

Schallabsorption von Straßenoberflächen

Wolfram Bartolomaeus

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach; Email: bartolomaeus@bast.de

Einleitung

Die Schallabsorption spielt bei offenporigen Straßenoberflächen eine wichtige Rolle zur Minderung von Verkehrsgläuschen. Mindestens ebenso wichtig ist es, die hauptsächlichen Entstehungsmechanismen des Reifen-Fahrbahn-Gläuschs zu unterdrücken.

Kontrollierte Vorbeifahrt

Der von einem fahrenden Fahrzeuge abgestrahlte Schall breitet sich über die Straße hinweg aus. Zur Beurteilung der Fahrbahnoberfläche mit der Methode der „kontrollierten Vorbeifahrt“ (KV) wie auch der „statistischen Vorbeifahrt“ (SV) wird der Schall in 7,5 m senkrechter Entfernung zur Straße und in 1,2 m Höhe aufgenommen [1] (Abbildung 1).



Abbildung 1: Messanordnung bei der kontrollierten und bei der statistischen Vorbeifahrt.

Aus dem mit der Zeitkonstante „FAST“ aufgenommenen und A-bewerteten zeitlichen Pegelverlauf wird der Maximalwert L_{AFmax} ermittelt. Dieser Wert wird gegen den Logarithmus aus der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit in km/h aufgetragen.

Die Annahme, es handle sich bei den auf der Straße fahrenden Fahrzeugen um Punktschallquellen mit einer kugelförmigen Richtcharakteristik, ist i.A. nicht zutreffend. Bei höheren Geschwindigkeiten (Pkw ab ca. 50 km/h) dominiert das Reifen-Fahrbahn-Gläusch. Einerseits wird durch den Horn-Effekt der Schall vorzugsweise nach vorne und hinten abgestrahlt. Daraus resultiert eine Richtcharakteristik die nicht kugelförmig ist, sondern eher einen Dipolcharakter hat [2]. Andererseits beeinflusst die Fahrbahnoberfläche die Schallausbreitung. Auf relativ geschlossenen Decken („Zementbeton“) nimmt der Schall auch in großen Entfernungen nur wenig ab [3]. Das ist bei offenen (z.B. „Splitt Mastix Asphalt“, SMA) und vor allem offenporigen Decken („Offenporiger Asphalt“ oder „Offenporiger Beton“, OPB) anders. Hier sind insbesondere bei der streifenden Schallausbreitung deutliche Pegelminderungen zu erwarten. Ein Fahrzeug, das sich auf einer offenporigen Straße dem Zuhörer näher wird erst sehr spät akustisch wahrgenommen, wohingegen ein Fahrzeug auf einer geschlossenen Decke erst später gehört wird.

In (Abbildung 2) ist der örtliche Pegelverlauf einer KV eines Pkws bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h für SMA und OPB darge-

stellt. Der Maximalpegel für OPB liegt ca. 7 dB(A) unter dem für SMA, bei der 1 kHz-Terz sind es sogar ca. 9 dB. Auffällig ist, dass der Pegel für OPB wesentlich schneller steigen als für SMA, das gilt besonders für den 1 kHz-Pegel, der ca. 100 m vor der Vorbeifahrt ca. 22 dB unter dem für SMA liegt. Anders ausgedrückt ist für OPB bei 1 kHz eine zusätzliche Dämpfung von ca. 13 dB wirksam.

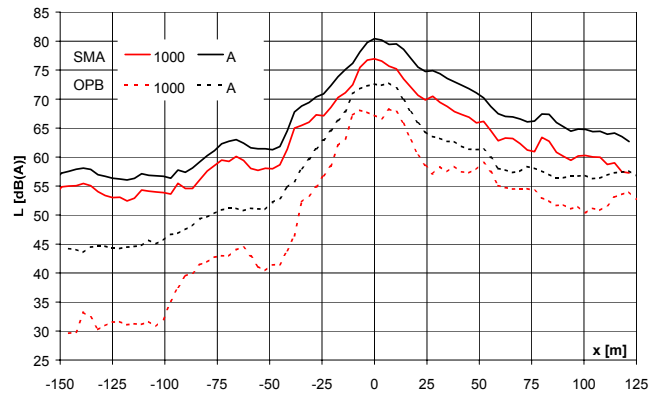


Abbildung 2: Örtlicher Pegelverlauf einer KV eines Pkws bei 100 km/h für SMA und OPB bei 1 kHz und für den A-bewerteten Summenpegel.

Impedanz und Schallausbreitung

Im Labor wurden mit einem Kund'schen Rohr (Typ 4206 von Brüel & Kjaer) nach dem Verfahren mit zwei Mikrofonen [4] Proben von OPB untersucht. Der frequenzabhängige Absorptionsgrad wurde unter der Vorgabe der Schichtdicke (hier $l = 0,08$ m), mit den Parametern Strömungswiderstand (R_s), Porosität (Ω) und Strukturfaktor (K) im Model von HAMET angepasst (Abbildung 3) [5].

