

Verfahren zur Klassifizierung der Geräuschemission von Innerortsstraßen

FA 77.488/06

Forschungsstelle: Hamann Consult AG, Dresden
Bearbeiter: Gutbier, M. / Schierz, H.
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
Abschluss: Januar 2009

1 Aufgabenstellung

Die Schallemission von Straßenverkehrsgeräuschen wird – neben fahrzeugbezogenen Parametern – in starkem Maße von der Art und der Textur der Fahrbahnoberfläche bestimmt. Zur messtechnischen Erfassung der Emission von Straßenoberflächen unter tatsächlichen Verkehrsbedingungen ist im geltenden Normen- und Richtlinienwerk (DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002) bzw. GEstro – 92 (BMV, 1992) ein Verfahren beschrieben, das auf der statistischen Vorbeifahrtmethode beruht.

Dem Normen- und Richtlinien text folgend ist das benannte Verfahren dem Grunde nach für Außerorts- und Innerortsstraßen anwendbar. Die Messergebnisse und deren Aussagekraft in Bezug auf das Emissionsverhalten der Fahrbahnoberfläche werden dabei weniger durch die Definition Außerorts- oder Innerortsstraßen bestimmt, sondern vielmehr durch die am ausgewählten bzw. vorgegebenen Messort vorherrschenden örtlichen und verkehrsspezifischen Randbedingungen.

Im Hinblick auf eine hohe Reproduzierbarkeit und Aussagekraft der messtechnisch ermittelten Ergebnisse sind "ideale Messbedingungen" erforderlich, die in praxi – auch an Außerortsstraßen – nicht immer vorliegen.

Darum besteht das Ziel des Vorhabens darin, ein Verfahren der statistischen Vorbeifahrt für innerstädtische Messbedingungen zu entwickeln, mit dem Straßenbeläge hinsichtlich ihrer Geräuschemission klassifiziert werden können. Der Schwerpunkt für das Forschungsprojekt wird dabei in der Eliminierung des Einflusses möglicher Schallreflexionen an der Bebauung u. a. bei Messorten im innerstädtischen Bereich gesehen.

Um unkontrollierte rückwärtige Reflexionen z. B. an Gebäudefassaden, Mauern u. a. zu vermeiden, wird der Einsatz der sogenannten "Backing-Board"-Methode als geeignet betrachtet.

Mithilfe eines, im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zu entwickelnden und zu erprobenden Verfahrens sollen quantitative Aussagen über die am jeweiligen (innerstädtischen) Einsatzort tatsächlich vorhandenen Geräuschemissionen von Straßenbelägen getroffen werden. Entsprechende Messwerte können somit zur Klassifizierung verschiedenartiger Belagstypen, zur Qualitätskontrolle von neu gebauten Straßen oder zur Überwachung alterungsbedingter Veränderungen der Schallabstrahlung von Straßenoberflächen herangezogen werden.

2 Untersuchungsmethodik

Nach DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002) werden an die nähere Umgebung des Messorts strenge Anforderungen bezüglich reflektierender oder abschirmender Schutzwände oder Schutzplanken bzw. zur Mindestfläche einer akustisch geeigneten Oberfläche zwischen Messfahrstreifen und dem Mikrofon gestellt. Diese, die Auswahl des Messorts einschränkende Vorgaben, sprechen gegen den Einsatz des Verfahrens im Innerortsbereich.

Für Schallemissionsmessungen im Innerortsbereich ist ein Messverfahren erforderlich, welches einfach durchzuführen ist und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Mögliche Störungen durch Reflexionen oder Abschirmungen müssen dabei weitestgehend minimiert werden.

Das Statistische Vorbeifahrtverfahren nach der "Backing-Board"-Methode bietet diese Voraussetzungen.

Im Rahmen von früheren Untersuchungen wurde die Anordnung von Messmikrofonen auf schallreflektierenden Platten bei akustischen Messungen untersucht (Fégeant, 1998). Auch in Bezug auf die Schallemission von Fahrbahnbelägen wurden Untersuchungen mit dem "Backing-Board" (Haider u. a., 2006); (Goubert u. a., 2006) durchgeführt.

Diese Untersuchungen zeigen, dass die "Backing-Board"-Methode in Verbindung mit einem auf statistischen Prozessen beruhenden Messverfahren einen vielversprechenden Ansatz für die Messung der Schallemissionen von Fahrbahnbelägen im Innerortsbereich darstellt.

Da das Statistische Vorbeifahrtverfahren gegenüber anderen Verfahren Vorteile besitzt, hinreichend erprobt wurde und reproduzierbare Ergebnisse liefert, soll es als Grundlage für ein Messverfahren für innerstädtische Messbedingungen dienen.

