



Praktikum zur Vorlesung Verbrennungsmotoren 1 Bachelor Studiengang der MSF

Praktikum 3 Verbrennungsmotorenkolben

Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz

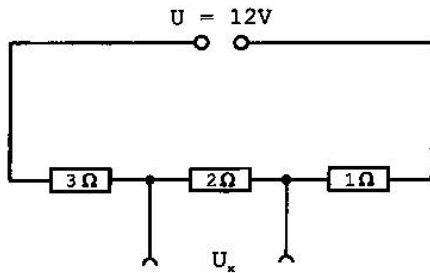
Dr.-Ing. Volker Wichmann

Universität Rostock, Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren



F99 ■■

- 5.32 An drei in Reihe geschaltete Widerstände ist eine Spannung von $U = 12\text{ V}$ gelegt (s. Skizze).



Die Spannung U_x am mittleren Widerstand beträgt

- (A) 2 V
- (B) 4 V
- (C) 6 V
- (D) 12 V
- (E) 24 V

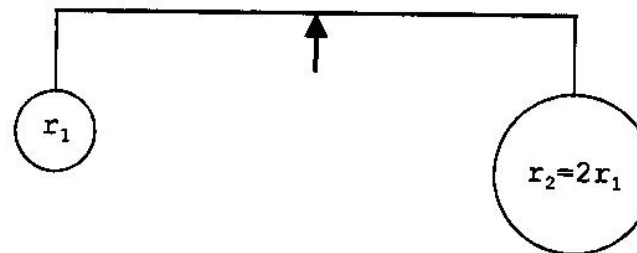
F05 ■

- 6.6 Zwei (sinusförmige) Schwingungen gleicher Frequenz $f_1 = f_2 = 5\text{ Hz}$ haben eine Phasendifferenz (Phasenverschiebung) $\Delta\varphi_0 = \pi/2$. Um welche Zeit Δt sind sie gegeneinander verschoben?

- (A) $\Delta t = 10\text{ ms}$
- (B) $\Delta t = 20\text{ ms}$
- (C) $\Delta t = 50\text{ ms}$
- (D) $\Delta t = 100\text{ ms}$
- (E) $\Delta t = 200\text{ ms}$

F01 ■

- 2.31 An den Enden einer Stange, die in der Mitte unterstützt wird, hängen zwei Kugeln 1 und 2 mit einem Radienverhältnis von $r_1 : r_2 = 1 : 2$.



Wie muss ihr Dichteverhältnis $\rho_1 : \rho_2$ sein, damit die Stange im Gleichgewicht ist?

- (A) $\rho_1 : \rho_2 = 1 : 4$
- (B) $\rho_1 : \rho_2 = 1 : 2$
- (C) $\rho_1 : \rho_2 = 2 : 1$
- (D) $\rho_1 : \rho_2 = 4 : 1$
- (E) $\rho_1 : \rho_2 = 8 : 1$

Quelle:

