

Zusammenhang reduzierter Geräusch- grenzwerte mit den in-use Geräusch- emissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 346

bast

Zusammenhang reduzierter Geräusch- grenzwerte mit den in-use Geräusch- emissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen

von

Stefan Müller
Christine Huth
Manfred Liepert

Möhler + Partner Ingenieure AG
Augsburg

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 346

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** stehen zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 02.0402

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

Fachbetreuung

Wolfram Bartolomaeus

Referat

Umweltschutz

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-597-2

Bergisch Gladbach, Juli 2021

Kurzfassung – Abstract

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

Der vorliegende Bericht behandelt das Forschungsvorhaben „Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen“. Dabei wurden insbesondere auffällige Pegelspitzen betrachtet und hinsichtlich ihrer Ursachen und Auswirkungen auf die Lärmsituation neben der Straße diskutiert. Der Einfluss auffälliger Pegelspitzen wurde in realen Straßenverkehrssituationen typischer Straßencharakteristiken und Verkehrssituationen messtechnisch erfasst und die Auswirkungen auf Prognose-Ausbreitungsberechnungen wurden untersucht.

Der messtechnisch ermittelte Einfluss von Pegelspitzen beträgt etwa 0,5 dB(A) bis 2,0 dB(A) und steigt für Straßen mit weniger Verkehr oder Straßen mit geringeren Geschwindigkeiten aufgrund des geringeren Grundgeräuschpegels. 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. Die prognosetechnische Untersuchung führt im Mittel zu etwa 3,0 dB(A) bzw. etwa 4,5 dB(A) höheren Pegeln (RLS-90 [4] bzw. RLS-19 [5]). Die messtechnisch ermittelten, auffälligen Pegelspitzen erhöhen den Prognosepegel um 0,3 dB(A) bis 0,7 dB(A).

Zusammenfassend zeigt die Untersuchung, dass der Einfluss auffälliger Pegelspitzen auf die äquivalenten Dauerschallpegel bzw. auf die Beurteilungspegel gering ist. Dennoch entsteht durch Pegelspitzen eine (subjektive) Belästigungswirkung, die bei einer alleinigen Betrachtung von Pegelwerten nicht abbildbar ist, aber ggf. durch Lautheitsanalysen und darauf aufbauende Hörversuche zielgerichtet ermittelt werden kann.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Untersuchung zu verschiedenen Verkehrszuständen ergibt sich, dass innerhalb der Beurteilungszeiten (Tag 6-22 Uhr und Nacht 22-6 Uhr) mit zunehmendem „stop & go“-Verkehr die Beurteilungspegel um 1,0 bis 1,5 dB(A) abnehmen können. Diese Pegelabnahme ergibt sich nur bei Straßen oder Straßenabschnitten,

auf denen bei frei fließendem Verkehr tatsächlich die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten gefahren werden können und sich bei sehr hohem Verkehrsaufkommen (stop & go) deutlich geringere Geschwindigkeiten ergeben. Im Bereich von Kreuzungen und Kreisverkehren kann eine derartige Pegelabnahme ausgeschlossen werden, da in den verschiedenen Verkehrssituationen aufgrund des ohnehin stattfindenden, wiederholenden Abbremsens und Anfahrens keine relevante Änderung der durchschnittlichen Geschwindigkeit beobachtet werden kann.

Correlation of reduced sound limits with the in-use sound emissions in varying traffic situations

The report at hand discusses the research endeavour “of reduced sound limits with the in-use sound emissions in varying traffic situations“. In the process especially noticeable peaks have been observed and their causes and effects regarding the noise situation beside roads were discussed. The influence of noticeable peaks in actual road traffic situations with typical road characteristics and traffic circumstances was gathered and the effects on prognosis-propagation calculation examined.

The metrological determined influence of peaks amounts to approximately 0,5 dB(A) to 2,0 dB(A) and rises for roads with less traffic or roads with lower speed limits due to lower ground noise. Noticeable peaks arose for all road characteristics, especially in combination with commercial vehicles (pneumatic breaks, trailer/lode bed clatters/squeaks, honking), sportscars, vans, fast automobiles and motorcycles/motor scooters. The prognostic study on average leads to approximately 3,0 dB(A) or 4,5 dB(A) higher peaks (RLS-90 [4] and RLS-19 [5]). The metrological determined noticeable peaks increase the predicted peaks by 0,3 dB(A) to 0,7 dB(A).

In conclusion the study shows that the influence of noticeable peaks on equivalent continuous sound pressure levels or on rating levels is minor. Nonetheless there arises a (subjective) level of disturbance caused by peaks, which if observed separately from level values cannot be depicted but

as the circumstances require be purposefully determined by loudness analysis and subsequent listening tests.

Based on the results of the study on different traffic conditions it is apparent, that within the assessed time intervals (day 6am-10pm and night 10pm-6am) the rating level can decrease by 1,0 to 1,5 dB(A) because of an increase in stop and go traffic. This decrease in level values only occurs with roads and road sections on which during free-flowing traffic the speed limit can actually be utilised and heightened traffic (stop and go) results in lowered speed. In the area around intersections and roundabouts such a decrease in level values can be ruled out since no relevant alteration of the average speed can be observed as deceleration and acceleration occurs throughout the different traffic situations.

Summary

Correlation of reduced sound limits with the in-use sound emissions in varying traffic situations

1 Task formulation

The abridged report at hand discusses the research endeavor of “correlation of reduced sound limits with the in-use sound emissions in varying traffic situations”. For a realistic assessment of the noise pollution in traffic a sound level measurement is to be conducted at six different road traffic situations with varying road characteristics (federal motorway, arterial road, boulevard, metropolis intersection, roundabout, small-town thoroughfare) and traffic circumstances (free-flowing traffic by day, stop and go during rushhours, low traffic at night and on weekends), to determine the in-use sound emissions for varying traffic situations.

Aside from the acoustic parameters, especially the meteorological conditions, traffic volume, type of vehicle and vehicle speed are to be recorded and should, if necessary, be considered by means of calculatory corrections. The relevant level values and level value statistics of the recorded measurements should be evaluated and statistically processed. Thereby especially noticeable peaks should be observed and their causes and effects regarding the noise situation beside roads should be discussed. The effects of the ascertained in-use sound emissions on the sound emissions or rating level are to be recorded by means of sound propagation calculation.

The transferability of the type evaluation of test results of the sound emissions to the vehicles in-use values in real traffic situations including its deviating driving situations is a fundamental question. For a credible prognosis of sound emissions which is close to reality which consequently allows for an effective and targeted noise reduction, accurate as possible

knowledge of the sound formation and the various influencing factors is most important. With real sound emissions of different driving situations at hand and by knowing the exact cause of defining influences on level values, a potential need for change of the regulations for vehicles and certain components can be defined purposefully.

2 Investigation methodology

The investigations are divided into the following four steps.

The selection of the roads considered being able to identify possibly all influencing factors on sound emissions in road traffic (traffic volume, average speed, amount of freight transport traffic) or that those factors would have no relevant influence (road surface, incline, reflections/shielding, traffic lights, extraneous noise). The amount of freight transport traffic as an influencing factor is kept as low as possible by especially consideration during the selection of the observed roads.

The measurements have been conducted at the following roads or road sections in and around Munich:

1. BAB A8 south of Munich between interchange Taufkirchen-East and interchange Unterhaching-East at Zacherlweg in Taufkirchen and on the BAB A8 at the interchange Dachau/Fürstenfeldbruck
2. B13 near Munich (Ingolstädter Straße) and B471 north of Munich between Dachau and Oberschleißheim.
3. Brudermühlstraße/Brudermühlbrücke in Munich.
4. Intersection Moosacher Straße / Lerchenauer Straße in Munich.
5. Roundabout between Eichenau and Puchheim near Munich (Eichenauer Straße).

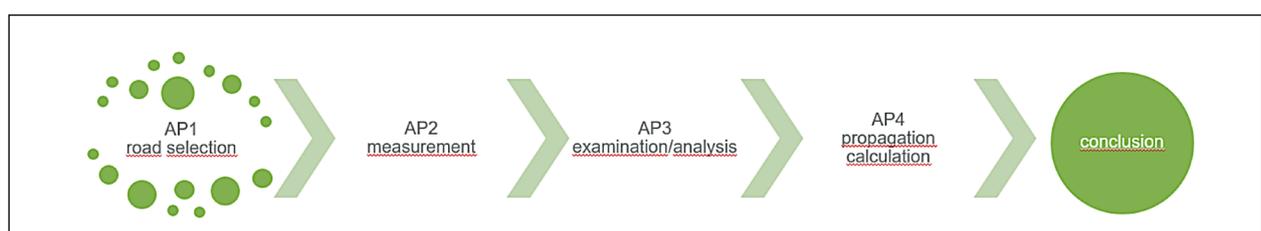


Fig. 2-1: Steps of investigation

6. Fürstenfeldbrucker Straße in Olching near Munich.

The detailed metrological examination of the road sections for all of the six road characteristics and all three of the traffic circumstances was ensued by 12 x 5-minute measurements (1 hour in total) of the A- and “Fast”-evaluated sound pressure level with a temporal resolution of one tenth of a second. During each of the measurements, two measuring points with different distances to the road were used for measuring. One measuring point was situated according to the DIN 45642 „Messung von Verkehrsgeräuschen“ [1] (7.5 m distance to the middle of the road lane; height $h = 1.2$ m above ground). The second measuring point was chosen in a distance of 25 m away from the road. Parallel to the sound pressure level measurements the meteorological data and the relevant traffic data was recorded during the measuring hours. The recorded data comprises the traffic volume, vehicle type (differentiation between cars, light trucks, regular trucks and others like motorcycles) and speed. During the measurements clearly perceptible peaks, which are shown on the level-time curve, are labelled with markers.

The measurement results (equivalent continuous sound pressure level, maximum level, percentile level) are elaborately analysed and statistically processed. Furthermore, the cumulative frequency of level values is depicted. As the resident's disturbance situation often correlates with the loudness of traffic infrastructure, a loudness statistic is prepared in addition. The influence of the noticeable peaks was determined by masking the level-time curve, whereby noticeable peaks are initially detected and afterwards their influence on the abundance distribution was ascertained (deviating from the normal distribution). On the one hand, the equivalent continuous sound level L_{Aeq} without “masking” and on the other hand the equivalent continuous sound level L_{Aeq} with “masking” the noticeable level peaks was determined and the difference between the two values was formed. The effect of noticeable level peaks on the equivalent continuous sound pressure level can thus be determined. In addition, the influence of noticeable level peaks is also determined on the basis of the impulse adjustment or on the basis of the takt maximum sound level.

Furthermore, an evaluation according to DIN 45641:1990 „Mittelung von Schallpegeln“, Nr. 4.1

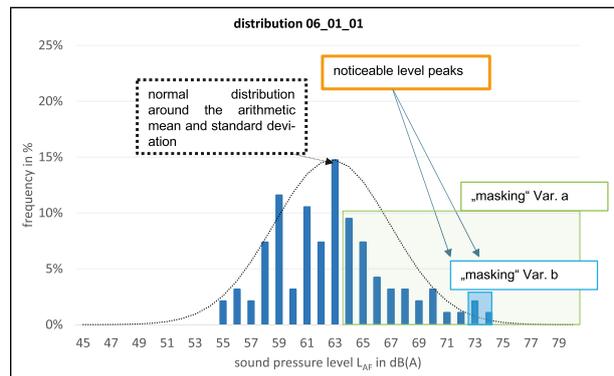


Fig. 2-2: frequency distribution of level peaks using a measurement for example

„Mittelungspegel aus klassierten Werten“ [2] is carried out.

The resulting level values of all different combinations of road characteristics and traffic situations are considered with regard to their noise pollution for the population. For this purpose, the measurement results are transferred to the immission location under consideration using sound propagation calculations according to RLS-90 [3] and RLS-19 [4] with the sound propagation software IMMI [5]. The measurement results contain two factors influencing the assessment level, the influence of which is regarded:

- Noise development depending on the occurrence of level peaks.
- Noise development depending on the composition of different traffic situations. Depending on the temporal composition of the different traffic situations, different road traffic noise assessment levels can result.

3 Findings of the investigation

For the road characteristics federal motorway, arterial road, boulevard and metropolis intersection, the metrological influence of noticeable level peaks is approximately 0.5 dB (A) to 1.0 dB (A). For the road characteristics of roundabouts and small-town thoroughfares, the metrological influence of noticeable level peaks is approximately 1.0 dB (A) to 2.0 dB (A). Noticeable noise peaks occurred in all road characteristics, especially in connection with commercial vehicles/trucks (pneumatic breaks, trailer/load bed clatters/squeaks, honking), sportscars, vans, fast automobiles and motorcycles/motor scooters. For roads with less traffic and lanes

as well as lower speeds, the influence of level peaks increases due to the lower background noise level. With increasing distance from the road, the influence of level peaks decreases.

Standard deviations of 0.4 dB (A) to 1.9 dB (A) can be seen in the individual series of measurements. The 95% confidence interval is 0.8 to 3.1 dB (A) around the respective mean value. This means that the measurement results are within a tolerance range of approximately ± 3 dB (A) and do not differ significantly from a sonical point of view. From a statistical point of view, there is a “specific representativity” for the measurements carried out. There is no “global representativity”, since the results on the influence of the level peaks can vary depending on traffic volume, freight transport traffic, road conditions and traffic conditions (e. g. traffic volume within the “low” status can vary between very little, little and low; exact distinction between the traffic conditions). For this, further measurements would also have to be carried out on other roads.

The calculations according to RLS-90 [3] lead on average to about 3.0 dB (A) higher rating levels.

The calculations according to RLS-19 [4] lead on average to about 4.5 dB (A) higher rating levels. The calculated levels according to RLS-19 [4] and RLS-90 [3] contain no noticeable level peaks. Therefore, the prognosis levels were summed up with the noticeable noise peaks determined through measurement. It can be seen that the levels ascertained according to RLS-90 [3] and RLS-19 [4] are increased by 0.3 dB (A) to 0.7 dB (A).

Depending on the composition, the different traffic situations (free-flowing, stop and go, low) can have an impact on the assessment level of the 16-hour day period and the 8-hour night period. The influence was determined for the street characteristics “boulevard” and the traffic circumstance “free-flowing” as well as “stop and go” in the assessment period day (6 am – 10 pm). If one takes into account the traffic which doesn’t flow during a traffic jam or during stop and go, and is usually made up for in times with no traffic jams or stop and go traffic, up to about 1.0 to 1.5 dB(A) lower assessment levels are to be expected with increasing “stop and go” traffic. This decrease only results for traffic routes that are intended for free-flowing traffic according to their

roadcharacteristic	condition	impulsiveness		masking peaks				classified values		propagation calculations							
		KI		Var. A		Var. B		Var. A	Var. B	RLS-90+peaks				RLS-19+peaks			
		MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 1	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 1	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2		
1 federal-motorway	freeflowing	2,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	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
	low	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
	mean	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 arterial-road	freeflowing	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
	low	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
	mean	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	freeflowing	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
	low	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
	mean	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 metropolisintersect	freeflowing	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
	low	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
	mean	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 roundabout	freeflowing	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
	low	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
	mean	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 smalltown-thoroughfare	freeflowing	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
	low	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
	mean	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

Tab. 3-1: Summary - measurement / prognosis peak level influence

actual road characteristics and are not disturbed by intersections and roundabouts in the traffic flow, i.e. for traffic routes where there are clear differences in the average speed traveled between the traffic circumstances “free-flowing” and “stop and go”.

determining the road traffic assessment level could thus be defined which reflects the actual composition of the varying traffic states on a street.

4 Conclusion for practical use

The investigation shows that the influence of noticeable level peaks on the equivalent continuous sound levels or on the assessment levels is small. Nevertheless, a (subjective) disturbance effect arises from level peaks, which cannot be depicted by looking at level values alone, but can be determined in a targeted manner using loudness analyzes and listening tests based on the results. For the street characteristic “small-town thoroughfare” a detailed loudness analysis was carried out with free-flowing traffic and the influence of level peaks on the loudness was determined. The influence of the level peaks on the level values is approximately 0.4 to 0.8 dB (A) while the difference in loudness is up to 10 %. It can thus be stated that the difference in loudness can be more distinctive than it is suggested by the difference in level. A further examination of the effects of the level peaks on the loudness perception could thus provide further interesting insights.

The implementation of a targeted definition of changes to the regulations for vehicles and certain vehicle components based on the available test results remains unsettled. The influence of noticeable level peaks is low on the one hand and on the other hand the noticeable level peaks result partly from behavior-related and disorderly influences, such as driving too fast and honking (necessary or not) when there is no imminent danger, or from vehicle-independent influences (potholes, manhole covers constructed too deep) and influences that can be attributed to defective components (e. g. defective exhaust system or something similar). In contrast, there were also level peaks found (pneumatic brakes, trailer/load bed clatters/squeaks), which indicate a high potential for annoyance, both in road traffic and when assessing other types of noise (e. g. industrial noise) and where noise reduction appears possible.

Based on the average, actually driven speed or on the basis of the traffic volume throughput or a degree of saturation of a road, which is connected with the speed traveled, a correction factor for

Inhalt

1	Aufgabenstellung	10	5.3	Ergebnisse Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße einer Großstadt	25
1.1	Problemstellung und Aufgabenbeschreibung 10		5.4	Ergebnisse Straßencharakteristik 3 – Boulevard einer Großstadt	25
1.2	Zielstellung	11	5.5	Ergebnisse Straßencharakteristik 4 – Kreuzung einer Großstadt	32
2	Untersuchungskonzept, Beschreibung der Untersuchungsschritte	11	5.6	Ergebnisse Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr in Großstadtnähe	32
2.1	Schritt I: Auswahl der Straßen für die messtechnische Untersuchung	11	5.7	Ergebnisse Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße einer Kleinstadt	32
2.2	Schritt II: Messtechnische Untersuchungen	13	5.8	Ergebnisse – Zusammenfassung	33
2.3	Schritt III: Auswertung und Aufbereitung der Messergebnisse	14	6	Ausbreitungsberechnungen	33
2.4	Schritt IV: Ausbreitungsberechnungen	15	6.1	Allgemeines	33
3	Straßenauswahl	17	6.2	Ergebnisse – Ausbreitungsberechnungen, Vergleich mit Messergebnissen	34
3.1	Straßencharakteristik 1 – Autobahn/ Autostraße in Großstadtnähe	17	6.3	Ergebnisse – Einfluss von Pegelspitzen ..	35
3.2	Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße einer Großstadt	17	6.4	Ergebnisse – Einfluss verschiedener Verkehrssituationen/-zustände	37
3.3	Straßencharakteristik 3 – Boulevard einer Großstadt	18	7	Zusammenfassung und Ausblick	40
3.4	Straßencharakteristik 4 – Kreuzung einer Großstadt	19	Literatur		41
3.5	Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr in Großstadtnähe	20	Bilder		42
3.6	Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße einer Kleinstadt	20	Tabellen		43
4	Messtechnische Untersuchungen	21		Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:	
4.1	Allgemeines	21		https://bast.opus.hbz-nrw.de abrufbar.	
4.2	Qualität der Messergebnisse, Signifikanz der Pegelstatistik	21			
5	Auswertung und Analyse der Messergebnisse bzgl. Pegelspitzen	23			
5.1	Vorgehensweise bei der Auswertung und Analyse	23			
5.2	Ergebnisse Straßencharakteristik 1 – Autobahn/Autostraße in Großstadtnähe ...	25			

1 Aufgabenstellung

1.1 Problemstellung und Aufgabenbeschreibung

Im Rahmen der Typprüfung von Fahrzeugen wird für das Fahrzeuggeräusch die Einhaltung verschiedener Normen gefordert. So sind beispielsweise die Anforderungen an das Vorbeifahrtgeräusch eines Pkws aktuell in der europäischen Regulierung ECE R51.03 [1] festgelegt. Diese wurde in einem langjährigen Prozess erarbeitet und beinhaltet zur besseren Abbildung realer Vorbeifahrtgeräusche nicht nur beschleunigte, sondern auch konstante Vorbeifahrten. Beschleunigte Vorbeifahrten werden dabei ausschließlich als Vollastbeschleunigungen geprüft. Teillastbeschleunigungen, die im Realverkehrsgeschehen den Hauptanteil des Fahrgeschehens ausmachen, werden nicht geprüft. Auch die einzuhaltenden Grenzwerte werden darin kontinuierlich schrittweise abgesenkt. Wenn auch damit das Ziel verfolgt wird, eine realistischere Abbildung des Fahrzeuggeräuschs unter Prüfbedingungen und eine Reduzierung der Geräuschbelastung für die Bevölkerung umzusetzen, ist dennoch eine Vielzahl der in der Realität des Straßenverkehrs vorkommenden Geräuschsituationen nicht abbildbar und somit die tatsächliche Geräuschbelastung der Bevölkerung allein anhand von Typprüfungen nicht darstellbar. Hinzu kommt, dass einzelne Komponenten der Kraftfahrzeuge durch Anwendung neuer Technologien (Einführung Zünd-/Einspritzkennfelder, Doppel-Drosselklappen, Klappenschalldämpfer, Fahrmodi-Schalter, etc.) in der Lage sind, die akustische Prüfbedingung zu erkennen und für die geforderten Vorbeifahrten das Vorbeifahrtgeräusch zu minimieren. Auch hier soll anhand der erweiterten akustischen Prüfbedingungen in den Vorschriften (ASEP - Additional Sound Emission Provisions), z. B. durch die Forderung des Prüfens aller Fahrmodi, ein realistischeres Bild in der Prüfsituation erhalten werden. ASEP ist im Falle der UN-Regelung 41 (Motorrad) bereits Bestandteil der Typprüfung. Im Pkw-Bereich werden die ASEP-Anforderungen derzeit überarbeitet. Eine ähnliche Problematik existiert auch für die Messung des Reifenrollgeräuschs, festgelegt in der ECE R117 [2].

Es stellt sich somit die Frage, inwieweit die Belästigung der Bevölkerung durch die Geräuschemissionen anhand solcher Vorschriften überhaupt abgebildet werden kann und welche Änderungen notwendig wären, um reale Geräuschemissionen

in unterschiedlichen Fahrsituationen zu integrieren, sodass das Ziel, „die Geräuscentwicklung“ auf das „nach dem jeweiligen Stand der Technik unvermeidbare Maß“ zu begrenzen, eingehalten wird. Dieses Ziel ergibt sich aus § 49 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung [3], der jedoch lediglich im Rahmen von nationalen Einzelgenehmigungen und im Rahmen von Änderungen an Pkw, Lkw und Motorrädern Anwendung findet.

Neben den Geräuschemissionen ist für eine realistische Abschätzung der Lärmbelastung der Bevölkerung (Geräuschimmission) auch die Kenntnis des Mittelungspegels und der Pegelstatistik (z. B. 5- und 95-Perzentil) des Straßenverkehrs für unterschiedliche Verkehrssituationen, wie flüssiger Verkehr und Stop-and-go-Verkehr, wichtig.