Das Statistische Vorbeifahrtverfahren nach der "Backing-Board"-Methode basiert, wie das Statistische Vorbeifahrtverfahren selbst, auf der Erfassung des maximalen A-bewerteten Schalldruckpegels und der Geschwindigkeit im Moment der Vorbeifahrt einer statistisch relevanten Anzahl von Fahrzeugen im fließenden Straßenverkehr.

Abweichend vom Messverfahren nach DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002), bei dem das Messmikrofon in 7,50 m Entfernung von der Mitte des Messfahrstreifens im freien Schallfeld angeordnet wird, erfolgt bei der "Backing-Board"-Methode die Anordnung des Messmikrofons auf einer schallharten Platte, dem "Backing-Board". Die Platte mit dem Messmikrofon steht dabei senkrecht zur Straßenoberfläche, d. h. die Flächennormale der Platte verläuft parallel und im rechten Winkel zur Achse des Messfahrstreifens.

Die Messentfernung wird mit einem Abstand von 5,00 m gewählt, da diese Entfernung gegenüber einer Messentfernung von 7,50 m den oftmals begrenzten räumlichen Situationen innerorts Rechnung trägt. Weiterhin wird der Einfluss von gegebenenfalls vorhandenen Störungen des Schallfelds in der näheren Umgebung des Mikrofons – im Randbereich der Straße, vor oder hinter dem Messquerschnitt – gemindert. Die Messhöhe wird der Messentfernung entsprechend auf 0,80 m angepasst.

Neben der Verkürzung der Messentfernung wird durch die Anordnung des Messmikrofons auf einer schallreflektierenden Platte der Störgeräusch-Nutzsignal-Abstand erhöht.

Durch die Anordnung eines Mikrofons auf einer unendlich großen Platte kann gegenüber der Mikrofonanordnung im freien Schallfeld ein 6 dB höherer Schalldruckpegel gemessen werden. Die Erhöhung des Schalldruckpegels um 6 dB trifft aber nur für eine unendlich große Platte zu. Bei endlicher Plattengröße haben die Begrenzungen der Platte einen Einfluss auf den Schalldruckpegel auf der Platte. Je nach Entfernung eines Punktes von den Rändern der Platte stellen sich verschieden starke Schwankungen im Frequenzgang des Schalldruckpegels ein.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurden die Ergebnisse theoretischer Untersuchungen von Fégeant (Fégeant, 1998) zur Schalldruckpegelverteilung auf Platten in einem Computerprogramm implementiert, um einen "optimalen Messpunkt" auf dem "Backing-Board" zu finden. Ein "optimaler Messpunkt"

zeichnet sich dadurch aus, dass der Schalldruckpegel über einen zu betrachtenden Frequenzbereich möglichst minimal vom Wert 6 dB abweicht.

In Auswertung der berechneten Schalldruckpegelverteilungen erfolgte die Definition eines geeigneten Messpunktes. Die Abmaße der Platte wurden aus praktischen Gründen mit 0,90 m x 0,75 m festgelegt. Gefertigt wurde die Platte aus einer handelsüblichen Sperrholz-Siebdruckplatte mit einer Dicke von 21 mm. Durch die Siebdruckbeschichtung erhält die Platte eine glatte, ebene und gut schallreflektierende Oberfläche.

Das Messmikrofon wurde auf der Plattenoberfläche flach liegend montiert, sodass die Flächennormale der Mikrofonmembran parallel zur Platte verläuft. Ein Windschirm für 1/2"-Mikrofone wurde entsprechend gekürzt.

Aus den messtechnisch erfassten Daten wird – in Analogie zum SPB-Verfahren – eine Regressionsgerade berechnet. In die Berechnung fließt dabei jeweils der maximale A-bewertete Schalldruckpegel über dem Logarithmus der entsprechenden Geschwindigkeit ein. Für eine Referenzgeschwindigkeit wird anhand der Regressionsdaten der Fahrzeuggeräuschpegel L_{veh} bestimmt.

Als Referenzgeschwindigkeit für Innerortsstraßen bietet sich die auf dem überwiegenden Anteil der Straßen zulässige Geschwindigkeit von 50 km/h an. Diese Normierung kann je nach Erfordernis an die tatsächlich gefahrenen bzw. zulässigen Geschwindigkeiten für Innerortsstraßen angepasst werden.

In Abweichung zum Statistischen Vorbeifahrtverfahren nach DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002) wird nicht ein Vorbeifahrtindex (SPBI) als Kennwert für die Eigenschaften des Fahrbahnbelags herangezogen, sondern direkt der Fahrzeuggeräuschpegel L_{veh} .

