

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	5	<b>3 Dieselmotoren</b> .....	131
<b>1 Verbrennungsmotoren</b>		3.1 Gemischbildung .....	131
(Otto- und Dieselmotoren) .....	9	3.2 Verbrennung .....	131
1.1 Grundlagen, Grundbegriffe	9	3.3 Abgase .....	134
1.2 Kurbeltrieb .....	19	3.4 EOBD .....	135
1.3 Kurbeltrieblagerung .....	23	3.5 Abgasnachbehandlung ...	137
1.4 Zylinder und Kolben .....	26	3.5.1 Oxidationskatalysator ...	137
1.5 Ventiltrieb .....	33	3.5.2 Abgasrückführung .....	139
1.6 4-Takt-Arbeitsverfahren bei		3.5.3 Partikelfilter .....	140
Otto- und Dieselmotoren ..	40	3.5.4 SCR-Katalysator (Selektive	
1.7 2-Takt-Arbeitsverfahren		katalytische NO <sub>x</sub> -Reduktion)	142
bei Ottomotoren .....	41	3.6 Einspritzverfahren und	
1.8 Motorschmierung .....	42	Einspritzdüsen .....	144
1.9 Motorkühlung .....	47	3.7 Dieseleinspritzsysteme ...	146
1.10 Abgasanlage .....	49	3.7.1 Bosch-Verteilereinspritz-	
1.11 Motoraufladung .....	50	pumpen mit elektronischer	
		Regelung (EDC) .....	147
<b>2 Ottomotoren</b> .....	57	3.7.2 Bosch-Einspritzsystem	
2.1 Gemischbildung .....	57	Pumpe—Leitung—	
2.2 Verbrennung .....	59	Düse (PLD) .....	156
2.3 Abgase .....	63	3.7.3 Bosch-Einspritzsystem	
2.4 Abgasuntersuchung .....	65	Pumpe-Düse-Einheit (PDE) ..	161
2.5 EOBD .....	67	3.7.4 Bosch-Einspritzsystem	
2.6 Abgasnachbehandlung ...	74	Common Rail mit	
2.6.1 Oxidationskatalysator ...	75	Magnetventil-Injektor/Piezo-	
2.6.2 NO <sub>x</sub> -Speicherkatalysator ..	77	Inline-Injektor (CR) .....	166
2.6.3 Abgasrückführung .....	78	<b>4 Kraftübertragung</b> .....	181
2.7 Lambda-Sonden,		4.1 Kupplungen .....	181
Lambda-Regelung .....	80	4.2 Wechselgetriebe .....	186
2.7.1 Bosch-NO <sub>x</sub> -Sonde .....	87	4.3 Automatikgetriebe .....	190
2.8 Einspritzverfahren .....	89	4.3.1 CVT-Automatikgetriebe ...	197
2.9 Benzineinspritzsysteme ...	90	4.3.2 Direktschaltgetriebe (DSG)	198
2.9.1 Bosch Motronic .....	93	4.4 Verteilergetriebe .....	200
2.9.2 Bosch ME-Motronic .....	108	4.5 Gelenkwellen	
2.9.3 Bosch Mono-Motronic ...	110	(Kardanwellen) .....	202
2.9.4 Bosch MED-Motronic		4.6 Winkelgetriebe	
(Direkteinspritzanlage) ...	116	(Differential) .....	203
2.9.5 Bivalentes Einspritzsystem		<b>5 Fahrwerk</b> .....	209
(Benzin/Erdgas, CNG) ...	124	5.1 Lenkgeometrie .....	209
2.9.6 Bivalentes Einspritzsystem		5.2 Lenkgetriebe .....	217
(Benzin/Flüssiggas, LPG) ..	127		

5.3	Achsen . . . . .	220	9	<b>Kraft- und Schmierstoffe</b> . . . . .	369
5.4	Federelemente und Stoßdämpfer . . . . .	223	9.1	Grundlagen . . . . .	369
5.5	Räder und Bereifung . . . . .	227	9.2	Motorenöle . . . . .	371
6	<b>Fahrzeugbremsen</b> . . . . .	235	9.3	Getriebeöle . . . . .	373
6.1	Hydraulische Bremsen . . . . .	237	9.4	Schmierfette . . . . .	374
6.1.1	Radbremsen im Pkw . . . . .	241	9.5	Ottokraftstoffe . . . . .	374
6.1.2	Bremsverstärker . . . . .	245	9.6	Dieselmotoren . . . . .	376
6.1.3	Antiblockiersystem (ABS) im Pkw . . . . .	247	9.7	Alternative Kraftstoffe . . . . .	377
6.1.4	Antriebsschlupfregelung (ASR) im Pkw . . . . .	255	9.8	Schmierstoffentsorgung . . . . .	382
6.1.5	Elektronisches Stabilitäts- programm (ESP) . . . . .	256	10	<b>Hybridsysteme</b> . . . . .	387
6.2	Druckluftbremsen . . . . .	259	11	<b>Werkstoffbearbeitung</b> . . . . .	393
6.2.1	Radbremsen in Nfz . . . . .	267	12	<b>Schweißen, Löten, Kleben</b> . . . . .	397
6.2.2	Antiblockiersystem in Nfz . . . . .	268	13	<b>Wälzlager</b> . . . . .	405
6.2.3	Antriebsschlupfregelung in Nfz . . . . .	270	14	<b>Gewinde, Schrauben, Muttern</b> . . . . .	409
6.2.4	Sicherheitsprüfung in Nfz . . . . .	270	15	<b>Fachliche Vorschriften und Verordnungen</b> . . . . .	415
7	<b>Kfz-Elektrik, Kfz-Elektronik</b> . . . . .	273	16	<b>Unfallschutz</b> . . . . .	419
7.1	Grundlagen, Grundbegriffe . . . . .	273	17	<b>Situationsaufgaben</b> . . . . .	425
7.2	Zündanlagen, Zündkerzen . . . . .	290	17.1	Situationsaufgaben und was dahintersteckt . . . . .	425
7.3	Starterbatterien . . . . .	298	17.2	Wie kann eine Situationsaufgabe aussehen? . . . . .	425
7.4	Generatoren . . . . .	301	17.3	Aufgabe 1 . . . . .	426
7.5	Elektromotoren und Starter . . . . .	304	17.4	Aufgabe 2 . . . . .	429
7.6	Starthilfsanlagen (Dieselmotoren) . . . . .	308	17.5	Aufgabe 3 . . . . .	432
7.7	Beleuchtungseinrichtungen . . . . .	310			
7.8	Elektronische Rückhalte- systeme . . . . .	316			
7.9	Klimaanlagen . . . . .	323			
8	<b>Werkstoffkunde</b> . . . . .	331			
8.1	Chemische und physika- lische Grundlagen . . . . .	331			
8.2	Eisenwerkstoffe . . . . .	341			
8.3	Stahl . . . . .	345			
8.4	Werkstoffprüfungen . . . . .	350			
8.5	Nichteisenwerkstoffe (Ne-Metalle) . . . . .	351			
8.6	Gleitlagerwerkstoffe . . . . .	356			
8.7	Sintermetalle (Verbund- werkstoffe) . . . . .	358			
8.8	Sicherheitsglas . . . . .	359			
8.9	Kunststoffe . . . . .	361			

# 1 Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren)

## 1.1 Grundlagen, Grundbegriffe

### Warum werden Otto- und Dieselmotoren als Verbrennungsmotoren bezeichnet?

Bei der Verbrennung von Otto- bzw. Dieseldieselkraftstoff oder alternativen Kraftstoffen (Erdgas und Rapsölmethylester), in einem allseitig geschlossenen Arbeitsraum, entstehen Wärme, Ausdehnung und damit Verbrennungsdruck, der die Kolbenbewegung hervorruft. Dabei wird Wärmeenergie in Bewegungsenergie umgewandelt.