1.ÄP Physik

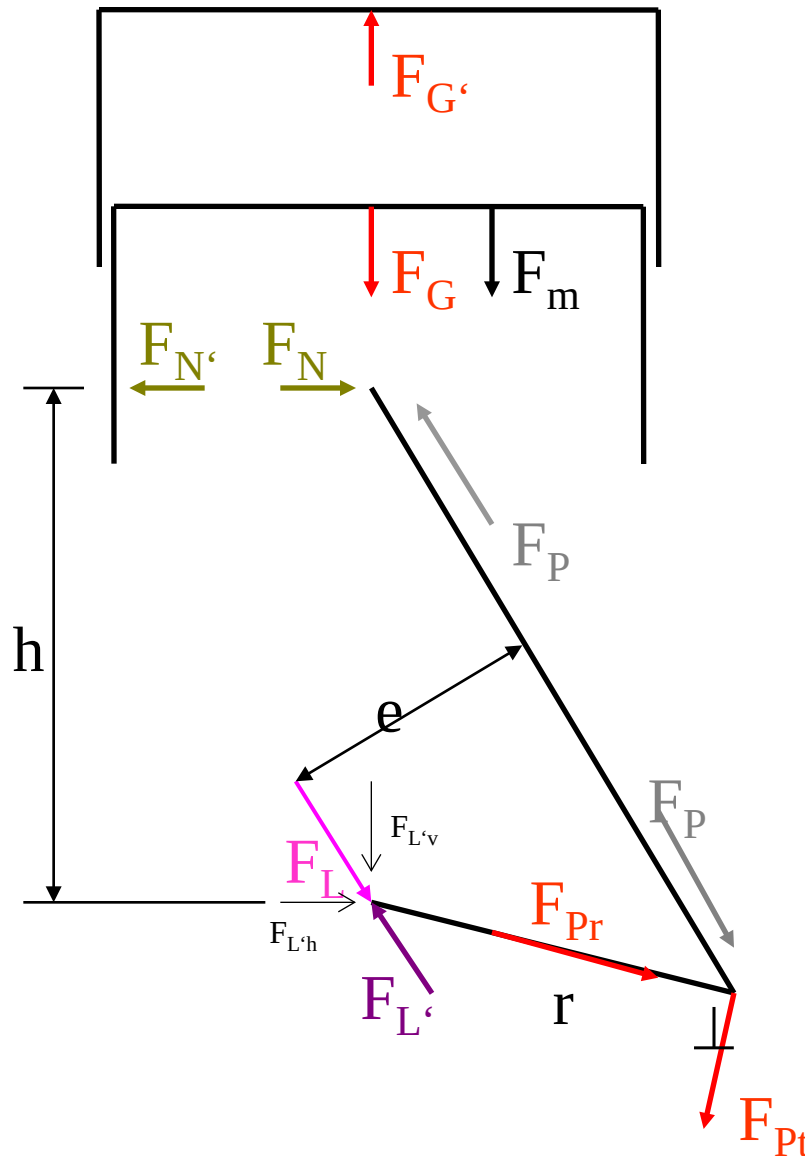
Thieme Verlag 2009

ISBN 9783131149398



Inhalt und Motivation

- Kennenlernen des Kolbens als wesentliches Bauteil einer Hubkolbenmaschine
- Belastungen im Kurbeltrieb
- Unterscheidung der verschiedenen Belastungsarten an Kolben.
- Funktion der Elemente eines Kolbens
- Belastungsrelevante Auslegung
- Berechnung an Beispielkolben
- Zusammenfassung



