

Das Ansaugmündungsgeräusch in Bezug auf die Lärmgesetzgebung

Wolfgang Wenzel, Matthias Alex
FILTERWERK MANN+HUMMEL GmbH

EINLEITUNG

Verkehrslärm wird gerade in Ballungsräumen immer mehr als Beeinträchtigung der Lebensqualität empfunden. Dies hat europa- und auch weltweit in den zuständigen Gremien eine Diskussion über neue Grenzwerte und neue Testverfahren in Bezug auf Kraftfahrzeuglärm ausgelöst. Obwohl sich gegenwärtig noch kein konkretes Ergebnis dieser Diskussion abzeichnet, erscheint es sinnvoll, einzelne Anteile des Außengeräusches in heutigen (Personen-)Kraftfahrzeugen auf ihren Einfluss in Bezug auf das Ansaugergeräusch zu untersuchen und das Potential der Schallreduzierung unter die Lupe zu nehmen.

Das Ansaugmündungsgeräusch gilt als eine der relevanten Geräuschquellen eines Personenkraftfahrzeugs in Bezug auf das Aussengeräusch (siehe Bild 1). Deshalb hat eine Änderung in der Gesetzgebung auch Auswirkungen auf die Entwicklung von Ansaugsystemen und ihre akustische Auslegung als Ansaugergeräuschdämpfer.

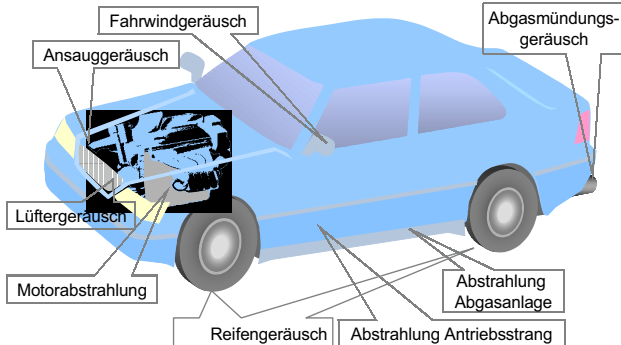


Bild 1 : Wesentliche Teilschallquellen für das Aussengeräusch eines PKW

Zusätzlich zu veränderten gesetzlichen Beschränkungen des Aussengeräusches kommen bei der Ansaugakustik neue Trends in der Motorentwicklung, die einen Einfluss auf das Ansaugergeräusch besitzen.

TRENDS IN DER GESETZGEBUNG

Die gegenwärtige Gesetzgebung in Bezug auf das Aussengeräusch eines PKW fordert die Einhaltung der 74dB(A)-Grenze bei der *Beschleunigten Vorbeifahrt* nach ISO R 362 [1]. Die Testprozedur beinhaltet eine Vorbeifahrt im 2. Und 3. Gang unter Vollast, wobei die Startgeschwindigkeit 50km/h beträgt. Die Experten sind

sich einig, dass diese Testprozedure dem tatsächlichen Geräuschverhalten von Fahrzeugen in lärmsensiblen Bereichen, insbesondere dem Stadtverkehr nicht gerecht wird. Deshalb ist im Moment weniger eine Verschärfung der Grenzwerte für das bisherige Testverfahren im Fokus, sondern vielmehr eine Veränderung der Testprozedur. Momentan werden verschiedene Geräuschmessverfahren diskutiert, wobei zukünftig die Lärmbelastung durch den Stadtverkehr in der Prozedur besonders berücksichtigt werden soll.

Um die Fahrzustände im Stadtverkehr für gesetzliche Grenzwerte zu berücksichtigen, werden Testprozeduren diskutiert, die Teillastzustände beinhalten. Im Hinblick darauf sind Ansaugsysteme gefordert, die in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Motors die optimale Geräuschbeeinflussung bei minimalem Druckverlust bieten.

DAS ANSAUGGERÄUSCH ALS TEILSCHALLQUELLE

Das Ansaugergeräusch entsteht durch den Ansaugvorgang an den Einlassventilen und pflanzt sich im Ansaugsystem bis zur Mündung fort (siehe Bild 2).

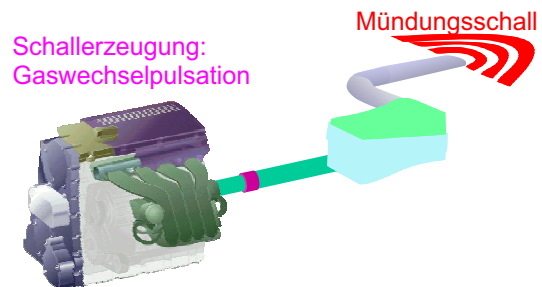


Bild 2 : Entstehung und Ausbreitung des Ansaugergeräusches

Inwieweit das Ansaugergeräusch bei modernen einen relevanten Einfluss auf das Aussengeräusch bei der beschleunigten Vorbeifahrt hat, wurde in einem Benchmark (Fahrzeugauswahl: 4 Zylinder Otto- und Dieselmotoren) untersucht. Dabei wurden Vorbeifahrtsmessungen durchgeführt, wobei die Fahrzeuge zunächst im Serienzustand und zum Vergleich mit Maximaldämpfer an der Ansaugmündung getestet wurden. Die Messungen zeigen folgende *Tendenzen* auf:

- Einige Fahrzeuge unterschreiten im Serienzustand den Grenzwert für das Aussengeräusch deutlich (bei den vorliegenden Messergebnissen bis zu 3dB).