Im Forschungsvorhaben wurden im Rahmen einer schalltechnischen Untersuchung reale Geräuschemissionen anhand von Schallpegelmessungen an verschiedenen Straßen erhoben. Um eine realistische Abbildung der Lärmbelastung zu erfassen, wurden an sechs unterschiedlichen Querschnitten mit unterschiedlicher Straßencharakteristik (BAB, Ausfallstraße, Boulevard, Großstadt-Kreuzung, Kreisverkehr, Kleinstadt-Durchgangsstraße) bei drei unterschiedlichen Verkehrszuständen (frei fließender Verkehr tagsüber, stop & go im Berufsverkehr, geringe Verkehrsmenge nachts bzw. am Wochenende) Verkehrsgeräuschmessungen unter Aufzeichnung der vorherrschenden Verkehrssituation (Menge, Art, Geschwindigkeit, Zustand) durchgeführt. Die Messergebnisse beinhalten Einflussfaktoren auf die Geräuscentwicklung einer Straße, wie zum Beispiel das vom Fahrer genutzte Drehzahlniveau des Motors oder verhaltensbezogene Geräusche (z. B. zu schnelles Fahren, „laute“ Musik), die bei Prognoseberechnungen und Typprüfungen keine Rolle spielen.

Anhand von Analysen der Messergebnisse, wie z. B. des Mittelungspegels und verschiedener Perzentilpegel, wurden insbesondere auffällige Pegelspitzen betrachtet und hinsichtlich ihrer Ursachen und Auswirkungen auf die Lärmsituation neben der Straße diskutiert.

Des Weiteren wurden die messtechnisch ermittelten „in-use-Geräuschemissionen“ der verschiedenen Fahr- und Verkehrssituationen (Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Fahrbahnbeläge etc.) in einer Schallausbreitungsrechnung auf die Geräuschimmissionen übertragen und mit den norm-

gerechten Ausbreitungsergebnissen nach RLS-90 [4] verglichen. Dazu wurden vergleichende Betrachtungen mit den Emissionsannahmen des aktuellen Überarbeitungsstandes der RLS-19 [5] durchgeführt.

1.2 Zielstellung

Die Übertragbarkeit von Typprüfergebnissen der Geräuschemissionen auf in-use-Werte der Fahrzeuge im realen Verkehrsgeschehen mit seinen abweichenden Fahrsituationen ist eine grundlegende Frage. Dies gilt für die einzelnen Kfz-Komponenten wie Reifen oder Auspuffanlagen, das Fahrverhalten der Fahrer, ebenso wie für das gesamte Fahrzeug und die Fahrbahndeckschichten in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand bzw. ihres Alters.

Zudem ist die Lärminderung, vor dem Hintergrund steigender Verkehrszahlen, eine immerwährende Herausforderung. In der Vergangenheit sind die Typprüfgrenzwerte, z. B. für das Gesamtfahrzeug und für Reifen, immer weiter gesunken, während die Grenzwertreduzierung tendenziell in der realen Verkehrssituation wenig zur Lärminderung beigetragen hat.

Für eine realitätsnahe und belastbare Prognose von Schallimmissionen und daraus folgend für eine wirksame und gezielte Lärminderung ist die möglichst genaue Kenntnis der Geräuschenstehung 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 Vorschriften für Fahrzeuge und gewisse Komponenten zielgerichtet definiert werden.

2 Untersuchungskonzept, Beschreibung der Untersuchungsschritte

Die Untersuchungen wurden in die 4 folgenden Untersuchungsschritte gegliedert, die nachfolgend im Detail erläutert werden (s. Bild 2-1).

2.1 Schritt I: Auswahl der Straßen für die messtechnische Untersuchung

Die Straßenauswahl wurde anhand von sechs Kategorien für Straßen festgelegt. Demnach waren folgende Straßencharakteristiken abzubilden:

1. Autobahn oder Autostraße in der Nähe einer Großstadt mit jeweils zwei Fahrstreifen je Richtung ohne Geschwindigkeitsbeschränkung.
2. Ausfallstraße einer Großstadt mit zwei Fahrstreifen je Richtung mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 70 km/h.
3. Boulevard einer Großstadt mit zwei Fahrstreifen je Richtung mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h.
4. Kreuzung einer Großstadt von zwei Hauptstraßen mit jeweils zwei Fahrstreifen je Richtung mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h.
5. Kreisverkehr einer Großstadt von zwei Hauptstraßen mit jeweils zwei Fahrstreifen je Richtung mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h.
6. Durchgangsstraße einer Kleinstadt mit einem Fahrstreifen je Richtung mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h und schlechtem Straßenzustand.

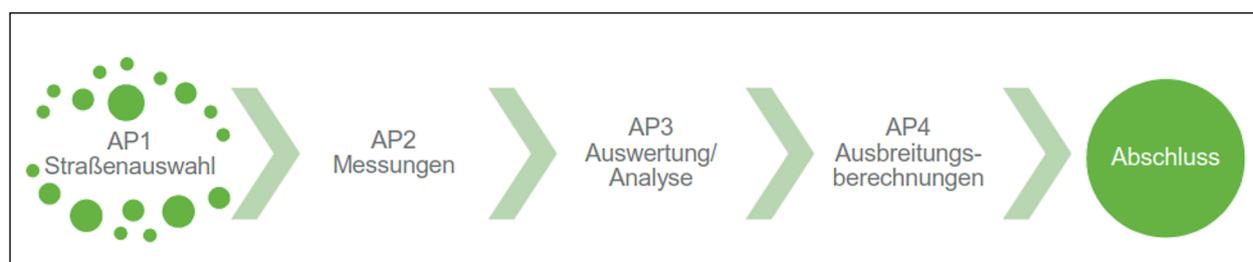


Bild 2-1: Untersuchungsschritte

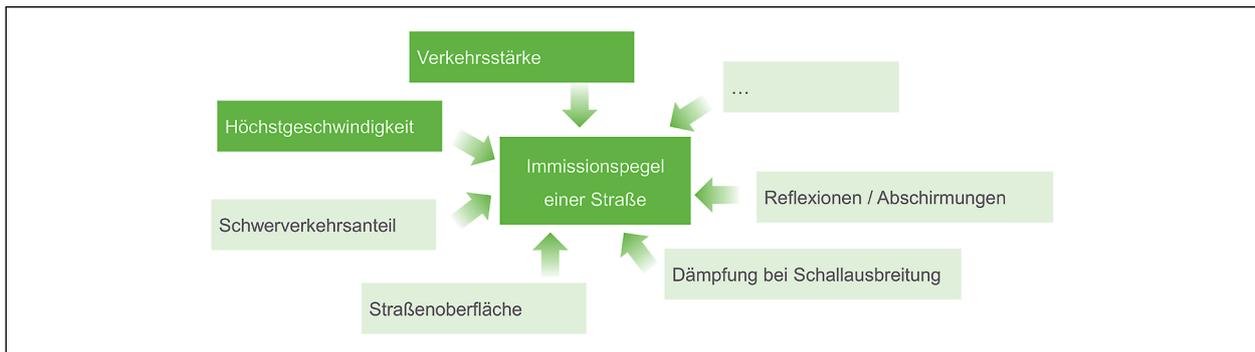


Bild 2-2: Einflussgrößen auf Immissionspegel von Straßen

Die Verkehrscharakteristik dieser Straßenabschnitte musste jeweils die folgenden drei Zustände/Situationen abbilden:

- Frei fließender Verkehr (tagsüber).
- Stop-&-go-Verkehr in den Rushhours (morgens oder abends).
- Geringes Verkehrsaufkommen (nachts oder am Wochenende).

Bei der Auswahl der Abschnitte für die sechs Kategorien sind Einflussfaktoren bzw. Randbedingungen zu beachten, die zum Teil durch die Aufgabenstellung vorgegeben sind und die zum Teil im Rahmen eines Gesprächs mit dem Auftraggeber [6] festgelegt wurden, da sie für die spätere Auswertung und Ergebnisergebnisgewinnung von Bedeutung sind. Die Einflussfaktoren/Randbedingungen auf den Emissionspegel von Straßen ergeben sich aus den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90 [4], s. Bild 2-2):

- **Verkehrsmenge:** Die Verkehrsmengen (stündliche Verkehrsstärke M in Kfz/h zur Messzeit und Lkw-Anteil in %) wurden während der Schallpegelmessungen erfasst sowie bei den Auswertungen und Ausbreitungsberechnungen entsprechend berücksichtigt.
- **Anteil Schwerverkehr:** Ein möglicher Einfluss auffälliger Einzelfahrzeuge (Pkw) auf das Gesamtverkehrsgeräusch (z. B. in der Pegelstatistik) kann durch einen hohen Schwerverkehrsanteil deutlich verringert sein. Es wurde in einem Gespräch mit dem Auftraggeber [6] festgelegt, dass ein möglichst geringer Schwerverkehrsanteil betrachtet werden soll, da sich das Untersuchungsziel auf Pkw konzentrieren soll (Übertragbarkeit von Typprüfergebnissen). Der Anteil des Schwerverkehrs wurde während der

Schallpegelmessungen erfasst und bei den Auswertungen und Ausbreitungsberechnungen entsprechend berücksichtigt. Somit wurde dieser Einflussfaktor durch die Straßenauswahl möglichst gering gehalten und zudem während der Messungen im Detail erhoben.

- **Geschwindigkeit:** Die höchstzulässigen Geschwindigkeiten sind durch die Aufgabenstellung vorgegeben. Sofern hiervon bei der Straßenauswahl abgewichen wurde, wurde dies dokumentiert. Die tatsächlich vorliegenden Geschwindigkeiten werden während der Schallpegelmessungen erfasst und bei den Auswertungen und Ausbreitungsberechnungen entsprechend berücksichtigt.
- **Straßenoberfläche:** Beim Rollgeräusch tritt ein erheblicher Einfluss der Fahrbahnoberfläche mit auf. Poröse und semi-poröse Fahrbahnoberflächen reduzieren vor allem das Rollgeräusch. Daher sollte bei der Auswahl der Straßenabschnitte dieser Einflussfaktor konstant gehalten werden und möglichst geschlossene Deckschichten berücksichtigt werden. Dies wurde in einem Gespräch mit dem Auftraggeber [6] festgelegt. Die untersuchten Straßenoberflächen wurden dokumentiert.
- **Steigungen/Gefälle:** Es wurden nur Straßen ausgewählt, die keine relevante Steigung bzw. kein relevantes Gefälle aufweisen (Längsneigung des Fahrstreifens $< 5\%$). Somit kann dieser Einflussfaktor vernachlässigt werden.
- **(Mehrfach-) Reflexionen/Abschirmungen:** Bei der Straßenauswahl und der Auswahl der Messpunkte wurde darauf geachtet, dass keine relevanten Reflexionen und insbesondere keine relevanten Abschirmungen vorhanden sind. Da Reflexionen innerorts nicht vollständig ausgeschlossen werden können, wurden die relevanten Reflexionsflächen während der Mes-

sungen dokumentiert und bei den Auswertungen und Ausbreitungsberechnungen entsprechend berücksichtigt.

- **Boden- und Meteorologiedämpfung:** Die Schallpegelmessungen fanden bei normgerechten Wetterbedingungen (siehe z. B. DIN EN ISO 11819-1 [7]) statt (keine relevanten Windgeschwindigkeiten > 5 m/s und kein Niederschlag). Die Wetterdaten wurden zudem während der Schallpegelmessungen erfasst und ggf. bei den Auswertungen und Ausbreitungsberechnungen berücksichtigt.
- **Abstand und Luftabsorption:** Durch die Schallpegelmessungen in einem definierten Abstand zu den Straßen ist dieser Einflussfaktor in allen Messergebnissen gleichermaßen enthalten. Somit kann dieser Einflussfaktor vernachlässigt werden.
- **Erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen:** Es wurden nur Messpositionen ausgewählt, die nicht im Einwirkungsbereich von Ampeln liegen (Ausnahme Straßencharakteristik „Kreuzung“). Somit kann dieser Einflussfaktor vernachlässigt werden.

2.2 Schritt II: Messtechnische Untersuchungen

Im Schritt II wird eine ausführliche messtechnische Untersuchung der Straßenabschnitte durchgeführt. Für eine realistische Abschätzung der Geräuschpegel am Immissionsort ist die Kenntnis des Mittelungspegels und der Pegelstatistik (z. B. 5- und 95-Perzentil) des Straßenverkehrs für unterschiedliche Verkehrssituationen, wie fließender Verkehr und stop-&-go-Verkehr, wichtig. Gemessen wurde jeweils mindestens eine Stunde. Innerhalb jeder Messstunde wurden 12 x 5-Minuten-Messungen des A- und „Fast“-bewerteten Schalldruckpegels mit einer zeitlichen Auflösung von einer Zehntelsekunde durchgeführt. Zusammenfassend resultieren die in Tabelle 2-1 dargestellten Einzelmessungen, deren Nummerierung und Bezeichnung im Folgenden verwendet wurden.

Bei der Wahl der Messpunkte wurde darauf geachtet, dass Fremdgeräusche und sonstige Einflussfaktoren (z. B. Abschirmungen im Ausbreitungsweg der Straße) keine Rolle spielen und insbesondere eine ungehinderte Zugänglichkeit gegeben war. Bei jeder Messung wurden zwei Messpunkte mit unterschiedlichem Abstand zur Straße gemessen, um bei der Auswertung auch Rückschlüsse auf die Schallausbreitung ziehen zu können und eine bes-

Messung #	Kürzel	Straßencharakteristik	Verkehrssituation	Einzelmessung
1 - 12	01_01_01 bis 01_01_12	01 Autobahn	01 fließend	01 bis 12
13 - 24	01_02_01 bis 01_02_12		02 stop+go	01 bis 12
25 - 36	01_03_01 bis 01_03_12		03 gering	01 bis 12
37 - 48	02_01_01 bis 02_01_12	02 Ausfallstraße	01 fließend	01 bis 12
49 - 60	02_02_01 bis 02_02_12		02 stop+go	01 bis 12
61 - 72	02_03_01 bis 02_03_12		03 gering	01 bis 12
73 - 84	03_01_01 bis 03_01_12	03 Boulevard	01 fließend	01 bis 12
85 - 96	03_02_01 bis 03_02_12		02 stop+go	01 bis 12
97 - 108	03_03_01 bis 03_03_12		03 gering	01 bis 12
109 - 120	04_01_01 bis 04_01_12	04 Kreuzung	01 fließend	01 bis 12
121 - 132	04_02_01 bis 04_02_12		02 stop+go	01 bis 12
133 - 144	04_03_01 bis 04_03_12		03 gering	01 bis 12
145 - 156	05_01_01 bis 05_01_12	05 Kreisverkehr	01 fließend	01 bis 12
157 - 168	05_02_01 bis 05_02_12		02 stop+go	01 bis 12
169 - 180	05_03_01 bis 05_03_12		03 gering	01 bis 12
181 - 192	06_01_01 bis 06_01_12	06 Durchgangsstr.	01 fließend	01 bis 12
193 - 204	06_02_01 bis 06_02_12		02 stop+go	01 bis 12
205 - 216	06_03_01 bis 06_03_12		03 gering	01 bis 12

Tab. 2-1: Übersicht Nummerierung und Bezeichnung der Einzelmessungen

sere Vergleichbarkeit mit den Prognoseberechnungen nach RLS-90 [4] und RLS-19 [5] zu ermöglichen. Dabei wurde ein Messpunkt entsprechend der DIN 45642 „Messung von Verkehrsgeräuschen“ [8] positioniert (Abstand 7,5 m zur Mitte des Fahrstreifens; Höhe $h = 1,2$ m über Gelände). Die Lage des 2. Messpunktes wurde (sofern möglich) in einem Abstand von 25 m zur Straße gewählt.

Parallel zur Schallpegelmessung wurden innerhalb der Messstunden die Wetterdaten und die relevanten Verkehrsdaten erhoben, d.h. für jede Fahrrichtung wurden die Verkehrsmengen, die Kraftfahrzeugarten (Unterscheidung Pkw, leichte Lkw und Lkw, Sonstiges wie z. B. Motorräder) und die Geschwindigkeiten erfasst. Die Erfassung erfolgte mithilfe eines videobasierten Verkehrszählgerätes. So konnten auch noch im Nachgang zu den Messungen Überprüfungen zu Verkehrsdaten erfolgen. Dies erlaubt in den folgenden Arbeitsschritten einen besseren Vergleich und eine detaillierte Auswertung bei den Schallausbreitungsberechnungen (RLS-90 [4] vs. RLS-19 [5]) bzw. bei der Übertragung der Messergebnisse auf die Schallimmissionen.

Während der Messungen wurden außerdem deutlich wahrnehmbare und im Pegel-Zeit-Verlauf erkennbare Pegelspitzen anhand von Markern gekennzeichnet. Dazu zählen alle auffälligen Geräuschentwicklungen der Kategorien antriebsbezogene Geräusche (z. B. Abgasanlage), Rollgeräusche, verhaltensbezogene Geräusche (z. B. lautes Anfahren, Kavaliersstart, lautes Autoradio, Betätigen der Hupe, zu schnelles Fahren) sowie Einflüsse durch Defekte (z. B. schadhafte Abgasanlage). Den Pegelspitzen wurden entsprechend ihrer Ursache unterschiedliche Marker zugeordnet. Die Ursachen der Pegelspitzen wurden für eine spätere Auswertung im Messprotokoll durch das Messpersonal dokumentiert.

2.3 Schritt III: Auswertung und Aufbereitung der Messergebnisse

In einem dritten Schritt wurden die Messungen ausführlich analysiert und statistisch aufbereitet. Hierfür wurden für jede 5-minütige Aufzeichnung der 216 Messabschnitte folgende Analysen durchgeführt:

Neben den klassischen relevanten Pegelwerten, wie Mittelungspegel und Maximalpegel, wurden verschiedene Perzentilwerte, insbesondere 5%-

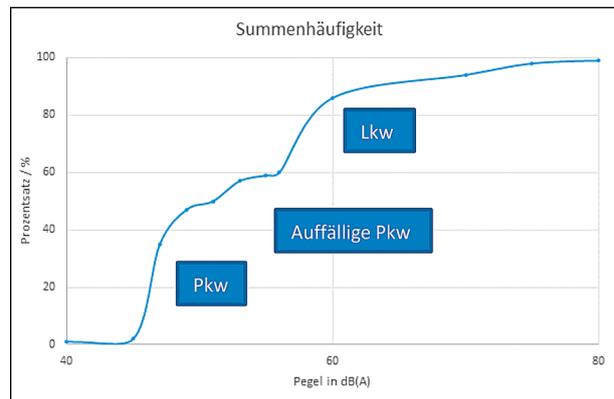


Bild 2-3: Schematische Darstellung einer beispielhaften Summenhäufigkeitsdarstellung

und 95%-Werte, ermittelt. Da ein Perzentilpegel L_x den Pegel repräsentiert, der in x % der Fälle erreicht oder überschritten wird, stellt ein Perzentilpegel mit geringem Perzentil ein Maß für Pegelspitzen dar. So wird bspw. nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [9] beim Straßenverkehr der Perzentilpegel L_1 als mittlerer Maximalpegel verstanden.

Zudem erfolgte eine Darstellung der Summenhäufigkeit von Pegelwerten, da hieraus der Einfluss von Kategorien von Vorbeifahrtereignissen erkennbar sein kann und Pegelbereiche der jeweiligen Kategorie quantifizierbar werden können. Beispielsweise könnte es sich ergeben, dass neben unauffälligen Pkw-Vorbeifahrten auch eine relevante Anzahl auffälliger Einzel-Pkw zu einer Häufung erhöhter Vorbeifahrtpegel führt, die in einer Darstellung der Summenhäufigkeit als „Ausbuchtung“ erkennbar wäre (beispielhaft siehe Bild 2-3).

Verkehrslärmmessungen werden i. d. R. nach DIN 45642 „Messung von Verkehrsgeräuschen“ [8] vorgenommen (vgl. DIN 18005 [10], DIN 4109 [9]). Diese Norm legt Verfahren zur Ermittlung der Schallemissionen und der Schallimmissionen des Straßen-, Schienen- und Wasserstraßenverkehrs auf bestehenden Verkehrswegen durch Messung von Einzelereignispegeln (L_{T0}) oder maximalen Vorbeifahrtpegeln (L_{max}) von Fahrzeugen oder des Mittelungspegels fest. Es lässt sich hieraus der Emissionspegel $L_{m,E}$ eines Fahrstreifens sowie die Abhängigkeit der Einzelereignispegel bzw. maximaler Vorbeifahrtpegel von der Geschwindigkeit ermitteln. Eine diesbezügliche Auswertung wurde daher durchgeführt, sofern die Bedingungen der DIN 45642 erfüllt waren (bei Einzelereignissen muss z. B. der Pegel während der Vorbeifahrt um mindestens 10 dB(A) ansteigen und wieder abfallen).

Messung #	L_{AFeq} /dB(A)	L_{AFmax} /dB(A)	L_1 /dB(A)	L_5 /dB(A)	L_{95} /dB(A)	L_{99} /dB(A)	L_{T0} /dB(A)	N_5 /sone
1								
2								
3								
...								
216								

Tab. 2-2: Beispielhafte Datenmatrix der Analysen

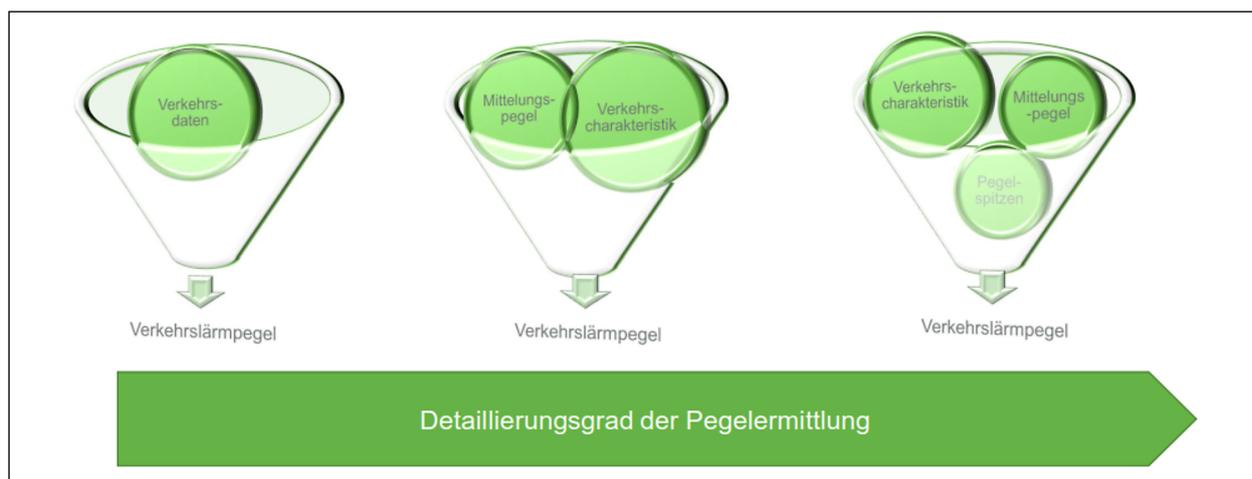


Bild 2-4: Aus den Messungen ermittelte Einflussfaktoren auf den Verkehrslärmpegel

Da die Belästigungssituation der Anwohner häufig mit der Lautheit der Verkehrswege korreliert, wurde zudem eine Lautheitsstatistik der verschiedenen Messsituationen ermittelt. Hier hat sich insbesondere der 5%-Perzentilwert der Lautheit als ein geeignetes Maß für die empfundene Gesamtbelästigung einer längeren Messsequenz als geeignetes Maß erwiesen.