Kräfte am Kurbeltrieb

$$F_G = (p_z - p_0) \frac{D^2 \pi}{4}$$

$$F_K = F_G + F_m \quad \text{Kolbenkraft}$$

$$\frac{F_{Pt}}{F_K} = \sin \varphi + \frac{\lambda_p}{2} \sin 2\varphi$$

$\lambda_p/2$ wird näherungsweise oft 0 gesetzt

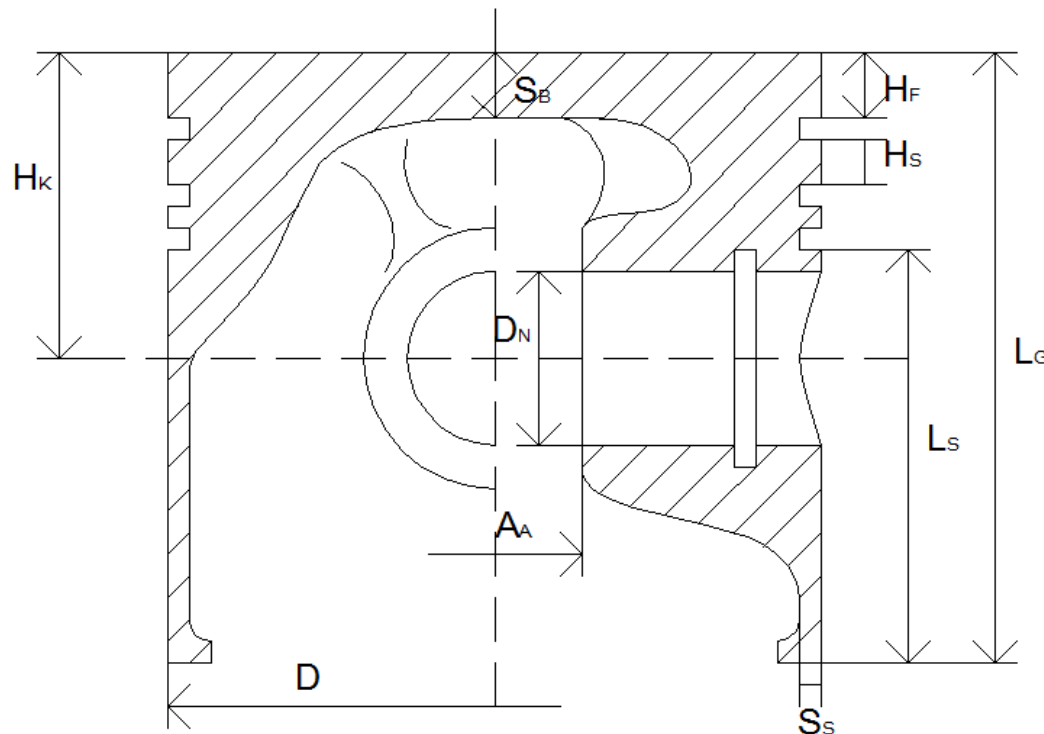
$$M_d = F_P \cdot e = F_{Pt} \cdot r$$



Funktionelle Bauteile des Kolbens

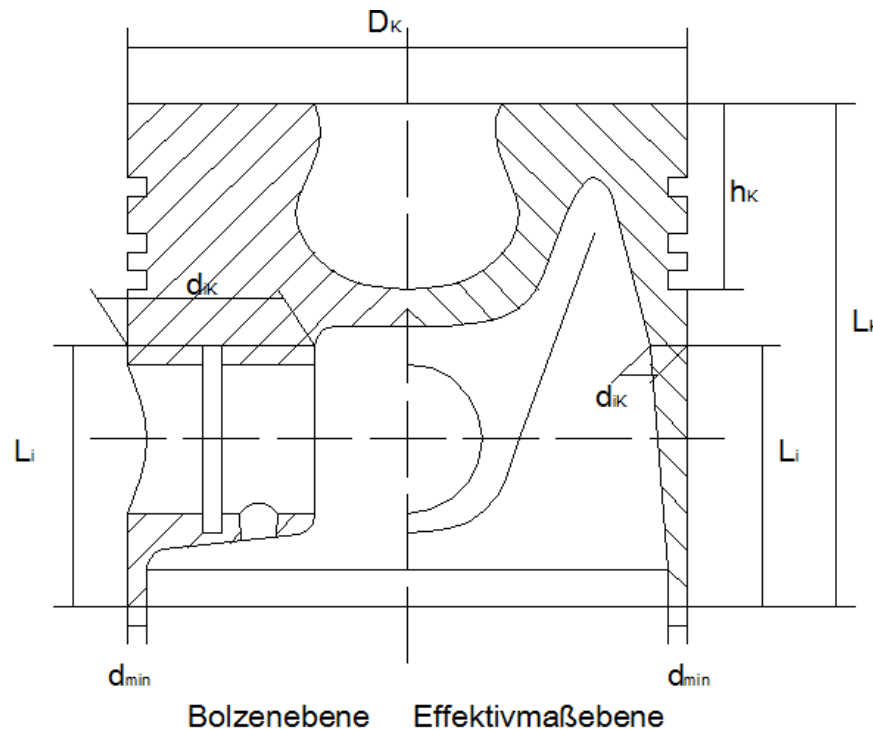
Siehe Tafelbild

Maße und Bezeichnungen am Kolben



- L_G ...Gesamtlänge
- L_S ...Schaftlänge
- H_K ...Kompressionshöhe
- H_F ...Feuersteghöhe
- H_S ...Ringsteghöhe
- S_B ...Bodendicke
- S_S ...Schaftwandstärke
- D_N ...Nabenbohrungsdurchmesser
- A_A ...Augenabstand
- D ...Kolbendurchmesser

Maße und Bezeichnungen am Kolben



DK
hK
LK
Li

Kolbendurchmesser
Kompressionshöhe
Höhe des Kolbens
Länge des
Kolbenhemds

Bild 5.32. Bezeichnungen am Kolben

Tafel 5.7. Zusammensetzung wichtiger Kolbengrößen [5.19]

Bezeichnung	Dieselmotorenkolben	Ottomotorenkolben	
	Viertakt	Viertakt	Zweitakt
Kolbenlänge	$\geq D_K$		$\geq 0,8 \cdot D_K$
Kompressionshöhe	$\geq 0,45 \cdot D_K$	$> 0,3 \cdot D_K \dots 0,7 \cdot D_K$	
Ringfeldhöhe	$\geq 0,375 \cdot D_K$	$\geq 0,18 \cdot D_K$	$\geq 0,14 \cdot D_K$
Feuersteghöhe	$\geq 0,165 \cdot D_K$	$\geq 0,08 \cdot D_K$	$\geq 0,05 \cdot D_K$
Bodendicke (für $n_N w_e \leq 5 \cdot 10^4$)		$0,08 \cdot D_K \dots 0,10 \cdot D_K$	
Bolzenaußendurchmesser	$> 0,33 \cdot D_K$	$> 0,23 \cdot D_K$	$> 0,20 \cdot D_K$
Bolzenlänge	$0,675 \cdot D_K < l_B$	$\leq 0,825 \cdot D_K$	
Nabenabstand	$\leq 0,51 l_B^{1)}$	-	-
Kompressionsringnuthöhe	$> 0,016 \cdot D_K \dots 0,03 D_K$	$> 0,03 \cdot D_K \dots 0,05 \cdot D_K^{2)}$	
Ölringnuthöhe		$0,025 \cdot D_K \dots 0,08 \cdot D_K^{2)}$	
Völligkeitszahl $V_z = D_K^3 / m_K$	0,75...1,1		$> 1,0$
mit D_K in cm, m_K in g ³⁾			
relative Laufflächenbelastung	$< 1,4^4)$	-	-
$p_F = \frac{D_K \cdot w_{s,max}}{L_S \cdot 10^3}$			

