

Passive Schall- schutzmaßnahmen- Akustische Wirksamkeit

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 333

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page, partially overlapping a vertical white line that runs down the right edge of the cover.

Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit

von

Folkard Hänisch
Frank Heidebrunn

LÄRMKONTOR GmbH
Hamburg

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 333

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 02.0387
Akustische Wirksamkeit passiver Schallschutzmaßnahmen

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 978-3-95606-524-8

Bergisch Gladbach, Oktober 2020



Kurzfassung – Abstract

Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit

Seit Inkrafttreten der 24. BImSchV wird immer wieder diskutiert, ob mit dem Korrektursummand E der erforderliche bauliche Schallschutz gegenüber Verkehrslärm sichergestellt ist.

Dazu wurden Emissionsspektren von diversen Kraftfahrzeugen, Deckschichten und Geschwindigkeiten ausgewertet. Daraus ließen sich für typisierte Verkehrssituationen 4 Emissionsspektren subsumieren. Darauf basierend erfolgte die Ausbreitungsberechnung unter Verwendung einer Linienquelle nach einem für terzweise Berechnung modifizierten Teilstückverfahren nach DIN ISO 9613-2 sowie nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90.

Aus der Untersuchung von 41 Ausbreitungssituationen mit unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten, Abständen und Hindernissen ergaben sich durch Zusammenfassung 83 unterschiedlichen Spektren außen an der Fassade und aus Kombination dieser Spektren mit 1.043 Fenstern 86.569 Spektren im Innenraum.

Diese Innenpegel hinter einem geschlossenen Fenster weisen eine andere spektrale Zusammensetzung auf, als die Außenpegel vor dem Fenster. Dies führt zu einer Differenz zwischen dem A-bewerteten Innenpegel, der sich bei einzahliger Berechnung aus Abwertetem Außenpegel und Schalldämm-Maß R_w des Fensters gegenüber einer spektralen Berechnung in Terzen ergibt. Der spektral berechnete Innenraumpegel ist genauer. Der Korrektursummand E der 24. BImSchV gleicht den Fehler der A-bewerteten Berechnung aus.

Die sich daraus ergebenden Korrektursummanden E liegen über alle Situationen pauschalisiert um 3 dB über den Werten in Tabelle 2 der 24. BImSchV. Die Definition „Straßen im Außerortsbereich“ ist in „Straßen mit einer Höchstgeschwindigkeit ab 70 km/h ohne offenporigen Asphalt“ umzubenennen und von „allen übrigen Straßen“ (statt „innerstädtischen Straßen“) zu unterscheiden.

Alternativ lässt sich ein hinreichender Schallschutz erreichen, wenn bei der Berechnung der Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$ mit einbezogen wird.

In diesem Falle können die Werte der Tabelle 2 der 24. BImSchV unverändert übernommen werden. Dafür wird anstelle des Schalldämm-Maßes R_w des Fensters der Term $R_w + C_{tr,50-3150} + 3$ verwendet.

Sound insulation – Acoustic efficiency

Since the German 24. BImSchV came into force, discussion arose whether the required sound insulation of the building is ensured by the correction “E”.

In a first step, emission spectra of different motor vehicles were evaluated considering different pavements and speeds. From these, four clearly distinguishable emission spectra were composed. Noise propagation calculations were carried out as well using a modified line source in the section method according to DIN ISO 9613-2:1999-10 in one-third octave bands as using the national German road noise calculation methods (“Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90”).

A combination of these emission spectra with 41 propagation situations with a variance in ground attenuation, distances and obstacles could be aggregated to 83 distinguishable spectra in front of the façade. Combined with 1.043 different sound insulation spectra of windows, 86.569 spectral indoor sound levels were obtained.

The sound level after transmission through a closed window shows a different spectral composition than the sound levels in front of a window. This leads to a difference of sound levels indoors between calculations with a singular value A-rated value (R_w) compared to one-third octave bands. The calculations with one-third octave bands are supposed to be more accurate. The A-rated results must be adjusted, the correction summand E of the 24. BImSchV aims to do this.

Generalized, the resulting correction summand E is about 3 dB above the values mentioned in Table 2 of the 24. BImSchV. The definition of “rural roads” has to be changed. A distinction between “roads with a speed limit of 70 km/h or higher without open porous asphalt” and “all other roads”.

Alternatively, a sufficient sound protection can be achieved using the spectral adaption value $C_{tr,50-3150}$. Values in Table 2 could be left unchanged. Instead of the singular value for sound insulation R_w of the window the term $R_w + C_{tr,50-3150} + 3$ would be used.

Summary

Sound insulation – Acoustic efficiency

1 Introduction

Since the German 24. BImSchV came into force, discussion arose whether the required sound insulation of the building is ensured by the correction “E” (Korrektursummand, 6 dB for urban roads, 3 dB for rural roads) in table 2.

This is based on the background that usually noise mitigation measures are chosen at the source (as open porous asphalts), on the propagation (as barriers) or at the building itself (as sound-insulating windows) that decrease the sound levels especially in higher frequencies. This is also shown in studies of the German Federal Environmental Protection Agency (Umweltbundesamt, UBA). In 2006, the changes in the noise spectrum of noise reducing pavements compared to regular pavements were identified as noteworthy.

In scope of this research project, it shall be investigated whether the 16. BImSchV (Regulations on Traffic Noise) and the 24. BImSchV (Regulations on Traffic Noise Protection) can assure sufficient noise protection under these constraints.

2 Emission spectra

In a first step, emission spectra of different motor vehicles were evaluated considering different pavements and speeds. The spectra originate from pass-by measurements of different vehicles on various surfaces. Measurements took place in a distance of 7.5 meters in a height of 1.2 meters at different speeds.

Pavements analysed were asphalt concrete 0/11, stone mastics asphalt (SMA) 0/11 and drain asphalt 0/8. Average spectra were derived from these measurements, differentiating by closed surface layers (asphalt concrete / stone mastics asphalt 0/11- AB) and open porous surface layers (drain asphalt 0/8 – DA). For closed surface layers speeds of 30, 50, 80 and 120 km/h were used, for open porous surface layers only 80 and 120 km/h.

From the vehicle spectra and nine standardized traffic situations four clearly distinguishable road spectra were composed. These show hardly any divergence in their spectral composition. As normalized street spectra they were used in the propagation calculations.

3 Noise propagation outdoors

Noise propagation calculations were carried out as well using a line source in the section method according to DIN ISO 9613-2:1999-10 as using the national German road noise calculation methods (“Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90”). The ground attenuation A_{gr} according to DIN ISO 9613-2:1999-10 was adjusted to the required calculation in one-third octave bands. Atmospheric attenuation was calculated using details of the ISO 9613-1:1993-06.

Based on the emission spectra from the adjusted propagation calculations according to DIN ISO 9613-2:1999-10 the emission levels for the calculations using RLS-90 were derived aiming at a high concordance.

Propagation calculations were carried out for all combinations of traffic situation and propagation situation to identify differences in both methods.

Overall 30 different propagation situations were taken into account with free sound propagation (distances 50-400 meters with different ground conditions), 11 propagation situations with obstacles at same distances.

For these 41 propagation situations propagation was calculated using one-third octave bands and a section method. As a result, the change in sound levels (in one-third octave band) by the propagation was derived. This includes both the change in the frequency mix and the change in sound level itself.

The traffic noise spectra of the different traffic and propagation situations resulted in 369 immission spectra in front of the façade. The total number could be aggregated to 83 distinguishable spectra which represent the different spectral compositions. Based on these 83 spectra in combination with different window types, indoor sound levels were calculated in further process.

4 Sound insulation of windows

The sound level after transmission through a closed window shows a different spectral composition than the sound levels in front of a window. This leads to a difference in sound levels indoors between calculations with a singular value A-rated value compared to one-third octave bands. Primary factor for this is the determination of the rated sound insulation value R_w of the window. The spectral composition of the reference curves of DIN EN ISO 717-1:2013-06 does not fit the spectral composition of traffic noise. Thus the calculations with one-third octave bands are supposed to be more accurate. The A-rated results must be adjusted, the correction summand E of the 24. BImSchV aims to correct this.

To investigate the influence of sound insulation of the windows, insulation spectra for 1.043 windows were available. Summarization of windows to groups of similar insulation spectrum was not possible even for windows with identical construction (number and thickness of glass panes, distance between the panes, number and position of seals etc.).

86.569 spectral indoor sound levels were analysed in a combination with 83 outdoor spectra.

For closed road surfaces, indoor sound levels were influenced mainly by frequencies of up to 2 kHz. For frequencies above 2 kHz, the influence of the A-rated sound level is low. For open porous road surfaces, the influence of frequencies above 800 Hz is to be considered low.

5 Correction summand E

The A-rated sound level indoors behind a closed window was determined for each combination of window with its characteristic sound insulation and outdoor noise level. Calculations were carried out as well spectral as with a singular value for emission and sound insulation. The resulting difference equals the difference resulting from the more accurate one-third octave band calculation. This difference is thus the error from a singular value calculation. In the 24. BImSchV, the summand E aims to correct this deviation. For the determination of an value for E, the differences (for each combination of window and outdoor sound level) were analysed statistically.

Calculations showed a significant difference between the spectral versus the singular value calculation using the sound insulation value R_w . An adjusted assessment should be based on criteria that can be obtained from the certificates of sound insulation of each window. In a next step, various spectral adaption values were used in calculations. Concluding, the spectral adaption value $C_{tr,50-3150}$ seems the best choice.

For the objectives of the 24. BImSchV, 95 % of all cases should meet the requirements on indoor sound levels. Therefore the 95% percentile of the differences between spectral and A-rated indoor sound levels was used as correction summand E.

The correction summand E determined varies significantly for different situations. This is not applicable in the 24. BImSchV as the actual situation on-site is always an interaction of different roads and propagation situations. For the correction summand E it is required to identify an average that ensures the overall protection objective can be achieved.

The resulting correction summand E shows spectral adaption values of 1.6 to 10.8 dB over all situations. Therefore, to achieve the intended indoor sound level, the value for E is about 3 dB above the values mentioned in Table 2 of the 24. BImSchV. Furthermore, the definition of „rural roads“ has to be changed. A distinction between “roads with a speed limit of 70 km/h or higher without open porous asphalt” and “all other roads”. Taken only the propagation without obstacles, the values in Table 2 of 24. BImSchV would be sufficient.

Especially in situations where high sound insulation classes for the windows are necessary, the use of the spectral adaption values C_{tr} represents the spectral insulation effect more accurate than the singular value of sound insulation R_w . This leads to lower values for the correction summands E, ranging from -2.8 to 4.1 dB as $C_{tr,50-3150}$ is negative for usual and increases the requirements for the window. This is intended to prefer windows with show no distinct deficiencies for low frequency bands.

6 Changes to 24. BImSchV

To implement the findings two ways are possible to change 24. BImSchV.

The easier way is to increase the correction summand E in Table 2, Row 1 and 2 in 24. BImSchV by 3 dB. As indicated above, the specification should be changes as not the location of the road but speed limit and road surface are relevant for classification.

When using the spectral adaption value $C_{tr,50-3150}$ as part of the requirement, values in Table 2 could be left unchanged, solely the specification should be changed as shown in Figure 1 (German).

In addition, futher changes are necessary for this alternative to require the use of the spectral adaption value.

to ammend to equation (3) of 24.BImSchV:

Bei Straßenverkehr gilt für die Anforderung $R_{w,x}$ an Fenster aus Gleichung (3):

$$R_{w,Fenster} + C_{tr,50-3150} = R_{w,x} - 3 \text{ dB.}$$

$C_{tr,50-3150}$ Spektrum-Anpassungswert C_{tr} des Fensters gemäß DIN EN ISO 717-1:2013-06 für den Frequenzbereich 50 Hz bis 3.150 Hz Ist $C_{tr,50-3150}$ nicht bekannt, so ist

- $C_{tr,50-3150} = -10 \text{ dB}$ für Verbundfenster und
- $C_{tr,50-3150} = -8 \text{ dB}$ für alle übrigen Fenster anzusetzen.

to ammend to equation (4) of 24.BImSchV:

Bei Straßenverkehr ist für Fenster in Gleichung (4) einzusetzen:

$$R_{w,i} = R_{w,Fenster} + C_{tr,50-3150} + 3 \text{ dB}$$

i Index des Fensters in Gleichung (4)

Not in all cases, certificates for the sound insulation of windows are available, especially for existing windows. If no spectral adaption values are known, they have to be estimated. For this, all spectral adaption values of all windows evaluated were analysed.

Based on the results and taken the applicability into account, a spectral adaption value $C_{tr,50-3150} = -10 \text{ dB}$ for composite windows and a value of $C_{tr,50-3150} = -8 \text{ dB}$ for all other windows seems appropriate.

