

## Bildquellenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren mit Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

**ALLIGATOR GmbH,**  
Giengen a. d. Brenz,  
Seite: 368/1

**Audi AG,**  
Neckarsulm, Ingolstadt,  
Seiten: 240/1, 2; 241/1, 2;  
260/2; 292/1, 296/3; 301/1;  
302/1–4; 335/1, 3; 341/2;  
343/2; 347/2; 356/6; 367/3;  
400/1–3; 401/1; 423/4; 494/1;  
495/1; 501/1, 3; 505/2–3

**Autoliv B.V. & Co. KG,**  
Elmshorn, Seite: 425/2

**Beru-Borg Warner GmbH,**  
Ludwigsburg,  
Seiten: 272/5, 6; 473/2–10

**BMW AG,**  
München,  
Seiten: 25/1; 240/7, 8; 342/1, 3;  
349/1; 351/2; 503/3

**Robert Bosch GmbH,**  
Stuttgart,  
Seiten: 30/4; 59/1; 89/6;  
258/1–3; 261/1; 269/4;  
272/1–3; 275/1, 3; 276/2, 3;  
281/1, 2; 288/1; 346/1; 426/1;  
462/1, 4; 469/1; 471/1, 2; 480/3,  
5, 7; 481/2–3, 5; 483/1, 2;  
514/1

**Car-O-Liner Deutschland  
GmbH,** Babenhausen,  
Seite: 406/6

**Continental Teves  
AG & Co oHG,** Frankfurt,  
Seiten: 372/5–6; 381/1

**DUNLOP GmbH,**  
Hanau/Main,  
Seiten: 357/1 links; 361/3

**Gewerbeaufsichtsamt,**  
München,  
Seite: 303/1

**Hella KG, Hueck & Co,**  
Lippstadt,  
Seiten: 236/3; 454/1–7; 455/2

**Honda Motor Co, Ltd.,**  
Seite: 240/5, 6

**Huf Hülsbeck & Fürst  
GmbH & Co KG,**  
Velbert, Seite: 367/4, 5

**Hunter Deutschland GmbH,**  
Greifenberg am Ammersee,  
Seiten: 347/1, 7, 8

**Michael Immler GmbH,**  
Immenstadt, Seite: 365/4, 5

**Jost Group GmbH & Co KG,  
Rockinger,** München,  
Seite: 544/1

**Knorr Bremse, GmbH,**  
München, Seite: 388/1

**Liqui Moly,** Ulm,  
Seite: 333/2

**LuK GmbH,** Bühl/Baden,  
Seiten: 310/2; 311/2

**MAHLE Behr GmbH & Co KG,**  
Stuttgart, Seite: 507/1

**MAN Maschinenfabrik**  
Augsburg-Nürnberg AG,  
München, Seite: 286/1

**Mann und Hummel,**  
Ludwigsburg, Seite: 236/1

**Mercedes-Benz Group,**  
Stuttgart,  
Seiten: 231/5; 354/1;  
356/1, 4, 5, 9; 424/1;

**Metzeler-Pirelli Reifen GmbH,**  
München,  
Seite: 357/1 rechts

**MICHELIN Reifenwerke  
AG & Co. KGaA,** Karlsruhe,  
Seite 365/2, 3, 6

**NGK/NTK Europa GmbH,**  
Ratingen, Seite: 481/1

**OZ Deutschland,**  
Biberach, Seite: 366/1

**Dr. Ing. h. c. F. Porsche,**  
Stuttgart,  
Seiten: 240/3, 4; 372/7

**Rheinmetall Automotive,**  
Neckarsulm, Seite: 237/2

**Ringfeder power transmission,**  
Groß-Umstadt, Seite: 543/1, 2

**TAK Akademie Deutsches  
Kraftfahrtgewerbe GmbH,**  
Bonn, Seite: 550/2, 4

**TOYOTA Deutschland GmbH,**  
Köln, Seite: 297/2, 3

**Volkswagen AG,**  
Wolfsburg,  
Seiten: 234/2; 303/2, 3;  
322/1, 2; 323/1–3; 356/2, 3, 7, 8;  
373/2; 399/2, 3; 502/2

**Wabco Westinghouse GmbH,**  
Hannover, Seite: 389/4

**ZF Getriebe GmbH,**  
Saarbrücken,  
Seiten: 313/1; 325/1; 342/2;  
350/1

**ZF Aftermarket, Sachs,**  
Friedrichshafen,  
Seite 314/1-16

Alle Bilder im Buch ohne Quellenangaben wurden vom Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern oder den Autoren erstellt und bearbeitet.



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Kraftfahrzeugtechnik

# Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik

Tabellen

Formeln

Übersichten

Normen

- **Mathematik** • **Betriebsführung** • **Grundkenntnisse** • **Werkstoffkunde**
- **Zeichnen** • **Fachkenntnisse Kraftfahrzeugtechnik** • **Elektrische Anlage**
- **Vorschriften**

17. Auflage

Lektorat: Rolf Gscheidle a. D., Studiendirektor

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

**Europa-Nr.: 20566** ohne Formelsammlung  
**Europa-Nr.: 2056X** mit Formelsammlung

Autoren des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik:

Fischer, Richard	Studiendirektor a. D.	Polling
Gscheidle, Rolf	Studiendirektor a. D.	Winnenden
Gscheidle, Tobias	Studiendirektor	Sindelfingen – Filderstadt
Heider, Uwe	Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG	Neckarsulm – Ellhofen
Hohmann, Berthold	Oberstudiendirektor	Eversberg
van Huet, Achim	Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor a. D.	München
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ingenieur Oberstudienrat	Aachen – Hückelhoven
Mann, Jochen	Oberstudiendirektor	Stuttgart – Schorndorf
Schlögl, Bernd	Studiendirektor	Gaggenau – Rastatt
Steidle, Bernhard	Studiendirektor	Stuttgart – Neckarsulm
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a. D.	Berghülen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor a. D., Winnenden

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

17. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2023

Druck 6 5

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

ISBN 978-3-8085-2127-4 ohne Formelsammlung

ISBN 978-3-8085-2137-3 mit Formelsammlung

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz und Layout: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: Mercedes-Benz Group, Stuttgart und © Anna Om – Fotolia.com

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

**Vorwort**

Die neu gestaltete und umfassend überarbeitete Auflage des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik dient als Nachschlagewerk von kraftfahrzeugtechnischen Problemstellungen in Service, Reparatur, Diagnose sowie Um- und Nachrüstung. Alle technisch aktuellen Themen wurden neu aufgenommen und die Bilder und Tabellen sind nach methodischen und didaktischen Gesichtspunkten gestaltet.

**Zielgruppen**

Auszubildende, Facharbeiter, Techniker, Meister und Studierende des Bereiches Kraftfahrzeugtechnik.

**Hinweise für den Benutzer**

**Inhaltsverzeichnis.** Zum schnellen Aufsuchen von Sachverhalten ein ausführliches Inhaltsverzeichnis vorangestellt.

**Sachwortverzeichnis.** Es ermöglicht ein rasches Auffinden von Inhalten und Begriffen.

**Griffleiste.** Um ein schnelles Auffinden der 8 Sachgebiete zu ermöglichen, ist jedem Abschnitt eine Griffmulde zugeordnet.

**Inhalt**

**Mathematik.** Das Kapitel ist gegliedert in allgemeine Grundlagen und fachspezifische Berechnungen am Kraftfahrzeug.

Bei den Formeln werden zwei Gleichungsarten unterschieden:

- Größengleichungen nach DIN 1313 (**rot** umrahmt)
- Zahlenwertgleichungen (**blau** umrahmt).

**Hinweis:** Bei Zahlenwertgleichungen müssen die Größen in den angegebenen Einheiten eingesetzt werden.

**Betriebsführung.** In diesem Kapitel werden Grundlagen, Auftragsabwicklung, Qualitätssicherung und Kostenrechnen behandelt.

**Grundkenntnisse.** In diesem Kapitel sind Grundkenntnisse der Physik, Chemie, Informationstechnik sowie des Steuerns und Regelns tabellarisch dargestellt. Ebenso sind metalltechnische Grundlagen, Fügeverfahren, Normteile und die Grundlagen der Zerspantechnik übersichtlich zusammengestellt.

**Werkstoffkunde.** Aufbau, Herstellung und Arten von Kraftstoffen sowie weitere Betriebs- und Hilfsstoffe sind nach neuester Norm zusammengestellt. Aktuelle Kühlfähigkeiten, Kältemittel und AdBlue wurden aufgenommen.

**Zeichnen.** Hier sind geometrische Grundkonstruktionen, grafische Darstellungen und alle notwendigen Normen, Grenzabmaße und Passungen zum Technischen Zeichnen aufgeführt.

**Fachkenntnisse.** Dieses Kapitel umfasst wichtige kraftfahrzeugtechnische Inhalte, dargestellt in tabellarischer Form. Vorangestellt sind Tabellen mit Fahrzeugdaten von Pkw, Krafträder, Nkw und Traktoren.