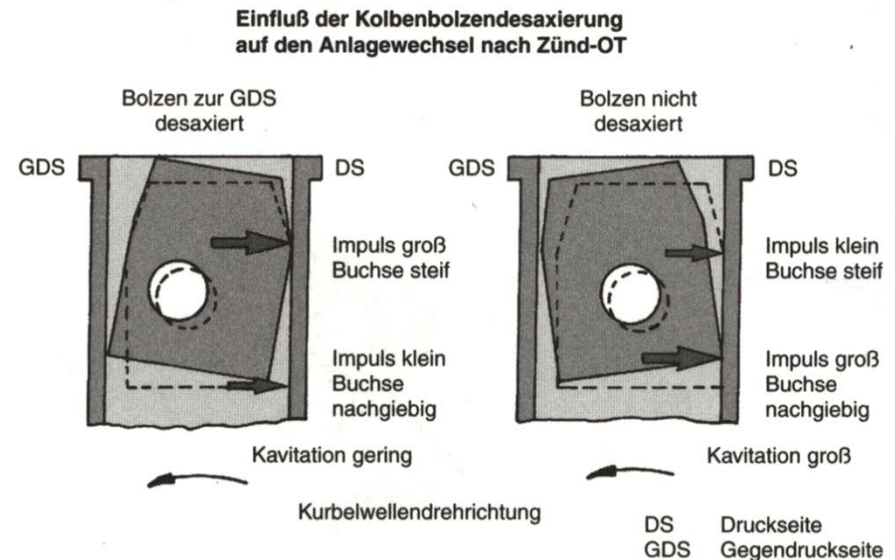
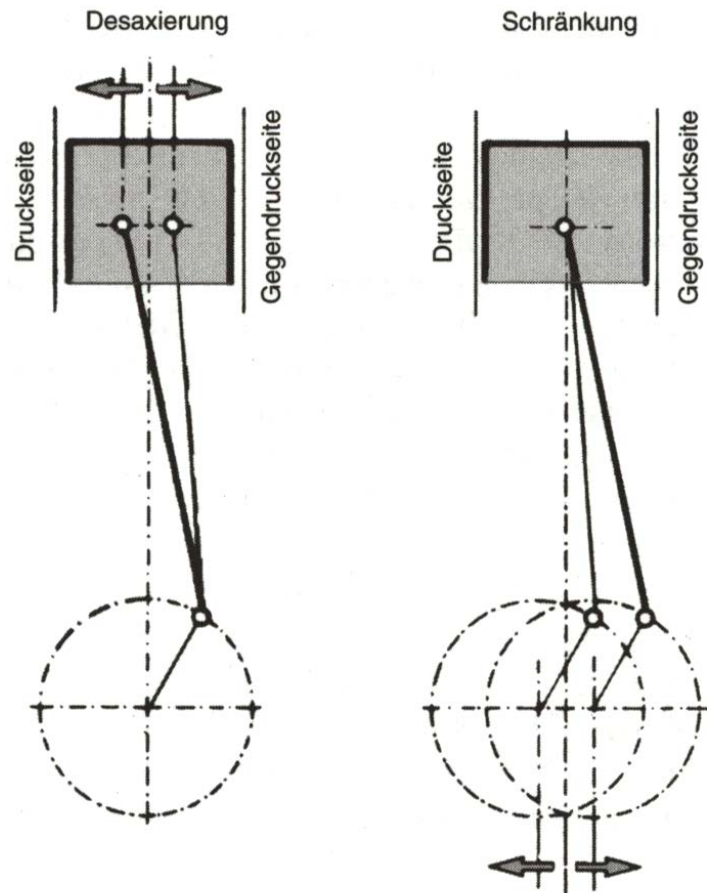
1) in der Bolzenachse gemessen

2) Die größeren Werte sind kleineren Kolbendurchmessern zugeordnet

3) Die Völligkeitszahl V_z gibt an, bezogen auf den Kubus aus dem Kolbendurchmesser, wie viele Volumeneinheiten für 1g Masse des kompletten Kolbens notwendig sind. Größere Werte sind günstiger. In der internationalen Literatur ist auch $1/V_z$ bekannt

4) für schnelllaufende Dieselmotoren $< 1,05$

Geometrische Anpassung des Kurbeltriebs

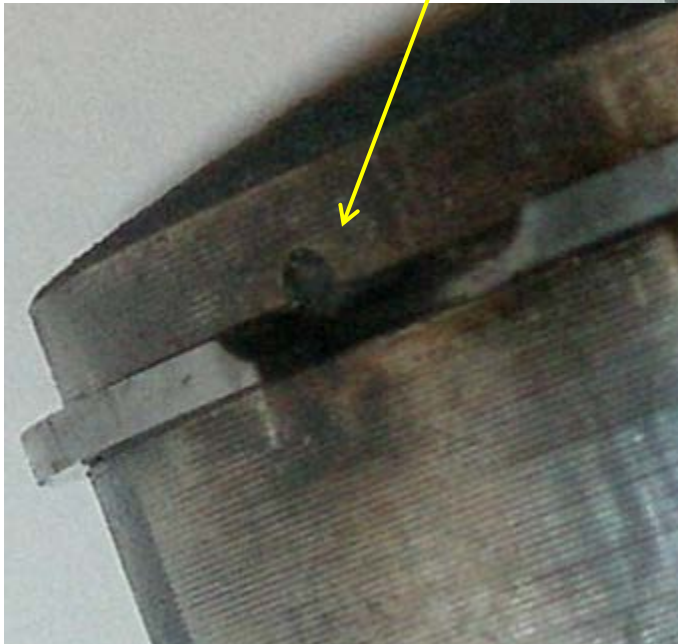


Kolbenbolzen Desaxierung



Quelle: img512.imageshack.us

Sicherung des
Kolbenringes
gegen
Das Verdrehen



Dieselmotorenkolben
Indirekt Einspritzung
Wirbelkammer
4 Ventile
Älter Bauart:
Sehr lang
4 Kompressionsringe
1 Ölabstreifring unten
Statinärmotor



Dieselmotorenkolben
Direkteinspritzung
4 Ventile
Eingegossene Ringträger
Anspritzkühlung
symmetrisch
Lokomotivmotor
weite Mulde



Quelle: www.stockphotopro.com

Dieselmotorenkolben
Direkteinspritzung
2 Ventile
Eingegossene Ringträger
Anspritzkühlung
unsymmetrisch
PKW



