

# Instandsetzung der Zylinder-Kolbengruppe und des Zylinderkopfes ausgewählter Fahrzeug-Viertakt-Dieselmotoren (Teil I)

Hinweise für die Instandsetzung, Schadaufnahme und Ausnutzung der Grenznutzungsdauer ergeben sich aus der Analyse des Abnutzungsverhaltens der Einzelteile der Zylinder-Kolbengruppe (ZKG) und des Zylinderkopfes, die im Rahmen des Forschungsthemas technisch-ökonomisch begründete Schadensgrenzwerte der ZKG durchgeführt wurden  $1/2/3/$ . Die Auswertung erfolgt anhand von Häufigkeitsverteilungen und Abnutzungscharakteristiken der Einzelteile und Teilepaarungen.

## 1. Zylinder-Kolbengruppe

Die Veranschaulichung der Verteilung der Abnutzungswerte in den Klassen, ihres Anteils in der Einbautoleranz  $T_e$  und oberhalb der empirischen Aussonderungsgrenze laut Hersteller  $1/4/5/6/$  erfolgt am Beispiel des für die Landwirtschaft dominierenden Traktor- und LKW-Motors 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300, W 50). Die Häufigkeitsverteilungen werden getrennt für die Motoren aus der Einsatzprüfung (Stichprobe  $n_1$  mit Nullvermessung) und die Stichprobe  $n_2$  der zur Instandsetzung angelieferten Motoren, einschließlich denen der Einsatzprüfung, angegeben (statistische Sicherung erfüllt). Für die Motortypen 4 KVD 8 SVL (GT 125) und D 103 (U 650) können die Werte der Summenhäufigkeit für Einbautoleranz und Aussonderungsgrenze Tafel 1 entnommen werden. Dabei sind als bestimmende Abnutzungsgrößen der Einzelteile anzusehen:

- Zylinderlaufbuchsendurchmesser im oberen Totpunkt (OT)
- Stoßspiel der Kolbenringe (Chromring, Rechteckring, Ölabbstreifring) in der Nullbuchse
- Nuthöhe des 1. Kolbenrings (1. KR)
- Axialspiel des 1. KR.

Die Verteilung der in OT-Stellung des 1. KR ermittelten Laufbuchsenabnutzung an Motoren 4 VD 14,5 (Bild 1) be-

\* Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

Tafel 1. Richtwerte für die Instandsetzung der Zylinder-Kolbengruppe (Summenhäufigkeit  $q$  innerhalb der Einbautoleranz  $T_e$  bzw. oberhalb der Aussonderungsgrenze des Herstellers)

Benennung	Motortyp					
	4 KVD 8		4 VD 14,5		D 103	
Summenhäufigkeit für	$T_e$	AGW	$T_e$	AGW	$T_e$	AGW
Laufbuchsen-durchmesser %	9,43	3,29	22/18,3	0	9,3	nicht bekannt
Stoßspiel i. d. Nullbuchse %						
1. KR (Cr-Ring)	6,82	13,79	24,3	9,1	6,92	nicht
2. KR (R-Ring)	1,00	20,97	5,6	35,3	6,29	angeg.
3. KR (Ö-Ring)	0,33	16,39	0,7	65,1	0,26	
Nuthöhe %						
1. KR	19,54	kein	33,2	8,6	13,38	nicht
2. KR	—	angeg.	66,5	0	—	angeg.
3. KR	—	angeg.	94,0	0	—	
Kolbenringhöhe %						
1. KR	—	—	0	15,7	—	—
2. KR	—	—	0	0	—	—
3. KR	—	—	65,3	10,9	—	—
Axialspiel %						
1. KR	17,45	20,82	16,1	8,3	13,32	60,24
Nicht ausgenutzte GND, gemessen am Max. der AGW %	79		35		39	
Abnutzungsgeschwindigkeit $10^{-3}$ mm/10 <sup>4</sup> l						
Axialspiel	90,2		37,0		36,5	
Nuthöhe	90,2		17,9		10,83	
GND	Grenznutzungsdauer					
AGW	Aussonderungsgrenzwert					