Zusammenfassend resultiert aus den umfassenden Analysen eine Matrix an Messwerten und Messabschnitten, wie in Tabelle 2-2 beispielhaft dargestellt. Auffällige Pegelspitzen laut Messprotokoll bzw. Messmarker wurden hierbei mit einer Markierung versehen. Hierbei erfolgte unter anderem auch eine Klassifizierung der auffälligen Pegelspitzen, z. B. anhand einer Unterscheidung, ob diese fahrzeug- oder nicht fahrzeugbezogen ursächlich sind. So kann bei der Diskussion verfolgt werden, welche Pegelspitzen in Zusammenhang mit den Kraftfahrzeugen stehen und welche mit ggf. anderen Einflussfaktoren in Zusammenhang stehen.

Die resultierenden Daten wurden grafisch dargestellt, um so die resultierende statistische Verteilung der Analysewerte zu diskutieren. Abweichungen von der Normalverteilung werden im Weiteren detailliert betrachtet und anhand der Kennzeichnungen laut Messdokumentation (Marker und Messprotokoll) abgeglichen und erläutert.

2.4 Schritt IV: Ausbreitungsberechnungen

Die aus Schritt III resultierenden Pegelwerte aller unterschiedlichen Kombinationen von Straßencharakteristik und Verkehrssituation werden bezüglich ihrer Lärmbelastung für die Bevölkerung betrachtet. Hierzu wurden die Ergebnisse aus Schritt III mittels Schallausbreitungsberechnungen auf den zu betrachtenden Immissionsort übertragen. Die Ergebnisse aus Schritt III enthalten zwei Einflussfaktoren auf den Beurteilungspegel (s. Bild 2-4):

- Geräuschentwicklung in Abhängigkeit vom Auftreten von Pegelspitzen.
- Geräuschentwicklung in Abhängigkeit von der Zusammensetzung verschiedener Verkehrssituationen. Je nach zeitlicher Zusammensetzung der verschiedenen Verkehrssituationen können sich dann unterschiedliche Straßenverkehrslärm-Beurteilungspegel ergeben; eine vergleichbare Berücksichtigung von verschiedenen Verkehrssituationen wird bspw. bei mikroskaligen Ausbreitungsberechnungen von verkehrsbedingten Luftschadstoffen verwendet.

Für die Ausbreitungsberechnungen wurde daher folgende Vorgehensweise für jeden untersuchten Straßenabschnitt gewählt (s. Bild 2-5):

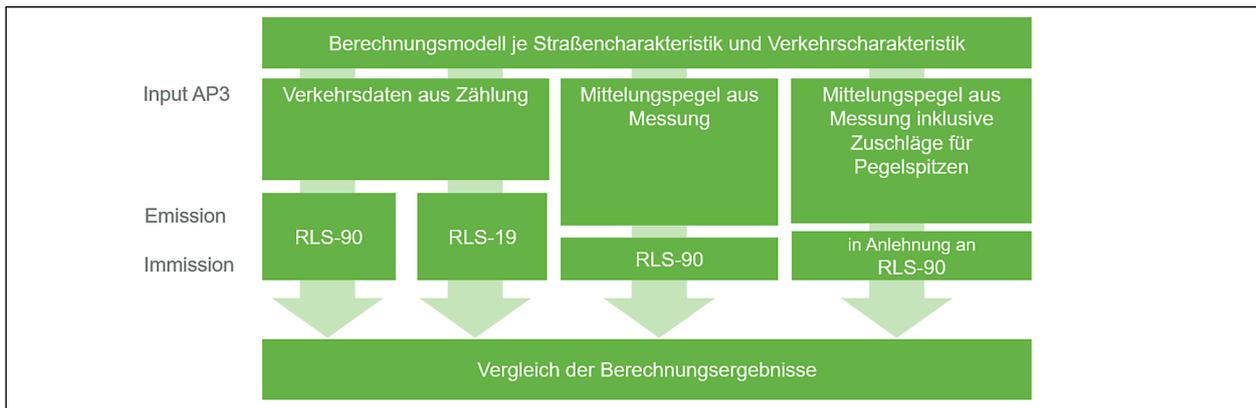


Bild 2-5: Vorgehensweise Vergleich Mess- und Berechnungsergebnisse

Anteil [h] frei fließender Verkehr	Anteil [h] stop & go	Beurteilungspegel Lr [dB(A)]
16	0	...
15	1	...
...
1	15	...
0	16	...

Tab. 2-3: Stundenweise Auswertung der verschiedenen Verkehrssituationen tagsüber (6-22 Uhr)

1. Erstellung eines dreidimensionalen Berechnungsmodells und Eingabe der örtlichen Gegebenheiten.
2. Berechnungen der Schallemissionen der Straße nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90 [4]) unter Berücksichtigung der während der Messung erhobenen Verkehrsdaten:
 - a. Normgerechte Berechnung nach RLS-90 [4].
 - b. Vergleichende Berechnung nach RLS-19 [5].
 - c. Berücksichtigung von Emissionen entsprechend den ermittelten in-use-Geräuschen
 - I. mit und ohne Zu-/Abschläge im Mittelungspegel durch Verkehrssituationen.
 - II. mit und ohne Zu-/Abschläge im Mittelungspegel durch Pegelspitzen.
3. Berechnung der Schallimmissionen/Beurteilungspegel auf Basis von 2. a-c an den Messpunkten (Immissionsort = Messort) und ggf. weiteren sinnvollen Immissionspunkten.
4. Vergleich der Mess- und Berechnungsergebnisse, Vergleich der normgerechten Ansätze mit den Ansätzen verschiedener Verkehrssituationen und Ergebnisdiskussion.

Tagzeitraum (6-22 Uhr) gewählt, sodass alle möglichen Kombinationen mit deren Auswirkungen auf den Straßenverkehrslärm-Beurteilungspegel ermittelt werden können (s. Tabelle 2-3).

Durch eine geeignete Diagrammdarstellung wurden die Auswirkungen auf den Beurteilungspegel an einem bestimmten Immissionsort vergleichend dem normgerechten Ansatz der RLS-90 [4] bzw. RLS-19 [5] gegenübergestellt. Für jeden untersuchten Straßenabschnitt kann somit der Einfluss verschiedener Verkehrssituationen sowie der Einfluss von Pegelspitzen dargestellt und diskutiert werden. Die so berechneten Pegelwerte wurden wie in Schritt III grafisch dargestellt, um die statistische Verteilung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Verkehrssituationen bzw. Straßencharakteristiken zu beleuchten und „Ausreißer“ bezüglich ihrer tatsächlichen Lärmbelastung auf die Bevölkerung zu diskutieren.

Die resultierenden Berechnungsergebnisse wurden den aus Schritt III abgeleiteten Werten gegenübergestellt und diskutiert. Mögliche Auswirkungen auf die Beurteilung von Straßenverkehrslärm im Rahmen der Verkehrslärmschutzverordnung [11] wurden beschrieben.

Für die Auswertung der verschiedenen Verkehrssituationen wurde ein stundenweiser Ansatz für den

3 Straßenauswahl

Auf Basis der vorgegebenen und abgestimmten Kriterien zur Straßenauswahl (siehe Kapitel 2.1) wurden die nachfolgend aufgeführten Straßen ausgewählt. Die durchschnittlichen täglichen Verkehrsmengen (DTV) und die Anteile des Schwerververkehrs p wurden anhand von Zählstellen der BAST [12] und des Bayerischen Straßeninformationssystems [13] sowie aus den Verkehrsmengenkarten der LH München [14] ermittelt. Die weiteren Kriterien wurden durch eigene Beobachtungen vor Ort verifiziert. Zur Dokumentation der Fahrbahnoberflächen wurden zudem Informationen der zuständigen Straßenbaubehörden bzw. des Baureferates der LH München eingeholt.

3.1 Straßencharakteristik 1 – Autobahn/Autostraße in Großstadtnähe

Untersucht wurde die BAB A8 südlich von München zwischen Anschlussstelle Taufkirchen-Ost und Anschlussstelle Unterhaching-Ost beim Zacherlweg in Taufkirchen. Da allerdings der Verkehrszustand stop & go an dieser Stelle nicht gemessen werden konnte, wurde zudem eine Messung an der BAB A8 bei der Anschlussstelle Dachau/Fürstenfeldbruck durchgeführt.

3.2 Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße einer Großstadt

Untersucht wurde die B13 bei München (Ingolstädter Straße). Während der Messungen wurde festgestellt, dass sich nördlich eine längerfristige Baustel-

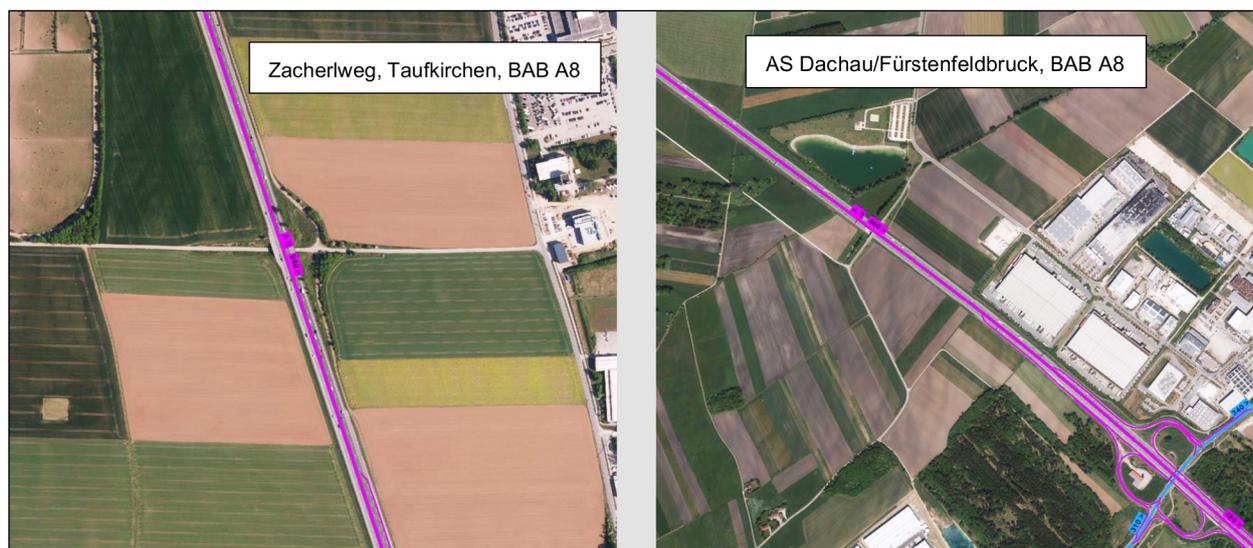


Bild 3-1: Luftbild BAB A8 südlich + nördlich München, BAYSIS [13]

	BAB A8 südlich München / BAB A8 nördlich München	ca. 54.000 / 86.000		
Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]	Berufsverkehr stop & go?	✗	✓	A8 nördl. verwendet
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓	✓	A8 südlich verwendet
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓	✗	A8 südlich verwendet
Zulässige Höchstgeschwindigkeit (v = unbeschränkt)?	✓	✓		
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✓	✗		3 je Richtung
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	✗		ca. 3-4 / 15 %
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓	✓		
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓	✓		
Zugänglichkeit für Messungen, $d = 7,5$ m?	✓	✓		
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓	✓		

Tab. 3-1: Straßencharakteristik 1 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten



Bild 3-2: Luftbild B13 und B471 München, BAYSIS [13]

	B13 München / B471 nördlich München	ca. 45.000 / 25.000		
Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]	Berufsverkehr stop & go?	✗	✓	B471 verwendet
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓	✓	B13 verwendet
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓	✓	B13 verwendet
Zulässige Höchstgeschwindigkeit (v = 70 km/h)?	✓	✓		
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✗	✗	1/3 je Richtung	
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	✓	ca. 6 / 9 %	
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓	✓		
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓	✓		
Zugänglichkeit für Messungen, d = 7,5 m?	✓	✓		
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓	✓		

Tab. 3-2: Straßencharakteristik 2 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten

le befindet, sodass der Verkehrszustand stop & go nicht gemessen werden konnte. Für die Messung des Zustandes stop & go wurde daher an der B471 nördlich von München zwischen Dachau und Oberschleißheim gemessen. (Bild 3-2, Tabelle 3-2)

3.3 Straßencharakteristik 3 – Boulevard einer Großstadt

Untersucht wurde die Brudermühlstraße/Brudermühlbrücke in München. (Bild 3-3, Tabelle 3-3)



Bild 3-3: Luftbild Brudermühlbrücke München, BAYSIS [13]

Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]		ca. 123.000	
	Berufsverkehr stop & go?	✓	
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓	
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓	
Zulässige Höchstgeschwindigkeit (v = 50 km/h)?	✗	60 km/h	
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✗	3 je Richtung	
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	ca. 5 %	
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓		
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓		
Zugänglichkeit für Messungen, d = 7,5 m?	✓		
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓		

Tab. 3-3: Straßencharakteristik 3 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten

3.4 Straßencharakteristik 4 – Kreuzung einer Großstadt

Untersucht wurde die Kreuzung Moosacher Straße / Lerchenauer Straße in München. (Bild 3-4, Tabelle 3-4)

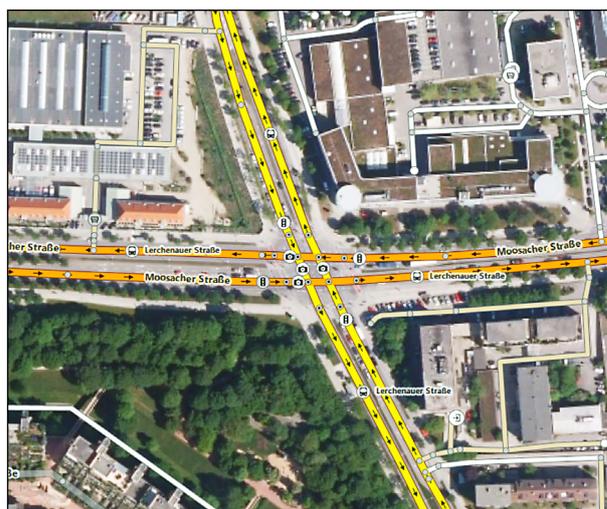


Bild 3-4: Luftbild Moos./Lerch. St. München, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende

Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]		ca. 42.500 / 22.000	
	Berufsverkehr stop & go?	✓	
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓	
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓	
Zulässige Höchstgeschwindigkeit (v = 50 km/h)?	✓		
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✓	mind. 2, zzgl. Abbiegespuren	
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	ca. 5-6 %	
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓		
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓		
Zugänglichkeit für Messungen, d = 7,5 m?	✓		
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓		

Tab. 3-4: Straßencharakteristik 4 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten.

3.5 Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr in Großstadtnähe

Untersucht wurde der Kreisverkehr zwischen Eichenau und Puchheim bei München (Eichenauer Straße). (Bild 3-5, Tabelle 3-5)

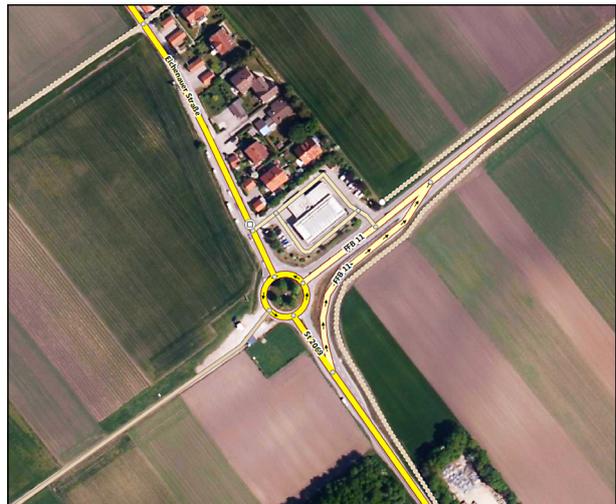


Bild 3-5: Luftbild KV Eichenau bei München, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende

Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]		ca. 21.000	
	Berufsverkehr stop & go?	✓	
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓	
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓	
Zulässige Höchstgeschwindigkeit (v = 50 km/h)?	✓		
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✗	nur 1 Spur	
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	ca. 5-6 %	
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓		
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓		
Zugänglichkeit für Messungen, d = 7,5 m?	✓		
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓		

Tab. 3-5: Straßencharakteristik 5 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten

3.6 Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße einer Kleinstadt

Untersucht wurde die Fürstenfeldbrucker Straße in Olching bei München. (Bild 3-6, Tabelle 3-6)

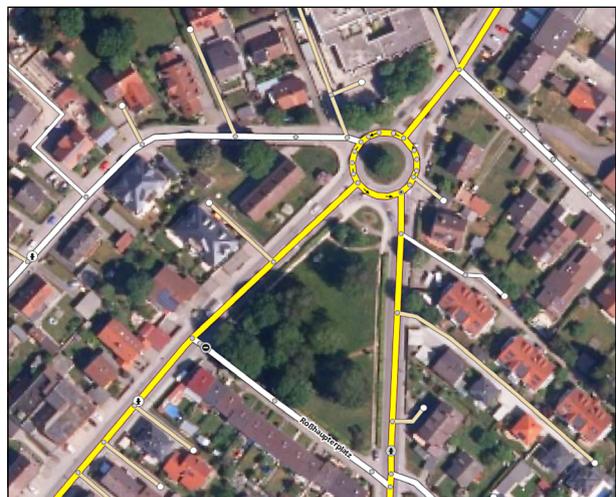


Bild 3-6: Luftbild Fürstenfeldbr. St. Olching, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende

	ca. 14.400	
Verkehrsstärke DTV [Kfz/24h]	Berufsverkehr stop & go?	✓
	Tagsüber flüssig, frei fließend?	✓
	Nachts oder am Wochenende geringer Verkehr?	✓
Zulässige Höchstgeschwindigkeit ($v = 50$ km/h)?	✓	
Anzahl Fahrstreifen (mgl. 2 je Fahrtrichtung)?	✓	
Schwerverkehrsanteil p (mgl. gering)?	✓	ca. 4 %
Straßenoberfläche (geschlossen)?	✓	
Keine Reflexionen/Abschirmungen?	✓	
Zugänglichkeit für Messungen, $d = 7,5$ m?	✓	
Keine Fremdgeräusche (Bahn, Gewerbe, Sport, Freizeit,...)?	✓	

Tab. 3-6: Straßencharakteristik 6 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten

4 Messtechnische Untersuchungen

4.1 Allgemeines

Die messtechnischen Untersuchungen (bzw. die Untersuchungen zum Meilenstein 2) wurden für die sechs zu untersuchenden Straßenkategorien und die jeweils drei zu messenden Verkehrssituationen durchgeführt.

Innerhalb jeder Messstunde wurden 12 x 5-Minuten-Messungen des A- und „Fast“-bewerteten Schalldruckpegels mit einer zeitlichen Auflösung von einer Zehntelsekunde durchgeführt. Es erfolgten somit 216 Messungen mit einer Messzeit von je 1 Stunde (12 x 5-Minuten-), wobei die in Tabelle 21 dargestellte Nummerierung und Bezeichnung gewählt wurde.

Dabei wurde sowohl in einem Abstand von 7,5 m zur nächstgelegenen Fahrbahnmitte (= Messpunkt 1, Höhe $h = 1,2$ m über Gelände) als auch in einem Abstand von 25 m zur nächstgelegenen Fahrbahnmitte (= Messpunkt 2, Höhe $h = 4$ m über Gelände) gemessen.

Parallel zur Schallpegelmessung wurden innerhalb der Messstunden die Wetterdaten und die relevanten Verkehrsdaten erhoben, d.h. für jede Fahrtrichtung wurden die Verkehrsmengen, die Kraftfahrzeugarten (Unterscheidung Pkw, leichte Lkw und Lkw, Sonstiges wie z. B. Motorräder) und die Geschwindigkeiten erfasst. Die Erfassung erfolgte mithilfe eines videobasierten Verkehrszählgerätes und mithilfe einer Radarpistole.

Die Ergebnisse in Form von Messprotokollen (18 Stück) sind in der Anlage 1 beigefügt. Darin sind folgende Daten und Informationen enthalten:

- Allgemeine Daten zur Messnummer (siehe Tabelle 21), zur gemessenen Straßenkategorie, zum Messort und zur Messzeit sowie zum gemessenen Verkehrszustand.
- Pegel-Zeit-Verläufe sowie äquivalente Dauerschallpegel (L_{Aeq}), Perzentilpegel (L_{AF1} , L_{AF5} , L_{AF10} , L_{AF50} , L_{AF90} , L_{AF95} , L_{AF99}) und Maximalpegel (L_{AFmax}) jeweils über eine Messzeit von 5 Minuten. Während der Messungen wurden deutlich wahrnehmbare und im Pegel-Zeit-Verlauf erkennbare Pegelspitzen gekennzeichnet und dokumentiert; die Dokumentation wurde mithilfe einer Nummerierung in die Pegel-Zeit-Verläufe eingearbeitet (eine entsprechende Legende befindet sich unmittelbar unterhalb der Pegel-Zeit-Verläufe).
- Eine Gesamtauswertung der Pegelstatistik über die jeweils gesamte gemessene Stunde, Angaben zu den Verkehrsmengen und durchschnittlichen Geschwindigkeiten, Angaben zu relevanten Wind- und Wetterdaten sowie ein Lageplan.

