

Spindelempfindlichkeit: Eine Größe zur Beschreibung des Rollgeräuschverhaltens von Kraftfahrzeugen

Markus Gewalt¹, Volker Grützmacher²

¹ Adam Opel AG, 65423 Rüsselsheim, Deutschland, Email: markus.gewalt@de.opel.com

² Adam Opel AG, 65423 Rüsselsheim, Deutschland, Email: dr.volker.gruetzmacher@de.opel.com

Einleitung

Im Rahmen der globalisierten Entwicklung von Kraftfahrzeugen wird es immer wichtiger, eindeutige und vergleichbare Messergebnisse zu haben. Dazu ist es notwendig, standardisierte Messprozeduren zu erarbeiten. Bei vielen Messgrößen ist das innerhalb des GM. Entwicklungsverbundes bereits geschehen. Als problematisch haben sich hierbei Fahrzeuggeräusche erwiesen, die stark von den Umgebungsbedingungen abhängen. Ein Beispiel für eine solche Größe ist das Rollgeräusch.

Ein weiteres, viel diskutiertes Thema in der modernen Fahrzeugentwicklung ist die Verlagerung von Straßenmessungen auf den Prüfstand. Im Bereich der Rollgeräuschentwicklung wurde hier bisher ein großer Aufwand betrieben, um einen Abgleich zwischen Prüfstands- und Straßenmessungen zu erreichen [1].

In diesem Artikel wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem es möglich ist, die Rollgeräuscheigenschaften eines Kraftfahrzeuges unter Betriebsbedingungen unabhängig von Fahrbahnoberfläche, Fahrgeschwindigkeit und Rädern zu bestimmen. Diese Größe kann auch auf einem normalen Einachs-Rollenprüfstand gemessen werden.

Rollgeräusch

Der Anspruch der Kunden an die Geräuschqualität moderner Kraftfahrzeuge nimmt immer weiter zu. Für klassische Themen wie Brummen und hochfrequenten Luftschall gibt es weitgehend Lösungen wie optimierte Motorlagerkonzepte und Motoren mit Ausgleichwellen bzw. optimierte Luftschall-Isolationspakete. Dadurch tritt der körperschallbasierende Anteil des Rollgeräusches immer stärker in den Vordergrund. Verschärft wird die Situation durch Styling- und fahrdynamische Anforderungen, die zu einer Verschlechterung der Isolationseigenschaften des Rades bzw. der Achse führen.

Für ein Unternehmen, das seine Fahrzeugentwicklung auf weltweit lokalisierte Entwicklungszentren verteilt, ist es wichtig, gemeinsame Messverfahren und Targets zu entwickeln. Bei Messgrößen, die nur schwach oder gar nicht von den Umgebungsbedingungen abhängen, ist diese Abstimmung nicht schwierig. Beispiele sind Windgeräusche, antriebsstranginduzierter Körperschall (Brummen) oder Komponentengeräusche wie etwa Lüftergeräusche.

Das Rollgeräusch eines Fahrzeuges hängt im Allgemeinen sehr stark von der Straßenoberfläche, der Fahrgeschwindigkeit und der Reifen-Felgen-Kombination ab. Um Rollge-

räuschmessungen vergleichen zu können, müssen daher alle Randbedingungen möglichst gleich gehalten werden, d.h. es muss weltweit ein vergleichbarer Straßenbelag für eine Rollgeräuschmessung verfügbar sein. Alternativ kann man versuchen, aus Vergleichsmessungen auf unterschiedlichen Fahrbahnbelägen über Parameteranpassungen die Messergebnisse rechnerisch abzugleichen. Beides sind entweder sehr aufwändige Verfahren oder sie liefern nur ein bedingt aussagekräftiges Ergebnis.

