

Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use-Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen

FA 2.402

Forschungsstelle: Möhler + Partner Ingenieure AG, München

Bearbeiter: Schwarz, J. / Paul, A. / Bayer, U. / Debona, C. / Dietze, B. / Franz, J. / Hackl, A. / Harzer, L. / Krafft, J. / Kühlewind, A. / Liegl, R. / Maric, D. / Rödler, S. / Scheidemann, D. / Schreier, C. / Tornai, A. / Weigl, A. / Winkler, S. / Wolfram, D.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: Juni 2020

1 Aufgabenstellung

Der vorliegende Kurzbericht behandelt das Forschungsvorhaben "Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use-Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen". Für eine realistische Abschätzung der Lärmbelastung im Straßenverkehr wurden an sechs Straßencharakteristiken (BAB, Ausfallstraße, Boulevard, Großstadt-Kreuzung, Kreisverkehr, Kleinstadt-Durchgangsstraße) mit jeweils drei Verkehrscharakteristiken (frei fließender Verkehr tagsüber, Stop-and-go im Berufsverkehr, geringe Verkehrsmenge nachts beziehungsweise am Wochenende) Schallpegelmessungen durchgeführt, um hieraus in-use-Geräuschemissionen für verschiedene Verkehrssituationen zu ermitteln. Neben den akustischen Parametern wurden insbesondere auch die meteorologischen Bedingungen sowie Verkehrsmengen, Fahrzeugarten und Fahrzeuggeschwindigkeiten erfasst. Die Messungen waren hinsichtlich der relevanten Pegelwerte und Pegelstatistik auszuwerten und statistisch aufzubereiten. Dabei wurden insbesondere auffällige Pegelspitzen betrachtet und hinsichtlich ihrer Ursachen und Auswirkungen auf die Lärmsituation neben der Straße diskutiert. Durch Schallausbreitungsberechnungen wurden die Auswirkungen der ermittelten in-use-Geräuschemissionen auf die Geräuschemissionen beziehungsweise die Beurteilungspegel aufgezeigt.

Die Übertragbarkeit von Typprüfergebnissen der Geräuschemissionen auf in-use-Werte der Fahrzeuge im realen Verkehrsgeschehen mit seinen abweichenden Fahrsituationen ist eine grundlegende Frage. Für eine realitätsnahe und belastbare Prognose von Schallmissionen und daraus folgend für eine wirksame und gezielte Lärminderung ist die möglichst genaue Kenntnis der Geräuschentstehung mit den verschiedenen Einflussfaktoren von großer Bedeutung. Bei Vorliegen von realen Geräuschemissionen in unterschiedlichen Fahrsituationen kann bei Kenntnis der genauen Ursache von pegelbestimmenden Einflüssen ein eventueller Änderungsbedarf der Vor-

schriften für Fahrzeuge und gewisse Komponenten zielgerichtet definiert werden.

2 Untersuchungsmethodik

Die Untersuchungen werden in die vier folgenden Untersuchungsschritte gegliedert:



Bild 1: Untersuchungsschritte

Bei der Straßenauswahl wurde darauf geachtet, dass möglichst alle Einflussfaktoren auf die Geräuschemissionen im Straßenverkehr ermittelt werden können (Verkehrsmenge, durchschnittliche Geschwindigkeit, Anteil des Schwerverkehrs) oder keinen relevanten Einfluss haben (Straßenoberfläche, Steigung/Gefälle, Reflexionen/Abschirmungen, Ampeln, Fremdgeräusche). Beim Anteil des Schwerverkehrs wurde durch die Straßenauswahl darauf geachtet, dass dieser Einflussfaktor möglichst gering gehalten wird. Es wurde an den folgenden Straßen beziehungsweise Straßenabschnitten im Großraum München gemessen:

- BAB A 8 südlich von München zwischen Anschlussstelle Taufkirchen-Ost und Anschlussstelle Unterhaching-Ost beim Zacherlweg in Taufkirchen sowie BAB A 8 bei der Anschlussstelle Dachau/Fürstenfeldbruck.
- B 13 bei München (Ingolstädter Straße) sowie B 471 nördlich von München zwischen Dachau und Oberschleißheim.
- Brudermühlstraße/Brudermühlbrücke in München.
- Kreuzung Moosacher Straße/Lerchenauer Straße in München.
- Kreisverkehr zwischen Eichenau und Puchheim bei München (Eichenauer Straße).
- Fürstenfeldbrucker Straße in Olching bei München.

