektor a. D.
Studiendirektor a. D.
Dipl.-Gwl., Studiendirektor
Kfz-Elektriker-Meister,
Trainer Audi AG
Oberstudiendirektor
Oberstudiendirektor a. D.
Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat
Studiendirektor

Polling
Winnenden
Sindelfingen – Filderstadt

Neckarsulm – Ellhofen
Eversberg
München
Aachen – Hückelhoven
Gaggenau – Rastatt

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor a. D., Winnenden

Bildquellen:

Robert Bosch GmbH: S. 20/4; S. 40/1 + 2; S. 57/2; S. 61/3

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Den „Formeln Kraftfahrzeugtechnik“ wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter selbst.

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

9. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-2291-8

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Mercedes-Benz Group, Stuttgart und BMW AG, München

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Grundlagen	4	Luftverbrauch, Luftbedarf . . .	35	Fahrwerk	51
SI-Basiseinheiten	4	CO ₂ -Emission	35	Achskräfte, Auflagerkräfte . .	51
Mathematische Zeichen . . .	4	Kraftstoff-Durchschnitts- verbrauch	36	Übersetzungen der Lenk- getriebe	52
Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten .	4	Verbrauchsangabe von Pkw und leichten Nutzfahr- zeugen	36	Gesamtübersetzung der Lenkung	52
Vorsätze für Zehnerpotenzen	6	Verbrauchsangabe von schweren Lkw und Omni- bussen EG 595/2009	36	Bremsen	53
Prozentrechnen	6	Spezifischer Kraftstoffver- brauch	36	Mechanische Übersetzung am Bremspedal	53
Mischungsrechnen	6	Kraftstoffverbrauch	36	Leitungsdruck und Spannkraft	53
Winkelfunktionen	7	Kraftstoff-Einspritzmenge pro Arbeitstakt	37	Pneumatische Verstärkung .	54
Berechnung von Winkelfunk- tionen mit dem Taschen- rechner	7	Mischungsverhältnis für 2-Takt-Motoren	37	Hydraulische Übersetzung . .	54
Winkelfunktionen am Einheitskreis	7	Gefrierschutzmischung . . .	37	Gesamtübersetzung	55
Längenteilungen	8	Motorkühlung	37	Umfangskraft, Spannkraft an der Scheibenbremse	55
Kettenlänge	8	Zugeführte Leistung	38	Umfangskraft an der Trom- melbremse	55
Gebogene Längen	8	Innenleistung des Motors, innere Motorarbeit	38	Bremsmoment, Bremskraft am Rad	56
Lehrsatz des Pythagoras . .	9	Nutzleistung und Innen- leistung	39	Trägheitskraft, Bremskraft . .	56
Regelmäßige Vielecke	9	Nutzleistung und nutzbarer Kolbendruck	39	Bremsarbeit, Bremsleistung .	57
Geradlinig begrenzte Flächen	10	Nutzleistung und Kraftstoff- verbrauch	39	Bremsenprüfung, Abbremsung	57
Zusammengesetzte Flächen .	11	Nutzleistung und Dreh- moment	39	Berechnung an hydrau- lischen Bremsen	58
Volumen	12	Leistung am Motorprüfstand	40	Elektrotechnik	59
Dichte, Masse	14	Leistung am Rollenprüfstand	40	Ohmsches Gesetz	59
Kraft	14	Vergleichsleistung	40	Spezifischer elektrischer Widerstand und elektrische Leitfähigkeit	59
Kräftezusammensetzung und Kräftezerlegung	14	Innenwirkungsgrad	41	Leiterwiderstand	59
Fliehkraft (Zentrifugalkraft) .	15	Mechanischer Wirkungsgrad	41	Widerstand und Temperatur .	59
Fliehkraft bei überhöhter Kurve	15	Nutzwirkungsgrad	41	Stromdichte	59
Geschwindigkeit	16	Hubraumleistung	42	Spannungsabfall in Leitungen	60
Beschleunigung, Verzö- gerung	17	Leistungsgewicht des Motors, des Fahrzeugs . . .	42	Leitungsberechnung	60
Überholen	18	Gewichtsleistung	42	Schaltung von Widerständen	60
Arbeit	19	Hubraumgewicht	42	Elektrische Leistung	61
Energie	19	Antriebsstrang – Kraftübertragung	43	Elektrische Arbeit	61
Leistung	20	Kupplung	43	Wirkungsgrad, Leistungs- verlust	61
Wirkungsgrad	20	Kupplungsbetätigung	44	Spannungsteiler	61
Drehmoment	21	Ungleichachsiges Wechsel- getriebe	45	Batterie	62
Hebelgesetz	21	Gleichachsiges Wechsel- getriebe	46	Transformator	62
Flaschenzug	21	Achsgetriebe	47	Wechselstrom	63
Festigkeit	22	Gesamtübersetzung des Antriebsstrangs	47	Sternschaltung bei symme- trischer (gleichmäßiger) ohmscher Belastung	63
Reibung	23	Ausgleichsgetriebe bei Kurvenfahrt	48	Dreieckschaltung bei symmetrischer (gleich- mäßiger) ohmscher Belastung	63
Druck	23	Ausgleichsgetriebe mit Ausgleichssperre	48	Elektronische Bauelemente .	64
Hydraulik	24	Antriebsstrang – Fahrwiderstände	49	Winkel und Zeiten beim Zündvorgang	64
Pneumatik	26	Antriebsleistung	49	Pulsweitenmodulation	64
Wärmetechnik	27	Antriebskraft an den Antriebsrädern	49	Datenübertragung	64
Riementrieb	29	Fahrgeschwindigkeit	49	Elektrische Antriebsma- schinen	65
Zahnradtrieb	30	Drehzahl der Antriebsräder .	49	Akkumulatoren in Elektro- fahrzeugen	66
Einfaches Planetengetriebe .	30	Fahrwiderstände	49	Zwischenkreiskondensator . .	66
Motor	31			Sachwortverzeichnis	67
Hubraum	31				
Verdichtungsverhältnis . . .	31				
Verdichtungsänderung . . .	31				
Hubverhältnis	32				
Pleuelstangenverhältnis . . .	32				
Kolbenweg	32				
Kolbengeschwindigkeit . . .	32				
Gasdruck und Kolbenkraft . .	33				
Kräfte am Kurbeltrieb	33				
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit	34				
Ventilöffnungsfläche, Gasge- schwindigkeit	34				
Luftverhältnis λ	35				
Liefergrad (Füllungsgrad) . .	35				