4.2 Qualität der Messergebnisse, Signifikanz der Pegelstatistik

Es wurden für jede der sechs Straßenkategorien und jeden der drei Verkehrszustände je zwölf Einzelmessungen über einen Zeitraum von 5 Minuten durchgeführt. Im Folgenden wurde untersucht, ob die Schwankung der jeweils 12 Messergebnisse um den Mittelwert innerhalb einer bestimmten Toleranzgrenze liegt und die Differenzen somit signifikant sind. Hierzu wurden zur Ermittlung der Qualität der Messergebnisse die Standardabweichungen sowie die 95 %-Konfidenzintervalle (2 x Standardabweichung) der jeweils 12 Messergebnisse ermittelt

Straßen- charakteristik	Zustand	Verkehrsmenge	Mittelwert	Standardabweichung	95%-Konfidenzintervall	Anzahl Werte
		Kfz/h	dB(A)	dB(A)	dB(A)	
1 BAB	frei fließend	1.559	78,6	0,4	0,8	12
	stop & go	3.208	71,6	1,8	3,1	12
	gering	374	72,6	1,8	2,8	12
2 Ausfallstr.	frei fließend	1.983	72,2	0,6	1,1	12
	stop & go	982	72,6	1,6	3,1	12
	gering	1.019	68,7	0,7	1,3	12
3 Boulevard	frei fließend	3.909	75,4	1,2	1,5	12
	stop & go	4.004	71,6	1,3	2,1	12
	gering	1.129	74,2	1,4	2,1	11
4 Kreuzung	frei fließend	1.587	69,4	0,9	1,6	9
	stop & go	1.630	70,0	1,1	1,7	12
	gering	1.120	69,5	1,2	1,8	12
5 Kreisverkehr	frei fließend	1.003	65,9	1,7	3,0	12
	stop & go	1.091	64,4	1,2	1,7	12
	gering	423	63,1	1,9	2,5	10
6 Kleinstadt	frei fließend	578	63,8	0,8	1,4	12
	stop & go	678	63,4	0,8	1,4	12
	gering	233	60,6	1,6	2,4	12

Tab. 4-1: Standardabweichungen der Messreihen zur Beurteilung der Qualität der Messergebnisse

(siehe Tabelle 4-1). (Hinweis: Einzelne Verkehrszustände enthalten eine geringere Anzahl als 12 Messwerte, da diese Messungen um Störgeräuscheinflüsse korrigiert werden mussten).

Es zeigen sich bei den einzelnen Messreihen Standardabweichungen 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 Toleranzbereiches 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 Verkehrszuständen variieren können (z. B. Verkehrsmenge innerhalb des Zustandes „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 genaue Abgrenzung zwischen den Verkehrszuständen, insbesondere „frei fließend“ und „gering“, ist nicht ohne Weiteres möglich; eine genaue Defini-

tion diesbezüglich existiert nicht und wurde nicht explizit festgelegt.

- Straßencharakteristik 1 „BAB“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vg. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ deutlich voneinander ab, sodass die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als signifikant angesehen werden können ($\Delta L_m = 6$ dB(A)).
- Straßencharakteristik 2 „Ausfallstraße“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vgl. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ deutlich voneinander ab, sodass die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als signifikant angesehen werden können ($\Delta L_m > 3$ dB(A)).
- Straßencharakteristik 3 „Boulevard“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vgl. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ deutlich voneinander ab, allerdings können die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als nicht signifikant angesehen werden ($\Delta L_m = 1,2$ dB(A)). Ursächlich hierfür

sind zum einen die Unterschiede beim gemessenen Schwerverkehrsanteil und der gemessenen durchschnittlichen Geschwindigkeit (Zustand „gering“ $p = 8,6\%$ und $v_{\text{gem.}} = 68/60$ km/h Pkw/Lkw; Zustand „frei fließend“ $p = 4,1\%$ und $v_{\text{gem.}} = 54/49$ km/h Pkw/Lkw). Daraus resultiert bereits beim Emissionspegel eine vergleichsweise geringe Pegeldifferenz von $\Delta L_{m,E} = 2,2$ dB(A) nach RLS-90 [4]. Zum anderen kann für die Messung des Verkehrszustandes „gering“ ein pegelerhöhender Einfluss des Fahrbahnzustandes aufgrund der Feuchtigkeit nicht ausgeschlossen werden. Die Fahrbahn war nicht auffällig nass, jedoch hatte es in der Nacht vor der Messung geregnet, sodass ein pegelerhöhender Einfluss für diese Messreihe nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann.

- Straßencharakteristik 4 „Kreuzung“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vgl. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ erkennbar voneinander ab, allerdings können die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als nicht signifikant angesehen werden ($\Delta L_m = 0,1$ dB(A)). Ursächlich hierfür ist die Lage der Messsituation an einer Kreuzung mit regelmäßigen Stand- und Fahrzeiten, die unabhängig vom gemessenen Verkehrszustand auftreten. Eine signifikante Differenz zwischen den Messwerten der einzelnen Verkehrszustände war nicht zu erwarten.
- Straßencharakteristik 5 „Kreisverkehr“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vgl. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ erkennbar voneinander ab, sodass die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als signifikant angesehen werden können (ΔL_m ca. 3 dB(A)).
- Straßencharakteristik 6 „Kleinstadt“: Die gemessenen Verkehrsmengen (vgl. Tabelle 4-1) weichen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ erkennbar voneinander ab, sodass die Differenzen zwischen den Messwerten der Verkehrszustände „frei fließend“ und „gering“ als signifikant angesehen werden können ($\Delta L_m > 3$ dB(A)).

5 Auswertung und Analyse der Messergebnisse bzgl. Pegelspitzen

5.1 Vorgehensweise bei der Auswertung und Analyse

Es liegen Messwerte und Pegelstatistiken für 216 Messungen mit einer Messzeit von je 1 Stunde (12 x 5 Minuten) vor, wobei die in Tabelle 21 dargestellte Nummerierung und Bezeichnung gewählt und im Weiteren auch für die Auswertung/Analyse verwendet wurde. Die Pegelstatistiken sind in tabellarischer und graphischer Form in Anlage 2 enthalten.

Ein Perzentilpegel mit geringem Perzentil stellt ein Maß für Pegelspitzen dar. Bei der Auslegung des baulichen Schallschutzes gegenüber Straßenverkehrslärm nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [9] ist beispielsweise auch der mittlere Maximalpegel zu beachten, der als Perzentilpegel L_{AF1} verstanden wird.

Es wurde zudem eine Lautheitsstatistik der verschiedenen Messsituationen, insbesondere unter Verwendung des 5 Perzentils der Lautheit, ermittelt, da sich dieser Wert als ein geeignetes Maß für die empfundene Gesamtbelästigung einer längeren Messequenz erwiesen hat.

Der Einfluss auffälliger Pegelspitzen könnte auch anhand des Impulszuschlages diskutiert werden. Schalltechnische Messnormen, wie z. B. die DIN 45645-1 [16] verwenden zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung von impulshaften Geräuschen den Taktmaximalpegel L_{AFm5} . Der Impulszuschlag K_I nach Formel 5.1 wird berücksichtigt, sofern die Differenz zum äquivalenten Dauerschallpegel mehr als 2 dB(A) beträgt.

$$K_I = L_{AFm5} - L_{AFeq} \quad (\text{Formel 5.1})$$

In den jeweils 5-minütigen Messzeiträumen wurden somit die Pegel der Tabelle 51 erhoben bzw. ermittelt:

Die graphischen Verläufe der Pegelstatistiken bzw. Messergebnisse in Anlage 2 zeigen eine Korrelation zwischen Perzentilpegel L_{AF1} bzw. Maximalpegel L_{AFmax} und äquivalentem Dauerschallpegel L_{AFeq} . Dies ist ein erster Hinweis darauf, dass ein relevanter Einfluss von Pegelspitzen vorliegen kann.

Die Pegelstatistiken bzw. Messergebnisse wurden im Folgenden ausführlich analysiert und statistisch

Pegelbezeichnung	Pegelindex	Einheit
Äquivalenter Dauerschallpegel:	$L_{A_{F_{eq}}}$	dB(A)
Taktmaximalpegel:	$L_{A_{F_{tm5}}}$	dB(A)
Maximalpegel	$L_{A_{F_{max}}}$	dB(A)
Perzentilpegel:	$L_{A_{F_1}}, L_{A_{F_5}}, L_{A_{F_{10}}}, L_{A_{F_{50}}}, L_{A_{F_{90}}}, L_{A_{F_{95}}}, L_{A_{F_{99}}}$	dB(A)
Lautheit (Mittel, Max, Perzentil)	$N_5, N_{50}, N_{95}, N_{mean}, N_{max}$	sone

Tab. 5-1: Übersicht messtechnisch ermittelter Pegel- und Lautheitswerte

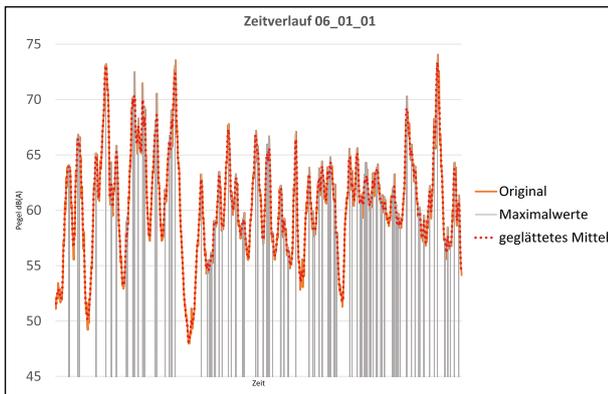


Bild 5-1: Detektion lokaler Maximalwerte im Pegel-Zeit-Verlauf am Bsp. Messung 06_01_01

aufbereitet. Dabei wurden insbesondere auffällige Pegelspitzen betrachtet und hinsichtlich ihrer Ursachen und Auswirkungen auf die Lärmsituation neben der Straße diskutiert. Die Pegelspitzen wurden während der Messungen protokolliert. Die Analyse, Auswertung und Aufbereitung der Messdaten erfolgte für jede der 216 Messungen nach folgender Vorgehensweise:

1. Detektion aller Pegelspitzen (Wert ist größer als der Vorgänger und Nachfolgewert) über einem Pegel von 55 dB(A) durch eine Mittelung im Energiebereich (s. Bild 5-1).
2. Ermittlung der Häufigkeitsverteilung von nach 1. ermittelten Pegelspitzen in Pegelklassen mit einer Schrittweite von 1 dB(A). Die Häufigkeits- (s. Bild 5-2) und Summenhäufigkeitsverteilungen (s. Bild 5-3) wurden graphisch aufbereitet und sind in Anlage 3 enthalten. Auffällige Pegelspitzen wurden in den Messprotokollen dokumentiert. Die Ursachen für die auffälligen Pegelspitzen sind ebenfalls in Anlage 3 dokumentiert.
3. Die auffälligen Pegelspitzen bzw. die Abweichungen von der Normalverteilung in den hohen Pegelklassen werden im Weiteren detailliert betrachtet. Der Einfluss der auffälligen Pegelspitzen kann durch ein „Ausblenden“ der Pe-

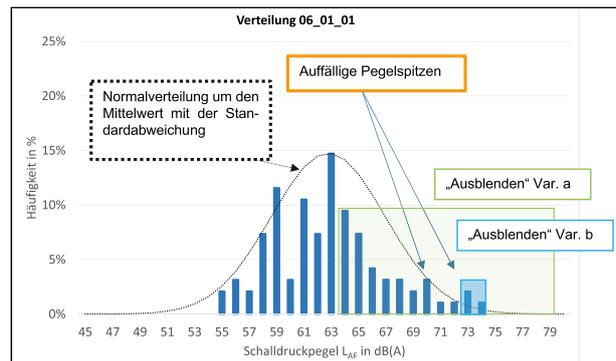


Bild 5-2: Häufigkeitsverteilung von Pegelspitzen am Bsp. der Messung 06_01_01

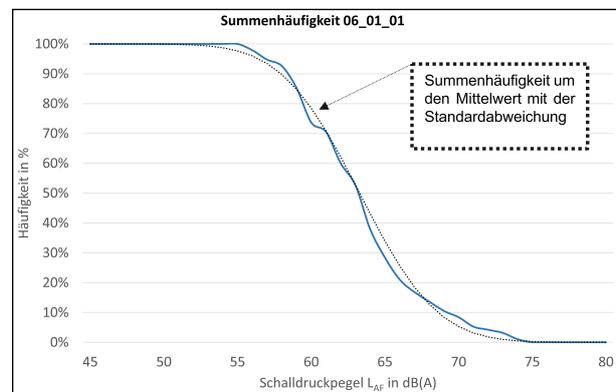


Bild 5-3: Summenhäufigkeitsverteilung von Pegelspitzen am Bsp. der Messung 06_01_01

gelspitzen im Pegel-Zeit-Verlauf ermittelt werden. Dabei wurde zum einen der äquivalente Dauerschallpegel $L_{A_{eq}}$ ohne das „Ausblenden“ und zum anderen der äquivalente Dauerschallpegel $L_{A_{eq}}$ 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. Innerhalb der Zeitabschnitte mit den auffälligen Pegelspitzen wurde statt der Spitzenwerte der jeweilige äquivalente Dauerschallpegel $L_{A_{eq}}$ angesetzt. Dabei wurden zwei Varianten berechnet (zur Verdeutlichung Bild 5-2):

- a. „Ausblenden“ aller Pegelspitzen mit einem Pegelwert, der höher als der Maximalwert aus der Häufigkeitsverteilung liegt.
- b. „Ausblenden“ nur derjenigen Pegelspitzen, die von der Normalverteilung abweichen.

Des Weiteren erfolgte eine Auswertung entsprechend DIN 45641:1990 „Mittlung von Schallpegeln“, Nr. 4.1 „Mittelungspegel aus klassierten Werten“ [17]. Hierzu erfolgte zunächst eine Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Schalldruckpegel in

den Pegel-Zeit-Verläufen (ohne Detektion von Pegelspitzen). Anschließend wurde der Mittelungspegel nach folgendem Zusammenhang bestimmt, wobei ebenfalls die o. g. beiden Varianten a. und b. berechnet wurden:

$$L_m = 10 \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^k n_j 10^{0,1L_j/dB} \right] \text{ mit } n = \sum_{j=1}^k n_j$$

(Formel 5.2)

k Anzahl der Pegelklassen

j Pegelklassen $j = 1 \dots k$

n_j Anzahl der Schallpegelwerte in Klasse j
(Besetzungszahl)

Auffällige Pegelspitzen treten insbesondere bei impulshaften Geräuschen auf. Zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung von impulshaltigen Geräuschen wird beispielsweise beim Gewerbelärm (Beurteilungsgrundlage ist die TA Lärm) entsprechend der DIN 45645-1:1996-07 [16] ein Impulzuschlag K_I (siehe Formel 5.1) vergeben. Auf den Zuschlag kann verzichtet werden, wenn $K_I < 2$ dB(A) beträgt. Daher wurde weiterhin der Impulzuschlag K_I anhand der Messwerte als Indikator für den Einfluss von Pegelspitzen ermittelt.

In den folgenden Kapiteln 5.2 bis 5.7 werden die Auswertungsergebnisse dargestellt. In den darin enthaltenen Tabellen, die in der Anlage 4 in einer größeren Darstellung und für beide Messpunkte nochmals enthalten sind, sind die gemessenen Mittelungspegel den durch „Ausblenden“ der Pegelspitzen resultierenden Mittelungspegeln gegenübergestellt. Die Differenzen entsprechen dem ermittelten Einfluss der Pegelspitzen auf den Mittelungspegel. Die Angabe „ $\geq x$ dB(A)“ gibt an, ab welchem Pegelwert das „Ausblenden“ angesetzt wurde; bei einem Wert von 100 dB(A) wurden i. d. R. keine Pegelspitzen ausgeblendet, da dann bei dieser Messung und Auswertungssystematik keine relevanten Pegelspitzen festgestellt wurden.

5.2 Ergebnisse Straßencharakteristik 1 – Autobahn/Autostraße in Großstadtnähe

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 1 „BAB“ (s. Tabelle 5-2) zeigen, dass insbesondere auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Lkw, Motorrädern/Rollern und „schnellen“ Pkw auftreten.

Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Sportwagen, „lauten“ Pkw sowie dem Überfahren von Fahrbahnmarkierungen auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 0,5 dB(A) bis 1,0 dB(A).

Hinweis: Die Messungen 01_01 (Zustand fließend) und 01_03 (Zustand gering) fanden an einer anderen Autobahn (A8 südlich München) mit insbesondere unterschiedlichem Schwerverkehrsanteil als die Messungen 01_02 (Zustand stop & go) statt (A8 nördlich München).

5.3 Ergebnisse Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße einer Großstadt

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 2 „Ausfallstraße“ (s. Tabelle 5-3) zeigen, dass insbesondere auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Pkw-Kolonnen aufgrund von Ampelschaltungen, Lkw (Druckluftbremse, Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht) und Motorrädern/Rollern auftreten. Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Sportwagen, „schnellen“ und „lauten“ Pkw sowie mit Bussen auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 0,5 dB(A) bis 1,0 dB(A).

Hinweis: Die Messungen 01_01 (Zustand fließend) und 01_03 (Zustand gering) fanden an einer anderen Ausfallstraße (B13) mit insbesondere unterschiedlichem Schwerverkehrsanteil als die Messungen 01_02 (Zustand stop & go) statt (B471).

5.4 Ergebnisse Straßencharakteristik 3 – Boulevard einer Großstadt

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 3 „Boulevard“ (s. Tabelle 54) zeigen, dass insbesondere auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Lkw (Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht, Hupen) sowie im Zusammenhang mit Transportern, Sportwagen und Motorrädern/Rollern auftreten. Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit lauterem Pkw (Motor/Sport, laute Musik) auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 0,5 dB(A) bis 1,0 dB(A).

Hinweis: Die rot markierte Messung 03_03_02 wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da hier Geräusche durch ein Martinshorn pegelbestimmend waren.

Messung				Auswertung Impulshaltigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, Mittelungspegel aus klassierten Werten						
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			
Kat.	Sit.	Nr.	lf. Nr.	L _{Aeq}	L _{A1ms}	K ₁	K _{1-2dB}	L _{Aeq} ohne Spitzen			L _{Aeq} ohne Spitzen			L _m	L _m ohne Spitzen			L _m ohne Spitzen		
								≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz		mit Sp.	≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert
				[dB(A)]																
1	1	1	1	78	82,6	4,3	2,3	86	78,1	0,2	100	78,3	0,0	96,6	86	96,5	0,1	100	96,6	0,0
		2	2	79	82,9	3,8	1,8	86	79,0	0,1	100	79,1	0,0	98,3	86	98,2	0,0	100	98,3	0,0
		3	3	79	83,2	4,0	2,0	86	79,0	0,2	100	79,2	0,0	98,3	86	98,2	0,1	100	98,3	0,0
		4	4	78	82,3	4,5	2,5	85	77,5	0,3	100	77,8	0,0	96,2	85	96,0	0,2	100	96,2	0,0
		5	5	79	83,1	4,5	2,5	87	78,1	0,5	91	78,5	0,1	96,9	87	96,5	0,4	91	96,8	0,1
		6	6	78	82,2	4,1	2,1	86	78,0	0,1	100	78,1	0,0	96,3	86	96,3	0,0	100	96,3	0,0
		7	7	79	82,3	3,7	1,7	85	78,3	0,3	100	78,5	0,1	97,1	85	96,9	0,2	100	97,1	0,0
		8	8	78	82,3	4,2	2,2	86	78,1	0,0	100	78,1	0,0	97,5	86	97,4	0,0	100	97,5	0,0
		9	9	79	82,3	3,7	1,7	86	78,5	0,1	100	78,6	0,0	97,4	86	97,4	0,0	100	97,4	0,0
		10	10	79	82,9	3,8	1,8	87	79,1	0,0	100	79,1	0,0	98,1	87	98,1	0,0	100	98,1	0,0
		11	11	79	82,6	3,8	1,8	85	78,8	0,0	100	78,8	0,0	98,2	85	96,9	1,3	100	97,1	1,1
		12	12	79	82,7	4,0	2,0	86	78,6	0,1	100	78,7	0,0	98,0	86	98,0	0,0	100	98,0	0,0
Mittelwerte 1-12				78,6	82,6	4,0	2,0	-	78,4	0,2	-	78,6	0,0	97,5	-	97,3	0,2	-	97,4	0,1
1	2	1	13	73	76,8	3,4	1,4	79	73,2	0,2	87	73,4	0,0	94,4	79	94,1	0,2	87	94,4	0,0
		2	14	71	73,4	2,2	0,2	74	70,6	0,6	76	71,0	0,2	92,2	74	91,6	0,6	76	92,0	0,2
		3	15	71	73,4	2,2	0,2	77	70,9	0,3	77	70,9	0,3	92,7	77	92,4	0,3	77	92,4	0,3
		4	16	71	73,5	2,4	0,4	74	70,6	0,5	75	70,8	0,3	93,5	74	93,0	0,5	75	93,3	0,2
		5	17	71	73,6	2,5	0,5	73	70,4	0,7	76	70,9	0,2	92,3	73	91,5	0,7	76	92,1	0,2
		6	18	70	73,6	3,4	1,4	71	69,0	1,2	73	69,6	0,6	91,4	71	89,4	2,1	73	90,9	0,5
		7	19	70	72,8	2,4	0,4	76	70,3	0,1	76	70,3	0,1	92,4	76	92,4	0,0	76	92,4	0,0
		8	20	69	71,0	2,3	0,3	71	68,2	0,5	73	68,5	0,2	90,7	71	90,2	0,5	68	90,6	0,1
		9	21	70	71,6	2,0	0,0	74	69,4	0,2	74	69,4	0,2	91,6	74	91,5	0,1	74	91,5	0,1
		10	22	73	74,8	2,1	0,1	75	72,2	0,5	77	72,6	0,1	95,0	75	94,6	0,4	77	95,0	0,0
		11	23	75	78,3	2,9	0,9	76	74,1	1,3	80	75,0	0,4	96,8	76	94,7	2,1	80	96,6	0,2
		12	24	70	72,5	2,6	0,6	74	69,2	0,7	74	69,2	0,7	90,6	74	90,1	0,5	74	90,1	0,5
Mittelwerte 1-12				71,6	74,3	2,6	0,6	-	71,0	0,6	-	71,4	0,3	93,2	-	92,5	0,7	-	93,0	0,2
1	3	1	25	70	75,0	4,9	2,9	71	66,0	4,1	78	68,4	1,7	88,3	71	81,9	6,3	78	87,1	1,1
		2	26	70	75,1	5,3	3,3	66	66,4	3,4	77	67,9	1,9	88,5	66	78,6	9,9	77	86,8	1,7
		3	27	71	76,2	5,7	3,7	74	67,1	3,4	76	67,8	2,7	88,3	74	84,1	4,2	76	85,5	2,8
		4	28	72	77,6	5,2	3,2	72	68,9	3,5	82	71,8	0,6	90,8	72	84,4	6,4	82	90,6	0,3
		5	29	72	76,4	4,9	2,9	75	69,0	2,5	79	70,5	1,0	90,2	75	87,3	2,9	79	89,5	0,7
		6	30	72	77,4	5,0	3,0	75	69,5	2,9	78	70,5	1,9	91,4	75	87,6	3,9	78	89,6	1,8
		7	31	71	77,2	5,8	3,8	78	70,0	1,4	78	70,0	1,4	89,7	78	88,5	1,1	78	88,5	1,1
		8	32	73	78,4	5,0	3,0	76	70,6	2,8	78	71,3	2,1	92,1	76	88,6	3,5	78	90,0	2,1
		9	33	72	76,7	5,1	3,1	81	71,1	0,5	81	71,1	0,5	90,2	81	89,9	0,3	81	89,9	0,3
		10	34	74	78,6	4,9	2,9	82	73,1	0,6	82	73,1	0,6	92,0	82	91,6	0,3	82	91,6	0,3
		11	35	76	80,1	4,4	2,4	85	75,7	0,0	85	75,7	0,0	95,0	85	95,0	0,0	85	95,0	0,0
		12	36	74	79,0	4,7	2,7	80	72,8	1,5	81	73,3	1,0	93,1	80	91,8	1,3	81	92,3	0,7
Mittelwerte 1-12				72,6	77,6	5,1	3,1	-	70,9	1,6	-	71,6	1,0	91,3	-	89,4	1,9	-	90,5	0,8

