

Meisterkurs Teil II Kfz- Mechaniker Handwerk



Mechanik

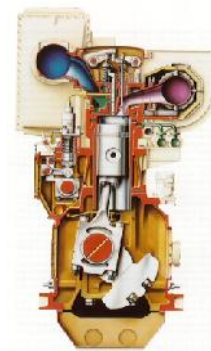
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik Motormechanik Kolbenmaschinen

Themenumfang

Bauformen
Kurbeltrieb
Schwingungsausgleich
Motorsteuerung
Füllgrad / Aufladung




Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik

Kolbenmaschinen
Rotierende Verdränger



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

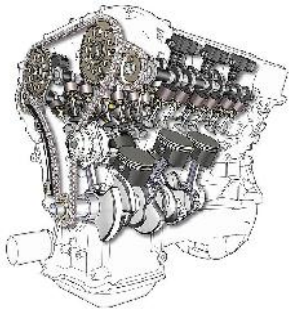
Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bauformen

- Einzylindermotor
- Reihenmotor
- V-Motor
- VR-Motor
- W-Motor
- Boxermotor

- Y-Motor
- H-Motor
- X-Motor
- Sternmotor
- Reihensternmotor
- Mehrfachsternmotor
- Umlaufmotor
- Gegenkolbenmotor
- Taumelscheibenmotor



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Bauformen**Einzylindermotor**

Verwendung: Diesel, Otto 2T, 4T
 Einbaulage stehend, liegend, geneigt

Einfacher Aufbau, kompakt, leicht
 besserer Wirkungsgrad ggü. Hubraumgleichen
 Mehrzylindermotor, da weniger Lager- und
 Reibungsstellen

Ungleichmäßiger Drehmomentverlauf, große
 Schwungmassen erforderlich



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

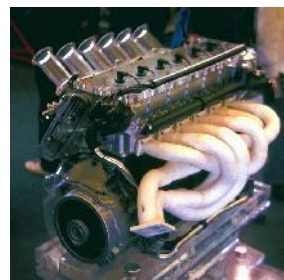
Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Bauformen**Reihenmotor**

Sehr gebräuchliche Bauart mit mehreren
 Zylindern

einfacher Aufbau, kostengünstig herzustellen
 bei 6 und mehr Zylinder keine Massenkräfte
 2ter Ordnung

Großer Platzbedarf je nach Einbaulage
 4-Zylinder sind nicht hinsichtlich der
 Massenkräfte 2ter Ordnung nicht ausgeglichen
 (aufwändige Ausgleichsmaßnahmen erforderlich)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Bauformen

V – Motor

Mehrzylindriger Motor, Zylinder sind in „Bänken“ angeordnet, Bankwinkel abhängig
 Von Zylinderzahl (Massenkräfte), vom Bauraum, etc.

Gleichmäßige Zündabstände begünstigen die Laufruhe ($720^\circ \text{KW} / \text{Zylinderzahl}$)



Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Bauformen

VR – Motor

Kompromiss zwischen V-Motor und Reihenmotor
 Stellung der Zylinder in niedrigem Bankwinkel

Kurze Bauform möglich, da 2 Pleuel auf einen Kurbelwellenzapfen arbeiten können.
 bei niedrigem Bankwinkel gemeinsamer Zylinderkopf möglich



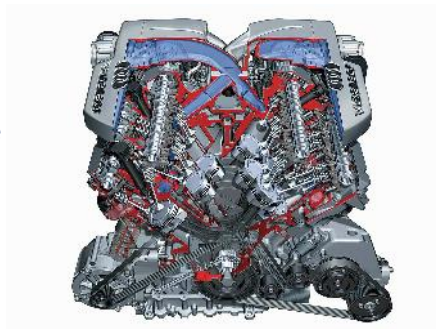
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bauformen

W – Motor

Hohe Zylinderzahl bei kompakter Bauweise, sehr kurze Kurbelwelle, schmale Pleuel
Pleuel
Günstiges Leistungsgewicht

- 2 x V-Reihenbänke
- 2 x VR Bänke



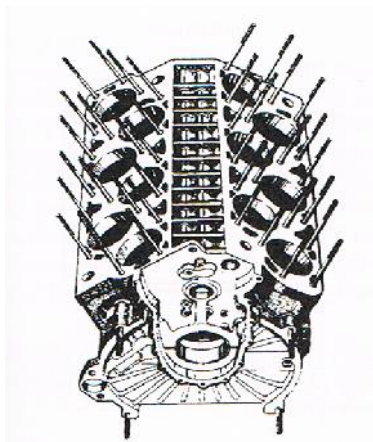
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bauformen

W – Motor

VW 12-Zylinder aus
2 VR Bänken



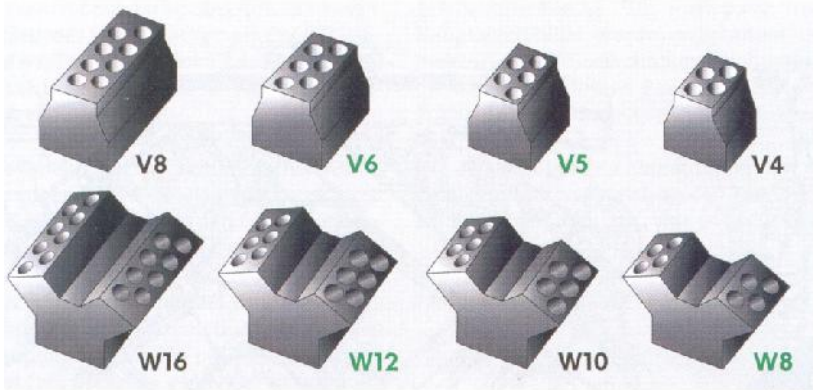
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Bauformen
VW-Konzept

Kurze Bauform, Gewichtsreduzierung

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Bauformen

Boxermotor

Immer mit gerader Zylinderzahl
Bankwinkel 180 °
Unterschied zu 180° V-Motor ist die Pleuelanordnung, hier ein Pleuel auf einen KW-Zapfen (Kröpfungsversatz 180 °)
Kurze Bauform, bei 6 Zylinder alle Massenkräfte (1ter und 2ter Ordnung) gänzlich ausgeglichen

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bestandteile de Kolbenmotors
Kurbeltrieb



Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Umwandlung translatorisch, oszillierender
Bewegung in rotatorische Bewegung

Kolben – Pleuel – Kurbelwelle

Übertragung der Kraft aus Verbrennungsdruck
auf die Kurbelwelle, Erzeugung des
Ladungswechsels

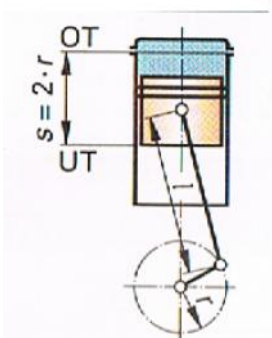


Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Pleuelstangenverhältnis



$$\lambda_{Pl} = \frac{r}{l}$$

Ottomotoren	0,21...0,31
Dieselmotoren	0,22...0,33

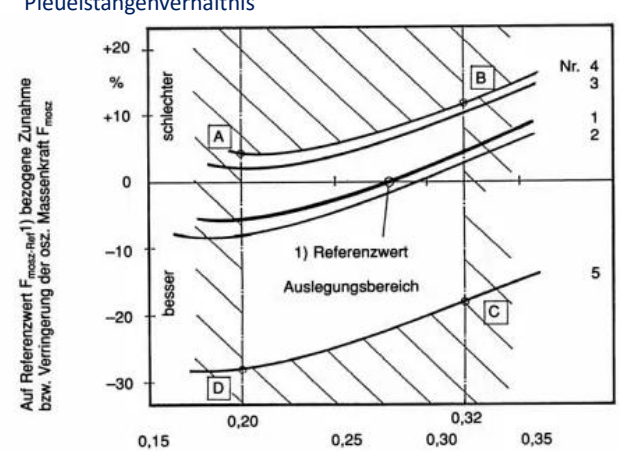
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Pleuelstangenverhältnis



- quadratisches Hub-Bohrungs-Verhältnis
- relativ niedrige Kompressionshöhe (38 % D_K)
- akzeptables Pleuelstangenverhältnis $\lambda_{Pl} = 0,28$
- leichter Kolben nach Stand der Technik ($k = 0,54$)

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Kurbeltrieb
Physikalische Gegebenheiten
Pleuelstangenverhältnis

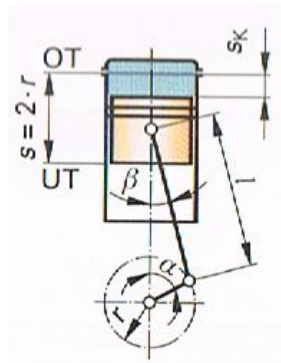
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Triebwerk	Blockhöhe	Hub	Kolbendurchmesser	Kompressionshöhe	Pleuellänge
	L_{Bl} [mm]	s [mm]	D_K [mm]	H_K [mm]	l_{Pl} [mm]
Nr. 1	221,5	101...55	75...101,6	28,5...38,6	142,5...155,4
Nr. 2	233,5	101...55	75...101,6	28,5...38,6	154,5...167,4
Nr. 3	221,5	101...55	75...101,6	33,0...44,7	138,0...149,3
Nr. 4	213,5	101...55	75...101,6	33,0...44,7	130,0...141,3
Nr. 5*	221,5	101...55	75...101,6	25,0...33,9	146,0...160,0

Kurbeltrieb

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Physikalische Gegebenheiten
Kolbenweg



s_K Kolbenweg in mm
 l Pleuelstangenlänge in mm
 r Pleuellagerbolzenradius in mm
 α Pleuellagerbolzenwinkel in °
 β Pleuelstangenwinkel in °

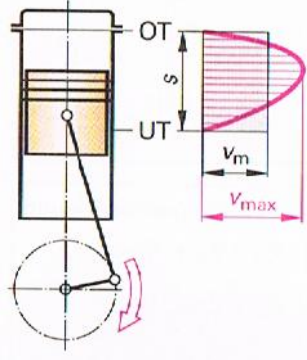
$$s_K = r \cdot (1 - \cos \alpha) + l \cdot (1 - \cos \beta)$$

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Kolbengeschwindigkeit



v_m	mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s
v_{max}	maximale Kolbengeschwindigkeit in m/s
s	Hub in m
n	Motordrehzahl in 1/min

$$v_m = \frac{s \cdot n}{30}$$

$$v_{max} \approx 1,6 \cdot v_m$$

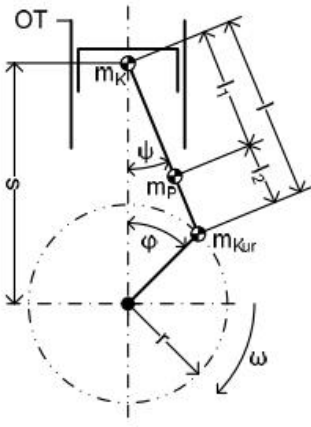
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Kolbengeschwindigkeit