Die ausführliche messtechnische Untersuchung der Straßenabschnitte erfolgte für jede der sechs Straßencharakteristiken und jeden der drei Verkehrszustände durch 12 x 5-Minuten-Messungen (insgesamt jeweils 1 Stunde) des A- und "Fast"-bewerteten Schalldruckpegels mit einer zeitlichen Auflösung von einer Zehntelsekunde. Bei jeder Messung wurden zwei Messpunkte mit unterschiedlichem Abstand zur Straße gemessen. Dabei wurde ein Messpunkt entsprechend der DIN 45642 "Messung von Verkehrsgläuschen" situiert (Abstand 7,5 m zur Mitte des Fahrstreifens; Höhe $h = 1,2$ m über Gelände). Die Lage des zweiten Messpunkts wurde in einem Abstand von 25

m zur Straße gewählt. Parallel zur Schallpegelmessung wurden innerhalb der Messstunden die Wetterdaten und die relevanten Verkehrsdaten erhoben, das heißt für jede Fahrtrichtung wurden die Verkehrsmengen, die Kraftfahrzeugarten (Unterscheidung Pkw, leichte Lkw und Lkw, Sonstiges wie zum Beispiel Motorräder) und die Geschwindigkeiten erfasst. Während der Messungen wurden deutlich wahrnehmbare und im Pegel-Zeit-Verlauf erkennbare Pegelspitzen anhand von Markern gekennzeichnet.

Die Messergebnisse (Mittelungspegel, Maximalpegel, Perzentilpegel) wurden ausführlich analysiert und statistisch aufbereitet. Zudem erfolgte eine Darstellung der Summenhäufigkeit von Pegelwerten. Da die Belästigungssituation der Anwohner häufig mit der Lautheit der Verkehrswege korreliert, wurde zudem eine Lautheitsstatistik der verschiedenen Messsituationen erstellt. Der Einfluss der auffälligen Pegelspitzen wurde über ein Ausblenden im Pegel-Zeit-Verlauf ermittelt, wobei die auffälligen Pegelspitzen zunächst detektiert wurden und dann deren Einfluss über die Häufigkeitsverteilung ermittelt wurde (Abweichung von der Normalverteilung). Dabei wurde zum einen der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} ohne das "Ausblenden" und zum anderen der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} mit dem "Ausblenden" der auffälligen Pegelspitzen ermittelt sowie die Differenz der beiden Werte gebildet. Somit kann die Auswirkung von auffälligen Pegelspitzen auf den Mittelungspegel ermittelt werden. Zudem wurde der Einfluss auffälliger Pegelspitzen auch anhand des Impulzzuschlags beziehungsweise anhand des Taktmaximalpegels ermittelt. Des Weiteren erfolgt eine Auswertung entsprechend DIN 45641:1990 "Mittelung von Schallpegeln", Nr. 4.1 "Mittelungspegel aus klassierten Werten".