Quelle: www.tuningfibel.de

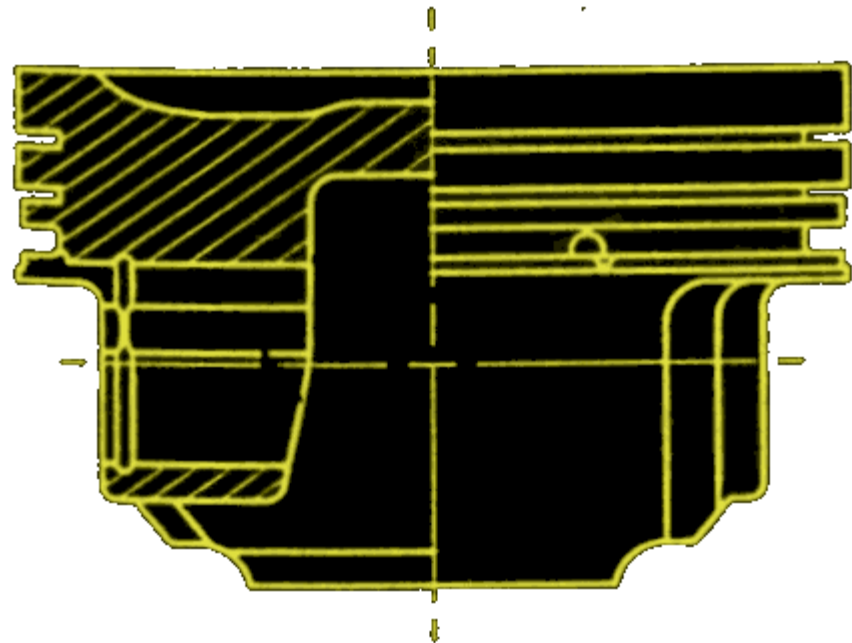


Dieselmotorenkolben
Direkteinspritzung
4 Ventile
Eingegossene Ringträger
Anspritzkühlung
symmetrisch Traktor



