

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Pleuellagerspiels auf die Pleuelbeanspruchung des Dieselmotors 4 VD 14,5/12 – 1 SRW

Die vom VIII. Parteitag der SED beschlossene zunehmende Einführung industriemäßiger Produktionsverfahren in die Landwirtschaft der DDR ist ohne umfassende Mechanisierung und Automatisierung nicht möglich.

Unter den Bedingungen der Mechanisierung und Automatisierung werden höhere Anforderungen an die Zuverlässigkeit der eingesetzten Maschinen und Geräte gestellt. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sind gemeinsame Anstrengungen von Konstrukteuren und Herstellern sowie von Nutzern und Instandhaltern erforderlich.

Im Bereich der Konstruktion besteht die Aufgabe, die Bauteile beanspruchungsgerecht zu dimensionieren. Grundlage für eine beanspruchungsgerechte Dimensionierung ist die Kenntnis der Belastungen, die tatsächlich auf das Bauteil wirken. Zu deren Berechnung ist es erforderlich, bisher vernachlässigte Einflüsse, wie z. B. Gelenkspiel und elastische Verformungen zu berücksichtigen.

Im Bereich der Instandhaltung besteht die Aufgabe, gemeinsam mit der Konstruktion Kriterien für die Festlegung von Aussonderungsgrenzen und Betriebsgrenzen zu finden und durch planmäßige vorbeugende Instandhaltung unerwartete Ausfälle zu vermeiden.

Die Erhöhung der Zuverlässigkeit ist besonders für die Maschinen und Geräte wichtig, die häufig angewendet werden und deren Ausfall besonders große Nachfolgeschäden hervorruft. Dazu gehört zweifellos der schnellaufende Dieselmotor, der auch in absehbarer Zukunft die wichtigste Energiequelle für die Landwirtschaft sein wird.

1. Aufgabenstellung

Eine Motoreninstandsetzung zum optimalen Zeitpunkt, d. h. vor Eintritt eines Schadens, aber nach voller Ausnutzung der Nutzungsdauerreserve ist zur Zeit nicht möglich, weil objektiv begründete Aussonderungsgrenzwerte und geeignete Methoden zu ihrer Bestimmung fehlen. Es ist somit erforderlich, zunächst Methoden zum Bestimmen der Aussonde-

rungsgrenze zu entwickeln und danach Aussonderungsgrenzen festzulegen.

Die Funktionssicherheit des Dieselmotors wird wesentlich durch die Zuverlässigkeit der in ihm verwendeten Schukurbelgetriebe bestimmt, die die hin- und berggehende Kolbenbewegung in die umlaufende Kurbelwellenbewegung umformen.

Deshalb muß man untersuchen, durch welche Kriterien die Aussonderungsgrenze dieser Baugruppe bestimmt wird. Dabei erscheint das verschleißbedingte Lagerspiel als besonders bedeutungsvoll. Vergrößertes Lagerspiel führt zu dynamischen Zusatzkräften, die einerseits die Belastungskollektive und die maximalen Belastungen verändern, die im allgemeinen der Dauerfestigkeits- sowie der Lagerberechnung zugrunde gelegt werden, und die andererseits auch als Ursache für Lagerkavitation anzusehen sind.

Es wurden deshalb Pleuelbeanspruchungsmessungen bei verschiedenen Pleuellagerspielen, bei verschiedenen Drehzahlen und bei verschiedenen Motorbelastungen durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen sollte festgestellt werden, bei welchen Bedingungen sich Auswirkungen des Lagerspiels zeigen und ob das verschleißbedingte Lagerspiel zur Festlegung der Aussonderungsgrenze geeignet ist.