In den Unterkapiteln **Motor, Antriebsstrang, Fahrwerk** und **Fahrzeugbau** sind technische Neuerungen, wie z. B. Kühl-, Schmier- und Gemischbildungssysteme, Abgasnachbehandlung, Hybridantriebe, E-Maschine, IT-Netz, Freischalten von Elektrofahrzeugen, automatisierte Schaltgetriebe, Reifen, Ventile, Abschnittsreparatur, Lackieren sowie EBS-Druckluftbremsanlage, neu aufgenommen.

**Elektrische Anlage.** Hier sind alle wichtigen elektrischen Geräte und Systeme behandelt. Neu aufgenommen sind: Neue Bus- und Komfortsysteme, Hochvolt-Technik, Fehlersuchpläne, Fahrerassistenzsysteme.

**Vorschriften.** In diesem Kapitel sind wichtige kraftfahrzeugtechnische Vorschriften sowie Vorschriften zur Unfallverhütung nach den neuesten technischen und gesetzlichen Bestimmungen zusammengestellt, wie z.B. Gefährdungskennlinien, Vorschriften E-Mobilität, Nkw-Ladevorschriften, Ladungssicherung und Bremsenprüfung Nkw.

Inhaltsverzeichnis	5
Mathematik	6 ... 96
Inhaltsverzeichnis	97
Betriebsführung	98 ... 118
Inhaltsverzeichnis	119
Grundkenntnisse	120 ... 160
Inhaltsverzeichnis	161
Werkstoffkunde	162 ... 198
Inhaltsverzeichnis	199
Zeichnen	200 ... 216
Inhaltsverzeichnis	217
Fachkenntnisse	218 ... 426
Inhaltsverzeichnis	427
Elektrische Anlage	428 ... 514
Inhaltsverzeichnis	515
Vorschriften	516 ... 559

M

B

G

W

Z

F

E

V

## Firmenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und Informationsmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

**Alcan Aluminiumwerke GmbH**  
Werk Nürnberg

**ALLIGATOR GmbH,**  
Giengen an der Brenz

**ARAL AG,** Bochum

**Audatex Deutschland,** Minden

**Audi AG**  
Ingoldstadt, Neckarsulm

**Behr GmbH & Co,** Stuttgart

**Beissbarth GmbH**  
Automobil Servicegeräte  
München

**Beru-BorgWarner**  
**Federal-Mogul**  
Ludwigsburg

**BMW**  
**Bayrische Motoren-Werke AG**  
München

**Continental Teves AG & Co, OHG**  
Frankfurt

**ROBERT BOSCH GMBH,** Stuttgart

**Case-Steyr**  
**Landmaschinentechnik GmbH**  
St.Valentin Österreich

**Citroen Deutschland AG,** Köln

**Continental Aftermarket GmbH,**  
Eschborn

**Dataliner Richtsysteme**  
Ahlerstedt

**DEKRA AG,** Stuttgart

**Deutsche BP AG,** Hamburg

**Deutsche Gesetzliche**  
**Unfallversicherung**  
München

**Deutz Fahr Agrarsysteme GmbH**  
Lauingen

**Dhollandia Deutschland GmbH,**  
Glinde

**Ducati Motor Deutschland**  
Köln

**DUNLOP GmbH,** Hanau/Main

**J. Eberspächer,** Esslingen

**ESSO AG,** Essen

**FAG Kugelfischer**  
**Georg Schäfer AG**  
Schweinfurt

**Fendt Agro,** Marktoberdorf

**Ferrari Deutschland GmbH**  
Wiesbaden

**Ford-Werke AG,** Köln

**Getrag, Getriebe- und**  
**Zahnradfabrik GmbH**  
Ludwigsburg

**Gewerbeaufsichtsamt**  
München-Land

**GKN Löbro GmbH**  
Offenbach/Main

**Glasurit GmbH**  
Münster, Westfalen

**Graubremse GmbH,** Heidelberg

**Hella KG, Hueck & Co,** Lippstadt

**HONDA DEUTSCHLAND GMBH**  
Offenbach/Main

**Huf Hülsbeck & Fürst**  
**GmbH & Co KG**  
Velbert

**Michael Immler GmbH**  
Immenstadt

**IVECO-Magirus AG,** Ulm

**John Deere,** Bruchsal

**Josam Richttechnik GmbH**  
Henstedt-Ulzburg

**Koch Achsmessanlagen**  
Wennigsen

**Knorr-Bremse GmbH**  
München

**KTM Sportmotorcycles AG,**  
Mattighofen/Österreich

**LuK GmbH,** Bühl / Baden

**MAHLE GmbH,** Stuttgart

**MAN Maschinenfabrik**  
Augsburg-Nürnberg AG,  
München

**Mann und Hummel, Filterwerke**  
Ludwigsburg

**Mazda Motors Deutschland GmbH**  
Leverkusen

**MCC**  
**Micro Compact Car GmbH**  
Böblingen

**Mercedes-Benz Group,**  
Stuttgart,

**Messer-Griesheim GmbH**  
Frankfurt/Main

**Metzeler Reifen GmbH,**  
**Techn. Kundendienst**  
München

**Michelin Reifenwerke**  
**AG & Co KGaA**  
Karlsruhe

**MSI Motorservice**  
**International GmbH**  
**Kolbenschmidt**  
Pierburg / Neckarsulm

**NGK,** Ratingen

**OMV AG,** Wien

**Adam Opel AG,** Rüsselsheim

**OZ Deutschland GmbH**  
Biberach

**Piaggio Gilera Deutschland GmbH**  
Dieburg

**Pirelli Deutschland GmbH**  
Breuberg

**Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG**  
Stuttgart

**Renault Nissan Deutschland AG**  
Brühl

**Ringfeder VBG Group**  
**Truck Equipment**  
Krefeld

**SCANIA Deutschland GmbH**  
Köblenz

**Siemes Deutschland,** München

**SKF Kugellagerfabriken GmbH**  
Schweinfurt

**Spicer Gelenkwellenbau GmbH**  
Essen

**Subaru Deutschland GmbH**  
Friedberg/Hessen

**Sun Electric Deutschland GmbH**  
Mettmann

**Technolit GmbH,** Großlüder

**Temic Elektronik,** Nürnberg

**Toyota Deutschland GmbH**  
Köln

**TÜV,** München

**Volkswagen AG,** Wolfsburg

**Wabco Westinghouse GmbH**  
Hannover

**ZF Friedrichshafen AG**  
Freidrichshafen

**ZF Getriebe GmbH**  
Saarbrücken

**ZF Sachs AG,** Schweinfurt

**Grundlagen**

Einheiten im Messwesen, Größen, Formelzeichen, Einheiten .....	6	M
Taschenrechner .....	10	
Winkelfunktionen .....	11	
Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen .....	12	
Längen, Gestreckte Längen, Biegeradius, Kanten, Bördeln von Blechen .....	13	
Flächen, Volumen .....	16	

**Mechanik · Hydraulik · Pneumatik · Wärmetechnik · Antriebe**

Masse, Dichte, Kräfte .....	21	B
Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung, Überholen .....	24	
Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad .....	29	
Drehmoment, Hebel, Flaschenzug, Reibung, Festigkeit .....	31	
Druck, Hydraulik, Pneumatik, Wärmetechnik .....	37	
Riementrieb, Zahnradtrieb .....	44	G

**Berechnungen Motor**

Hubraum, Verdichtung, Kolbengeschwindigkeit, Gasdruck, Kolbenkraft, Kurbeltrieb .....	47	W
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit .....	50	
Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch .....	51	
Kraftstoffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge .....	53	
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmischung .....	54	
Motor-, Nutz- und Innenleistung, Wirkungsgrad, innere Arbeit, Hubraumleistung .....	55	

**Berechnungen Antriebsstrang (Kraftübertragung)**

Kupplung, Wechselgetriebe .....	61	Z
Achsgetriebe, Gesamtübersetzung .....	65	
Antriebskraft an den Antriebsrädern, Drehmoment, Leistung, Fahrgeschwindigkeit .....	66	
Ausgleichsgetriebe, Kreuzgelenke, Gelenkwellen .....	68	
Fahrwiderstände, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrschaubild .....	70	

**Berechnungen Fahrwerk**

Achskräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktabstand, Federberechnung .....	74	F
Lenkung: Spur, Spurdifferenzwinkel, Lenkgetriebe, Gesamtübersetzung der Lenkung .....	77	
Bremsen: Mechanische, hydraulische Übersetzung, Leitungsdruck, Spannkraft .....	79	
Gesamtübersetzung, Umfangskraft, Bremsmoment, Trägheitskraft, Bremskraft .....	81	
Bremsarbeit, -leistung, -prüfung, Abbremsung .....	83	

**Berechnungen Elektrotechnik**

Ohmsches Gesetz, Widerstand .....	85	E
Spannungsabfall, Stromdichte, Leitungsberechnung .....	86	
Schaltung von Widerständen .....	87	
Spannungsteiler, Messbrücke (Wheatstonesche Brücke) .....	88	
Kondensatoren, Elektrische Leistung und Arbeit, Wirkungsgrad .....	89	
Batterie .....	90	
Magnetisches Feld, Elektrisches Feld .....	91	V
Wechselstrom .....	92	
Schaltung von Wechselstromwiderständen .....	93	
Stern- und Dreieckschaltung, Transformator, Antennen .....	94	
Elektronische Bauelemente, Winkel und Zeiten beim Zündvorgang .....	95	
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung .....	96	

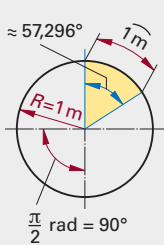
**SI-Basiseinheiten**

Die Einheiten im Messwesen sind im internationalen Einheitensystem (SI = System International d'Unités) festgelegt. Das SI-System baut auf 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet sind. Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten können nach DIN 1301 bezeichnet werden, z. B. Kilometer mit km oder Millimeter mit mm.