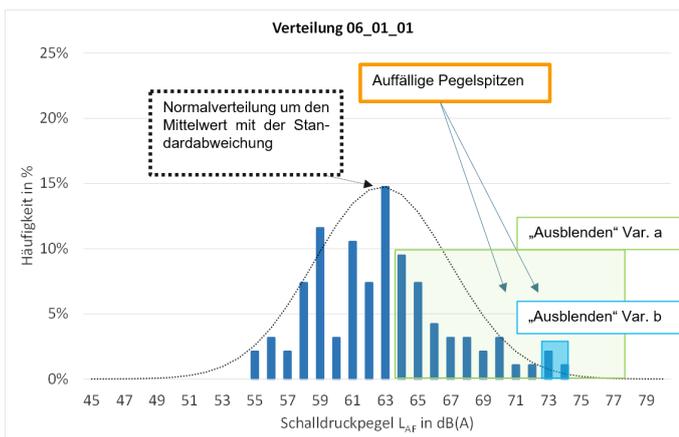


Bild 2: Häufigkeitsverteilung von Pegelspitzen am Beispiel einer Messung

Die resultierenden Pegelwerte aller unterschiedlichen Kombinationen von Straßencharakteristik und Verkehrssituation wurden bezüglich ihrer Lärmbelastung für die Bevölkerung betrachtet. Hierzu wurden die Messergebnisse mittels Schallausbreitungsberechnungen nach RLS-90 und RLS-19 mit der Schallausbreitungssoftware IMMI auf den zu betrachtenden

Immissionsort übertragen. Die Messergebnisse enthalten zwei Einflussfaktoren auf den Beurteilungspegel, deren Einfluss betrachtet wurde:

- Geräusentwicklung in Abhängigkeit vom Auftreten von Pegelspitzen.
- Geräusentwicklung in Abhängigkeit von der Zusammensetzung verschiedener Verkehrssituationen. Je nach zeitlicher Zusammensetzung der verschiedenen Verkehrssituationen können sich dann unterschiedliche Straßenverkehrslärm-Beurteilungspegel ergeben.

3 Untersuchungsergebnisse

Für die Straßencharakteristiken Autobahn, Ausfallstraße, Boulevard und Kreuzung beträgt der messtechnische Einfluss auffälliger Pegelspitzen etwa 0,5 dB(A) bis 1,0 dB(A). Für die Straßencharakteristiken Kreisverkehr und Kleinstadt-Durchgangsstraße beträgt der messtechnische Einfluss auffälliger Pegelspitzen etwa 1,0 dB(A) bis 2,0 dB(A). Auffällige Geräuschspitzen traten bei allen Straßencharakteristiken insbesondere im Zusammenhang mit Lkw (Druckluftbremse, Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht, Hupen), Sportwagen, Transportern, "schnellen" Pkw und Motorrädern/Rollern auf. Für Straßen mit weniger Verkehr und Fahrspuren sowie geringeren Geschwindigkeiten steigt der Einfluss von Pegelspitzen aufgrund des geringeren Grundgeräuschpegels. Mit zunehmendem Abstand zur Straße verringert sich der Einfluss von Pegelspitzen.

Es zeigen sich bei den einzelnen Messreihen Standabweichungen von 0,4 dB(A) bis 1,9 dB(A). Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt 0,8 bis 3,1 dB(A) um den jeweiligen Mittelwert. Damit liegen die Messergebnisse innerhalb eines Toleranzbereichs von etwa ± 3 dB(A) und weichen aus schalltechnischer Sicht nicht signifikant voneinander ab. Aus statistischer Sicht liegt eine "spezifische Repräsentativität" für die durchgeführten Messungen vor. Eine "globale Repräsentativität" liegt nicht vor, da die Ergebnisse zum Einfluss der Pegelspitzen je nach Verkehrsmenge, Schwerverkehrsanteil, Straßenzustand und Verkehrszustand variieren können (zum Beispiel Verkehrsmenge innerhalb des Zustands "gering" kann sich zwischen sehr wenig, wenig bis gering bewegen; genaue Abgrenzung zwischen den Verkehrszuständen). Hierzu müssten weitere Messungen auch an anderen Straßen durchgeführt werden.

Die Berechnungen nach RLS-90 führen im Mittel zu etwa 3,0 dB(A) höheren Pegeln. Die Berechnungen nach RLS-19 führen im Mittel zu etwa 4,5 dB(A) höheren Pegeln. Die berechneten Pegel nach RLS-19 und RLS-90 enthalten keine auffälligen Pegelspitzen. Daher erfolgte eine Summenbildung der Prognosepegel mit den messtechnisch ermittelten, auffälligen Geräuschspitzen. Es zeigt sich, dass die nach RLS-90 und nach RLS-19 ermittelten Pegel um 0,3 dB(A) bis 0,7 dB(A) erhöht werden.