### Warum werden die derzeit verbauten Otto- und Dieselmotoren als Hubkolbenmotoren bezeichnet?

Bei diesen Motoren sind die Kolben beweglich angeordnet. Sie führen eine hin und her gehende Bewegung aus, die mit Hilfe des Kurbeltriebs in eine Drehbewegung umgewandelt wird.

### Was versteht man unter «Downsizing» bei der Motorentwicklung?

Unter Downsizing versteht man das Verkleinern eines Verbrennungsmotors (Hubraum und Zylinderzahl) bei gleich bleibender Nennleistung.

### Was ist das Ziel von Downsizing?

- Gewicht verringern,
- durch weniger Reibungsverluste sowie durch Aufladung den Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß senken.

### Wie unterscheidet man Hubkolbenmotoren nach dem Arbeitsverfahren?

Man unterscheidet sie in 4-Takt-Motoren und 2-Takt-Motoren.

### Was versteht man unter einem Hybridantrieb?

Eine Antriebskombination aus Verbrennungsmotor plus Elektromotor. Der Fahrer kann die gewünschte Antriebsart wählen und beispielsweise im Stadtgebiet abgasfrei fahren.

### Worin besteht der Unterschied zwischen

a) dem 4-Takt-Arbeitsverfahren?

b) dem 2-Takt-Arbeitsverfahren?

a) Beim 4-Takt-Arbeitsverfahren ergeben sich beim Ablauf eines Arbeitsspiels (Arbeitszyklus) vier Kolbenhübe.

b) Beim 2-Takt-Arbeitsverfahren ergeben sich beim Ablauf eines Arbeitsspiels (Arbeitszyklus) nur zwei Kolbenhübe.

**Was wird bei einem Motorzylinder als Hubraum ( $V_h$ ) bezeichnet?**

Es ist der Raum, den der Kolben während eines Hubes (von OT nach UT bzw. von UT nach OT) zurücklegt.

**Was bezeichnet man als Verdichtungsraum ( $V_c$ ) eines Motors?**

Es ist der verbleibende Raum zwischen dem Kolben in OT-Stellung und dem Zylinderkopf.

**Welche Unterschiede bestehen zwischen Otto- und Dieselmotoren?**

	Ottomotor	Dieselmotor
<i>Gemischbildung</i>	äußere u. innere	innere
<i>Zündung</i>	Fremdzündung	Eigenzündung
<i>Verdichtungsverhältnis (<math>\epsilon</math>)</i>	7...11 : 1 Saugkanaleinspritzung 11,5...14 : 1 Direkteinspritzung	15...19,5 : 1 Direkteinspritzung
<i>Verdichtungshöchstdruck (bei Startdrehzahl und betriebswarmem Motor)</i>	8...16 bar	25...55 bar
<i>Verdichtungshöchst- temperatur (bei Startdrehzahl und kaltem Motor)</i>	ca. 400 °C (673 K)	500...900 °C (773...1173 K)
<i>Verbrennungshöchst- temperatur</i>	ca. 2100 °C (2373 K)	ca. 2100 °C (2373 K)
<i>Verbrennungshöchstdruck (Zünddruck) bei Volllast</i>	55...80 bar (Einspritz- bzw. Turbomotoren)	120...200 bar (Turbomotoren)
<i>Restverbrennungsdruck (kurz vor Auslassventil- öffnung)</i>	3...5 bar	7...10 bar

	Ottomotor	Dieselmotor
<i>Mittlerer Arbeitsdruck</i> ( $p_{me}$ ) ( <i>errechneter Wert</i> )	ca. 8...11 bar (Saugmotor) ca. 11...21,7 bar (Turbomotoren)	ca. 9...12 bar (Saugmotor) ca. 13...25 bar (Turbomotoren)
<i>Abgastemperatur</i> ( <i>bei Volllast</i> )	800...1000 °C (1073...1273 K)	400...800 °C (673...1073 K)
<i>Wirkungsgrad</i> ( <i>wirtschaftlich</i> )	25...35 %	35...50 %
<i>spezifischer Kraftstoff- verbrauch</i>	220...240 g/kWh	190...210 g/kWh
<i>Drehmoment bei niedriger Drehzahl</i>	niedrig (hoch bei Doppel- bzw. Stufen- aufladung)	hoch

**Was versteht man unter dem Gesamthubraum eines Motors und in welcher Maßeinheit wird er angegeben?**

Man versteht darunter den Hubraum aller Zylinder eines Motors, der in «l» oder bei kleinen Motoren in «ml» angegeben wird.

**Was bezeichnet man als Totpunkte und wie unterscheidet man diese?**

Als Totpunkte bezeichnet man die Endpunkte der Kolbenbewegung, in denen der Kolben seine Bewegungsrichtung umkehrt. Es wird zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und dem unteren Totpunkt (UT) unterschieden. Im OT hat der Motorzylinder sein kleinstes, im UT sein größtes Volumen.

**Was versteht man unter dem Verdichtungsverhältnis eines Motors?**

Unter dem Verdichtungsverhältnis ( $\varepsilon$ ) versteht man das Verhältnis zwischen Hubraum + Verdichtungsraum zum Verdichtungsraum.

$$\varepsilon = \frac{\text{Hubraum} + \text{Verdichtungsraum}}{\text{Verdichtungsraum}}$$

**Wann bezeichnet man Motoren als Kurzhuber?**

Wenn die Zylinderbohrung größer ist als der Hub.

**Wann bezeichnet man Motoren als Langhuber?**

Wenn die Zylinderbohrung kleiner ist als der Hub.

**Wann bezeichnet man Motoren als quadratisch?**

Wenn die Zylinderbohrung und der Hub gleich groß sind.

**Was bezeichnet man als Kurbel- oder Pleuelstangenverhältnis  $\lambda$  (Lambda)?**

Es ist das Verhältnis der Pleuelstangenlänge « $l$ » zum Kurbelradius « $r$ ».

$$\text{Kurbelverhältnis } \lambda = \frac{l}{r}$$

**Wie groß (ca.) ist das Kurbel- oder Pleuelstangenverhältnis bei den Kfz-Motoren?**

Es beträgt ca.  $\frac{3,0}{1}$  bis  $\frac{4,5}{1}$

**Was versteht man als mittlere Kolbengeschwindigkeit?**

Es ist eine theoretische Durchschnittsgeschwindigkeit des Kolbens bei Nenn-drehzahl des Motors.

