

Aktive Pulsations- und Geräuschminderung an hydraulischen Komponenten und Systemen im Pkw

Eneko Goenechea¹, Stefan Sentpali²

¹ Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen (IFAS), 52074 Aachen, Deutschland,
Email: Eneko.Goenechea@ifas.rwth-aachen.de

² BMW AG, 80788 München, Deutschland

Einleitung

Dank immer leiser werdender Motoren und anderer primärer Schallquellen in modernen Pkw nimmt auch die Maskierung für installierte hydraulische Systeme wie beispielsweise die Servolenkung oder aktive Fahrwerke ab. Gleichzeitig werden die Leistungsanforderungen an die hydraulischen Komponenten und Systeme stetig mehr. Insbesondere durch das steigende Gewicht der Fahrzeuge wächst auch die installierte hydraulische Leistung stetig weiter. In dem entstehenden Spannungsfeld geraten die herkömmlichen, passiven Schallminderungsmaßnahmen zunehmend unter Druck.

Während also das Interesse an Alternativen für die Schallminderung in hydraulischen Systemen in Pkw wächst, lassen sich positive Entwicklungen insbesondere hinsichtlich der Kosten von hochdynamischer Aktuatorik sowie im Bereich der Mikrocontroller beobachten. Somit rücken Techniken zur aktiven Pulsationsminderung in hydraulischen Systemen in den Bereich des technisch Vertretbaren.

Im zugrundeliegenden Projekt wurde daher im Auftrag der BMW AG und in Zusammenarbeit mit der Firma Müller BBM ein experimentelles System zur aktiven Pulsationsminderung im hydraulischen Kreislauf eines Pkw realisiert.

Systembeschreibung

Für die Untersuchung des Potenzials von Gegenschallmaßnahmen in der Pulsationsminderung wurde ein hydraulisches System gewählt, welches besonders hohe Anforderungen an die Minderungsmaßnahmen stellt. Das Anti-Roll-System „Dynamic Drive“ wird von einer Radialkolbenpumpe mit 8 Kolben versorgt. Der Druck im System schwankt je nach Lastfall zwischen Umlaufdruck und 200 bar. Der Volumenstrom beträgt 7 l/min. Die Drehzahl der Pumpe ist an die Motordrehzahl gekoppelt und somit variabel.

Die Pulsationen, die von einer solchen Pumpe erzeugt werden, setzen sich zusammen aus der kinematischen Förderstrompulsation und der kompressionsbedingten. Sie stellen sich als einzelne Ordnungen von Pumpendrehzahl mal Kolbenanzahl dar. Über die charakteristische Impedanz des Rohrleitungssystems bestimmt sich daraus die Druckpulsation. Insbesondere bei hohen Frequenzen wirken sich Dämpfungen im System positiv aus. Nach Abschätzung aller Parameter wurde daher festgelegt, das Gegenschallsystem für eine maximale Pulsation von 3,5 bar und eine maximale Frequenz von ca. 1000 Hz auszulegen.