Tab. 5-2: Straßencharakteristik 1 – Autobahn – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Messung				Auswertung Impulshaltigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, Mittelungspegel aus klassierten Werten						
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			L _m			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.
Kat.	Sit.	Nr.	lf. Nr.	L _{Aeq}	L _{ATms}	K ₁	K _{1,2dB}	L _{Aeq} ohne Spitzen			L _{Aeq} ohne Spitzen			L _m mit Sp.	L _m ohne Spitzen			L _m ohne Spitzen		
								≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz		≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz
2	1	1	37	73	75,0	2,5	0,5	80	72,4	0,1	100	72,5	0,0	81,5	80	81,5	0,0	100	81,5	0,0
		2	38	73	76,2	3,0	1,0	79	72,7	0,5	100	73,2	0,0	81,6	79	80,6	1,0	100	81,6	0,0
		3	39	72	75,3	3,1	1,1	77	71,3	0,9	80	72,1	0,1	80,4	77	79,2	1,2	80	80,2	0,2
		4	40	73	75,3	2,7	0,7	78	72,3	0,3	100	72,6	0,0	81,0	78	80,4	0,6	100	81,0	0,0
		5	41	72	74,7	2,8	0,8	73	70,0	1,9	76	71,1	0,8	81,2	73	75,9	5,3	76	79,9	1,4
		6	42	73	75,7	3,0	1,0	79	72,5	0,2	100	72,7	0,0	81,4	79	81,2	0,2	100	81,4	0,0
		7	43	72	74,6	2,9	0,9	78	0,0	71,7	80	71,5	0,2	80,5	78	79,9	0,6	80	80,1	0,4
		8	44	72	75,4	3,1	1,1	78	72,1	0,2	80	72,2	0,1	81,2	78	80,9	0,2	80	80,9	0,2
		9	45	71	73,6	2,8	0,8	74	68,7	2,1	75	69,4	1,4	79,9	74	74,6	5,3	75	77,3	2,6
		10	46	72	74,7	3,0	1,0	79	71,5	0,2	100	71,7	0,0	80,9	79	80,7	0,2	100	80,9	0,0
		11	47	73	75,3	2,7	0,7	78	72,3	0,3	100	72,6	0,0	80,7	78	80,0	0,7	100	80,7	0,0
		12	48	72	75,5	3,7	1,7	78	71,5	0,3	80	71,7	0,1	80,4	78	79,9	0,5	80	80,4	0,0
Mittelwerte 1-12				72,2	75,2	3,0	1,0	-	71,3	0,9	-	72,0	0,2	80,9	-	79,9	1,0	-	80,6	0,3
2	2	1	49	71	74,3	3,2	1,2	74	69,6	1,5	100	71,1	0,0	80,1	74	77,3	2,9	100	80,1	0,0
		2	50	73	75,9	3,3	1,3	78	72,1	0,5	80	72,4	0,2	82,9	78	82,2	0,7	80	82,7	0,2
		3	51	71	74,4	3,7	1,7	78	70,4	0,3	100	70,7	0,0	80,5	78	80,2	0,3	100	80,5	0,0
		4	52	77	81,6	5,0	3,0	79	72,1	4,5	85	72,6	4,0	86,9	79	80,7	6,2	85	81,1	5,7
		5	53	73	76,6	3,9	1,9	77	72,1	0,6	80	72,7	0,0	83,2	77	82,0	1,2	80	83,0	0,2
		6	54	73	76,6	3,8	1,8	77	71,9	0,9	100	72,8	0,0	81,8	77	79,7	2,1	100	81,8	0,0
		7	55	72	74,9	3,3	1,3	78	71,4	0,2	100	71,6	0,0	82,1	78	81,9	0,1	100	82,1	0,0
		8	56	71	75,5	4,1	2,1	78	70,8	0,6	100	71,4	0,0	80,3	78	79,2	1,1	68	80,3	0,0
		9	57	72	75,6	3,7	1,7	77	71,1	0,8	80	71,8	0,1	81,2	77	79,8	1,5	80	81,2	0,0
		10	58	71	74,7	3,8	1,8	77	70,4	0,5	100	70,9	0,0	81,1	77	80,4	0,8	100	81,1	0,0
		11	59	71	75,1	3,9	1,9	77	70,7	0,5	100	71,2	0,0	81,6	77	80,8	0,8	100	81,6	0,0
		12	60	73	76,9	3,7	1,7	77	72,1	1,1	100	73,2	0,0	83,5	77	81,4	2,2	100	83,5	0,0
Mittelwerte 1-12				72,6	76,6	3,8	1,8	-	71,3	1,3	-	71,9	0,6	82,6	-	80,7	1,9	-	81,7	0,8
3	3	1	61	68	71,4	3,2	1,2	76	68,0	0,2	100	68,2	0,0	77,3	76	77,1	0,2	100	77,3	0,0
		2	62	68	72,1	3,7	1,7	76	68,2	0,2	100	68,4	0,0	78,2	76	78,2	0,0	100	78,2	0,0
		3	63	68	71,7	3,8	1,8	77	67,6	0,3	100	67,9	0,0	77,5	77	77,1	0,4	100	77,5	0,0
		4	64	70	74,3	4,7	2,7	78	68,9	0,7	100	69,6	0,0	79,9	78	78,8	1,2	100	79,9	0,0
		5	65	70	73,7	4,0	2,0	78	69,5	0,2	100	69,7	0,0	78,3	78	77,9	0,4	100	78,3	0,0
		6	66	69	73,0	3,8	1,8	76	68,6	0,6	100	69,2	0,0	78,5	76	78,1	0,5	100	78,5	0,0
		7	67	68	71,0	3,4	1,4	73	65,2	2,4	75	66,8	0,8	76,9	73	73,1	3,8	75	75,8	1,1
		8	68	69	72,1	3,4	1,4	77	68,4	0,3	100	68,7	0,0	78,3	77	77,7	0,6	100	78,3	0,0
		9	69	70	74,1	4,5	2,5	79	69,0	0,6	100	69,6	0,0	78,6	79	77,2	1,4	100	78,6	0,0
		10	70	68	71,9	3,7	1,7	79	68,2	0,0	100	68,2	0,0	76,9	79	76,9	0,0	100	76,9	0,0
		11	71	68	71,6	3,6	1,6	77	67,8	0,2	100	68,0	0,0	76,8	77	76,5	0,3	100	76,8	0,0
		12	72	68	72,1	3,9	1,9	77	68,1	0,1	100	68,2	0,0	78,3	77	78,3	0,0	100	78,3	0,0
Mittelwerte 1-12				68,7	72,6	3,8	1,8	-	68,2	0,4	-	68,6	0,0	78,1	-	77,4	0,6	-	78,0	0,1

Tab. 5-3: Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Messung				Auswertung Impulshaltigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, Mittelungspegel aus klassierten Werten						
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			
Kat.	Sit.	Nr.	If. Nr.	L _{Aeq}	L _{A1ms}	K _f	K _{f,2dB}	L _{Aeq} ohne Spitzen			L _{Aeq} ohne Spitzen			L _m	L _m ohne Spitzen			L _m ohne Spitzen		
								≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz		mit Sp.	≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert
				[dB(A)]																
3	1	1	73	75,2	79,9	4,7	2,7	78	74,5	0,7	80	74,8	0,4	95,9	78	95,3	0,6	80	95,5	0,4
		2	74	71,6	75,4	3,8	1,8	71	70,5	1,1	77	71,1	0,5	91,6	71	88,9	2,7	77	91,2	0,4
		3	75	75,5	78,1	2,6	0,6	78	75,0	0,5	82	75,3	0,2	96,5	78	96,0	0,5	82	96,3	0,2
		4	76	76,1	78,1	2,0	0,0	79	75,9	0,2	80	76,0	0,1	98,2	79	97,9	0,2	80	98,1	0,1
		5	77	75,7	77,7	2,0	0,0	79	75,5	0,2	80	75,6	0,1	97,8	79	97,6	0,2	80	97,7	0,1
		6	78	75,9	78,9	3,0	1,0	78	75,5	0,4	82	75,6	0,3	96,6	78	96,3	0,3	82	96,3	0,3
		7	79	76,2	78,2	2,0	0,0	79	75,9	0,3	80	76,0	0,2	98,2	79	97,9	0,3	80	98,1	0,1
		8	80	75,5	77,3	1,8	0,0	78	75,3	0,2	79	75,4	0,1	97,9	78	97,7	0,2	79	97,8	0,1
		9	81	75,8	77,5	1,7	0,0	79	75,7	0,1	79	75,7	0,1	98,9	79	98,9	0,0	79	98,9	0,0
		10	82	75,7	77,5	1,8	0,0	79	75,6	0,1	80	75,6	0,1	98,0	79	97,9	0,1	80	98,0	0,0
		11	83	75,4	77,0	1,6	0,0	78	75,3	0,1	80	75,4	0,0	97,8	78	97,9	-0,1	80	98,1	-0,3
		12	84	75,2	77,3	2,1	0,1	77	74,8	0,4	80	75,1	0,1	97,2	77	96,8	0,4	80	97,1	0,1
Mittelwerte 1-12				75,4	77,9	2,5	0,6	-	75,1	0,3	-	75,3	0,2	97,3	-	97,1	0,2	-	97,2	0,1
3	2	1	85	73,7	76,6	2,9	0,9	77	73,1	0,6	79	73,4	0,3	94,4	77	93,7	0,7	79	94,2	0,2
		2	86	73,3	75,6	2,3	0,3	78	73,1	0,2	80	73,2	0,1	94,3	78	94,1	0,2	80	94,1	0,1
		3	87	72	73,8	1,8	0,0	75	71,6	0,4	76	71,8	0,2	94,0	75	93,7	0,3	76	93,8	0,2
		4	88	71,4	74,7	3,3	1,3	74	70,8	0,6	77	71,1	0,3	92,1	74	91,6	0,5	77	91,8	0,3
		5	89	72,3	74,9	2,6	0,6	74	71,6	0,7	79	72,1	0,2	94,4	74	93,5	0,8	79	94,2	0,2
		6	90	71,6	77,1	5,5	3,5	73	70,7	0,9	80	71,1	0,5	91,8	73	90,8	1,0	80	91,4	0,4
		7	91	70,7	73,4	2,7	0,7	73	70,2	0,5	76	70,4	0,3	91,4	73	90,8	0,6	76	91,1	0,3
		8	92	70,3	72,6	2,3	0,3	73	69,9	0,4	75	70,1	0,2	91,8	73	91,3	0,5	68	91,6	0,2
		9	93	69,2	71,2	2,0	0,0	71	68,6	0,6	73	68,9	0,3	91,2	71	90,5	0,7	73	91,0	0,2
		10	94	70,9	72,4	1,5	0,0	74	70,8	0,1	74	70,8	0,1	94,4	74	94,3	0,0	74	94,3	0,0
		11	95	70,4	71,9	1,5	0,0	72	70,1	0,3	74	70,3	0,1	93,8	72	93,6	0,2	74	93,8	0,0
		12	96	71,8	73,3	1,5	0,0	72	71,0	0,8	75	71,6	0,2	94,8	72	93,3	1,5	75	94,7	0,1
Mittelwerte 1-12				71,6	74,3	2,6	0,8	-	71,1	0,5	-	71,4	0,2	93,4	-	92,8	0,6	-	93,2	0,2
3	3	1	97	71,8	75,5	3,7	1,7	74	69,5	2,3	75	69,9	1,9	90,9	74	88,1	2,9	75	88,8	2,2
		2	98	79	85,4	6,1	4,1	80	73,3	6,0	90	75,2	4,1	97,0	80	89,9	7,2	90	93,3	3,7
		3	99	72,5	76,6	4,1	2,1	79	71,9	0,6	85	72,5	0,0	91,6	79	90,9	0,6	85	91,5	0,1
		4	100	73,4	76,8	3,4	1,4	75	71,5	1,9	85	73,0	0,4	92,3	75	89,9	2,4	85	92,0	0,2
		5	101	72,5	75,7	3,2	1,2	76	71,3	1,2	76	71,3	1,2	92,6	76	91,3	1,3	76	91,3	1,3
		6	102	74	77,1	3,1	1,1	74	72,2	1,8	76	72,4	1,6	94,5	74	90,4	4,0	76	92,5	2,0
		7	103	73,6	76,4	2,8	0,8	76	72,5	1,1	100	73,6	0,0	94,1	76	92,8	1,3	100	94,1	0,0
		8	104	74,8	77,4	2,6	0,6	78	74,1	0,7	100	74,8	0,0	95,0	78	94,4	0,6	100	95,0	0,0
		9	105	75,3	77,7	2,4	0,4	78	74,6	0,7	83	75,2	0,1	96,0	78	95,3	0,6	83	95,9	0,0
		10	106	75	77,4	2,4	0,4	76	74,1	0,9	100	75,0	0,0	97,4	76	95,8	1,6	100	97,4	0,0
		11	107	75,5	77,6	2,1	0,1	78	75,1	0,4	100	75,5	0,0	97,2	78	96,9	0,3	100	97,2	0,0
		12	108	76	78,4	2,4	0,4	80	75,9	0,1	82	76,0	0,0	96,5	80	96,4	0,1	82	96,5	0,0
Mittelwerte 1-12				74,2	77,0	3,3	1,3	-	73,3	0,9	-	73,9	0,3	94,9	-	93,8	1,1	-	94,6	0,3

Tab. 5-4: Straßencharakteristik 3 – Boulevard – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Messung				Auswertung Impulshaltigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, Mittelungspegel aus klassierten Werten						
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			L _m			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.
Kat.	Sit.	Nr.	If. Nr.	L _{Aeq}	L _{A1ms}	K ₁	K _{1,2dB}	L _{Aeq} ohne Sp.			L _{Aeq} ohne Sp.			L _m	L _m ohne Sp.			L _m ohne Sp.		
				[dB(A)]				≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz	mit Sp.	≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz
4	1	1	109	69,8	73,5	3,7	1,7	72	67,5	2,3	81	69,3	0,5	80,0	72	76,3	3,7	81	78,8	1,2
		2	110	69,8	73,1	3,3	1,3	71	67,4	2,4	83	69,8	0,0	79,0	71	73,4	5,6	83	79,0	0,0
		3	111	76	81,1	5,4	3,4	68	72,4	3,3	79	69,5	6,2	87,5	68	72,9	14,7	79	78,4	9,1
		4	112	68,8	73,0	4,2	2,2	79	68,5	0,3	81	68,7	0,1	78,5	79	77,6	0,9	81	77,6	0,9
		5	113	69,7	72,1	2,4	0,4	70	69,7	0,0	75	69,2	0,5	79,2	70	73,4	5,8	75	78,3	0,9
		6	114	81	89,0	8,2	6,2	73	73,9	6,9	79	71,8	9,0	92,5	73	78,2	14,3	79	79,4	13,1
		7	115	68,2	70,8	2,6	0,6	68	66,5	1,7	71	66,9	1,3	78,0	68	73,1	4,9	71	75,0	3,1
		8	116	73	77,0	3,9	1,9	75	69,2	3,9	75	69,2	3,9	80,9	75	75,2	5,7	75	77,2	3,7
		9	117	68,8	71,8	3,0	1,0	72	67,5	1,3	78	68,8	0,0	78,6	72	76,4	2,3	78	78,6	0,0
		10	118	71,1	75,5	4,4	2,4	72	69,1	2,0	81	70,7	0,4	81,1	72	76,5	4,6	81	79,5	1,7
		11	119	68,6	71,7	3,1	1,1	70	67,0	1,6	74	67,8	0,8	79,3	70	76,3	3,1	74	78,0	1,3
		12	120	68,8	73,2	4,4	2,4	70	66,5	2,3	80	68,6	0,2	78,4	70	73,6	4,8	80	77,8	0,6
Mittelwerte 1-12				69,4	72,9	4,4	2,4	-	67,9	1,5	-	69,0	0,4	79,2	-	75,7	3,5	-	78,2	1,0
4	2	1	121	71,2	74,0	2,8	0,8	69	69,5	1,7	78	70,5	0,7	80,8	69	74,4	6,5	78	79,5	1,3
		2	122	70,1	73,4	3,3	1,3	71	67,6	2,5	79	69,6	0,5	79,2	71	73,9	5,2	79	78,6	0,5
		3	123	69,4	73,1	3,7	1,7	68	67,0	2,4	90	69,4	0,0	78,5	68	71,3	7,1	90	78,5	0,0
		4	124	71,3	74,1	2,8	0,8	71	69,1	2,2	77	70,3	1,0	81,2	71	73,5	7,7	77	80,0	1,2
		5	125	69,3	72,2	2,9	0,9	73	68,3	1,0	79	69,3	0,0	79,2	73	77,4	1,7	79	79,2	0,0
		6	126	69,3	72,1	2,8	0,8	73	68,2	1,1	86	69,3	0,0	79,9	73	78,7	1,2	86	79,9	0,0
		7	127	67,8	70,3	2,5	0,5	69	66,0	1,8	77	67,7	0,1	77,7	69	73,0	4,7	77	77,5	0,3
		8	128	71,1	73,9	2,8	0,8	75	70,4	0,7	80	71,0	0,1	83,1	75	82,3	0,8	68	83,1	0,0
		9	129	69,1	71,6	2,5	0,5	68	67,2	1,9	100	69,1	0,0	79,5	68	72,5	7,0	100	79,5	0,0
		10	130	70,8	74,0	3,2	1,2	76	69,5	1,3	83	70,8	0,0	80,7	76	78,9	1,8	83	80,3	0,4
		11	131	69,1	72,1	3,0	1,0	73	66,8	2,3	75	68,7	0,4	78,2	73	75,5	2,8	75	76,9	1,3
		12	132	69,9	73,3	3,4	1,4	70	69,9	0,0	79	69,9	0,0	79,8	70	74,4	5,3	79	79,0	0,7
Mittelwerte 1-12				70,0	73,0	3,0	1,0	-	68,5	1,5	-	69,7	0,3	80,0	-	76,9	3,1	-	79,6	0,4
4	3	1	133	66,7	69,3	2,6	0,6	70	65,1	1,6	100	66,7	0,0	76,0	70	73,5	2,5	100	76,0	0,0
		2	134	68,6	71,9	3,3	1,3	81	68,1	0,5	100	68,6	0,0	77,9	81	77,4	0,5	100	77,9	0,0
		3	135	68,7	74,5	5,8	3,8	71	65,8	2,9	80	67,8	0,9	78,8	71	71,2	7,6	80	76,4	2,5
		4	136	68,6	71,8	3,2	1,2	68	65,8	2,8	76	68,0	0,6	77,6	68	70,3	7,3	76	76,3	1,2
		5	137	68,4	71,2	2,8	0,8	72	66,5	1,9	73	67,1	1,3	77,7	72	74,9	2,9	73	76,2	1,5
		6	138	69,9	73,2	3,3	1,3	71	67,6	2,3	78	69,4	0,5	79,8	71	76,2	3,6	78	79,3	0,5
		7	139	70,4	74,2	3,8	1,8	76	69,4	1,0	80	70,0	0,4	80,6	76	79,1	1,6	80	79,7	0,9
		8	140	69,8	72,5	2,7	0,7	75	68,3	1,5	78	69,1	0,7	79,5	75	78,0	1,4	78	79,0	0,5
		9	141	71	76,5	5,5	3,5	72	68,9	2,1	89	70,9	0,1	81,1	72	76,2	4,9	89	81,1	0,0
		10	142	69,5	72,6	3,1	1,1	71	67,0	2,5	79	69,3	0,2	79,0	71	73,3	5,7	79	78,2	0,9
		11	143	70,5	74,1	3,6	1,6	76	69,8	0,7	80	70,5	0,0	79,2	76	77,9	1,3	80	78,9	0,3
		12	144	69,9	73,0	3,1	1,1	71	67,7	2,2	79	69,9	0,0	78,6	71	73,5	5,1	79	78,6	0,0
Mittelwerte 1-12				69,5	73,3	3,7	1,7	-	67,8	1,7	-	69,1	0,4	79,0	-	75,9	3,1	-	78,4	0,6