**Nach welcher Formel kann man die mittlere Kolbengeschwindigkeit errechnen, was bedeuten die Formelzeichen?**

$$v_m = \frac{s \cdot n}{30000}$$

$v_m$  mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s

$s$  Kolbenhub in mm

$n$  Motordrehzahl in  $\text{min}^{-1}$

30 000 durch Kürzungen entstandener fester Wert

**Wie hoch sind die Werte der Kolbengeschwindigkeit bei den Kfz-Serienmotoren?**

- Pkw-Otto- und Dieselmotoren ca. 14...18 m/s,
- Nfz-Motoren ca. 10...12 m/s.

**Wann ist die Kolbengeschwindigkeit bei gleich bleibender Kurbelwellendrehzahl am größten?**

Wenn die Pleuelstange den Kurbelkreis tangiert, bzw. wenn die Pleuelstange mit der Kurbelwange einen Winkel von  $90^\circ$  bildet.

**Was versteht man unter dem Begriff «Hubraum- bzw. Literleistung»?**

Darunter versteht man, wie viel effektive Nutzleistung ( $P_e$ ) aus 1 l Hubraum des betreffenden Motors erzielt wird.

**Was bedeutet bei einem Motor die «Leerlaufdrehzahl»?**

Es ist die Drehzahl mit der ein unbelasteter Motor geregelt und konstant weiterdreht.

**Was bedeutet bei einem Motor die «Nenn Drehzahl»?**

Es ist die Drehzahl bei der ein Motor seine maximale Leistung abgibt, z.B. 120 kW bei  $5200 \text{ min}^{-1}$ .

**Was bedeutet bei einem Motor die «Höchst Drehzahl»?**

Es ist die maximale Drehzahl, die ein Motor von sich aus nicht überschreiten darf.

**Was bedeutet bei einem Motor die «Abregeldrehzahl»?**

Diese Drehzahl betrifft die Dieselmotoren. Sie ist die obere Nulllast-Drehzahl und wurde früher als Höchstdrehzahl bezeichnet. Die Begrenzung erfolgt durch die mechanische bzw. elektronische Regelung.

**Was versteht man unter dem Begriff «mechanische Arbeit»?**

Unter mechanischer Arbeit versteht man das Heben einer bestimmten Last ( $F$ ) auf eine bestimmte Höhe (entspricht dem Weg  $s$ ), entgegen der Erdanziehungskraft.

Arbeit = Kraft · Weg (in Joule, Newtonmeter oder Wattsekunde)

$$W = F \cdot s \text{ (in J, Nm, Ws)}$$

$F$  Kraft in N

$s$  Weg in m

**Was versteht man unter dem Begriff «mechanische Leistung»?**

Unter mechanischer Leistung versteht man das Ergebnis aus der verrichteten Arbeit ( $W$ ) in der dazu benötigten Zeit ( $t$ ).

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Kraft} \cdot \text{Weg}}{\text{Zeit}} \text{ (in NM/s oder Watt)}$$

$$p = \frac{F \cdot s}{t} \text{ (in NM/s, W)}$$

$$p = \frac{F \cdot s}{t \cdot 1000} \text{ (in kW)}$$

$P$  Leistung in Nm/s, W, kW

$F$  Kraft in N

$s$  Weg in m

$t$  Zeit in s

**Was besagt die Leistungsangabe 1 PS?**

1 PS ist die Leistung, die benötigt wird, um 75 kg in einer Sekunde 1 m anzuheben.

**Wie lautet die Umrechnung der Motorleistung von kW in DIN-PS und umgekehrt?**

- 1 kW entspricht 1,36 DIN-PS,
- 1 DIN-PS entspricht 0,736 kW.

### Was versteht man unter dem Begriff «Drehmoment»?

Unter Drehmoment versteht man das Ergebnis aus Kraft  $F$  · Hebelarm  $r$ .

Drehmoment = Kraft · Hebelarm (in Nm)

$M = F \cdot r$  (in Nm)

$M$  Drehmoment in Nm

$F$  Kraft in N

$r$  Hebelarm (Radius) in m

### Wie erfolgt die Leistungs- und Drehzahlregelung beim Dieselmotor?

Beim Dieselmotor besteht *Qualitätsregelung*. Ohne Drosselklappe und fast gleich bleibender Zylinderluftfüllung wird nur die Kraftstoffmasse verändert.

### Wie erfolgt die Leistungs- und Drehzahlregelung beim herkömmlichen Ottomotor?

Beim herkömmlichen Ottomotor besteht *Quantitätsregelung*. Durch Änderung der Drosselklappenstellung wird eine unterschiedliche Gemischmasse (Kraftstoff- und Luftmasse) bemessen.

### Wie erfolgt die Leistungs- und Drehzahlregelung beim Ottomotor mit Direkteinspritzung?

Durch *Quantitäts-* und *Qualitätsregelung*: Die Quantitätsregelung im Leerlauf- und Vollastbetrieb, wie beim herkömmlichen Ottomotor, durch Änderung der Drosselklappenstellung und unterschiedlicher Gemischmasse. Und Qualitätsregelung im Teillastbereich ( $\lambda > 1$ ) mit geöffneter Drosselklappe nur durch Änderung der eingespritzten Kraftstoffmasse.

### Was versteht man unter der indizierten Leistung ( $P_i$ ) eines Motors?

Die indizierte oder innere Leistung ist ein theoretischer Wert, der sich aus dem im Brennraum gemessenen (indizierten) Druck errechnet.

### Was versteht man unter der effektiven Leistung ( $P_e$ ) eines Motors?

Die effektive Leistung ist die Nutz- oder auch Nennleistung an der Schwungscheibe, die bei entsprechender Nenndrehzahl zur Verfügung steht.

### Welche Faktoren haben hauptsächlich Einfluss auf die Leistung eines Motors?

- Kraftstoff-Luft-Verhältnis,
- Zylinderfüllungsgrad,
- Verbrennungswirkungsgrad,
- Motorkühlung.



### Welche Größen haben Einfluss auf die Luftmasse im Motorzylinder?

- Lufttemperatur (beeinflusst die Dichte),
- Luftdruck (beeinflusst den Füllungsgrad).  
(Die Luftfeuchte (Wassergehalt) hat keinen Einfluss, ist nur von Bedeutung bei Großdieselmotoren.)

### Warum nimmt die Leistung eines Motors bei Bergauffahrt ab?

Durch den abnehmenden Luftdruck vermindert sich das Zylinderfüllgewicht.

Faustregel: Pro 100 m Höhenzunahme vermindert sich die Motorleistung um 1%.

### Was versteht man unter dem Begriff «spezifischer Kraftstoffverbrauch» eines Motors?

Es ist der niedrigste Verbrauch in g/kWh der sich bei mittlerer Drehzahl einstellt, wenn der Zylinderfüllungsgrad am größten, der Verbrennungsdruck am höchsten und der Wärmewirkungsgrad am besten ist.

### Unter welchen Bedingungen wird der spezifische Kraftstoffverbrauch eines Motors ermittelt?

Gemessen wird der Verbrauch nach Norm bei betriebswarmem Motor (Öltemperatur mindestens 80 °C) und bei Volllast auf einem Motor-Leistungsprüfstand.

