

Ausgewählte Einflüsse der Reifengestaltung auf das Außengeräusch

E.-U. Saemann, Continental NVH Center, Hannover

Einleitung

Die großen Fortschritte in der Automobilkonstruktion haben mit dazu geführt, dass das Reifen-/Fahrbahngeräusch deutlicher in den Vordergrund tritt. Bislang ist es nicht gelungen, die Wechselwirkung zwischen Reifen und Fahrbahn nachhaltig zu beeinflussen. Stattdessen konzentrieren sich die Entwicklungen zur Lärminderung entweder nur auf die Fahrbahn oder nur auf den Reifen. Den Bemühungen, allein durch die Modifikation des Reifens die abgestrahlten Pegel erheblich zu mindern, sind durch die übrigen geforderten Gebrauchseigenschaften des Reifens Grenzen gesetzt, denn die Hauptaufgabe eines Reifens ist die Kraftübertragung vom Fahrzeug auf die Straße mit geringem Rollwiderstand bei hohen Geschwindigkeiten, hoher Laufleistung, geringem Gewicht, beherrschbarem Fahrverhalten bei trockener Fahrbahn als auch bei Aquaplaning. Gleichwohl wird an einer Verringerung der Schallerzeugung als auch der Schallabstrahlung des Reifens intensiv gearbeitet. Das Reifen-/Fahrbahngeräusch wird beeinflusst durch Reifenkonstruktion, Fahrgeschwindigkeit, Belastung, Luftdruck im Reifen, Schlupf, Straßenkonstruktion, Temperatur, Wind, Feuchtigkeit und Fahrzeugschwingungen. Reifenschwingungen, Klotzaufschlag, Klotzausschnappen und Horneffekt tragen zu 60-80 % des abgestrahlten Außengeräusches bei; Rillenresonanzen, air pumping mit 30% und je 5 % entfallen auf Seitenwandschwingungen und Schlupf. Wirkungsvolle Maßnahmen zur Verringerung der Reifenschwingungen rufen stets Zielkonflikte hervor. Hinzu kommt, dass die Konstruktionsmaßnahmen unterschiedliche Wirkungen auf die beschleunigte Vorbeifahrt und das Vorbeirollen haben.

Bei der beschleunigten Vorbeifahrt senken hochdämpfende Mischungen den Pegel, erhöhen aber gleichzeitig den Rollwiderstand. Ein steifes Profil durch Anbindungen, durchgehende Rippen und geschlossene Schultern ist auch vorteilhaft, beeinflusst aber das Aquaplaningverhalten und ggf. die Wintereigenschaften.



Figure 1: Profilgestaltung

Das Vorbeirollgeräusch kann z.B. verringert werden durch den Einbau einer 0.8 mm dickeren Innenschicht. Bei einem Reifen der Größe 235 R 16 führt dies aber bereits zu einer Gewichtserhöhung um 0.8 kg. Auch ein stumpferer Gürtelwinkel ist für eine verringerte Schallabstrahlung vorteilhaft, steht aber im direkten Zusammenhang mit einer verringerten Lebensdauer des Reifens. Eine Bandagenkonstruktion ist im Vorbeirollgeräusch auch leiser, führt aber zu einem reduzierten Geschwindigkeitsindex.

Außerdem sind die verschiedenen Maßnahmen nicht einfach zu addieren, sondern beeinflussen sich gegenseitig.

Ausgewählte Einflüsse

In Figure 1 sind die Möglichkeiten der akustischen Beeinflussung des Reifenprofils zusammengestellt, auf die im Folgenden eingegangen wird. Das Reifenprofil setzt sich aus Klötzen und Rillen unterschiedlicher Längen zusammen. Das Grundmuster wird als Pitch bezeichnet.

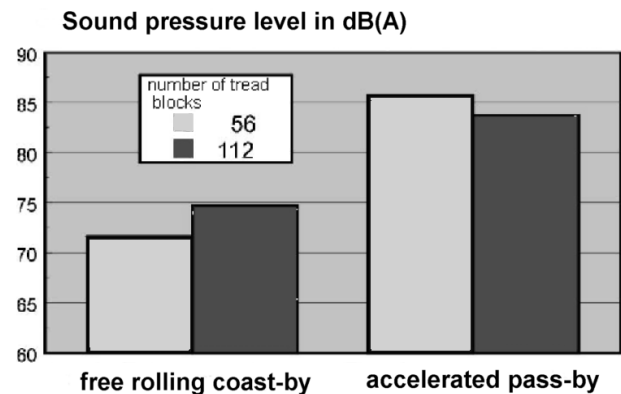


Figure 2: Vergleich der Schallpegel bei unterschiedlicher Anzahl der Klötze

Die Größe der Klötze in einem Pitch hängt zunächst einmal von dem mechanischen Anforderungen an einen Reifen ab. Bei einem Lkw Reifen sind andere Anforderungen zu stellen als bei einen Reifen für einen Kleinwagen. Dementsprechend haben die Reifen auch einen anderen Umfang und die Anzahl der Klötze auf dem Umfang ist unterschiedlich.