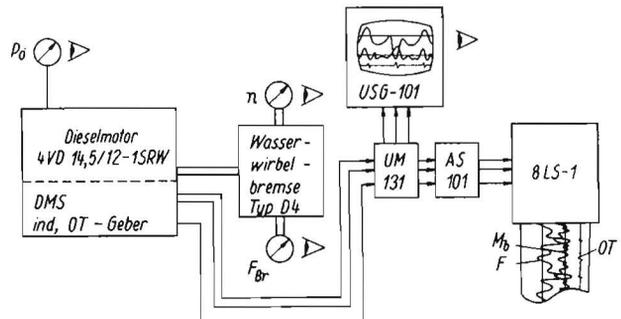


Bild 1. Blockschaubild der Versuchseinrichtung

* Universität Rostock, Sektion Landtechnik (Direktor: Prof. Dr. sc. techn. Chr. Eichler)

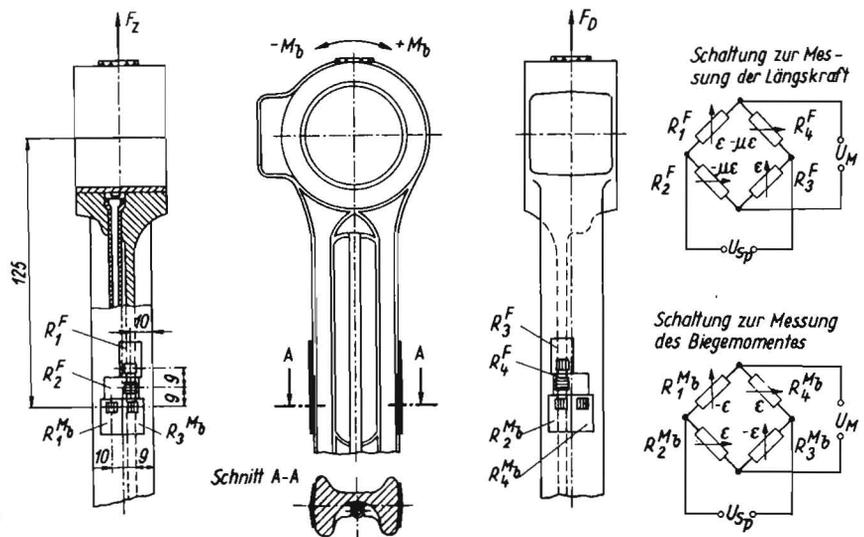


Bild 2. Anordnung und Schaltung der Dehnungsmessstreifen (DMS) zur Messung der Pleuelbeanspruchung

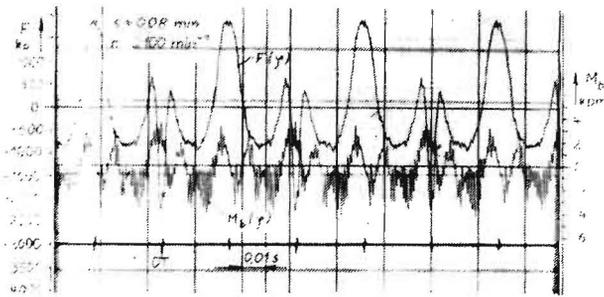


Bild 4. Pleuelbeanspruchung bei Leerlauf; $n_{\text{Soll}} = 2100 \text{ min}^{-1}$
 $s \approx 0,08 \text{ mm}$

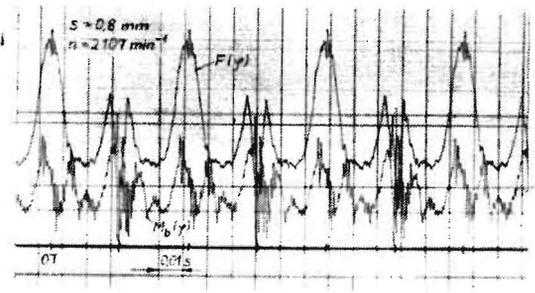


Bild 5. Pleuelbeanspruchung bei Leerlauf; $n_{\text{Soll}} = 2100 \text{ min}^{-1}$
 $s \approx 0,8 \text{ mm}$

— Das Pleuelbiegemoment verläuft bezüglich der Nulllinie symmetrischer als die Pleuellängskraft. Das ist dadurch erklärt, daß in der Pleuellängskraft neben den Massenkraften auch noch die vom Verbrennungsvorgang herrührenden Gaskräfte enthalten sind, während das Pleuelbiegemoment im wesentlichen durch senkrecht zur Pleuellängsachse gerichtete Massenkraften hervorgerufen wird.