weist, daß bei der Stichprobe  $n_2$  22 Prozent der Werte innerhalb der Herstellungstoleranz von 0,03 mm liegen. Unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranz von Durchmesser, Ovalität (0,02 mm) und Konizität (0,03 mm) reduziert sich der Anteil auf 18,3 Prozent. Die empirische Aussonderungsgrenze wird nicht erreicht. Analog ist die prozentuale Verteilung bei den Motortypen 4 KVD 8 und D 103 zu bewerten (Tafel 1), denn sie weist nach, daß jede 5. (4 VD 14,5) beziehungsweise 10. Zylinderlaufbuchse (4 KVD 8, D 103) ohne wesentliche Nacharbeit wiederverwendungsfähig ist. Das günstige Abnutzungsverhalten beim 4 VD 14,5 wird auf die Ph-legierte, hoch verschleißfeste CP-Laufbuchse zurückgeführt, da die maximal vorliegende Abnutzung von 0,045 mm erst nach einer Nutzungsdauer von 36 750 l DK erreicht wird  $2/$ .

Die radiale Abnutzung der Kolbenringe, dargestellt durch das Stoßspiel in der Nullbuchse (Bilder 2 bis 4 und Tafel 1), zeigt eine prozentuale Ab- (für  $T_e$ ) bzw. Zunahme (für AGW) der Summenhäufigkeit in der Folge

- 1. KR (Chromring)
- 2. KR (Rechteckring)
- 3. KR (Ölschlitzring).

Aufgrund der Höchstwerte (AGW bis zu 65,1 Prozent) am Ölschlitzring wird dieser als das für die Aussonderung der Zylinder-Kolbengruppe bestimmende Einzelteil bestätigt (Bild 5). Das beste Laufverhalten zeigt der Chromring. Beim 4 VD 14,5 ist die Chromschicht im Mittel erst nach 48 000 l DK abgenutzt, während der Ölschlitzring nach 11 500 l die empirische Aussonderungsgrenze von 2,1 mm bereits überschritten hat. Diese Tatsache deutet auf ungünstige Teilepaarung und Abstimmung der Grenzwerte hin (Tafel 2). Bei den Kolbenringen ist zwar eine Wiederverwendung ausgeschlossen, aber wie die Häufigkeitsverteilungen beweisen, ist die volle Ausnutzung der Grenznutzungsdauer nicht gegeben (ungenutzte Restnutzungsdauer im Mittel 40 bis 80 Prozent).

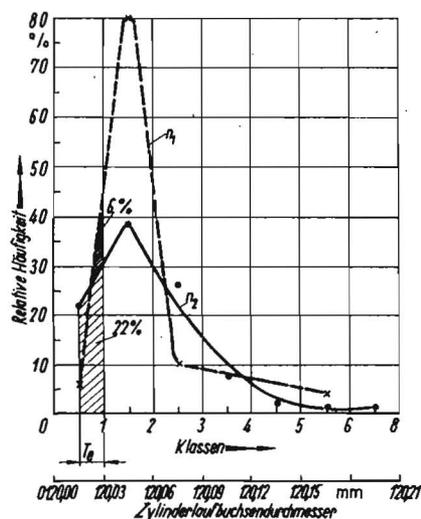


Bild 1. Relative Klassenhäufigkeit des Zylinderlaufbuchsendurchmessers; Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n_1 = 50$  (Motoren der Nullvermessung)  $n_2 = 317$ , Einbautoleranz  $T_e = 120,00$  bis  $120,03$  mm, Klassenzahl  $a_k = 7$ , Klassenbreite  $b_k = 0,03$  mm, AGW = 0,40 mm, innerhalb der Herstellungstoleranz von Durchmesser, Ovalität und Konizität liegen 18,3 Prozent der Zylinderlaufbuchsen