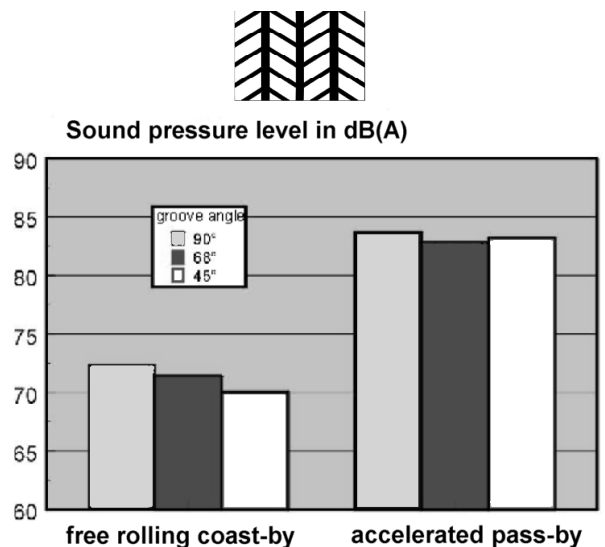


Figure 3: Vergleich der Schallpegel bei unterschiedlichen Klotzwinkeln

Aber auch bei einer festgelegten Umfangslänge lässt sich die Anzahl der Klötze variieren.

In Figure 2 sind die Schallpegel, gemessen in 7.5 m auf einer Schallmeßstrecke gemäß Norm, für eine Klotzanzahl von 56 und 112 bei sonst gleichen Reifeneigenschaften gegenübergestellt.

Während die Verdopplung der Klotzanzahl bei konstanter Vorbeifahrt den Schallpegel erhöht, verringert diese Maßnahme den Pegel bei beschleunigter Vorbeifahrt, allerdings nicht in der gleichen Größenordnung.

Neben der Anzahl der Klötze hat der Winkel, unter dem die Klotzkanten auf die Straße aufschlagen und ausschnappen, einen Einfluss auf den abgestrahlten Schallpegel. Für eine schnelle Entwässerung der Bodenaufstandsfläche sind Rillen quer zur Umfangsrichtung (90°) zu bevorzugen, allerdings bedeutet dies ein gleichzeitiges Aufschlagen der Klötze. In Figure 3 sind die Schallpegel bei Variation der Klotzwinkel von 90° , 60° und 45° verglichen. Je mehr die Klötze nacheinander aufschlagen, desto leiser wird der abgestrahlte Schallpegel. Bei der beschleunigten Vorbeifahrt ist der Einfluss geringer als bei konstanter Vorbeifahrt und auch mit den gemessenen Reifen nicht ganz eindeutig.

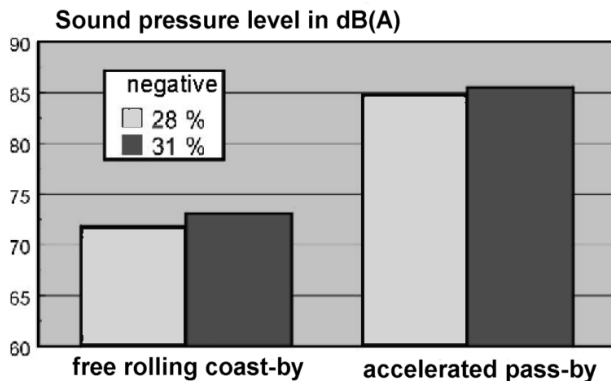


Figure 4: Vergleich der Schallpegel bei unterschiedlichem Prozentsatz an Rillen

Wenn ein Reifen nur auf trockener Straße zum Einsatz kommt, ist die beste Kraftübertragung durch ein Profil ohne Rillen zu erreichen. Bei einem normalen Straßenreifen sind aber Rillen zur Entwässerung erforderlich, die leider auch Auswirkungen auf den Schallpegel haben. In Figure 4 ist der Einfluss für unterschiedliche Prozentsätze von Negativanteilen am Profil aufgezeigt. Eine Erhöhung des Negativanteils führt beim Vorbeifahren als auch bei der beschleunigten Vorbeifahrt zu einer Schallpegelerhöhung. Der Einfluss auf den Pegel der konstanten Vorbeifahrt ist größer.