	Verkehrswege	E in dB
	1	2
1	Straßen mit $\geq 70 \text{ km/h}$, die keinen offenporigen Straßenbelag aufweisen	3
2	alle übrigen Straßen	6

Fig. 1: proposal for modification of table 2, based on $R_w + C_{tr,50-3150}$

Inhalt

1	Einleitung	11	4.2	Gruppierung von vergleichbaren Fensteraufbauten	49
2	Emissionsspektren	11	4.3	Zusammenfassung von vergleichbaren Fensterspektren.....	49
2.1	Datenquellen.....	11	5	Pegelminderung durch Fenster	50
2.2	Messungen	11	5.1	Innenpegel vs. Außenpegel.....	50
2.2.1	Spittmastixasphalt 0/11	12	5.2	Spektren im Innenraum	51
2.2.2	Drainasphalt 0/8 im Neuzustand	13	5.3	Auralisation	54
2.2.3	Asphaltbeton 0/11	14	6	Korrektursummand E	54
2.2.4	Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen	15	6.1	Auswirkung des Spektrums auf den Innenpegel	54
2.3	Zusammengefasste Fahrzeugspektren	16	6.1.1	Spektrum-Anpassungswerte	54
2.4	Emissionen nach DIN ISO 9613-2	17	6.1.2	Statistische Verteilung der Differenzen	55
2.5	Zusammenfassung von Emissionsspektren	18	6.2	Bewertung der Innenraumpegel, basierend auf R_w	66
3	Schallausbreitung außen	19	6.3	Bewertung der Innenraumpegel, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$	68
3.1	Anpassung der DIN ISO 9613-2 zur Berechnung in Terzen.....	19	6.4	Standardabweichung σ	69
3.2	Vergleich der Ausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2 und RLS-90	20	6.5	Zusammenfassung der Korrektursummanden E	71
3.2.1	Auswirkung der Bodenbeschaffenheit	31	6.5.1	E basierend auf R_w	71
3.2.2	Auswirkung von Hindernissen.....	31	6.5.2	E basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$	71
3.2.3	Begrenzung des Abschirmmaßes D_z	33	6.6	Auswirkung hoher Hindernisse	72
3.2.4	Auswirkung der Unterschiede	36	6.7	$C_{tr,50-3150}$ für Bestandsfenster	73
3.3	Ausbreitungssituationen	36	7	Änderung der 24. BImSchV	73
3.3.1	Ausbreitungssituationen ohne Hindernisse.....	36	7.1	Vorschlag basierend auf R_w	73
3.3.2	Ausbreitungssituationen mit Hindernissen.....	36	7.2	Vorschlag basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$	74
3.4	Schallpegel an verschiedenen Immissionsorten	36	8	Zusammenfassung	74
3.5	Änderung der Spektren auf dem Ausbreitungsweg	39	Literatur	76	
3.6	Zusammenfassung von Ausbreitungssituationen	39	Bilder	76	
3.7	Spektren außen an der Fassade	40	Tabellen	78	
3.8	Zusammenfassung von Spektren vor der Fassade	41	Die Anlage zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter: https://bast.opus.hbz-nrw.de abrufbar.		
3.9	Immissionsspektren vor der Fassade	47	In der Anlage 1 „Auralisation“ befinden sich Audiodateien. Diese können als wav-Dateien in der BMVI mCLOUD heruntergeladen werden. Hier der Link:		
4	Schalldämmung der Fenster	49	https://www.mcloud.de/web/guest/suche/-/results/detail/389DCCE7-888F-4BEC-8987-B3E42620F5CB		
4.1	Datengrundlage	49			

1 Einleitung

Seit Inkrafttreten der 24. BImSchV [1] wurde und wird immer wieder diskutiert, ob mit dem Korrektursummanden E (6 dB für Innerorts- und 3 dB für Außerortsstraßen) der Tabelle 2 in der Anlage zu dieser Verordnung der erforderliche Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche in schutzbedürftigen Räumen sichergestellt ist.

Diese Diskussion findet insbesondere vor dem Hintergrund statt, dass in aller Regel Maßnahmen an der Quelle (etwa offener Asphalt), auf dem Ausbreitungsweg (etwa Abschirmungseinrichtungen) und an der zu schützenden Nutzung (etwa Schallschutzfenster) ergriffen werden, die die Beurteilungspegelbeiträge insbesondere in den höheren Frequenzen mindern. In diese Richtung zeigen auch Untersuchungen des Umweltbundesamtes, die 2006 spektrale Veränderungen bei lärmarmen Belägen im Vergleich zu herkömmlichen Belägen beachtenswert erscheinen lassen.

Daher soll im Rahmen dieses Forschungsprojektes untersucht werden, ob die 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) und die 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) unter besonderer Bewertung dieser Randbedingungen noch einen ausreichenden Lärmschutz gewährleisten.

Ausgehend von den bei Heinz Steven und der LÄRMKONTOR GmbH in großer Zahl vorliegenden Vorbeifahrtmessungen wurden in einem ersten Arbeitsschritt die für die weitere Bearbeitung relevanten Verkehrslärmspektren an Straßen (Terzspektren) identifiziert und ausgewertet. Darauf basierend wurden die bei unterschiedlichen Ausbreitungssituationen an der Fassade auftretenden Verkehrslärmspektren (Terzspektren) entwickelt. Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Einflüsse verschiedener Fenster und deren Auswirkung auf die Frequenzzusammensetzung der Verkehrslärmspektren im Innenraum untersucht.

Auf Basis der sich für den Innenraum ergebenden Terzspektren wurden Audiobeispiele erstellt, die die unterschiedlichen akustischen Situationen im Innenraum auralisieren.

Außerdem wurden die Immissionsspektren im Innenraum dahingehend bewertet, in wie weit der Korrektursummand E der 24. BImSchV den erforderliche Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkun-

gen durch Verkehrsgeräusche in schutzbedürftigen Räumen sicherstellt und wie dieser Schutz ggfs. verbessert werden kann.

2 Emissionsspektren

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden zahlreiche Verkehrslärmspektren aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen und bewertet. Aus diesen Verkehrslärmspektren wurden mittlere Spektren abgeleitet.

2.1 Datenquellen

Die folgenden Datenquellen wurden für die Ermittlung der Spektren genutzt.

1. Einfluss der Fahrbahndeckschicht auf die Geräuschemission von Kraftfahrzeugen [2], „Optimierung der schallabsorbierenden Eigenschaften von Drainasphalt“ im Rahmen des Verbundprojekts „Lärmindernde Straßendecken“, FIGE GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, 1997
2. Ermittlung der Geräuschemission von Kfz im Straßenverkehr [3], TÜV Nord Mobilität Institut für Fahrzeug Technik im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2005 (VGM)
3. Diverse Aufträge der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Ermittlung von Vorbeifahrtpegeln von Kfz an Straßen mit unterschiedlichen Deckschichten zwischen 2000 und 2005 (BASt DB)

2.2 Messungen

Die Spektren stammen aus Vorbeifahrtpegeln von Kfz an Straßen mit verschiedenen Deckschichten in 7,5 m Entfernung von der Fahrspurmitte und in 1,2 m Höhe bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Für dieses Projekt wurden nur Ergebnisse auf Deckschichten aus Asphaltbeton 0/11 (AB 0/11), Splittmastixasphalt 0/11 (SM 0/11) und Drainasphalt 0/8 (DA 0/8) ausgewertet. Das Pflichtenheft des Auftraggebers sah nur Asphaltbeton und Drainasphalt vor; der dem AB 0/11 akustisch gleichwertige SM 0/11 wurde mit einbezogen, um die Datenbasis zu vergrößern.

Die Spektren beziehen sich auf den Zeitabschnitt, bei dem der maximale Abwertete Schalldruckpegel während der Vorbeifahrt auftritt.

Die verwendeten Spektren sind Terzspektren von 63 Hz bis 6300 Hz, 10000 Hz oder 12500 Hz Terzmittenfrequenz.

2.2.1 Splittmastixasphalt 0/11

Bild 1 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Vorbeifahrtpegelmessungen an Pkw an der A31 bei Leer, bei denen 252 Fahrzeuge mit Geschwindigkeiten zwischen 77 km/h und 184 km/h erfasst wurden.

Mehr als 40 % der Messungen entfallen auf den Geschwindigkeitsbereich zwischen 110 km/h und 130 km/h.

Deren Terzspektren sind in Bild 2 dargestellt. Die Standardabweichungen der Spektren um den Mittelwert liegen im Bereich oberhalb von 315 Hz zwischen 1,7 dB und 2,2 dB, sie können bei niedrigeren Frequenzen bis zu 4,5 dB erreichen.

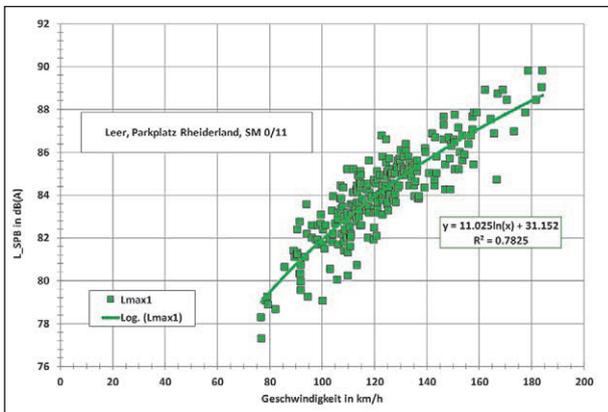


Bild 1: Maximale Vorbeifahrtpegel von Pkw über der Geschwindigkeit

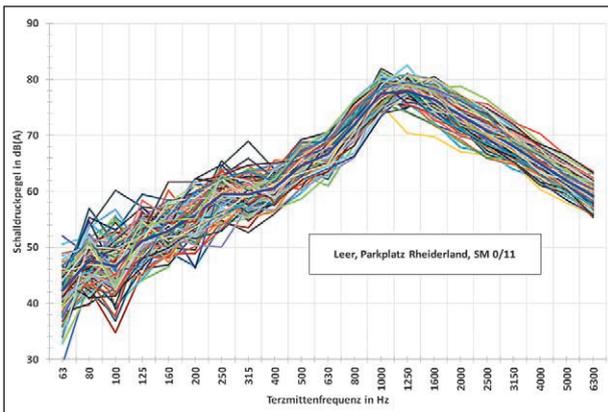


Bild 2: Zugehörige Terzspektren

Bild 3 zeigt die mittleren Terzspektren für Pkw mit Geschwindigkeiten zwischen 110 km/h und 130 km/h an allen Messorten mit Deckschichten SM 0/11.

Die rote Kurve repräsentiert das gewichtete Mittel über alle Messorte. Ein entsprechendes mittleres Spektrum für SM 0/8 ist zum Vergleich angegeben. Der Unterschied im L_{AFmax} ist kleiner als 1 dB(A).

Die Ergebnisse beinhalten zum Teil auch Wiederholungsmessungen mit jährlichem oder auch größerem zeitlichen Abstand, da die ausgewerteten Messorte an Referenzstrecken für benachbarte Messorte mit Deckschichten aus Drainspalt lagen.

Ein signifikanter Alterseinfluss ist für SM 0/11 nicht erkennbar (Bild 4).

Bild 5 zeigt die mittleren Terzspektren für Lkw ≤ 3 Achsen bei 80 km/h für alle Messorte mit Deckschichten SM 0/11.