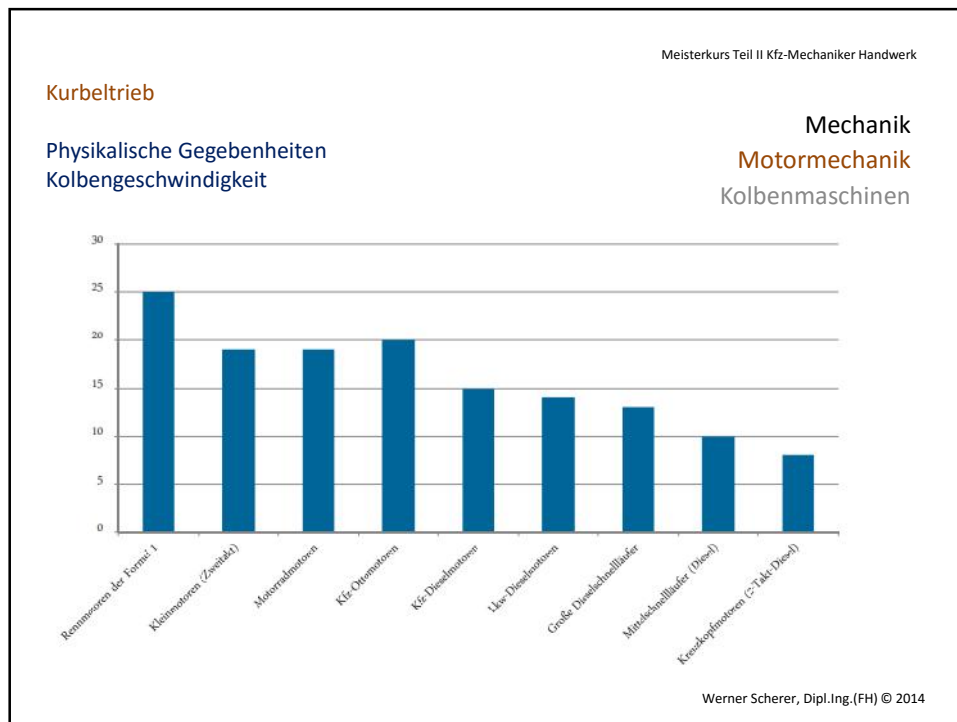


$$\omega = \frac{\pi}{30} \cdot u$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

ω ... Winkelgeschwindigkeit in sec^{-1}
 u ... Drehzahl in min^{-1}
 n ... Drehzahl in sec^{-1}

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Kolbenbeschleunigung

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bei konstanter Winkelgeschwindigkeit ergibt sich für die Kolbenbeschleunigung folgender Zusammenhang:

$$\ddot{s}_{\alpha}(\alpha) = \frac{d^2 s_{\alpha}}{dt^2} = \frac{d^2 s_{\alpha}}{d\alpha^2} \cdot \omega^2 = s''_{\alpha} \cdot \omega^2$$

$$\ddot{s}_{\alpha}(\alpha) = r \cdot \omega^2 \cdot [\cos(\alpha) + \lambda_s \cdot \cos(2\alpha)]$$

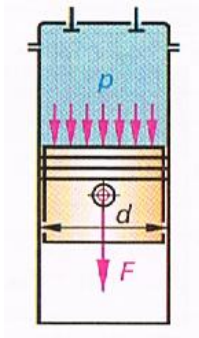
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH), Dipl.Phys. © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Kräfte, Gasdruck und Kolbenkraft



p Druck in N/cm^2
 A Kolbenfläche in cm^2
 d Kolbendurchmesser in cm
 F Kolbenkraft in N

$$F_{max} = A \cdot p_{max}$$

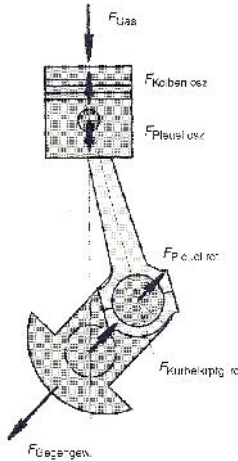
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

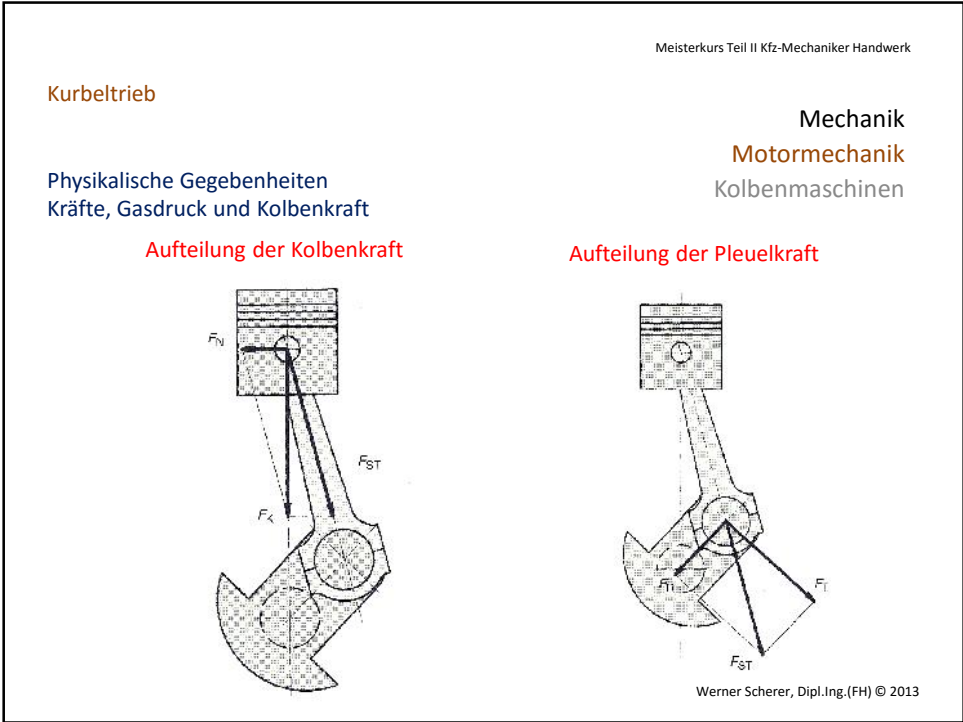
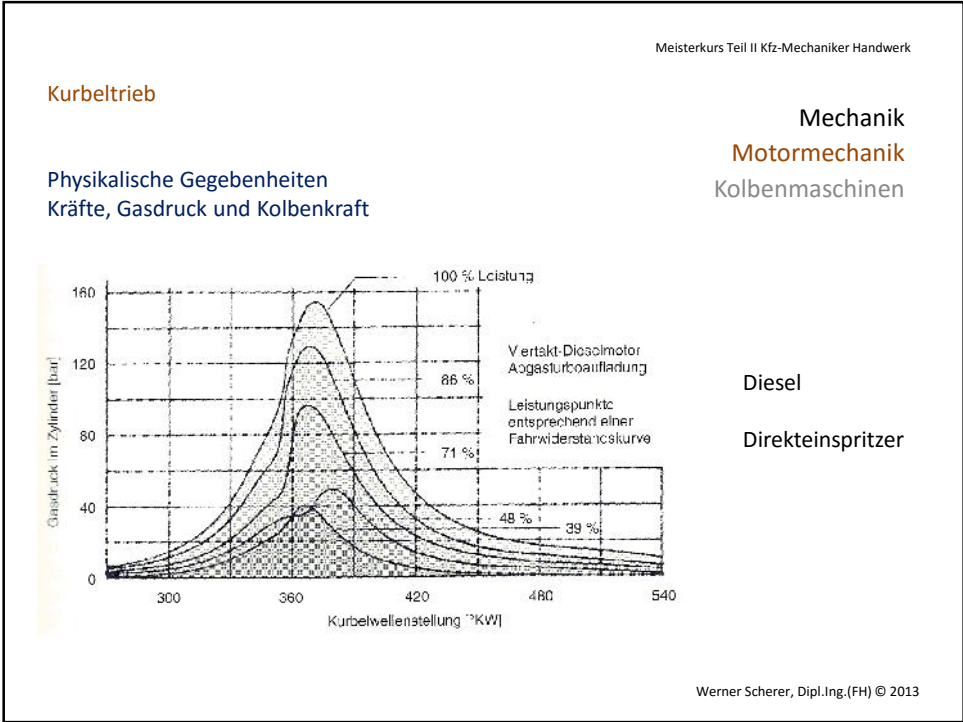
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

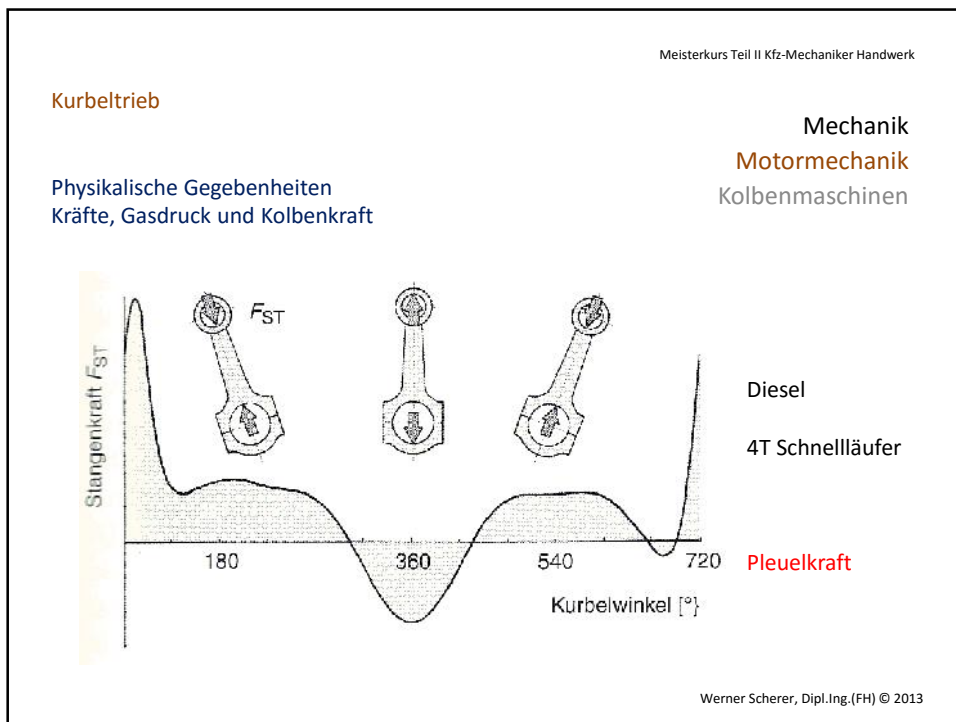
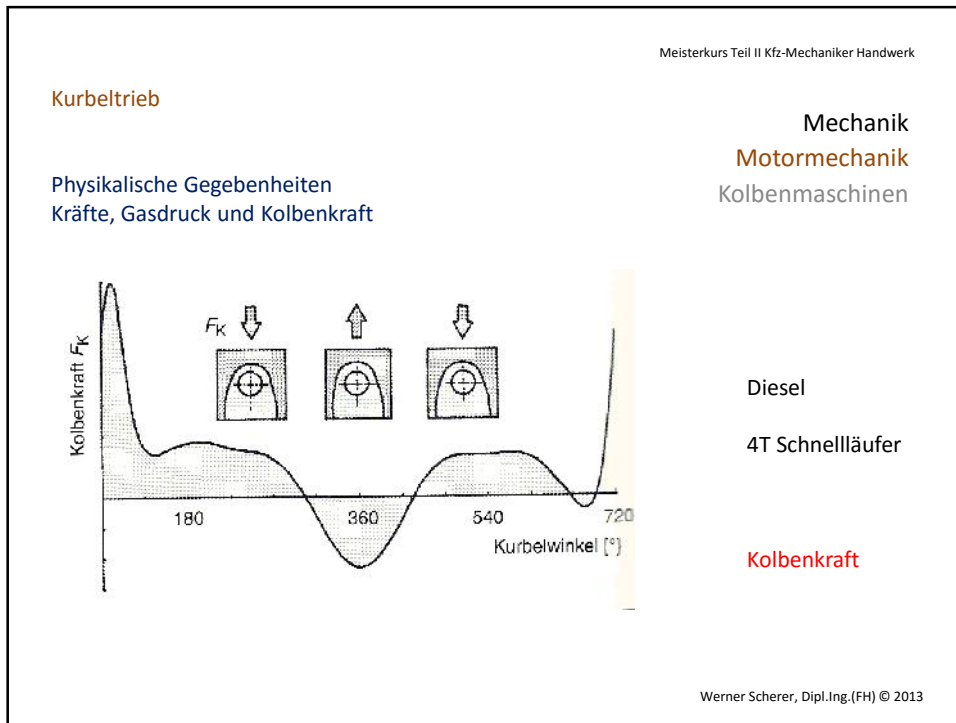
Kurbeltrieb