### Warum wird der spezifische Kraftstoffverbrauch in g/kWh angegeben?

Der Verbrauch wird in g/kWh (Masse) und nicht in l/h (Volumen) angegeben, weil:

1. durch die Massenangabe in Gramm Volumenänderungen, die durch Temperaturschwankungen auftreten, vermieden werden;
2. bei der Verbrauchsangabe, bezogen auf die Leistung von einem Kilowatt, die Möglichkeit besteht, Motoren mit unterschiedlich hoher Leistung besser beurteilen und vergleichen zu können;
3. die Stunde (h) als Messzeit festgelegt ist.

### Nach welcher Formel wird der Strecken-Kraftstoffverbrauch in Liter/100 km errechnet?

$$\text{Kraftstoffverbrauch} = \frac{\text{getankte Kraftstoffmenge} \cdot 100}{\text{Fahrstrecke}} (\text{Liter} / 100 \text{ km})$$

$$c = \frac{V_k \cdot 100}{s} (l / 100 \text{ km})$$

$c$  Strecken-Kraftstoffverbrauch (l/100 km)

$V_k$  getankte Kraftstoffmenge (Liter)

$s$  Fahrstrecke (km)

### **Wie erklärt man den Ungleichförmigkeitsgrad eines Hubkolbenmotors?**

Der Ungleichförmigkeitsgrad ist eine durch die Arbeitsspiele (zündungsbedingte) hervorgerufene ungleichförmige Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle (Dreh-Ungleichförmigkeit), die durch den Energiespeicher (Schwungrad) auf ein erträgliches Maß verringert wird.

### **Welche Bauformen unterscheidet man bei den Hubkolbenmotoren?**

- nach Lage der Zylinderachsen in stehend angeordnete und liegend angeordnete Motoren.
- nach der Zylinderanordnung in Reihenmotoren, V-Motoren, V-Reihenmotoren (VR-Motoren), Boxermotoren und Boxer-Reihenmotoren.

### **Wann ist ein Kraftfahrzeugmotor nach DIN 73 021 ein Rechtsläufer?**

Es handelt sich um einen Rechtsläufer, wenn sich die Kurbelwelle bei Blickrichtung auf die der Kraftabgabe gegenüberliegenden Seite im Uhrzeigersinn, d.h. rechtsherum, dreht.

### **Wann ist ein Kraftfahrzeugmotor nach DIN 73 021 ein Linksläufer?**

Es handelt sich um einen Linksläufer, wenn sich die Kurbelwelle bei Blickrichtung auf die der Kraftabgabe gegenüberliegenden Seite entgegen dem Uhrzeigersinn, d.h. linksherum, dreht.

### **Wie werden nach DIN 73 021 bei einem Reihomotor die Zylinder gezählt?**

Der 1. Zylinder ist der, der mit Blick auf die der Kraftabgabe gegenüberliegenden Seite dem Betrachter am nächsten liegt.

### **Wie werden nach DIN 73 021 bei einem V-Motor die Zylinder gezählt?**

Der 1. Zylinder ist der (Blickrichtung wie beim Reihomotor), der dem Betrachter auf der linken Zylinderbank am nächsten liegt. Danach folgen die weiteren Zylinder der linken Zylinderbank, z.B. bei einem 6-Zylinder-V-Motor 2 und 3 und die der rechten Zylinderbank mit Zylinder 4...6.

### **Wie erklärt man die Zündfolge eines Motors?**

Die Zündfolge ist die Reihenfolge, in der die Zylinder eines Motors nacheinander gezündet werden.

### **Wovon abhängig wird die Zündfolge festgelegt?**

Die Zündfolge ist einmal abhängig von dem Hubzapfenversatz der Kurbelwelle sowie von dem Nockenversatz der Nockenwelle.

**Welche gebräuchlichen Zündfolgen gibt es bei 4-, 5- und 6-Zylinder-Reihenmotoren?**

- 4-Zylinder-Reihenmotoren: 1-3-4-2, 1-2-4-3
- 5-Zylinder-Reihenmotoren: 1-2-4-5-3
- 6-Zylinder-Reihenmotoren: 1-5-3-6-2-4

**Welche gebräuchlichen Zündfolgen gibt es bei 4-Zylinder-V-Motoren und 4-Zylinder-Boxermotoren?**

- 4-Zylinder-V-Motoren (z.B. Ford) 1-3-4-2
- 4-Zylinder-Boxermotoren (z.B. VW) 1-4-3-2

**Was versteht man unter dem Zündabstand eines Motors?**

Es ist der Drehwinkel der Kurbelwelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zündungen.

**Wie gibt man den Zündabstand eines Motors an?**

In °KW (Grad Kurbelwellenwinkel).

**Wie errechnet man den Zündabstand bei Reihenmotoren?**

Zündabstand =  $720 \text{ °KW}$  (ein Arbeitsspiel), dividiert durch die Zylinderzahl.

**In welchem Takt befindet sich bei einem 4-Zylinder-Reihenmotor (Zündfolge 1-3-4-2) der 2. Zylinder, wenn sich der 4. Zylinder im Ansaugtakt befindet?**

Der 2. Zylinder befindet sich im Auslasstakt.

**In welchem Takt befindet sich bei einem 4-Zylinder-Reihenmotor (Zündfolge 1-3-4-2) der 3. Zylinder, wenn sich der 1. Zylinder im Ansaugtakt befindet?**

Der 3. Zylinder befindet sich im Auslasstakt.

**Zu welchem Zeitpunkt beginnt bei einem 4-Takt-Motor das Verdichten?**

Das Verdichten beginnt, wenn das Einlassventil während des Verdichtungshubes geschlossen hat.

**Wann wird bei einem Verbrennungsmotor der höchste Verdichtungsdruck erreicht?**

Der höchste Verdichtungsdruck wird bei OT-Stellung des Kolbens erreicht.

**Wie hoch ist das Verdichtungsverhältnis beim Ottomotor?**

Bei Saugkanaleinspritzung ca. 7...11 : 1.

Bei Direkteinspritzung ca. 11,5...14 : 1.

**Wie hoch ist das Verdichtungsverhältnis beim Dieselmotor?**

Bei der Direkteinspritzung 15...19,5 : 1.

**Warum ist beim Diesel-Direkteinspritzverfahren das Verdichtungsverhältnis bei 19,5 : 1 begrenzt?**

Wird das Verdichtungsverhältnis über 19,5 : 1 bemessen, entsteht eine Verbrennungshöchsttemperatur von ca. 2500 °C (2773 K). Dabei verbindet sich zuviel Stickstoff mit Sauerstoff, und es entstehen zu viel Stickoxide (NO<sub>x</sub>).

**Wie hoch ist der Verdichtungshöchstdruck beim Ottomotor?**

Der Verdichtungshöchstdruck ist ca. 9...16 bar.

**Welche Kraftstoff-Luft-Gemischtemperatur wird beim Verdichtungshöchstdruck erreicht?**

Es wird eine Kraftstoff-Luft-Gemischtemperatur von ca. 400 °C (673 K) erreicht.

**Wie hoch ist der Verdichtungshöchstdruck beim Dieselmotor?**

Der Verdichtungshöchstdruck ist ca. 25...55 bar.

**Welche Lufttemperatur wird bei einem kalten Dieselmotor mit Starterdrehzahl beim Verdichtungshöchstdruck erreicht?**

Es wird eine Lufttemperatur von ca. 500...900 °C (773...1173 K) erreicht.