Das SI-System fördert die internationale Vereinheitlichung im Messwesen; es wurde für die Bundesrepublik Deutschland durch das „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ rechtsverbindlich.

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

**Größen**

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
<b>Länge</b>	<i>l</i>	<b>Meter</b>	<b>m</b>		m	dm	cm	mm		
Breite	<i>b</i>			1 km	1000	10 000	100 000	1 000 000		
Höhe, Tiefe	<i>h</i>			1 m	1	10	100	1 000		
Radius, Halbmesser	<i>r</i>			1 dm	0,1	1	10	100		
Durchmesser	<i>d</i>			1 cm	0,01	0,1	1	10		
Strecke	<i>s</i>			1 mm	0,001	0,01	0,1	1		
Dicke	<i>δ, d</i>			1 μm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001		
<b>Fläche</b>	<i>A, S</i>			Quadratmeter	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
Querschnittsfläche	<i>S, q</i>					1 m <sup>2</sup>	1	100	10 000	1 000 000
		1 dm <sup>2</sup>	0,01			1	100	10 000		
		1 cm <sup>2</sup>	0,000 1			0,01	1	100		
		1 km <sup>2</sup>	1 000 000			<b>1 ha = 100 a = 10 000 m<sup>2</sup> = 0,01 km<sup>2</sup></b>				
<b>Volumen</b>	<i>V</i>	Kubikmeter	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> (l)	cm <sup>3</sup> (ml)	mm <sup>3</sup>		
Rauminhalt				1 m <sup>3</sup>	1	1 000	1 000 000			
				1 dm <sup>3</sup> (l)	0,001	1	1 000	1 000 000		
				1 cm <sup>3</sup> (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000		
				1 mm <sup>3</sup>		0,000 001	0,001	1		
		<b>1 l = 1 dm<sup>3</sup> = 1 000 cm<sup>3</sup></b>								
<b>Zeit</b>	<i>t</i>	<b>Sekunde</b>	<b>s</b>		d	h	min	s		
Zeitspanne		Minute Stunde Tag Jahr	min h d a	1 s		0,000 278	0,01667	1		
Dauer				1 min	0,000 69	0,01667	1	60		
				1 h	0,041 67	1	60	3 600		
				1 d	1	24	1 440	86 400		
				1 a	~365	~8 760	~525 600	~31 536 000		
				<b>Zeitspanne: 3 h = 3 Stunden Zeitpunkt: 3<sup>h</sup> = 3:00 Uhr</b>						
<b>Winkel</b> z.B. Phasenwinkel	<i>α, β, γ</i> ... <i>φ</i>	<b>Radiant</b>	<b>rad</b>	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit <i>R</i> = 1 m einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
				1 rad = $\frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}}$ 1 rad ≈ 57,3°						
				1 Vollwinkel = 2 · π rad						
				1° = $\frac{\pi}{180}$ rad						
				1' = $\left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10800}$ rad						
				1" = $\left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648000}$ rad						
				1 gon = $\frac{\pi}{200}$ rad						

Größen								
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
<b>Geschwindigkeit</b>	$v$	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	
Winkelgeschwindigkeit	$\omega$	Radian/ Sekunde	rad/s	1 m/s	1	60	3,6	
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036	
<b>Frequenz</b>	$f, \nu$	Hertz	Hz	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde				
		reziproke Sekunde	1/s	1 Hz = 1/s = s <sup>-1</sup>				
Drehzahl	$n$	reziproke Minute	1/min	1/s = 60/min				
Kreisfrequenz	$\omega$	reziproke Sekunde	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
Periodendauer	$T$	Sekunde	s					
<b>Beschleunigung</b>	$a$	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s <sup>2</sup>	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.				
Winkelbeschleunigung	$\alpha$	Radian/ Sekunde hoch zwei	rad/s <sup>2</sup>					
<b>Masse</b>	$m$	<b>Kilogramm</b>	<b>kg</b>		g	kg	Mg (t)	
Gewicht als Wägeregebnis		Gramm	g	1 kg	1 000	1	0,001	
		Tonne	t	1 g	1	0,001	0,000 001	
				1 Mg (t)	1 000 000	1 000	1	
längenbezogene Masse	$m'$	Kilogramm/Meter	kg/m	$m = l \cdot m'$ $m'$ wird z.B. zur Berechnung der Masse von Profilen, Stäben und Rohren benutzt.				
flächenbezogene Masse	$m''$	Kilogramm/Quadratmeter	kg/m <sup>2</sup>	$m = A \cdot m''$ $m''$ wird z.B. zur Berechnung der Masse von Blechen und Platten verwendet.				
<b>Dichte</b>	$\rho$	Kilogramm/ Kubikmeter	kg/m <sup>3</sup>		g/cm <sup>3</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
				1 kg/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	1	
		Kilogramm/ Kubikdezimeter	kg/dm <sup>3</sup>	1 kg/dm <sup>3</sup>	1	1	1 000	
				1 g/cm <sup>3</sup>	1	1	1 000	
		Gramm/ Kubikzentimeter	g/cm <sup>3</sup>	1 kg/l	1	1	1 000	
				1 g/l	0,001	0,001	1	
<b>spezifisches Volumen</b>	$v$	Kubikmeter/ Kilogramm	m <sup>3</sup> /kg	<b>1 m<sup>3</sup>/kg = 1 000 dm<sup>3</sup>/kg = 1 dm<sup>3</sup>/g</b>				
<b>Stoffmenge</b>	$n$	<b>Mol</b>	<b>mol</b>	Teilchenmenge = 6,022 · 10 <sup>23</sup> Teilchen				
<b>Kraft</b>	$F$	Newton	N		mN	N	daN	kN
Gewichtskraft	$F_G, G$			1 mN	1	0,001	0,000 1	0,000 001
				1 N	1 000	1	0,1	0,001
				1 kN	1 000 000	1 000	100	1
				1 MN	10 <sup>9</sup>	1 000 000	100 000	1 000
				<b>1 N = 1 kg · 1 m/s<sup>2</sup> = 1 kg m/s<sup>2</sup></b>				
<b>Drehmoment</b>	$M$	Newtonmeter	Nm		Ncm	Nm	kNm	
				1 Ncm	1	0,01	0,000 01	
				1 Nm	100	1	0,001	
				1 kNm	100 000	1 000	1	

