

Messung von Straßenverkehrsgeräuschen mit standardisierter und binauraler Messtechnik

Henrik Schwarz

schwarzingenieure GmbH, Vaihingen an der Enz; Email: henrik.schwarz@schwarzingenieure.de

Einleitung

Ziel der Untersuchung [1] ist es, Differenzen zwischen Messungen von Straßenverkehrslärm in realen Situationen mit einem normgerechten Messmikrofon und einem Kunstkopf zu beschreiben. Neben dem in der Rechts- und Verwaltungspraxis der Verkehrslärmbeurteilung hauptsächlich verwendeten Schalldruckpegel in A-bewerteten Dezibel werden auch unbewertete Druckpegel und die psychoakustischen Größen Lautheit in der Einheit Sone, Schärfe in der Einheit Acum und Rauigkeit in der Einheit Asper in den Vergleich einbezogen. Die Variation des Abstandes zwischen Mikrofonen und Straße dient der Untersuchung von Messwertdifferenzen auf abstandsabhängige Effekte, die Drehung des Kunstkopfs um die eigene Achse ermöglicht die Abbildung von richtungsabhängigen Einflüssen auf die Differenzen der Messwerte.

Messungen

Messtechnik und Durchführung

Die eingesetzte Messtechnik für die Vergleichsmessungen besteht im Wesentlichen aus einem Kunstkopf und einem Standard-Messmikrofon in Form eines Schalldruckpegelmessers. Die Signale beider Aufnahmen werden während der Messung synchron in digitaler Form abgespeichert und stehen anschließend für die rechnerische Auswertung zur Verfügung.

Die abstandsvarianten Messungen erfolgten an drei verschiedenen Messquerschnitten: An einer Ortsdurchfahrt, an einer einbahnigen Bundesstraße außerhalb bebauter Gebiete und an einer sechsstreifigen Autobahn. Für jeden Messquerschnitt werden neben den akustischen Aufzeichnungen auch die Verkehrsstärke, der Lkw-Anteil und die mittlere Geschwindigkeit fahrtrichtungsscharf ermittelt. Für die Untersuchung des Einflusses der Kopfausrichtung zur Straße wurde die Ausrichtung des Kunstkopfs in 45°-Schritten von der frontalen Stellung (0°) über die rückwärtige Stellung (180°) bis zurück in den Ausgangszustand (360°) gedreht. Das synchron eingesetzte ortsfeste Standard-Messmikrofon war in gleicher Höhe und Entfernung zur Straße fixiert, wie der Kunstkopf.

Messergebnisse

Bei der Abstandsvariation weisen die Schalldruckpegel (linear und A-bewertet), Lautheit und Schärfe statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Kunstkopfwerten und den Werten des Standard-Geräts auf. Die ebenfalls berechneten Rauigkeitswerte zeigen keine signifikanten Unterschiede. Die Kunstkopfwerte der Schalldruckpegel und der Lautheit liegen über den jeweiligen Vergleichswerten des Standard-Geräts, während die Schärfe der Kunstkopfmessungen unterhalb der Schärfewerte des Standard-Geräts bleibt. Die Entwicklung dieser Differenzen über der Entfernung von der Lärmquelle kann für die außerorts gemessenen Schalldruckpegel und die Lautheit mit Modellen auf der Basis eines monoton fallenden Astes von Potenzfunktionen beschrieben werden. Die Differenzen zwischen den Werten des Kunstkopfes und des Standard-Geräts sind also in direkter Nähe zur Straße maximal und fallen dann überlinear mit der Entfernung ab. Geht die Entfernung gegen unendlich, reduzieren sich die Differenzen auf Null.

Bei den innerörtlichen Messungen waren die abstandsabhängigen Reduktionen ab ca. 6 m Entfernung zur Fahrbahn stark von anderen Einflüssen wie Reflektionen an der Bebauung überlagert, so dass bei weiter zunehmender Entfernung ein erneuter Anstieg der Schalldruckpegel-Unterschiede zu verzeichnen war. Der Verlauf der Differenzen kann in diesem Fall durch eine quadratische Funktion beschrieben werden. Die geringsten Unterschiede zwischen Kunstkopfwerten und Standard-Gerät treten bei den unbewerteten Schalldruckpegeln auf. Bezogen auf den niedrigeren Wert des Schalldruckpegelmessers beträgt die Abweichung in 4 m Entfernung vom Fahrbahnrand 0,67% am innerörtlichen Querschnitt, 4,6% an der Bundesstraße und 3,8% an der Autobahn. Im Vergleich dazu liegen die Differenzen für die A-bewerteten Pegel innerörtlich mit 4,4% bezogen auf den Wert des Standard-Geräts höher; für die beiden außerörtlichen Querschnitte ergeben sich nur geringe Erhöhungen der Differenzen auf 5,0% (Bundesstraße) und 4,8% (Autobahn). Die Lautheitswerte differieren mit 7,6% (innerorts), 8,9% (Bundesstraße) und 11% (Autobahn, vgl. Abbildung 1) bezüglich der Lautheit des Standard-Geräts am stärksten. Hier ist