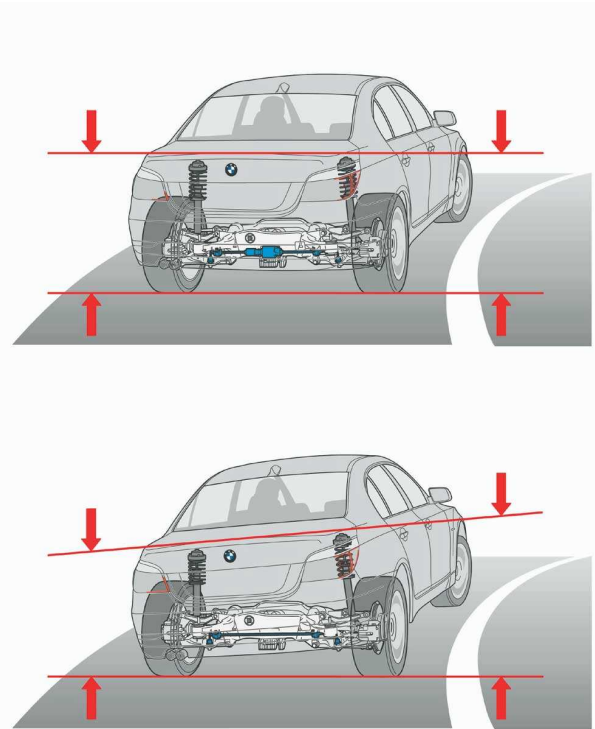


Abbildung 1: Das Anti Roll System „Dynamic Drive“ minimiert das Wanken des Fahrzeugs

Pulsationserzeugung

Für ein Gegenschallsystem benötigt man einen Lautsprecher, der mindestens so viel Schallleistung zu erzeugen in der Lage ist, wie man auslöschen möchte. Im vorliegenden Fall musste daher ein Pulsationserzeuger gefunden werden, der bei den geforderten Kenngrößen möglichst linear ein klirrfreies Signal generiert. Dazu wurde ein indirektes Prinzip ausgewählt, bei dem ein direkt gesteuertes, proportionales 2/2-Wege Schieberventil von einem Piezo-Stapelaktuator angetrieben einen Bypass zwischen Hochdruckanschluss und Niederdruckanschluss der Pumpe bildet. Durch das Ventil kann somit dem System der dynamische Anteil des Pumpenvolumenstromes entzogen werden.

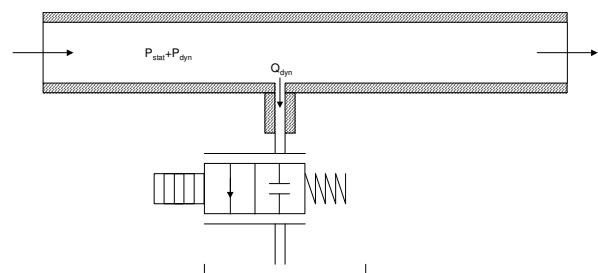


Abbildung 2: Indirekter Pulsationserzeuger

ANC-Regelsystem

Für die Regelung des Gegenschallsignals wurde das ADAP-System der Firma Müller BBM verwendet. Es handelt sich um einen adaptiven Regler auf Basis des Filtered-X LMS-Algorithmus. Als Referenzsignal diente die Drehzahl der Pumpe abgenommen an der Welle. Das ADAP kann bis zu 6 Aktoren ansteuern, um bis zu 8 Fehlersignale zu minimieren. Im vorliegenden, eindimensionalen Fall genügt ein Pulsationserzeuger und ein Fehlersensor in Gestalt eines dynamischen Drucksensors. Die Kompensationsversuche konzentrierten sich auf die ersten drei Harmonischen des Pulsationssignals.

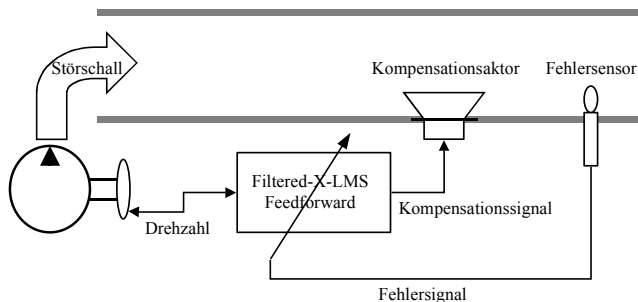


Abbildung 3: Prinzipskizze des ANC-Gesamtsystems

Ergebnisse

Das am IFAS entwickelte Piezoventil wurde in Verbindung mit dem ADAP-System in ein Fahrzeug der BMW AG eingebaut und in einem befahrbaren Schallmessraum der BMW AG untersucht. Exemplarisch ist im Folgenden eine Messung dargestellt. Zu sehen sind die Druckpulsationen am Fehlersensor des hydraulischen Systems für die 8., 16. Und 24. Pumpenordnung aufgetragen über die Pumpendrehzahl. Das Experiment war ein langsamer Motorhochlauf des die Pumpe antreibenden Verbrennungsmotors. Im ersten Fall wurde keine Kompensation unternommen (dunkle Kurve). Während eines weiteren Motorhochlaufs wurde gleichzeitig für die drei Pumpenordnungen kompensiert (helle Kurve). Die Messungen reichen jeweils bis zu der Drehzahl, die vom ADAP System mit der Samplingrate von 2048 Hz angegangen werden konnten.