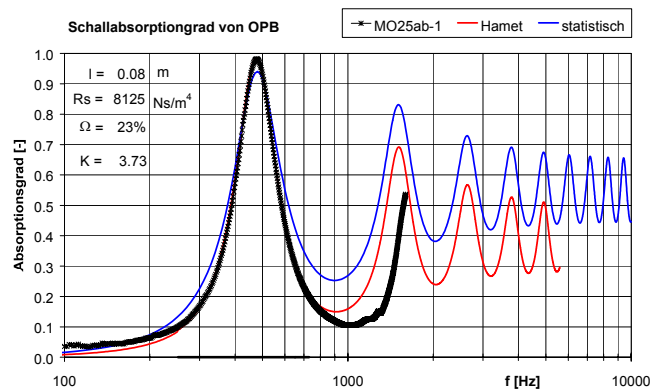


Abbildung 3: Absorptionsgrad von einer Probe aus OPB gemessen im KUND'schen Rohr und die Anpassung an das Model von HAMET bei senkrechtem und bei statistischem Schalleinfall.

Diese Anpassung ist für mittlere Frequenzen (250 bis 800 Hz) gut. Bei höheren Frequenzen sind die Abweichungen erwartungsgemäß erheblich, da dort der Durchmesser des KUND'schen Rohres nicht mehr klein gegenüber der Wellenlänge ist. Ebenfalls eingetragen ist der statistische Absorptionsgrad, wie er bei Messungen im Hallraum auftreten würde [6].

Die Wirksamkeit lässt sich abschätzen, indem das standardisierte Verkehrslärmspektrum für den Fall einer schallharten Oberfläche und bei OPB berechnet wird (Abbildung 4). Es ergeben sich lediglich 1,6 dB(A). Die Absorption alleine reicht also nicht aus, um die Pegelminderung bei OPB zu erklären.

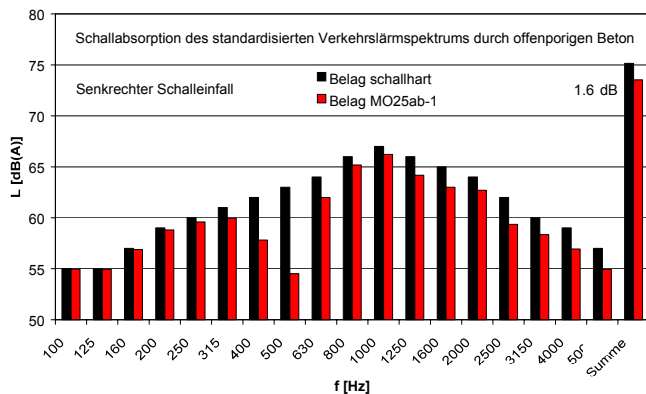


Abbildung 4: Verkehrslärmspektrum.

Unter Berücksichtigung der Schichtdicke kann aus dem Wellenwiderstand und der Ausbreitungskonstante des HAMET'schen Modells der Widerstand der Oberfläche ermittelt werden. Daraus kann im Modell von NOBILE die frequenzabhängige Schallverstärkung bezogen auf die freie Ausbreitung für verschiedene Geometrien berechnet werden [7].

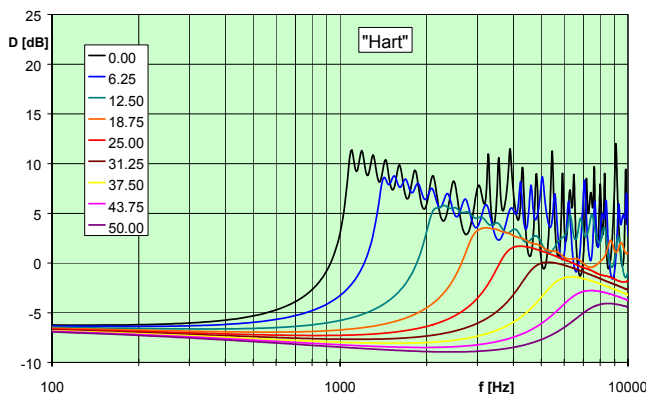


Abbildung 5: Frequenzabhängigkeit der gemittelten zusätzlichen Dämpfung relativ zur freien Schallausbreitung für unterschiedliche Entfernungen bei schallharter Oberfläche (Absorptionsgrad 5 % entsprechend SMA).