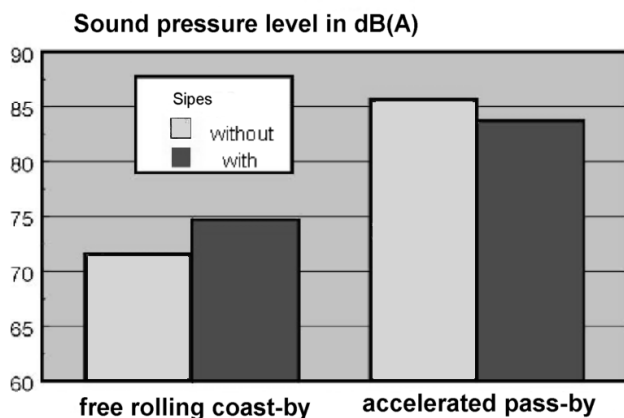


Figure 5: Vergleich der Schallpegel mit und ohne Lamellen

Die Steifigkeit der Klötze kann neben der Gummimischung auch durch Einfügen von Lamellen beeinflusst werden, die sich für viele Gebrauchseigenschaften positiv auswirkt. In Figure 5 ist die prinzipielle Auswirkung auf den Schallpegel aufgezeigt. Der Pegel bei der konstanten Vorbeifahrt wird mit Lamellen größer, der Pegel der beschleunigten Vorbeifahrt allerdings geringer.

Wenn alle Klötze gleichgroß wären, würden die Klotzaufschläge als auch das Klotzausschnappen in gleichen Zeitabständen erfolgen, und somit im Wesentlichen die gesamte Schallenergie bei einer Frequenz abstrahlen. (Vielleicht noch bekannt von Militärreifen älterer Bauart). Werden Klötze unterschiedlicher Länge gewählt, kann die Schallenergie auf unterschiedliche Frequenzen verteilt werden.

Der Variation der Klotzgeometrie sind aber Grenzen gesetzt, da bei sehr unterschiedlichen Abmessungen der Abrieb ungleichmäßig erfolgt, was wiederum zu erhöhter Schallabstrahlung führt. Die Längenvariation des einzelnen Profilmusters (Pitch) wird durch den Pitchfaktor K festgelegt. Kurze flexible Klötze ($K=1.1$) entwickeln nur geringe Abnutzung in Form eines Sägezahns, es besteht aber die Gefahr der Klotzabsenkung. Lange steife Klötze ($K=1.4$) sind anfällig für Sägezahn. Mit Hilfe eines Computerprogramms wird die (Pitchfolge Figure 6) hinsichtlich geringer Schallabstrahlung optimiert.

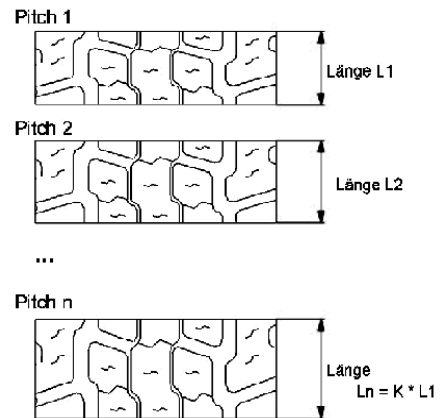


Figure 6: Pitchfolge

Die vorgestellten Einflüsse der Profilgestaltung auf das Außengeräusch beschreiben die Auswirkungen auf den objektiv messbaren Schalldruckpegel. Genau so wichtig sind jedoch die subjektiven Empfindungen des Schalls durch die Reifengestaltung. Wie einleitend erwähnt, entsteht ein hoher Anteil des Reifen-/Fahrbahngeräusches durch Schwingungen des Reifens. Durch eine Megarauhigkeit der Straße werden tieffrequente Eigenschwingungen des Reifens angeregt, die als breitbandige Pegelüberhöhung hörbar sind. Auch eine ungünstige Pitchfolge ist als Pegelüberhöhung hörbar und wird als störend empfunden.

Wenn die Profilgestaltung nicht optimiert ist, entsteht beim Durchlauf des Profilmusters durch die Bodenaufstandsfläche, insbesondere durch den Profilklotzaufschlag und das Profilklotzausschnappen ein Heulen, dessen Frequenz von der Abrollgeschwindigkeit abhängig ist und in der Bandbreite typischerweise 1 bis 2 Terzen umfasst, aber je nach Reifenausführung und Betriebsbedingungen auch wesentlich schmalbandiger und tonhaltiger sein kann.

Durch air pumping und Schlupf kann ein Schmatzen entstehen und die Unrundheit eines Reifens ist als Wummern hörbar, also als periodische Amplitudenmodulation des Profilgeräusches mit radrehzahlabhängiger Modulationsfrequenz.

Zusammenfassung

Die Einflüsse der Reifenkonstruktion auf den Schallpegel sind vielfältig und sowohl in den objektiven Schallfeldgrößen als auch in den subjektiven wiederzufinden. Obwohl es das Ziel sein muss, die abgestrahlten Schallpegel des Reifen-/Fahrbahngeräusches über die großen Erfolge der letzten Jahre hinaus weiter zu senken, kommt neben der objektiven Beschreibung des Geräusches auch der subjektiven Beurteilung wachsende Bedeutung zu.