Die Messungen belegen, dass eine deutliche Reduzierung der ersten Ordnungen möglich ist, ohne dass höhere allzu sehr angehoben werden. Kurzzeitig erhöhte Kompensationserfolge legen nahe, dass das technische Potenzial noch nicht ausgereizt ist und diese durch Optimierung der Hard- und Software auch für weite Drehzahlbereiche bzw. stabil erreicht werden können. In jedem Fall wurden Pulsationsminderungen von bis zu 25 dB erzielt.

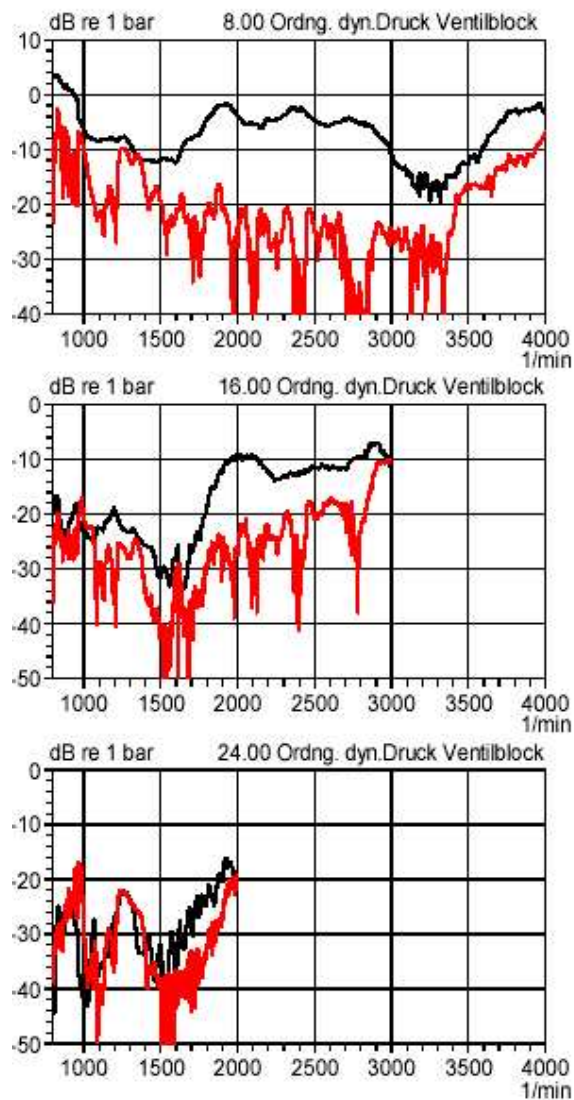


Abbildung 4: Kompensationserfolge im Pkw

Zusammenfassung und Ausblick

Das Spannungsfeld zwischen stetiger Leistungssteigerung und gleichzeitig wachsenden Akustikansprüchen setzt passive Pulsationsminderer in hydraulischen Systemen von Kfz zunehmend unter Druck. Während dessen werden die Komponenten, welche für aktive Pulsationsminderungsmaßnahmen benötigt werden günstiger. Das vorliegende Projekt führt zu der Erkenntnis, dass unter Verwendung eben solcher Bauteile ein wirkungsvolles System für aktive Pulsationsminderung in Pkw-Hydrauliksystemen aufgebaut werden kann. Diese Option sollte nicht aus den Augen verloren werden.