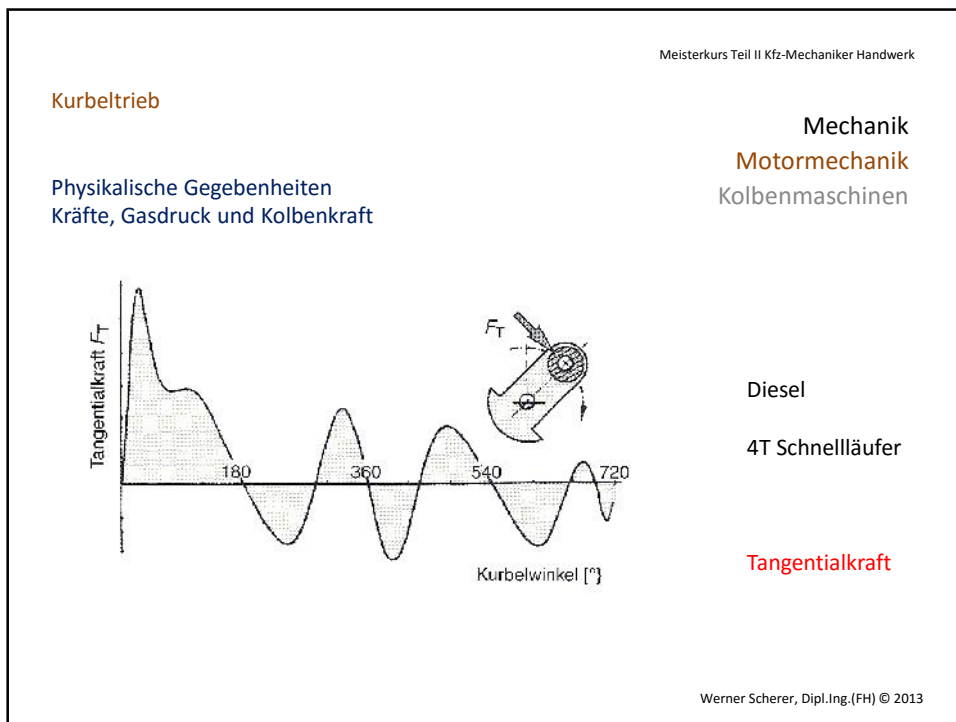
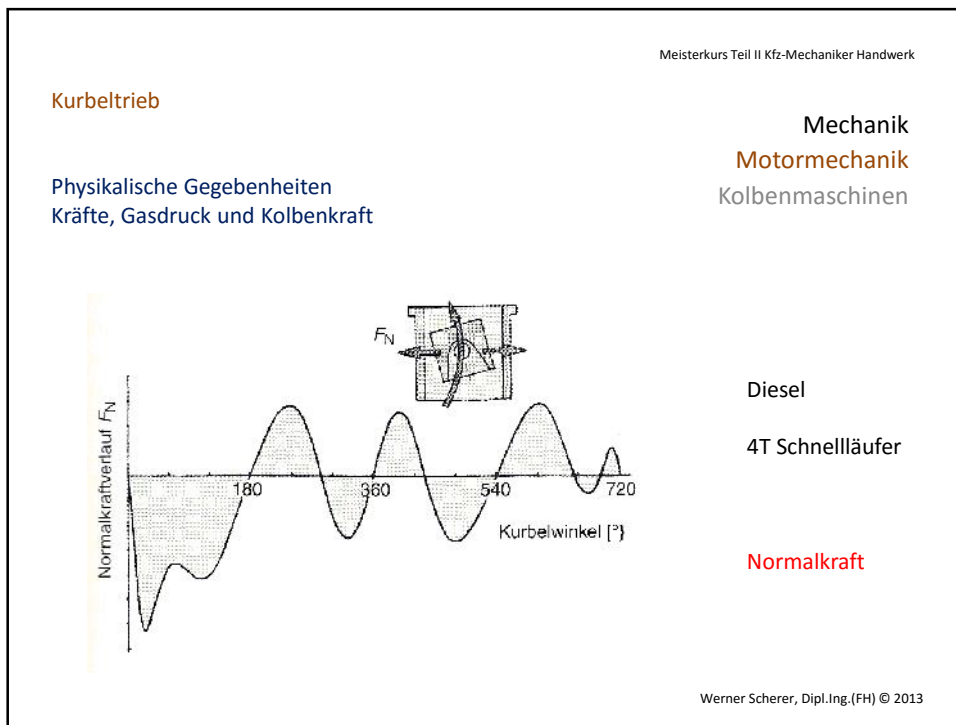
Physikalische Gegebenheiten
Kräfte, Gasdruck und Kolbenkraft

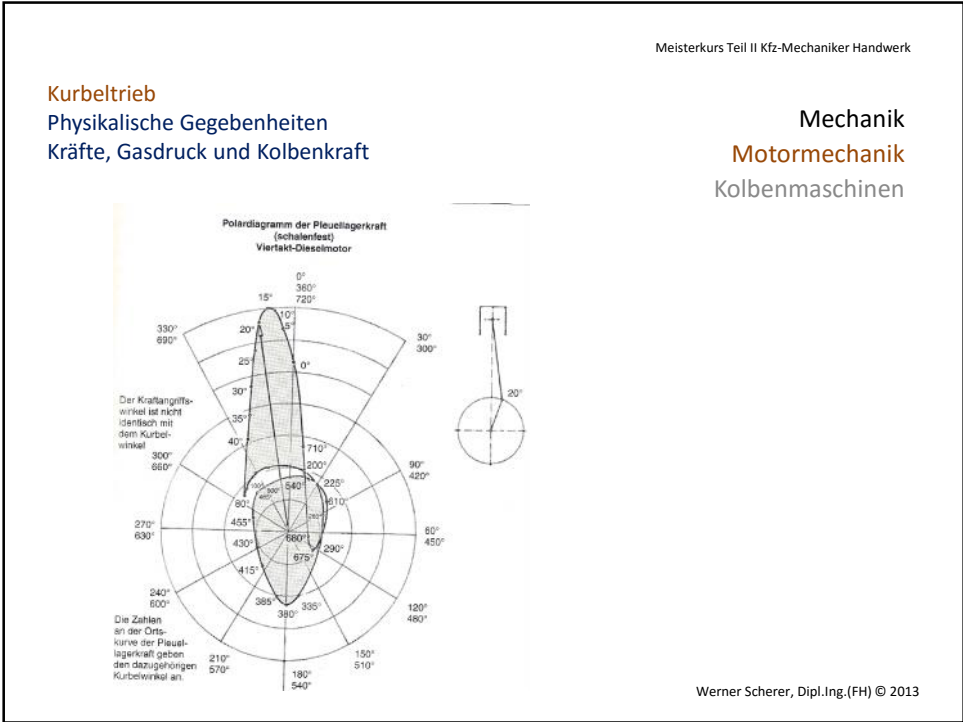
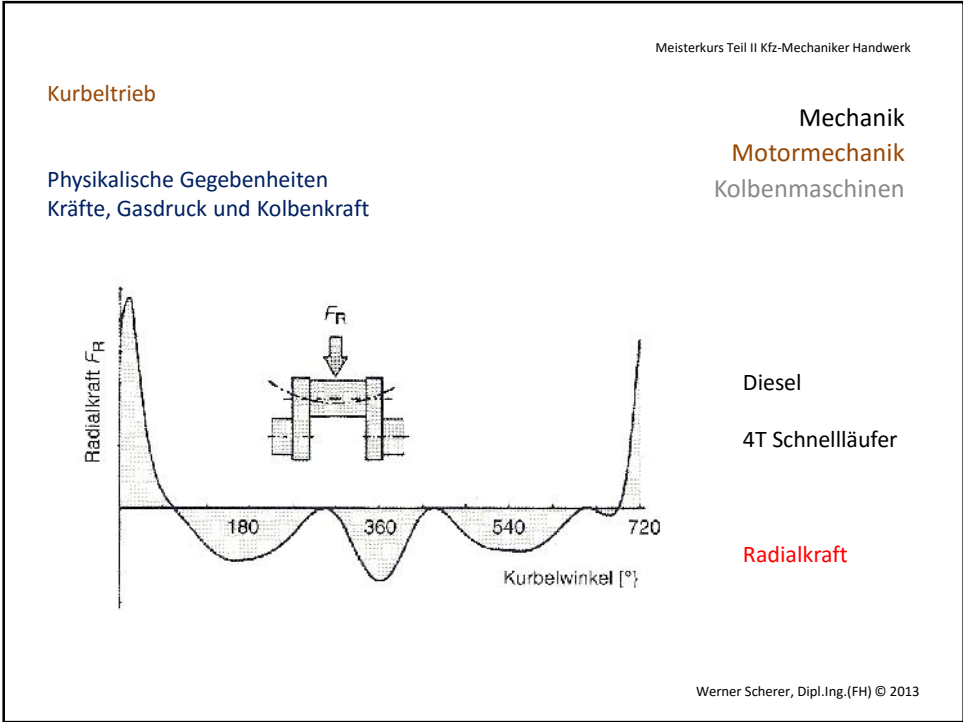


er, Dipl.Ing.(FH) © 2013





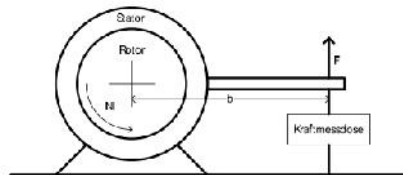




Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Drehmoment und Leistung

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Drehmoment = $Mb = F \cdot b$

Leistung = $Mb \cdot \omega = Mb \cdot 2\pi \cdot n$

Kurbeltrieb

Physikalische Gegebenheiten
Kräfte am Kurbeltrieb

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

- A Kolbenfläche in cm^2
- p Gasdruck in N/cm^2
- F Kolbenkraft in N
- F_N Normalkraft (Seitenkraft) in N
- F_{Pl} Pleuelstangenkraft in N
- F_{rad} Radialkraft in N
- F_T Tangentialkraft in N
- i Pleuelstangenlänge in m
- r Kurbelradius in m
- λ_p Pleuelstangenverhältnis ($\lambda_p = r/l$)
- M Drehmoment in Nm
- α Kurbelwinkel in $^\circ$
- β Pleuelstangenwinkel in $^\circ$

$$F_k = F \cdot \tan \beta$$

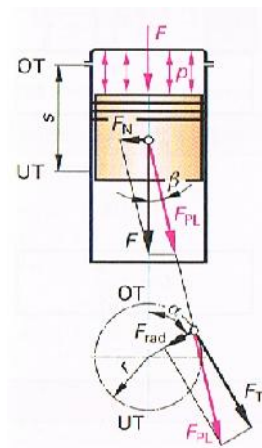
$$F_{Pl} = \frac{F}{\cos \beta}$$

$$F_T = \frac{F \cdot \sin (\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

$$F_{rad} = \frac{F \cdot \cos (\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

$$M = F_T \cdot r$$

$$\sin \beta = \lambda_p \cdot \sin \alpha$$



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb

Bestandteile

Kolben

- Kolbenringe
- Kolbenbolzen

Pleuel

- Pleuellager

Kurbelwelle
Kurbelwellenlager
Schwungrad



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Aufgabe

Beweglicher Teil des Verbrennungsraumes

Aufnehmen des Gasdrucks und Einleitung in die Pleuelstange

Abdichtung gegenüber Verbrennungsraum

Formgebung des Verbrennungsraumes

Moderierung des Gasflusses in der Kompressionsphase

Durchleitung von Wärme

Gaswechselsteuerung (Zweitakter)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik

Motormechanik

Kolbenmaschinen

Betriebsbedingungen	Anforderungen an den Kolben	Lösung Konstruktion	Lösung Werkstoff
<p>Mechanische Belastung</p> <p>a) Kolbenboden/Verbrennungsmulde</p> <p>Otomotoren: Zünddrücke 50–120 bar</p> <p>Dieselmotoren: Zünddrücke 80–230 bar</p> <p>b) Kolbenschaft: Seitenkraft: circa 6–8 % der maximalen Zündkraft</p> <p>c) Kolbenanben: zulässige Flächenpressung temperaturabhängig</p>	<p>Hohe statische und dynamische Festigkeit bei hohen Temperaturen.</p> <p>Hohe Flächenpressung in den Nabenbohrungen.</p> <p>Geringe plastische Deformation.</p>	<p>Genügende Wandstärke, gestaltfeste Bauweise, gleichmäßiger „Kraftfluss“ und „Wärmefluss“.</p> <p>Nabenbuchse, Ferrotherm-Kolbenköpfe aus Stahl oder einteilige Stahlkolben</p>	<p>Verschiedene Al–Si-Gusslegierungen warmausgelagert (T5) oder ausgehärtet (T6), gegossen oder geschmiedet</p> <p>Sondermessing, Bronze, Verzugstahl</p>
<p>Hohe Temperatur im Verbrennungsraum: mittlere Gasstemperatur circa 1.000 °C</p> <p>am Kolbenboden/Muldenkante: 200–400 °C</p> <p>bei Eisenwerkstoffen: circa 350–500 °C</p> <p>an Bolzennabe: 150–260 °C</p> <p>am Kolbenschaft: 120–180 °C</p>	<p>Festigkeit muss auch bei hoher Temperatur noch erhalten bleiben.</p> <p>Keanzichen: Warmhärte, Dauerfestigkeit, hohe Wärmeleitfähigkeit, zunderbeständig (Stahl)</p>	<p>Ausreichende Wärmeflussquerschnitte, Kühlkanäle</p>	<p>Wie oben</p>

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik

Motormechanik

Kolbenmaschinen

Betriebsbedingungen	Anforderungen an den Kolben	Lösung Konstruktion	Lösung Werkstoff
<p>Beschleunigung von Kolben und Pleuel bei hoher Drehzahl: zum Teil weit über 25.000 m/s²</p>	<p>Geringes Gewicht, ergibt kleine Massenkräfte beziehungsweise Massenmomente</p>	<p>Leichtbau mit höchster Werkstoffausnutzung</p>	<p>AISI-Legierung, geschmiedet</p>
<p>Gleitende Reibung in den Ringnuten, am Schaft, in den Bolzenlagern. Zum Teil ungünstige Schmierverhältnisse</p>	<p>Geringer Reibungswiderstand, hohe Verschleißfestigkeit (beeinflusst Lebensdauer), geringe Neigung zum Fressen</p>	<p>Ausreichend große Gleitflächen, gleichmäßige Druckverteilung. Hydrodynamische Kolbenformen im Schaftbereich. Nutarmierung, Ölversorgung</p>	<p>AISI-Legierungen, Schaft verzinkt, graphitiert, beschichtet, Nutenbewehrung durch eingegossenen Ringträger</p>
<p>Anlagewechsel von einer Zylindersseite zur anderen (vor allem im Bereich des oberen Totpunktes)</p>	<p>Geräuscharm, kleines „Kolbenkippen“ bei kaltem und warmem Motor, geringe Kavitationsanfälligkeit, kleine Aufschlagimpulse</p>	<p>Geringes Laufspiel, elastische Schaftgestaltung mit optimierter Kolbenform, Desachsierung der Nabenbohrungen</p>	<p>Niedrige Wärmeausdehnung. Eutektische oder übereutektische AISI-Legierungen</p>

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

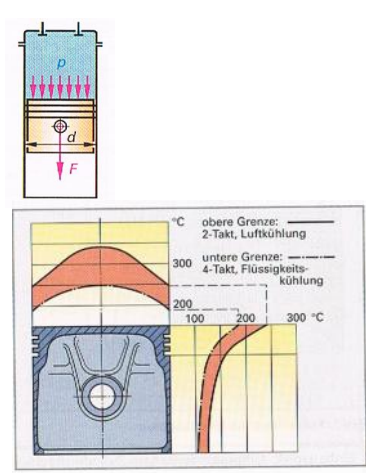
Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben

Beanspruchungen
Verbrennungsdruck
Ottomotor 40-60 bar
bei Bohrung 80 mm → 30KN

Thermische Belastung
Temperatur am Kolbenboden
Temperatur am Kolbenschaft

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



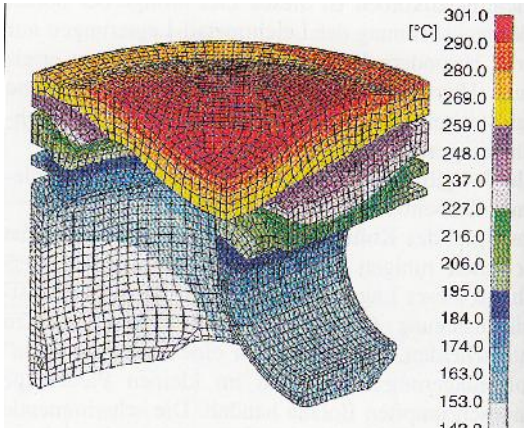
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

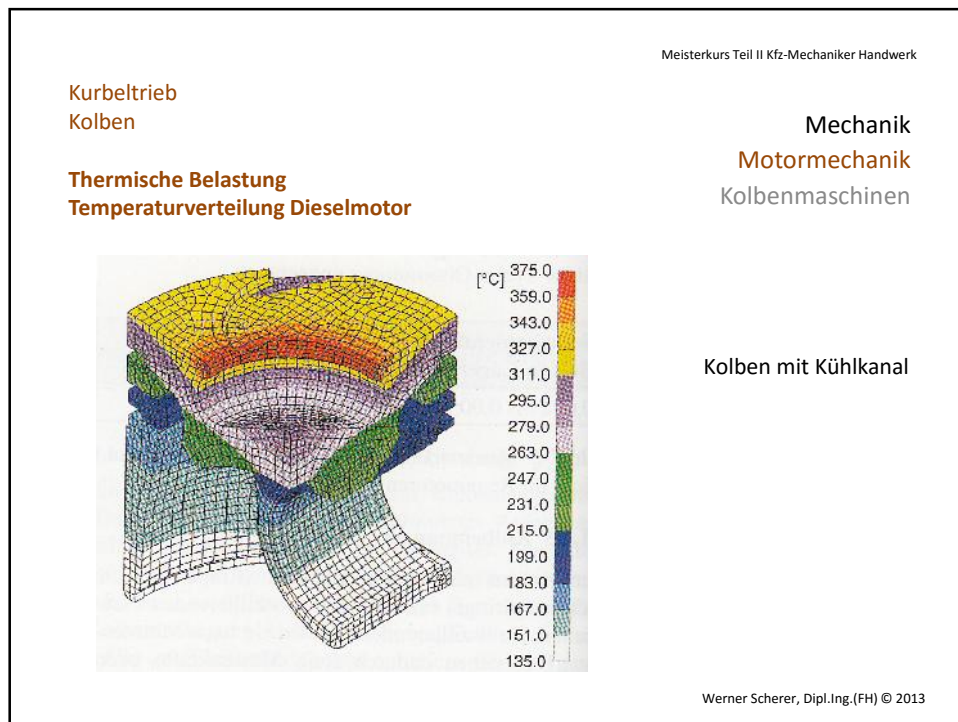
Kurbeltrieb
Kolben

Thermische Belastung
Temperaturverteilung Ottomotor

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Thermische Belastung

Motorbedingungen	Änderung der Motorbedingungen	Änderung der Kolbentemperatur in der Nut 1
Wasserkühlung	Wassertemperatur 10 °C	4 bis 8 °C
	50 % Frostschutz	+5 bis 10 °C
Schmieröltemperatur (ohne Kolbenkühlung)	10 °C	1 bis 3 °C
Kolbenkühlung durch Öl	Spritzdüse im Pleuefuß	-8 bis 15 °C einseitig
	Normale Spritzdüse (Standdüse)	-10 bis 30 °C
	Kühlkanal	-25 bis 50 °C
	Kühlöltemperatur 10 °C	4 bis 8 °C (auch Muldenrand)
Mitteldruck ($n = \text{konst.}$)	0,1 MPa	5 bis 10 °C (Muldenrand 15 bis 20 °C)
Drehzahl ($p_z = \text{konst.}$)	100 1/min	2 bis 4 °C
Zündzeitpunkt, Förderbeginn	1° kW	1,5 bis 3,5 °C
Luftverhältnis Lambda	Lambda = 0,8 bis 1,0	Geringer Einfluss

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Thermische Belastung

Arbeitsverfahren	Belastung		
	Otto	keine Kolbenkühlung niedrig $\approx 40 \text{ kW/l}$	Kolben mit Anspritzkühlung mittel $\approx 65 \text{ kW/l}$
Pkw-Diesel	Anspritzkühlung niedrig $\leq 25 \text{ kW/l}$	Kühlkanalkolben mittel $\approx 35-60 \text{ kW/l}$	gekühlter Ringträger hoch $> 45 \text{ kW/l}$

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Beanspruchungen

Thermische Belastung

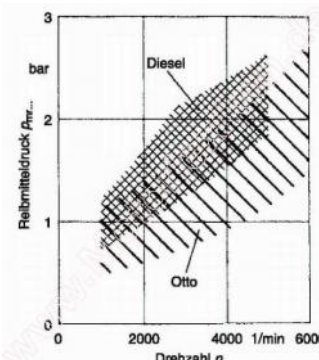
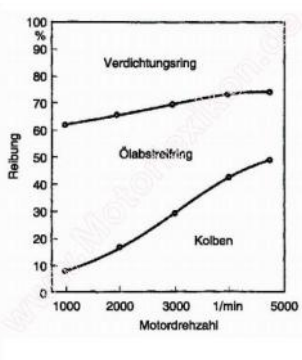
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Beanspruchungen
Reibung

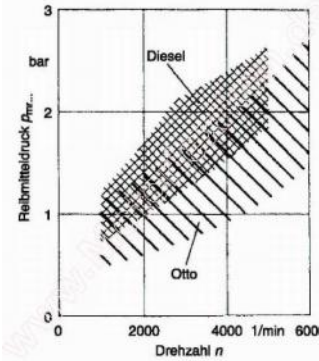
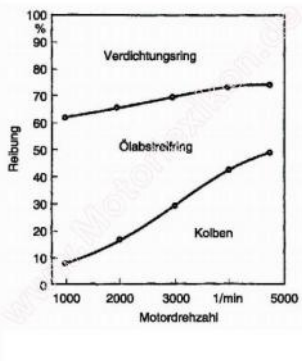
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Beanspruchungen
Reibung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Aufbau

- Kolbenboden (Formgebung)
- Ringzone
- Feuersteg
- Schaft
- Bolzennaben

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Formgebung, Passung

<p>F Feuersteg</p> <p>s Bodendicke</p> <p>ST Ringsteg</p> <p>KH Kompressionshöhe</p> <p>DL Dehnlänge</p> <p>GL Gesamtlänge</p>	<p>BO Nabenbohrungs-\varnothing (Bolzen-\varnothing)</p> <p>SL Schaftlänge</p> <p>UL Untere Länge</p> <p>AA Nabenabstand</p> <p>D Kolbendurchmesser</p> <p>D_{max} max. Muldendurchmesser</p>
--	--

