



Hochdrehende Motorradmotoren

Messtechnische Erfassung von Drehungleichförmigkeiten an einem Vierzylinder-Sportmotorrad

In Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren treten aufgrund des nichtkontinuierlichen Verbrennungsprozesses Drehungleichförmigkeiten der Kurbelwelle auf. Diese regen im Fahrbetrieb Bauteile des Antriebsstrangs zu Drehschwingungen an, was unerwünschte Geräusche und Vibrationen verursachen kann. Bei Motorrädern sind Motor und Antriebsstrang in der Regel nicht akustisch gekapselt, daher ist die Analyse der Schwachstellen im System bezüglich der auftretenden Vibrationen von hoher Priorität. Das Erfassen der bei Motorradmotoren induzierten Drehschwingungen kann direkt am Fahrzeug auf einem Rollenprüfstand erfolgen. Für den speziellen Fall hochdrehender Motorradmotoren ($>10.000 \text{ min}^{-1}$) wird hierzu das RLV-5500 Rotationsvibrometer von Polytec verwendet.

Einleitung

Die Entwicklung moderner, leistungsstarker Motorradmotoren zielt auf eine Optimierung hinsichtlich Wirkungsgrad und Leichtbau ab. Gleichzeitig besteht ein Kundenwunsch nach homogener Leistungsentfaltung und einem guten Komfortverhalten des des Antriebsstrangs. Das Ziel muss hierbei ein resonanz- und ruckfreier Antrieb sein. Die infolge von Drehungleichförmigkeiten, harten Last- und Gangwechseln sowie bei missbräuchlicher Nutzung auftretenden Belastungen machen dabei eine genaue Abstimmung der einzelnen Bauteile des Schwingsystems erforderlich. Mittels einer Dynamiksimulation werden die Feder- und Dämpfungselemente des Antriebsstrangs (Bild 1) entsprechend dem Fahrzeugtyp – von sportlich bis komfort-

betont – grundsätzlich ausgelegt. Da jedoch sehr vielfältige Einflüsse auf den Antrieb eines Motorrades einwirken, ist es unabdingbar, den gesamten Antriebsstrang im Versuch genauer zu analysieren. Dies geschieht zum einen durch Subjektivbeurteilungen im Fahrversuch, zum anderen durch Messungen am Prüfstand. Das Schwingverhalten des Gesamtantriebsstrangs kann mithilfe spezieller Drehschwingungs-Messaufbauten detailliert untersucht werden.

Experimenteller Aufbau

Die Analyse der Antriebsschwingungen am Fahrzeug auf einem Akustik-Rollenprüfstand bringt viele Vorteile, da hierbei neben den Drehschwingungen auch gleichzeitig die akustische Abstrahlung untersucht werden kann. Der Gesamtfahrzeugaufbau spiegelt sehr gut die realen Bedingungen wider,

da der Rollenprüfstand in idealer Weise reproduzierbare Fahrzustände für die verschiedenen Last- und Drehzahlbereiche ermöglicht.

Speziell angefertigte Messadapter, die auf dem jeweiligen Ende der Kurbel- und Triebwellen drehfest angebracht und aus dem Kurbelgehäuse herausgeführt sind, bilden die vom Laser des Rotationsvibrometers (Bild 2) erfassbaren Messobjekte. Dazu wird das Vibrometer in entsprechendem Abstand aufgestellt (der Arbeitsbereich des RLV-5500 beträgt etwa 200 mm) und so ausgerichtet, dass die beiden austretenden Laserstrahlen senkrecht auf die Messwelle auftreffen sowie in einer Linie zur Drehrichtung fluchten (Bild 3, 4). Das Aufbringen einer diffus reflektierenden selbstklebenden Folie verbessert den Messsignal-

Rausch-Abstand und verringert somit Signalunstetigkeiten. Das Messprinzip der Laservibrometrie beruht auf der bekannten physikalischen Erscheinung des Doppellereffekts. Daher ist diese Messmethodik ein sehr effektives Messverfahren, welches berührungslos und somit rückwirkungsfrei arbeitet und außerdem unabhängig von der Materialbeschaffenheit und Betriebstemperatur einsetzbar ist. Mit dem aktuellen RLV-5500 Rotations-Laservibrometer sind auch hochdrehende Motorradmotoren bis zu Maximaldrehzahlen von deutlich über 10.000 min^{-1} einfach und mit hoher Auflösung dynamisch messbar.