Tab. 5-5: Straßencharakteristik 4 – Kreuzung – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Messung				Auswertung Impulshaltigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, Mittelungspegel aus klassierten Werten						
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp. Norm.Vert. Abweichg.			
Kat.	Sit.	Nr.	If. Nr.	L _{Aeq}	L _{A1ms}	K _f	K _{f,2dB}	L _{Aeq} ohne Spitzen			L _{Aeq} ohne Spitzen			L _m	L _m ohne Spitzen			L _m ohne Spitzen		
								≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert	Differenz		mit Sp.	≥ x dB(A)	Wert	Differenz	≥ x dB(A)	Wert
5	1	1	145	66	70,3	4,0	2,0	66	63,4	2,9	74	64,5	1,8	85,0	66	80,5	4,5	74	83,2	1,8
		2	146	64	66,2	2,7	0,7	68	62,7	0,8	71	63,0	0,5	82,9	68	82,0	0,9	71	82,7	0,2
		3	147	66	69,6	3,9	1,9	67	63,5	2,2	76	64,9	0,8	84,2	67	81,3	2,8	76	83,5	0,7
		4	148	65	69,4	4,5	2,5	65	62,8	2,1	73	64,0	0,9	83,4	65	79,7	3,7	73	82,4	1,0
		5	149	65	67,7	2,9	0,9	65	63,0	1,8	73	63,9	0,9	83,4	65	80,2	3,2	73	82,7	0,8
		6	150	67	69,9	3,3	1,3	68	64,4	2,2	71	64,8	1,8	85,7	68	82,6	3,1	71	83,7	2,0
		7	151	64	66,5	2,7	0,7	67	62,9	0,9	71	63,3	0,5	83,2	67	82,0	1,2	71	82,7	0,5
		8	152	64	67,5	3,2	1,2	65	62,6	1,7	73	63,8	0,5	83,4	65	80,6	2,9	73	83,1	0,3
		9	153	66	68,6	3,0	1,0	68	63,8	1,8	72	64,5	1,1	84,6	68	82,3	2,4	72	83,4	1,2
		10	154	70	77,7	7,8	5,8	68	64,1	5,8	80	64,2	5,7	87,2	68	80,6	6,5	80	81,6	5,5
		11	155	66	68,7	3,2	1,2	67	63,8	1,7	74	64,9	0,6	85,1	67	82,7	2,4	74	84,7	0,4
		12	156	66	70,8	4,9	2,9	68	63,6	2,3	74	64,5	1,4	83,9	68	81,0	3,0	74	82,8	1,2
Mittelwerte 1-12				65,9	70,8	4,1	2,1	-	63,4	2,5	-	64,2	1,7	84,5	-	81,4	3,1	-	83,1	1,4
5	2	1	157	63	65,5	2,9	0,9	65	60,8	1,8	70	61,5	1,1	82,8	65	80,4	2,4	70	81,8	1,0
		2	158	64	68,6	4,8	2,8	66	61,8	2,0	71	62,5	1,3	82,6	66	80,0	2,6	71	81,3	1,3
		3	159	63	66,1	2,9	0,9	65	62,1	1,1	68	62,5	0,7	82,9	65	81,3	1,6	68	82,1	0,8
		4	160	65	70,6	5,4	3,4	68	63,4	1,8	71	64,0	1,2	83,8	68	81,5	2,3	71	82,7	1,1
		5	161	66	69,4	3,7	1,7	66	63,0	2,7	72	63,8	1,9	84,7	66	80,4	4,3	72	82,6	2,1
		6	162	65	68,7	4,2	2,2	67	62,8	1,7	71	63,6	0,9	83,8	67	81,6	2,2	71	82,8	1,0
		7	163	65	68,2	2,8	0,8	66	63,2	2,2	75	64,8	0,6	84,9	66	81,3	3,5	75	84,5	0,3
		8	164	62	64,4	2,6	0,6	67	61,5	0,3	6	61,8	0,0	81,4	67	81,2	0,2	68	81,3	0,1
		9	165	65	68,2	3,2	1,2	65	62,7	2,3	74	64,3	0,7	84,4	65	80,3	4,1	74	84,0	0,4
		10	166	65	67,2	2,6	0,6	65	63,2	1,4	71	64,0	0,6	83,7	65	81,3	2,4	71	83,1	0,6
		11	167	65	68,0	2,9	0,9	66	63,4	1,7	71	64,0	1,1	85,0	66	82,4	2,6	71	83,7	1,3
		12	168	64	67,6	3,3	1,3	64	62,6	1,7	73	64,0	0,3	83,9	64	79,9	4,0	73	83,6	0,3
Mittelwerte 1-12				64,4	68,0	3,5	1,6	-	62,6	1,8	-	63,5	0,9	83,8	-	81,0	2,7	-	82,9	0,9
5	3	1	169	55	58,0	3,0	1,0	57	51,5	3,5	65	54,4	0,6	74,8	57	70,2	4,6	65	74,5	0,4
		2	170	61	66,7	5,4	3,4	60	57,1	4,2	69	58,4	2,9	79,6	60	72,1	7,5	69	77,3	2,3
		3	171	54	57,2	2,8	0,8	58	51,5	2,9	64	53,9	0,5	74,2	58	71,0	3,2	64	73,9	0,3
		4	172	60	63,4	3,7	1,7	58	55,5	4,2	70	58,5	1,2	78,4	58	70,2	8,2	70	77,7	0,7
		5	173	61	64,0	3,3	1,3	65	58,2	2,5	71	59,4	1,3	79,3	65	76,3	3,0	71	78,4	0,9
		6	174	63	66,4	3,0	1,0	66	61,3	2,1	71	62,7	0,7	82,1	66	79,2	2,9	71	81,8	0,4
		7	175	61	64,2	2,9	0,9	67	60,1	1,2	71	60,7	0,6	80,1	67	78,8	1,4	71	79,7	0,4
		8	176	64	67,9	4,1	2,1	63	60,6	3,2	72	62,2	1,6	82,1	63	76,6	5,5	72	80,7	1,4
		9	177	64	66,7	3,0	1,0	67	62,2	1,5	72	63,2	0,5	82,9	67	81,2	1,7	72	82,5	0,4
		10	178	64	67,7	3,5	1,5	67	61,9	2,3	73	63,1	1,1	83,5	67	80,6	2,9	73	82,6	0,9
		11	179	65	70,1	4,8	2,8	65	62,7	2,6	75	64,4	0,9	83,8	65	79,3	4,6	75	83,3	0,5
		12	180	64	67,5	3,3	1,3	63	62,2	2,0	72	63,1	1,1	82,9	63	77,6	5,3	72	81,8	1,1
Mittelwerte 1-12				62,4	66,2	3,6	1,8	-	60,0	2,4	-	61,4	1,1	81,2	-	77,6	3,6	-	80,4	0,8

Tab. 5-6: Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Messung				Auswertung Impulshalbigkeit				Ausblenden im Pegelschrieb						Auswertung DIN 45641, MIEelungspegel aus klassierten Werten								
								Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp.Norm.Vert. Abweichg.			L _m			Sp. > Max. in Norm.Vert.			Sp.Norm.Vert. Abweichg.		
Kat.	Sit.	Nr.	If. Nr.	L _{Aeq}	L _{Afm5}	K _f	K _{f,2dB}	L _{Aeq} ohne Spitzen			L _{Aeq} ohne Spitzen			L _m			L _m ohne Spitzen					
								≥ x dB(A)			≥ x dB(A)			mit Sp.			≥ x dB(A)			≥ x dB(A)		
								Wert	Differenz	Wert	Differenz	Wert	Differenz	Wert	Differenz	Wert	Differenz	Wert	Differenz	Wert	Differenz	
6	1	1	145	63	66,9	3,8	1,8	68	61,8	1,3	73	62,8	0,3	82,1	68	80,4	1,7	73	81,8	0,3		
		2	146	62	66,0	3,6	1,6	67	61,5	0,9	72	62,3	0,1	81,8	67	80,6	1,2	72	81,2	0,6		
		3	147	65	69,0	4,5	2,5	66	61,7	2,8	71	62,6	1,9	83,2	66	79,7	3,6	71	81,6	1,6		
		4	148	65	68,3	3,5	1,5	67	62,8	2,0	72	63,6	1,2	83,6	67	81,4	2,2	72	83,3	0,3		
		5	149	62	65,9	3,6	1,6	65	61,0	1,3	70	62,1	0,2	82,0	65	80,5	1,5	70	81,8	0,2		
		6	150	64	67,3	3,6	1,6	63	61,5	2,2	68	62,4	1,3	82,9	63	78,0	4,9	68	82,1	0,8		
		7	151	65	69,6	4,9	2,9	65	62,5	2,2	70	63,3	1,4	83,4	65	80,0	3,5	70	83,2	0,2		
		8	152	64	68,4	4,8	2,8	66	61,8	1,8	71	62,9	0,7	82,6	66	80,4	2,2	71	82,5	0,1		
		9	153	64	68,4	4,3	2,3	65	62,0	2,1	70	63,0	1,1	83,4	65	80,3	3,1	70	83,1	0,3		
		10	154	64	67,7	3,9	1,9	63	61,6	2,2	68	62,1	1,7	82,8	63	78,6	4,2	68	82,2	0,6		
		11	155	64	66,9	3,4	1,4	65	61,9	1,6	70	62,8	0,7	83,3	65	81,4	1,9	70	82,5	0,8		
		12	156	65	68,4	3,9	1,9	65	62,2	2,3	70	63,1	1,4	83,5	65	80,1	3,4	70	83,0	0,6		
Mittelwerte 1-12				63,8	67,9	4,0	2,0	-	61,9	1,9	-	62,8	1,0	82,9	-	80,2	2,7	-	82,4	0,5		
6	2	1	157	64	68,1	4,4	2,4	64	62,0	1,7	69	62,8	0,9	84,2	64	82,9	1,3	69	83,9	0,2		
		2	158	64	68,7	5,1	3,1	65	61,5	2,1	70	62,1	1,5	83,1	65	81,2	1,9	70	82,0	1,1		
		3	159	63	67,6	4,3	2,3	65	61,9	1,4	70	62,6	0,7	82,8	65	81,5	1,2	70	82,6	0,2		
		4	160	64	67,3	3,8	1,8	65	61,8	1,7	70	62,6	0,9	83,2	65	81,7	1,5	70	82,9	0,2		
		5	161	64	69,9	6,0	4,0	66	62,1	1,8	71	62,9	1,0	83,3	66	82,4	1,0	71	83,0	0,3		
		6	162	63	65,4	2,9	0,9	64	61,4	1,1	69	62,3	0,2	83,0	64	82,6	0,4	69	83,0	0,0		
		7	163	64	66,9	3,4	1,4	65	61,7	1,8	70	62,9	0,6	83,3	65	81,9	1,4	70	83,2	0,1		
		8	164	63	66,4	3,8	1,8	65	61,3	1,3	70	62,3	0,3	81,5	65	80,7	0,8	68	81,5	0,1		
		9	165	64	67,7	3,3	1,3	65	62,6	1,8	70	63,5	0,9	83,8	65	82,2	1,6	70	83,2	0,6		
		10	166	65	69,0	4,2	2,2	65	62,0	2,8	70	62,8	2,0	83,5	65	80,3	3,2	70	82,2	1,3		
		11	167	62	66,0	3,8	1,8	64	60,5	1,7	69	61,5	0,7	81,4	64	80,4	1,0	69	81,1	0,2		
		12	168	62	65,9	3,6	1,6	63	60,1	2,2	68	61,2	1,1	81,5	63	80,1	1,4	68	81,0	0,5		
Mittelwerte 1-12				63,4	67,6	4,1	2,1	-	61,6	1,8	-	62,5	0,9	83,0	-	81,6	1,4	-	82,5	0,4		
6	3	1	169	61	64,8	3,6	1,6	66	59,7	1,5	71	60,5	0,7	80,1	66	78,7	1,4	71	79,7	0,4		
		2	170	61	64,5	3,8	1,8	63	58,7	2,0	68	60,1	0,6	79,7	63	79,1	0,6	68	79,7	0,0		
		3	171	62	66,5	4,3	2,3	66	60,2	2,0	71	61,1	1,1	80,7	66	78,8	1,9	71	79,9	0,8		
		4	172	62	67,8	5,7	3,7	65	59,3	2,8	70	60,1	2,0	80,1	65	77,8	2,4	70	78,6	1,6		
		5	173	63	66,9	4,0	2,0	68	59,6	3,3	73	61,2	1,7	81,0	68	77,1	3,9	73	79,2	1,8		
		6	174	59	62,5	3,6	1,6	65	58,4	0,5	70	58,9	0,0	78,5	65	78,5	0,0	70	78,5	0,0		
		7	175	58	61,4	3,5	1,5	64	57,3	0,6	69	57,9	0,0	77,8	64	77,8	0,0	69	77,8	0,0		
		8	176	60	64,8	5,1	3,1	63	57,6	2,1	68	58,7	1,0	78,3	63	77,2	1,1	68	77,8	0,5		
		9	177	60	64,4	4,2	2,2	66	59,4	0,8	71	60,2	0,0	79,4	66	79,1	0,3	71	79,4	0,0		
		10	178	61	65,4	4,6	2,6	65	58,9	1,9	70	59,9	0,9	79,1	65	77,8	1,3	70	78,8	0,3		
		11	179	59	62,1	3,6	1,6	66	58,2	0,3	71	58,5	0,0	78,2	66	78,0	0,2	71	78,2	0,0		
		12	180	59	62,4	3,8	1,8	64	57,4	1,2	69	58,6	0,0	78,0	64	77,9	0,1	69	78,0	0,0		
Mittelwerte 1-12				60,6	64,9	4,2	2,2	-	58,8	1,8	-	59,8	0,8	79,4	-	78,2	1,2	-	78,9	0,5		

Tab. 5-7: Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

5.5 Ergebnisse Straßencharakteristik 4 – Kreuzung einer Großstadt

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 4 „Kreuzung Großstadt“ (s. Tabelle 5-5) zeigen, dass insbesondere auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Lkw (Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht) sowie im Zusammenhang mit Transportern, Sportwagen, Motorrädern/Rollern, Hupen und Beschleunigen/Abfahren auftreten. Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit „schnellen“ Pkw auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 0,5 dB(A) bis 1,0 dB(A).

Hinweis: Die rot markierten Messungen 04_01_03, 04_01_06 und 04_01_08 wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da hier Geräusche durch ein Martinshorn pegelbestimmend waren.

5.6 Ergebnisse Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr in Großstadtnähe

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 5 „Kreisverkehr“ (s. Tabelle 5-6) zeigen, dass insbesondere

auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Lkw (Druckluftbremse, Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht, Hupen) sowie im Zusammenhang mit Transportern, Sportwagen und Motorrädern/Rollern auftreten. Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Pkw (Pkw fährt über Kies, „altes“ Kfz) und Bussen auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 1,0 dB(A) bis 2,0 dB(A).

5.7 Ergebnisse Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße einer Kleinstadt

Die Ergebnisse für die Straßenkategorie 6 „Durchgangsstraße Kleinstadt“ (s. Tabelle 5-7) zeigen, dass insbesondere auffällige Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Lkw (Druckluftbremse, Anhänger/Ladefläche klappert/quietscht, Hupen) sowie im Zusammenhang mit Transportern, Sportwagen und Motorrädern/Rollern auftreten. Vereinzelt treten Geräuschspitzen im Zusammenhang mit Traktoren

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

Tab. 5-8: Zusammenfassende Darstellung – messtechnisch ermittelter Einfluss Pegelspitzen

und „Straßenschäden“ (Pkw bzw. Fahrzeug mit Anhänger fährt über ein Schlagloch) auf. Der Einfluss dieser Pegelspitzen beträgt etwa 1,0 dB(A) bis 2,0 dB(A).

5.8 Ergebnisse – Zusammenfassung

Die Tabelle 5-8 fasst die Ergebnisse zum Einfluss von Pegelspitzen auf den Mittelungspegel für beide Messpunkte (Abstand 7,5 m und 25 m) zusammen. Es lassen sich folgende grundsätzlichen Schlussfolgerungen ableiten:

- Straßencharakteristik: Für Straßen mit weniger Verkehr und Fahrspuren sowie geringeren Geschwindigkeiten steigt der Einfluss von Pegelspitzen aufgrund des geringeren Grundgeräuschpegels (zur Verdeutlichung roter Pfeil in Tabelle 5-8).
- Verkehrszustand: Tendenziell steigt der Einfluss von Pegelspitzen, je geringer die Verkehrsmenge ist (zur Verdeutlichung grüner Pfeil in Tabelle 5-8).
- Immissionsort: Mit zunehmendem Abstand verringert sich der Einfluss von Pegelspitzen (zur Verdeutlichung blauer Pfeil in Tabelle 5-8).

6 Ausbreitungsberechnungen

6.1 Allgemeines

Für alle Messsituationen wurde ein schalltechnisches Rechenmodell unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten mit Einfluss auf die Schallausbreitung (insbesondere Gebäude) erstellt. Die Schallausbreitungsberechnungen erfolgten mit der Software IMMI [18].

Für die normgerechte Berechnung nach RLS-90 [4] (derzeitig verbindliche Norm nach Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV [11]) wurden die während der Messung erhobenen Verkehrsdaten (stündliche Verkehrsmenge M in Kfz/h, Schwerverkehrsanteil p in % mit einem zulässigen Gesamtgewicht $> 2,8$ t) angesetzt. Nach RLS-90 [4] wird bei mehrstreifigen Straßen je eine Schallquelle in 0,5 m Höhe über den Mitten der beiden äußeren Fahrstreifen angesetzt.

Für die vergleichende Berechnung nach RLS-19 [5] (aktuell erschienen, aber derzeit noch nicht verbind-

lich) wurden die während der Messung erhobenen Verkehrsdaten (stündliche Verkehrsmenge M in Kfz/h, Schwerverkehrsanteile p_1 in % (Lastkraftwagen ohne Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t und Busse) und p_2 in % (Lastkraftwagen mit Anhängern bzw. Sattelzugfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t und Motorräder) angesetzt. Nach RLS-19 [5] wird für jede Fahrtrichtung eine eigene Quelllinie angesetzt (eine Straße = zwei Quelllinien), bei einem Fahrstreifen über der Mitte dieses Fahrstreifens, bei zwei Fahrstreifen über der Mitte des äußeren Fahrstreifens, bei drei oder vier Fahrstreifen über der Trennlinie der äußeren beiden Fahrstreifen und bei fünf oder mehr Fahrstreifen über der Mitte des zweitäußeren Fahrstreifens.

Die Geschwindigkeiten wurden in zwei Varianten berücksichtigt, zum einen die jeweils zulässigen Höchstgeschwindigkeiten (Var. 1) und zum anderen die tatsächlich gemessenen (mittleren) Geschwindigkeiten (Var. 2). Dabei wurden folgende Regelungen beachtet:

- Sowohl nach RLS-19 [5] als auch nach RLS-90 [4] ist für zulässige Höchstgeschwindigkeiten unter 30 km/h von einer Geschwindigkeit von $v = 30$ km/h auszugehen. Dies betrifft den Verkehrszustand „stop & go“ bei allen sechs untersuchten Straßencharakteristiken.
- Sowohl nach RLS-19 [5] als auch nach RLS-90 [4] ist bei keiner Geschwindigkeitsbeschränkung für Pkw von $v = 130$ km/h auszugehen. Geschwindigkeiten > 130 km/h traten während der Messungen nur bei einzelnen Vorbeifahrten auf. Die mittleren gemessenen Geschwindigkeiten traten mit $v < 130$ km/h auf.
- Zu Gunsten der Betroffenen wird in den RLS-19 [5] für Lkw auf einbahnigen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften $v = 80$ km/h (statt $v = 60$ km/h) angesetzt. Dies betrifft die Straßencharakteristik „Ausfallstraße“ und wurde sowohl für die Berechnungen nach RLS-19 [5] als auch (aus Gründen der Vergleichbarkeit) für die Berechnungen nach RLS-90 [4] berücksichtigt, wenngleich nach RLS-90 [4] eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von $v = 60$ km/h anzusetzen wäre.
- Zu Gunsten der Betroffenen wird in den RLS-19 [5] für Lkw auf Autobahnen und Kraftfahrstraßen mit Fahrbahnen für eine Richtung, die durch Mittelstreifen oder sonstige bauliche Einrichtungen

getrennt sind, eine zulässige Geschwindigkeit von $v = 90$ km/h (statt $v = 80$ km/h) angesetzt. Dies betrifft die Straßencharakteristik „Autobahn“ und wurde nur für die Berechnungen nach RLS-19 [5] berücksichtigt, da nach RLS-90 [4] die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Lkw höchstens $v = 80$ km/h beträgt. Bei der Berechnung nach RLS-90 [4] wurde daher in der Variante „tatsächlich gemessene Geschwindigkeit“ eine Geschwindigkeit von $v = 80$ km/h angesetzt, wenngleich eine höhere Geschwindigkeit von bspw. 84 km/h gemessen wurde.

Steigungen/Gefälle, Straßendeckschichten, Mehrfachreflexionen und sonstige Abschirmungen (Wälle/Gelände, Schallschutzwände, Einschnitts- und Troglagen, Teil- und Vollabdeckungen) spielen keine Rolle. Bei der Wahl der Messorte wurde hierauf geachtet, insbesondere auf eine freie Schallausbreitung zwischen Straße und Messpunkten sowie auf die Tatsache, dass keine Zu- oder Abschlänge zu vergeben sind (z. B. „Nicht geriffelter Gussasphalt“ als Straßendeckschicht).

Der Zuschlag für die erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen ist nur für die Straßencharakteristik „Kreuzung einer Großstadt“ von Bedeutung. Der Zuschlag ist sowohl nach RLS-19 [5] als auch nach RLS-90 [4] in Abhängigkeit vom Abstand zum Knotenpunkt mit bis zu 3 dB(A) zu vergeben. Gemäß RLS-19 [5] ist zudem eine Knotenpunktskorrektur von bis zu $K_{KT} = 2$ dB für Kreisverkehre zu berücksichtigen; in der RLS-90 [4] existieren keine Aussagen zu Kreisverkehren. Der Zuschlag bzw. die Knotenpunktskorrektur werden in den nachfolgenden Kapiteln zu den Straßencharakteristiken „Kreuzung“ und „Kreisverkehr“ anhand der Berechnungsergebnisse diskutiert.

Die Beurteilungspegel nach RLS-19 [5] und RLS-90 [4] gelten für leichten Wind (etwa 3 m/s) von der Straße zum Immissionsort und/oder Temperaturinversion, die beide die Schallausbreitung begünstigen. Bei anderen Witterungsbedingungen können niedrigere Pegel auftreten, insbesondere in Bodennähe und bei langen Ausbreitungswegen.

Die Schallausbreitungssoftware IMMI [18] hat die RLS-19 [5] implementiert. Hierzu gibt es derzeit noch keine Konformitätserklärungen; Testaufgaben werden hierfür erst entwickelt.

Im Folgenden wurden Ausbreitungsberechnungen unter Berücksichtigung der folgenden Messergebnisse durchgeführt und ausgewertet:

- Vergleich Messergebnisse und Ausbreitungsberechnungen ohne Zu-/Abschlänge im Mittelungspegel durch Pegelspitzen und durch verschiedene Verkehrssituationen (fließend, stop & go, gering).
- Vergleich Messergebnisse und Ausbreitungsberechnungen mit Zu-/Abschlängen im Mittelungspegel durch Pegelspitzen (siehe Tabelle 52 bis Tabelle 5-7 bzw. Tabelle 5-8).
- Vergleich Messergebnisse und Ausbreitungsberechnungen mit Zu-/Abschlängen im Mittelungspegel durch verschiedene Verkehrssituationen (fließend, stop & go, gering).

6.2 Ergebnisse – Ausbreitungsberechnungen, Vergleich mit Messergebnissen

Anlage 6 enthält die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen für die beiden Messpunkte und einen Vergleich mit den Messergebnissen. Zudem sind in Anlage 6 die relevanten Eingangsdaten für die Berechnungen (Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten) enthalten. Folgendes ist ersichtlich:

- Die Berechnungen auf Grundlage der zulässigen Geschwindigkeiten führen beim Verkehrszustand „stop & go“ zu deutlich höheren Pegeln, da die tatsächlichen Geschwindigkeiten deutlich unter $v = 30$ km/h lagen. Daher sollte für den Verkehrszustand „stop & go“ der Vergleich der Messung mit der Prognoseberechnung auf Grundlage der tatsächlich gemessenen Geschwindigkeiten erfolgen. Bei den beiden Verkehrszuständen „frei fließend“ und „gering“ sollte der Vergleich der Messung mit der Prognoseberechnung auf Grundlage der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten (= normgerechte Berechnung) erfolgen.
- Der Vergleich der Messung mit der Prognoseberechnung für die Straßencharakteristik 2 „Ausfallstraße“ ist am Messpunkt MP 2 (Abstand 25 m) nicht möglich, da am Messpunkt MP 2 naturbedingte Fremdgeräusche (Grillen) auftraten, die nicht ausgeblendet werden können. Bzw. eine Fremdgeräuschkorrektur ist nicht möglich.