Bild 7-3 Wichtige Begriffe und Abmessungen am Kolben

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben

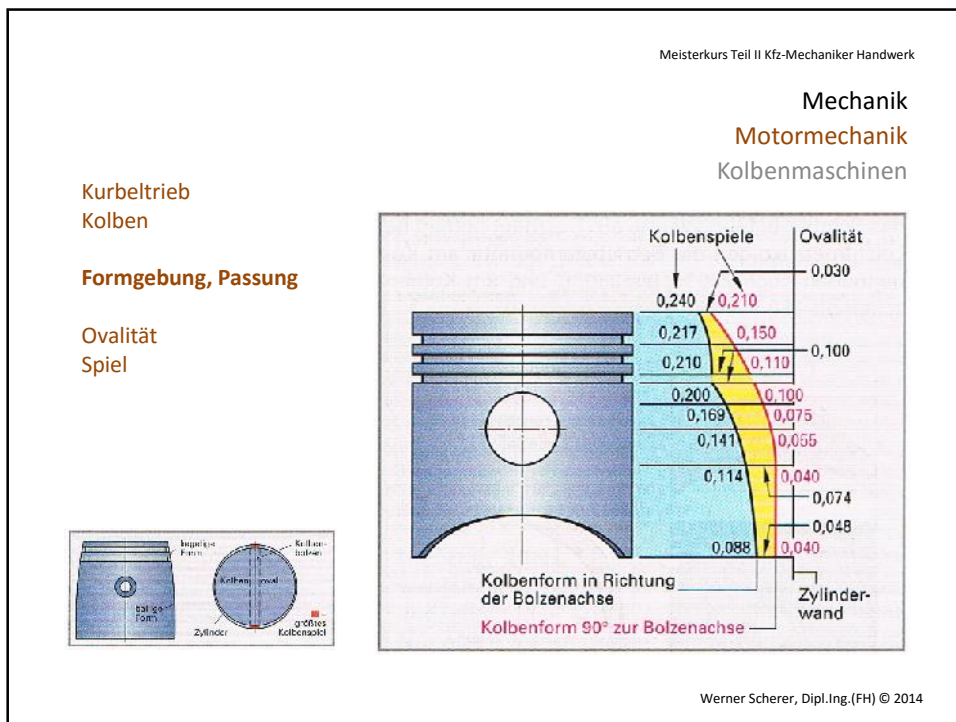
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Formgebung, Passung

	Ottomotoren		Dieselmotoren (Viertakt)
	Zweitakt	Viertakt	Pkw-Diesel
Durchmesser D (mm)	30 ... 70	65 ... 105	65 ... 95
Gesamtlänge GL/D	0,8 ... 1,0	0,6 ... 0,7	0,8 ... 0,95
Kompressionshöhe KH/D	0,4 ... 0,55	0,30 ... 0,45	0,5 ... 0,6
Bolzendurchmesser BO/D	0,20 ... 0,25	0,20 ... 0,26	0,32 ... 0,40
Feuersteg F (mm)	2,5 ... 3,5	2 ... 8	4 ... 15
1. Ringsteg St/D^*	0,045 ... 0,06	0,040 ... 0,055	0,05 ... 0,09
Nutenhöhe für 1. Ring (mm)	1,2 und 1,5	1,0 ... 1,75	1,75 ... 3,0
Schaftlänge SL/D	0,55 ... 0,7	0,4 ... 0,5	0,5 ... 0,65
Nabenabstand AA/D	0,25 ... 0,35	0,20 ... 0,35	0,20 ... 0,35
Bodendicke s/D beziehungsweise s/D_{Mu}	0,055 ... 0,07	0,06 ... 0,10	0,15 ... 0,22**

* Werte bei Dieselmotoren gelten für Ringträgerkolben; je nach Verbrennungsspitzenndruck
** Bei Direkteinspritzern $\sim 0,2 \times$ Muldendurchmesser (D_{Mu})

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Formgebung, Passung

Achsenversatz

$e =$ Desachsierung der Kolbenbolzenachse
 $= \frac{1}{100} \dots \frac{2}{100}$ vom Kolbendurchmesser (etwa 0,5 - 1,5 mm)

Beginn des Seitenkraftwechsels von der Gegendruckseite zur Druckseite des Kolbens

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Formgebung

Achsenversatz

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Formgebung

Achsenversatz

**Einfluss der Kolbenbolzendesaxierung
auf den Anlagewechsel nach Zünd-OT**

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Bauarten

Vollschafkolben
Otto, Diesel, ein Werkstoff

Kastenkolben
Schaft stark verkürzt
Geringe Kompressionshöhe

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

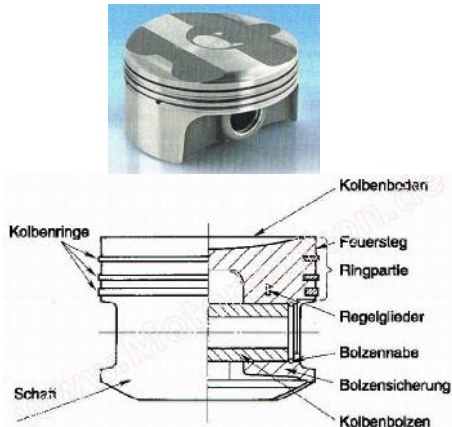
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Bauarten

Geschmiedete Kolben
Hohe Festigkeit, dadurch geringere Wandstärken

Regelkolben
Eingegossene Einlagen aus Stahl, Porzellan, etc.



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten
Rennsportkolben

Opel Formel 3 (2 l - 4V; $p_{me} = 16,8$ bar)



Rennsportkolben
→ Serienkolben der Zukunft

→ Zweiringausführung
→ Niedrige Kompressionshöhe
→ Kurzes Hemd

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014


Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Bauarten

Ringträgerkolben
(ggf. mit Kühlkanal)
Spezielle Lagerung des oberen
Verdichtungsringes



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014


Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

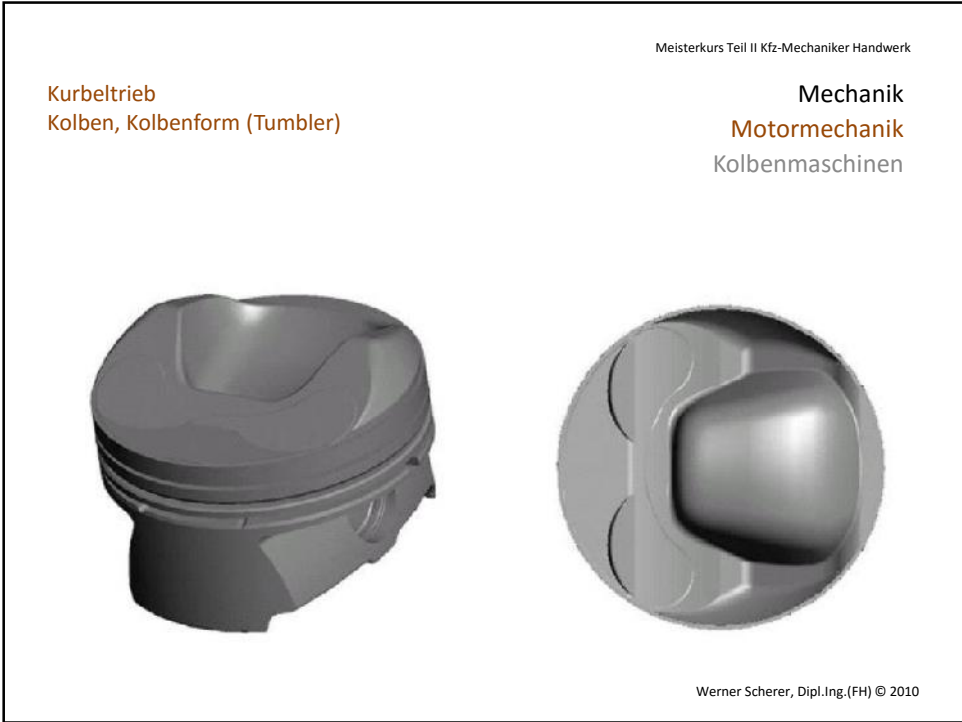
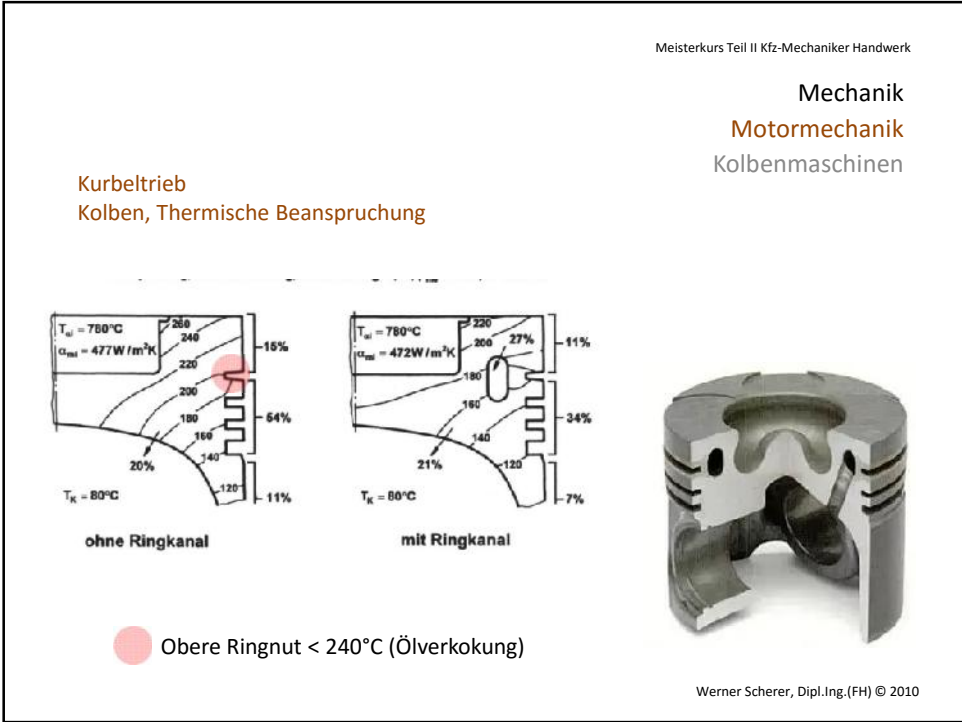
Kurbeltrieb
Kolben

Bauarten

Ringträgerkolben
(ggf. mit Kühlkanal)
Spezielle Lagerung des oberen
Verdichtungsringes




Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben, Kolbenform (Tumbler)

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



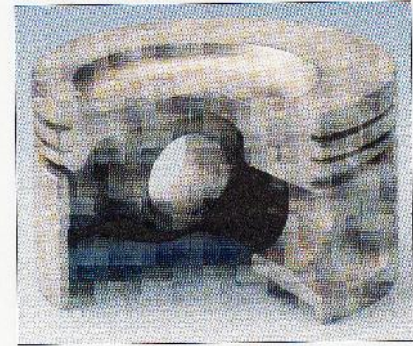
1. Elektromagnetische Einspritzdüse,
2. Kolbenboden mit Doppelnase,
3. Einlasskanal mit Tumble-Klappe,
4. Ansaugluftströmung mit wandgeführtem Luftwirbel (Tumble) zur Zündkerze.