FOTO. Uni Rostock , John Deere MOTOR HL 6068

Ottomotorenkolben PKW



Quelle: www.corsafan.de

Ottomotorenkolben PKW TFSI



Strahl-
geführt

Ottomotorenkolben PKW TSI direkte Einspritzung alter



Wand-
geführt

Ottomotorenkolben PKW 4 Takt



Quelle: thumbs3.ebaystatic.com

Ottomotorenkolben
PKW
2 Takt
Schlitzsteuerung



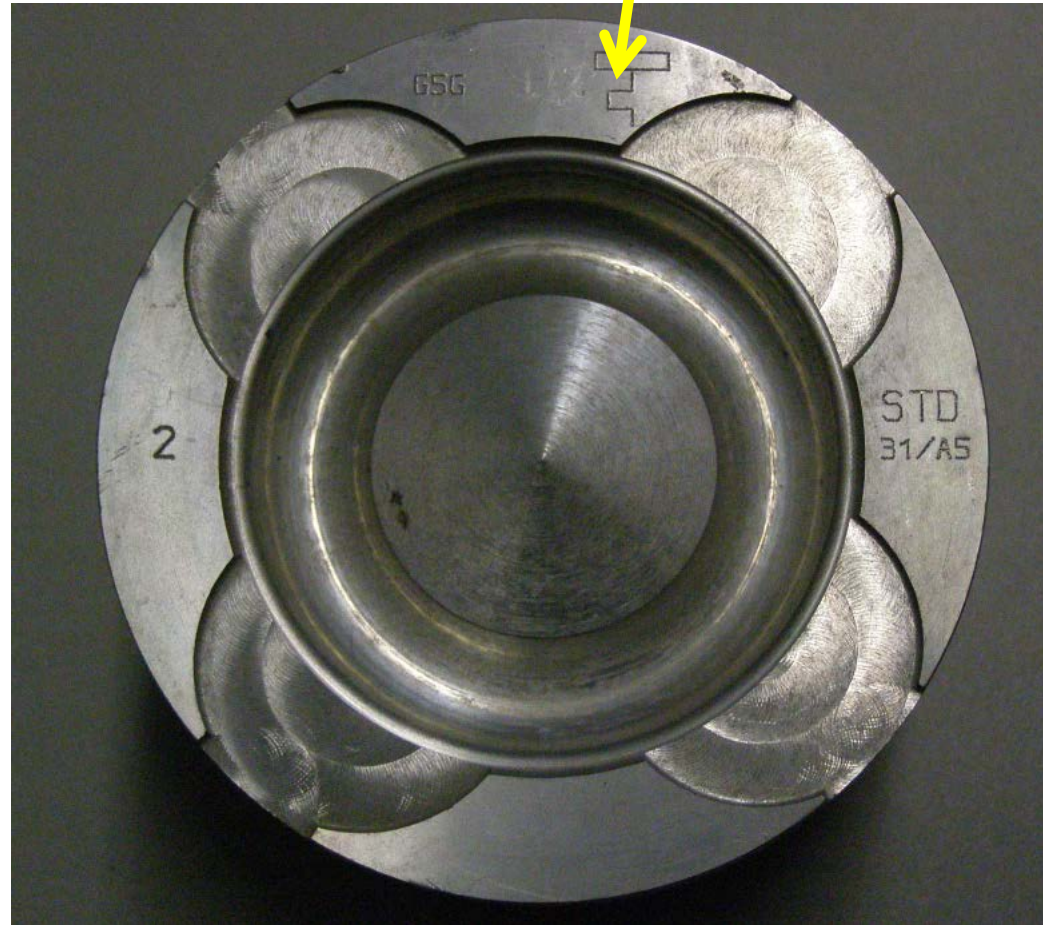
Quelle: www.ldm-tuning.de

Dieselmotorenkolben
Schweröl
4 Takt
drallfrei
Gemischbildung nur
über Einspritzimpuls



Dieselmotorenkolben
Diesel LKW
4 Takt
drallarm
Gemischbildung
über Einspritzimpuls

