

Lasergenaue Messung

Optimierung der Ventiltriebdynamik bei Porsche Engineering

Die Laservibrometrie hat in den letzten Jahren in der Automobilbranche einen festen Platz eingenommen. Bei Porsche Engineering wird dieses berührungslose Messverfahren eingesetzt, um im Rahmen der Motorenentwicklung das dynamische Verhalten der Ventiltriebe zu untersuchen und zu verbessern.

Auslegung von Ventiltrieben

Höchste Leistung bei optimalem Kraftstoffverbrauch setzt einen perfekt abgestimmten Motor voraus. Gerade der Ventiltrieb bietet dabei immer wieder Verbesserungspotenzial. Besonders bei Sportwagenmotoren werden diese Bauteile sehr stark beansprucht, weil große Öffnungsquerschnitte bei kürzester Öffnungsdauer der Ventile und gleichzeitig hohen Motordrehzahlen notwendig sind. Deshalb bemühen sich die Entwickler in diesem Bereich ständig, die dynamischen Eigenschaften von Ventil- und Steuertrieb weiter zu optimieren.

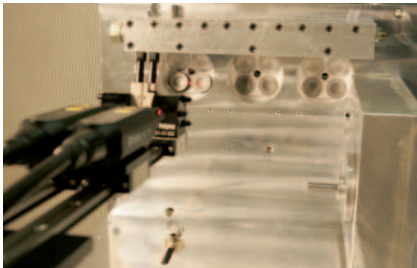


Bild 1: Prüfstand zur Messung der Ventiltriebdynamik. Ansicht auf die Brennraumseite des Prüflings, montiert auf der speziellen Zylinderkopfaufspannung. Im Vordergrund das Laservibrometer



Bild 2: Ventiltriebsuntersuchungen an einer Ein-Ventil-Attrappe in der Vorentwicklungsphase eines Motors

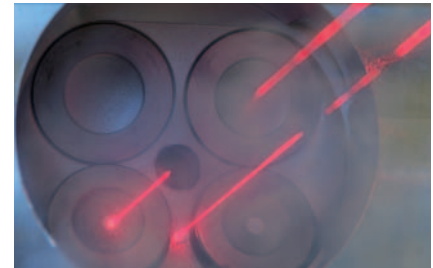


Bild 3: Mess- und Referenzstrahl des Laservibrometers



Ob ein Ventiltrieb nun die im Lastenheft festgelegten Eigenschaften erfüllt und die dadurch entstehenden Belastungen aushält, kann bereits in einem frühen Entwicklungsstadium auf dem Prüfstand (Bild 1) ermittelt werden. Die Ingenieure von Porsche Engineering setzen dazu spezielle Laser ein, mit denen die Ventiltriebdynamik berührungslos und damit rückwirkungsfrei untersucht werden kann. Dabei wird das Verhalten des Ventils bei unterschiedlichen Drehzahlen gemessen.

Messungen auf dem Prüfstand

Für die Messung wird der Zylinderkopf auf einem so genannten Attrappen-Prüfstand (Bild 2) wie im realen Betrieb mit Öldruck versorgt. Auch die entsprechende Öltemperatur und Ölverschäumung werden eingestellt. Diese Parameter werden online vorgegeben und überwacht.

Ein leistungsstarker Elektro-Asynchronmotor treibt den kompletten Steuertrieb an und simuliert so den realen Betrieb.

Der Kettentrieb ist mit allen Zwischenrädern, Führungs- und Spannschienen sowie dem Kettenspanner vollständig nachgebildet. So kann die Dynamik des Ventiltriebs mit allen äußeren Einflüssen und deren Rückwirkungen – wie zum

Beispiel Polygoneffekt der Kette, Dämpfungseinfluss des hydraulischen Kettenspanners und Nockenwellenwechselmomente – untersucht werden.

Zur Messung wird der Laserstrahl nun so positioniert, dass er senkrecht auf den Ventilteller trifft. Einen zweiten Laserstrahl positioniert man als Referenz-Messstrahl parallel zum ersten in der Nähe des Ventilsitzes. Bild 3 zeigt den durch Rauch sichtbar gemachten Mess- und Referenzstrahl des Laservibrometers.