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Hydrothermik - Kolben

Meist Ottomotoren
Schaftprofil nach hydrodynamischen Gesichtspunkten ausgelegt
Regelglied
Schlitz 3. Nut

Laufruhe, Lebensdauer

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Hydrothermatik - Kolben

Meist Saugdiesel

Wie Hydrothermik-Kolben
Kein Schlitz 3. Nut, Wärmefluss
Boden-Schaft relativ unbehindert

Laufruhe, Lebensdauer

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Asymduct – und Evotec Kolben

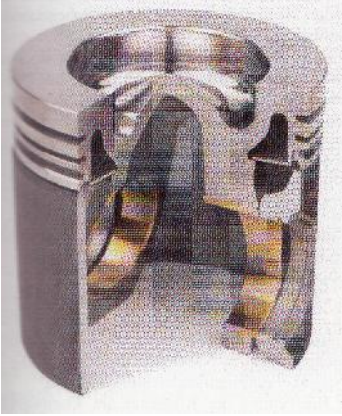
Gegossen oder geschmiedet
Stark gewichtsoptimiert
Keine Regelglieder, flexible
Schaftgestaltung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Ferrotherm - Kolben

Getrennte Führungs- und Abdichtungsfunktion
Kopf und Schaft über Kolbenbolzen verbunden
innerer und äußere Kühlraum, federblech verschlossen (Shakerkühlung)
Niedriger Ölverbrauch
Hohe Oberflächentemperaturen möglich

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kolben
Bauarten

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Monotherm - Kolben

Hochbelastete Nkw-Motore

Einteilig, geschmiedet
Stark gewichtsoptimiert
Kleine Kompressionshöhe

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Laufflächenbeschichtung

Ferro Coating
Eisenbeschichtung, galvanisch aufgebracht

Grafitschicht
Mit Matrixmaterialien aufgebracht

Molybdänbeschichtung

Eloxalschicht

Hartverchromung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Kolbenringe

Verdichtungsringe
Abdichtung des Verbrennungsraumes durch
Überbrücken des Kolbenspiels
Wärmeableitung an Zylinderwand

Ölabstreifringe
Abtragen von überschüssigem Fluid an der
Zylinderwand



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Kolbenringe

Einwirkende Kräfte

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Kolbenringe

Bezeichnungen

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kolben

Kolbenringe

Verdichtungsringe

Ölabstreifringe

Kolbenringform		Kurzzeichen	Einbauvorschrift	Zweck der Form
Querschnitt	Bezeichnung			
	Rechteckring (Kompressionsring)	R	In beiden Richtungen möglich	Einfache Herstellung
	Minutenring	M	Mit „Top“ bezeichnete Ringflanke in Richtung Kolbenboden	Beschleunigung des Einkaufvorganges (meist in der obersten Nut)
	Trapezring (einseitig)	Tr	Konische Ringflanke in Richtung Kolbenboden	Verhinderung des Festwerbens in der Nut
	L-Ring	LR	Großer innerer Ring-Ø in Richtung Kolbenboden bzw. Ringoberkante = Kolbenbodenkante	Verstärkter Anpressdruck durch Verbrennungsdruck
	Nasenring	N	Angezeichneten Winkel in Richtung Schaufel etc.	Zusätzliche Ölabschleifwirkung
	Ölschlitzring (normal)	D	In beiden Richtungen möglich	Abstreifwirkung mit Öldurchlass zum Kolbeninneren
	Schlauchfeder-Ötring (Dachfasenring)	SF	In beiden Richtungen möglich	Höherer Anpressdruck, bessere Abstreifwirkung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik

Verdichtungsringe und Ölabstreifringe

	Der Rechteckring R	ist für Motoren von geringer Drehmoment mit ausserordentlichem Drehmoment geeignet		Der Nasenring N	Serviert beim neuvergebildeten Nockenmechanismus der Abdichtung des Öls aus dem Pleuellager. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der Rechteckring mit geneigter Ringoberkante RV	ermittelt die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Trapezring NM	Beschleunigt durch seine konische Ringflanke die Pleuellagerung und erhöht die Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der Rechteckring mit geneigter Ringoberkante und geneigter Ringunterkante RO	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Trapezring S	Sorgt für einen guten Pleuellagerungs- und Pleuellagerungsdruck.
	Der Minutenring M	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Dachfasenring D	Beschleunigt den Pleuellagerungs- und Pleuellagerungsdruck.
	Der L-Ring L	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Ölsteifring G	erhöht die Pleuellagerung durch seine Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der einseitige Trapezring ET	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Pleuellager-Ölring PSF	erhöht die Pleuellagerung durch seine Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der (Doppel-) Trapezring T	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Pleuellager-Ölring mit Schlauchfeder DSF	erhöht die Pleuellagerung durch seine Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der L-Ring L	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der Ölsteifring mit Ölsteifring SUF	erhöht die Pleuellagerung durch seine Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.
	Der L-Ring L	erhöht die Scherkräfte in der Pleuellagerung und führt zum Pleuellager hin		Der einseitige Stahl-Ölring 3S	erhöht die Pleuellagerung durch seine Pleuellagerung. Top-Ringflanke weist zum Pleuellager hin.

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
 Kolben

Kolbenbolzen

Verbindet Kolben mit dem Pleuel
 Beanspruchung durch Scherkräfte
 Geringe Masse gewünscht
 Stahlqualitäten legierte Stähle, oberflächenhart

Sicherungsring (Seegerring) Drahtsprengring

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
 Pleuelstange

Aufgabe

Verbindung Kolben mit Kurbelwelle
 Überführung oszillierender translatorischer in
 rotatorische Bewegung
 Übertragung aller Energien im Arbeitstakt

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Pleuelstange

Herstellung
Gesenkschmieden

The diagram illustrates the hot-chamber die casting process in three stages:

- Kontakt Werkzeug-Werkstück (1):** A red cylindrical workpiece (Rohteil) is placed in a die consisting of an upper half (Obergesenk) and a lower half (Untergesenk).
- Umformung (2):** A force F is applied, causing the workpiece to expand and fill the die cavity.
- Ausformung (Ende der Umformung) (3):** The force F is maintained, and the workpiece is fully formed within the die.

Legend:

- Red vertical bars: thermische Beanspruchung
- Blue arrows: mechanische Beanspruchung
- Black arrow: tribologische Beanspruchung

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Pleuelstange

Herstellung
Gießen
MP-Verfahren

The diagram illustrates the powder metallurgy (MP) process in three stages:

- Pulver:** A pile of grey powder.
- Grünling gepresst und gesintert:** The powder is pressed into a green compact and then sintered.
- Geschmiedet und fertig bearbeitet:** The sintered part is hot-chamber die cast and then finished.

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
 Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
 Pleuelstange

Beanspruchung

Druck- und Zugkräfte in Längsrichtung

Biegemomente im Schaft durch
 Pendelbeschleunigung

Knickspannung durch Druckkräfte



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
 Motormechanik
 Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
 Pleuelstange

Aufbau

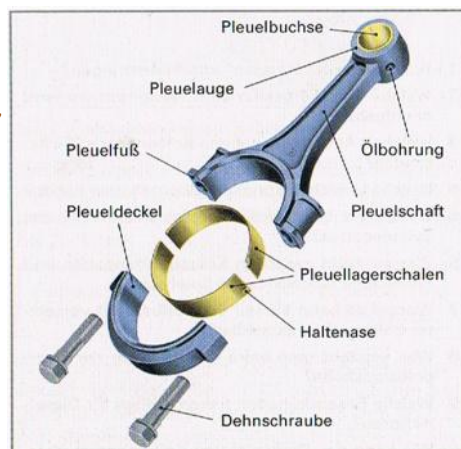
Pleuelauge, nimmt Kolbenbolzen auf, schwimmend und geschumpft möglich

Schaft, Verbindung Auge-Fuß, besondere Anforderungen an Steifigkeit und Knicksicherheit

Fuß, oberer Teil des Pleuellagers zur Kurbelwelle

Deckel, unterer Teil des Pleuellagers zur Kurbelwelle

Fuß und Deckel werden mit Dehnschrauben gefügt, dezidierte Vorspannkraft über Anzugsmoment



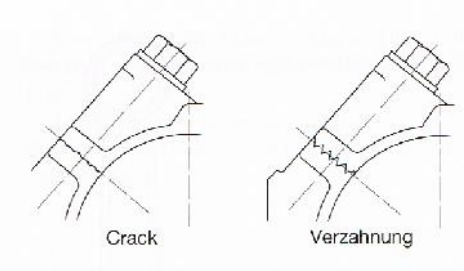
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Pleuelstange

Crackpleuel



Crack Verzahnung

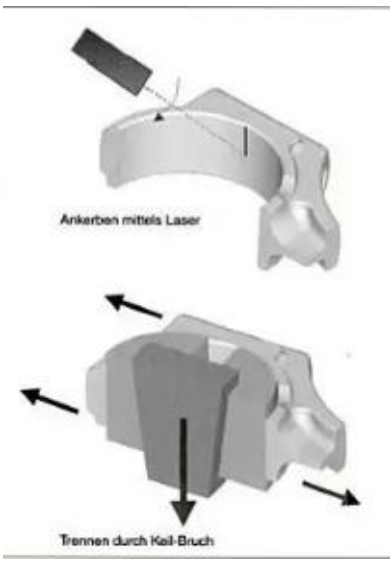
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Pleuelstange

Crackpleuel



Ankerben mittels Laser

Trennen durch Keil-Bruch

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2010

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen


Kurbeltrieb
 Kurbelwelle

Aufgabe

Erzeugung des Drehmoments aus Pleuelkraft

Einleitung in den Antriebsstrang

Antrieb Nebenaggregate



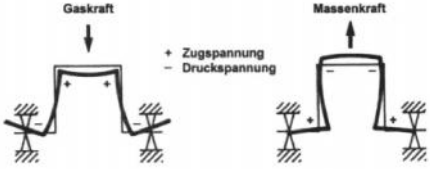
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
 Kolbenmaschinen

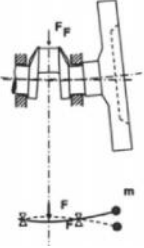
Kurbeltrieb
 Kurbelwelle

Beanspruchung



+ Zugspannung
 - Druckspannung

Biebeanspruchung



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

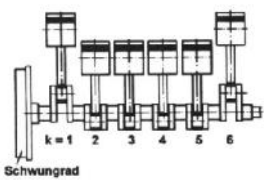
Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

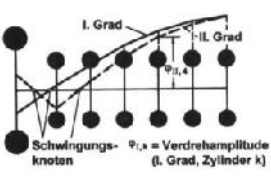
Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Beanspruchung


Realer Kurbeltrieb



Ersatzsystem



$\varphi_{i,a}$ = Verdrehamplitude (I. Grad, Zylinder k)



Drehschwingung

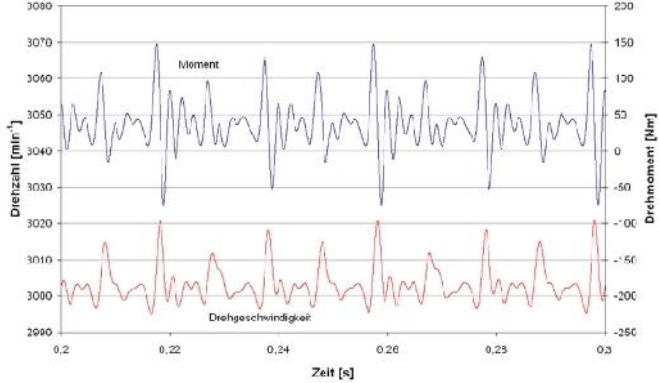
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014


Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Beanspruchung





Drehschwingung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Aufbau

Wellenzapfen
Drehachse der Kurbelwelle, in „Grundlagern“ gelagert

Hubzapfen
Bewegung auf Kreisbahn um die Drehachse, Durchmesser der Kreisbahn = Hub, Aufnahme der Pleuel

Kurbelwangen
Verbindung der Hubzapfen mit den Wellenzapfen, Ausführung als Gegengewicht zur Kompensation der Massenkräfte, rotatorische vollständig, oszillierende zu Teilen



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

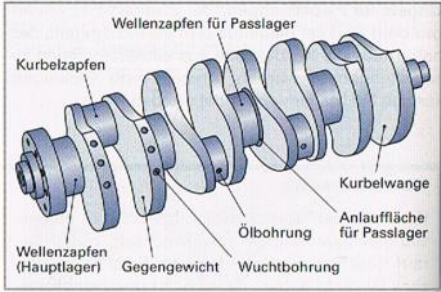
Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