**Warum verdichtet der Dieselmotor entsprechend höher als der Ottomotor?**

Da sich der Dieselmotor erst bei ca. 300...350 °C (573...623 K) von selbst entzündet, muss die Verdichtungstemperatur entsprechend höher sein, um eine sichere Selbstzündung zu gewährleisten.

**Wie kann der Zustand des Verbrennungsraumes eines Motors geprüft werden?**

1. durch eine Kompressionsdruckprüfung,
2. durch einen Druckverlusttest,
3. durch einen Kompressionsvergleich über den Verlauf des Starterstroms,
4. durch einen Drehzahlabfalltest, indem bei den einzelnen Zylindern die Injektoren nacheinander abgeschaltet werden.

**Unter welchen Bedingungen muss die Kompressionsdruckprüfung durchgeführt werden?**

1. betriebswarmer Motor,
2. Dekompression des Motors, d.h., alle Zündkerzen bzw. alle Glühkerzen müssen ausgebaut sein,
3. (wenn vorhanden) voll geöffnete Drosselklappe,

4. geladene Batterie (möglichst volle Spannung während der gesamten Prüfdauer),
5. vorschriftsmäßiges Ventilspiel (bei älteren Modellen),
6. gleichmäßig lange Startdauer bei jedem Zylinder,
7. Verhindern von Einspritzen bei Einspritzmotoren (Otto bzw. Diesel),
8. bei elektronisch gesteuerten Zündanlagen ist die Ansteuerung der Zündspule zu verhindern.

**Welche max. Druckdifferenzen sind bei der Kompressionsdruckprüfung zwischen den gemessenen Zylindern zulässig?**

**a) bei Ottomotoren?**

**b) bei Dieselmotoren?**

a) bei Ottomotoren 1,5 bar;

b) bei Dieselmotoren 3,0 bar.

**Welche Fehler lassen sich mit dem Druckverlusttest bei einem Motor feststellen und wie machen sie sich bemerkbar?**

Ein zu hoher Druckverlust kann folgende Ursachen haben:

- starker Luftaustritt aus der Abgasanlage: Auslassventil undicht (verbrannt oder durch Motorüberdrehen verbogen).
- starker Luftaustritt aus dem Ansaugsystem: Einlassventil undicht (z.B. beim Motorüberdrehen verbogen).
- starker Luftaustritt aus der Kurbelgehäuseentlüftung: Kolbenringe verschlissen, festgebrannt oder als lamellare Graugussringe gebrochen.
- Luftaustritt aus dem Kühlsystem: Riss im Zylinderkopf oder Kopfdichtung schadhaft.

**Wann bezeichnet man einen Verbrennungsmotor als generalüberholt?**

Als generalüberholt, wenn er vollständig zerlegt und nach dem Stand der Technik instand gesetzt wurde.

**Wann bezeichnet man einen Verbrennungsmotor als grundinstandgesetzt?**

Als grundinstandgesetzt, wenn er nach technischer Beratung und in Vereinbarung mit dem Kunden instand gesetzt wurde.

**Wann bezeichnet man einen Verbrennungsmotor als teilinstandgesetzt?**

Als teilinstandgesetzt, wenn erkennbare Mängel beseitigt wurden.

**Wann bezeichnet man einen Verbrennungsmotor als geprüften Gebrauchtmotor?**

Als geprüften Gebrauchtmotor, wenn er auf dem Leistungsprüfstand getestet und gewartet wurde und die Gebrauchseigenschaften garantiert werden.

## 1.2 Kurbeltrieb

**Woraus besteht der Kurbeltrieb eines Motors?**

- Kurbelwelle und Lager,
- Pleuel und Pleuellagerbolzen,
- Pleuellagerbolzen und Pleuellagerbolzenringe,
- Pleuellagerbolzenringe und Pleuellagerbolzenringe,
- Pleuellagerbolzenringe und Pleuellagerbolzenringe,
- Pleuellagerbolzenringe und Pleuellagerbolzenringe,
- Pleuellagerbolzenringe und Pleuellagerbolzenringe.

**Welche Aufgabe haben die Pleuellagerbolzen?**

Sie wandeln die Hubbewegungen der Pleuellagerbolzen in Drehbewegungen um.

**Welche Faktoren bestimmen die Bauformen der Pleuellagerbolzen?**

- die Anzahl der Zylinder,
- die Lage der Pleuellagerbolzenachsen zueinander (bei V-Motoren),
- die Pleuellagerbolzenfolge der Pleuellagerbolzen.

**Wie unterscheidet man die Pleuellagerbolzen?**

- Pleuellagerbolzenmotor-Kurbelwellen,
- Pleuellagerbolzenmotor-Kurbelwellen,
- Pleuellagerbolzenmotor-Kurbelwellen.

**Bei welcher Bauform eines Motors können zwei Pleuellagerbolzen auf einen Pleuellagerbolzen der Pleuellagerbolzenwelle wirken?**

Bei einem V-Motor.

**Wie wird eine Pleuellagerbolzenbeanspruchung?**

Eine Pleuellagerbolzenwelle wird auf Biegung, Verdrehung und Pleuellagerbolzenbeanspruchung beansprucht.

**Aus welchem Werkstoff können Pleuellagerbolzen hergestellt sein?**

Sie können aus Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl, Pleuellagerbolzenstahl hergestellt sein.

**Wie werden Pleuellagerbolzen hergestellt?**

Pleuellagerbolzen aus Pleuellagerbolzenstahl werden im Pleuellagerbolzen geschmiedet und die aus Pleuellagerbolzenstahl (Sphäroguss) (GGG-, neu: GJS-) in Pleuellagerbolzen gegossen.

**Nach welchen Verfahren werden Pleuellagerbolzen gehärtet?**

Die Pleuellagerbolzenoberflächen der Pleuellagerbolzen werden entweder Pleuellagerbolzengehärtet, Pleuellagerbolzengehärtet, Pleuellagerbolzengehärtet oder Pleuellagerbolzengehärtet (nitriert).

### Wie können Ölbohrungen in der Kurbelwelle verlaufen?

- schräg durch Kurbelwellenwange und Kurbelwellenzapfen,
- längs in der Mitte der Kurbelwellenwange und längs in der Mitte des Kurbelwellenzapfens.

### Welche Vor- und Nachteile haben die Schräg- bzw. Längsbohrungen in der Kurbelwelle?

- Schräge Bohrungen schwächen den Querschnitt der Kurbelwelle und können Schwingungsdrehbrüche verursachen.
- Längsbohrungen verlaufen in dem Bereich der neutralen Faser, die Festigkeit der Kurbelwelle bleibt dadurch erhalten.

### Was versteht man unter der «neutralen Faser» eines Werkstücks?

Es ist der beim Walzen entstandene Faserbereich im Werkstück, der beim Schmieden oder Biegen weder gestaucht noch gestreckt wird.

### Was unterscheidet die Kurbelwelle

a) eines normalen 2-Zylinder-4-Takt-Reihenmotors,

b) von der eines 2-Zylinder-4-Takt-Twin-Motors?

