

Ursachen sowie Minderungsmöglichkeiten des Geräuschphänomens „Whoop“ bei Fahrzeugkupplungen

Priv. Doz. Dr.-Ing. J.W. Biermann, Dipl.-Ing. A. Reitz, Dr. P. Kelly

Lehrgebiet Fahrzeugakustik, Institut für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen
Ford Werke AG, Köln

1. Einleitung

Beim Kauf eines Kraftfahrzeugs hat das Kriterium Schwingungs- und Geräuschkomfort seit einigen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Insofern unternehmen die Fahrzeug- und Komponentenhersteller weltweit enorme Anstrengungen, diesen Kundenanforderungen gerecht zu werden.

Fahrzeugkupplungen sind an einer Reihe von Schwingungs- und Geräuschphänomenen beteiligt. Eines dieser Phänomene ist das sogenannte „Whoop“. Wird die Kupplung bei laufendem Motor betätigt – das Fahrzeug steht, es ist kein Gang eingelegt -, so kann es zu diesem als äußerst störend empfundenen Geräusch sowie zu deutlich spürbaren Schwingungen im Kupplungspedal kommen. Bis vor einiger Zeit war man der Ansicht, dass dieses NVH-Phänomen (Noise, Vibration, Harshness) durch den Reibvorgang zwischen Kupplungsseilzug und Kabelhülle verursacht wird. Dass diese Vermutung nicht zutrifft, zeigte sich beim Einsatz hydraulisch betätigter Kupplungssysteme, bei denen dieses Phänomen ebenfalls auftrat.

Vor diesem Hintergrund wurde am Institut für Kraftfahrwesen Aachen (ika) in Zusammenarbeit mit der Ford Werke AG Köln ein entsprechendes Forschungsprojekt mit dem Ziel durchgeführt, die Wirkmechanismen sowie geeignete Minderungsmaßnahmen aufzuzeigen.

2. Wirkmechanismen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden zunächst umfangreiche Messungen an einer Reihe von Fahrzeugen durchgeführt. Dabei handelte es sich um Fahrzeuge verschiedener Hersteller mit Vierzylinder-Dieselmotor. In Abb. 1 sind beispielhaft die am Kupplungspedal eines der Fahrzeuge bei einer Motordrehzahl von 2000 U/min gemessenen Schwingungen dargestellt.

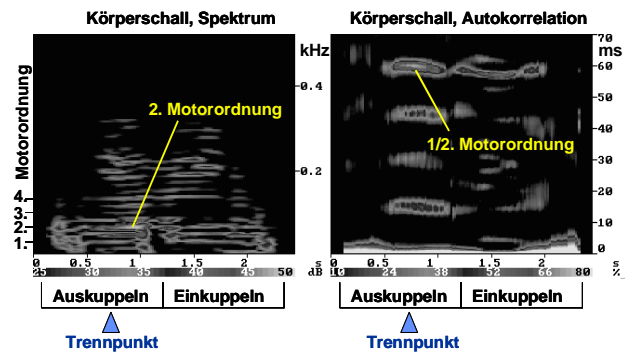


Abb. 1: Schwingungen am Kupplungspedal bei Betätigung der Kupplung (n=2000 U/min)

Das Frequenzspektrum auf der linken Bildseite zeigt verschiedene Motorordnungen, von denen die zweite Motorordnung eindeutig dominiert. Auf der rechten Seite ist die Autokorrelation des Schwingungssignals dargestellt. Das Signal wird nach 60 ms wiederholt. Mit der Motordrehzahl von 2000 1/min ergibt sich die deutlich zu erkennende Modulationsfrequenz von 17 Hz, die der 1/2. Motorordnung entspricht.

Um zu bestimmen, welches die Ursachen für diese Anregung mit der 1/2. Motorordnung sind, wurde u.a. die Axialbewegung des Schwungrades an drei Positionen mit Wegsensoren im Fahrzeug gemessen. In Abb. 2 sind die entsprechenden Messergebnisse dargestellt.

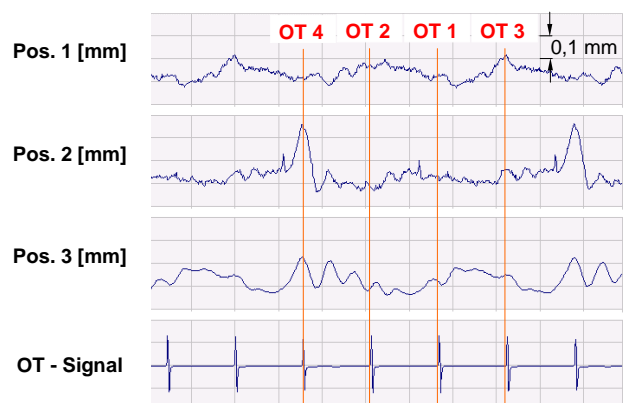


Abb. 2: Axialbewegung des Schwungrades sowie Zündzeitpunkte der einzelnen Zylinder; Auskuppelzeitpunkt, 2000 1/min

Zu erkennen ist, dass die Zündung des vierten Zylinders, der sich in unmittelbarer Nähe zum Schwungrad befindet, einen großen Einfluss auf das Schwungrad ausübt. Wie in Abb. 3 skizziert, regt die Gaskraft das Schwungrad zu einer Taumelbewegung sowie einer Torsionsschwingung an.

