

# Experimentelle Untersuchungen des Spieleinflusses im Ventilgetriebe

Prof. Dr. sc. techn. J. Müller/Dipl.-Ing. H. Buchholz, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Zielstellung

Das Ventilgetriebe in der im Bild 1 gezeigten Ausführung weist insgesamt 8 Spielpaarungen auf, wobei im Bereich der Arbeitsphase des Getriebes eine Druckfeder (Ventilfeder) zur Aufrechterhaltung der Paarung dient [1][2]. Infolge konstruktiver und anwendungstechnischer Besonderheiten im Motorenbau trennt man außerhalb der Arbeitsphase das Kurvengetriebe vom Arbeitselement (Ventil) und sieht ein definiertes Spiel vor, das der Betreiber entsprechend der Vorschrift des Motorenherstellers in vorgegebenen Intervallen zu überprüfen und einzustellen hat. Theoretisch besteht damit die Möglichkeit, über die Nutzungsdauer des Ventilgetriebes ein bestimmtes vorgelegtes Spiel und damit gleiche dynamische Verhältnisse zu garantieren.

Um zu vermeiden, daß sich — nach Überwinden des Spiels — die kraftgepaarte Verbindung zwischen Abtriebsglied des Kurvengetriebes und Arbeitselement (Ventil) in der Beschleunigungsphase des Arbeitselementes herstellt, wird bekanntlich ein sogenannter „Vornocken“ vorgesehen. Eine Vernachlässigung der Wartungsarbeit und nicht ordnungsgemäßes Einstellen des Ventilspiels hat nicht nur eine Beeinträchtigung der Motorleistung, sondern auch Schäden am Ventil, am gesamten Ventilgetriebe selbst sowie auch an anderen Getriebebaugruppen des Motors zur Folge [3][4][5].

Das Ventilspiel setzt sich aus den Spielanteilen in den einzelnen Elementenpaarungen zusammen, die in Ventilbewegungsrichtung wirksam werden (Bild 1); seine Größe wird damit beeinflusst von den Abnutzungen an den Paarungsstellen der einzelnen Getriebeglieder. Welchen Einfluß das Ventilspiel auf die dynamischen Verhältnisse des Ventilgetriebes ausübt, wird nachfolgend für den schnelllaufenden Dieselmotor 4 VD 14,5 erörtert [4]<sup>1)</sup>.

## 2. Versuchsparameter und Versuchsaufbau

Aus dem Wirkungsmechanismus der Schädigung am Ventilgetriebe [3] leiten sich als den Schädigungszustand kennzeichnende Größen folgende beiden Parameter ab:

— Stoßstangenkraft im Augenblick des Ventilöffnens ( $F_{\ddot{0}}$ )

— Ventilgeschwindigkeit im Moment des Ventilaufsetzens ( $v_A$ )

Bemerkung: Eine Messung der Beschleunigung ist wegen des schwierigen Auswertens nicht empfehlenswert, denn der gesamte Beschleunigungsverlauf wird von hochfrequenten Störbeschleunigungen überlagert, die auf das elastische Verhalten der Getriebeglieder zurückzuführen sind.

Diese beiden Parameter werden auch zur Beurteilung des Spieleinflusses herangezogen.

Die Messung der Stoßstangenkraft erfolgte mit Hilfe von Dehnungsmeßstreifen, die am oberen Ende der Stoßstange angeordnet wurden, um ein Verfälschen der Ergebnisse infolge eventueller Durchbiegung der Stoßstange zu vermeiden. Zur Messung der Ventilgeschwindigkeit diente ein speziell präparierter induktiver Geschwindigkeitsgeber [5]. Im Bild 2 wird die Anordnung der Meßwertgeber wiedergegeben. Die Darstellung der Meßgrößen erfolgte mit Hilfe des Zwei-Kanal-Sichtgerätes PM 4 (RFT). Die Versuche wurden — um andere Störeinflüsse zu eliminieren — am kalten, durch E-Motor angetriebenen Versuchsmotor durchgeführt. Die Abmessungen des Ventilgetriebes entsprachen den Werten der Neufertigung.

Im Bild 3 wird ein Meßschrieb gezeigt, der im oberen Teil den Verlauf der Ventilgeschwindigkeit  $v$  und darunter den Verlauf der Stoßstangenkraft  $F$  in Abhängigkeit vom Antriebswinkel  $\varphi$  der Nockenwelle darstellt. Die Kraft  $F_{\ddot{0}}$  im Moment des Ventilöffnens setzt sich zusammen aus der zu überwindenden Kraft der Ventilfeder und der Kraft zur Beschleunigung der Glieder des Ventilgetriebes.