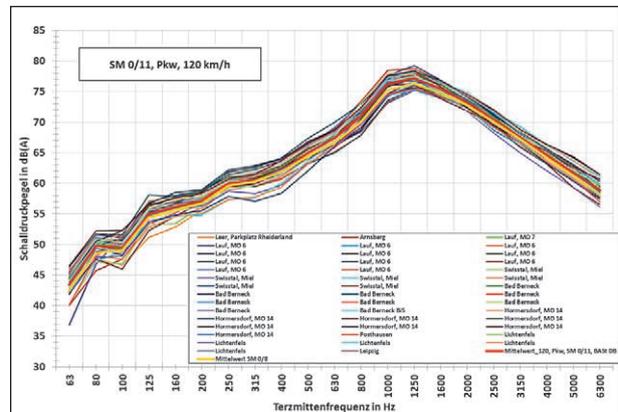


Bild 3: Terzspektren von Pkw bei 120 km/h auf SM 0/11

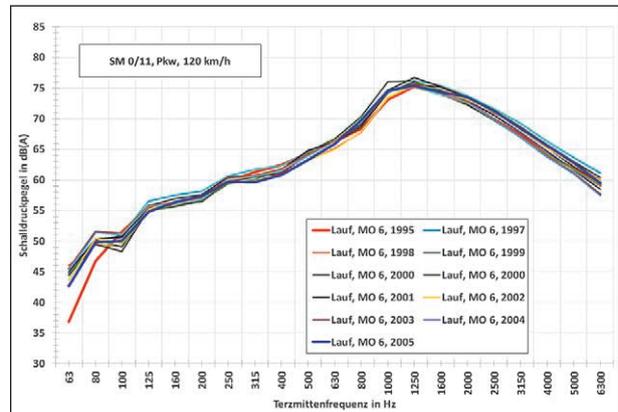


Bild 4: Terzspektren am selben Messort zu unterschiedlichen Bezugsjahren

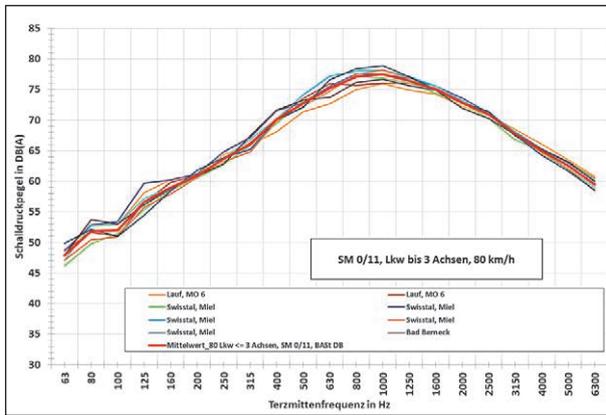


Bild 5: Mittlere Terzspektrale von Lkw ≤ 3 Achsen auf SM 0/11

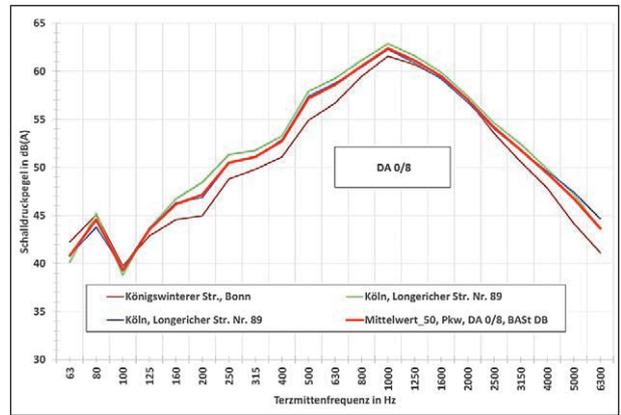


Bild 8: Mittlere Terzspektrale von Pkw bei 50 km/h auf DA 0/8 neu

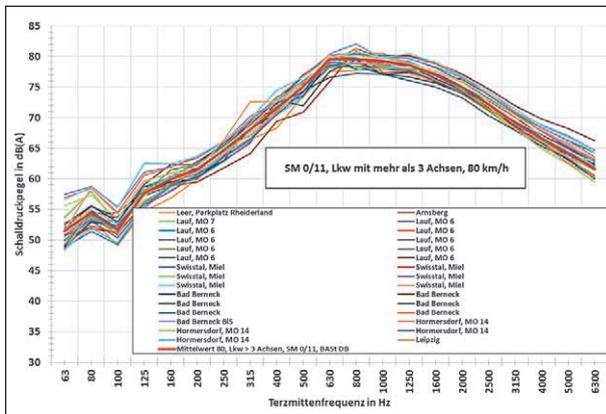


Bild 6: Mittlere Terzspektrale von Lkw > 3 Achsen auf SM 0/11

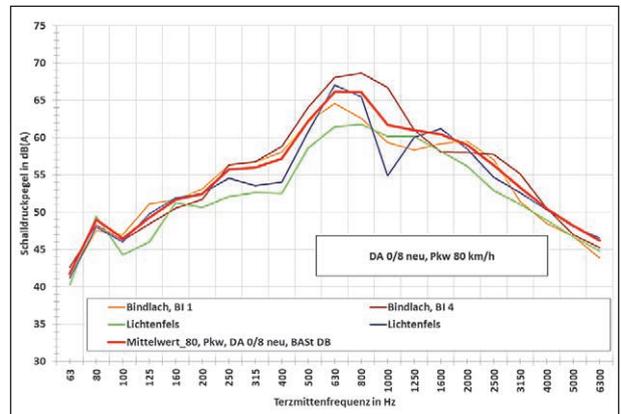


Bild 9: Mittlere Terzspektrale von Pkw bei 80 km/h auf DA 0/8 neu

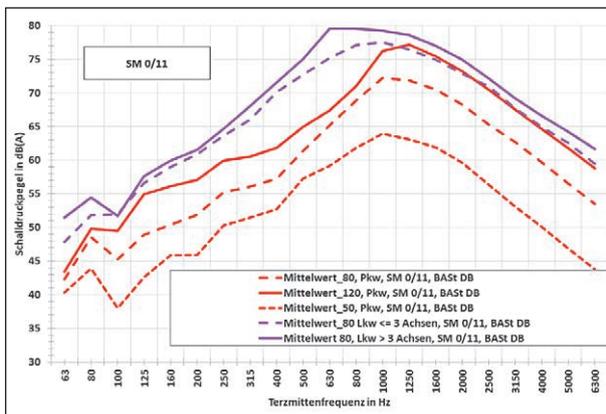


Bild 7: Mittlere Terzspektrale von Pkw und Lkw auf SM 0/11

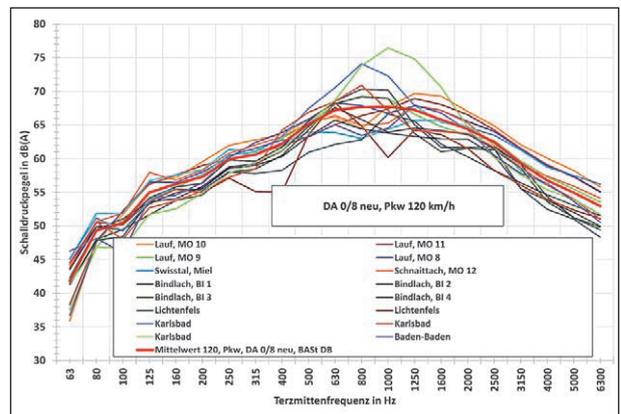


Bild 10: Mittlere Terzspektrale von Pkw bei 120 km/h auf DA 0/8 neu

Bild 6 zeigt die mittleren Terzspektrale für Lkw > 3 Achsen bei 80 km/h für alle Messorte mit Deckschichten SM 0/11.

Bild 7 zeigt die mittleren Terzspektrale für Pkw bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (50 km/h, 80 km/h und 120 km/h) sowie für Lkw ≤ 3 Achsen und Lkw > 3 Achsen bei 80 km/h für die Deckschichtart SM 0/11.

2.2.2 Drainasphalt 0/8 im Neuzustand

In Bild 8 bis Bild 10 sind die Terzspektrale von Pkw auf DA 0/8 neu bei Geschwindigkeiten von 50 km/h, 80 km/h und 120 km/h dargestellt.

Bild 11 zeigt entsprechende Ergebnisse für Lkw ≤ 3 Achsen und > 3 Achsen bei 80 km/h.

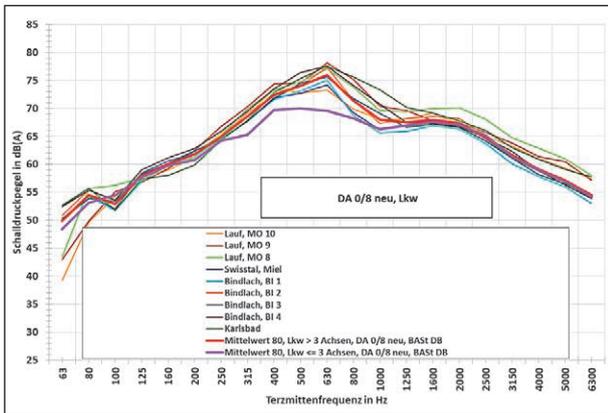


Bild 11: Mittlere Terzspektren von Lkw bei 80 km/h auf DA 0/8 neu

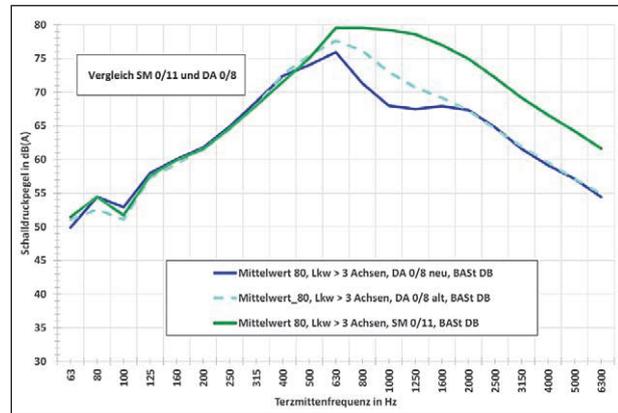


Bild 14: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Lkw > 3 Achsen bei 80 km/h

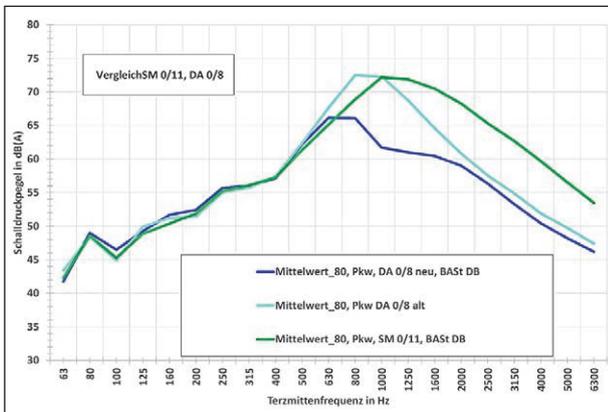


Bild 12: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Pkw bei 80 km/h

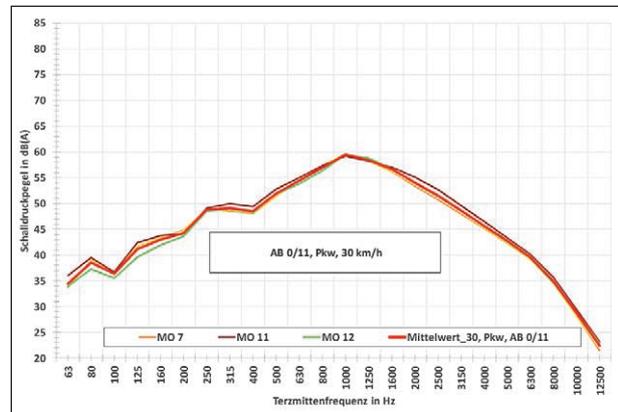


Bild 15: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 30 km/h

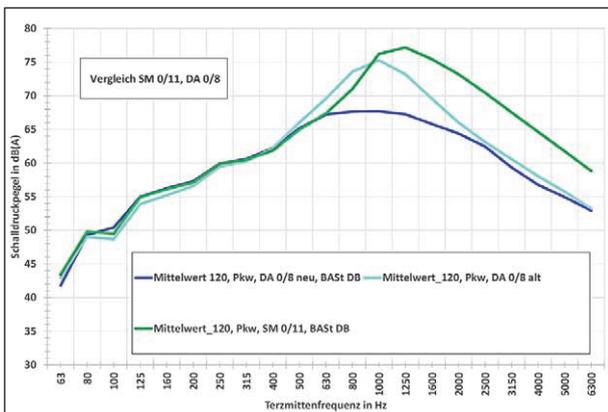


Bild 13: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Pkw bei 120 km/h

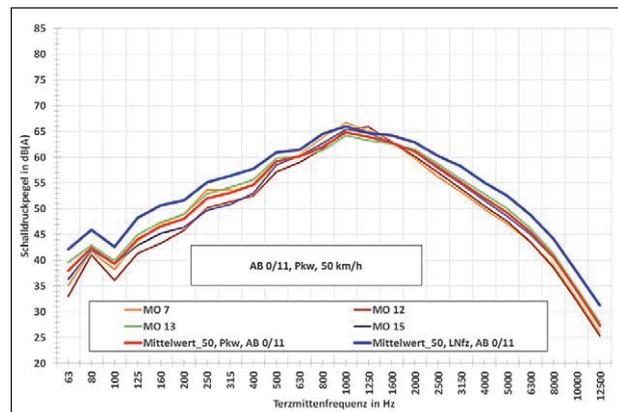


Bild 16: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 50 km/h

Bild 12 und Bild 13 zeigen die Unterschiede zwischen SM 0/11 und DA 0/8 neu sowie den Alterungseinfluss bei DA 0/8 für Pkw bei 80 km/h und 120 km/h.

Bild 14 zeigt entsprechende Ergebnisse für Lkw > 3 Achsen.

2.2.3 Asphaltbeton 0/11

Aus Datenquelle 2 [3] (VGM) liegen Ergebnisse für die Deckschichtart AB 0/11 vor. Die Terzspektren reichen hier von 63 Hz bis 12500 Hz.

In Bild 15, Bild 16 und Bild 17 sind die Spektren für Pkw auf AB 0/11 bei 30 km/h, 50 km/h und 80 km/h

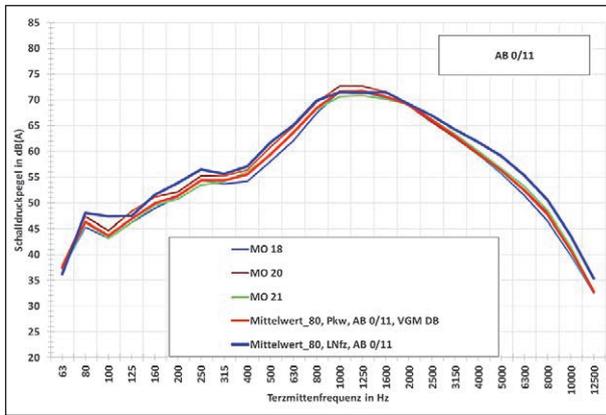


Bild 17: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 80 km/h

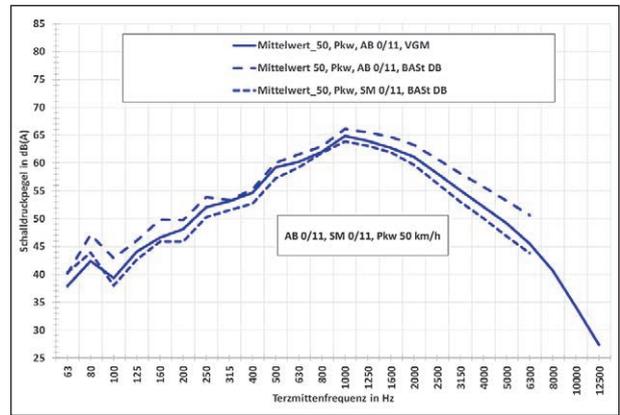


Bild 20: Terzspektren von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 50 km/h

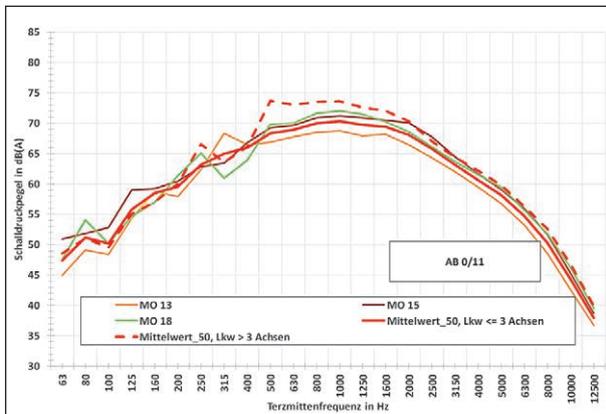


Bild 18: Terzspektren von Lkw auf AB 0/11 bei 50 km/h

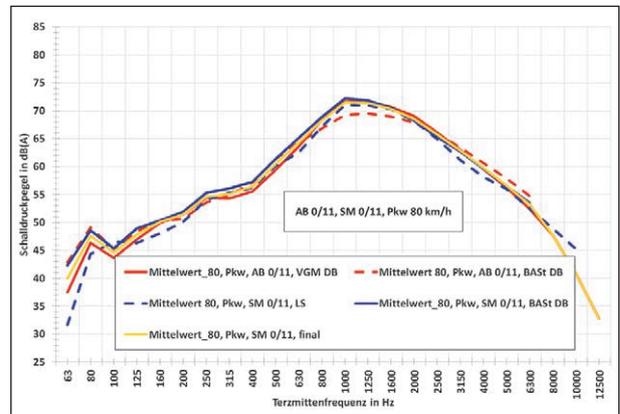


Bild 21: Terzspektren von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 80 km/h

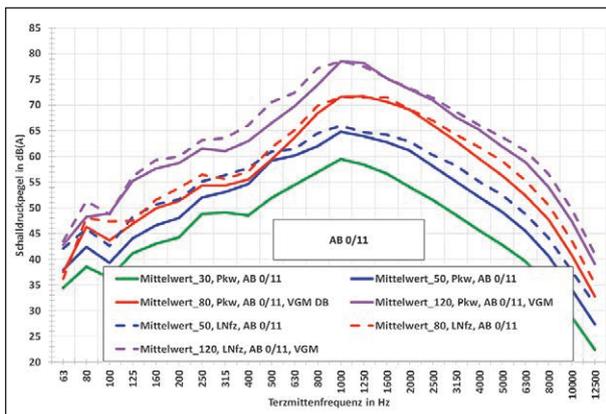


Bild 19: Terzspektren von Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf AB 0/11, Vergleich unterschiedliche Geschwindigkeiten

dargestellt. Bei 50 km/h und 80 km/h sind Ergebnisse für leichte Nutzfahrzeuge zusätzlich angegeben.

In Bild 18 sind die Spektren für Lkw bei 50 km/h dargestellt.

Bild 19 zeigt den Vergleich unterschiedlicher Geschwindigkeiten und von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen.

2.2.4 Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen

Bild 20 zeigt die mittleren Spektren für Pkw aus verschiedenen Untersuchungen bei 50 km/h. Die Ergebnisse aus Datenquelle 2[3] (VGM) eignen sich bereits für das finale Ergebnis, da sie den Mittelwerten aus den beiden anderen Untersuchungen entsprechen.

Bild 21 zeigt entsprechende Ergebnisse für Pkw bei 80 km/h. Der Vorschlag für das finale Spektrum repräsentiert bis 6300 Hz das gewichtete Mittel der Spektren aus den verschiedenen Untersuchungen und darüber hinaus das VGM-DB-Spektrum[3].