- Bei gemessenen Dieselfahrzeugen ist der Einfluss des Ansauggeräusches auf das Aussengeräusch relativ gering.
- Bei den vermessenen Fahrzeugen mit Ottomotor ist der Einfluss des Mündungsgeräusches auf den Gesamtpegel sehr unterschiedlich (0.5-2.5dB).
- Die wesentlichen Pegeldifferenzen zwischen der Serien- und Maximaldämpfermessung treten - wie erwartet - in den Bereichen der niedrigen Motorordnungen auf.

Benchmark-Messungen des Ansaugmündungsgeräusches zeigen eine relativ breite Streuung der Pegel. Die Bandbreite der vermessenen Pegel beträgt nahezu 20dB bei Standortmessungen mit Vollast in 100mm bzw. 150 mm Abstand von der Ansaugmündung. Diese Pegelunterschiede dürften sich auch auf den Anteil des Ansauggeräusches auf das Gesamtgeräusch auswirken.

ANSAUGGERÄUSCHMINIMIERUNG: STAND DER TECHNIK

Die Benchmarkergebnisse zeigen, dass bei einer akustischen Optimierung des Ansaugsystems mit üblichen Maßnahmen der Beitrag zum Gesamtgeräusch auf nahe 0dB gedrückt werden kann. Die bestehende Problematik in der Praxis besteht oft darin, dass akustische Optimierung des Ansaugsystems mit den bekannten Standortmaßnahmen in Konflikt anderen Zielen steht.

Da das Gesamtgeräusch schwer zu simulieren ist und erst zu einem relativ späten Entwicklungsstadium messbar ist, werden in der Regel Vollast-Grenzlinien aus der Erfahrung mit Vormodellen oder aus Benchmarks mit vergleichbaren Fahrzeugen auf dem Markt vorgegeben. Die Auslegung ist ein Kompromiss zwischen Kriterien wie Filtrationsleistung, geringem Druckverlust im System und dem Mündungsgeräuschpegel usw.. Aufgrund der aerodynamischen Gestaltung des Vorderwagens und aufgrund neuer Gesetzgebung in Bezug auf Aufprallschutz bei Unfällen mit Personen ist das Package im Motorraum immer mehr die limitierende Größe.

Die gegenwärtigen Entwicklungen bei Ottomotoren für PKW's gehen im Wesentlichen in folgende Richtung:

- Aufladung mit Turboladern bzw. Kompressoren, verbunden mit einem Downsizing der Motoren,
- Einsatz von mechanisch und elektromagnetisch betätigtem variablen Ventiltrieb
- Direkteinspritzung

bzw. die Kombinationen dieser Lösungen. Diese Entwicklungen haben einen Einfluss auf das akustische Verhalten in Bezug auf das Ansauggeräusch und stellen somit veränderte Anforderungen an das Geräuschkämpfungsverhalten von Ansaugsystemen. Aufgeladene Motoren können insbesondere in Frequenzbereichen oberhalb der dominanten Motorordnungen pegelbestimmende Geräuschanteile besitzen, die bei Kompressoren durch die Drehordnungen vorgegeben sind, während bei Turboladern breitbandige Pegeln, insbesondere im unteren Drehzahlbereich auftreten.

Verstellbare Ventiltriebe verursachen, insbesondere im Teillastbereich, Pegel in höheren Motorordnungen durch die Variation der Öffnungsprofile am Einlassventil.

ERWEITERTE AKUSTISCHE LÖSUNGEN

Eine größere Flexibilität für die Optimierung unter neuen Anforderungen liefern Ansauganlagen mit adaptive und aktive Schallreduktionsmassnahmen, Z.B. können mit Hilfe von Klappen der Mündungsquerschnitt an Betriebszustand des Motors angepasst werden. Dies bietet die Möglichkeit, jederzeit den optimalen Durchfluss im System zu gewährleisten, gleichzeitig aber den akustisch relevanten Querschnitt so gering wie möglich zu halten.

Weitere Massnahmen sind adaptive Nebenschlussresonatoren, die abhängig von der Motordrehzahl in unterschiedlichen Frequenzbereichen wirken. Eine sehr flexible Lösung bietet das Ansaugsystem mit Active Noise Control, bei dem die Motordrehzahl eine Eingangsgröße ist.

Die Vorteile derartiger Systeme können anhand von Messungen am Motor bzw. am Fahrzeug dargestellt werden [2],[3],[4].

ZUSAMMENFASSUNG

Mit Benchmarkmessungen kann gezeigt werden, dass das Ansauggeräusch einen sehr unterschiedlichen Einfluss auf das Gesamtaussengeräusch eines PKW's besitzt. Wenn die akustischen Belange bei der Entwicklung entsprechend berücksichtigt werden, ist die Einhaltung der heutigen Grenzwerte in der Regel kein Problem. Erhöhte Anforderung an die Geräuschkämpfung eines Ansaugsystems, die durch eine Änderung der Gesetzgebung und neuen Entwicklungen auf dem Gebiet der Motortechnik entstehen, können mit erweiterten akustischen Lösungen erfüllt werden. Diese Lösungen basieren auf adaptiven und aktiven Schallreduktions-Massnahmen, die die Schallreduktion entsprechend dem jeweiligen Motorbetriebszustand optimieren.

KONTAKT

wolfgang.wenzel@mann-hummel.com,
matthias.alex@mann-hummel.com

REFERENZEN

1. ISO 362 , 1988: Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles -- Engineering method
2. Alex, Matthias: "Active Noise Control im Ansaugsystem der Zukunft", DAGA 2001
3. Pricken, Franc, "Active noise control in future air intake systems", SAE-Artikel 2000-01-0026
4. Wenzel, Wolfgang: "Active Noise Control, Die Lösung der Akustikentwicklung", Tagung Ansaugsystem, Haus der Technik, Essen, 2001