Um die Eignung der "Backing-Board"-Methode als Messmethode für die Schallemissionen von Fahrbahnbelägen im Innerortsbereich testen zu können, bietet sich der direkte Vergleich der Messmethoden an einem Messquerschnitt an. Dieser Messquerschnitt muss dabei den Anforderungen in Bezug auf die Umgebungsbedingungen nach DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002) entsprechen.

Die vergleichenden Referenzmessungen nach der Messmethode Freifeldmessung und Messung mit "Backing-Board" wurden in insgesamt vier Messreihen durchgeführt, wobei in drei Messreihen die Pkw-Vorbeifahrt und in einer Messreihe die Lkw-Vorbeifahrt untersucht wurde. Das Messprogramm der Messreihen für Pkw-Vorbeifahrten umfasste dabei Messungen mit kontrollierter Vorbeifahrt (Messreihe R1 und R3) sowie Messungen mit statistischer Vorbeifahrt (Messreihe R2). Darüber hinaus wurden in der Messreihe R4 Lkw-Vorbeifahrten mit kontrollierter Vorbeifahrt untersucht.

Der Zielstellung des Forschungsvorhabens folgend waren zur Erprobung des Verfahrens unter Anwendung der "Backing-Board"-Methode akustische Messungen an innerstädtischen Straßen durchzuführen. In Ermangelung von geeigneten Straßen mit nicht geriffeltem Gussasphalt wurden anstelle der hierfür vorgesehenen Messungen Messreihen an Innerortsstraßen mit Belägen aus Splittmastix-Asphalt durchgeführt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden insgesamt 25 Messquerschnitte mit folgenden Belagstypen untersucht:

- fünf Messreihen mit Belägen aus Asphaltbeton,
- zehn Messreihen mit Belägen aus Splittmastix-Asphalt,
- fünf Messreihen mit Belägen aus Betonpflaster und
- fünf Messreihen mit Belägen aus Kopfsteinpflaster.

3 Untersuchungsergebnisse

Durch die Auswertung und den Vergleich der Ergebnisse der unter Freifeldbedingungen vorgenommenen Referenzmessungen lassen sich Rückschlüsse ziehen, inwieweit die mit der "Backing-Board"-Methode gewonnenen Messwerte korrigiert werden müssen, um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der statistischen Vorbeifahrtmethode im Freifeld zu erreichen.

Die theoretischen Betrachtungen für das Mikrofon auf der Platte ergeben eine Korrektur gegenüber einem Freifeldmesspunkt von 6 dB. Die zusätzliche Abstandskorrektur für die von 7,50 m auf 5,00 m verkürzte Messentfernung beträgt unter Annahme einer kugelförmigen Schallausbreitung 3,5 dB.

Neben der Betrachtung der maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel wurden für die Referenzmessungen die spektralen Pegeldifferenzen für jede einzelne Vorbeifahrt bestimmt. Die Darstellung der Spektren zeigt die Grenzen der "Backing-Board"-Methode in Bezug auf den Frequenzgang. Unter realen Messbedingungen kann mit dem gewählten Aufbau des "Backing-Board" und dem festgelegten Messpunkt auf der Platte im Frequenzbereich von 200 Hz bis 2 000 Hz mit einer Schallpegelüberhöhung gegenüber einem Freifeldmesspunkt an gleicher Stelle von im Mittel 6 dB gerechnet werden.

Für eine Korrektur des "Backing-Board"-Messwerts besitzt die Lage des Mikrofons auf der Platte einen entscheidenden Einfluss. Der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung festgelegte Messpunkt auf der Platte führt aufgrund der spektralen Zusammensetzung des Fahrgeräusches zu einer Überhöhung von nur 0,2 dB für Pkw-Vorbeifahrten sowie einer Minderung um 0,2 dB bei Lkw-Vorbeifahrten gegenüber einem Freifeldmesspunkt in gleicher Entfernung, sodass hier eine Korrektur des A-bewerteten Schalldruckpegels gegenüber der Freifeldmessung mit dem theoretischen Wert 6 dB für gerechtfertigt gehalten wird. Eine Hochrechnung auf den 7,50 m entfernten Freifeldmesspunkt kann mit einem Abschlag von 9,5 dB gegenüber dem "Backing-Board"-Wert erfolgen.

Ein Vergleich der Fahrzeuggeräuschpegel L_{veh} für eine Referenzgeschwindigkeit jeder der fünfundzwanzig durchgeführten Messreihen erlaubt eine Klassifizierung der verschiedenartigen Fahrbahnbeläge nach der Höhe der Schallemission.