Bild 22 zeigt vergleichbare Ergebnisse für Pkw bei 120 km/h. Der Vorschlag für das finale Spektrum entspricht bis 3150 Hz der Kurve SM 0/11 (BASt DB2) und darüber hinaus der Kurve AB 0/11 (VGM[3]).

Bild 23 zeigt die mittleren Spektren für Lkw ≤ 3 Achsen bei 80 km/h. Die Spektren aus den beiden Untersuchungen 2 (VGM) und 3 (BASt DB) sind nahe-

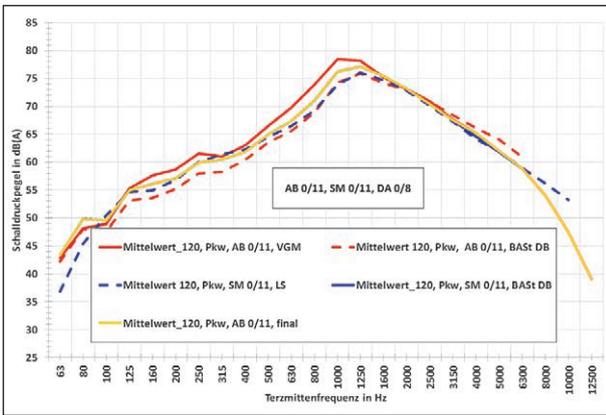


Bild 22: Terzspektrum von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 120 km/h

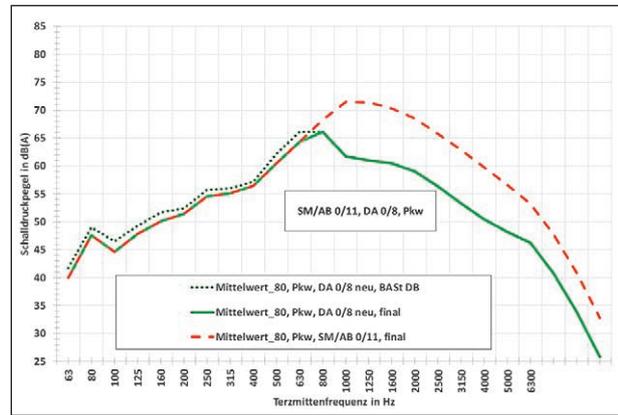


Bild 25: Terzspektrum von Pkw, 80 km/h, DA 0/8 neu

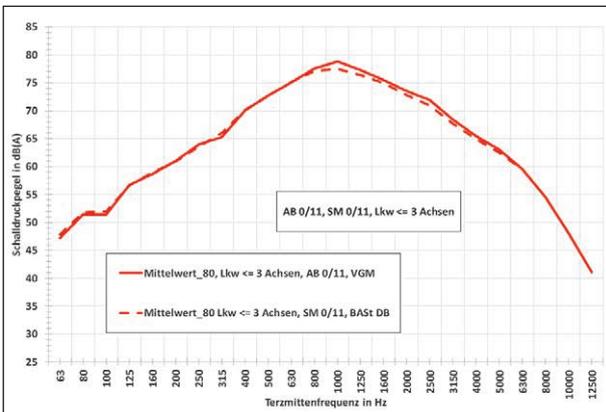


Bild 23: Terzspektrum von Lkw ≤ 3 Achsen, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 80 km/h

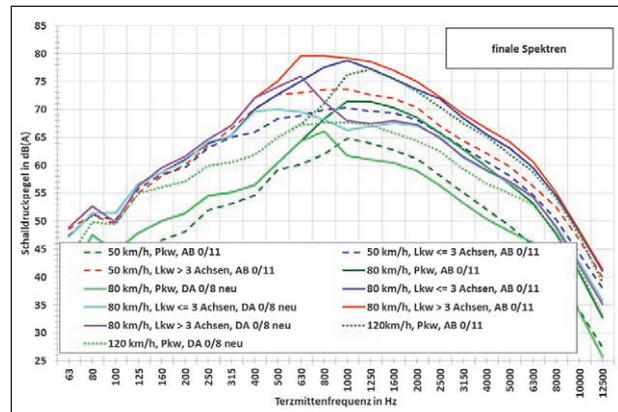


Bild 26: Terzspektrum von Fahrzeugen

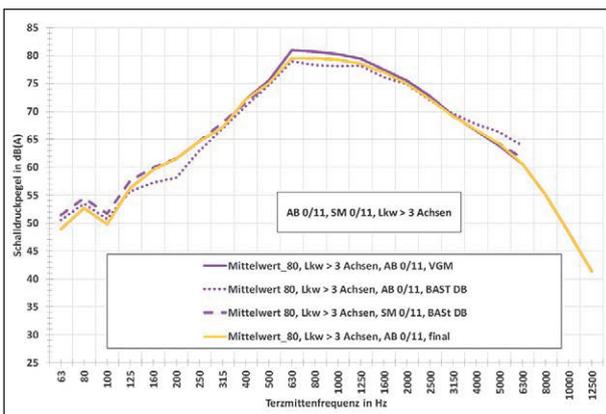


Bild 24: Terzspektrum von Lkw > 3 Achsen, Vergleich unterschiedl. Untersuchungen, 80 km/h

zu identisch, weshalb die VGM-Kurve für das finale Spektrum vorgeschlagen wird.

Bild 24 zeigt vergleichbare Ergebnisse für Lkw > 3 Achsen. Der Vorschlag für das finale Spektrum entspricht bis 400 Hz und oberhalb von 5000 Hz der VGM-Kurve, dazwischen der SM 0/11 BAST-DB-Kurve.

Die finalen Spektren für DA 0/8 neu basieren auf den Ergebnissen von Datenquelle 3 (BAST DB).

Wenn die Terzpegel bei niedrigen Frequenzen höher sind als bei dem entsprechenden Spektrum für dichte Deckschichten, werden sie auf deren Werte korrigiert (siehe Bild 25).

Für DA 0/8 liegen oberhalb von 6.300 Hz keine Ergebnisse vor. Für die finalen Spektren werden die Werte für 8.000 Hz, 10.000 Hz und 12.500 Hz aus den entsprechenden Werten für die dichten Deckschichten bestimmt, indem die Differenz zwischen SM/AB 0/11 und DA 0/8 neu bei 6.300 Hz abgezogen wird.

2.3 Zusammengefasste Fahrzeugspektren

Die in Bild 26 zusammengestellten Spektren beziehen sich auf den lautesten Zeitpunkt der Vorbeifahrt an einem Messpunkt in 7,5 m Entfernung zur Ver-

kehrachse in einer Höhe von 1,2 m über dem Gelände.

Unterschieden werden dabei die folgenden Fahrbahnbeläge:

- AB: Asphaltbeton 0/11 / Splittmastixasphalt 0/11
- DA: Drainasphalt 0/8, neu

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die zugrundeliegenden Fahrzeuganzahlen und die maximalen Vorbeifahrtpegel.

Geschwindigkeit / Fahrzeugkategorie / Deckschicht	Anzahl Fahrzeuge
30 km/h, Pkw, AB/SM 0/11	888
50 km/h, Pkw, AB/SM 0/11	1.154
50 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB/SM 0/11	76
50 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB/SM 0/11	21
80 km/h, Pkw, AB/SM 0/11	711
80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB/SM 0/11	135
80 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB/SM 0/11	383
80 km/h, Pkw, DA 0/8, neu	43
80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, DA 0/8, neu	2.161
80 km/h, Lkw > 3 Achsen, DA 0/8, neu	504
120 km/h, Pkw, AB/SM 0/11	4.718
120 km/h, Pkw, DA 0/8, neu	1.387

Tab. 1: Anzahlen der Fahrzeuge nach Geschwindigkeit, Fahrzeugkategorie und Deckschicht

Bezeichnung	Anteile			verwendete Fahrzeugschicht		
	Pkw	leichte Lkw	schwere Lkw	Pkw	leichte Lkw	schwere Lkw
S1: Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	100,00 %			30 km/h, Pkw, AB		
S2: Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	95,73 %	3,27 %	1,00 %	50 km/h, Pkw, AB	50 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB	50 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB
S3: Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	90,54 %	4,46 %	5,00 %	50 km/h, Pkw, AB	50 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB	50 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB
S4: Außerortsstraße, 80 km/h, AB	88,72 %	4,28 %	7,00 %	80 km/h, Pkw, AB	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB
S5: Außerortsstraße, 80 km/h, DA	88,72 %	4,28 %	7,00 %	80 km/h, Pkw, DA	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, DA	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, DA
S6: Autobahn Tag, 120 km/h, AB	79,00 %	4,00 %	17,00 %	120 km/h, Pkw, AB	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB
S7: Autobahn Tag, 120 km/h, DA	79,00 %	4,00 %	17,00 %	120 km/h, Pkw, DA	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, DA	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, DA
S8: Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	70,00 %	5,00 %	25,00 %	120 km/h, Pkw, AB	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, AB	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, AB
S9: Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	70,00 %	5,00 %	25,00 %	120 km/h, Pkw, DA	80 km/h, Lkw <= 3 Achsen, DA	80 km/h, Lkw > 3 Achsen, DA

Tab. 2: Emissionszusammensetzung der zu betrachtenden Straßen

2.4 Emissionen nach DIN ISO 9613-2

Um von diesen Fahrzeugspektren (siehe Bild 26) rechnerisch auf Emissionspegel zurückzuschließen wird eine Punktschallquelle in einer Höhe von 0,5 m verwendet. In einer horizontalen Entfernung von 7,5 m und in einer Höhe von 1,2 m wird dann bei einer Schallausbreitung über zunächst 5 m harten und danach 2,5 m weichen Boden die Transmission berechnet. Diese Geometrie entspricht den Ausbreitungsbedingungen im lautesten Moment der Vorbeifahrt, der bei der Ermittlung des L_{AFmax} bei der Auswertung der Vorbeifahrtmessungen ausgewertet wird.

Die absolute Höhe der Emissionen ist von der Anzahl der Fahrzeuge abhängig, die für diese Unter-

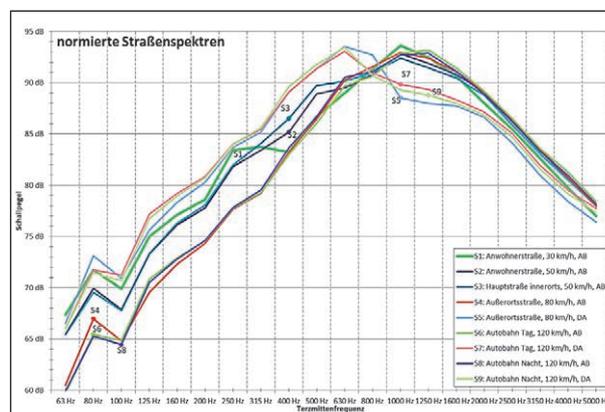


Bild 27: Auf 100 dB(A) normierte Terzspektren der Straßen

Bezeichnung	Terzmittelfrequenz in Hz																			
	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
AB30 (30 km/h, AB)	67,3	71,7	69,9	75,0	77,1	78,6	83,4	83,7	83,2	86,7	89,0	91,3	93,6	92,5	90,6	88,0	85,5	82,6	79,8	77,0
AB50 (50 km/h, AB)	65,5	69,8	67,8	73,3	76,2	77,9	81,9	83,7	85,9	89,3	89,8	90,9	92,6	91,7	90,6	89,0	86,1	83,2	80,6	78,0
AB100 (80 – 120 km/h, AB)	60,1	65,9	64,7	70,3	72,7	74,5	77,7	79,3	83,3	86,4	90,2	91,1	92,8	92,8	91,2	89,1	86,4	83,5	81,0	78,2
DA100 (80 – 120 km/h, DA)	66,2	72,1	71,0	76,5	78,9	80,6	83,9	85,4	89,3	91,5	93,4	91,5	89,3	88,7	88,0	86,9	84,7	81,5	79,0	77,2

Tab. 3: Zusammengefasste Straßenspektren (normiert auf 100 dB(A), in dB)

suchung nicht relevant ist. Die spektrale Verteilung der Spektren der einzelnen Fahrzeuge sowie die relativen Pegelhöhen zueinander sind dagegen relevant und werden im Weiteren betrachtet.

Auf Basis der Fahrzeugspektren werden die zu untersuchenden Straßen wie in Tabelle 2 angegeben gebildet.

Aus den Zusammensetzungen aus Tabelle 2 und den Spektren der Fahrzeugschichten ergeben sich die in Bild 27 dargestellten Spektren für die Untersuchungsstraßen.

2.5 Zusammenfassung von Emissionsspektren

Normiert man die Spektren der einzelnen Untersuchungsstraßen auf einen einheitlichen, A-bewerteten Emissionspegel und vergleicht diese untereinander (siehe Bild 27), so ist ersichtlich, dass mehrere Untersuchungsstraßen bezüglich der spektralen Verteilung sehr nahe beieinander liegen.