M

B

G

W

Z

F

E

V



**Größen**

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung																				
		Name	Zeichen																					
<b>Temperatur</b>	$T$ $t$	<b>Kelvin</b> Celsius	<b>K</b> °C	0 Kelvin = 0 K = -273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K																				
<b>Arbeit</b> <b>Energie</b> <b>Wärmemenge</b>	$W$ $E, W$ $Q$	Joule	J	<table border="1"> <tr> <td>kWh</td> <td>J</td> <td>kJ</td> <td>MJ</td> </tr> <tr> <td>1 kWh</td> <td>1</td> <td>3 600 000</td> <td>3 600</td> </tr> <tr> <td>1 J</td> <td>1</td> <td>0,001</td> <td>0,000 001</td> </tr> <tr> <td>1 kJ</td> <td>0,000 277 8</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 MJ</td> <td>0,277 8</td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> </tr> </table> <p><b>1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup></b></p>	kWh	J	kJ	MJ	1 kWh	1	3 600 000	3 600	1 J	1	0,001	0,000 001	1 kJ	0,000 277 8	1 000	1	1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000
kWh	J	kJ	MJ																					
1 kWh	1	3 600 000	3 600																					
1 J	1	0,001	0,000 001																					
1 kJ	0,000 277 8	1 000	1																					
1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000																					
<b>Leistung</b>	$P$	Watt	W	<table border="1"> <tr> <td>mW</td> <td>W</td> <td>kW</td> <td>MW</td> </tr> <tr> <td>1 mW</td> <td>1</td> <td>0,001</td> <td>0,000 001</td> </tr> <tr> <td>1 W</td> <td>1 000</td> <td>1</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>1 kW</td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 MW</td> <td>10<sup>9</sup></td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> </tr> </table> <p><b>1 W = 1 J/s = 1 Nm/s</b></p>	mW	W	kW	MW	1 mW	1	0,001	0,000 001	1 W	1 000	1	0,001	1 kW	1 000 000	1 000	1	1 MW	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000
mW	W	kW	MW																					
1 mW	1	0,001	0,000 001																					
1 W	1 000	1	0,001																					
1 kW	1 000 000	1 000	1																					
1 MW	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000																					
<b>Druck</b>	$p$	Pascal	Pa	<table border="1"> <tr> <td>Pa</td> <td>mbar, hPa</td> <td>bar</td> <td>N/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>1 Pa</td> <td>0,01</td> <td>0,000 01</td> <td>0,000 1</td> </tr> <tr> <td>1 mbar, hPa</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>1 bar</td> <td>100 000</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 N/cm<sup>2</sup></td> <td>10 000</td> <td>100</td> <td>0,1</td> </tr> </table> <p><b>1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>; 1 bar = 10 N/cm<sup>2</sup>; 1 mbar = 1 hPa</b></p>	Pa	mbar, hPa	bar	N/cm <sup>2</sup>	1 Pa	0,01	0,000 01	0,000 1	1 mbar, hPa	100	1	0,001	1 bar	100 000	1 000	1	1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	100	0,1
Pa	mbar, hPa	bar	N/cm <sup>2</sup>																					
1 Pa	0,01	0,000 01	0,000 1																					
1 mbar, hPa	100	1	0,001																					
1 bar	100 000	1 000	1																					
1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	100	0,1																					
<b>Mechanische Spannung</b>	$\sigma, \tau$	Newton/Quadratmeter	N/m <sup>2</sup>	<table border="1"> <tr> <td>N/m<sup>2</sup></td> <td>N/cm<sup>2</sup></td> <td>daN/cm<sup>2</sup></td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>1 N/m<sup>2</sup></td> <td>1</td> <td>0,000 1</td> <td>0,000 001</td> </tr> <tr> <td>1 N/cm<sup>2</sup></td> <td>10 000</td> <td>1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>1 daN/cm<sup>2</sup></td> <td>100 000</td> <td>10</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 N/mm<sup>2</sup></td> <td>1 000 000</td> <td>100</td> <td>10</td> </tr> </table> <p><b>1 N/m<sup>2</sup> = 1 Pa</b></p>	N/m <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	1 N/m <sup>2</sup>	1	0,000 1	0,000 001	1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	1	0,1	1 daN/cm <sup>2</sup>	100 000	10	1	1 N/mm <sup>2</sup>	1 000 000	100	10
N/m <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>																					
1 N/m <sup>2</sup>	1	0,000 1	0,000 001																					
1 N/cm <sup>2</sup>	10 000	1	0,1																					
1 daN/cm <sup>2</sup>	100 000	10	1																					
1 N/mm <sup>2</sup>	1 000 000	100	10																					
<b>Elektrische Stromstärke</b>	$I$	Ampere	A	<table border="1"> <tr> <td>mA</td> <td>A</td> <td>kA</td> </tr> <tr> <td>1 mA</td> <td>1</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>1 A</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 kA</td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> </tr> </table>	mA	A	kA	1 mA	1	0,001	1 A	1 000	1	1 kA	1 000 000	1 000								
mA	A	kA																						
1 mA	1	0,001																						
1 A	1 000	1																						
1 kA	1 000 000	1 000																						
<b>Elektrische Spannung</b>	$U$	Volt	V	<table border="1"> <tr> <td>mV</td> <td>V</td> <td>kV</td> </tr> <tr> <td>1 mV</td> <td>1</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>1 V</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 kV</td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> </tr> </table>	mV	V	kV	1 mV	1	0,001	1 V	1 000	1	1 kV	1 000 000	1 000								
mV	V	kV																						
1 mV	1	0,001																						
1 V	1 000	1																						
1 kV	1 000 000	1 000																						
<b>Elektrischer Widerstand</b>	$R$	Ohm	Ω	<table border="1"> <tr> <td>mΩ</td> <td>Ω</td> <td>kΩ</td> <td>MΩ</td> </tr> <tr> <td>1 mΩ</td> <td>1</td> <td>0,001</td> <td>0,000 001</td> </tr> <tr> <td>1 Ω</td> <td>1 000</td> <td>1</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>1 kΩ</td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 MΩ</td> <td>10<sup>9</sup></td> <td>1 000 000</td> <td>1 000</td> </tr> </table>	mΩ	Ω	kΩ	MΩ	1 mΩ	1	0,001	0,000 001	1 Ω	1 000	1	0,001	1 kΩ	1 000 000	1 000	1	1 MΩ	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000
mΩ	Ω	kΩ	MΩ																					
1 mΩ	1	0,001	0,000 001																					
1 Ω	1 000	1	0,001																					
1 kΩ	1 000 000	1 000	1																					
1 MΩ	10 <sup>9</sup>	1 000 000	1 000																					

**Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)**

da (Deka) 10 <sup>1</sup>	130 Meter = 13 · 10 <sup>1</sup> m = 13 dam	d (Dezi) 10 <sup>-1</sup>	0,1 Meter = 1 · 10 <sup>-1</sup> m = 1 dm
h (Hekto) 10 <sup>2</sup>	300 Liter = 3 · 10 <sup>2</sup> l = 3 hl	c (Centi) 10 <sup>-2</sup>	0,25 Meter = 25 · 10 <sup>-2</sup> m = 25 cm
k (Kilo) 10 <sup>3</sup>	1500 Gramm = 1,5 · 10 <sup>3</sup> g = 1,5 kg	m (Milli) 10 <sup>-3</sup>	0,004 Meter = 4 · 10 <sup>-3</sup> m = 4 mm
M (Mega) 10 <sup>6</sup>	1 200 000 Watt = 1,2 · 10 <sup>6</sup> W = 1,2 MW	μ (Mikro) 10 <sup>-6</sup>	0,000 015 Meter = 15 · 10 <sup>-6</sup> m = 15 μm
G (Giga) 10 <sup>9</sup>	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10 <sup>9</sup> W = 20,5 GW	n (Nano) 10 <sup>-9</sup>	0,000 000 105 Meter = 105 · 10 <sup>-9</sup> m = 105 nm
T (Tera) 10 <sup>12</sup>		p (Pico) 10 <sup>-12</sup>	
P (Peta) 10 <sup>15</sup>		f (Femto) 10 <sup>-15</sup>	
E (Exa) 10 <sup>18</sup>		a (Atto) 10 <sup>-18</sup>	

**Griechisches Alphabet (Auswahl)**

A α a Alpha	E ε e Epsilon	Λ λ l Lambda	P ρ r Rho	Φ φ f(ph) Phi
B β b Beta	H η e Eta	M μ m Mü	Σ σ s Sigma	X χ ch Chi
Γ γ g Gamma	Θ θ th Theta	N ν n Nü	T τ t Tau	Ψ ψ ps Psi
Δ δ d Delta	K κ k Kappa	Π π p Pi	Υ υ ü Ypsilon	Ω ω o Omega

M

B

G

W

Z

F

E

V

**Römische Ziffern**

I = 1	II = 2	III = 3	IV = 4	V = 5	VI = 6	VII = 7	VIII = 8	IX = 9
X = 10	XX = 20	XXX = 30	XL = 40	L = 50	LX = 60	LXX = 70	LXXX = 80	XC = 90
C = 100	CC = 200	CCC = 300	CD = 400	D = 500	DC = 600	DCC = 700	DCCC = 800	CM = 900
M = 1000	MM = 2000							

Beispiele: 98 = XCVIII    439 = CDXXXIX    1994 = MCMXCIV    2004 = MMIV

**Mathematische Zeichen (Auswahl)**

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

**Anglo-amerikanische Einheiten**

Länge		mm	m	Fläche		cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
inch (Zoll)	1 in	25,4	0,025	square inch	1 in <sup>2</sup>	6,452	-
foot	1 ft	304,8	0,305	square foot	1 ft <sup>2</sup>	929	0,0931
yard	1 yd	914,4	0,914	square yard	1 yd <sup>2</sup>	8361	0,836
statute mile	1 mile	-	1609,34	acre	1 acre	-	4047
nautical mile	1 n mile	-	1852	square mile	1 mile <sup>2</sup>	-	2,59 km <sup>2</sup>
1 mile = 1760 yd; 1 yd = 3 ft; 1 ft = 12 in							
Volumen		cm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> (l)	Masse		g	kg
cubic inch	1 in <sup>3</sup>	16,387	0,0164	grain	1 gr	0,0648	-
cubic foot	1 ft <sup>3</sup>	28317	28,317	dram	1 dram	1,772	-
cubic yard	1 yd <sup>3</sup>	-	764,555	ounce	1 oz	28,35	0,028
US-gallon	1 gal	3785	3,785	pound (libre)	1 lb	453,59	0,454
engl. gallon	1 gal	4546	4,546	hundredweight	1 cwt	50 802	50,802
barrel	1 barrel	-	158,990	amer. ton	1 tn	-	1016
1 tn = 20 hw; 1 cwt = 112 lb; 1 lb = 16 oz							
Geschwindigkeit		m/s	km/h	Druck		N/cm <sup>2</sup>	bar
foot per second	1 fps	0,3048	1,096	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in <sup>2</sup>	0,704	0,0704
statute mile per hour	1 mph	0,4470	1,609				
nautic mile per hour	1 kn	0,5147	1,852				