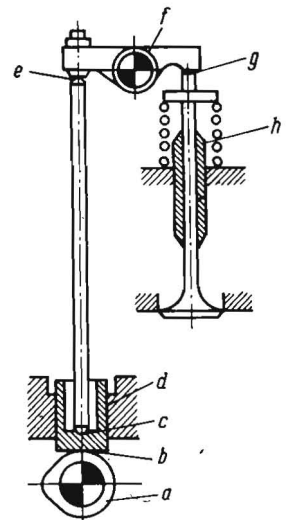


Bild 1. Ventilgetriebe; a bis h Spielpaarungen

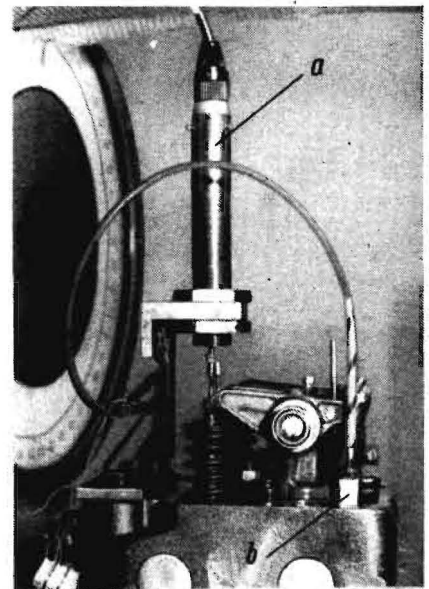


Bild 2 Versuchsanordnung der Meßwertgeber für a Ventilgeschwindigkeit, b Stoßstangenkraft

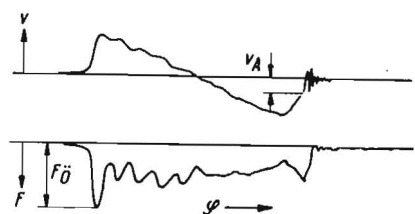


Bild 3 Meßschrieb von Ventilgeschwindigkeit und Stoßstangenkraft;  $v_A$  Ventilaufsetzgeschwindigkeit,  $F_{\ddot{0}}$  Stoßstangenkraft im Augenblick des Ventilöffnens

### 3. Versuchsergebnisse

Die ermittelte Abhängigkeit der Stoßstangenkraft,  $F_{\hat{O}}$  vom Ventilspiel  $s_V$  ist im Bild 4 für die Motordrehzahl  $n_k = 2000$  U/min dargestellt. Das untersuchte Ventilgetriebe ist für das Sollspiel  $s_V = 0,3$  mm ausgelegt. Für  $s_V = 0,3$  mm erfolgt die kraftschlüssige Verbindung zwischen Nockengetriebe und Ventil in der Beschleunigungsphase des Hauptnockens, in der ein steiler Beschleunigungsanstieg vorgesehen ist. Das Ansteigen der Stoßstangenkraft mit wachsendem Spiel läßt sich unmittelbar erkennen. Je größer die Stoßstangenkraft wird, desto höher werden die einzelnen Glieder des Nockengetriebes belastet. Insbesondere erhöht sich dadurch die Flächenpressung zwischen Nockenlaufbahn und Stößelbecher und damit schließlich auch die Abnutzung beider Bauteile [3][4][5][6]. Aus Bild 4 läßt sich beispielsweise für ein Spiel  $s_V = 0,5$  mm eine um 25% größere Stoßstangenkraft als für den Betriebszustand vorgesehen ablesen.

Die Abhängigkeit der Ventilaufsetzgeschwindigkeit  $v_A$  von der Motordrehzahl  $n_k$  wird im Bild 5 verdeutlicht und zwar für die Ventilspiele  $s_V = 0,3; 0,5$  und  $0,7$  mm als Parameter. Für das Soll-Ventilspiel  $s_V = 0,3$  mm zeigt die Ventilaufsetzgeschwindigkeit innerhalb des dargestellten Bereichs nur eine geringe Abhängigkeit von der Drehzahl bis hin zur maximalen Betriebsdrehzahl, steigt dann aber sehr steil an. Für Ventilspiele größer als  $0,3$  mm nimmt die Ventilaufsetzgeschwindigkeit rapide zu, und damit die dynamische Belastung des gesamten Nockengetriebes. Die Beanspruchung kann sogar so groß werden, daß sich durch Schockwirkung der Ventilschaft vom Ventilteller löst [3].

### 4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse lassen den Einfluß des Ventilspiels auf die dynamische Beanspruchung des Ventilgetriebes unmittelbar erkennen und weisen den Motorbetreiber auf die Notwendigkeit ordnungsgemäßer Spieleinstellung zum Erreichen einer hohen Grenznutzungsdauer des Motors eindringlich hin. Es muß jedoch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, daß durch richtig eingestelltes Ventilspiel keinesfalls diejenigen dynamischen Belastungen im Ventilgetriebe kompensiert oder ausgeschaltet werden können, die durch bereits vorhandene Schäden [7] an Bauteilen des Ventilgetriebes — beispielsweise durch abgenutzte Nockenlaufbahn oder deformierte Stoßstange — bewirkt werden [3].