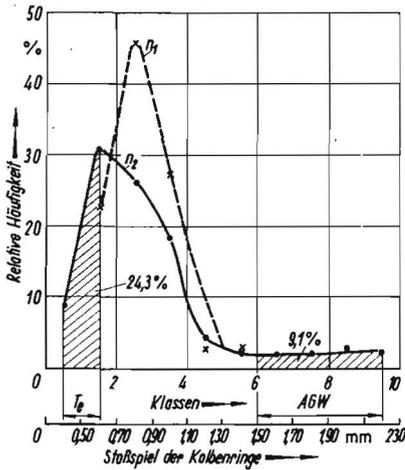


Bild 2. Relative Klassenhäufigkeit des Stoßspiels:  
1. Kolbenring (Rechteckring)  
120 × 110 × 3,5, TGL 9996 m Cr);  
Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300)  
Stichprobengröße  $n_1 = 44$  (Motoren der Nullvermessung)  $n_2 = 290$ ,  
Einlauftoleranz  $T_e = 0,40 \dots 0,60$  mm,  
Klassenanzahl  $a_k = 10$ , Klassenbreite  $b_k = 0,20$  mm, AGW  $\geq 1,50$  mm

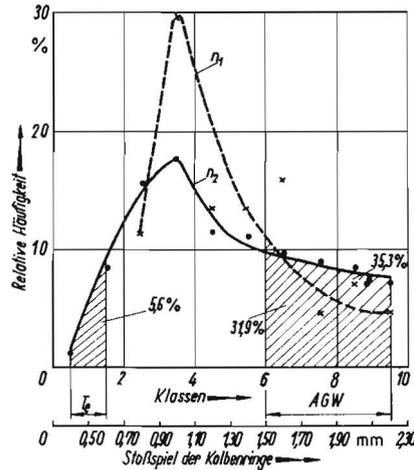


Bild 3. Relative Klassenhäufigkeit des Stoßspiels;  
2. Kolbenring (Minutenring);  
Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300)  
Stichprobengröße  $n_1 = 44$  (Motoren der Nullvermessung)  $n_2 = 290$ ,  
Einlauftoleranz  $T_e = 0,40 \dots 0,60$  mm,  
Klassenanzahl  $a_k = 10$ , Klassenbreite  $b_k = 0,2$  mm, AGW  $\geq 1,50$  mm

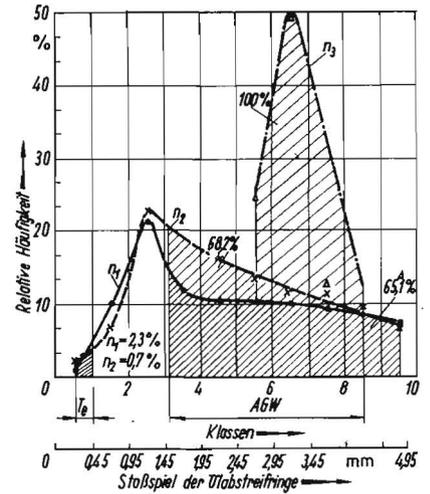


Bild 4. Relative Klassenhäufigkeit des Stoßspiels;  
3. Kolbenring (Ölabstreifring);  
Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300)  
Stichprobengröße  $n_1 = 44$  (Ölabstreifringe - Normalausführung Nullvermessung),  $n_2 = 280$  (Ölabstreifringe - hilfsgespannte Ausführung Nullvermessung),  $n_3 = 8$  (Ölabstreifringe - hilfsgespannte Ausführung Nullvermessung),  $n_2 = 280$ ,  
Einlauftoleranz  $T_e = 0,30 \dots 0,45$  mm, Klassenanzahl  $a_k = 10$ , Klassenbreite  $b_k = 0,5$  mm, AGW  $\geq 1,50$  mm