Die Unterschiede sind folgende:

- Bei dem normalen Reihenmotor sind die beiden Hubzapfen um  $180^\circ$  gegeneinander versetzt und die Kurbelwelle ist meistens nur 2-fach gelagert.
- Bei dem Twin-Motor liegen die beiden Hubzapfen auf gleicher Höhe. Die Kurbelwelle kann 2-fach oder auch 3-fach gelagert sein.

### Worin unterscheiden sich die Kurbelwellen von V- und Boxermotoren gegenüber Kurbelwellen von Reihenmotoren, und was folgert daraus?

*Unterschied:* Kurbelwellen von V- und Boxermotoren sind kürzer als Kurbelwellen von Reihenmotoren.

*Folgerung:* Kurbelwellen von V- und Boxermotoren haben eine größere Drehfestigkeit und sind widerstandsfähiger gegen Drehschwingungen. Außerdem benötigen sie weniger Hauptlager.

### Wie groß ist der Hubzapfenversatz bei der Kurbelwelle eines 4-Zylinder-Reihenmotors?

Die Hubzapfen sind um  $180^\circ$  versetzt, wobei sie für die Zylinder 1 und 4 sowie für die Zylinder 2 und 3 jeweils auf gleicher Höhe liegen.

### Wie groß ist der Hubzapfenversatz bei der Kurbelwelle eines Fünfzylinder-Reihenmotors?

Die Hubzapfen sind zueinander um  $72^\circ$  versetzt ( $360 : 5 = 72$ ). Im Gegensatz zu den Kurbelwellen von Motoren mit gerader Zylinderzahl liegen die Hubzapfen nicht paarweise in einer Ebene.

**Wie groß ist der Hubzapfenversatz bei der Kurbelwelle eines 6-Zylinder-Reihenmotors?**

Die Hubzapfen sind um  $120^\circ$  versetzt, und die Zapfen der Zylinder 1 und 6, 2 und 5 sowie 3 und 4 liegen jeweils in einer Ebene.

**Womit begründet man die Notwendigkeit einer Schwungscheibe?**

1. Die Schwungscheibe muss durch ihre Masse einen Teil der im Arbeitstakt erzeugten Energie speichern und diese während der Leertakte wieder abgeben, damit durch ihre Schwungkraft die Totpunkte und Leertakte überwunden werden.
2. Sie dient zur Kraftabgabe des Motors an die Kupplung.
3. Sie verbessert den Lauf des Motors, indem sie die ungleichförmige Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle verringert.
4. Sie nimmt den Starterzahnkranz auf.
5. Sie trägt am Umfang die OT-Markierung, Zündmarkierung und Bezugsmarken.
6. Sie nimmt in Zukunft den Starter-Generator für das 48-V-Bordnetz auf.

**Warum sind die Schwungscheiben bei 4- und 6-Zylinder-Motoren kleiner als bei 1- und 2-Zylinder-Motoren?**

Die Schwungscheiben sind kleiner, weil der Zündabstand bei den 4- und 6-Zylinder-Motoren geringer ist. Es ergeben sich während  $720^\circ$  KW mehr Arbeitstakte und kürzere Leertakte, dadurch ist weniger gespeicherte Energie erforderlich.

**Warum wird ein 2-Massen-Schwungrad verbaut?**

Es wird verbaut, um die Übertragung der zündungsbedingten Drehschwingungen der Kurbelwelle auf das Getriebe zu dämpfen. Außerdem verhindert es ein Motorschütteln, Getrieberasseln sowie Dröhn- und Brummgeräusche in der Karosserie.

**Warum werden bei empfindlichen Motoren Drehschwingungsdämpfer verwendet?**

Sie dämpfen die Drehschwingungen der Kurbelwelle und stellen in ihrer Wirkung gewissermaßen ein Gegengewicht zur Schwungscheibe dar.

**Welche Aufgaben haben Pleuel?**

Pleuel haben die Aufgabe, die Kolbenkraft auf die Kurbelwelle zu übertragen.

**Aus welchen Werkstoffen können Pleuel hergestellt sein?**

Pleuel können aus folgenden Werkstoffen sein:

- legiertem Einsatzstahl und im Gesenk geschmiedet (gepresst),
- Kugelgraphitguss bzw. Sphäroguss (GGG-, neu: GJS) in Formen gegossen,



- weißem Temperguss (GTW-, neu: GJMW) in Formen gegossen,
- Titan, (wegen der geringeren Dichte für hohe Drehzahlen geeignet, z.B. bei Rennmotoren).

#### **Wie werden Pleuel beansprucht?**

- auf Druck und Knickung durch den hohen Verbrennungsdruck (Zünddruck), besonders beim Dieselmotor.
- auf Zug, durch die hohen Massenkräfte der Kolben, beim Überschreiten des oberen Totpunktes.

#### **Wie benennt man die einzelnen Bereiche eines Pleuels?**

- Pleuelkopf (Kolbenbolzenaufnahme).
- Pleuelfuß (Kurbelzapfenaufnahme).
- Pleuelschaft (Verbindung zwischen Pleuelfuß und Pleuelkopf mit oder ohne Ölbohrung).

#### **Wie kann der Pleuelfuß geteilt sein?**

- Bei Pkw-Motoren ist er meistens waagrecht geteilt.
- Bei Lkw-Motoren, wegen ihrer stärkeren Auslegung, ist er schräg geteilt, damit die Kolben ohne Kurbelwellenausbau durch die Zylinderbohrung «gezogen» werden können.

#### **Was versteht man unter der Bezeichnung «Crackpleuel»?**

Der Pleuelfuß wird nicht durch Schneiden getrennt, sondern bei Raumtemperatur gecrackt (= bruchgetrennt).

#### **Welche Vorteile bieten Crackpleuel?**

Durch die Bruchstruktur ergibt sich ein Verzahnungseffekt mit exakter, vertauschsicherer Passgenauigkeit und hoher Qualität. Die bisherige Zentrierung durch die Pleuelschrauben (Dehnschrauben) entfällt.

## **1.3 Kurbeltrieblagerung**

#### **Welche Kurbeltrieblager werden bei den Hubkolbenmotoren verbaut?**

Bei kleinen 1- und 2-Zylinder-Motoren, z.B. Motorradmotoren, werden Kugellager und bei allen anderen Motoren Gleitlager verwendet.

#### **Welche Aufgaben haben die Kurbeltrieblager zu erfüllen?**

Ihre Aufgabe ist es, die hin und her gehende Bewegung der Kolben möglichst verschleißfrei und mit geringer Reibung auf die drehende Kurbelwelle zu übertragen.

### **Welche wichtigen Anforderungen müssen Gleitlager erfüllen?**

- hohe Verschleißfestigkeit,
- geringe Fressempfindlichkeit,
- gute Einlauf- und Anpassungsfähigkeit.

### **Wie unterscheidet man die Gleitlagerarten nach ihrer Belastungsrichtung?**

Man unterscheidet zwischen Querlager (Radiallager) und Längslager (Axiallager).

### **An welchen Lagerstellen werden Querlager (Radiallager) verwendet?**

An Haupt- und Pleuellagern, Kolbenbolzenbuchsen (Pleuelbuchsen), Nockenwellenlagern und Kipphebelbuchsen.

### **Wo im Motor befinden sich Längslager (Axiallager)?**

Längslager befinden sich am Ende von Kurbelwelle und Nockenwelle. An der Kurbelwelle besteht oft eine Kombination mit dem Querlager.