Die verschiedenen Verkehrssituationen (fließend, stop-and-go, gering) können je nach Zusammensetzung einen Einfluss auf den Beurteilungspegel im 16-stündigen Tagzeitraum und 8-stündigen Nachtzeitraum haben. Der Einfluss wurde beispielhaft für die Straßencharakteristik "Boulevard" und die Verkehrszustände "frei fließend" sowie "stop-and-go" im Beurteilungszeitraum Tag (6-22 Uhr) ermittelt. Mit zunehmendem "stop-and-go"-Verkehr können die Beurteilungspegel abnehmen. Berücksichtigt man dabei den Verkehr, der während eines Staus oder bei stop-and-go nicht fließt, und üblicherweise in

den Zeiten ohne Stau oder stop-and-go nachgeholt wird, so sind mit zunehmendem "stop-and-go"-Verkehr um bis zu etwa 1,0 bis 1,5 dB(A) geringere Beurteilungspegel zu erwarten. Diese Abnahme ergibt sich nur für Verkehrswege, die gemäß ihrer eigentlichen Straßencharakteristik für frei fließenden Verkehr vorgesehen sind und nicht durch Kreuzungen und Kreisverkehre im Verkehrsfluss gestört werden, das heißt für Verkehrswege, bei denen zwischen den Verkehrszuständen "frei fließend" und "stop-and-go" deutliche Unterschiede in der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit resultieren.

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung – mess-/prognosetechnischer Pegelspitzeinfluss

Straßenkat.	Zustand	Impulshaltigkeit		Ausblenden Spitzen				Klassierte Werte		Ausbreitungsberechnungen							
		KI		Var. A		Var. B		Var. A	Var. B	RLS-90 + Spitzen				RLS-19 + Spitzen			
		MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	Var. A	Var. B	Var. A	Var. B	Var. A	Var. B		
		MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2		
1 - BAB	flüssig	2,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	s & g	0,6	0,0	0,6	0,3	0,3	0,1	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	gering	3,1	1,0	1,6	0,7	1,0	0,4	1,9	0,8	0,7	0,3	0,5	0,2	0,5	0,2	0,4	0,1
	Mittel	2,0	0,5	0,8	0,4	0,5	0,2	1,0	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0
2 - Ausfall	flüssig	1,0	0,5	0,9	0,3	0,2	0,1	1,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
	s & g	1,8	0,6	1,3	1,1	0,6	0,5	1,9	0,8	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2
	gering	1,8	0,3	0,4	0,2	0,0	0,0	0,6	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	Mittel	1,5	0,5	0,9	0,6	0,3	0,2	1,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
3 - Boulevard	flüssig	0,6	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	s & g	0,8	0,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	gering	1,3	0,2	0,9	0,6	0,3	0,2	1,1	0,3	0,8	0,4	0,3	0,2	0,8	0,4	0,3	0,1
	Mittel	0,9	0,1	0,6	0,4	0,2	0,1	0,6	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1
4 - Kreuzung	flüssig	2,4	1,5	1,5	0,8	0,3	0,1	3,9	0,8	0,4	0,3	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0
	s & g	1,0	0,4	1,0	0,7	0,3	0,2	3,4	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1
	gering	1,7	0,9	1,7	1,2	0,4	0,2	3,1	0,6	0,7	0,5	0,2	0,1	0,5	0,4	0,2	0,1
	Mittel	1,7	1,0	1,4	0,9	0,3	0,2	3,5	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1
5 - KV	flüssig	2,1	0,6	2,5	0,8	1,7	0,5	3,1	1,4	0,7	0,3	0,5	0,2	0,5	0,2	0,4	0,1
	s & g	1,6	1,2	1,8	0,5	0,9	0,2	2,7	0,9	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
	gering	1,8	0,3	2,4	0,8	1,1	0,3	3,6	0,8	0,5	0,3	0,3	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1
	Mittel	1,8	0,7	2,2	0,7	1,2	0,3	3,1	1,0	0,5	0,3	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,1
6 - Kleinstadt	flüssig	2,0	0,8	1,9	0,8	1,0	0,4	2,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
	s & g	2,1	0,7	1,8	0,7	0,9	0,3	1,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
	gering	2,2	0,9	1,8	0,9	0,8	0,3	1,2	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1
	Mittel	2,1	0,8	1,8	0,8	0,9	0,3	1,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1