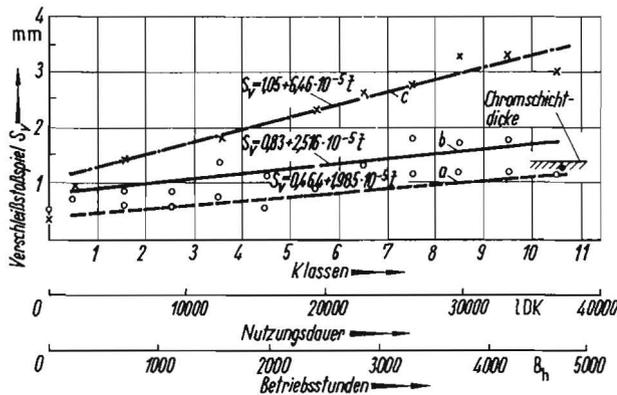


Bild 5. Verschleißstoßspiel in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer  
 $S_v = f(t)$ ;  
Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW  
Wertevorrat  $\begin{matrix} 0,45 \leq S_v \leq 11,50 \text{ mm} & \text{a Chromring} \\ 0,50 \leq S_v \leq 8,60 \text{ mm} & \text{b Minutenring} \\ 0,60 \leq S_v \leq 8,90 \text{ mm} & \text{c Ölschlitzring} \end{matrix}$   
Stichprobengröße  $\begin{matrix} n = 340 & \text{Chromring} \\ n = 339 & \text{Minutenring} \\ n = 324 & \text{Ölschlitzring} \end{matrix}$   
Einhauspiele  $\begin{matrix} 0,40 \dots 0,60 \text{ mm} & \text{Chromring} \\ 0,40 \dots 0,60 \text{ mm} & \text{Minutenring} \\ 0,30 \dots 0,45 \text{ mm} & \text{Ölschlitzring} \end{matrix}$   
AGW  $\begin{matrix} 1,5 \dots 1,9 \text{ mm} & \text{Chromring} \\ 1,5 \dots 1,9 \text{ mm} & \text{Minutenring} \\ 1,5 \dots 2,1 \text{ mm} & \text{Ölschlitzring} \end{matrix}$   
Klassenanzahl  $a_k = 11$ , Klassenbreite  $b_k = 3500$  LDK, Standardabweichung  $s = 1,91$  mm beim Ölschlitzring

Aus dem Zusammenhang zwischen Stoßspiel und Durchmesservergrößerung der Laufbuchse (Bild 6) geht hervor, daß etwa 80 Prozent der Abnutzung auf die radiale Wanddicke des 1. KR und 20 Prozent auf die Durchmesservergrößerung entfallen. Rechnet man z. B. beim 4 VD 14,5 mit einer Stoßspielvergrößerung von 1,9 mm, so ergibt sich eine Durchmesservergrößerung von 0,08 mm (Bild 6). Letztere ist aber erst nach der doppelten Grenznutzungsdauer des Motors erreicht, so daß zwischenzeitlich ein Kolbenringwechsel (aufgrund der Abnutzung des Ölschlitzringes) ge-

Tafel 2. Verschleißgeschwindigkeit und Aussonderungszeitpunkt

Meßgröße	Motortyp					
	4 KVD 8		4 VD 14,5		D 103	
Verschleißteil	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Stoßspielzunahme	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>3</sup> h	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>3</sup> h	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>4</sup> h
1. Kolbenring	4,74	1,42	0,199	0,157	0,392	0,236
2. Kolbenring	4,42	1,33	0,252	0,202	—	—
Ölring	4,74	1,42	0,646	0,518	0,528	0,318
Aussonderungszeitpunkt bei AGW für Stoßspiel	10 <sup>3</sup> l	10 <sup>3</sup> h	10 <sup>3</sup> l	10 <sup>3</sup> h	empirisch	
1. Kolbenring	4,5	1,5	nicht erreicht	Aussonderungs-	-	
2. Kolbenring	4,0	1,33	30,5	3,81	grenzwert	
Ölring	4,9	1,6	11,5	1,44	(AGW) nicht bekannt	
Axialspielzunahme	10 <sup>-3</sup> mm					
	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>3</sup> h	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>3</sup> h	10 <sup>4</sup> l	10 <sup>3</sup> h
1. Kolbenring	90,2	27,0	37,0	29,7	26,5	16,0
2. Kolbenring	38,4	11,6	3,4	2,72	1,35	0,81
Ölring	1,73	0,5	1,47	1,18	0,35	0,21

rechtfertigt wäre (Voraussetzung: keine erhöhte Abnutzung der Ringnuten und sonstige Schäden). Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Motortypen 4 KVD 8 und D 103. In diesen Fällen wäre für Reparaturzwecke die Verwendung von Paßformringen (Reparaturringe der Firma Goetze /7/) zu empfehlen, um die volle Ölabbstreif- und Verteilerfunktion sowie einen kurzfristigen Einlauf zu garantieren.