### **Wozu dienen Längslager (Axiallager)?**

Das Längslager muss den beim Auskuppeln entstehenden Axialschub aufnehmen. Die Nockenwelle ist ebenfalls mit einem Bundlager versehen, um ein axiales Verschieben zu verhindern.

### **Aus welchem Werkstoff bestehen Kolbenbolzenbuchsen (Pleuelbuchsen)?**

Sie sind aus Zinnbronze.

### **Was bezeichnet man als Zinnbronze?**

Zinnbronze ist eine Kupferlegierung mit 10...15% Zinn (Sn), 0,2% Phosphor (P).

### **Welche Eigenschaften hat Zinnbronze?**

Sie ist hoch belastbar durch Phosphoranteil, hat gute Laufeigenschaften, ist verschleißfest auch bei Mangelschmierung.

### **Warum bezeichnet man Haupt- und Pleuellager als «Verbundlager»?**

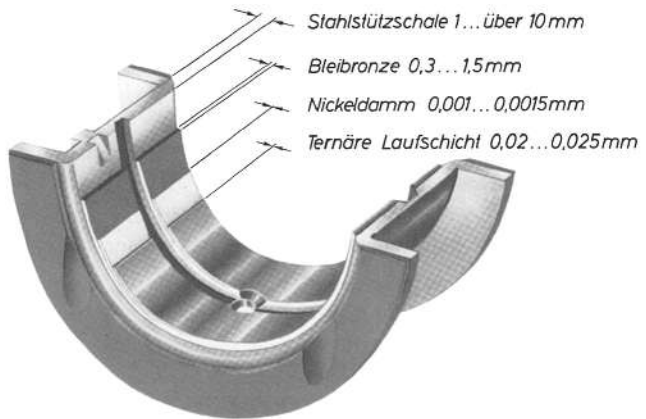
Diese Lager bestehen aus mehreren miteinander innig verbundenen metallischen Schichten und werden auch als 3-Stoff-Lager bezeichnet.

### **Was bezeichnet der Name «3-Stoff-Lager» und woraus besteht es?**

Er bezeichnet die 3 verschiedenen Werkstoffe, aus denen das Lager besteht (Bild 1.1):

1. den Stahlrücken oder die Stahlstützschale.
2. die Bleibronzeschicht (Zwischenschicht), z.B. bestehend aus: 75,5% Kupfer, 23% Blei, 15% Zinn und einem Nickeldamm.
3. die ternären Laufsicht, z.B. bestehend aus: 73% Blei, 16% Antimon, 10% Zinn und 1% Kupfer.

Bild 1.1  
Aufbau eines 3-Stoff-  
Lagers (Bund-, Pass-  
oder Führungslager)



### Welche Aufgabe übernimmt der Stahlrücken des 3-Stoff-Lagers?

Der Stahlrücken gibt dem Lager die notwendige Festigkeit und verhindert somit die Verformung des weichen Lagerwerkstoffs beim Einbau.

### Wie ist der Aufbau des Gleitlagers G-188 von Federal-Mogul mit bleifreier Laufschicht?

Es besteht aus einer Gussbronzeschicht, darüber eine Nickelschicht, gefolgt von einem Zinn-Nickel-Damm. Dieser ist mit einer weichen Gleitschicht aus reinem Zinn beschichtet. Eingebettet sind harte Zinn-Kupferpartikel (SnCu 40).

### Wie kommt es zur Aushärtung der bleifreien Laufschicht?

Unter Belastung und Temperatureinfluss härtet sich die ursprünglich weiche Laufschicht aus Zinn mit SnCu40-Partikel zu einer dünnen harten Laufschicht um einen Faktor von 10 auf.

### Was verursacht die Aushärtung der bleifreien Laufschicht?

Die Aushärtung wird verursacht durch den Prozess der Molekularwanderung von Zinn in Richtung des Zinn-Nickel-Damms. Dabei nimmt die Dicke des Zinn-Nickel-Damms zu, während oberhalb des Damms die SnCu-Partikel sich konzentrieren und eine dünne, harte Laufschicht bilden.

### Was versteht man unter Spreizung der Lagerschalen?

Unter Spreizung versteht man das Maß, um das der Außendurchmesser einer Halbschale – über die Trennfläche gemessen – größer ist als der Durchmesser der Gehäusebohrung.

**Warum muss diese Spreizung vorliegen?**

Die Spreizung der dünnwandigen Lagerschalen erleichtert deren Einbau. Infolge der Spreizung fallen sie beim Aufsetzen des Lagerdeckels nicht wieder heraus.

**Was besagt die Bezeichnung «Rillengleitlager»?**

Diese Lager weisen eine feine Profilierung der Gleitfläche in Laufrichtung auf.

**Woraus bestehen diese Rillengleitlager?**

Die vorhandenen Rillen sind mit einem weichen Werkstoff aus 80% Blei, 18% Zinn und 2% Kupfer gefüllt. Der daneben liegende Bereich besteht aus härterem Lagermetall.

**Welche Vorteile bieten die Rillengleitlager?**

Die Vorteile einer guten Anpassungsfähigkeit und geringen Schmutzempfindlichkeit.

**Woraus werden Sputterlager hergestellt?**

Sie sind auf der Basis der Dreistofflager hergestellt. Die ternäre Laufschiicht besteht aus Aluminium und Zinn (AlSn<sub>20</sub>). Dieser Werkstoff wird nicht galvanisch, sondern physikalisch im Vakuum durch Katodenzerstäubung auf den Trägerwerkstoff aufgetragen (gesputtert).

**Welche Vorteile bestehen bei den Sputterlagern gegenüber den herkömmlichen Gleitlagern?**

Es besteht die Möglichkeit Werkstoffe in größerer Vielfalt aufzubringen. Dadurch erhält man eine höhere Belastbarkeit, Verschleißfestigkeit, Ermüdungsfestigkeit, Korrosionsfestigkeit, und das bei noch ausreichender Anpassungsfähigkeit (Einfahrfähigkeit und Notfahrfähigkeit).

**Wo werden Sputtergleitlager eingesetzt?**

Sie werden als stangenseitige (pleuelseitige) Halbschalen in den Pleuellagern, bei höher belasteten Pkw- und Nfz-Dieselmotoren eingesetzt.

**Wie sichert man die Gleitlagerschalen gegen Verdrehen bzw. seitliches Herausschieben?**

Dünnwandige Lagerschalen sichert man durch Haltenasen, dickwandige durch Haltestifte.

**Was versteht man bei Gleitlager unter Lagerspiel?**

Als Lagerspiel versteht man den Zwischenraum zwischen dem Durchmesser der Lagerbohrung und dem Lagerzapfen.

### **Warum benötigen Gleitlager ein gewisses Spiel?**

Lagerspiel ist nötig, damit ein genügend hoher Öldurchsatz besteht, d.h. immer eine genügend große Ölmenge durch das Lager fließt.

### **Wie groß ist das Gleitlagerspiel normalerweise?**

Das Lagerspiel ist bei Pkw-Motoren mit 3-Stoff-Lager für Haupt- und Pleuellager als kleinstes Maß 0,04 mm. Außerdem ist es drehzahlabhängig, d.h., je höher die Drehzahl, umso größer muss das Lagerspiel sein, damit ein ausreichender Öldurchsatz gewährleistet ist.