Bild 4. Verlauf der Stoßstangenkraft  $F_{\hat{O}}$  in Abhängigkeit vom Ventilspiel  $s_V$ ;  $n_k = 2000$  U/min

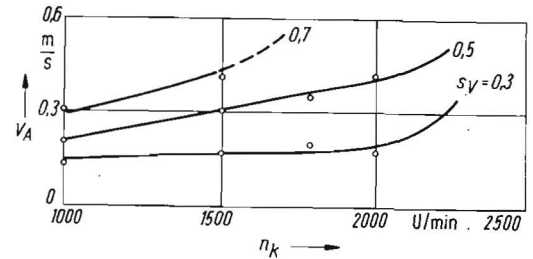
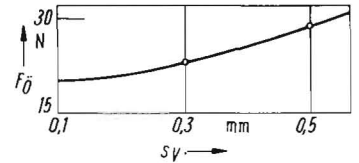


Bild 5. Ventilaufsetzgeschwindigkeit  $v_A$  in Abhängigkeit von der Motordrehzahl  $n_k$  und dem Ventilspiel  $s_V$

### Literatur

- [1] TGL 28731: Kurvengetriebe.
- [2] Müller, J.: Begriffe der Kurvengetriebe. Maschinenbautechnik 18 (1969) H. 9, S. 489—493.
- [3] Müller, J.: Schädigungsgrenzen und Zuverlässigkeit der Kurvengetriebe — Kurvengetriebe und ihre praktischen Anwendungen. Forschungszentrum Werkzeugmaschinen, Bd. 27, Karl-Marx-Stadt 1975, S. 9—31.
- [4] Buchholz, H.: Nockengetriebe an Dieselmotoren. Universität Rostock. Sektion Landtechnik. Diplomarbeit 1973 (unveröffentlicht).
- [5] Müller, J.; Buchholz, H.: Schäden an Nocken und Stößelbecher. agrartechnik 25 (1975) H. 1, S. 42—44.
- [6] Müller, J.: Abweichungen an Kurvengetrieben. Maschinenbautechnik 23 (1974) H. 4, S. 146—149.
- [7] TGL 80-22278: Grundbegriffe der landtechnischen Instandhaltung, Ausgabe April 1975. A 1143

<sup>11</sup> Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung des VEB Dieselmotorenwerk Nordhausen durchgeführt; Herren Chefkonstrukteur Caspari und Dipl.-Ing. Barth sei für das Bereitstellen von Versuchsstandskapazität gedankt.

## Erfahrungsaustausch mit Technischen Leitern von ACZ

Am 26. November 1975 führte die Wissenschaftliche Sektion Chemisierung der Pflanzenproduktion der KDT in der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg einen Erfahrungsaustausch mit Technischen Leitern von Agrochemischen Zentren (ACZ) durch. Anwesend waren ferner Vertreter der VEB KfL, die die spezialisierte Instandsetzung von Maschinen der ACZ durchführen.

Nach der Begrüßung durch den Leiter des FA Instandhaltung in ACZ, Dr. habil Böhl, referierte Ing. Dörner vom Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft über die Grundsätze der Zusammenarbeit zwischen KAP, ACZ und KfL. Er hob besonders die Bedeutung der planmäßigen Kooperation zwischen den genannten Partnern hervor und erläuterte die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Instandhaltung. Besondere Schwerpunkte bildeten dabei die Wartung, Pflege, Konservierung und Überprüfung der Technik, die materiell-technische Versorgung sowie die Instandsetzung der Technik und die Qualifizierung der Werkstätten.

Danach sprach Ing. Pechstein vom VEB KfL Niemburg/Saale über die Zusammenarbeit der KfL und ACZ bei der Organisation der Instandhaltung von LKW und Düngestreuern. Er erläuterte, wie durch planmäßige Wartung und Pflege der Technik und eine strikte Einhaltung der Verordnung zur vorbeugenden Instandhal-

tung der Instandsetzungsaufwand wesentlich vermindert werden kann. Weiter berichtete er über Erfahrungen bei der Instandsetzung von LKW W 50, die im Bezirk Halle von 4 KfL, 2 KIB und 1 LIW erfolgt, sowie über Instandsetzung von Streuaufsätzen D 032. Anhand einiger stark verschlissener Maschinenteile demonstrierte er nochmals die Bedeutung und Notwendigkeit regelmäßiger technischer Kontrollen sowie entsprechender Wartungs- und Pflegemaßnahmen.

Dr.-Ing. Wohlbe vom Ing.-Büro für vorbeugende Instandhaltung Dresden befaßte sich in seinem Referat mit dem Problem der Technischen Diagnostik und ihren Auswirkungen auf die Erhöhung der Verfügbarkeit von Maschinen. Er betonte, daß bei Anwendung entsprechender Meßmethoden Aufwand und Ergebnis im richtigen Verhältnis stehen müssen. Weiter wurden die Errichtung von Diagnosestationen, Probleme der Dokumentation und Restnutzungsdauervorhersage sowie Fragen der diagnosegerechten Konstruktion behandelt.

Über Erfahrungen bei der vorbeugenden Instandhaltung von Maschinen und Geräten in ACZ sprach Dipl.-Betriebswirtschaftler Hähnel, Leiter des ACZ Angermünde. In Kooperation mit der örtlichen KAP hat das ACZ einen Wasch- und Pflegestützpunkt für die industriemäßige Pflege und Wartung von monatlich 120 Fahrzeugeinheiten errichtet. Der Referent führte aus, daß in