Inwieweit eine Wiederverwendung von Kolben bzw. ein Ringwechsel gerechtfertigt ist, zeigen die Abnutzungscharakteristiken der ersten Kolbenringnut (Bild 7), die als Summe aus dem minimalen Axialspiel und der maximalen Kolbenringhöhe ermittelt wurden. Aus dem Vergleich des Anstiegs der Funktionsgleichungen für Nuthöhe (Bild 7) und Axialspiel (Bild 8) geht hervor, daß die Ringabnutzung bei allen untersuchten Motortypen in der Regel höher ist als die der Nut (Tafel 1, vergleiche Abnutzungsgeschwindigkeiten).

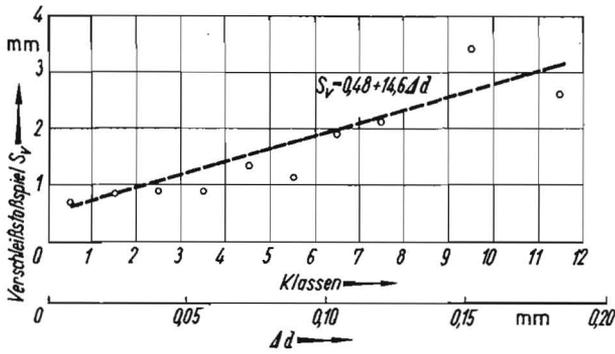


Bild 6. Zusammenhang zwischen Verschleißstoßspiel des 1. Kolbenrings und Durchmessergrößerung der Zylinderlaufbuche im OT;  $S_V = f(\Delta d)$ , Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW, Stichprobengröße  $n = 321$ , Klassenanzahl  $a_k = 12$ , Klassenbreite  $b_k = 0,016$  mm, AGW Zylinderlaufbuche = 0,40 mm, AGW Stoßspiel 1. KR = 1,5...1,9 mm

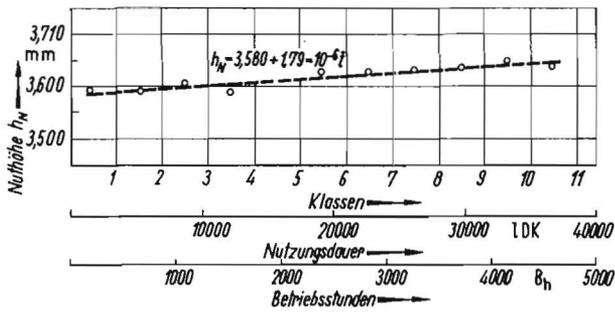


Bild 7. Nuthöhe der 1. Kolbenringnut in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer;  $h_N = f(t)$ , Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW, Stichprobengröße  $n = 298$ , Klassenanzahl  $a_k = 11$ , Klassenbreite  $b_k = 3500$  l DK, Einbaumaß 3,600...3,620 mm, AGW = 3,710 mm

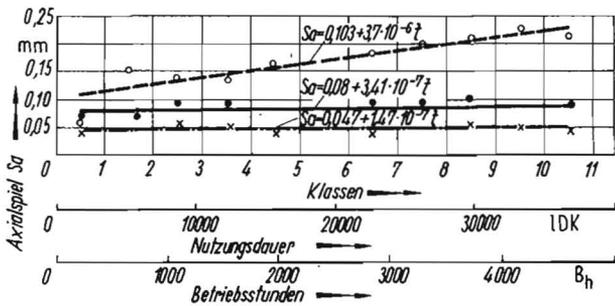
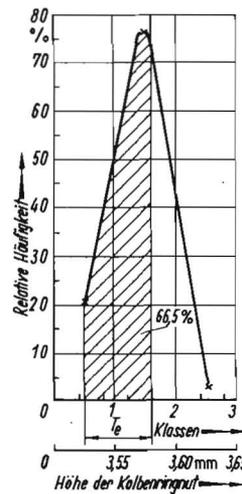
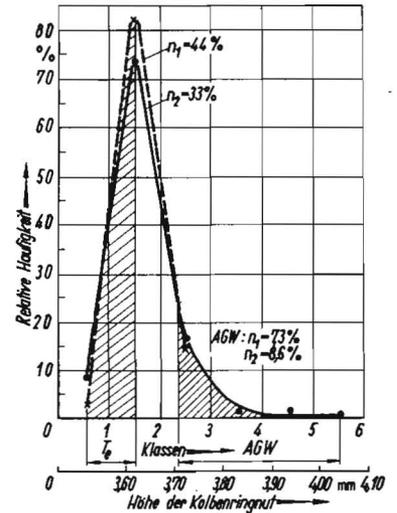
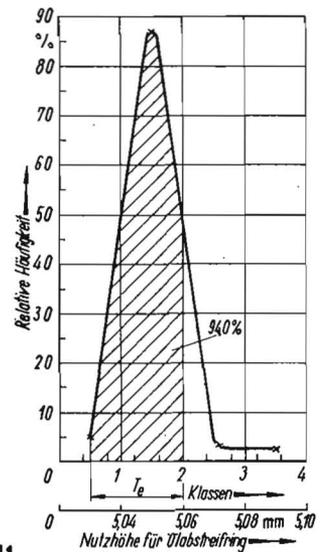