— Mit zunehmender Drehzahl wachsen die maximalen Pleuelzugkräfte, während die maximalen Pleueldruckkräfte kleiner werden.

Der Hauptparameter, dessen Einfluß auf die Pleuelbeanspruchung gemessen werden sollte, war das Spiel im Pleuellager. Wenn unter diesem Gesichtspunkt die Meßschriebe angesehen werden, ist festzustellen, daß in keinem der untersuchten Fälle dynamische Zusatzkräfte in einer solchen Größenordnung auftreten, die zu Pleuelüberlastungen führen. Diese Aussage gilt für alle Versuchsparameterkombinationen. Das betrifft einmal die im Längskraftverlauf im OT-Bereich auftretenden Oberschwingungen sowie den gesamten Oberschwingungsverlauf des Biegemoments.

Am deutlichsten tritt in den Bildern 4 und 5 im OT des Ausstoßtaktes (positiver Maximalwert der Pleuellängskraft) ein Unterschied im Längskraftverlauf auf. Es liegt die Schlußfolgerung nahe, daß offenbar erst bei Überschreiten einer Drehzahl von $\approx 2000 \text{ min}^{-1}$ unter den gegebenen Bedingungen eine meßbare Beeinflussung der Pleuellängskraft durch das Spiel eintritt. Einer derartigen Deutung des Meßergebnisses steht allerdings die ungeklärte Tatsache entgegen, daß im unteren Totpunkt (UT)-Bereich, in dem ähnliche Bewegungs- und Belastungsverhältnisse wie im OT-Bereich vorliegen, die Unterschiede in dieser Deutlichkeit nicht festzustellen sind.

Bemerkenswert ist das Auftreten von ausgeprägten Oberschwingungen im Biegeschwungsverlauf bei allen Versuchsparametern. Ihre unveränderliche Frequenz ($\approx 900 \text{ Hz}$) läßt darauf schließen, daß es sich um Eigenschwingungen des Pleuelschafes handelt, deren Amplitude bei geringen Drehzahlen nur wenig vom Spiel beeinflusst wird.

Daß sowohl die Drehzahl als auch das Spiel sich gegenseitig beeinflussende Wirkungen auf die Biegebeanspruchung haben, wird aus den Bildern 4 und 5 ersichtlich. Bei beiden Spielen liegen die Amplituden der Oberschwingungen in der gleichen Größenordnung, aber es tritt eine Phasenverschiebung der maximalen Oberschwingungen von $\approx 180^\circ$ ein. Beim Kleinstspiel liegen diese im Bereich des UT und beim Größtspiel im Bereich des OT.

Die im OT des Verbrennungstaktes (negativer Maximalwert der Pleuellängskraft) festzustellenden ausgeprägten Biegeüberschwingungen werden offenbar durch Knickung infolge der großen Druckkraftspitze verursacht.

Zur Ermittlung quantitativer Zusammenhänge zwischen dem Spiel und der Pleuelbeanspruchung wurden ausgewählte Meßschriebe statistisch ausgewertet. Dazu wurde durch Aus-

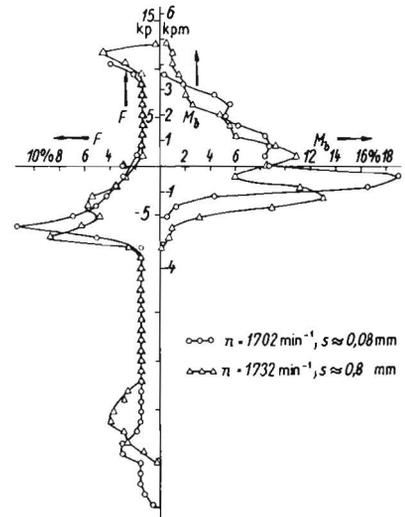


Bild 6. Verteilung der auftretenden Längskraftamplituden (links) und Biegemomentamplituden (rechts) im Meßschrieb für ≈ 50 Prozent Dauerleistung I und $n_{\text{Soll}} = 1750 \text{ min}^{-1}$

zählen die prozentuale Häufigkeit des Auftretens der Amplituden bestimmt, die sich nach einer feinstufigen Klassierung der gesamten Schwingungsbreite ergibt. Aus der im Bild 6 dargestellten Auswertung eines Meßschriebs sind im wesentlichen die gleichen Erkenntnisse zu gewinnen, wie aus der direkten qualitativen Einschätzung der Meßschriebe. Eine zusätzliche Information ist die, daß offenbar mit größer werdendem Spiel ausgeprägte Häufungsspitzen abgebaut werden. Eine Gesetzmäßigkeit zwischen dem Spiel und der Verteilungskurve ist nicht festzustellen.