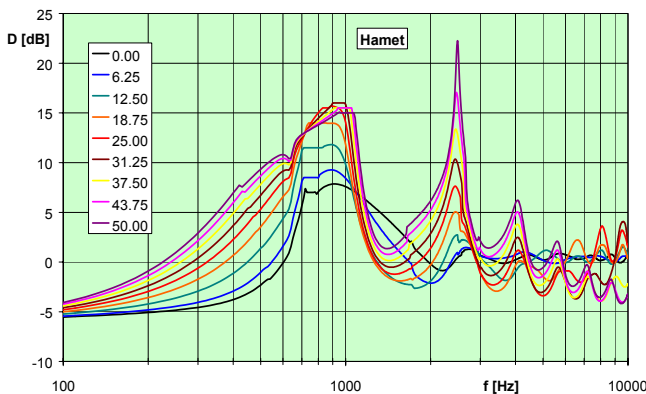


Abbildung 6: Frequenzabhängigkeit der gemittelten zusätzlichen Dämpfung relativ zur freien Schallausbreitung für unterschiedliche Entfernungen bei absorbierender Oberfläche (OPB).

In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind für schallharte (5 % Absorptionsgrad entsprechen SMA) und absorbierende (OPB) Oberflächen die frequenzabhängigen zusätzlichen Dämpfung relativ zur freien Schallausbreitung dargestellt. Dabei wurde, um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten, eine energetische Mittelung über zehn Höhen der Immissionsquelle von 14 bis 50 cm vorgenommen. Dieser Mittelung lag die Annahme zugrunde, dass dies der Höhenbereich am vorbeifahrenden Fahrzeug ist, in dem Schall vom Reifen abgestrahlt wird. Noch kleinere Höhen konnten nicht verwendet werden, da hierfür die Berechnungen instabil wurden. Da die numerische Konvergenz der Berechnungen z. T. nicht ausreichend war, mussten in Abbildung 5 für einige Frequenzbereiche Interpolationen vorgenommen werden. Realistischere Kurven würde man erhalten, wenn man über eine gemessene Schallquellenverteilung (z. B. die mit einem Array ermittelte [8]) energetisch integrieren würde.

Die Differenz der in Abbildung 5 und Abbildung 6 ermittelten zusätzlichen Dämpfung kann unmittelbar mit den entsprechenden Pegeldifferenzen aus KV-Messungen aus Abbildung 2 verglichen werden.

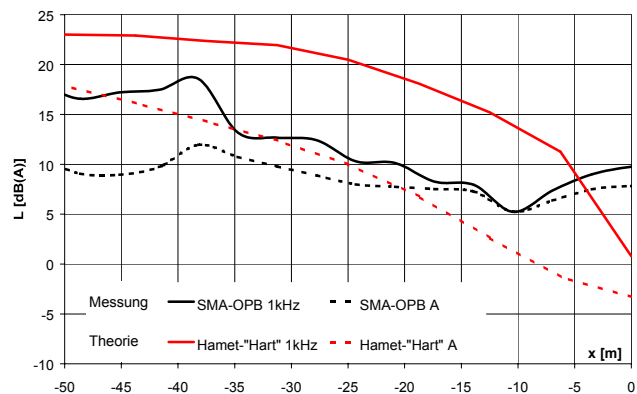


Abbildung 7: Vergleich der Differenz der örtlichen Pegelverläufe der KV eines Pkw bei 100 km/h für SMA und für OPB bei 1 kHz und für den A-bewerteten Summenpegel mit der Differenz der zusätzlichen Dämpfung aus den Berechnungen nach den Theorien nach HAMET und NOBILE.

In Abbildung 7 ergibt sich ein qualitativ ähnlicher Verlauf der zusätzlichen Dämpfung. Die relativ hohen Abweichungen sind auf eine zu grobe Modellierung zurückzuführen. Wie die hier gefundenen Unterschiede von offenporigen gegenüber schallharten Straßenbelägen sich bei einer eventuellen Umstellung des Beurteilungsverfahrens vom L_{AFmax} auf einen integrativen L_{eq} auswirken würden, muss noch untersucht werden.

- ¹ ISO 11891-2:1997 „Measurement of the influence of road surface in traffic noise - Statistical Pass-By Method“.
- ² Bartolomaeus, W.: „Entstehung und Beurteilung der Lärmemission von Straßenbelägen durch Lkw-Reifen“ BAST, Bergisch Gladbach 2002.
- ³ Bartolomaeus, W.: „Der akustische Reifenabdruck“, DAGA 2001.
- ⁴ EN ISO 10534-2 „Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren-Teil 2: Verfahren mit Übertragungsfunktion“.
- ⁵ Hamet, J. F.: „Modelisation nAcoustique d'un Enrobe Drainant“, IN-RETS, 1992.
- ⁶ Mechel, F.: „Schallabsorption“ in Heckl, M.; Müller, H. A. (Hsg.): „Taschenbuch der Technischen Akustik“, Springer, Berlin 1975.
- ⁷ Nobile, M. A.; Hayek, S. I.: „Acoustic propagation over an impedance plane“, J. Acoust. Soc. Am. 78 (4), October 1985, pp. 1325-1336.
- ⁸ Barsikow, B.; Hellmig, M.: „Schallquellenlokalisierung bei Vorbeifahrten von Kraftfahrzeugen mittels eines zweidimensionalen Mikrofon-Array“, DAGA 2003.