Auf Basis der spektralen Zusammensetzungen ergeben sich vier deutlich unterschiedliche Straßentypen, deren einzelne Vertreter in der spektralen Zusammensetzung kaum voneinander abweichen:

1. Straßen mit 30 km/h und Asphaltbeton / Splittmastixasphalt 0/11 (AB30)
 - Anwohnerstraße, 30 km/h, AB (S1)
2. Straßen mit 50 km/h und Asphaltbeton / Splittmastixasphalt 0/11 (AB50)
 - Anwohnerstraße, 50 km/h, AB (S2)
 - Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB (S3)
3. Straßen mit 80 bis 120 km/h und Asphaltbeton / Splittmastixasphalt 0/11 (AB100)
 - Außerortsstraße, 80 km/h, AB (S4)
 - Autobahn Tag, 120 km/h, AB (S6)
 - Autobahn Nacht, 120 km/h, AB (S8)
4. Straßen mit 80 bis 120 km/h und Drainsplitt 0/8 (DA100)

Bezeichnung der Einzelspektren	Straßenspektrum	σ	max
S1: Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	AB30	0,00	0,00
S2: Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	AB50	0,23	0,68
S3: Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	AB50	0,23	0,66
S4: Außerortsstraße, 80 km/h, AB	AB100	0,37	1,08
S5: Außerortsstraße, 80 km/h, DA	DA100	0,55	1,24
S6: Autobahn Tag, 120 km/h, AB	AB100	0,29	0,52
S7: Autobahn Tag, 120 km/h, DA	DA100	0,35	0,65
S8: Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	AB100	0,23	0,63
S9: Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	DA100	0,27	0,77
σ	Standardabweichung der Differenz der terzweisen Emissionspegel zwischen der jeweiligen Straße und dem zusammenfassenden Straßentyp in dB		
max	maximale Abweichung einer Terz in dB		

Tab. 4: Abweichungen der einzelnen Straßen zu den zusammengefassten Straßenspektren

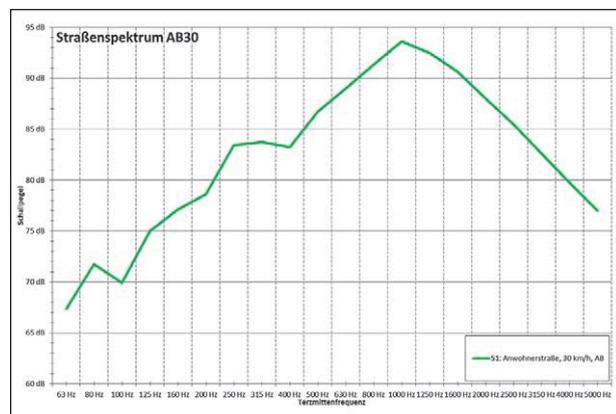


Bild 28: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB30

- Außerortsstraße, 80 km/h, DA (S5)
- Autobahn Tag, 120 km/h, DA (S7)
- Autobahn Nacht, 120 km/h, DA (S9)

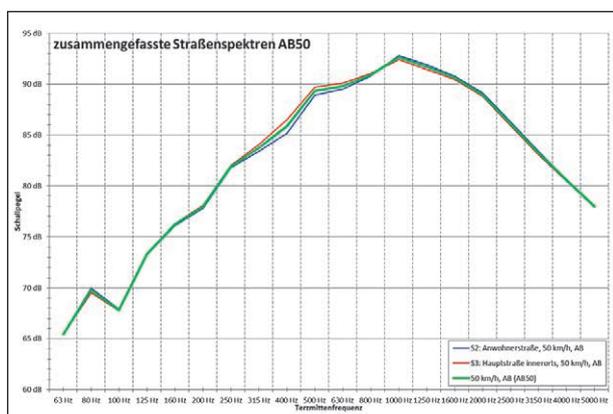


Bild 29: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB50

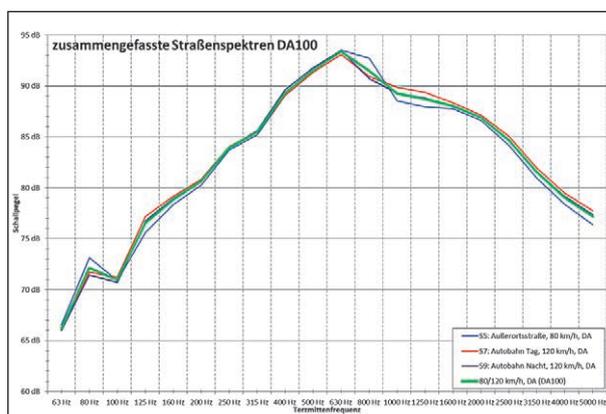


Bild 31: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum DA100

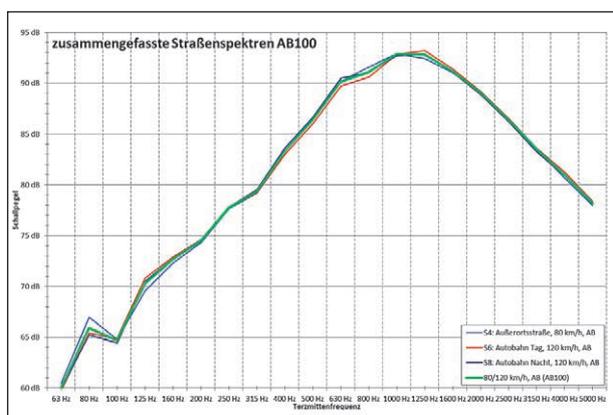


Bild 30: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB100

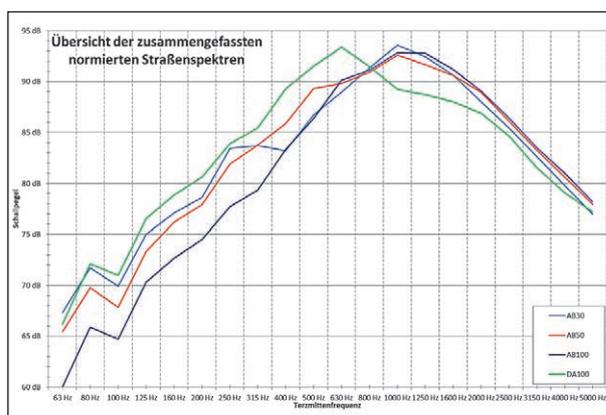


Bild 32: Übersicht der zusammengefassten, auf 100 dB(A) normierten Terzspektren der Straßentypen

Diese vier Spektren, die in Tabelle 3 aufgeführt sind, werden im Weiteren für die Ausbreitungsrechnung verwendet.

Die Abweichungen der Einzelspektren der Straßen zu den zusammengefassten Spektren sind Tabelle 4 zu entnehmen. Dabei wird jeweils die Abweichung der Straße zum zusammengefassten Straßentyp angegeben. Darüber hinaus ist jeweils die Standardabweichung sowie die maximale Abweichung über alle Terzen angegeben.

Die sich daraus ergebenden, zusammengefassten Spektren sind mit den zu Grunde liegenden Spektren der einzelnen Straßen in Bild 28 bis Bild 31 dargestellt und in Bild 32 zusammengefasst.

3 Schallausbreitung außen

Die Ausbreitungsberechnung erfolgt unter Verwendung der Software IMMI 2016 (vom 13.10.2016) nach dem Teilstückverfahren unter Verwendung einer Linienquelle nach DIN ISO 9613-2:1999-

10 [4]. Auf Basis der die terzweisen Berechnungswege ausweisenden „langen Liste“ erfolgt die in Kapitel 3.1 beschriebene Korrektur der Bodendämpfung A_{gr} . Die Luftabsorption berechnet IMMI 2016 unter Verwendung der Angaben aus der ISO 9613-1:1993-06 [5].

Alle Berechnungen erfolgen anhand einer geraden, 10 km langen Linienquelle in einer Höhe von 0,5 m über ebenem Gelände unter Mitwindbedingungen. Da es um die spektrale Verfärbung geht, ist die absolute Höhe der Emissionspegel hier nicht relevant, sondern lediglich die spektrale Zusammensetzung.

3.1 Anpassung der DIN ISO 9613-2 zur Berechnung in Terzen

Die hier durchzuführenden Ausbreitungsrechnungen erfolgen nach DIN ISO 9613-2:1999-10 in Terzen. Die Norm beschreibt jedoch lediglich eine Ausbreitung in Oktaven. Die DIN ISO 9613-2:1999-10 wird daher in modifizierter Form angewendet.

Bei der Berechnung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 sind mehrere Teilterme direkt von der Frequenz abhängig, so dass diese auch terzweise ermittelt werden können. Es gibt jedoch zwei Teilterme, die nicht direkt aus der jeweiligen Frequenz abzuleiten sind und daher gesondert betrachtet werden müssen. Dies ist zum einen der Term für die Luftabsorption A_{atm} , die Faktoren in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2:1999-10 verwendet. Diese Faktoren sind in der ISO 9613-1:1993-06 für alle relevanten Terzen enthalten. Die Berechnungen verwenden daher die entsprechenden Faktoren aus der ISO 9613-1:1993-06 bei einer Temperatur von 10 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70 %.

Der zweite anzupassende Term ist der für die Bodendämpfung A_{gr} . Für die Terzen, die mit der Oktavmittenfrequenz übereinstimmen, werden die Bodendämpfungsterme der jeweiligen Oktave verwendet. In Terzen, die zwischen diesen Oktaven liegen, wird die Bodendämpfung A_{gr} linear aus den angrenzenden Oktavmittenfrequenzen ermittelt. Für die Terzen von 63 Hz bis 125 Hz ergibt sich damit die folgende Vorgehensweise für die terzweisen Bodendämpfungsterme (Auszug für den Frequenzbereich 63 Hz bis 125 Hz):

- $A_{\text{gr, Terz, 63}} = A_{\text{gr, Oktav, 63}}$
- $A_{\text{gr, Terz, 80}} = (2 \cdot A_{\text{gr, Oktav, 63}} + A_{\text{gr, Oktav, 125}}) / 3$
- $A_{\text{gr, Terz, 100}} = (A_{\text{gr, Oktav, 63}} + 2 \cdot A_{\text{gr, Oktav, 125}}) / 3$
- $A_{\text{gr, Terz, 125}} = A_{\text{gr, Oktav, 125}}$

Für die übrigen benötigten Terzen wird entsprechend verfahren.

3.2 Vergleich der Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 und RLS-90

Um die Ergebnisse besser bewerten zu können, wird ein Vergleich zwischen den Berechnungsergebnissen nach DIN ISO 9613-2:1999-10 und nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90 [6] durchgeführt. Für diesen Vergleich sind zunächst Emissionspegel nach RLS-90 erforderlich, die den oben verwendeten Emissionen entsprechen.

Ein Pegel, der gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 für einen Punkt in 25 m Entfernung und 4 m Höhe berechnet wird, entspricht im Wesentlichen dem $L_{\text{m,E}}$ gemäß Formel 5 der RLS90. Berechnet man jedoch nach dem Teilstückverfahren der RLS-90 den Immissionspegel in 25 m Entfernung und 4 m Höhe für einen 10 km langen Straßenabschnitt, so liegt der rechnerisch ermittelte Schallpegel am Immissionspunkt um 0,26 dB über dem Emissionspegel $L_{\text{m,E}}$.

Auf Basis der Spektren aus der angepassten Ausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 sowie des zusätzlichen Korrekturwertes von 0,26 dB werden Emissionspegel für die Berechnung nach den RLS-90 abgeleitet, die den für die Berechnung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 verwendeten Schallpegeln möglichst genau entsprechen. Darauf basierend erfolgen Ausbreitungsberechnungen für sämtliche Kombinationen aus Verkehrszusammensetzung und Ausbreitungssituation, um Unterschiede zwischen den beiden Verfahren festzustellen.

Der Vergleich der Berechnungsergebnisse vor dem Fenster für alle Kombinationen aus Ausbreitungssituation und Emission ist der Tabelle 5 zu entnehmen.

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 50 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	73,3	68,5	-4,9
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	80,2	75,3	-4,9
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	81,7	76,7	-5,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	88,0	83,3	-4,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	84,0	78,6	-5,4
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	91,7	87,0	-4,7
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	87,4	82,1	-5,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	92,3	87,5	-4,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	88,1	82,7	-5,4

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 45 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T2	69,6	68,5	-1,1
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T22	76,4	75,3	-1,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T22	77,8	76,7	-1,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T43	84,4	83,3	-1,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T65	79,5	78,6	-0,9
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T43	88,2	87,0	-1,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T65	83,0	82,1	-0,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T43	88,6	87,5	-1,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T65	83,5	82,7	-0,9
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 35 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T3	71,8	68,5	-3,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T23	78,6	75,3	-3,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T23	80,1	76,7	-3,4
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T44	86,6	83,3	-3,3
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T66	82,3	78,6	-3,7
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T44	90,3	87,0	-3,3
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T66	85,8	82,1	-3,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T44	90,8	87,5	-3,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T66	86,4	82,7	-3,7
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 100 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	70,4	64,4	-6,0
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	77,2	71,2	-6,0
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	78,7	72,6	-6,1
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	85,0	79,2	-5,9
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	81,1	74,5	-6,6
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	88,7	82,9	-5,8
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	84,6	78,0	-6,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	89,3	83,4	-5,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	85,2	78,6	-6,6
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 95 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T2	65,6	64,4	-1,2
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T22	72,3	71,2	-1,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T22	73,7	72,6	-1,1
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T43	80,4	79,2	-1,2
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T65	75,4	74,5	-0,9
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T43	84,1	82,9	-1,2
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T65	78,9	78,0	-0,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T43	84,6	83,4	-1,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T65	79,4	78,6	-0,9

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 85 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T3	67,9	64,4	-3,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T23	74,7	71,2	-3,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T23	76,2	72,6	-3,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T44	82,7	79,2	-3,5
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T66	78,5	74,5	-4,0
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T44	86,4	82,9	-3,4
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T66	81,9	78,0	-3,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T44	86,9	83,4	-3,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T66	82,5	78,6	-3,9
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 200 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T4	67,6	60,3	-7,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T24	74,4	67,0	-7,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T24	76,0	68,5	-7,5
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T45	82,2	75,0	-7,2
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T67	78,5	70,3	-8,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T45	85,8	78,8	-7,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T67	81,9	73,9	-8,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T45	86,4	79,2	-7,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T67	82,5	74,4	-8,1
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 110 m hart, 90 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T5	65,4	60,3	-5,2
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T25	72,2	67,0	-5,2
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T25	73,8	68,5	-5,3
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T46	80,2	75,0	-5,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T68	76,1	70,3	-5,8
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T46	83,8	78,8	-5,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T68	79,5	73,9	-5,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T46	84,4	79,2	-5,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T68	80,2	74,4	-5,7
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 105 m weich, 90 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T6	63,6	60,3	-3,4
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T26	70,3	67,0	-3,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T26	71,8	68,5	-3,3
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T47	78,3	75,0	-3,2
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T69	73,7	70,3	-3,4
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T47	82,0	78,8	-3,2
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T69	77,3	73,9	-3,4
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T47	82,5	79,2	-3,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T69	77,8	74,4	-3,4

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 195 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T9	61,4	60,3	-1,2
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T29	68,1	67,0	-1,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T29	69,6	68,5	-1,1
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T50	76,2	75,0	-1,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T72	71,3	70,3	-0,9
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T50	79,9	78,8	-1,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T72	74,8	73,9	-0,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T50	80,4	79,2	-1,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T72	75,3	74,4	-0,9
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 95 m weich, 90 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T4	66,2	60,3	-5,9
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T24	72,9	67,0	-5,9
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T24	74,5	68,5	-6,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T45	80,8	75,0	-5,7
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T67	77,1	70,3	-6,7
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T45	84,4	78,8	-5,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T67	80,5	73,9	-6,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T45	85,0	79,2	-5,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T67	81,1	74,4	-6,7
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 185 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T5	64,0	60,3	-3,8
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T25	70,8	67,0	-3,8
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T25	72,4	68,5	-3,9
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T46	78,8	75,0	-3,7
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T68	74,7	70,3	-4,4
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T46	82,4	78,8	-3,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T68	78,1	73,9	-4,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T46	83,0	79,2	-3,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T68	78,7	74,4	-4,3
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 400 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T7	63,9	55,6	-8,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T27	70,6	62,4	-8,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T27	72,3	63,8	-8,4
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T48	78,4	70,4	-8,0
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T70	75,0	65,7	-9,3
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T48	82,0	74,1	-7,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T70	78,4	69,2	-9,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T48	82,6	74,6	-8,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T70	79,1	69,7	-9,3