5. Schlußfolgerungen

Der nur wenig ausgeprägte Einfluß des Pleuellagerspiels auf die Größe der Pleuelbeanspruchung gestattet die Schlußfolgerung, daß das Pleuellagerspiel nicht für eine Überlastung des Pleuels verantwortlich ist, so daß die Aussonderungsgrenze für die untersuchte Baugruppe nicht ausschließlich durch dynamische Zusatzkräfte infolge Spieleinfluß festgelegt wird.

Die Auswirkungen des Pleuellagerspiels auf die Pleuelbeanspruchung liegen in der gleichen Größenordnung wie die durch nicht erfahrbare Änderungen anderer Versuchsbedingungen verursachten Abweichungen. Zu diesen Versuchsbedingungen gehören:

- kurzfristige Ungleichmäßigkeiten im Verbrennungsvorgang und damit im Verlauf der Gaskraft
- Änderungen der Schmierungsverhältnisse durch Ölalterung und unterschiedliche Öltemperatur

(Schluß auf S. 566)

1. Aufgabenstellung

1.1. Allgemeines

Die Funktion und Einhaltung der technischen Daten der Dieselmotoren sind stark von den Einstellwerten und dem Abnutzungszustand der Einspritzanlage abhängig. Die Bauteile, die für eine Beeinflussung in Frage kommen, sind Einspritzdüsen (ED), Druckventile (DV) und Elemente (EI). Vom Grad ihrer Verstellung und von ihrem Abnutzungszustand sind die dem Motor zur Verfügung stehende Fördermenge (FM) sowie die Ökonomie des Betriebes abhängig.

Es ist eine Stichprobe der zur Instandsetzung angelieferten Düsen SD 1 ZD 12 (Motortyp 4 KVD 8), SE 170-66-1 (4 VD 14,5/12-1 SRW) und IG 4 \times 0,275 (D 103) sowie der Einspritzpumpen der Typen DFPS 2 KS 4 (4 KVD 8), DEP 4 B (4 VD 14,5) und U 24-4-8 \times 10 (D 103) hinsichtlich ihrer Verstellungen und des Abnutzungszustands zu untersuchen [1].

1.2. Prüfdaten

Die Ermittlung des Düsenabspritzdrucks und des Abspritzbilds erfolgt mit Düsenprüfgerät K 4003 nach TGL 12384, Bl. 2. Die Düsen werden im Anlieferungszustand mit alten Düsenhalter geprüft. An Einspritzpumpen (EP) ist die Abweichung der Istfördermenge von dem Sollwert festzustellen. Als Bezugsbasis für die Einstellung und Prüfung gelten die Einstellwerte laut Prüfvorschrift der Herstellerbetriebe.

1.3. Versuchsdurchführung der Fördermengenmessung

Die Versuchsdurchführung hat laut TGL 12 378, Bl. 2, auf dem Einspritzpumpenprüfstand MD-12 zu erfolgen.

Zu ermitteln sind die

- Fördermenge der alten EP mit alten DV im Anlieferungszustand

* Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal der VVB Landtechnische Instandsetzung Berlin

- Fördermenge der alten EP mit neuen DV
- Fördermenge einer Prüfpumpe, bestückt mit den alten DV.

1.4. Annahme

- Die Differenzfördermenge zwischen alter EP mit alten DV und alter EP mit neuen DV sowie zwischen Sollwert und Istwert (d. h. mit alten DV) der Prüfpumpe ergeben den Einfluß der Abnutzung der Druckventile
- Die Differenzfördermenge zwischen alter EP mit neuen DV und dem mittleren Sollwert der Einstellung (aus dem Landtechnischen Instandsetzungswerk) ergibt den Einfluß der Elementeabnutzung, wenn der Fahrzeughalter die Einspritzpumpe nicht verstellt hat.