Straßen- charakteristik		Einfluss Pegelspitzen aus Messung	Pegeldifferenz Prognose ($v_{zul.}$) – Messung		
			RLS-90 [4]	RLS-19 [5]	Standard- abweichung
1	BAB	ca. 0,5 – 1 dB(A)	mind. +1,2 dB(A)	mind. +2,5 dB(A)	0,4 – 1,8 dB(A)
2	Ausfallstr.	ca. 0,5 – 1 dB(A)	mind. +3,1 dB(A) ¹⁾	mind. +5,2 dB(A) ¹⁾	0,6 – 1,6 dB(A)
3	Boulevard	ca. 0,5 – 1 dB(A)	mind. +1,6 dB(A) ²⁾	mind. +2,2 dB(A) ²⁾	1,2 – 1,3 dB(A)
			< 0 dB(A) ³⁾	< 0 dB(A) ³⁾	1,4 dB(A)
4	Kreuzung	ca. 0,5 – 1 dB(A)	mind. +1,4 dB(A)	mind. +2,4 dB(A)	0,9 – 1,2 dB(A)
5	Kreisverkehr	ca. 1 – 2 dB(A)	mind. +2,8 dB(A)	mind. +4,6 dB(A)	1,2 – 1,9 dB(A)
6	Kleinstadt	ca. 1 – 2 dB(A)	mind. +2,3 dB(A)	mind. +3,9 dB(A)	0,8 – 1,6 dB(A)

¹⁾ Messpunkt MP 2 aufgrund von Fremdgeräuschen nicht auswertbar
²⁾ Verkehrszustände „frei fließend“ und „stop & go“
³⁾ Verkehrszustand „gering“

Tab. 6-1: Vergleich Einfluss Pegelspitzen gemäß Messungen und Differenz Mess-/Prognosewerte

Für die Auswertung wird auf diese Ergebnisse (negative Pegel in Anlage 6) kein Bezug genommen.

- Die Berechnungen nach RLS-90 [4] führen an beiden Messpunkten (7,5 m und 25 m Abstand) im Mittel zu etwa 3 dB(A) höheren Pegeln.
- Die Berechnungen nach RLS-19 [5] führen an beiden Messpunkten (7,5 m und 25 m Abstand) im Mittel zu 4,5 dB(A) höheren Beurteilungspegeln. Damit führen die Berechnungen nach RLS-19 [5] i. d. R. zu etwa 1,5 dB(A) höheren Pegeln als die Berechnungen nach RLS-90 [4].
- Der Einfluss der Pegelspitzen wurde in Kapitel 5 zu den in Tabelle 6-1 dargestellten Werten ermittelt. Da die Differenzen zwischen den Pegeln aus den Prognosen und Messungen nahezu für alle Straßencharakteristiken und alle Verkehrszustände über diesen Werten liegen, kann geschlossen werden, dass etwaige Pegelspitzen in den Prognoseberechnungen bereits mit erfasst sind bzw. erwartet werden kann, dass die messtechnisch ermittelten auffälligen Pegelspitzen einen geringen Einfluss auf die berechneten Verkehrslärmpegel haben. Eine Ausnahme stellt die Messung des Verkehrszustandes „gering“ für die Straßencharakteristik „Boulevard“ dar; hier zeigen die Prognoseberechnungen am Messpunkt MP 1 (Abstand 7,5 m) geringere Pegel als gemessen.
- Die Abweichungen zwischen Prognose und Messung liegen in guter Näherung im Bereich der gemessenen Standardabweichung (vgl. Tabelle 4-1).

Der Zuschlag für die erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen ist bei den Ergebnissen zur Straßencharakteristik „Kreuzung einer Großstadt“ nicht berücksichtigt. Ebenso ist die Knotenpunktkorrektur bei den Ergebnissen zur Straßencharakteristik „Kreisverkehr“ bei der Berechnung nach RLS-19 [5] nicht berücksichtigt.

- Nach RLS-90 [4] müssten die Pegel bei der Straßencharakteristik „Kreuzung einer Großstadt“ um $K = 3$ dB(A) erhöht werden (Abstand Messpunkte vom nächsten Schnittpunkt der Achse von sich kreuzenden oder zusammentreffenden Fahrstreifen < 40 m).
- Nach RLS-19 [5] müssten die Pegel bei der Straßencharakteristik „Kreuzung einer Großstadt“ um $D_{K,KT}(x) = 2,5 / 2,4$ dB(A) (MP1 / MP2) erhöht werden (Abstand Messpunkte vom nächsten Schnittpunkt von sich kreuzenden oder zusammentreffenden Quelllinien = 20 bzw. 25 m).
- Nach RLS-19 [5] müssten die Pegel bei der Straßencharakteristik „Kreisverkehr“ um $D_{K,KT}(x) = 1,75 / 1,50$ dB(A) (MP1 / MP2) erhöht werden (Abstand Messpunkte vom nächsten Schnittpunkt von sich kreuzenden oder zusammentreffenden Quelllinien = 15 bzw. 30 m).

6.3 Ergebnisse – Einfluss von Pegelspitzen

Für die Ausbreitungsberechnungen erfolgte die Untersuchung zum Einfluss der Pegelspitzen nach folgender Vorgehensweise.

Straßenkat.	Zu- stand	RLS-90, vzul.		RLS-19, vzul.		Messung mit Spitzen		Messung ohne Spitzen		Spitzen		RLS-90 + Spitzen		RLS-19 + Spitzen					
		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				
in dB(A)																			
BAB	fließend	79,8	74,1	81,9	76,1	78,6	72,6	78,4	72,5	65,1	56,2	80,0	0,1	74,1	0,1	81,9	0,1	76,2	0,0
	s&g	84,1	78,5	85,0	80,3	71,6	68,2	71,0	68,0	62,7	54,7	84,1	0,0	78,6	0,0	85,0	0,0	80,3	0,0
	gering	75,0	70,2	77,0	72,2	72,6	66,8	70,9	66,0	67,7	59,1	75,8	0,7	70,5	0,3	77,5	0,5	72,4	0,2
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,1	-	0,2	-	0,1
Ausfall	fließend	76,1	70,4	77,4	72,2	72,2	67,0	71,3	66,7	64,9	55,2	76,4	0,3	70,5	0,1	77,6	0,2	72,2	0,1
	s&g	76,8	71,3	77,7	72,2	72,6	67,5	71,3	66,4	66,7	61,0	77,2	0,4	71,7	0,4	78,1	0,3	72,5	0,3
	gering	72,0	66,2	74,3	69,1	68,7	63,1	68,2	62,9	59,1	49,6	72,2	0,2	66,3	0,1	74,4	0,1	69,2	0,0
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Boulevard	fließend	77,6	72,1	78,7	73,7	75,4	68,6	75,1	68,5	63,6	52,2	77,7	0,2	72,1	0,0	78,8	0,1	73,7	0,0
	s&g	77,0	71,6	78,6	73,7	71,6	66,2	71,1	65,9	62,0	54,4	77,1	0,1	71,7	0,1	78,7	0,1	73,7	0,1
	gering	73,9	68,5	73,9	68,9	74,2	67,6	73,3	67,0	66,9	58,7	74,7	0,8	69,0	0,4	74,7	0,8	69,3	0,4
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	0,2	-	0,4	-	0,2
Kreuzung	fließend	73,8	69,2	74,8	70,3	69,4	65,0	67,9	64,1	64,1	57,7	74,3	0,4	69,5	0,3	75,1	0,4	70,5	0,2
	s&g	74,0	69,2	74,8	70,1	70,0	65,2	68,5	64,2	64,7	58,3	74,5	0,5	69,6	0,3	75,2	0,4	70,4	0,3
	gering	72,1	67,2	73,3	68,6	69,5	64,7	67,8	63,6	64,6	58,2	72,8	0,7	67,7	0,5	73,9	0,5	68,9	0,4
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	0,4	-	0,4	-	0,3
KV	fließend	70,0	64,1	71,4	65,7	65,9	60,5	63,4	59,7	62,3	52,8	70,7	0,7	64,4	0,3	71,9	0,5	65,9	0,2
	s&g	70,0	64,2	71,6	66,0	64,4	60,3	62,6	59,7	59,7	51,4	70,4	0,4	64,4	0,2	71,8	0,3	66,1	0,1
	gering	67,7	61,6	68,2	62,5	62,4	57,6	60,0	56,8	58,7	49,9	68,2	0,5	61,9	0,3	68,6	0,5	62,7	0,2
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	0,3	-	0,4	-	0,2
Kleinstadt	fließend	69,4	63,7	71,3	65,5	63,8	59,6	61,9	58,8	59,3	51,9	69,8	0,4	64,0	0,3	71,5	0,3	65,6	0,2
	s&g	70,3	64,5	71,7	66,0	63,4	59,3	61,6	58,5	58,7	51,6	70,6	0,3	64,7	0,2	71,9	0,2	66,1	0,2
	gering	64,9	59,2	67,7	62,0	60,6	56,9	58,8	56,0	55,9	49,6	65,4	0,5	59,6	0,5	67,9	0,3	62,2	0,2
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	0,3	-	0,3	-	0,2

Tab. 6-2: Einfluss Pegelspitzen auf berechnete Ausbreitungspegel, Var. a gemäß Bild 5-2

Straßenkat.	Zu- stand	RLS-90, vzul.		RLS-19, vzul.		Messung mit Spitzen		Messung ohne Spitzen		Spitzen		RLS-90 + Spitzen		RLS-19 + Spitzen					
		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				
in dB(A)																			
BAB	fließend	79,8	74,1	81,9	76,1	78,6	72,6	78,6	72,6	0,0	0,0	79,8	0,0	74,1	0,0	81,9	0,0	76,1	0,0
	s&g	84,1	78,5	85,0	80,3	71,6	68,2	71,4	68,1	58,1	51,8	84,1	0,0	78,5	0,0	85,0	0,0	80,3	0,0
	gering	75,0	70,2	77,0	72,2	72,6	66,8	71,6	66,4	65,7	56,2	75,5	0,5	70,4	0,2	77,4	0,3	72,3	0,1
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,1	-	0,1	-	0,0
Ausfall	fließend	76,1	70,4	77,4	72,2	72,2	67,0	72,0	66,9	58,7	50,6	76,2	0,1	70,4	0,0	77,4	0,1	72,2	0,0
	s&g	76,8	71,3	77,7	72,2	72,6	67,5	71,9	67,0	64,3	57,9	77,0	0,2	71,5	0,2	77,9	0,2	72,4	0,2
	gering	72,0	66,2	74,3	69,1	68,7	63,1	68,6	63,1	52,3	0,0	72,0	0,0	66,2	0,0	74,3	0,0	69,1	0,0
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Boulevard	fließend	77,6	72,1	78,7	73,7	75,4	68,6	75,3	68,5	59,0	52,2	77,6	0,1	72,1	0,0	78,7	0,0	73,7	0,0
	s&g	77,0	71,6	78,6	73,7	71,6	66,2	71,4	66,1	58,1	49,8	77,0	0,1	71,6	0,0	78,6	0,0	73,7	0,0
	gering	73,9	68,5	73,9	68,9	74,2	67,6	73,9	67,4	62,4	54,1	74,2	0,3	68,7	0,2	74,2	0,3	69,1	0,1
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Kreuzung	fließend	73,8	69,2	74,8	70,3	69,4	65,0	69,0	64,9	58,8	48,6	74,0	0,1	69,2	0,0	74,9	0,1	70,3	0,0
	s&g	74,0	69,2	74,8	70,1	70,0	65,2	69,7	65,0	58,2	51,7	74,1	0,1	69,3	0,1	74,8	0,1	70,2	0,1
	gering	72,1	67,2	73,3	68,6	69,5	64,7	69,1	64,5	58,9	51,2	72,3	0,2	67,3	0,1	73,5	0,2	68,6	0,1
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,1	-	0,1	-	0,1
KV	fließend	70,0	64,1	71,4	65,7	65,9	60,5	64,2	60,0	61,0	50,9	70,5	0,5	64,3	0,2	71,8	0,4	65,9	0,1
	s&g	70,0	64,2	71,6	66,0	64,4	60,3	63,5	60,1	57,1	46,8	70,2	0,2	64,2	0,1	71,7	0,2	66,0	0,1
	gering	67,7	61,6	68,2	62,5	62,4	57,6	61,4	57,3	55,5	45,8	67,9	0,3	61,7	0,1	68,4	0,2	62,6	0,1
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,1	-	0,3	-	0,1
Kleinstadt	fließend	69,4	63,7	71,3	65,5	63,8	59,6	62,8	59,2	56,9	49,0	69,7	0,2	63,9	0,1	71,4	0,2	65,6	0,1
	s&g	70,3	64,5	71,7	66,0	63,4	59,3	62,5	58,9	56,1	48,7	70,4	0,2	64,6	0,1	71,8	0,1	66,0	0,1
	gering	64,9	59,2	67,7	62,0	60,6	56,9	59,8	56,6	52,9	45,1	65,1	0,3	59,3	0,2	67,8	0,1	62,0	0,1
	Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,1	-	0,1	-	0,1

Tab. 6-3: Einfluss Pegelspitzen auf berechnete Ausbreitungspegel, Var. b gemäß Bild 5-2

Straßenkat.	Zu- stand	Impuls- haltigkeit		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 1	Var. A		Var. B		Var. A		Var. B	
		MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2	MP 1	MP 1	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	0,1	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

Tab. 6-4: Zusammenfassende Darstellung – mess-/prognosetechnischer Pegelspitzenfluss

Die berechneten Pegel nach RLS-19 [5] und RLS-90 [4] enthalten zunächst keine auffälligen Pegelspitzen, wie z. B. „laute“, schnelle Kfz oder Hupen oder Lkw-Druckluftbremsgeräusche. Die auffälligen Pegelspitzen wurden anhand der Mess- und Auswertungsergebnisse aus Kapitel 5 (siehe Tabelle 5-2 bis Tabelle 5-7) berücksichtigt, indem eine Summenbildung mit den berechneten Pegeln erfolgte:

$$L_{Gesamt} = 10 \lg[10^{0,1L_{Ber.}} + 10^{0,1L_{Spitzen}}] \text{ dB(A)}$$

(Formel 6.1)

Die Ergebnisse sind in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 enthalten. Es zeigt sich, dass die nach RLS-90 [4] und nach RLS-19 [5] ermittelten Pegel bei „Ausblenden“ aller Pegelspitzen, die höher als das Maximum in der Häufigkeitsverteilung liegen (Variante a), am Messpunkt MP 1 (Abstand 7,5 m zur nächstgelegenen Fahrstreifenmitte) um bis zu 0,7 dB(A) und am Messpunkt MP 2 (Abstand 25 m zur nächstgelegenen Fahrstreifenmitte) um bis zu 0,5 dB(A) erhöht werden.

Bei „Ausblenden“ aller Pegelspitzen, die von der Normalverteilung abweichen (Variante b), erhöhen

sich die nach RLS-90 [4] ermittelten Pegel am Messpunkt MP 1 um bis zu 0,5 dB(A) und am Messpunkt MP 2 um bis zu 0,3 dB(A). Die nach RLS-19 [5] ermittelten Pegel erhöhen sich am Messpunkt MP 1 und am Messpunkt MP 2 um bis zu 0,4 dB(A).

Gegenüber dem Einfluss auffälliger Pegelspitzen auf die gemessenen Werte haben die auffälligen Pegelspitzen auf die prognostizierten Werte einen erkennbar geringeren Einfluss (s. Tabelle 6-4). Dies entspricht der Erwartung, da die Prognoseberechnungen i. d. R. zu höheren Pegeln führen.

6.4 Ergebnisse – Einfluss verschiedener Verkehrssituationen/-zustände

Die verschiedenen Verkehrssituationen (fließend, stop & go, gering) können je nach Zusammensetzung einen Einfluss auf den Beurteilungspegel im 16-stündigen Tagzeitraum und 8-stündigen Nachtzeitraum haben. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

abweicht. Die unterschiedlichen Verkehrsmengen in den einzelnen Verkehrssituationen werden dagegen durch die Verwendung der maßgeblichen stündlichen Verkehrsmenge erfasst und dadurch bereits berücksichtigt.

Zur Beantwortung der Fragestellung, inwiefern sich der Beurteilungspegel in Abhängigkeit von der Verkehrssituation bzw. der Geschwindigkeit ändern kann, wurden zusätzliche Auswertungen anhand der durchgeführten Messungen und Prognoseberechnungen durchgeführt. Die Auswertung diesbezüglich erfolgt anhand der Straßencharakteristik „Boulevard“, da hier deutliche Differenzen zwischen den Verkehrssituationen „fließend/gering“ und „stop & go“ festgestellt wurden. Die anderen Straßencharakteristiken sind im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht für eine derartige Auswertung geeignet:

- Straßencharakteristik 1 „BAB“ und 2 „Ausfallstraße“: Die Messungen mussten an zwei verschiedenen Autobahnen durchgeführt werden (insbesondere unterschiedliche Schwerverkehrsanteile) und erlauben daher keinen direkten Vergleich.
- Straßencharakteristik 4 „Kreuzung“, 5 „Kreisverkehr“ und 6 „Kleinstadt“: Die Messungen zeigen aufgrund der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten, dass die Pegel zwischen den einzelnen Verkehrssituationen nicht relevant differieren. Ursächlich sind die geringen Unterschiede in der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit. Aufgrund der Ampel und der Kreisverkehre wurden auch in den Verkehrssituationen „fließend“ und „gering“ vergleichsweise niedrige durchschnittliche Geschwindigkeiten festgestellt, die sich nicht deutlich von der Mindestgeschwindigkeit $v = 30 \text{ km/h}$ nach RLS-19 [5] und RLS-90 [4] unterscheiden. Dies entspricht auch der Erwartung für diese Straßencharakteristiken.

Die Straßencharakteristik 3 „Boulevard“ eignet sich für die Auswertung demgegenüber sehr gut und die Ergebnisse können auch auf vergleichbare Straßentypen (keine Unterbrechung des Verkehrsflusses durch Ampeln und Kreisverkehre), d. h. zum Beispiel Ringstraßen in Städten, Bundes-/Landstraße und Autobahnen übertragen werden. Lichtzeichen-geregelte Kreuzungen bzw. Kreisverkehre beeinflussen hier nicht die Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit ist somit ausschließlich vom Verkehrsfluss bzw. der Verkehrsauslastung abhängig.

Zur Auswertung wurden zum einen die gemessenen Pegel und zum anderen die prognostizierten Pegel für die Verkehrszustände „frei fließend“ (stündliche Verkehrsmenge $M = 3.909 \text{ Kfz/h}$) und „stop & go“ (stündliche Verkehrsmenge $M = 4.004 \text{ Kfz/h}$) in Abhängigkeit von der Dauer des Auftretens in den Beurteilungszeiträumen Tag (6-22 Uhr) und Nacht (22-6 Uhr) zusammengestellt. Die Ermittlung des Einflusses auf den Beurteilungspegel für den gesamten Tagzeitraum (16 Stunden zwischen 6-22 Uhr) erfolgte nach folgendem Zusammenhang:

$$L_r = 10 \lg \left[\frac{t_1}{T_r} 10^{0,1L_1} + \frac{t_2}{T_r} 10^{0,1L_2} \right] \text{ dB(A)} \quad (\text{Formel 6.2})$$

L_r Beurteilungspegel in dB(A)

T_r Beurteilungszeitraum Tag (6-22 Uhr) bzw. Nacht (22-6 Uhr) in h

t_1 Einwirkzeit des Verkehrszustandes 1 in h

t_2 Einwirkzeit des Verkehrszustandes 2 in h

L_1 Schalldruckpegel des Verkehrszustandes 1 in dB(A)

L_2 Schalldruckpegel des Verkehrszustandes 2 in dB(A)

Zur Berechnung wurde die Einwirkzeit des Verkehrszustandes 1 stundenweise erhöht und gleichzeitig die Einwirkzeit des Verkehrszustandes 2 stundenweise verringert. Die Auswertung erfolgte sowohl für die gemessenen Pegel mit den tatsächlich gefahrenen (durchschnittlichen) Geschwindigkeiten als auch für die prognostizierten Pegel nach RLS-19 [5] und RLS-90 [4] mit der höchstzulässigen Geschwindigkeit für den Verkehrszustand „frei fließend“ und der nach RLS-19 [5] und RLS-90 [4] anzusetzenden Mindestgeschwindigkeit $v = 30 \text{ km/h}$ für den Verkehrszustand „stop & go“. Bei Ansatz der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für den Verkehrszustand „stop & go“ würden andernfalls keine relevanten Differenzen resultieren. Die Berechnungsergebnisse sind in Bild 6-1 dargestellt.

Anhand der gemessenen sowie prognostizierten Verkehrslärmpegel zeigt sich, dass bei einer sehr hohen Verkehrsauslastung, die ganztags zum Verkehrszustand „stop & go“ führt, um bis zu 3 bis 4 dB(A) geringere Beurteilungspegel resultieren könnten. Mit zunehmendem „stop & go“-Verkehr nehmen die Beurteilungspegel ab. Dies gilt glei-

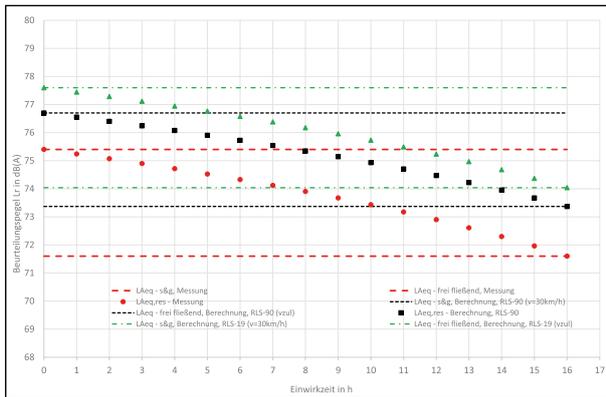


Bild 6-1: Einfluss von Verkehrssituationen auf den Beurteilungspegel tags (6-22 Uhr)

chernaßen für die berechneten bzw. prognostizierten Pegel.