Spindelempfindlichkeit

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, ist die Bestimmung einer Übertragungsfunktion. Hierbei bezieht man eine Ausgangs- auf eine Eingangsgröße und beschreibt damit das lineare Übertragungsverhalten eines zu messenden Objektes. In der Schwingungsmesstechnik bezieht man häufig Beschleunigungen oder Schalldrücke auf eine eingeleitete Kraft. Die Bestimmung der Radkräfte bei Straßenanregung ist mit sehr hohem Aufwand verbunden [2]. Dieser Aufwand ist gerechtfertigt, wenn man die genaue Kraftverteilung für Simulationsverfahren braucht. Im Rahmen einer ersten Beurteilung und Statusbestimmung sollte man den Messaufwand möglichst gering halten. Deshalb wurde hier der Ansatz gewählt, den Schalldruckpegel auf eine geeignet gemittelte und gewichtete Spindelbeschleunigung zu beziehen.

$$SpE = \frac{L_{SP}}{a_m} \quad (1)$$

SpE: Spindelempfindlichkeit

L_{SP} : Innengeräuschpegel

a_m : mittlere Spindelbeschleunigung

Mit „Spindel“ wird hierbei ein Punkt möglichst dicht an der Radnabe bezeichnet.

Die Spindelempfindlichkeit beschreibt das lineare Übertragungsverhalten des Fahrzeuges bei Anregung über die Räder. Das schließt die Übertragungseigenschaften der Achsen, der Karosserie und des Fahrzeuginnenraumes (Kavität) ein.

Es wurde eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Fahrzeugen gefahren, um die Stabilität dieser Größe zu bestimmen. Dabei wurden unterschiedliche Achskonzepte, Karosserieformen, Bereifungen und verschiedene Strecken untersucht. Als weiterer Parameter wurde die Geschwindigkeit variiert. Dabei wurde sowohl der Schalldruckpegel im Innenraum, als auch die Spindelbeschleunigung mit 3-

axialen Beschleunigungsaufnehmer gemessen. Es konnte gezeigt werden, dass die Spindelempfindlichkeit, so wie sie oben definiert ist, eine Konstante für das jeweilige Fahrzeug ist.

Anwendungsmöglichkeiten

Vergleich von Messungen auf verschiedenen Teststrecken

Eine erste Anwendung fand das Verfahren bei dem Vergleich von Messungen zweier Fahrzeuge gleichen Typs auf dem Opel-Testgelände in Dudenhofen und auf dem GM-Testgelände in Milford, USA. Wie die Kurven in Abb. 2 zeigen, war der Absolutwert des Schalldruckpegels sehr unterschiedlich. Dieser Unterschied entsteht auf Grund der unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahnen (rauer Asphalt in Dudenhofen, Betonplatten mit Stoßfugen in Milford).

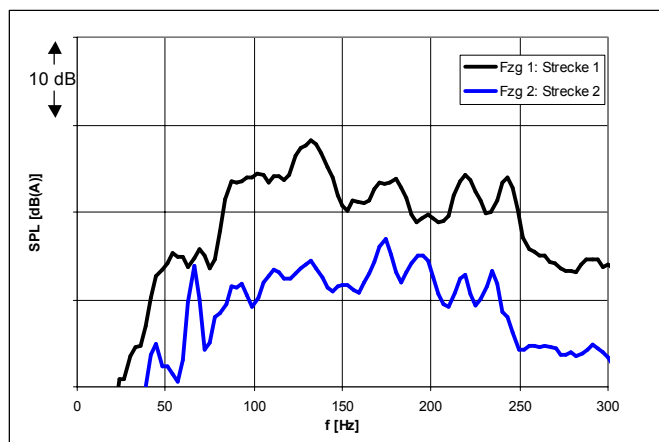


Abbildung 1: Spektrum des Innengeräusches eines Fahrzeugtyps auf unterschiedlichen Strecken. bei $v=60$ km/h

Wertet man die Spindelempfindlichkeit für die jeweilige Messung aus, so erhält man zwei sehr ähnliche Kurvenverläufe (Abb.3), die für den Fahrzeugtyp charakteristisch sind.