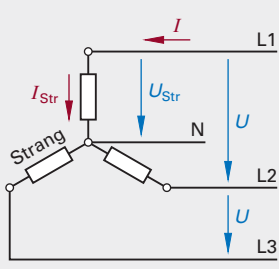
**Temperatur**

Temperatur in Grad Fahrenheit = 1,8 · Temperatur in Grad Celsius + 32  
 Temperatur in Grad Celsius =  $\frac{1}{1,8}$  · (Temperatur in Grad Fahrenheit - 32)

**Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten**

Druck	Energie, Arbeit	Leistung
1 at = 1 kp/cm <sup>2</sup> = 981 mbar	1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ =	1 PS = 735 W = 0,735 kW =
1 mm WS = 1 kp/m <sup>2</sup> = 0,098 mbar	= 1,16 · 10 <sup>-3</sup> 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

**Sternschaltung bei symmetrischer (gleichmäßiger) ohmscher Belastung**



- $I$  Leiterstrom in A
- $I_{Str}$  Strangstrom in A
- $U$  Leiterspannung in V
- $U_{Str}$  Strangspannung in V
- $P$  Drehstromleistung in W
- $P_{Str}$  Strangleistung in W
- $\sqrt{3}$  Verkettungsfaktor,  $\sqrt{3} = 1,732$

$$I_{Str} = I$$

$$U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

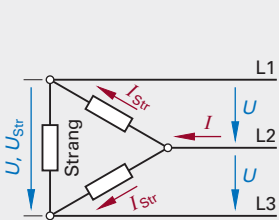
$$P = 3 \cdot P_{Str} = 3 \cdot U_{Str} \cdot I_{Str}$$

**Beispiel:**  $U = 13,1\text{V}$ ;  $I = 22\text{A}$ ;  
 $P = ?\text{W}$

**Lösung:**  $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I =$   
 $= 1,732 \cdot 13,1\text{V} \cdot 22\text{A} = 500\text{W}$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

**Dreieckschaltung bei symmetrischer (gleichmäßiger) ohmscher Belastung**



- $I$  Leiterstrom in A
- $I_{Str}$  Strangstrom in A
- $U$  Leiterspannung in V
- $U_{Str}$  Strangspannung in V
- $P$  Drehstromleistung in W
- $P_{Str}$  Strangleistung in W
- $\sqrt{3}$  Verkettungsfaktor,  $\sqrt{3} = 1,732$

$$I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

$$U_{Str} = U$$

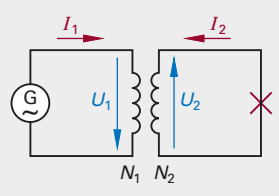
$$P = 3 \cdot P_{Str} = 3 \cdot U_{Str} \cdot I_{Str}$$

**Beispiel:**  $U = 13,1\text{V}$ ;  $I = 22\text{A}$ ;  $P = ?\text{W}$

**Lösung:**  $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I =$   
 $= 1,732 \cdot 13,1\text{V} \cdot 22\text{A} = 500\text{W}$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

**Transformator**



- $U_1$  Primärspannung in V
- $I_1$  Primärstrom in A
- $N_1$  Primärwindungszahl
- $U_2$  Sekundärspannung in V
- $I_2$  Sekundärstrom in A
- $N_2$  Sekundärwindungszahl
- $n$  Übersetzungsverhältnis

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_1 = U_2 \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

$$N_1 = N_2 \cdot \frac{U_1}{U_2} \quad N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

**Beispiel:**  $U_1 = 220\text{V}$ ;  $N_1 = 5000$ ;  
 $N_2 = 500$ ;  $U_2 = ?\text{V}$

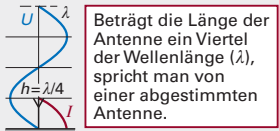
**Lösung:**  $U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} =$   
 $= 220\text{V} \cdot \frac{500}{5000} = 22\text{V}$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

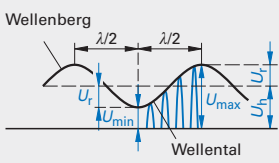
$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Bei Spulenzündanlagen muss für  $U_1$  die in der Primärwicklung entstehende Selbstinduktionsspannung eingesetzt werden.

**Berechnung von Antennen**



Beträgt die Länge der Antenne ein Viertel der Wellenlänge ( $\lambda$ ), spricht man von einer abgestimmten Antenne.



- $\lambda$  Wellenlänge in m
- $h$  optimale Antennenlänge in m
- $c$  Ausbreitungsgeschwindigkeit in m/s (Lichtgeschwindigkeit)
- $f$  (Sende-)Frequenz
- SWR Stehwellenverhältnis
- $U_r$  mittlerer Spannungspegel in V
- $U_h$  höchster Spannungspegel in V
- $U_{max}$  Höchstspannung

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$SWR^* = \frac{U_h + U_r}{U_h - U_r}$$

Für eine abgestimmte Antenne ergibt sich ein Stehwellenverhältnis von 1.

**Beispiel:**  $f = 100\text{Mhz}$ ;  $c = 300 \cdot 10^6\text{m/s}$ ;

**Lösung:**  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 \cdot 10^6\text{m/s}}{100 \cdot 10^6\text{1/s}} = 3\text{m}$ ;  
 d.h.  $h = 0,75\text{m}$

\* Standing Wave Ratio (dt. Stehwellenverhältnis)

**Kostenstellenrechnen**

Die Kosten, die im Betrieb entstehen, werden in der Buchhaltung nach Kostenarten gesammelt und nach dem Ort ihrer Entstehung auf die verschiedenen Kostenstellen verteilt.

**Einzelkosten.** Sie sind in ihrer Höhe bekannt und können einer betrieblichen Leistung direkt zugeordnet werden (z.B. Fertigungslöhne).

**Gemeinkosten.** Sie sind zwar in ihrer Höhe bekannt, können aber einer betrieblichen Leistung nicht direkt zugeordnet werden (z.B. Mieten). Sie fallen für alle Kostenstellen gemeinsam an.

**Kostenstellen.** Es sind z.B. Reparaturwerkstatt, Ersatzteillager (Hauptkostenstellen) oder auch einzelne Bereiche (z.B. Bremsenprüfstand). Hilfskostenstellen sind z.B. Verwaltung, Buchhaltung.

**Betriebsabrechnungsbogen.** Auf diesem Formblatt werden die Gemeinkosten mit Hilfe eines Verteilungsschlüssels auf die einzelnen Kostenstellen verteilt.

**Verteilungsschlüssel.** Durch ihn werden die Gemeinkosten auf die einzelnen Kostenstellen verteilt.

**Gemeinkostenzuschlagsatz.** Sind die Gemeinkosten mit Hilfe der Verwaltungskostenumlage ermittelt, so lässt sich der Gemeinkostenzuschlagsatz für jede Kostenstelle, bezogen auf die Einzelkosten, errechnen.

**Kosten einer Kostenstelle**  

$$= \frac{\text{Kosten des Betriebs} \times \text{Anteile d. Kostenst.}}{\text{Summe d. Anteile i. Verteilungsschlüssel}}$$

**Umlage einer Kostenart (KA)**  

$$= \frac{\text{Gesamtbetrag d. KA} \times \text{Anteile d. Kostenst.}}{\text{Gesamtanteile in der Kostenart}}$$

**Verwaltungskostenfaktor**  

$$= \frac{\text{Verwaltungskosten des Betriebes}}{\text{Gemeinkosten ohne Verwaltungskosten}}$$

**Verwaltungskostenumlage**  

$$= \text{Gemeinkosten einer Hilfskostenstelle} \times \text{Verwaltungskostenfaktor}$$

**Gemeinkosten nach Umlage**  

$$= \text{Gemeinkosten} + \text{Verwaltungskostenumlage}$$

**Gemeinkostenzuschlagsatz in %**  

$$= \frac{\text{Gemeinkosten nach Umlage} \times 100 \%}{\text{Einzelkosten der Kostenstellen}}$$

**Abschreibung**

Nach § 7 EStG (Einkommensteuer-Gesetz) sind **Absetzungen für Abnutzung (AfA)** Kosten, die durch Wertminderung betriebsnotwendiger Anlagegüter entstehen.