4 Folgerung für die Praxis

Die Untersuchung zeigt, dass der Einfluss auffälliger Pegelspitzen auf die äquivalenten Dauerschallpegel beziehungsweise auf die Beurteilungspegel gering ist. Dennoch entsteht durch Pegelspitzen eine (subjektive) Belästigungswirkung, die bei einer alleinigen Betrachtung von Pegelwerten nicht abbildbar ist, aber gegebenenfalls durch Lautheitsanalysen und darauf aufbauende Hörversuche zielgerichtet ermittelt werden kann. Für die Straßencharakteristik "Kleinstadt-Durchgangsstraße" wurde bei frei fließendem Verkehr eine detaillierte Lautheitsanalyse durchgeführt und der Einfluss von Pegelspitzen auf die Lautheit ermittelt. Es zeigt sich, dass der Einfluss der Pegelspitzen bei den Pegelwerten etwa 0,4 bis 0,8 dB(A) beträgt, während der Lautheitsunterschied bei bis zu 10 % liegt. Es kann somit festgehalten werden, dass insbesondere der

Lautheitsunterschied deutlicher ausfallen kann, als dies durch den Pegelunterschied suggeriert wird. Eine fortführende Untersuchung der Auswirkungen der Pegelspitzen auf die Lautheitsempfindung könnte somit weitere interessante Erkenntnisse liefern.

Die Umsetzung einer zielgerichteten Definition von Änderungen der Vorschriften für Fahrzeuge und gewisse Fahrzeugkomponenten bleibt anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse offen. Der Einfluss auffälliger Pegelspitzen ist zum einen gering und zum anderen resultieren die auffälligen Pegelspitzen zum Teil aus verhaltensbezogenen und ordnungswidrigen Einflüssen, wie "zu schnelles Fahren" und "Hupen" (erforderlich oder nicht), oder aus fahrzeugunabhängigen Einflüssen (Schlaglöcher, zu tief liegende Gullydeckel) und Einflüssen, die auf schadhafte Komponenten zurückzuführen sind (zum Bei-

spiel defekte Abgasanlage oder ähnliches). Demgegenüber wurden jedoch auch Pegelspitzen festgestellt (Druckluftbremse, Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht), die ein hohes Belästigungspotenzial sowohl im Straßenverkehr als auch bei der Beurteilung anderer Lärmarten (zum Beispiel Gewerbelärm) erwarten lassen und bei denen eine Lärmreduzierung möglich erscheint.

Anhand der tatsächlich gefahrenen, durchschnittlichen Geschwindigkeit oder anhand eines Verkehrsmengendurchsatzes beziehungsweise eines Sättigungsgrads einer Straße, der in Verbindung mit der gefahrenen Geschwindigkeit steht, könnte somit ein Korrekturfaktor zur Ermittlung des Straßenverkehrs-Beurteilungspegels definiert werden, der die tatsächliche Zusammensetzung der verschiedenen Verkehrszustände auf einer Straße abbildet.

5 Literatur

DIN 45642, Messung von Verkehrsgeräuschen, Juni 2004.

DIN 45641, Mittelung von Schallpegeln, Juni 1990.

Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen: RLS-90, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln 1990.

Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen: RLS-19, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Ausgabe 2019, Köln 2019.

IMMI Version 2019, EDV-Programm zur Schallimmissionsprognose, Wölfel Meßsystem.