Die geringste Schallemission wird bei den untersuchten Asphaltbeton-Fahrbahnen erreicht. Die Gruppe der Splittmastix-Asphalte weist trotz der Vielzahl der untersuchten Beläge eine vergleichsweise geringe Streubreite in der Schallemission auf. Die unterschiedlichen Bebauungssituationen an den Messorten haben somit offensichtlich keinen signifikanten Einfluss auf das jeweilige Messergebnis.

Eine erwartungsgemäß größere Streubreite der Werte des Fahrzeuggeräuschpegels tritt bei den untersuchten Pflasterbelägen auf. Als Ursache für diesen Sachverhalt können die verschiedenen Bauarten und Fugenbreiten der Pflaster gelten. Darüber hinaus spiegeln sich auch die geringeren Stichprobenzahlen der erfassten Fahrzeuge im größeren Vertrauensbereich innerhalb der einzelnen Messreihen wider.

4 Folgerungen für die Praxis

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die "Backing-Board"-Methode gut für die Bestimmung der Schallemission an Innerortsstraßen geeignet ist. Die bei den mit der "Backing-Board"-Methode durchgeführten Referenzmessreihen im Freifeld erzielten Messergebnisse zeigen eine gute Korrelation mit Ergebnissen bisheriger Verfahren.

Um auch zwischen verschiedenen Prüflaboratorien reproduzierbare Ergebnisse zu erreichen, ist eine Definition der Abmessungen des "Backing-Board" und einer einheitlichen Position des Mikrofonpunktes auf der Platte zwingend notwendig.

Der hier vorgeschlagene Aufbau der Platte und die Lage des Mikrofonmesspunktes auf der Platte erscheinen geeignet, um die Messwerte der "Backing-Board"-Methode mit denen aus statistischen Vorbeifahrtmessungen nach DIN EN ISO 11819-1 (DIN, 2002) – unter Berücksichtigung einer entsprechenden Pegelkorrektur – vergleichen zu können. Basierend auf den Ergebnissen von Referenzmessungen unter Freifeldbedingungen wird hierfür ein Korrekturansatz abgeleitet, nach dem die mit der "Backing-Board"-Methode erfassten Messwerte im Hinblick auf einen Vergleich mit Freifeldwerten nach (DIN, 2002) um 9,5 dB zu reduzieren sind.

Die Anwendbarkeit des statistischen Verfahrens wird begrenzt durch die Verfügbarkeit einer genügend großen Anzahl von Fahrzeugvorbeifahrten. Insbesondere auf Anliegerstraßen und wenig befahrenen Nebenstraßen können gegebenenfalls lange Messzeiten erforderlich werden. Durch den Einsatz der kontrollierten Vorbeifahrtmethode können jedoch auch für diese Straßen hinreichend genaue Aussagen zur Schallemission gewonnen werden.

Anhand der Ergebnisse des durchgeführten Messprogramms an Innerortsstraßen ist eine gute Aussage zur Schallemission von Fahrbahnen mit Asphaltbeton- und Splittmastix-Asphalt-Belägen möglich. Die geringe Streubreite der messtechnisch ermittelten Werte – bei zehn Messreihen an Fahrbahnen mit Splittmastix-Asphalt-Belag nur 2 dB – zeigt, dass mit der "Backing-Board"-Methode auch bei deutlich unterschiedlichen Bebauungssituationen im Innerortsbereich reproduzierbare Ergebnisse für die Schallemission von Fahrbahnoberflächen ermittelt werden können. Die Messergebnisse für die Pflasterbeläge streuen bauart-, konstruktions- und zustandsbedingt stärker. Zur statistischen Absicherung sollten für diese Belagsart weitere Messreihen realisiert werden.

5 Literatur

- Deutsches Institut für Normung (DIN) (2002): DIN EN ISO 11819-1: Akustik – Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsrgeräusche – Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren, Mai 2002, Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr (BMV) (1992): Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen (GESTrO-92), Anlage zum ARS 16/1992 – StB 11/14.86.22-11/41 Va – des Bundesministers für Verkehr vom 16.03.1992.
- Haider, M.; Sandberg, U. (2006): SILENCE F.D12, Noise Classification Methods for Urban Road Surfaces, Task F4.2 Measurement methods, File Name: http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/public_reports/SILENCE_F.D12_20060203.pdf
- Fégeant, O. (1998): On the Use of a Vertical Microphone Board to Improve Low Signal-to-Noise Ratios During Outdoor Measurements. Applied Acoustics, 53 (1998), Heft 4, S. 291-312.
- Goubert, L.; Debroux, P. (2006): About the development of the backing board method to evaluate the noisiness of road surfaces. Proceedings of Inter-Noise 2006, Honolulu, 3.–6. Dezember 2006.