Gemessen wird nun, durch sofortige Differenzbildung, die Relativbewegung zwischen den beiden Mess-Stellen und damit die reine Bewegung des Ventils, ohne den Einfluss von Aufbauschwingungen. Auf diese Weise können Ventilhub und Ventilgeschwindigkeit genau erfasst werden.

Datengewinnung und -auswertung

Porsche Engineering setzt ein Laser-Doppler-Vibrometer Typ HSV 2002 der Firma Polytec ein, der speziell für Messungen bei Hochleistungsmotoren, wie sie auch in der Formel 1 eingesetzt werden, entwickelt wurde. Er ist in der Lage, Geschwindigkeiten von bis zu 30 m/s sowie Wege (Hübe) bis zu 160 mm zu erfassen.

Die bei der Messung gewonnenen Daten werden zeitsynchron erfasst und gespeichert. Das dabei von Porsche Engineering verwendete ROTEC RAS System kann Analogsignale mit einer Auflösung von 16 Bit und einer Abtastrate von 400 kHz aufzeichnen. Drehzahlsignale können bis zu einer Frequenz von 1 MHz und einer Auflösung von 40 Bit aufgenommen werden. Eine integrierte Software zur Auswertung macht eine schnelle Analyse der gemessenen Daten möglich (Bild 4).

Auf diese Weise können zum Beispiel die Auswirkungen verschiedener Nockenkonturen, Federsteifigkeiten, Federprogressionen oder Ventiltriebsmassen untersucht werden. Der Einfluss dieser Modifikationen kann dann anhand von Ventilaufsetzgeschwindigkeiten (Bild 5), Ventilbeschleunigungen sowie hieraus berechneter Kontaktkraftverläufe und Hertz'scher Pressungen bewertet werden. Gleichzeitig können Drehschwingungsanalysen weitere Informationen über das Betriebsverhalten liefern.

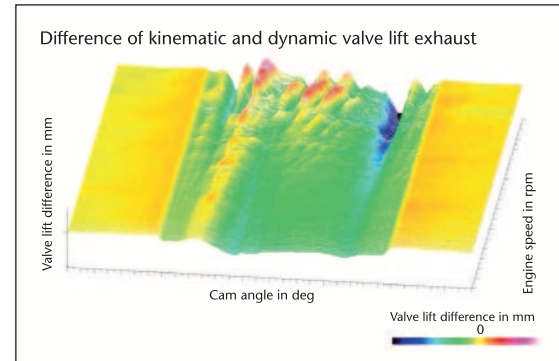


Bild 4: Hubdifferenzen infolge dynamischer Effekte

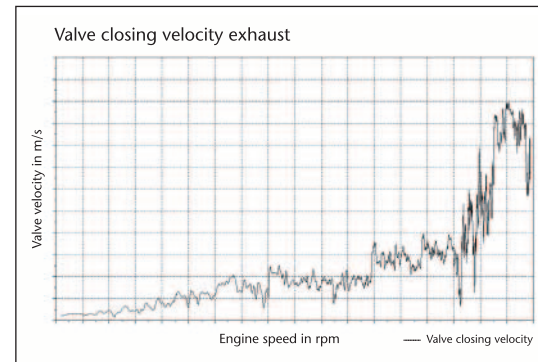


Bild 5: Steigende Ventilaufsetzgeschwindigkeiten mit zunehmender Motordrehzahl

Fazit

Gerade im Hinblick auf immer komplexer werdende Ventiltriebe bei gleichzeitig kürzeren Entwicklungszeiten gewinnt die Ventiltriebanalyse zunehmend an Bedeutung. Mit dem bei Porsche Engineering eingesetzten HSV 2002 Laservibrometer untersucht man bereits in einem frühen Entwicklungsstadium den Ventiltrieb hinsichtlich Kinematik, Dynamik und Belastung im gewünschten Drehzahlbereich. So konnten an einigen Projektbeispielen durch die Ventiltriebanalyse ganz gezielt notwendige Modifikationen eingeleitet und so kosten- und zeitintensive Entwicklungsschleifen vermieden werden.

Autor - Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Robert Kerres
Porsche Engineering Services GmbH
D-74321 Bietigheim-Bissingen
www.porsche-engineering.com