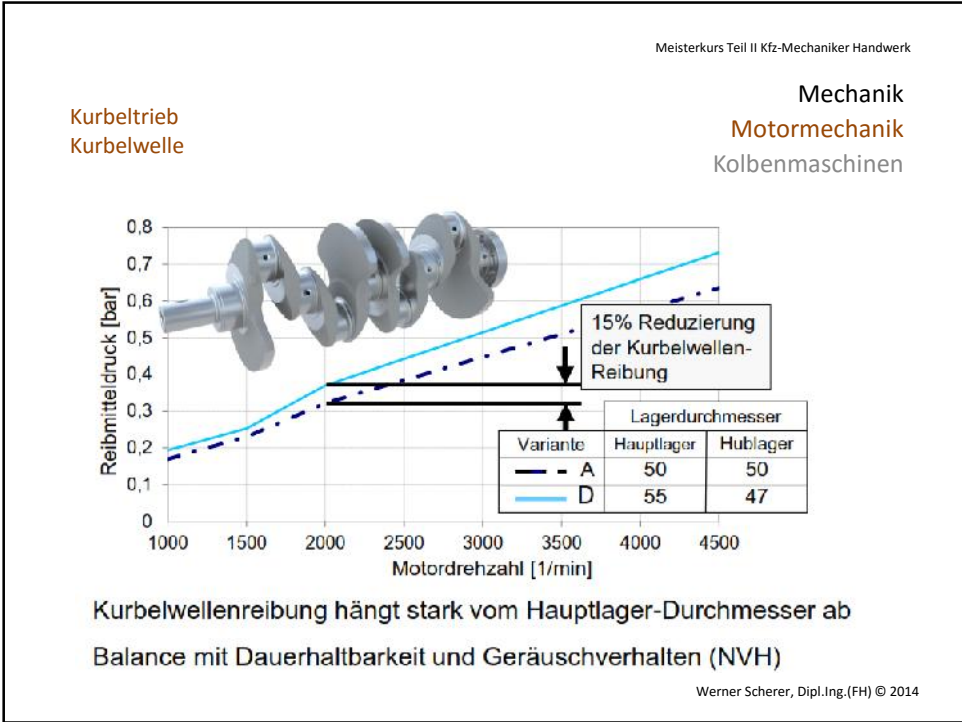
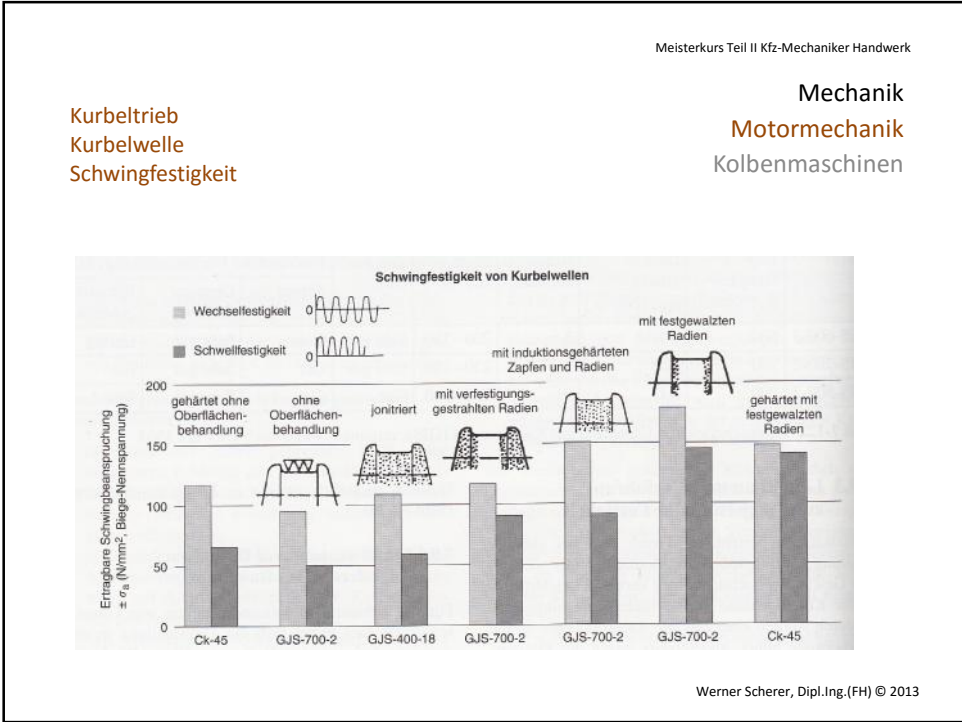
Aufbau

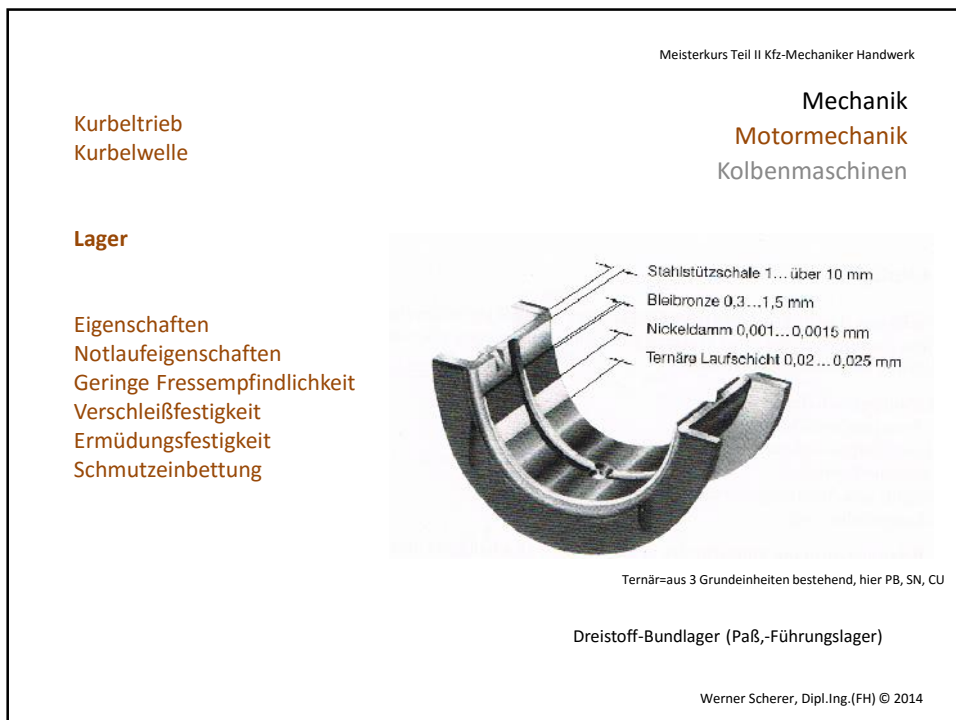
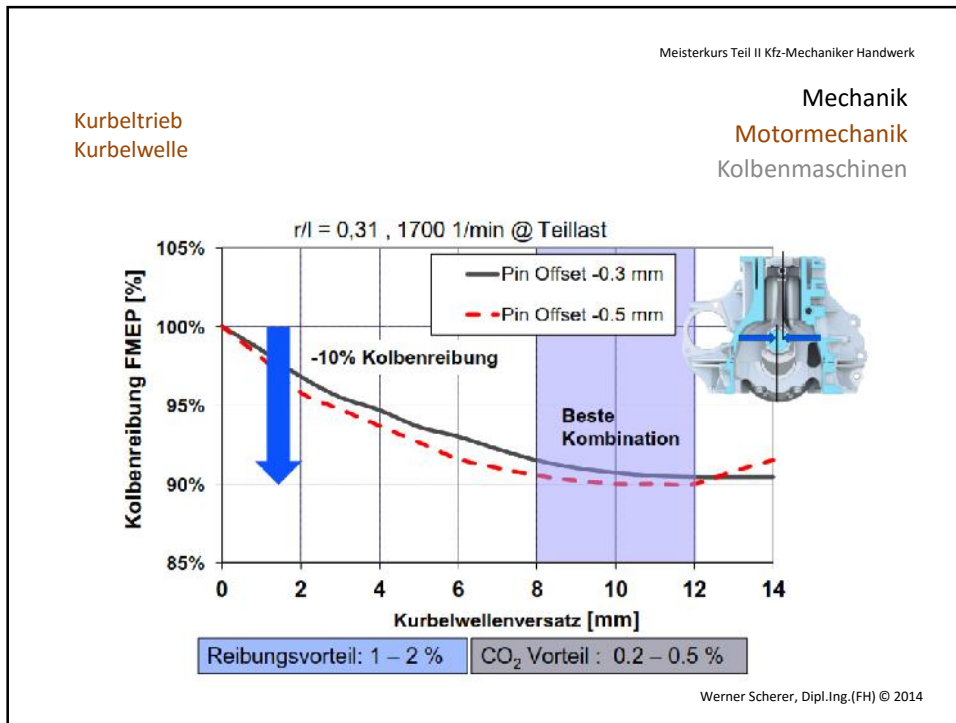
Passlager
Ein Wellenzapfen übernimmt die Längsführung der Kurbelwelle, dazu erhält er seitliche Lagerflächen

Wuchtbohrung(en)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014





Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Lager

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Hochleistungslager

Rillenzlager

Sputterlager

Beschichtet im Plasma (Kathodenstrahlzerstäubung) z.B. 16µ AlSn20 auf AlZn4 Zwischenschicht oder 30µ direkt auf Stahlstützschale

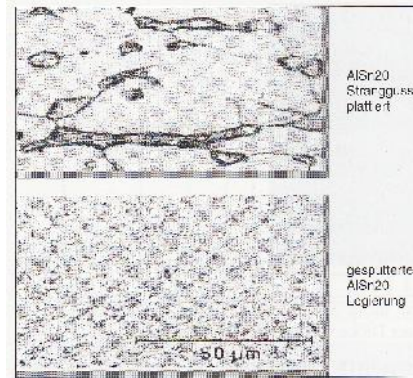
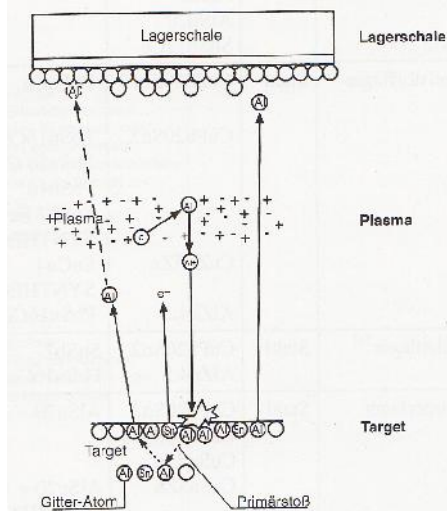
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Kurbeltrieb
Kurbelwelle
Hochleistungslager

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Sputterlager



Gefügevergleich

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Kurbeltrieb
Kurbelwelle
Hochleistungslager

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

	Stützschaale	Lager-Metall	Laufschicht	maximal P_{lager}	Hauptanwendung
Massivlager	keine	CuPb15Sn7 AlSn6	keine	60	Kolbenbolzenbüchsen Anlaufringe, Nockenwellenlager
Zweistofflager	Stahl	CuPb10Sn10 CuPb15Sn7	keine	120	Kolbenbolzenbüchsen, Kipphebelbüchsen
		AlSn6 AlSn20 SnSb12Cu		45 40 20	Anlaufringe, Nockenwellenlager Hauptlager, Pleuellager Nockenwellenlager
Dreistofflager	Stahl	CuPb10Sn10	PbSnCu	90	große Kolbenbolzenbüchsen
		CuPb20Sn2	PbSn16Cu PbSn10 Cu PbSn10 SuSb7 Keramik SYNTHEC	55 65 70 70	Pleuellager, Hauptlager
		CuZn5Zn	SnCu4 SYNTHEC	65 70	
		AlZn4,5	PbSn16Cu2	50	Pleuellager
Rillenger™	Stahl	CuPb20Sn2 AlZn4,5	SnSb7 PbSn16Cu2	50 55	Hauptlager großer Motoren Hauptlager, Pleuellager
		Sputterlager	Stahl	CuPb20Sn2 CuPb10Sn10 CuSn5Zn CuSn5Zn	AlSn20 AlSn20 + SYNTHEC


Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Kurbeltrieb
Kurbelwelle
Hochleistungslager