Bild 8. Axialspiel in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer  $S_a = f(t)$ ; Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW  
 Wertevorrat 0,05 mm  $S_a$  0,37 mm a Chromring  
 0,05 mm  $S_a$  0,45 mm b Minutenring  
 0,03 mm  $S_a$  0,13 mm c Ölschlitzring  
 Stichprobengröße  $\mu = 336$  Chromring  
 $\mu = 332$  Minutenring  
 $\mu = 329$  Ölschlitzring  
 Einbauspiele 0,110...0,142 mm Chromring  
 0,090...0,122 mm Minutenring  
 0,050...0,082 mm Ölschlitzring  
 AGW 0,295 mm Chromring  
 0,270 mm Minutenring  
 0,130 mm Ölschlitzring  
 Klassenanzahl  $a_k = 11$ , Klassenbreite  $b_k = 3500$  l DK, Standardabweichung  $s = 0,048$  mm bei Chromring

Bild 9. Relative Klassenhäufigkeit der Nuthöhe der 1. Kolbenringnut; Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n_1 = 34$  (Motoren der Nullvermessung),  $n_2 = 298$ , Einbautoleranz  $T_e = 3,600$  bis 3,620 mm, Klassenanzahl  $a_k = 6$ , Klassenbreite  $b_k = 0,105$  mm, AGW = 3,710 mm



10



11

Bild 10. Relative Klassenhäufigkeit der Nuthöhe der 2. Kolbenringnut; Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n = 34$ , Einbautoleranz  $T_e = 3,580$ ...3,600 mm, Klassenanzahl  $a_k = 6$ , Klassenbreite  $b_k = 0,05$  mm, AGW = 3,690 mm

Bild 11. Relative Klassenhäufigkeit der Nuthöhe der 3. Kolbenringnut; Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n = 34$ , Einbautoleranz  $T_e = 5,04$  bis 5,06 mm, Klassenanzahl  $a_k = 6$ , Klassenbreite  $b_k = 0,02$  mm, AGW = 5,10 mm

Die empirische Aussonderungsgrenze der Nuthöhe wird im Mittel nicht erreicht (Bild 7). Aus dem Verlauf der Regressionsgeraden kann auf einen erheblichen prozentualen Anteil in der Herstellungstoleranz geschlossen werden. Den Nachweis dazu liefern die Häufigkeitsverteilungen (Bilder 9 bis 11) der Nuthöhen (Tafel 1), denen zu entnehmen ist, daß 14 bis 33 Prozent der Abnutzungswerte des ersten Kolbenringes (je nach Motortyp) noch in der Herstellungstoleranz liegen. Die empirische Aussonderungsgrenze wird nur durch die erste Ringnut erreicht (Bild 9).