Einbauhinweis



Vergleich Aluminium und Stahlkolben im PKW

Stahlkolben - reduzierte Wärmeleitung

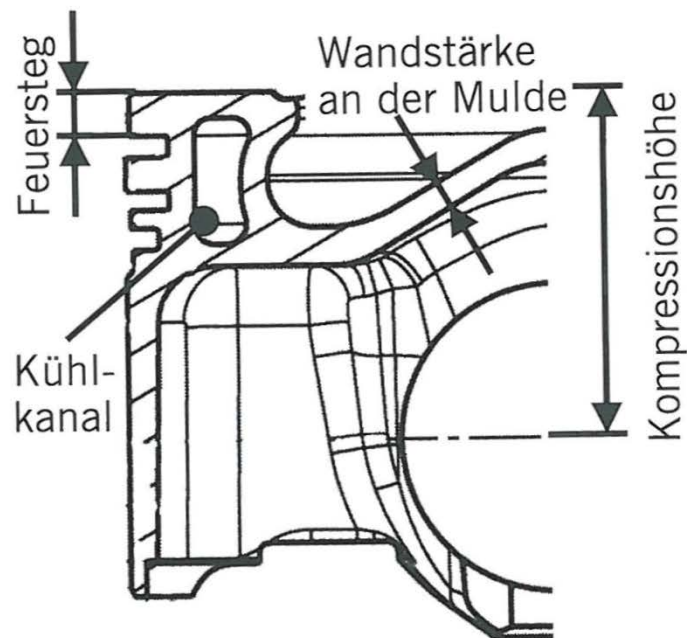
- reduzierte Wärmeausdehnung

- höhere Materialfestigkeit

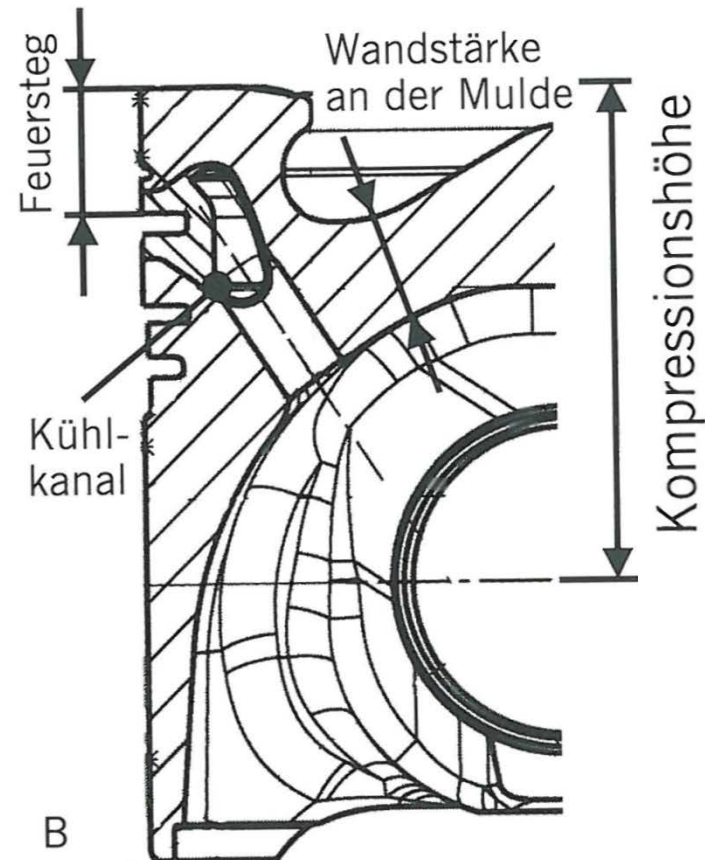


Quelle: MTZ-Seite 768 Jahrgang 2013

Vergleich Aluminium und Stahlkolben im PKW



A



B

Stahlkolben im PKW Auswahl von Bauformen



Formkurvenblatt „ballig oval“

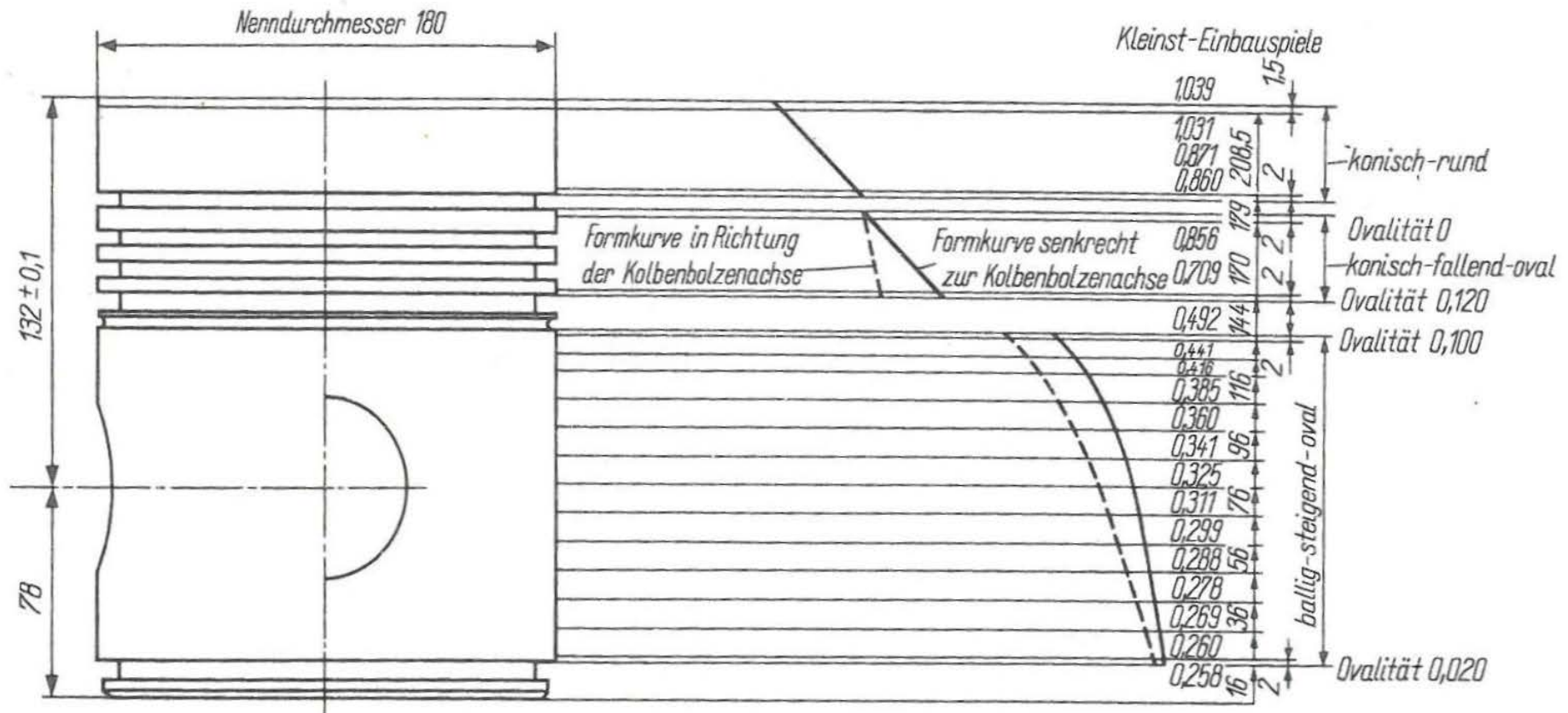


Bild 4.41. Ballig-ovale Formkurve eines ungekühlten Leichtmetallkolbens mit 180 mm Durchmesser



LKW Motor

Motordrehzahl 2000 U/min Nutzmitteldruck 15 bar Spritzendruck 150 bar Bohrung 120 mm
Berechnen Sie vor der Konstruktion die Hauptabmessungen mit Überschlagsformeln.

D_K	
Kolbenlänge L_K	$> D_K$
Kompressionshöhe	$> 0,450 * D_K$
Ringfeldhöhe h_k	$> 0,375 * D_K$
Feuersteghöhe h_F	$> 0,165 * D_K$
Kolbenbolzendurchmesser	$> 0,33 * D_K$
Bolzenlänge	$> 0,675 * D_K$
Nabenabstand	$< 0,51 l_B$
Kompressionsringnut	$> 0,03 * D_K$

D_K in cm ; L_K in cm ; m_K in g !!

Kolbenmasse nackt $m_{KN} = (c_1 D_K - c_2) * DK^2$

Kolbenmasse $m_K = (0,02 D_K + 1,15) * m_{KN}$

$$C_1 = 2 \quad C_2 = 8 \quad We_{max} = 1000$$

Relative Laufflächenbelastung $p_F = DK * We_{max} / (L_K * 1000) < 1,05$ (für
schnelllaufende
Dieselmotoren)

Völligkeitszahl $V_N = D_K^3 / m_K$



LKW Motor

Motordrehzahl 2000 U/min Nutzmitteldruck 15 bar Spritzendruck 150 bar Bohrung 120 mm

Berechnen Sie vor der Konstruktion die Hauptabmessungen mit Überschlagsformeln.