2. Analyse der Verstellungen

Sehr häufig war eine Erhöhung der Fördermenge und Abregeldrehzahlen zu verzeichnen.

Einbezogen wurden in die Untersuchung

- 42 Stück Einspritzpumpen DEP 4 B, das entspricht 168 Fördereinheiten
- 84 Stück Einsteckpumpen DFPS 2 K S 4, das entspricht 168 Fördereinheiten
- 39 Stück Einspritzpumpen U 24-4-8 \times 10 gleich 156 Fördereinheiten.

Während an den schwer zugänglichen Einsteckpumpen keine Verstellungen festzustellen waren, ließen sich an den außen angebauten Einspritzpumpen in der Regel Verstellungen nachweisen. Die Nutzer wollten höhere Leistungen erzielen, indem sie die Abregelung und die Gesamtfördermenge veränderten. Diese Veränderungen sind jedoch die Ursache für das Fahren an der Rauchgrenze (Verstoß gegen die zulässigen Rauchdichtewerte lt. TGL 22 984, Bl. 5 und das Landeskulturgesetz, Gesetzblatt Teil 1 Nr. 12/1970), für die Überbelastung des Kurbeltriebes der Dieselmotoren, den erhöhten Kraftstoffverbrauch ohne vollständige Energieausnutzung (ökonomisches Kriterium) und führten wiederholt zu Havarieschäden am Motor und damit zu erhöhten Instandsetzungskosten.

(Schluß von S. 565)

- Ungleichmäßigkeiten der Lagergeometrie durch wiederholte Montage und Demontage beim Lagerschalenwechsel
- Änderung des Betriebslagerspiels infolge Änderung der Betriebstemperatur während einer Versuchsserie.

Die aus der Vorstellung zu erwartende Vergrößerung der Pleuellängskraft infolge von Stößen zwischen Pleuelzapfen und Pleuel in den Totlagen tritt offenbar wegen der Dämpfungswirkung des Ölfilms nicht auf.

Es bleibt zu untersuchen, welche Dauerauswirkungen die Oberschwingungen der Pleulkräfte insbesondere auf das Verschleißverhalten der Lager haben.

Literatur

- 1) Adamovič, A. V. u. a.: Issledovanie silovych nagruzok v krivoshipnošatnom mehanizme traktornych dvigatelej D37M i D50 (Untersuchung der Kraftbelastungen im Schubkurbelgetriebe der Traktorenmotoren D37M und D50). Traktory i sel'chozmašiny (1967) H. 6, S. 7-9
- 2) Kerčar, B. M. u. a.: Issledovanie zazora meždu poršnem i gil'zoi cilindra dvigatelja (Untersuchung des Spiels zwischen Pleuel und Zylinderbuchse des Motors). Traktory i sel'chozmašiny (1970) H. 11, S. 13
- 3) Schulze, G.: Drahtgebundene Meßwertübertragung. Dieselmotoren-nachrichten (1972) H. 1, S. 35-39. A 9262

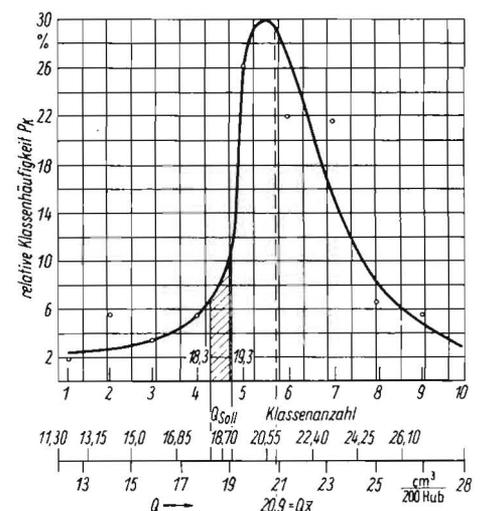


Bild 1. Relative Klassenhäufigkeit der Fördermengen bei der Einspritzpumpe DEP 4 B; $n_p = 925$ U/min, Regelstangenweg $R = 12$ mm, Bestückung: alte EP mit alten DV