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 310 m hart, 90 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T10	61,9	55,6	-6,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T30	68,7	62,4	-6,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T30	70,3	63,8	-6,4
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T51	76,6	70,4	-6,2
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T73	72,8	65,7	-7,2
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T51	80,2	74,1	-6,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T73	76,2	69,2	-7,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T51	80,8	74,6	-6,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T73	76,9	69,7	-7,1
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 305 m weich, 90 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T8	58,7	55,6	-3,1
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T28	65,4	62,4	-3,0
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T28	66,9	63,8	-3,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T49	73,2	70,4	-2,9
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T71	69,0	65,7	-3,3
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T49	77,0	74,1	-2,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T71	72,5	69,2	-3,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T49	77,5	74,6	-2,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T71	73,0	69,7	-3,3
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 395 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T11	56,7	55,6	-1,2
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T31	63,4	62,4	-1,0
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T31	64,9	63,8	-1,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T52	71,4	70,4	-1,0
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T74	66,8	65,7	-1,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T52	75,1	74,1	-1,0
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T74	70,3	69,2	-1,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T52	75,6	74,6	-1,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T74	70,8	69,7	-1,0
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 295 m weich, 90 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T7	61,7	55,6	-6,1
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T27	68,4	62,4	-6,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T27	70,1	63,8	-6,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T48	76,2	70,4	-5,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T70	72,8	65,7	-7,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T48	79,8	74,1	-5,7
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T70	76,2	69,2	-7,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T48	80,4	74,6	-5,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T70	76,9	69,7	-7,1

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 385 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T10	59,7	55,6	-4,1
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T32	66,5	62,4	-4,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T32	68,1	63,8	-4,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T53	74,4	70,4	-4,0
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T73	70,6	65,7	-5,0
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T53	78,0	74,1	-3,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T73	74,0	69,2	-4,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T53	78,6	74,6	-4,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T73	74,7	69,7	-4,9
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 50 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	72,8	71,2	-1,6
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	79,6	78,0	-1,6
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	81,2	79,4	-1,7
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	87,5	86,0	-1,5
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	83,4	81,3	-2,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	91,2	89,7	-1,5
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	86,9	84,8	-2,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	91,7	90,2	-1,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	87,5	85,4	-2,1
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 45 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T12	69,6	71,2	1,6
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T33	76,4	78,0	1,6
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T33	77,8	79,4	1,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T54	84,3	86,0	1,6
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T75	79,6	81,3	1,7
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T54	88,1	89,7	1,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T75	83,2	84,8	1,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T54	88,6	90,2	1,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T75	83,7	85,4	1,6
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 35 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	71,7	71,2	-0,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	78,5	78,0	-0,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	80,1	79,4	-0,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	86,4	86,0	-0,4
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	82,3	81,3	-1,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	90,1	89,7	-0,4
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	85,8	84,8	-1,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	90,6	90,2	-0,4
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	86,4	85,4	-1,0

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 100 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	69,5	66,0	-3,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	76,3	72,8	-3,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	77,9	74,3	-3,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	84,2	80,8	-3,4
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	80,2	76,1	-4,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	87,9	84,6	-3,3
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	83,7	79,7	-4,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	88,4	85,0	-3,4
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	84,3	80,2	-4,1
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 95 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T12	65,8	66,0	0,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T33	72,5	72,8	0,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T33	74,0	74,3	0,3
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T55	80,5	80,8	0,3
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T75	75,7	76,1	0,4
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T55	84,2	84,6	0,3
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T75	79,3	79,7	0,4
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T55	84,7	85,0	0,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T75	79,8	80,2	0,4
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 85 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	68,2	66,0	-2,1
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	75,0	72,8	-2,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	76,5	74,3	-2,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	82,8	80,8	-2,0
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	78,9	76,1	-2,8
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	86,5	84,6	-1,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	82,3	79,7	-2,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	87,1	85,0	-2,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	82,9	80,2	-2,7
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 200 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T4	65,9	61,1	-4,8
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T24	72,7	67,9	-4,8
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T24	74,3	69,3	-5,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T45	80,5	75,8	-4,7
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T67	76,8	71,1	-5,7
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T45	84,2	79,6	-4,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T67	80,2	74,7	-5,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T45	84,7	80,0	-4,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T67	80,9	75,2	-5,6

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 195 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T6	61,6	61,1	-0,6
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T26	68,4	67,9	-0,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T26	69,8	69,3	-0,5
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T47	76,3	75,8	-0,4
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T69	71,7	71,1	-0,5
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T47	80,0	79,6	-0,5
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T69	75,2	74,7	-0,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T47	80,5	80,0	-0,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T69	75,8	75,2	-0,5
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 185 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T4	64,3	61,1	-3,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T24	71,1	67,9	-3,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T24	72,7	69,3	-3,4
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T45	78,9	75,8	-3,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T67	75,2	71,1	-4,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T45	82,6	79,6	-3,0
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T67	78,6	74,7	-3,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T45	83,2	80,0	-3,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T67	79,2	75,2	-4,0
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 400 m hart				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T7	62,0	56,0	-6,0
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T27	68,8	62,8	-6,0
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T27	70,5	64,2	-6,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T48	76,5	70,8	-5,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T70	73,2	66,1	-7,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T48	80,2	74,5	-5,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T70	76,6	69,6	-7,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T48	80,8	75,0	-5,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T70	77,3	70,2	-7,1
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 5 m hart, 395 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T8	57,0	56,0	-1,0
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T28	63,7	62,8	-0,9
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T28	65,1	64,2	-0,9
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T49	71,5	70,8	-0,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T71	67,2	66,1	-1,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T49	75,3	74,5	-0,7
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T71	70,7	69,6	-1,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T49	75,8	75,0	-0,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T71	71,3	70,2	-1,1

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Bodenbeschaffenheit: 15 m hart, 385 m weich				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T7	60,0	56,0	-4,0
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T27	66,8	62,8	-4,0
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T27	68,4	64,2	-4,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T48	74,5	70,8	-3,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T70	71,1	66,1	-5,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T48	78,2	74,5	-3,6
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T70	74,5	69,6	-4,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T48	78,8	75,0	-3,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T70	75,2	70,2	-5,0
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T13	59,7	55,8	-3,9
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T34	66,5	62,6	-3,9
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T34	68,2	64,1	-4,1
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T56	74,1	70,6	-3,5
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T76	71,2	65,9	-5,3
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T56	77,6	74,3	-3,3
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T76	74,6	69,4	-5,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T56	78,3	74,8	-3,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T76	75,3	70,0	-5,3
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 15 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (5 m hoch) in 30 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T1	72,8	71,2	-1,6
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T21	79,6	78,0	-1,6
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T21	81,1	79,4	-1,7
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T42	87,5	86,0	-1,5
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T64	83,4	81,3	-2,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T42	91,2	89,7	-1,4
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T64	86,8	84,8	-2,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T42	91,7	90,2	-1,5
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T64	87,4	85,4	-2,1
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (10 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T14	52,0	48,7	-3,3
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T35	58,8	55,5	-3,3
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T35	60,5	57,0	-3,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T57	66,3	63,5	-2,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T77	63,6	58,8	-4,8
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T57	69,9	67,2	-2,7
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T77	67,0	62,3	-4,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T57	70,6	67,7	-2,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T77	67,7	62,9	-4,8

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 50 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (30 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T15	49,1	40,3	-8,8
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T36	55,9	47,1	-8,8
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T36	57,5	48,5	-9,0
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T58	63,6	55,1	-8,6
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T78	60,1	50,4	-9,8
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T58	67,3	58,8	-8,5
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T78	63,6	53,9	-9,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T58	67,9	59,3	-8,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T78	64,2	54,5	-9,8
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T16	57,0	52,5	-4,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T37	63,8	59,3	-4,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T37	65,5	60,7	-4,8
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T59	71,3	67,2	-4,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T79	68,6	62,5	-6,1
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T59	74,9	71,0	-3,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T79	72,1	66,1	-6,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T59	75,5	71,4	-4,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T79	72,8	66,6	-6,1
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (10 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T17	49,0	44,9	-4,2
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T38	55,8	51,7	-4,1
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T38	57,5	53,1	-4,4
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T60	63,2	59,6	-3,6
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T80	60,7	54,9	-5,8
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T60	66,8	63,4	-3,4
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T80	64,2	58,5	-5,7
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T60	67,4	63,8	-3,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T80	64,9	59,0	-5,8
Abstand: 100 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (30 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T15	46,0	36,5	-9,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T36	52,8	43,3	-9,4
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T36	54,4	44,8	-9,6
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T58	60,5	51,3	-9,2
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T78	57,1	46,6	-10,4
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T58	64,1	55,1	-9,1
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T78	60,5	50,2	-10,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T58	64,7	55,5	-9,2
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T78	61,2	50,7	-10,4

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Straße	Spektrum	Immissionspegel [dB(A)]		Differenz [dB]
		DIN ISO 9613-2	RLS-90	
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T18	54,1	48,7	-5,4
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T39	60,9	55,5	-5,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T39	62,7	56,9	-5,8
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T61	68,4	63,5	-4,9
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T81	66,0	58,8	-7,2
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T61	71,9	67,2	-4,7
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T81	69,4	62,3	-7,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T61	72,6	67,7	-4,9
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T81	70,1	62,9	-7,3
Abstand: 200 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (50 m hoch) in 25 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T17	45,4	36,9	-8,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T37	52,2	43,7	-8,6
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T37	54,0	45,1	-8,9
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T59	59,6	51,6	-8,0
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T79	57,2	46,9	-10,3
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T59	63,2	55,4	-7,8
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T79	60,6	50,5	-10,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T59	63,9	55,8	-8,0
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T79	61,3	51,0	-10,3
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m) in 7 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T19	50,9	44,4	-6,5
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T40	57,7	51,2	-6,5
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T40	59,5	52,7	-6,9
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T62	65,0	59,2	-5,8
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T82	63,0	54,5	-8,5
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T62	68,5	62,9	-5,5
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T82	66,4	58,0	-8,3
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T62	69,2	63,4	-5,8
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T82	67,1	58,6	-8,5
Abstand: 400 m				
Immissionshöhe: 3 m				
Ausbreitungsbedingungen: Haus (50 m hoch) in 25 m Entfernung zur Emission				
Anwohnerstraße, 30 km/h, AB	T20	41,6	31,8	-9,8
Anwohnerstraße, 50 km/h, AB	T41	48,4	38,6	-9,8
Hauptstraße innerorts, 50 km/h, AB	T41	50,2	40,0	-10,2
Außerortsstraße, 80 km/h, AB	T63	55,7	46,6	-9,1
Außerortsstraße, 80 km/h, DA	T83	53,6	41,9	-11,7
Autobahn Tag, 120 km/h, AB	T63	59,2	50,3	-8,9
Autobahn Tag, 120 km/h, DA	T83	57,0	45,4	-11,6
Autobahn Nacht, 120 km/h, AB	T63	59,9	50,8	-9,1
Autobahn Nacht, 120 km/h, DA	T83	57,7	45,9	-11,8

Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 (Fortsetzung)

Tabelle 5 zeigt erhebliche Unterschiede zwischen DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90 auf. Daher werden die Unterschiede im Folgenden genauer betrachtet.

3.2.1 Auswirkung der Bodenbeschaffenheit

Die folgenden Bilder zeigen die spektralen Transmissionen, d. h. wie sich die Schallpegel und die Frequenzzusammensetzung durch die Ausbreitung ändern. Zunächst sind die freien Ausbreitungen mit Immissionspunkten in 3 m Höhe (siehe Bild 33) und 15 m Höhe (siehe Bild 34) dargestellt. Deutlich ist diesen Spektren zu entnehmen, dass die Dämpfung auf dem Ausbreitungsweg erheblich vom Boden (hart oder weich) abhängt. Die RLS90 berechnen die Schallausbreitung grundsätzlich über weichen Boden [7], sodass bei harten Böden erheblich geringere Schallpegel berechnet werden als nach

DIN ISO 9613-2:1999-10. Die vier Kurvenscharen ergeben sich aus den vier Entfernungen (50 m, 100 m, 200 m, 400 m).

3.2.2 Auswirkung von Hindernissen

Die Schallausbreitung über Hindernisse (siehe Bild 35) zeigt, dass bei der spektralen Zusammensetzung des Schalls hinter Hindernissen die tieffrequenten Anteile deutlich höher liegen, als die hochfrequenten Anteile. Dies ist bei der freien Schallausbreitung nur in deutlich geringerem Maße erkennbar. Die Streuung über die Beispiele weicht jedoch bei den abgeschirmten Ausbreitungen nicht wesentlich von der Streuung bei den freien Ausbreitungen ab. (Die in Bild 35 oben liegende Kurve zeigt die Ausbreitung über das Hindernis, dass die direkte Sichtlinie nicht berührt und ist daher mit der freien Ausbreitung zu vergleichen.)