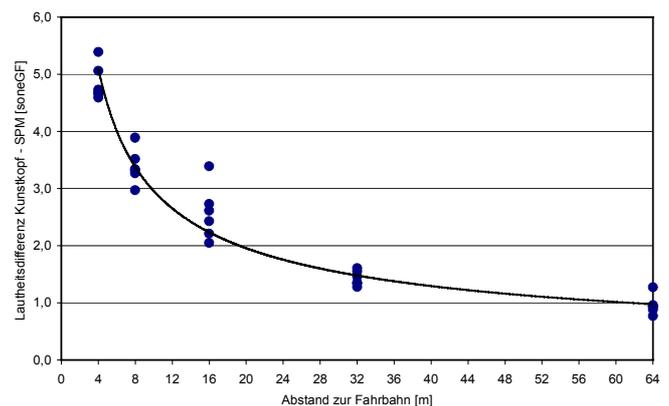


Abbildung 1: Lautheitsdifferenzen zwischen Kunstkopf und SPM in Abhängigkeit der Entfernung der Messgeräte vom Fahrbahnrand (Punkte) und Regressionsfunktion (Linie).

auch eine Zunahme der Differenzen mit der Zunahme der Verkehrsstärke bzw. der Geschwindigkeit auf den untersuchten Streckenabschnitten feststellbar. Für die psychoakustische Größe der Schärfe liegen die Kunstkopfwerte unter dem Wert des Standard-Geräts. Bezogen auf diesen beträgt die Differenz bei ebenfalls 4 m Abstand -6,7% (innerorts), -8,4% (Bundesstraße) und -4,2% (Autobahn).

Für die Richtungsvariation des Kunstkopfes bei statischem Einzelmikrofon können folgende Ergebnisse zusammengefasst werden: Durch statistische Tests können signifikante Unterschiede von Schalldruckpegel, Lautheit und Schärfe zwischen den Kunstkopfwerten und den Werten des Standard-Mikrofons nachgewiesen werden. Die gemessenen Unterschiede der Rauigkeit unterscheiden sich nicht signifikant. Generell misst das Kunstkopf-Gerät höhere Schalldruckpegel und Lautheitswerte als das Standard-Gerät, während die Schärfewerte der Kunstkopfmessungen unterhalb der Schärfewerte des Standard-Geräts bleiben. Die Pegeldifferenzen zwischen den Kunstkopfwerten und dem Standard-Mikrofon für

Schalldruckpegel, Lautheit und Schärfe zeigen ähnliches Verhalten. Das Minimum der Differenz ist stets in der rückwärtigen Stellung (180°) erreicht, das Maximum in seitlicher Stellung zur Straße. Auch hier differieren die relativen Abweichungen bezüglich der Werte des Standard-Mikrofons stark (vgl. Abbildung 2). Die folgenden Werte gelten jeweils für die Stellung des Kunstkopfes mit den größten Differenzen zum Standard-Mikrofon. Die geringsten Abweichungen weisen die unbewerteten Pegel mit rund 3% auf, die A-bewerteten Pegel unterscheiden sich um ca. 6%. Die größten Differenzen haben die Werte der Lautheit mit 13,2%. Die Schärfe liegt beim Kunstkopf maximal 11,9% unterhalb der Schärfewerte des Standard-Mikrofons.

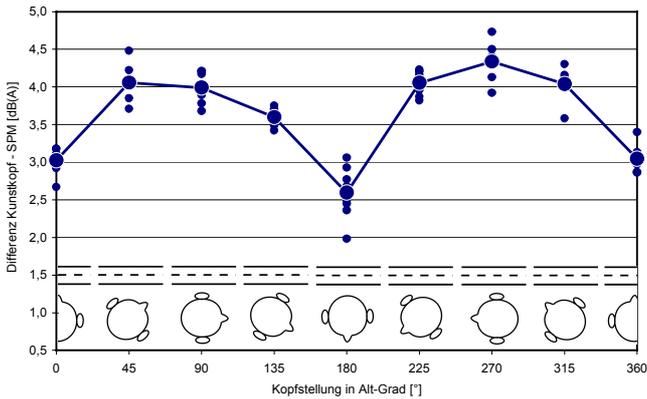


Abbildung 2: Lautheitsdifferenzen zwischen Kunstkopf und SPM in Abhängigkeit der Ausrichtung des Kopfes zur Fahrbahn (kleine Symbole) und Mittelwerte je Ausrichtung (große Symbole mit Verbindungslinie)

Da die Differenzdarstellungen in der rückwärtigen Stellung eine Unstetigkeitsstelle aufweisen und aufgrund der Symmetrie des Kopfes ein symmetrischer Verlauf zu beiden Seiten dieser Stellung erwartet werden kann, genügt die Modellierung des Bereiches zwischen 0° und 180°. Das exemplarische Modell für die Lautheit in diesen Winkelbereich in zwei Abschnitten definiert. Der zugrundeliegenden Sinusfunktion überlagert sich zwischen 90° und 180° eine lineare Komponente subtraktiv, die eine zunehmende Abschattung durch die Ohrmuschel abbildet.

Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten

Bedeutung der Messergebnisse

Insgesamt wird die Einbeziehung psychoakustischer Größen bei der Verkehrslärmbeurteilung für ratsam gehalten. Allerdings müsste vorab grundsätzliches Einverständnis darüber erzielt werden, ob Lärmbeurteilungen auf die Belästigung des sich im Freien aufhaltenden Menschen abzielen oder ob die Lärmemissionen – quasi als physiologisch unabhängige Größe – an der Fassade eines Gebäudes prognostiziert werden sollen, in dem Menschen wohnen oder arbeiten. Bei der ersten Zielrichtung stellen Kunstkopf-Messergebnisse sicherlich einen besseren Ansatz dar als Ergebnisse mit dem Standardgerät. Bleibt hingegen die (physiologisch unabhängige) Lärmmission vor dem Gebäude die Beurteilungsgrundlage, dann genügen weiterhin Messungen mit dem Standardverfahren.

Anwendung

Es wird ein Vorgehen in zwei Schritten vorgeschlagen. Für das erste Ziel wird ein Vorgehen in zwei Schritten empfohlen (vgl. Abbildung 3). In einem ersten Schritt sollte zunächst ein gehörgerechteres Verkehrslärm-Lästigkeits-Modell entwickelt werden,

dann könnte eventuell auch zukünftig bei der Beurteilung von Verkehrslärm für Planungsaufgaben auf Messungen zugunsten von Modellrechnungen verzichtet werden. Neben der rechnerischen Bestimmung von konventionellen akustischen Größen treten psychoakustische Größen und subjektive Beurteilungen von Kunstkopfaufnahmen durch Testpersonen und ggf. die parallele Messung von physiologischen Reaktionen während der Tests. Die Testpersonen sollten eine durchschnittliche Lärmempfindlichkeit aufweisen, was durch geeignete Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen sichergestellt werden kann. Nach Abschluss der Phase der Modellentwicklung erlaubt das Modell, auch ohne die verbindliche Einführung von Grenzwerten für psychoakustische Größen, die vergleichende Lästigkeitsprognose für Verkehrslärm verschiedener Planfälle oder Planungsvarianten. Dabei wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass durch ein solches Modell, auch unter Berücksichtigung der Psychoakustik und der subjektiven Beurteilung durch Testpersonen, aufgrund der Vielzahl der Einflussgrößen und der Persönlichkeitsunterschiede der Betroffenen, die Lästigkeit von Verkehrslärm nicht in allen Fällen umfassend erklärt werden kann. Eine Verbesserung der aktuellen Situation bei der Beurteilung von Verkehrslärm scheint möglich und ist zu begründen.

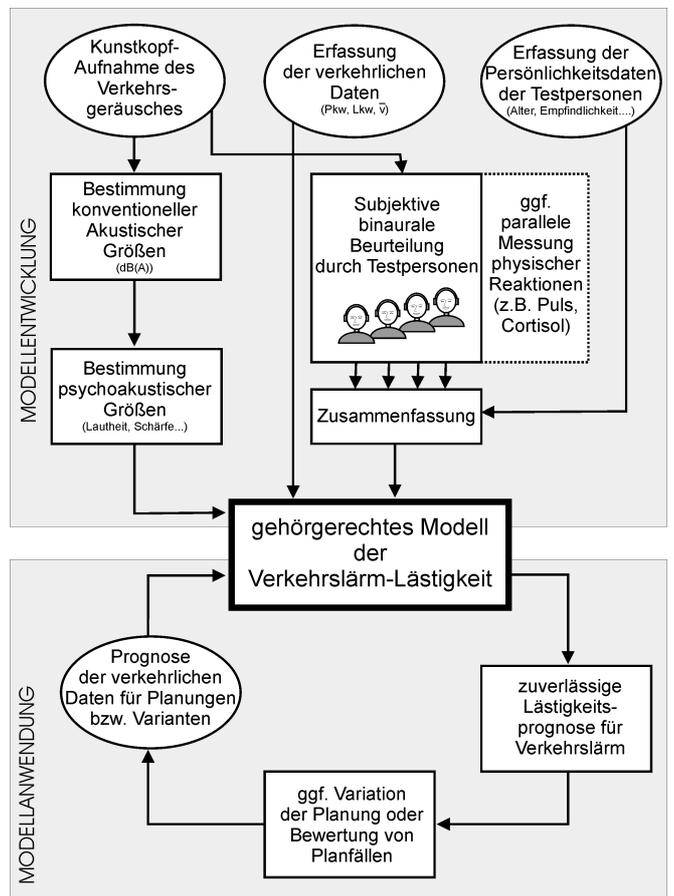


Abbildung 3: Schematisch dargestellter Ablauf der Entwicklung und Anwendung eines Lästigkeits-Modells für Verkehrslärm

¹| Schwarz, Henrik Vergleich von Schall-Immissionsmessungen bei Straßenverkehrslärm mit standardisierten und binauralen Geräten – Veröffentlichungen aus dem Institut f. Straßen- u. Verkehrsweisen, Stuttgart 2002