SI-Basiseinheiten

Basisgröße	Länge	Masse	Zeit	Elektrische Stromstärke	Thermo- dynamische Temperatur	Stoff- menge	Licht- stärke
Basiseinheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Kurzzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd

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	$: / \text{—}$	durch, geteilt durch, dividiert durch	$\angle$	Winkel
$\sim$	proportional	%	Prozent, von Hundert	$\overline{AB}$	Strecke AB
$\approx$	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	‰	Promille, von 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...
>	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

Größen

Größe	Formel- zeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
Länge	l	Meter	m		m	dm	cm	mm
				1 m	1	10	100	1000
Fläche	A, S	Quadrat- meter	m ²		m ²	dm ²	cm ²	mm ²
				1 m ²	1	100	10000	1000000
Volumen Rauminhalt	V	Kubik- meter	m ³		m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³
				1 m ³	1	1000	1000000	
		Liter	l, L	1 dm ³ (l)	0,001	1	1000	1000000
Zeit Zeitspanne Dauer	t	Sekunde	s		d	m	min	s
				1 s		0,000278	0,01667	1
		Minute	min	1 min	0,00069	0,01667	1	60
		Stunde	h	1 h	0,04167	1	60	3600
		Tag	d	1 d	1	24	1440	86400

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung, Erklärung			
Geschwindigkeit	v	Meter/Sekunde	m/s		m/s	m/min	km/h
Umfangsgeschwindigkeit	v	Kilometer/Stunde	km/h	1 km/h	0,2778	16,667	1
Lichtgeschwindigkeit	c			1 m/min	0,01667	1	0,06
				1 m/s	1	60	3,6
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036
Frequenz	f, ν	Hertz reziproke Sekunde	Hz 1/s	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde $1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$			
Beschleunigung	a	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s^2	Wirkungsrichtung: Beliebig			
örtliche Fallbeschleunigung	g			Wirkungsrichtung: Zum Erdmittelpunkt $g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ wird meist als Normfallbeschleunigung angegeben.			
Masse	m				g	kg	t (Mg)
Gewicht als Wäageergebnis		Kilogramm	kg	1 kg	1000	1	0,001
		Gramm	g	1 g	1	0,001	0,000001
		Tonne	t	1 t (Mg)	1000000	1000	1
Dichte	ρ	Kilogramm/Kubikmeter	kg/m^3		g/cm^3	kg/dm^3	kg/m^3
		Kilogramm/Kubikdezimeter	kg/dm^3	1 kg/m^3	0,001	0,001	1
				1 kg/dm^3	1	1	1000
				1 g/cm^3	1	1	1000
Kraft	F	Newton	N		N	daN	kN
Gewichtskraft	F_G, G			1 N	1	0,1	0,001
				1 kN	1000	100	1
				$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg m/s}^2$			
Drehmoment	M	Newtonmeter	Nm		Ncm	Nm	kNm
				1 Ncm	1	0,01	0,00001
				1 Nm	100	1	0,001
Temperatur	T t	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = - 273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K			
Arbeit	W	Joule	J		kWh	J	kJ
Energie	E, W			1 kWh	1	3600000	3600
Wärmemenge	Q			1 J		1	0,001
				1 kJ	0,0002778	1000	1
				1 MJ	0,2778	1000000	1000
				$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$			
Leistung	P	Watt	W		mW	W	kW
				1 mW	1	0,001	0,000001
				1 W	1000	1	0,001
				1 kW	1000000	1000	1
				$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$			
Druck	p	Pascal	Pa		Pa	mbar, hPa	N/cm^2
				1 Pa	1	0,01	0,0001
				1 mbar, hPa	100	1	0,01
				1 N/cm^2	10000	100	1
				$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$; $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$; $1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$			