**Bilanzielle Abschreibung**

Die fiskalischen Abschreibungen wirken wie Betriebsausgaben, die den zu versteuernden Gewinn reduzieren und die Eigenkapitalbildung fördern. In der Bilanz erscheinen die Vermögensteile um den Abschreibungsbetrag vermindert, in der GuV, der Gewinn- und Verlustrechnung, stellt der Abschreibungsbetrag einen Aufwand dar. Grundlage für die Abschreibung sind die Anschaffungskosten von z.B. Fahrzeugen und Gegenständen, deren Nutzungsdauer von der Finanzverwaltung festgelegt wird.

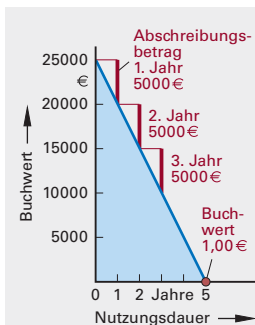
**Lineare Abschreibung**

Die Kosten der Wertminderung, die aus dem Anschaffungswert errechnet werden, sind in jedem Jahr über die gesamte Nutzungsdauer gleich groß.

**Anschaffungswert.** Er enthält alle Kosten, die nötig sind um ein Anlagegut zu beschaffen und betriebsbereit zu machen.

**Abschreibungssatz.** Setzt man den Anschaffungswert gleich 100 % und teilt ihn durch die Nutzungsdauer, so erhält man den Satz in %, den man jährlich abschreiben kann. Er ist für alle Jahre gleich groß.

**Abschreibungsbetrag.** Er entspricht den Kosten, die für 1 Jahr als Wertminderung eines Anlagegutes eingesetzt werden können.



Anschaffungsgegenstände	Nutzungsdauer in Jahren	Abschreibungssätze (linear) in %
Geschäftsausstattung	5 ... 10	20 ... 10
Computer	3	33
Pkw und Lieferwagen	6	16,6
Omnibusse	9	11
Lkw ab 2 t	9	11

**Anschaffungswert** = Bareinkaufspreis  
 + Bezugskosten  
 + Aufstellkosten  
 + Anschlusskosten

**Jährlicher Abschreibungssatz in %**  

$$= \frac{100 \%}{\text{Nutzungsdauer}}$$

**Jährlicher Abschreibungsbetrag**  

$$= \frac{\text{Anschaffungswert}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

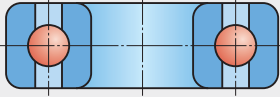
**Jährlicher Abschreibungsbetrag**  

$$= \frac{\text{Anschaffungswert} \times \text{Abschreibungssatz in \%}}{100 \%}$$

**Buchwert**  
 = Anschaffungswert  
 - Summe aller Abschreibungsbeträge

**Kugellager, Rollenlager, Nadellager**

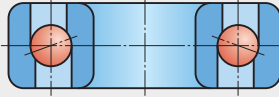
**Rillenkugellager**



**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet bei radialen und kleinen axialen Kräften, geringe Tragfähigkeit.
- Einfacher Aufbau, kostengünstig.
- Einstellung des Lagers nicht erforderlich; große Toleranz gegenüber Schiefstellung.
- Universallager für alle Baugruppen.

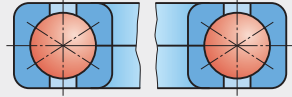
**Schräggugellager**



**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet bei überwiegend radialen und mittleren axialen Kräften. Einreihige Lager können nur in einer Richtung axial belastet werden.
- Enges Lagerspiel in axialer und radialer Richtung. Empfindlich gegenüber Schiefstellung.
- Vorderradlager, Ausgleichsgetriebe.

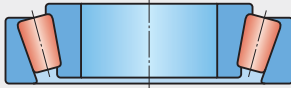
**Vierpunktlager**



**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet bei großen radialen und axialen Kräften.
- Vergleichbar mit zweireihigen Schräggugellagern.
- Geringes Axialspiel, enge Einbautoleranzen.
- Einsatz überwiegend bei axialer Belastung, z. B. Getriebewellen.

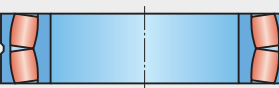
**Kegelrollenlager**



**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet bei großen radialen und in einer Richtung axialen Kräften, bei paarweisem Einbau große Axialkräfte in beiden Richtungen.
- Zerlegbar. Außen- und Innenring sind getrennt montierbar.
- Achsgetriebe, Kegelradwelle im Ausgleichsgetriebe, Vorderradnaben.

**Pendelrollenlager**



**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet bei großen radialen und axialen Kräften.
- Geringe Fluchtungsfehler und geringfügiger Wellenversatz werden ausgeglichen. Die Rollen sind tonnenförmig.
- Verteilergetriebe, Achslagerung.

**Nadellager**

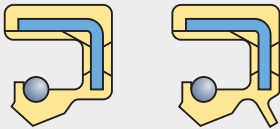


**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Geeignet nur für radiale Kräfte.
- Lager auch ohne Innenring lieferbar; die Nadeln laufen direkt auf der Welle. Die Einbauhöhe wird dadurch verkleinert.
- Pleuel- und Kolbenbolzenlagerung bei Zweitaktmotoren, Motorradgetriebe, Ventilhebel.

**Bauformen von Radialwellendichtringen**

**Bauform A, AS**



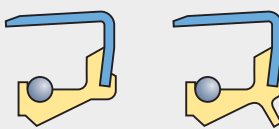
**Aufbau**

Außenmantel mit einer Elastomerschicht überzogen, die glatt oder rilliert sein kann und gute Gleiteigenschaften besitzt. AS mit Schutzlippe.

**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Gute statische Abdichtung gegen Gehäuse, auch bei geteilten Gehäusen.
- Bei Gehäusen mit großer Wärmeausdehnung gleichen sie die Wärmedehnung aus.
- Bei dünnflüssigen und gasförmigen Medien.

**Bauform B, BS**



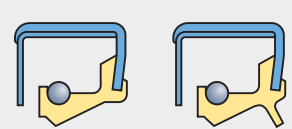
**Aufbau**

Außenmantel mit metallischer glatter Oberfläche, die durch Tiefziehen, Drehen oder Schleifen erreicht wird. BS mit Schutzlippe.

**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Guter und exakter Sitz in der Bohrung.
- Bei Gehäusen mit erhöhter Wärmeausdehnung nur bedingt einsetzbar.
- Beim Einpressen in Gehäusen aus Leichtmetall besteht Gefahr der Riefenbildung.

**Bauform C, CS**

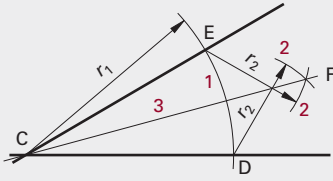


**Aufbau**

Zum metallischen Außenmantel ist noch zusätzlich eine fest eingelegte Blechkappe vorhanden. CS mit Schutzlippe.

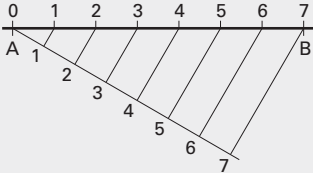
**Verhalten, Einsatzmöglichkeiten**

- Bei großen Abmessungen, bei denen eine höhere radiale Steifigkeit erforderlich ist.
- Bei erschwerten und rauen Montagebedingungen, bei denen ein Radialwellendichtring der Bauform B wegen seiner geringen Steifigkeit deformiert werden könnte.



### Halbieren eines Winkels

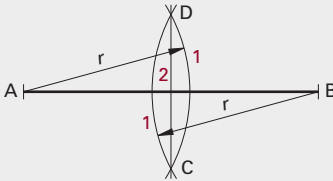
1. Kreisbogen um C mit beliebigem Halbmesser  $r_1$ .
2. Kreisbogen um D und E mit beliebigem, aber gleichem Halbmesser  $r_2$ .
3. Verbindungslinie  $\overline{CF}$  ist Winkelhalbierende.



### Teilen einer Strecke (Verhältnisteilen)

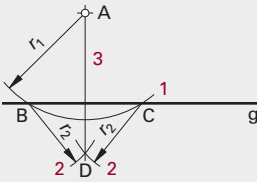
z.B. in 7 Teile

1. Strahl von A unter beliebigem Winkel.
2. Auf Strahl von A 7 beliebige, aber gleich große Teile abtragen.
3. Endpunkt 7 mit B verbinden.
4. Parallelen durch die anderen Teilpunkte ziehen.



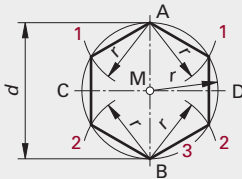
### Errichten einer Mittelsenkrechten

1. Kreisbogen um A und B mit gleichem Halbmesser  $r$ .
2. Verbindungslinie CD ist Mittelsenkrechte.



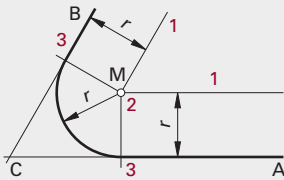
### Fällen eines Lotes

1. Kreisbogen um A mit beliebigem Halbmesser  $r_1$ .
2. Kreisbogen um B und C mit beliebigem, aber gleichem Halbmesser  $r_2$ .
3. Verbindungslinie  $\overline{AD}$  ist Lot.