Daß der höhere Anteil des Axialspiels auf die Abnutzung der axialen Ringhöhe entfällt, geht aus den Häufigkeitsverteilungen (Bilder 12 u. 13) hervor. Gegenüber dem Nutverschleiß ist eine deutliche Verschiebung zu höheren An-

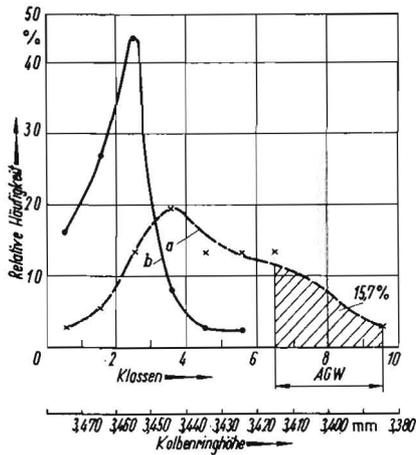


Bild 12. Relative Klassenhäufigkeit der Kolbenringhöhe 1. und 2. Kolbenring;  
 Motortyp: 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n = 37$ , Einbautoleranz  $T_e = 3,478 \dots 3,490$  mm, Klassenanzahl  $a_k = 10$ , Klassenbreite  $b_k = 0,01$  mm, AGW = 3,415 mm, a 1. Verdichtungsring, b 2. Verdichtungsring

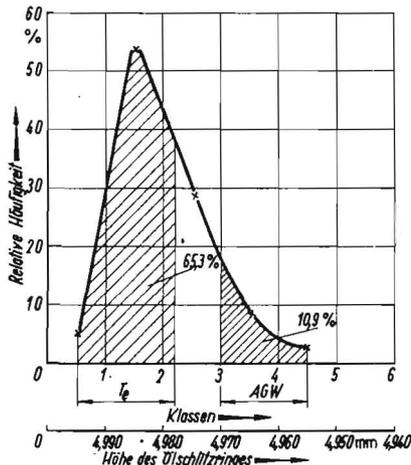


Bild 13. Relative Klassenhäufigkeit der Ölschlitzringhöhe;  
 Motortyp: 4 VD 14,5/21-1 SRW (ZT 300), Stichprobengröße  $n = 37$ , Einbautoleranz  $T_e = 4,978 \dots 4,990$  mm, Klassenanzahl  $a_k = 6$ , Klassenbreite  $b_k = 0,01$  mm, AGW = 4,970 mm

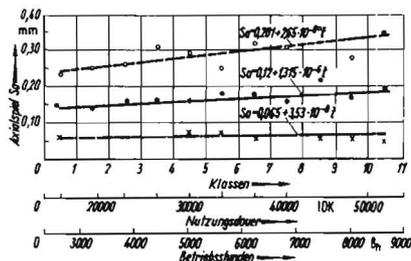


Bild 14. Axialspiel in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer;  $S_a = f(t)$ , Motortyp: D 103,  
 Wertevorrat  

0,10	MM	Sa	MM	0,80 mm	a Chromring
0,07	MM	Sa	MM	0,35 mm	b Rechteckring
0,03	MM	Sa	MM	0,15 mm	c Schlauchfederring

 Stichprobengröße  $n = 310$  Chromring  
 $n = 352$  Rechteckring  
 $n = 243$  Schlauchfederring  
 Einbausplei 0,13...0,155 mm Chromring  
 0,10...0,125 mm Rechteckring  
 0,07...0,095 mm Schlauchfederring  
 AGW 0,25 mm Chromring  
 0,25 mm Rechteckring  
 0,19 mm Schlauchfederring  
 Klassenanzahl  $a_k = 11$ , Klassenbreite  $b_k = 3600$  l DK, Standardabweichung  $s = 0,138$  mm beim Chromring

teilen oberhalb der Aussonderungsgrenze und geringeren Anteilen in der Einbautoleranz zu verzeichnen (Tafel 1). Damit ist erwiesen, daß gemessen am Nutenverschleiß, infolge Abnutzung der Kolbenringe (radial und axial) der Ringwechsel möglich ist. Ein positives Ergebnis des Ringwechsels wurde durch Versuche an zwei Motoren des Typs 4 VD 14,5 (ZT 300) in der Einsatzprüfung nachgewiesen, bei denen nach 1000 l DK eine Absenkung des relativen Ölverbrauches  $q_0$  von ursprünglich (vor Wechsel) 2,22 Prozent auf 0,42 Prozent eintrat.