Ergebnisse

Die Messungen an ersten Prototypen zeigen grundsätzlich eine sehr gute Korrelation mit den in der Simulation gewonnenen Ergebnissen. Im Rahmen von umfassenden Analysen und Versuchsfahrten treten jedoch in speziellen Fahrzuständen vereinzelt Phänomene auf, die von den Fahrern unter bestimmten Bedingungen als unkomfortable Schwingungen im Fahrzeug wahrgenommen werden. Solche Effekte sind oft in der Konstruktion und Simulation nicht vorhersehbar bzw. darstellbar und können erst durch eine gezielte Untersuchung der Drehschwingungen im Antriebsstrang erkannt und zugeordnet werden (Bilder 5 – 7). Mittels sorgfältig abgestimmter Variationen des Federpaketes des Kupplungs-Torsionsdämpfers (Bild 8), einer

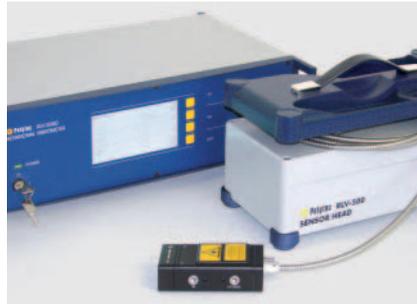


Bild 2: RLV-5500 Rotationsvibrometer

Optimierung der Gummipakete des Hinterrad-Ruckdämpfers sowie Maßnahmen zur Einschränkung des Spiels im Antriebsstrang können diese Resonanzschwingungen gezielt beeinflusst und beseitigt werden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Komfortansprüche, die an moderne Motorräder und deren Antriebe gestellt werden, steigen weiter. Das führt zu weiteren technischen Herausforderungen, um den Antriebsstrang von zukünftigen Motorrädern zum einen sportlich-dynamisch und zum anderen auch komfortabel abzustimmen. Hierfür bieten die beschriebenen Messmethoden zur Erfassung der Drehschwingungen sehr wichtige und außerdem sehr umfangreiche Möglichkeiten, solche komplexen Schwingsysteme besser zu verstehen und so die geplanten Ziele zu erreichen.



Bild 8: Kupplungs-Torsionsschwingungs-dämpfer

Autoren - Kontakt

Dipl.-Ing. Simone Lennert
 Dipl.-Ing. Werner Pauls
 Dipl.-Ing. (FH) Guido Koehler
 NVH & Antriebsstrangdynamik
 BMW AG, 80788 München
Guido.Koehler@bmw.de

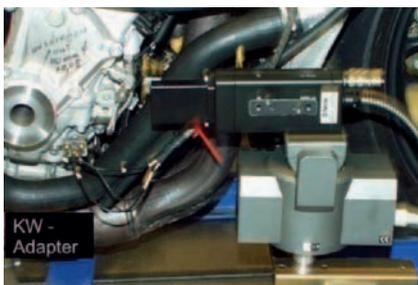


Bild 3: Messung von Drehschwingungen an der Kurbelwelle mit dem RLV-5500



Bild 4: Messpunkte an der Kurbelwelle und Getriebewelle

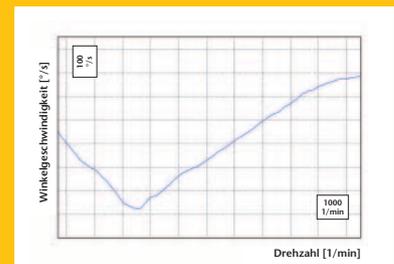


Bild 5: Erste Drehungleichförmigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl

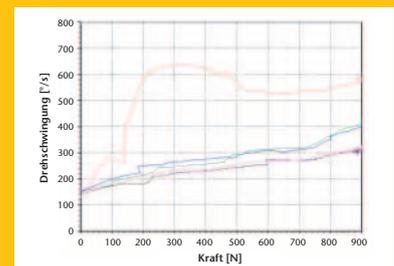


Bild 6: Erste Drehungleichförmigkeit abhängig von der Last

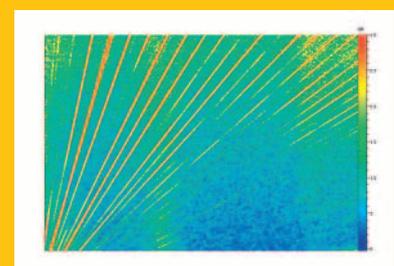


Bild 7: Campbell-Diagramm eines Lasthochlaufes

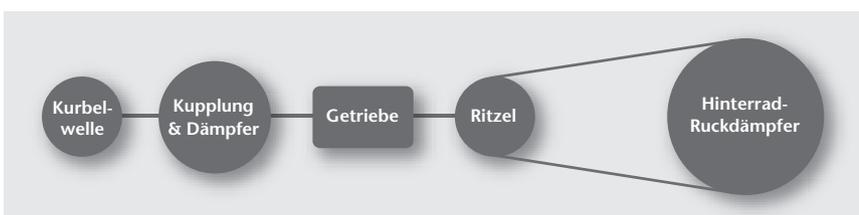


Bild 1: Schema eines Motorrad-Antriebsstrangs