Bildet man nun die Differenzpegel zwischen resultierendem Beurteilungspegel in Abhängigkeit der Einwirkzeit bzw. zunehmendem „stop & go“-Verkehrsanteil und berechnetem Verkehrslärmpegel für frei fließenden Verkehr, lassen sich die in Bild 6-2 dargestellten Näherungen für eine Pegelkorrektur ableiten.

$$K_{s\&g}(t) = 10 * \log\left(\frac{1}{n} * (10^{L_{ff} * (n-t) * 0,1} + 10^{L_{sg} * t * 0,1})\right) \text{ dB(A)} \quad \text{(Formel 6.3)}$$

$K_{s\&g}(t)$ Pegelkorrektur (ohne Berücksichtigung der Verkehrsleistung) in Abhängigkeit von der Verkehrszusammensetzung in dB

n Gesamtanzahl der vollen Stunden im Tagegang ($n = 16$)

t Variable $t = 1, 2, \dots, 15, 16$ in h in 1-Stunden-Schritten

L_{ff} Pegelwert für Verkehrszustand frei fließend in dB(A)

L_{sg} Pegelwert für Verkehrszustand stop & go in dB(A)

In Bild 6-1 und Formel 6.3 ist nicht berücksichtigt, dass Verkehr, der während eines Staus oder bei stop & go nicht fließt, üblicherweise in den Zeiten ohne Stau oder stop & go nachgeholt wird. Somit treten in den Zeiten des nachholenden Verkehrs höhere Pegel auf. Dies wird im Folgenden durch eine Korrektur anhand der Verkehrsleistung, dem Produkt aus Verkehrsmenge und (Reise-)Geschwindigkeit, berücksichtigt. Somit resultieren bei einer sehr hohen Verkehrsauslastung, die ganztags zum

Verkehrszustand „stop & go“ führt, um bis zu etwa 1,0 bis 1,5 dB(A) geringere Beurteilungspegel.

$$k_{VL}(t) = K_{s\&g} + \left(10 * \log\left(\left(M_{ff}(n) * v_{ff}(n)\right) - 10 * \log\left(VL(t)\right)\right)\right) \text{ dB(A)} \quad \text{(Formel 6.4)}$$

$$VL(t) = \left(\frac{M_{ff} * (n-t) + M_{sg} * t}{n}\right) * \left(\frac{v_{ff} * (n-t) + v * t}{n}\right) \frac{Kfz * km}{h} \quad \text{(Formel 6.5)}$$

$k_{VL}(t)$ Pegelkorrektur für die Verkehrsleistung VL, Produkt aus stündlicher Verkehrsmenge und durchschnittlicher Geschwindigkeit, in dB

$VL(t)$ Verkehrsleistung in Abhängigkeit von der Verkehrszusammensetzung

n Gesamtanzahl der vollen Stunden im Tagegang ($n = 16$)

t Variable $t = 1, 2, \dots, 15, 16$ in h in 1-Stunden-Schritten

ff Index für Verkehrszustand frei fließend

sg Index für Verkehrszustand stop & go

M Durchschnittliche stündliche Verkehrsstärke in Kfz/h

v Durchschnittlich gemessene Geschwindigkeit in km/h, für s&g $v = 30$ km/h

Die ermittelte Näherung zur Pegelkorrektur kann nur für Verkehrswege Anwendung finden, die gemäß ihrer eigentlichen Straßencharakteristik für frei fließenden Verkehr vorgesehen sind und nicht durch Kreuzungen und Kreisverkehre im Verkehrsfluss gestört werden. Dazu gehören Autobahnen, Bundesstraßen, Gemeindeverbindungs- und Landstraßen sowie Ringstraßen in Ballungszentren

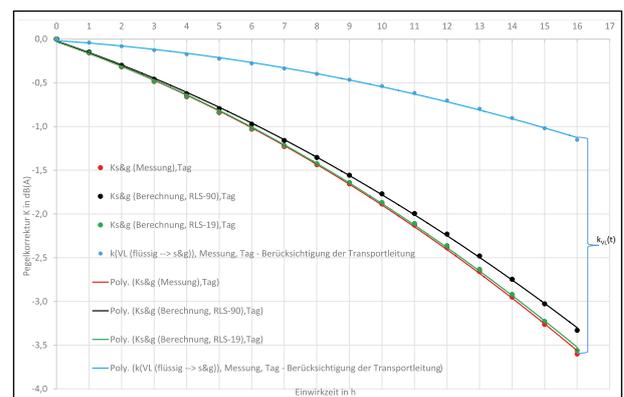


Bild 6-2: Näherung Pegelkorrektur zur Berücksichtigung von stop & go Verkehr tags

(Mittlerer Ring München etc.). Lichtzeichengeregelter bzw. durch Kreisverkehre geregelter Verkehr außer- sowie innerorts kann nicht mit der ermittelten Korrektur angepasst werden, da sich hier zusätzliche Abhängigkeiten gerade aufgrund der Ampeln bzw. des Kreisverkehrs ergeben.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Untersuchungsbericht wurde der Einfluss auffälliger Pegelspitzen in realen Straßenverkehrssituationen messtechnisch erfasst. Hierzu wurden für sechs verschiedene Straßencharakteristiken (Autobahn in Großstadtnähe, Ausfallstraße einer Großstadt, Boulevard einer Großstadt, Kreuzung einer Großstadt, Kreisverkehr, Durchgangsstraße einer Kleinstadt) jeweils drei verschiedene Verkehrszustände (frei fließend, stop & go, gering) untersucht. Die Messergebnisse wurden zudem mit Ausbreitungsergebnissen nach RLS-90 [4] und RLS-19 [5] verglichen.

Die messtechnische Untersuchung zeigt folgende Ergebnisse und Erkenntnisse:

- 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 (Verkehr mit stop & go ist leiser als frei fließender Verkehr) steigt der Einfluss von Pegelspitzen aufgrund des geringeren Grundgeräuschpegels. Dieser Zusammenhang kann aber nicht ohne weiteres auf einen Stau übertragen werden, da ein Stau mit stehenden Kfz und Motor-Standgeräuschen auch lauter sein kann als frei fließender Verkehr.

- Tendenziell steigt der Einfluss von Pegelspitzen, je geringer die Verkehrsmenge ist.
- Mit zunehmendem Abstand zur Straße verringert sich der Einfluss von Pegelspitzen.

Die prognosetechnische Untersuchung zeigt im Vergleich zur messtechnischen Untersuchung folgende Ergebnisse und Erkenntnisse:

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

Zusammenfassend zeigt die Untersuchung, dass der Einfluss auffälliger Pegelspitzen auf die äquivalenten Dauerschallpegel bzw. auf die Beurteilungspegel gering ist. Die Prognoseberechnungen liegen gegenüber den tatsächlichen Geräuschpegeln auf der sicheren Seite. Somit kann geschlossen werden, dass auffällige Pegelspitzen in den Prognoseberechnungen bereits mit erfasst sind. Dennoch entsteht durch Pegelspitzen eine Belästigungswirkung, die bei einer alleinigen Betrachtung von Pegelwerten nicht abbildbar ist.

Ergänzend wurde für die Straßencharakteristik „Kleinstadt-Durchgangsstraße“ bei frei fließendem Verkehr (laufende Messnummer 169) eine Lautheitsanalyse durchgeführt und der Einfluss von Pegelspitzen auf die Lautheit ermittelt:

- Nach Tabelle 5-8 findet sich für diese Verkehrssituation bei Ausblenden der Pegelspitzen entsprechend Variante a ein Unterschied von 0,8 dB und entsprechend Variante b ein Unterschied von 0,4 dB. Werden nun die Unterschiede in der Lautheit betrachtet, so resultieren bei Ausblenden aller Pegelspitzen mit einem Pegelwert, der höher als der Maximalwert aus der Häufigkeitsverteilung liegt (Variante a in Bild 5-2) eine Perzentillautheit N5 von 17,4 sone gegenüber einem Wert von 19,4 sone ohne Ausblenden. Dies entspricht einem Lautheitsunterschied von 10 %. Bei Ausblenden nur derjenigen Pegelspitzen,

die von der Normalverteilung abweichen (Variante b in Bild 5-2), resultiert eine Perzentillautheit N5 von 19,1 sone, was einem Lautheitsunterschied von 1,2 % entspricht.

- Es kann somit festgehalten werden, dass insbesondere für Variante a der Lautheitsunterschied deutlicher ausfällt als dies durch den Pegelunterschied von nur 0,8 dB suggeriert wird. Eine fortführende Untersuchung der Auswirkungen der Pegelspitzen auf die Lautheitsempfindung könnte somit weitere interessante Erkenntnisse liefern. Zusätzlich könnten an dieser Stelle auch subjektive Beurteilungen zur Lästigkeit der Sequenzen durchgeführt werden. Hierfür könnten im aufgezeichneten Signal durch digitale Signalbearbeitung die besonders auffälligen Pegelspitzen eliminiert werden und die Sequenzen hinsichtlich ihrer Belästigung mit und ohne die auffälligen Schallereignisse beurteilt werden. So könnte der Einfluss der Pegelspitzen auch auf die subjektive Wahrnehmung von Anwohnern evaluiert werden.

Die Umsetzung einer zielgerichteten Definition von Änderungen der Vorschriften für Fahrzeuge und gewisse Fahrzeugkomponenten bleibt anhand der vorliegenden Ergebnisse 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, oder aus fahrzeugunabhängigen Einflüssen (Schlaglöcher, zu tief liegende Gullydeckel) und Einflüssen, die auf schadhafte Komponenten zurückzuführen sind (z. B. defekte Abgasanlage o. Ä.). 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 (z. B. Gewerbelärm) erwarten lassen und bei denen eine Lärmreduzierung möglich erscheint.

Die verschiedenen Verkehrssituationen (fließend, stop & 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 & go“ im Beurteilungszeitraum Tag (6-22 Uhr) ermittelt:

- Mit zunehmendem „stop & go“-Verkehr können die Beurteilungspegel abnehmen. Berücksichtigt

man dabei den Verkehr, der während eines Staus oder bei stop & go nicht fließt, und üblicherweise in den Zeiten ohne Stau oder stop & go nachgeholt wird, so sind mit zunehmendem „stop & 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, d.h. für Verkehrswege, bei denen zwischen den Verkehrszuständen „frei fließend“ und „stop & go“ deutliche Unterschiede in der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit resultieren.
- Anhand der tatsächlich gefahrenen, durchschnittlichen Geschwindigkeit oder anhand eines Verkehrsmengendurchsatzes bzw. eines Sättigungsgrades 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.

Literatur

- [1] ECE R51.03, Regelung Nr. 51 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) - Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Kraftfahrzeuge mit mindestens vier Rädern hinsichtlich ihrer Geräuschemissionen [2018/798].
- [2] ECE R117, Regelung Nr. 117 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) - Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Reifen hinsichtlich der Rollgeräuschemissionen und der Haftung auf nassen Oberflächen und/oder des Rollwiderstandes [2016/1350].
- [3] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. März 2019 (BGBl. I S. 332) geändert worden ist.
- [4] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen: RLS-90, Forschungsgesellschaft für Stra-

- ßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln 1990, Berichtigter Nachdruck Februar 1992.
- [5] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen: RLS-19, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2019.
- [6] Protokoll Kick-Off-Veranstaltung am 13.02.2019 zum Forschungsvorhaben „Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use-Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen, erstellt am 26.02.2019 (mit redaktionellen Änderungen vom 06.03.2019) durch Möhler+Partner Ing. AG, freigegeben durch die BASt am 05.03.2019.
- [7] DIN EN ISO 11819-1, Akustik Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgerausche, Teil 1: Statistisches Vorbeifahrverfahren, Mai 2002.
- [8] DIN 45642, Messung von Verkehrsgerauschen, Juni 2004.
- [9] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Normenreihe.
- [10] DIN 18005-1, Schallschutz im Städtebau, Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung, Juli 2002.
- [11] Verkehrslärmschutzverordnung vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist.
- [12] Automatische Zählstellen auf Autobahnen und Bundesstraßen, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Internetlink: https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Verkehrszaehlung.html, letztes Aufrufdatum: 20.05.2019.
- [13] Bayerisches Straßeninformationssystem (Baysis), Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, Internetlink: <https://www.baysis.bayern.de/web/>, letztes Aufrufdatum: 20.05.2019.
- [14] Verkehrsmengenkarten der Landeshauptstadt München, Internetlink: <https://www.mu- enchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Ver->kehrsplanung/Verkehrsmodell-VisMuc.html, letztes Aufrufdatum: 20.05.2019.
- [15] OpenStreetMap, Internetlink: www.openstreetmap.org/copyright (letztes Aufrufdatum: 20.5.2019).
- [16] DIN 45645-1, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 1: Geräuschemissionen in der Nachbarschaft, Juli 1996.
- [17] DIN 45641, Mittelung von Schallpegeln, Juni 1990.
- [18] IMMI Version 2019, EDV Programm zur Schallimmissionsprognose, Wölfel Meßsystem.

Bilder

- Bild 2-1: Untersuchungsschritte
- Bild 2-2: Einflussgrößen auf Immissionspegel von Straßen
- Bild 2-3: Schematische Darstellung einer beispielhaften Summenhäufigkeitsdarstellung
- Bild 2-4: Aus den Messungen ermittelte Einflussfaktoren auf den Verkehrslärmpegel
- Bild 2-5: Vorgehensweise Vergleich Mess- und Berechnungsergebnisse
- Bild 3-1: Luftbild BAB A8 südlich + nördlich München, BAYSIS [13]
- Bild 3-2: Luftbild B13 und B471 München, BAYSIS [13]
- Bild 3-3: Luftbild Brudermühlbrücke München, BAYSIS [13]
- Bild 3-4: Luftbild Moos./Lerch. St. München, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende
- Bild 3-5: Luftbild KV Eichenau bei München, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende
- Bild 3-6: Luftbild Fürstenfeldbr. St. Olching, OpenStreetMap [15] ©OpenStreetMap-Mitwirkende
- Bild 5-1: Detektion lokaler Maximalwerte im Pegel-Zeit-Verlauf am Bsp. Messung 06_01_01

- Bild 5-2: Häufigkeitsverteilung von Pegelspitzen am Bsp. der Messung 06_01_01
- Bild 5-3: Summenhäufigkeitsverteilung von Pegelspitzen am Bsp. der Messung 06_01_01
- Bild 6-1: Einfluss von Verkehrssituationen auf den Beurteilungspegel tags (6-22 Uhr)
- Bild 6-2: Näherung Pegelkorrektur zur Berücksichtigung von stop & go Verkehr tags

- Tab. 5-5: Straßencharakteristik 4 – Kreuzung – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1
- Tab. 5-6: Straßencharakteristik 5 – Kreisverkehr – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1
- Tab. 5-7: Straßencharakteristik 6 – Durchgangsstraße – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1
- Tab. 5-8: Zusammenfassende Darstellung – messtechnisch ermittelter Einfluss Pegelspitzen
- Tab. 6-1: Vergleich Einfluss Pegelspitzen gemäß Messungen und Differenz Mess-/Prognosewerte
- Tab. 6-2: Einfluss Pegelspitzen auf berechnete Ausbreitungspegel, Var. a gemäß Bild 5-2
- Tab. 6-3: Einfluss Pegelspitzen auf berechnete Ausbreitungspegel, Var. b gemäß Bild 5-2
- Tab. 6-4: Zusammenfassende Darstellung – mess-/prognosetechnischer Pegelspitzeinfluss

Tabellen

- Tab. 2-1: Übersicht Nummerierung und Bezeichnung der Einzelmessungen
- Tab. 2-2: Beispielhafte Datenmatrix der Analysen
- Tab. 2-3: Stundenweise Auswertung der verschiedenen Verkehrssituationen tagsüber (6-22 Uhr)
- Tab. 3-1: Straßencharakteristik 1 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 3-2: Straßencharakteristik 2 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 3-3: Straßencharakteristik 3 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 3-4: Straßencharakteristik 4 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 3-5: Straßencharakteristik 5 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 3-6: Straßencharakteristik 6 – Vergleich Auswahlkriterien und tatsächliche Gegebenheiten
- Tab. 4-1: Standardabweichungen der Messreihen zur Beurteilung der Qualität der Messergebnisse
- Tab. 5-1: Übersicht messtechnisch ermittelter Pegel- und Lautheitswerte
- Tab. 5-2: Straßencharakteristik 1 – Autobahn – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1
- Tab. 5-3: Straßencharakteristik 2 – Ausfallstraße – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1
- Tab. 5-4: Straßencharakteristik 3 – Boulevard – Auswertung Einfluss Pegelspitzen, MP 1

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2018

- V 300: **Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoff-rückhalt und Standfestigkeit von Banketten**
Werkenthin, Kluge, Wessolek
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 301: **Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung**
Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 302: **Entwicklung einer Fahrstreifenreduktionsbeeinflussungsanlage für Baustellen auf BAB**
Heinrich, Maier, Papageorgiou, Papamichail, Schober, Stamatakis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 303: **Psychologische Wirkungen von Arbeitsstellenlängen, -staffelung und -gestaltung auf die Verkehrsteilnehmer**
Scotti, Kemper, Oeser, Haberstroh, Welter, Jeschke, Skottke € 19,50
- V 304: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015**
Fitschen, Nordmann € 31,00
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00
- V 305: **Pilotversuche zur Behandlung der Abwässer von PWC-Anlagen**
Hartmann, Londong € 16,00
- V 306: **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest**
Lippold, Wittig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 307: **Evaluation des Sicherheitsaudits von Straßen in der Planung**
Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Bark, Beaulieu, Theis € 17,50
- V 308: **Überarbeitung und Aktualisierung des Merkblattes für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen (MARZ 1999)**
Gerstenberger, Hösch, Listl, Schwietering
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 309: **Photokatalytische Oberflächen zur Minderung von Stickoxidbelastungen an Straßen – TiO₂-Pilotstudie Lärmschutzwand**
Baum, Lipke, Löffler, Metzger, Sauer € 16,50
- V 310: **Umweltfreundlicher Straßenbelag – photokatalytischer Stickstoffdioxidabbau unter Nutzung der Nanotechnologie**
Wang, Oeser, Steinauer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 311: **Feldversuch mit Lang-Lkw**
Irzik, Kranz, Bühne, Glaeser, Limbeck, Gail, Bartolomaeus, Wolf, Sistenich, Kaundinya, Jungfeld, Ellmers, Kübler, Holte, Kaschner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 312: **Sicherheitswirkung, Dauerhaftigkeit und Lärmemission von eingefrästen Rüttelstreifen**

Hegewald, Vesper, Irzik, Krautscheid, Sander, Lorenzen, Löffler, Ripke, Bommert
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2019

- V 313: **Tausalzverdünnung und -rückhalt bei verschiedenen Entwässerungsmethoden – Modellberechnungen**
Braun, Klute, Reuter, Rubbert € 18,50
- V 314: **Übergreifende verkehrstechnische Bewertung von Autobahnstrecken und -knotenpunkten**
Hartmann, Vortisch, Vieten, Chatzipanagiotidou, Haug, Spangler € 18,50
- V 315: **Telematisch gesteuertes Kompaktparken für das Lkw-Parkraummanagement auf Rastanlagen an BAB – Anforderungen und Praxiserprobung**
Kappich, Westermann, Holst € 15,50
- V 316: **Akustische Wirksamkeit alter Lärmschutzwände**
Lindner, Hartmann, Schulze, Hübelt € 18,50
- V 317: **Wahrnehmungspsychologische Aspekte (Human Factors) und deren Einfluss auf die Gestaltung von Landstraßen**
Schlag, Anke, Lippold, Wittig, Walther € 22,00
- V 318: **Unfallkommissionsarbeit – Unterstützung durch einen webbasierten Maßnahmenkatalog zur Beseitigung von Unfallhäufungen**
Wolf, Berger, Bärwolff € 15,50
- V 319: **Vermeidung von abflussschwachen Zonen in Verwindungsbereichen – Vergleich und Bewertung von baulichen Lösungen**
Lippold, Vettters, Ressel, Alber
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 320: **Einsatzbereiche und Entwurfselemente von Rad-schnellverbindungen**
Malik, Lange, Andriessse, Gwiasda, Erler, Stein, Thiemann-Linden € 18,00
- V 322: **Automatisch gesteuerte Streustoffausbringung durch Nutzung neuer mobiler Sensoren**
Hausmann € 18,00
- V 323: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2016**
Fitschen, Nordmann € 31,50
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00
- #### 2020
- V 321: **Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement**
Diegmann, Wurstthorn, Breitenbach, Düring, Schönharting, Kraus, Klemm, Voigt, Kohlen, Löhner € 20,00
- V 324: **Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA**
Vortisch, Buck, Leyn, Baier, Schuckkieß, Schimpf, Schmotz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 325: **Entwurfsparameter von Hochleistungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete**
D. Schmitt, J. Gerlach, M. Schwedler, F. Huber, H. Sander
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 326: **Straßenverkehrszählung 2015 – Methodik der manuellen Zählungen**
Schmidt, Frenken, Mahmoudi € 15,50
- V 327: **Straßenverkehrszählung 2015 – Ergebnisse**
Frenken, Mahmoudi € 16,50

- V 328: **Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen**
Meisel, Balzer-Hebborn, Eilmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 329: **Streckenbezogene Glättevorhersage**
Schedler, Gutbrod, Müller, Schröder € 24,50
- V 330: **Führung des Radverkehrs an Landstraßen**
Baier, Leu, Rittershaus
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 331: **Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel, Förg, Süßmann € 17,00
- V 332: **Räumliche Linienführung von Autobahnen**
Lippold, Zösch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 333: **Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit**
Hänisch, Heidebrunn € 17,00
- V 334: **Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen**
Lindner, Kluth, Ruhnau, Schulze € 17,00
- V 335: **Ermittlung aktualisierter Grundlagen für Beschleunigungsvergütungen in Bauverträgen**
Geistefeldt, Hohmann, von der Heiden, Finkbeiner € 16,00
- V 336: **Vergleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten**
Ungureanu, Ilić, Radon, Rothe, Reichert, Schober, Stamatakis, Heinrich € 18,50
- V 337: **Bridge-WIM Pilotversuch – Begleitung und Auswertung**
Kathmann, Scotti, Kucera € 18,50
- ## 2021
- V 338: **Streckenbeeinflussungsanlagen – Entwurf eines regelungstechnischen Modells zur verbesserten Harmonisierung des Verkehrsablaufs**
Schwietering, Schwietering, Maier, Hakenberg, Pyta, Abel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 339: **Aktualisierung der Datenbank MARLIS**
Schneider, Turhan, Pelzer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 340: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2017**
Fitschen, Nordmann € 31,00
- V 341: **Lebenszykluskostenbewertung von Schutzeinrichtungen**
Eckert, Hendrich, Horlacher, Kathmann, Scotti, von Heel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.
- V 342: **Entwicklung eines aktuellen, echtzeit-verfügbaren Key Performance Indicator (KPI) Systems für das deutsche Autobahnnetz**
Peter, Janko, Schick, Waßmuth, Friedrich, Bawidamann € 21,00
- V 343: **Kreisverkehre an Landstraßen Auswirkungen der Erkennbarkeit und der Zufahrtsgestaltung auf die Verkehrssicherheit**
Schmotz, Schröter, Schemmel, Lippold, Schulze € 21,50
- V 344: **Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen**
Popp, Eggers, Heidebrunn, Cortes € 21,00
- V 345: **Aufbau einer Datenbank zur Berechnung exemplarischer Lärmsituationen mit Geräuschemissionsdaten der Straße und meteorologischen Daten**
Liepert, Skowronek, Eberlei, Crljenkovic, Müller, Schady, Elsen
in Vorbereitung
- V 346: **Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen**
Müller, Huth, Liepert € 15,00
- Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48
- Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.
- www.schuenemann-verlag.de
- Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.