Volkswirtschaftlich bedeutungsvoller (Einsparung an lebendiger Arbeit für Ringwechsel) wäre die Forderung an den Hersteller nach günstigerer Grenznutzungsdauerabstimmung für besagte Teilepaarung, d.h. Erhöhung der Grenznutzungsdauer für den Ölring (Verchromung).

Das Axialspiel als Summe der Abnutzung von Kolbenring und Kolben zeigt für den 1. KR, analog zur Nut- und Kolbenringhöhe, oberhalb der Aussonderungsgrenze den höchsten Anteil (Tafel 1). Beim Motortyp D 103 ist dieser Prozentsatz besonders hoch. Dies war aufgrund der Lage der Abnutzungscharakteristik (Bild 14) und des Schnittpunktes mit der Aussonderungsgrenze (0,25 mm) nach 18 000 l DK zu erwarten.

Zusammenfassend ergibt sich:

- Zur Beurteilung der Wiederverwendung sind die Meßgrößen der Abnutzung der Einzelteile heranzuziehen. Zylinderlaufbuchsen und Kolben können in einem gewissen Umfang wiederverwendet werden (Anteil in  $T_e$ ). Die Kolbenringe sind als für die Aussonderung der Zylinder-Kolbengruppe bestimmende Verschleißteile anzusehen.
- Die volle Ausnutzung der Grenznutzungsdauer wird anhand des prozentualen Anteils der Summenabnutzung (Verschleißstoßspiel und Axialspiel) innerhalb der Einbautoleranz bzw. oberhalb der Aussonderungsgrenze gemessen.

Es sind Restnutzungsdauerreserven von 35 bis 79 Prozent (je nach Motortyp) vorhanden, die sich bei Kolbenringwechsel noch erhöhen.

## Literatur

- 1/ Stibbe, J./K. Brocke: Ermittlung von technisch-ökonomisch begründeten Schadensgrenzwerten der Zylinder-Kolbengruppe für Fahrzeug-Viertakt-Dieselmotoren. Teilabschlußbericht, PVB Charlottenthal 1973 (unveröffentlicht)
- 2/ Stibbe, J./W. Lau: Ermittlung von technisch-ökonomisch begründeten Schadensgrenzwerten der Zylinder-Kolbengruppe für Fahrzeug-Viertakt-Dieselmotoren. Zwischenbericht, PVB Charlottenthal 1971 (unveröffentlicht)
- 3/ Göhner, G.: Ermittlung des Abnutzungszustandes des Zylinderkopfes von Fahrzeug-Viertakt-Dieselmotoren. Ing.-Arbeit 1972, Auftraggeber PVB Charlottenthal (unveröffentlicht)
- 4/ Reparaturhandbuch für die Motortypen 1 KVD 8 SV, 2 KVD 8 SVL und 4 KVD 8 SVL. Motorenwerk Cunewalde 1967
- 5/ Reparaturhandbücher für den Dieselmotor 4 VD 14,5/12,1 SRW. Motorenwerke Nordhausen 1969
- 6/ Reparaturhandbuch für den Schlepper U 650 und U 651, Traktorenwerk Brasov
- 7/ Goetze Passform - Kolbenringe, Drucksache Nr. 835 der Goetze AG Burscheid
- 8/ Göhner, G./J. Stibbe: Untersuchung des Abnutzungsverhaltens, Ermittlung der Nutzungsdauer und der Instandsetzungsmöglichkeit der Hauptverschleißteile des Motors 4 VD 14,5/12-1 SRW (ZT 300). Zwischenbericht, PVB Charlottenthal 1972
- 9/ Opelt, G.: Ermittlung der Aussonderungsgrenze des Ventiltrückstellmaßes am Beispiel des Zylinderkopfes für den Dieselmotor 4 VD 14,5/12-1 SRW, Ing.-Arbeit 1973, Auftraggeber PVB Charlottenthal
- 10/ Göhner, G./J. Stibbe: Bestimmung des Ventiltrückstellmaßes für den Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW. Erprobungsbericht, PVB Charlottenthal 1972

(Fortsetzung folgt)

A 9240/I