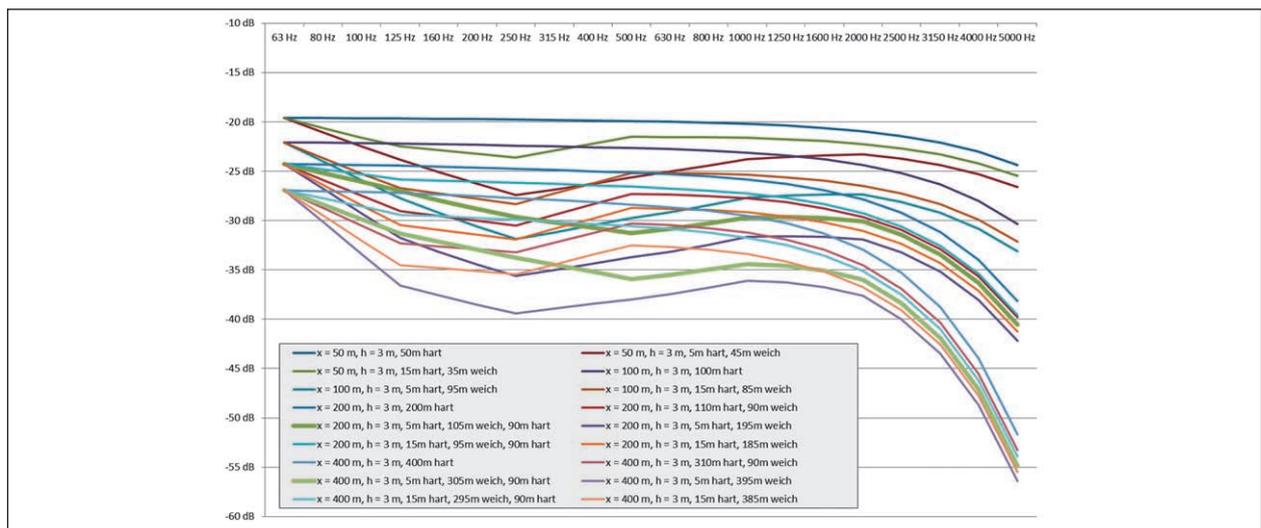


Bild 33: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), freie Ausbreitung, Immissionshöhe 3 m

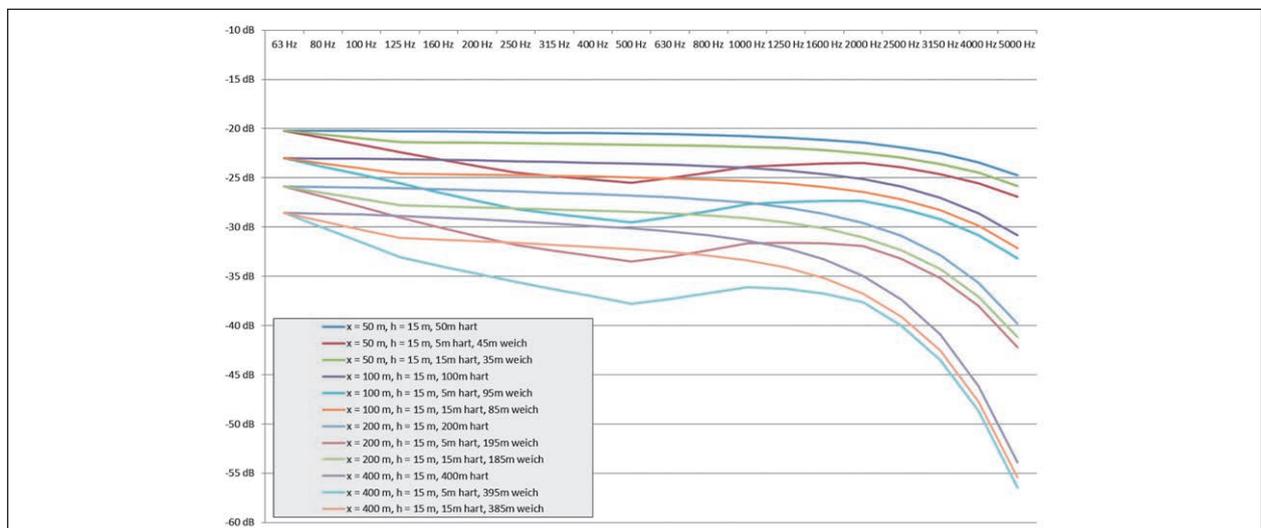


Bild 34: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), freie Ausbreitung, Immissionshöhe 15 m

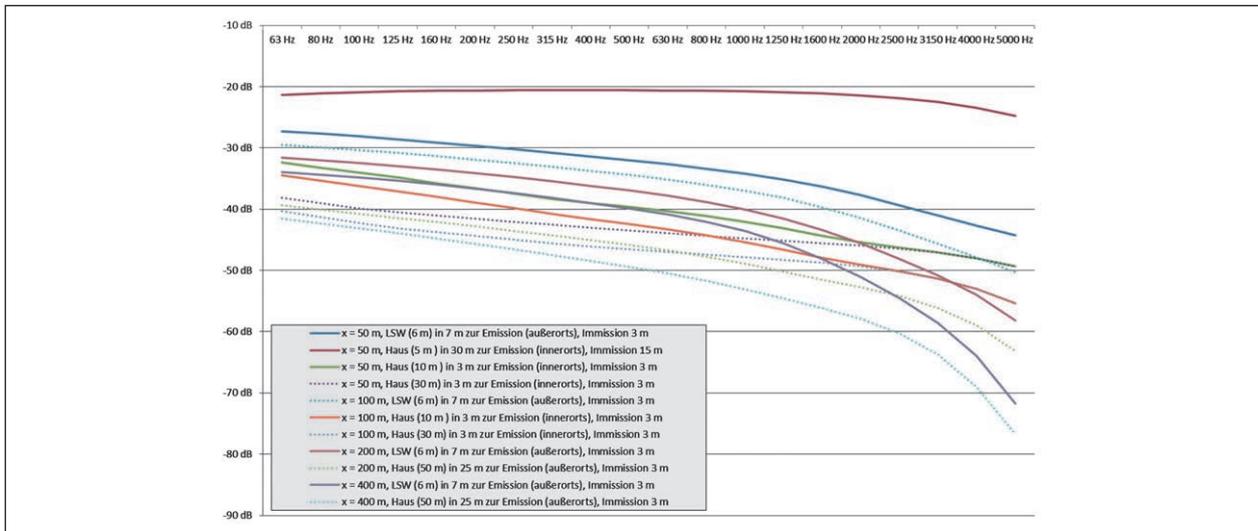


Bild 35: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), Ausbreitung über Hindernisse

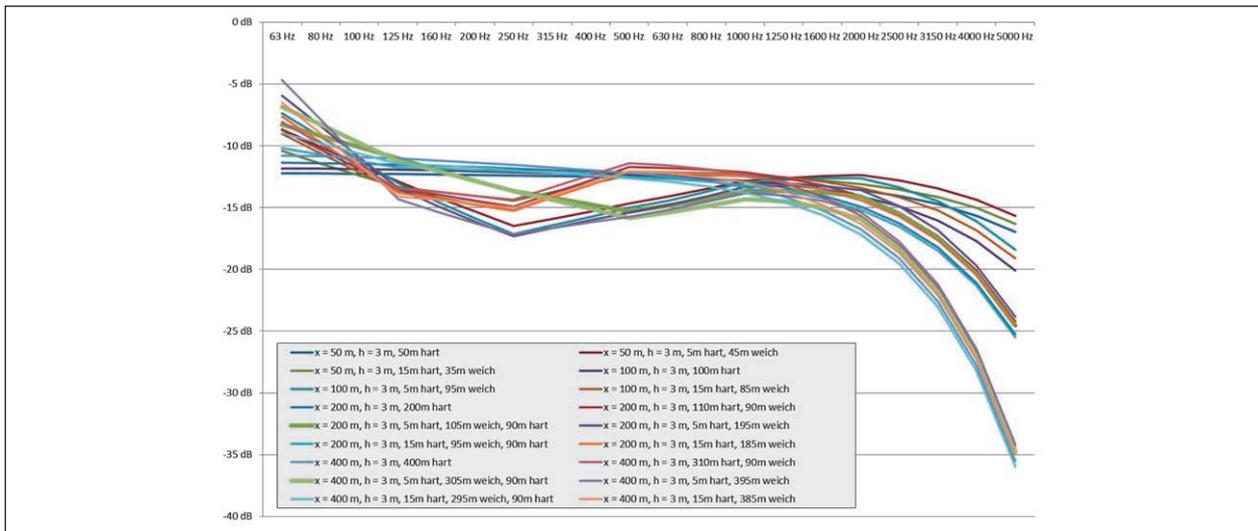


Bild 36: Normiertes Spektrum der Transmission, freie Ausbreitung, Immissionshöhe 3 m

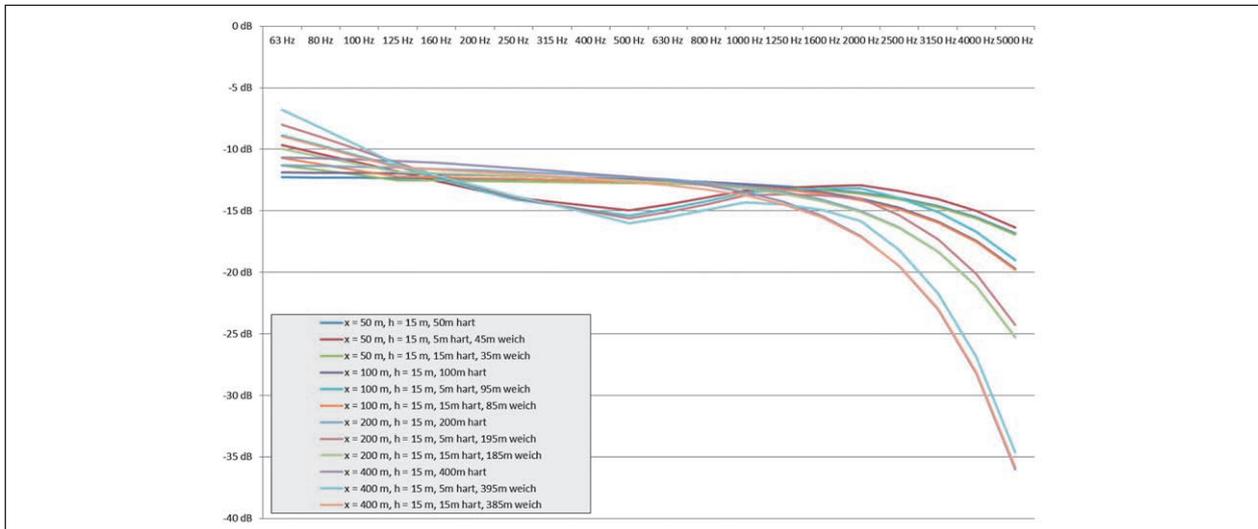


Bild 37: Normiertes Spektrum der Transmission, freie Ausbreitung, Immissionshöhe 15 m

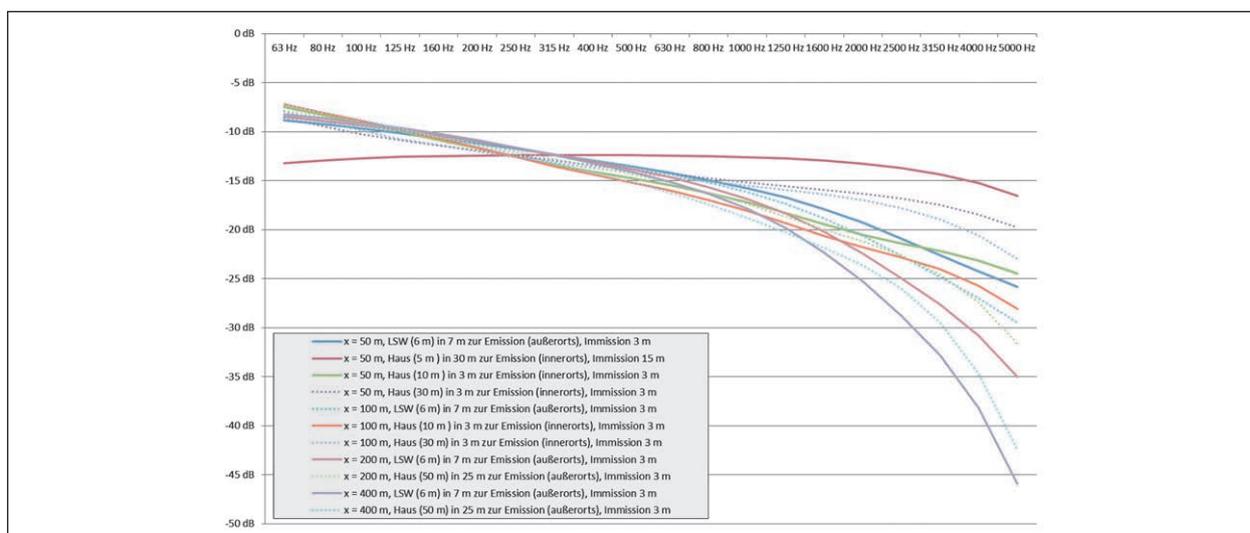


Bild 38: Normiertes Spektrum der Transmission, Ausbreitung über Hindernisse

Normiert man für den Vergleich der spektralen Veränderung die Spektren aus den Bildern auf einen Summenpegel von 0 dB (siehe Bild 36 bis Bild 38), so zeigt sich, dass der Einfluss von hartem oder weichem Untergrund in den Frequenzen 500 Hz bis 1000 Hz (mit den höchsten Terzpegeln) sogar größere Differenzen in der spektralen Verfärbung hervorrufen, als die sich aus den verschiedenen Hindernissen ergebenden Differenzen. Die hohen Korrekturfaktoren ergeben sich somit nicht nur aus Abschirmungen durch die hohen Gebäude, sondern sind in allen untersuchten Fällen anzunehmen.

Bild 39 stellt beispielhaft die Immissionen für die Hauptstraße innerorts bei 50 km/h mit Asphaltbeton bei freier Ausbreitung in 400 m Entfernung dar. Im Bereich von 250 Hz bis 2 kHz treten dabei >96 % der Schallenergie auf. Die Pegelbereiche unter 250 Hz und über 2 kHz beeinflussen daher das Ergebnis nur geringfügig. Rechts in der Grafik sind die Summenpegel als Punkte dargestellt. Erkennbar ist, dass das Ergebnis gemäß RLS-90 nur geringfügig von der DIN ISO 9613-2:1999-10 abweicht, wenn man von weichem Boden ausgeht. Härtere Böden führen jedoch zu zum Teil wesentlich höheren Schallpegeln am Immissionsort. Dies entspricht den Erwartungen, da die RLS-90 immer von weichem Boden ausgehen.

Ein direkter Vergleich der Transmissionspektren mit dem Transmissionswert der RLS-90 ist nicht möglich, da diese von einem Emissionspegel ($L_{m,E}$) in 25 m Entfernung und 4 m Höhe ausgeht. Daher wurden die Transmissionswerte sinngemäß vom Emissionspegel der RLS-90 auf einen Schalleistungspegel (L_W) umgerechnet, um mit den Trans-

missionspektren gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 vergleichbar zu sein.

Diese Transmissionswerte und -spektren für 400 m sind als Beispiel in Bild 40 dargestellt. Die RLS-90 rechnen die Schallausbreitung bei 680 Hz. Der Wert für die RLS-90 ist zum Vergleich für den Pegelbereich aufgetragen, der nach der Auswertung von Bild 39 relevant ist (250 Hz bis 2 kHz).

Auch in Bild 40 ist erkennbar, dass die Transmissionen im relevanten Bereich in etwa der Ausbreitung über weichen Boden entsprechen und die Spektren über härtere Böden zu höheren Schallpegeln führen. In anderen Entfernungen ergeben sich vergleichbare Ergebnisse.