D_K		= 120 mm
Kolbenlänge L_K	$> D_K$	= 140 mm
Kompressionshöhe	$> 0,450 * D_K$	= 54 mm
Ringföldhöhe h_k	$> 0,375 * D_K$	= 45 mm
Feuersteghöhe h_F	$> 0,165 * D_K$	= 20 mm
Kolbenbolzendurchmesser	$> 0,33 * D_K$	= 40 mm
Bolzenlänge	$> 0,675 * D_K$	= 81 mm
Nabenabstand	$< 0,51 l_B$	= 41 mm
Kompressionsringnut	$> 0,03 * D_K$	= 4 mm

D_K in cm ; L_K in cm ; m_K in g !!

$$\text{Kolbenmasse nackt } m_{KN} = (c_1 D_K - c_2) * DK^2 = 2304 \text{ g}$$

$$\text{Kolbenmasse } m_K = (0,02 D_K + 1,15) * m_{KN} = 3203 \text{ g ist ok !!!}$$

$$C_1 = 2 \quad C_2 = 8 \quad We_{max} = 1000$$

$$\text{Relative Laufflächenbelastung } p_F = DK * We_{max} / (L_K * 1000) = 0,857 < 1,05 \text{ (für}$$

$$\text{Völligkeitszahl } V_N = D_K^3 / m_K = 0,45 \text{ ist ok !!!} \quad \text{schnelllaufende Dieselmotoren)}$$



4 Takt Benzinmotor für PKW mit 4 Ventilen pro Zylinder mit äußerer Gemischbildung

DK

Kolbenlänge L_K	$< D_K$
Kompressionshöhe	$> 0,30 * D_K$
Ringfeldhöhe h_k	$> 0,18 * D_K$
Feuersteghöhe h_F	$> 0,08 * D_K$
Kolbenbolzendurchmesser	$> 0,23 * D_K$
Bolzenlänge	$> 0,825 * D_K$
Nabenabstand	
Kompressionsringnut	$> 0,03 * D_K$

DK in cm ; L_K in cm ; m_K in g !!

Kolbenmasse nackt $m_{KN} = (c_1 DK - c_2) * D_K^2$

Kolbenmasse $m_K = (0,02 D_K + 1,15) * m_{KN}$

$C_1 = 1$ $C_2 = 2$ $We_{max} = 600$

Relative Laufflächenbelastung $p_F = D_K * We_{max} / (L_K * 1000)$

Völligkeitszahl $V_N = D_K^3 / m_K$



4 Takt Benzinmotor für PKW mit 4 Ventilen pro Zylinder mit äußerer Gemischbildung

DK		= 70 mm
Kolbenlänge L_K	$< D_K$	= 60 mm
Kompressionshöhe	$> 0,30 * D_K$	= 21 mm
Ringfeldhöhe h_k	$> 0,18 * D_K$	= 13 mm
Feuersteghöhe h_F	$> 0,08 * D_K$	= 6 mm
Kolbenbolzendurchmesser	$> 0,23 * D_K$	= 17 mm
Bolzenlänge	$> 0,825 * D_K$	= 55 mm
Nabenabstand		
Kompressionsringnut	$> 0,03 * D_K$	= 2 mm

DK in cm ; L_K in cm ; m_K in g !!

$$\text{Kolbenmasse nackt } m_{KN} = (c_1 DK - c_2) * D_K^2 = 245 \text{ g}$$

$$\text{Kolbenmasse } m_K = (0,02 D_K + 1,15) * m_{KN} = 316 \text{ g ist ok!}$$

$$C_1 = 1 \quad C_2 = 2 \quad We_{max} = 600$$

$$\text{Relative Laufflächenbelastung } p_F = D_K * We_{max} / (L_K * 1000) = 0,7$$

$$\text{Völligkeitszahl } V_N = D_K^3 / m_K = 1,085 \text{ ist ok!}$$



4 Takt Dieselmotor für PKW mit 4 Ventilen pro Zylinder und Direkteinspritzung

DK		= 70 mm
Kolbenlänge L_K	$> D_K$	= 75 mm
Kompressionshöhe	$> 0,450 * D_K$	= 32 mm
Ringfeldhöhe h_k	$> 0,375 * D_K$	= 27 mm
Feuersteghöhe h_F	$> 0,165 * D_K$	= 12 mm
Kolbenbolzendurchmesser	$> 0,33 * D_K$	= 24 mm
Bolzenlänge	$> 0,675 * D_K$	= 48 mm
Nabenabstand	$< 0,51 * l_B$	= 24 mm
Kompressionsringnut	$> 0,03 * D_K$	= 3 mm

DK in cm ; L_K in cm ; m_K in g !!

$$\text{Kolbenmasse nackt } m_{KN} = (c_1 D_K - c_2) * D_K^2 = 294 \text{ g}$$

$$\text{Kolbenmasse } m_K = (0,02 D_K + 1,15) * m_{KN} = 380 \text{ g ist ok !}$$

$$C_1 = 2 \quad C_2 = 8 \quad We_{max} = 1000$$

$$\text{Relative Lauflflächenbelastung } p_F = D_K * we_{max} / (L_K * 1000) = 0,93 < 1,05 \text{ (für schnelllaufende Dieselmotoren)}$$

$$\text{Völligkeitszahl } V_N = D_K^3 / m_K = 0,903 \text{ ist ok !}$$