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

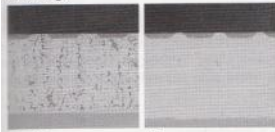
Sputterlager



Stahlstützschale
Wahlweise mit Bleibronze- oder hochfester Aluminiumlegierung als Zwischenschicht oder ohne Zwischenschicht
Laufschicht: AISn₃ Sputter
Sputterschicht: SYNTHETIC
Eintauchschicht

CuSn5Zn Bronze AISn20

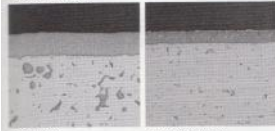
Rillenlager



Stahlstützschale
Je nach Einsatzfall kommen verschiedene Aluminium- oder Bleibronze-Legierungen als Zwischenschicht und verschiedene galvanische Laufschichten zur Anwendung

CuPb20Sn AlZn_{4,5}

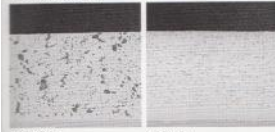
Dreistofflager



Stahlstützschale
Je nach Einsatzfall kommen verschiedene Aluminium- oder Bleibronze-Legierungen als Zwischenschicht und verschiedene galvanische Laufschichten zur Anwendung.
SYNTHETIC Laufschicht als Alternative

CuPb20Sn CuSn5Zn-Synthetic

Zweistofflager



Stahlstützschale
Je nach Einsatzfall kommen verschiedene Aluminium- oder Bleibronze-Legierungen zur Anwendung

CuPb20Sn AISn20Cu

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

Kurbeltrieb
Kurbelwelle
Lager

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Lagermetalle

Weißmetalle, gegossen (DIN-ISO 4381, SAE 12 - 17)

$PbSb_{12}Sn_9Cu$
 $SnSb_2Cu_4, SnSb_{12}Cu_5$

Aluminium: Legierungen, walzplattiert (SAE 770 - 786)

$AlSn_{14}Cu, AlSn_{25}CuMn, AlSn_{20}Cu, AlSn_8Cu$
 $AlSn_{12}Si_4, AlSn_{10}N Mn$
 $AlZn_{4,5}SiPb$

Bleibronzen, gegossen, gesintert
(DIN 1716; DIN-ISO 4382,4-383; SAE 790-798)

$CuPb_{90}$
 $CuPb_{25}Sn_4, CuPb_{20}Sn_2$
 $CuPb_{15}Sn_7, CuPb_{10}Sn_{10}$

Bleifreie Kupferwerkstoffe, gegossen

$CuSn 5 zu 1, CuZn_{23}, CuAl_8, ...$

Laufschichten

Weißmetall, galvanisch (SAE 19, ...)

$PbSn_8, PbSn_{-2}Cu_2, PbSn_{-2}Cu_3, PbIn_9$
 $SuSb_{12}Cu, SuSb_7, SuCu_4$

Synthetische Laufschichten

$PAlMoS_2C$

Al-Legierung, gesputtert

$AlSn_{20}Cu$

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

**Kurbeltrieb
Kurbelwelle
Lager**

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen**

Lagerstelle	Betriebsbedingungen				Konstruktionsgrößen		
	Bewegungsart	Belastungsart	U m/sec	P_{max} N/mm ²	v_{rel} %	B/D ---	P_{rel} N/mm ²
Kurbeltrieb: Kolbenbolzen- büchse	schwenkend	Schwelllast aus Zy- linderdruck oszillie- renden Massen	2-3	70-130	0,8	<1,0	9
Pleuellager	ungleichförmig rotierend, $\sim n$	Schwelllast aus Kolbenbolzenkraft und rotierenden Massen	10-20	50-100	0,5	0,28-0,35	10
Kurbelwellen- lager	rotierend, n	Schwelllast aus benachbarten Pleuel- lagern	12-22	40-75	0,8	0,25-0,32	8
Axiallager	gleitend	Führungskraft, Kupplungskraft, Stoßlast	15-24	<2 Dauer <5 kurz <12 Stoß	--	---	--
Ventiltrieb: Kipphebellager	schwenkend, >0	stoßförmig		60-90	0,7	0,5-0,8	9
Nockenwellen- lager	rotierend, $n/2$	schwellend		20-50			8
Massenaus- gleich	rotierend, $2n$	umlaufend		20-40	1,2	0,3-0,4	>10
Rädertrieb, Kettenräder, Nebenaggre- gats	rotierend	gleichförmig	konstruktiv bedingt				

**Kenngößen für
Lagerstellen**

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2013

**Kurbeltrieb
Kurbelwelle**

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen**

Aufbau

Form

Wird bestimmt durch:

- Anzahl der Zylinder
- Motorbauart
- Anzahl der Hauptlager
- Hub
- Zündfolge

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Aufbau

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bezeichnung	2 Zylinder Reihe ^{1,2,3}	2 Zylinder Reihe ^{1,2,3}	2 Zylinder Boxer ^{1,2,3}	2 Zylinder 45° V ^{1,2,3,4}	2 Zylinder 60° V ^{1,2,3,4}	2 Zylinder 90° V ^{1,2,3,4}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle						
Aufbau der Kurbelwelle	2 Kröpfungen	2 Kröpfungen	2 Kröpfungen	1 Kröpfung	1 Kröpfung	1 Kröpfung
Zündabstände	180° - 540°	360° - 360°	360° - 360°	405° - 315°	420° - 300°	450° - 270°
Allgem. dynamisches Verhalten	brauchbar	brauchbar	brauchbar	mäßig	mäßig	brauchbar
Beurteilung	brauchbar	brauchbar	brauchbar	mäßig	mäßig	brauchbar

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Aufbau

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Bezeichnung	3 Zylinder Reihe ^{1,2,3,5}	4 Zylinder Reihe ^{1,2,3}	4 Zylinder Reihe ^{1,2}	4 Zylinder 2x180° V ^{1,2,3,4}	4 Zylinder Boxer ^{1,2,3}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle					
Aufbau der Kurbelwelle	3x120° Kröpfungen	4 Kröpfungen	2x2 um 90° versetzte Kr.	2 Kröpfungen	4 Kröpfungen
Zündabstände	240° - 240°	180° - 180° - 180° - 180°	Z.T. 90° - 90° - 90° - 90°	180° - 180° - 180° - 180°	180° - 180° - 180° - 180°
Allgem. dynamisches Verhalten	mittel	gut	mäßig	schlecht	gut
Beurteilung	mittel	mittel	mäßig	schlecht	gut

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Aufbau

Bezeichnung	4 Zylinder 2x90° V ^{1,2,3,4}	4 Zylinder 2x90° V ^{1,2,3,4}	4 Zylinder 2x90° V ^{1,2,3,4}	4 Zylinder 60° V ^{1,2,3}	5 Zylinder Reihe ^{1,2,3}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle					
Aufbau der Kurbelwelle	2 Kröpfungen	2 Kröpfungen	2 Kröpfungen, 90° versetzt	2x120° Kröpf., 60° versetzt	5x72° Kröpfungen
Zündabstände	90°-180°-270°-180°	90°-270°-90°-270°	180°-90°-270°-180°	180°-180°-180°-180°	5x144°
Allgem. dynamisches Verhalten	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Beurteilung	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Aufbau

Bezeichnung	6 Zylinder Reihe ^{1,1,1}	6 Zylinder Reihe ^{1,1,1,1}	6 Zylinder 60° V ^{1,1,1,1}	6 Zylinder 60° V ^{1,1,1,1}	6 Zylinder Boxer ^{1,1,1}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle					
Aufbau der Kurbelwelle	6x60° Kröpfungen	6x120° Kröpfungen	6x60° Kröpfungen	3x180° Kröpf., 120° versetzt	6x180° Kröpf., 120° versetzt
Zündabstände	120°-120°-180°-120°-120°-60°	6x120°	6x120°	6x120°	6x120°
Allgem. dynamisches Verhalten	mäßig	gut	mäßig	brauchbar	gut
Beurteilung	mäßig	gut	mäßig	brauchbar	gut

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Aufbau

Bezeichnung	6 Zylinder 3×90° V ^{1*,2,3,5}	6 Zylinder 3×120° V ^{1*,2,3}	6 Zylinder 3×180° V ^{1*,3,5}	7 Zylinder Reihe ^{1,2,3}	8 Zylinder Reihe ^{1,2,3}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle					
Aufbau der Kurbelwelle	3 Kröpfungen, 120° versetzt	3 Kröpfungen, 120° versetzt	3 Kröpfungen, 120° versetzt	7×51,42° Kröpfungen	8×90° Kröpfg., 1×45° versetzt
Zündabstände	150°-90°-150°-90°-150°-90°	6×120°	120°-120°-60°-120°-120°-180°	7×102,86°	90°-90°-90°-90°-45°-90°-90°-135°, Zweitakt: 8×45°
Einfl. veränd. Fahr- u. Lastverh.	gut	brauchbar	brauchbar	brauchbar	brauchbar
Allgem. dynamisches Verhalten	mäßig	schlecht	brauchbar	brauchbar	brauchbar
Beurteilung					

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Aufbau

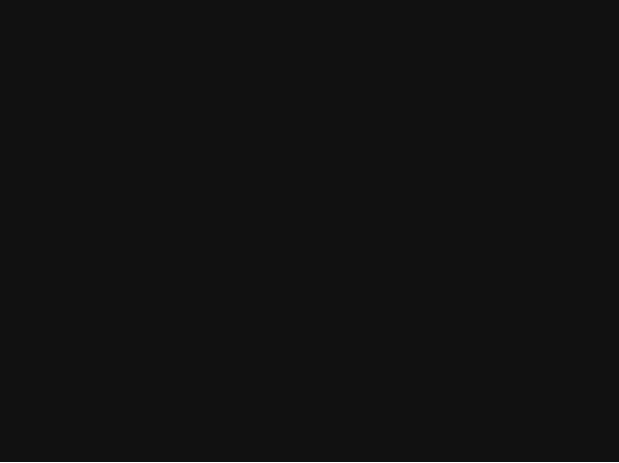
Bezeichnung	8 Zylinder Reihe ^{1,2,3}	8 Zylinder 4×90° V ^{1*,3,4,6}	8 Zylinder 4×180° V ^{1*,3,4}	8 Zylinder Boxer ^{1,2,3}	8 Zylinder 60° V ^{1,2,3}
Kurbelstern I. Ordnung Schemaskizze der Kurbelwelle					
Aufbau der Kurbelwelle	4×180° Kröpfg., 7×90° vers.	4 Kröpfungen, 90° versetzt	4 Kröpfungen, 180° versetzt	4×180° Kröpfg., 90° versetzt	4×30° Kröpfg., 90° versetzt
Zündabstände	8×90°	8×90°	4×180° Doppelzündung	8×90°	8×90°
Allgem. dynamisches Verhalten	brauchbar	gut	mäßig	gut	brauchbar
Beurteilung	brauchbar	gut	brauchbar	gut	brauchbar

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Herstellung




Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen

Kurbeltrieb
Kurbelwelle

Herstellung

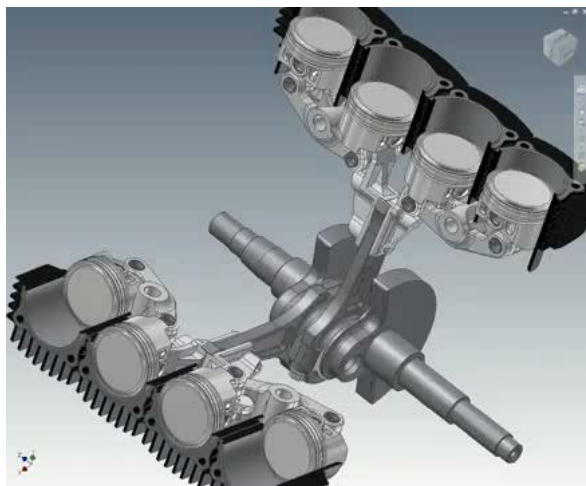


Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kurbeltrieb
Pleuelsystem

Mechanik
Motormechanik
Kolbenmaschinen



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014