## **1.4 Zylinder und Kolben**

### **Wozu dient der Motorzylinder?**

Er dient zur Führung des Kolbens sowie zur Ableitung der Wärme an das Kühlmittel.

### **Aus welchem Werkstoff können die Zylinder von Verbrennungsmotoren bestehen?**

- aus lamellarem Grauguss (GG-25, neu: GJL-250), legiert mit Nickel und Kupfer zur Erhöhung der Elastizität und Verschleißfestigkeit;
- aus Grauguss mit Vermikulargraphit (GGV-450, neu: GJV-450). Graphitpartikel sind nicht lamellar, sondern kleiner und wurmförmig. Festigkeit ist um den Faktor 2 größer als bei GJL-250;
- aus Leichtmetall (aluminiumlegiert (z.B. AlSi10MgCu).

### **Warum wird Grauguss (GG-, neu: GJL-) vorwiegend als Zylinderwerkstoff genommen?**

Der hohe lamellare Graphitanteil bedeutet gute Gleiteigenschaften, auch bei kurzzeitiger mangelhafter Schmierung. Außerdem wird, durch die Schwammwirkung der Graphitlamellen in der Lauffläche, der Ölfilm gehalten.

### **Was bezeichnet der Kfz-Techniker bei einem Zylinderwerkstoff aus Grauguss als «Blehmantel­effekt»?**

Der Blehmantel­effekt tritt auf, wenn beim Honen kein Werkstoff abgetragen, sondern der Eisenwerkstoff über die Graphitlamellen gedrückt worden ist und diese abdeckt. Dadurch geht die Schwammwirkung verloren, d.h., der Ölfilm ist nicht stabil, und bei Belastung treten Kolbenfresser auf.

### **Bei Verwendung des Zylinderwerkstoffs Grauguss können die Zylinder wie aus­geführt sein?**

- Sie können in den Motorblock gegossen und anschließend bearbeitet sein;

- als nasse Zylinderlaufbuchsen;
- als trockene Zylinderlaufbuchsen.

#### **Worin besteht der Unterschied zwischen**

**a) einer nassen Laufbuchse?**

**b) einer trockenen Laufbuchse?**

- a) Die nasse Laufbuchse ist dickwandig, je nach Größe zwischen 6 und 10 mm. Sie wird mit geringem Spiel unter Verwendung von Dichtelementen in den Motorblock eingesetzt. Da sie direkt vom Kühlmittel umspült wird, ergibt sich eine gute Wärmeableitung.
- b) Die trockene Laufbuchse hat keinen Kontakt mit dem Kühlmittel. Sie ist dünnwandig, mit einer Wanddicke von 1,5...2,5 mm und wird als Press- oder Slipfitbuchse eingesetzt.

#### **Welcher Unterschied besteht zwischen**

**a) einer Press-Laufbuchse?**

**b) einer Slipfit-Laufbuchse?**

- a) Die Press-Laufbuchse wird mit geringem Übermaß in den Zylinderblock eingepresst, anschließend gebohrt, gehont und der obere Bund mit dem Zylinderblock plan geschliffen.
- b) Die Slipfit-Laufbuchse ist einbaufertig und wird nach dem Unterkühlen mit geringem Spiel in den Zylinderblock hineingeschoben. Eine Nachbearbeitung ist nicht erforderlich.

#### **Nach welchem Gießverfahren werden Zylinderlaufbuchsen aus Grauguss hergestellt?**

Nasse und trockene Zylinderlaufbuchsen werden nach dem Schleudergussverfahren hergestellt. Bei rotierender Gussform wird das flüssige Gusseisen in die Form gegeben. Dabei entsteht ein dichtes gleichmäßiges Gefüge ohne Gasblasen- und Schlackeneinschlüsse.

#### **Bei welchen Motoren verwendet man Aluminium als Zylinderwerkstoff?**

Man verwendet Aluminium als einzelne Zylinder bei luftgekühlten Motoren und als ganze Motorblöcke bei vielen Pkw-Otto- und Dieselmotoren.

#### **Welche Vorteile hat Aluminium als Zylinderwerkstoff gegenüber Grauguss?**

Aluminium ist etwa 2,5-mal leichter als Grauguss, was vor allem zu Kraftstoffersparnis führt und eine 3-mal bessere Wärmeleitfähigkeit, wodurch eine Leistungssteigerung bei geringerer Klopfneigung möglich ist.

#### **Was versteht man bei Aluminium-Zylinderblöcken unter plasmabeschichtete Zylinderwandflächen?**

Das Auftragen eines Beschichtungspulvers auf die Aluminium-Zylinderwandfläche mit Hilfe eines Plasmabrenners.

**Welche Vorteile hat die Plasmabeschichtung der Zylinderwandfläche bei Aluminium-Zylinderblöcken?**

- Gewichtsreduzierung gegenüber eingegossenen Zylinderlaufbuchsen aus Grauguss,
- geringerer Abstand zwischen den Zylinderbohrungen als beim Grauguss-Zylinderblock,
- geringerer Verschleiß bei der plasmabeschichteten Zylinderwandfläche gegenüber der Grauguss-Wandfläche.

**Welche Aufgaben hat der Kolben im Verbrennungsmotor zu übernehmen?**

- die thermische Energie in mechanische Arbeit umzuwandeln, d.h. die wirksamen Kräfte weiterzuleiten,
- die vom Kolbenboden aufgenommene Verbrennungswärme an den Zylinder abzuführen,
- den Verbrennungsraum zum Kurbelgehäuse hin abzudichten.

**Wie hoch sind die Kolbentemperaturen bei Volllast?**

Etwa 350 °C (623 K) in der Kolbenbodenmitte und etwa 110 °C (383 K) am Schaftende.

**Was bedeutet die Kolbenabmessung «Feuersteghöhe»?**

Die Feuersteghöhe ist das Maß von der oberen Ringnut bis zum Kolbenboden.

**Was bedeutet die Kolbenabmessung «Kompressionshöhe»?**

Die Kompressionshöhe ist das Maß von Mitte Kolbenbolzen bis zum Kolbenboden.

**Was ist das Kolbenspalmaß beim Dieselmotor und wie groß ist es durchschnittlich?**

Es ist der Abstand des Kolbenbodens (in OT-Stellung) vom Zylinderkopf bei vorschriftsmäßig angezogenen Zylinderkopfschrauben. Es ist durchschnittlich 1,5 mm groß.

**Aus welcher Legierung kann ein Motorkolben bestehen?**

Bis auf wenige Ausnahmen, aus einer Aluminium-Silizium-Kupfer-Legierung.

**Was versteht man unter einer eutektischen Kolbenlegierung?**

Eutektisch (Gr.) bedeutet wohlgeformt. Im Fall der Kolbenlegierung bedeutet es, dass beide Bestandteile, nämlich Aluminium und Silizium mit einem Anteil von 12,5%, gleichzeitig bei 577 °C (850 K) erstarren. Es entsteht durch das gleichzeitige Erstarren beider Stoffe ein gleichmäßiges und feines Gefüge.