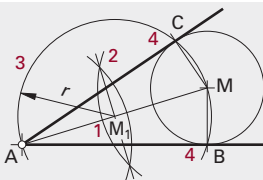
### Sechseck

1. Kreisbogen mit Halbmesser  $r = d/2$  um A.
  2. Kreisbogen mit Halbmesser  $r = d/2$  um B.
  3. Verbindungslinien ergeben Sechseck.
- Für ein Zwölfeck sind die Zwischenpunkte festzulegen:  
Einstich in C und D.



### Runden einer Ecke

1. Parallelen zu den Schenkeln im Abstand  $r$ .
2. Parallelschnittpunkt ist Rundungsmittelpunkt M.
3. Schnittpunkte der Lote von M auf die Schenkel sind Übergangspunkte.
4. Kreisbogen mit Rundungshalbmesser  $r$  zeichnen.



### Tangente an den Kreis

1. Verbindungslinie  $\overline{AM}$  ziehen.
2. Strecke  $\overline{AM}$  halbieren.
3. Kreisbogen um  $M_1$  mit Halbmesser  $r = \overline{AM}/2$ .
4. Schnittpunkte B und C sind Berührungspunkte der Tangenten; Verbindungslinien  $\overline{AB}$  und  $\overline{AC}$  sind Tangenten.

Z

F

E

V

Fahrzeugmarke		MCC	Fiat	Volkswagen	Opel	Ford
Fahrzeugtyp		Smart Fortwo 0,9 Start-Stop-System	500X 14T Start-Stop-System	Golf VII 1,6 TDI, Blue-Motion, Start-Stop-System	Astra 1.6 CDTI ecoFlex Start-Stop-System	Mondeo 1.5 EcoBoost, Start-Stop System
Motor, Anzahl der Nockenwellen (NW), Besonderheiten		Otto-4T 2 NW, Turbo, Typ 453,	Otto-4T 1 NW Multiair,	Diesel-4T 2 NW, ATL, Common Rail	Diesel-4T 2 NW, ATL, Common Rail	Otto-4T 2 NW, Turbo
Zylinderzahl / Anordnung / Ventile pro Zyl.		3 / Reihe / 4	4 / Reihe / 4	4 / Reihe / 4	4 / Reihe / 4	4 / Reihe / 4
Bohrung / Hub	mm	72,2 / 73,1	72 / 84	79,5 / 80,5	79,7 / 80,1	79 / 81,4
Gesamthubraum	cm <sup>3</sup>	898	1368	1598	1598	1499
Verdichtung		9,5	10,0	16,2	16	10
Nutzleistung / Nenndrehzahl	kW / 1 / min	66 / 5500	103 / 5000	81 / 3200-4000	81 / 4000	118 / 6000
Max. Drehmoment / Drehzahl	Nm / 1 / min	135 / 2500	230 / 1750	250 / 1500 – 3000	300 / 2000	240 / 1600 – 4000
Leerlaufdrehzahl	1 / min		750 ± 50	795 ± 75	780 ± 80	750 ± 50
Zündfolge		1–3–2	1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2
Kühlsystemfüllung	Liter		5,2		5,8	10,5
Ölfüllmenge im Motor	Liter	3,7	3,8	4,6	5,0	4,1
Batteriekapazität	Ah	60	63	59		
Generatorleistung	W			1680		
Gemischbildung		Saugrohr-einspritzung	Direktein-spritzung	Common Rail Direkteinspr.	Common Rail Direkteinspr.	Saugrohr-einspritzung
Getriebebauart		5-Gang-Getr.	6-Gang-Getr.	5-Gang-Getr.	6-Gang-Getr.	6-Gang-Getr.
Übersetzung	1. Gang / 2. Gang	3,73 / 2,05	4,15 / 2,12	3,78 / 1,94	3,82 / 2,05	3,73 / 2,05
Übersetzung	3. Gang / 4. Gang	1,39 / 1,03	1,36 / 0,98	1,19 / 0,82	1,3 / 0,96	1,36 / 1,03
Übersetzung	5. Gang / 6. Gang	0,89 / –	0,76 / 0,62	0,63 / –	0,74 / 0,61	0,82 / 0,69
Übersetzung	R. Gang	3,55	4,00	3,27	3,55	3,82
Übersetzung im Achsantrieb		3,56	4,44	3,65	3,35	4,07
Antrieb auf		Hinterachse	Vorderachse	Vorderachse	Vorderachse	Vorderachse
Fahrwerk vorne		Einzelrad-aufhängung	Mc Pherson	Mc Pherson	Mc Pherson	Dreieck-querlenker
Fahrwerk hinten		De-Dion mit Wattgestänge	Verbund-lenker	Verbund-lenker	Verbund-lenker	Mehrlenker-achse
Reifen in Standardausrüstung	vorne	185 / 50 R 16	215 / 55 R17	195 / 65 R15	205 / 55 R16	215 / 60 R16
Reifen in Standardausrüstung	hinten	205 / 45 R 16	215 / 55 R17	195 / 65 R15	205 / 55 R16	215 / 60 R16
Felgen in Standardausrüstung	vorne	6,0 J x 15	7 J x 17	6 J x 15	6,5 J x 16	6,5 J x 16
Felgen in Standardausrüstung	hinten	6,5 J x 15	7 J x 17	6 J x 15	6,5 J x 16	6,5 J x 16
Sturz bei Leergewicht vorn	°	0° 18' ± 1°	0° 30' ± 30'	0° 41' ± 30'	0° 18' ± 45'	0° 48' ± 45'
Vorspur bei Leergewicht vorn	°	0° 9' ± 15'	0° 4' ± 8'	0° 10' ± 10'	0° 18' ± 12'	0° 12' ± 8'
Nachlauf bei Leergewicht vorn	°	0° 9' ± 15'	5° 7' ± 30'	7° 38' ± 30'	4° 27' ± 45'	3° 21' ± 45'
Kleinster Wendekreis–Ø	m	6,95	11,10	10,9	11,1	11,9
Länge über alles	mm	2695	4250	4255	4370	4870
Breite über alles	mm	1663	1800	1790	1870	1850
Höhe über alles	mm	1555	1610	1452	1490	1480
Radstand	mm	1873	2570	2640	2660	2850
Spurweite vorn / hinten	mm	1469 / 1430	1545 / 1545	1550 / 1520	1550 / 1560	1600 / 1600
C <sub>w</sub> -Wert / Stirnfläche in m <sup>2</sup>		0,38 / 2,25	0,34	0,27 / 2,19	0,285	
Leergewicht	kg	915	1425	1299	1430	1485
Zulässiges Gesamtgewicht	kg	1170	1905	1800	2030	2160
Kraftstoffbehälterinhalt	Liter	28	48	50	55	63
Höchstgeschwindigkeit	km / h	155	190	195	195	222
Beschleunigung von 0 – 100 km / h	s	10,4	9,8	10,5	11,4	9,3
Kraftstoffart		Super	Super	Diesel	Diesel	Super
Kraftstoffverbrauch nach EU-Richtlinie Innerorts / Außerorts / Gesamt	L / 100 km	4,9 / 3,7 / 4,2	7,8 / 5,0 / 6,0	4,6 / 3,6 / 3,9	4,0 / 3,3 / 3,5	7,8 / 4,6 / 5,8
Oktanzahl (Cetanzahlbedarf)	ROZ (CZ)	95 ROZ	95 ROZ	51 CZ	51 CZ	95 ROZ
CO <sub>2</sub> -Emission	g / km	97	139	99	90	134
Abgasnorm / Effizienzklasse ECE		Euro 6 / C	Euro 6 / C	Euro 6 / A	Euro 6 / A +	Euro 6 / B
Sterne im Euro NCAP-Crashtest		★★★★☆	★★★★☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★

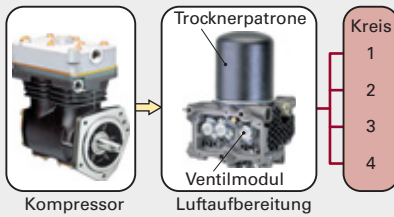
Vorstehende Daten sind ohne jegliche Gewähr. Verbindliche Angaben der Hersteller sind zu befolgen.