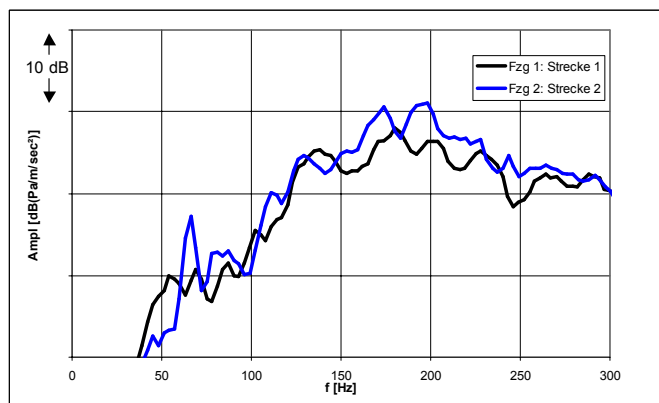


Abbildung 2: Spindelempfindlichkeit eines Fahrzeugtyps auf unterschiedlichen Strecken

Die Abweichungen bei 60, 170 und 190 Hz sind hier auf Luftschallanteile zurückzuführen, die durch verschiedene Motoren in den beiden Fahrzeugen verursacht wurden.

Prüfstandmessungen

Da die Spindelempfindlichkeit unabhängig von der Fahrbahnbeschaffenheit ist, kann man diese Größe auch auf

einem normalen Rollenprüfstand ermitteln. Erste Messungen auf einem Allrad-Prüfstand lieferten eine sehr gute Übereinstimmung mit Straßenmessungen, wobei die Messungen ohne besondere Beläge auf den Rollen durchgeführt wurden. Weitere Versuche auf einem normalen Einachs-Prüfstand haben gezeigt, dass die Spindelempfindlichkeit auch aus Einzelmessungen zusammengesetzt werden kann. Dabei wird die Spindelbeschleunigung jeweils nur für die angetriebene Achse ermittelt. Der Gesamtschalldruckpegel wird durch energetische Summation aus den beiden Einzelschalldruckpegeln berechnet.

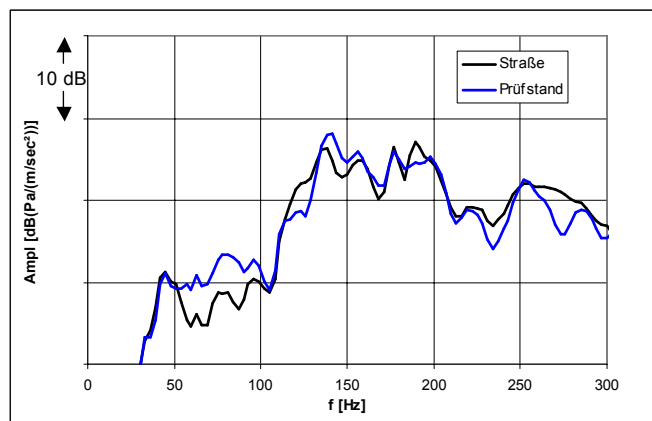


Abbildung 3: Vergleich Spindelempfindlichkeit eines Fahrzeuges auf Straße vs. Prüfstand

Zusammenfassung

Das hier vorgestellte Verfahren beschreibt die linearen Übertragungseigenschaften der Achsen, der Karosserie und des Fahrzeuginnenraumes eines Fahrzeuges als eine Einheit. Die Messungen können auf der Straße oder auf einem Rollenprüfstand durchgeführt werden.

Die Spindelempfindlichkeit ist weitgehend unabhängig von den Umgebungsbedingungen und den Radeigenschaften. Damit wird es möglich, Messergebnisse von unterschiedlichen Strecken und Fahrzeugen mit unterschiedlicher Bereifung miteinander zu vergleichen.

Die Spindelempfindlichkeit kann sowohl zur Targetwertbildung als auch im Rahmen der Fahrzeugentwicklung verwendet werden. An Hand der Kurven lassen sich die für das Rollgeräusch kritische Frequenzen identifizieren und gegebenenfalls das Rollgeräusch durch geeignete Reifen optimieren.

Besonderen Wert wurde bei der Entwicklung dieses Verfahrens auf die einfache Handhabung und den robusten Verfahrensablauf gelegt.

Literatur

[1] „Das neue Volkswagen Akustikzentrum in Wolfsburg. Teil 1: Prüfstände“, ATZ 3/2003 Jahrgang 104
 [2] „Rollgeräuschanalyse mittels Radkraftidentifizierung und Substrukturverfahren“, A. Böhm, DAGA '05