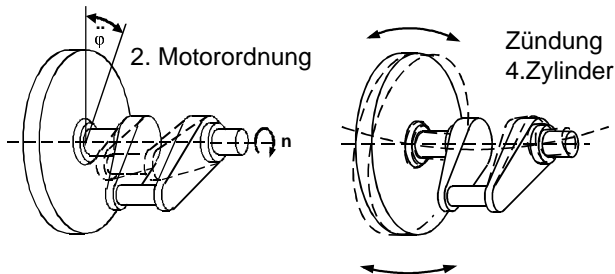


Abb. 3: Taumel- und Torsionsschwingung des Schwungrades

Diese Schwingungsanregungen werden über das Betätigungssystem in den Innenraum des Fahrzeugs übertragen und dort als Schwingung am Kupplungspedal sowie als Geräusch wahrgenommen.

Zur detaillierten Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter wurde am ika ein entsprechender Prüfstand entwickelt, bei dem sowohl die Anregung durch die zweite Motorordnung als auch die Modulation mit der 1/2. Motorordnung getrennt simuliert werden können. In Abb. 4 ist der Aufbau des Prüfstands skizziert.

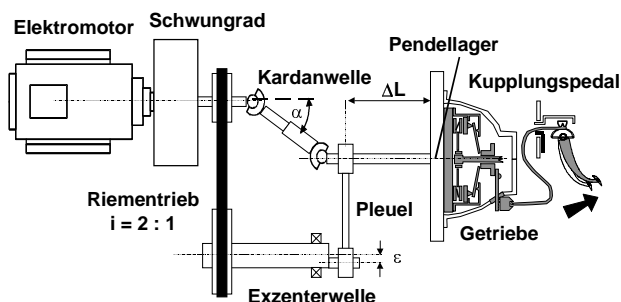


Abb. 4: Konzept des ika-Kupplungsprüfstands

Zur Vermeidung von maskierenden Schwingungen und Geräuschen, die durch Verbrennungsmotoren entstehen, erfolgt der Antrieb des Prüfstandes mit einem E-Motor.

3. Minderungsmöglichkeiten

Im Rahmen einer umfangreichen Untersuchung wurden abschließend mit Hilfe der Taguchi-

Methode die Einflüsse verschiedener Parameter analysiert. Variiert wurden beispielsweise die Masse von Schwungrad, Anpressplatte und Ausrückhebel (Zusatzdämpfermasse), sowie die Länge der Hydraulikleitung und die Steifigkeit des Kupplungsgehäuses. In Abb. 5 sind die Messergebnisse (Pedalschwingungen) für drei unterschiedliche Systemauslegungen dargestellt. Aus Gründen der Geheimhaltung sind diese ohne nähere Angaben mit A, B und C gekennzeichnet.

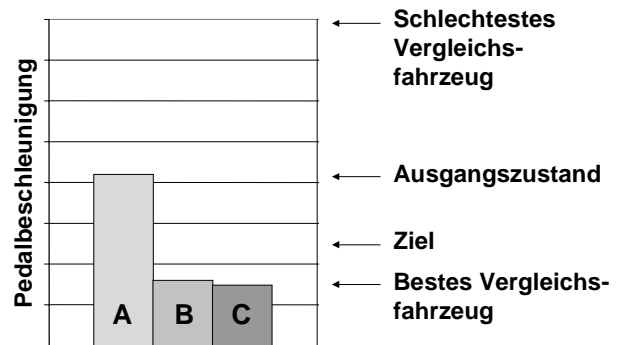


Abb. 5: Schwingung am Kupplungspedal - Vergleich unterschiedlich ausgelegter Kupplungssysteme

Die Systemauslegung A kennzeichnet den Ausgangszustand. Hier treten die stärksten Schwingungen am Kupplungspedal auf. Das geänderte Systemdesign B führt zu deutlich geringeren Beschleunigungswerten. Mit der Variante C wird demgegenüber nur noch eine geringe Verbesserung erreicht.

4. Resümee

Im Rahmen des zuvor beschriebenen Forschungsprojektes konnten anhand von Fahrzeugmessungen und Prüfstandsuntersuchungen die Wirkmechanismen für das NVH-Phänomen „Whoop“ aufgezeigt werden. Auf dieser Basis war es möglich, gezielte Abhilfemaßnahmen zu entwickeln, die in der Zwischenzeit bei den Ford Werken Eingang in die Serienfertigung gefunden haben.

Anschrift:

Institut für Kraftfahrwesen Aachen (ika)

Lehrgebiet Fahrzeugakustik

Steinbachstraße 10

D-52074 Aachen

<http://www.ika.rwth-aachen.de>