F

E

V

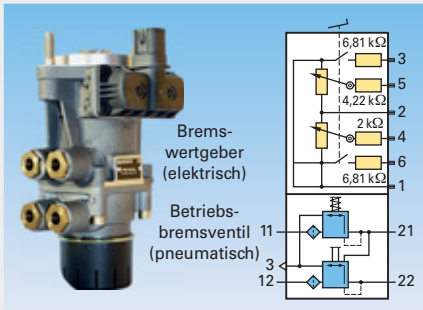
**EBS-Druckluftversorgungsanlage mit Luftmanagementsystem**



- Aufbau:**
- Kompressor zur Erzeugung des Bremsdrucks
  - Elektronische Luftaufbereitung mit
    - Ventilmodul
    - Trockenmittelpatrone
    - EAC-Steuerät (ECU-Modul)
- Aufgaben:**
- Anlage bedarfsgerecht befüllen
    - Verteilung der Luft auf die Bremskreise
  - Kompressor zu- und abschalten
  - Lufttrockner regenerieren

**Komponenten der EBS-Anlage**

**Bremswertgeber**

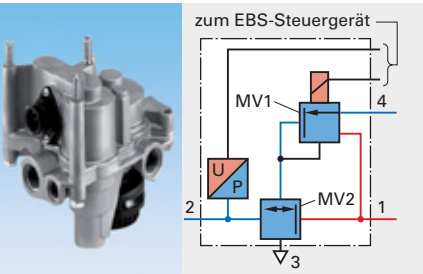


- Aufbau:**
- Bremswertgeber elektrisch
  - Betriebsbremsventil pneumatisch, 2-kreisig
- Aufgaben:**
- Bremsbefehl als PWM-Signal an das EBS-Steuergerät leiten
  - Bei Ausfall der Elektronik oder elektrischen Fehlern VA und HA pneumatisch ansteuern.
- Fahrstellung:** Keine Ansteuerung des EBS-Steuergeräts. Die Ausgänge 21 zum HA-Kreis und 22 zum VA-Kreis sind drucklos.
- Bremsstellung:** Beim Bremsen wird der Bremsbefehl elektrisch an EBS-Steuergerät übermittelt. Dieses steuert über die VA-Magnetventile und den HA-Modulator Bremsdruck in die Bremszylinder ein.
- Redundanz:** Zeitgleich steuert der Bremswertgeber über 21 und 22 Bremsdruck zu den Modulatoren der VA und HA durch. Diese steuern dann den entsprechenden Bremsdruck in die Bremszylinder ein.

**EBS-Steuergerät**

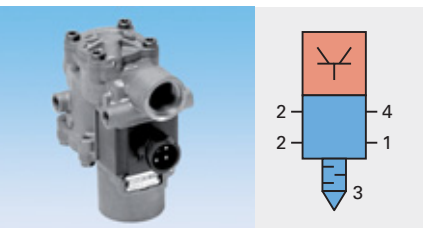
Es steuert und überwacht das EBS-System und ermittelt aus dem Signal des Bremswertgebers die Sollverzögerung des Fahrzeugs. Bei Blockierneigung, Durchdrehen der Räder beim Anfahren oder Giermomentneigung werden der VA- oder der HA-Modulator entsprechend angesteuert.

**EBS VA-Modulator (Proportional-Relaisventil)**



- Aufbau:**
- Magnetventil MV1 (elektrisch/pneumatisch)
  - Relaisventil MV2 (pneumatisch gesteuert)
  - Drucksensor zur Bremsdrucküberwachung
- Aufgaben:**
- Bremsdruck an der VA ein- und aussteuern
  - Bei Ausfall der Elektronik oder elektrischen Fehlern Bremsdruck zur VA pneumatisch durchsteuern.
- Fahrstellung:** Magnetventil 1 ist nicht angesteuert, MV2 ist geschlossen, Ausgang 2 ist drucklos, Bremse gelöst.
- Bremsstellung:** Beim Bremsen wird der Bremsbefehl über das EBS-Steuergerät elektrisch an das MV1 geleitet, es öffnet und steuert das MV2 an. Dieses steuert dann den gewünschten Bremsdruck über Anschluss 2 in die Bremszylinder ein.

**ABS-Magnetventil VA**



- Aufbau:**
- Elektrisches Magnetventil und pneumatisches Relaisventil sind in einem Bauteil.
- Aufbau:**
- Schlupfabhängige Regelung des Bremsdruckes zu den Membranzylindern (Druckaufbau, Druckhalten, Druckabbau).
- Fahrstellung:** Keine elektrische Ansteuerung vom EBS-Steuergerät. Die Ausgänge 2 zum VA-Kreis sind drucklos.
- Bremsstellung:** Der Bremsbefehl wird elektrisch übermittelt und das ABS-Magnetventil steuert den Bremsdruck zur VA in die Bremszylinder ein.

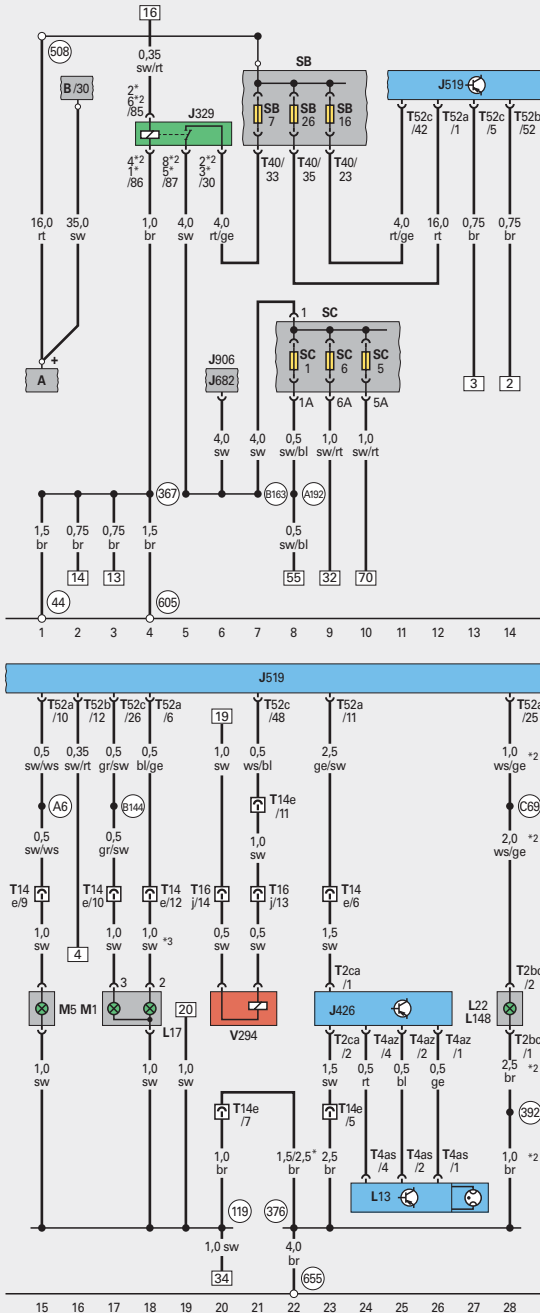
F

E

V



**Gasentladungsscheinwerfer (Bi-Xenon) mit automatischer Leuchtwertenregelung und Kurvenlicht**



- A** Batterie
- B** Anlasser
- J329** Relais für Spannungsversorgung der Kl. 15
- J519** Bordnetzsteuergerät
- J682** Relais für Spannungsversorgung Kl. 50
- J906** Starterrelais
- SB** Sicherungshalter B
- SC** Sicherungshalter C
- SC...** Sicherung ... auf Sicher.-Halter C
- SB...** Sicherung ... auf Sicher.-Halter B
- T40** Steckverbindung 40fach
- T52a** Steckverbindung 52fach
- T52b** Steckverbindung 52fach
- T52c** Steckverbindung 52fach
- 44** Massepunkt Säule a links unten
- 367** Masseverbindung 2 im Hauptleitungsstrang
- 508** Schraubverbindung (30) an der E-Box
- 605** Massepunkt an der Lenksäule oben
- A192** Plusverbindung 3 (15a) im Schaltfelleitungsstrang
- B163** Plusverbindung 1 (15) im Leitungsstrang Innenraum

- J426** Vorschaltgerät für Scheinwerfer mit Gasentladungslampe links am Scheinwerfer links
- J519** Bordnetzsteuergerät
- L13** Gasentladungslampe links
- L22** Lampe für Nebelscheinwerfer links
- L148** Lampe für Kurvenlicht links
- L174** Lampe für Tagesfahrlicht links
- M1** Lampe für Standlicht links
- M5** Lampe für Blinklicht vorn links
- T2bc** Steckverbindung 2fach
- T2ba** Steckverbindung 2fach
- T4as** Steckverbindung 4fach
- T14e** Steckverbindung 14fach am Scheinwerfer links
- T16j** Steckverbindung 16fach unter der Schalttafel links
- T52a** Steckverbindung 52fach
- T52b** Steckverbindung 52fach
- T52c** Steckverbindung 52fach
- V294** Blende für Abblendlicht links
- 119** Masseverbindung 1 im Leitungsstrang Scheinwerfer
- 376** Masseverbindung 11 im Hauptleitungsstrang
- 392** Masseverbindung 27 im Hauptleitungsstrang
- 655** Massepunkt am Scheinwerfer links
- A6** Plusverbindung (Blinkleuchte links) im Leitungsstrang Innenraum
- B144** Plusverbindung (58L) im Leitungsstrang Innenraum
- C69** Verbindung (Nebelscheinwerfer) im Leitungsstrang vorn links

E

V