3.2.3 Begrenzung des Abschirmmaßes D_z

Betrachtet man die Transmissionen über Hindernisse (siehe Bild 41), so zeigen sich höhere Abweichungen zwischen den RLS-90 und DIN ISO 9613-2:1999-10. Dabei ist unter anderem zu beachten, dass das Abschirmmaß gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 je Terz (anders als nach RLS-90) begrenzt ist:

„Das Abschirmmaß D_z in einem beliebigen Oktavband sollte im Falle von Einfachbeugung (d. h. bei dünnen Schallschirmen) nicht als größer als 20 dB und im Falle von Doppelbeugung (d. h. bei dicken Schallschirmen) nicht größer als 25 dB angenommen werden.“

Da die Schallausbreitung jedoch nicht ausschließlich auf dem kürzesten Weg erfolgt und sich bei größeren Entfernungen geringere Abschirmungen er-

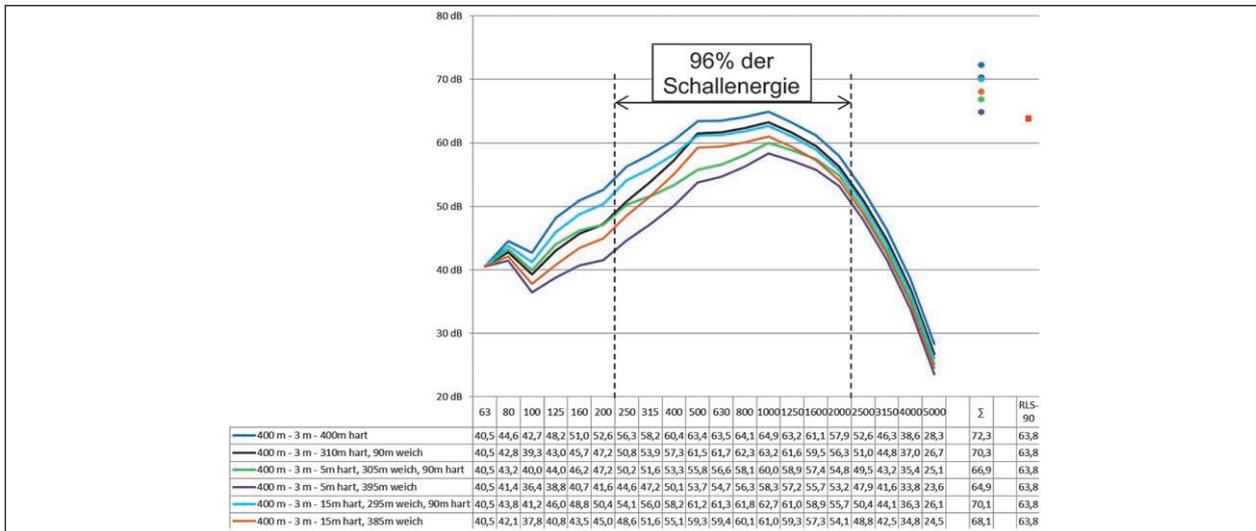


Bild 39: Immissionspegel in 400 m Entfernung bei freier Ausbreitung

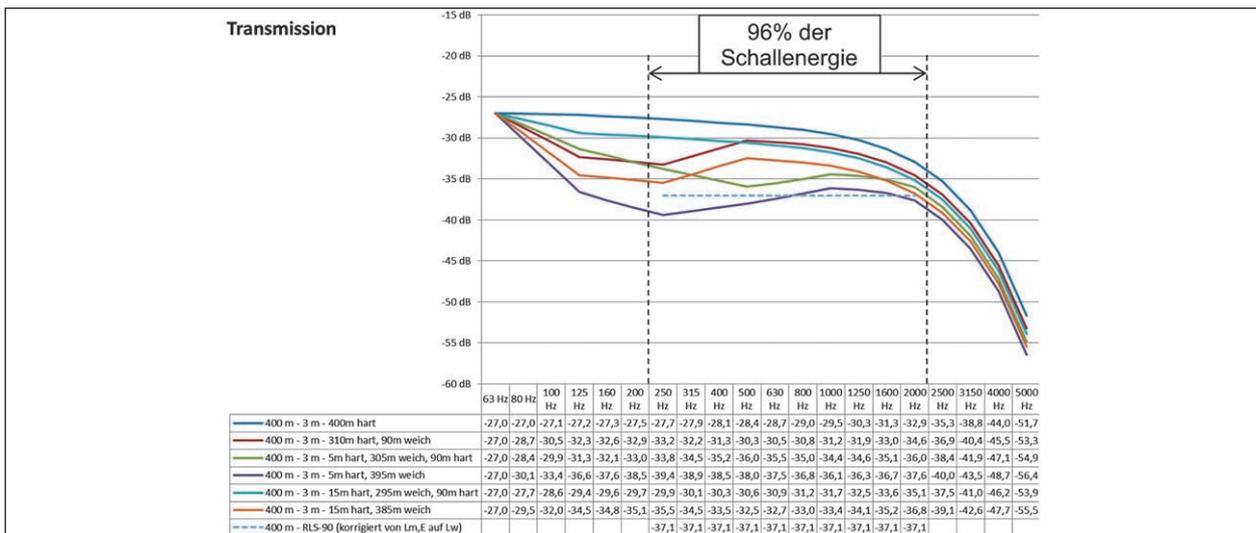


Bild 40: Transmissionsspektren für 400 m Entfernung bei freier Ausbreitung

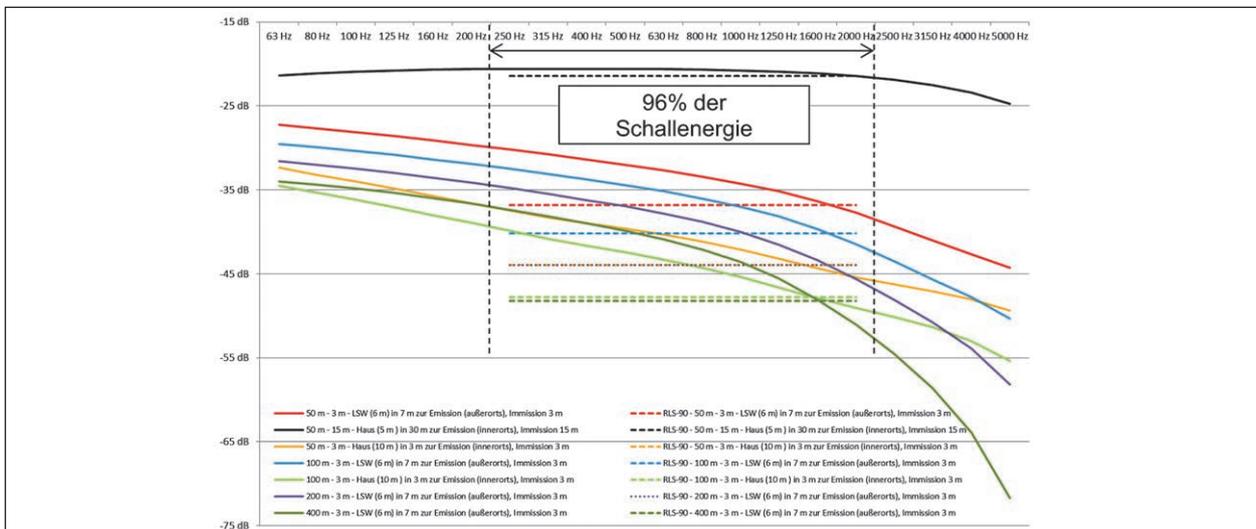


Bild 41: Transmissionsspektren über Hindernisse

geben, sind die Auswirkungen dieser Begrenzung der Dämpfung auf den Immissionspegel aus der gesamten Schallquelle nur in wenigen Fällen nennenswert.

In Bild 35 und Bild 38 sind die Fälle mit Transmissionen über die Gebäude mit 30 m und 50 m Höhe hervorgehoben (Fälle 34, 37, 39, 41 gemäß Tabelle 7) – zusammen mit dem Fall 35 (Lärmschutzwand 6 m in 7 m Entfernung), da dieser mit dem Fall 39 zusammengefasst wurde (siehe Tabelle 11). Diese Fälle weisen in den Immissionspegeln (Summenpegeln) ohne Begrenzung der Abschirmung (D_z) gegenüber der Berechnung mit Begrenzung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 die folgenden Unterschiede auf (ohne Begrenzung ist der Schallpegel geringer):

- Fall 34 (50 m, Haus (30 m) in 3 m zur Emission): -1,73 dB
- Fall 37 (100 m, Haus (30 m) in 3 m zur Emission): -1,50 dB
- Fall 39 (200 m, Haus (50 m) in 25 m zur Emission): -0,54 dB
- Fall 41 (400 m, Haus (50 m) in 25 m zur Emission): -0,39 dB

Darüber hinaus sind bei Fall 33 und 36 (gemäß Tabelle 7) noch geringe Abweichungen festzustellen:

- Fall 33 (50 m, Haus (10 m) in 3 m zur Emission): -0,25 dB
- Fall 36 (100 m, Haus (10 m) in 3 m zur Emission): -0,19 dB

Nr.	Orthogonaler Abstand	Immissionshöhe	Boden (Quelle zu Empfänger)	Gs	Gm	Gr	
1	50 m	3 m	50 m hart	0	-	0	
2			5 m hart, 45 m weich	0,67	-	0,90	
3			15 m hart, 35 m weich	0	-	0,70	
4	100 m		100 m hart	0	-	0	
5			5 m hart, 95 m weich	0,67	-	1	
6			15 m hart, 85 m weich	0	-	0,94	
7	200 m		200 m hart	0	0	0	
8			110 m hart, 90 m weich	0	0	1	
9			5 m hart, 105 m weich, 90 m hart	0,67	1	0	
10			5 m hart, 195 m weich	0,67	1	1	
11			15 m hart, 95 m weich, 90 m hart	0	1	0	
12			15 m hart, 185 m weich	0	1	1	
13	400 m		400 m hart	0	0	0	
14			310 m hart, 90 m weich	0	0	1	
15			5 m hart, 305 m weich, 90 m hart	0,67	1	0	
16			5 m hart, 395 m weich	0,67	1	1	
17			15 m hart, 295 m weich, 90 m hart	0	1	0	
18			15 m hart, 385 m weich	0	1	1	
19	50 m		15 m	50 m hart	0	-	0
20				5 m hart, 45 m weich	0,67	-	0,90
21				15 m hart, 35 m weich	0	-	0,70
22	100 m			100 m hart	0	-	0
23				5 m hart, 95 m weich	0,67	-	0,95
24				15 m hart, 85 m weich	0	-	0,85
25	200 m			200 m hart	0	-	0
26				5 m hart, 195 m weich	0,67	-	0,98
27				15 m hart, 185 m weich	0	-	0,93
28	400 m			400 m hart	0	-	0
29				5 m hart, 395 m weich	0,67	-	0,99
30				15 m hart, 385 m weich	0	-	0,96

Tab. 6: Ausbreitungssituationen ohne Hindernisse (orthogonaler Abstand)

Nr.	Orthogonaler Abstand	Immissionshöhe	Hindernis	z/d		
31	50 m	3 m	Lärmschutzwand (h = 6 m) in 7 m zur Emission	0,039		
32		15 m	Gebäude (h = 5 m) in 30 m zur Emission	-0,012		
33		3 m		Gebäude (h = 10 m) in 3 m zur Emission	0,152	
34				Gebäude (h = 30 m) in 3 m zur Emission	0,715	
35	100 m			Lärmschutzwand (h = 6 m) in 7 m zur Emission	0,019	
36				Gebäude (h = 10 m) in 3 m zur Emission	0,072	
37				Gebäude (h = 30 m) in 3 m zur Emission	0,308	
38	200 m				Lärmschutzwand (h = 6 m) in 7 m zur Emission	0,010
39					Gebäude (h = 50 m) in 25 m zur Emission	0,185
40	400 m				Lärmschutzwand (h = 6 m) in 7 m zur Emission	0,005
41					Gebäude (h = 50 m) in 25 m zur Emission	0,084

Tab. 7: Ausbreitungssituationen mit Hindernissen

Alle übrigen Abweichungen (in den Summenpegeln außen am Fenster) liegen deutlich unter -0,1 dB. Zusätzlich ist zu bedenken, dass diese Abweichungen sich aus hohen Frequenzen ergeben, bei denen die Fenster hohe Schalldämm-Maße aufweisen. Da für die Innenpegel (und damit für den Korrektursummanden E) die tiefen Frequenzen einen höheren Anteil am Innenpegel haben, ergeben sich im Innenraum noch geringere Abweichungen.

Bei freier Ausbreitung sind keine Unterschiede im Abschirmmaß D_z vorhanden, da keine Abschirmung erfolgt und somit auch keine begrenzt wird.

3.2.4 Auswirkung der Unterschiede

Die Pegeldifferenzen zwischen den Immissionspegeln der RLS-90 und der DIN ISO 9613-2:1999-10 liegen bei weicher Bodenbeschaffenheit und ohne Hindernisse auf dem Ausbreitungsweg im Bereich von -1 bis +2 dB(A). Die Schallausbreitungsrechnung der RLS-90 ist auf diesen Fall angepasst [7].

In jedem Fall sind die Unterschiede in den A-bewerteten Immissionspegeln zwischen RLS-90 und DIN ISO 9613-2:1999-10 für die weiteren Berechnungen unerheblich, da bei der relativen Schalldämmung nur die spektrale Verteilung der Immissionen eine Rolle spielt.

3.3 Ausbreitungssituationen

3.3.1 Ausbreitungssituationen ohne Hindernisse

Entsprechend der in der Ausschreibung vorgesehenen Kombinationen von hartem und weichem Boden, und der Annahme, dass bei straßenrandnahen

Fahrbahnen ein Teil des Ausbreitungsweges immer hart ist, ergeben sich die in Tabelle 6 aufgeführten Ausbreitungssituationen ohne Hindernisse.

Die sich bei diesen Bodenbeschaffenheiten ergebenden Absorptionsgrade G sind für den Quell- (G_s), Mittel- (G_m) und Empfangsbereich (G_r) für den jeweils kürzesten Abstand zwischen Quelle und Immissionsort informativ angegeben. Für Teilstücke, die weiter entfernt liegen, ergeben sich davon abweichende Absorptionsgrade.

3.3.2 Ausbreitungssituationen mit Hindernissen

Die Ermittlung der Schallausbreitung über Hindernisse erfolgt anhand von elf Situationen. Hindernisse sind jeweils parallel zur Schallquelle ausgerichtet und schirmen die Schallquelle ab. In der Spalte „Abstand“ ist bei Gebäuden jeweils die der Schallquelle nächstgelegene Kante angegeben. Die Gebäude haben eine Breite von 12 m. Die Lärmschutzwände (LSW) erzeugen nur eine abschirmende Kante. Für jede Situation ist in Tabelle 7 zusätzlich das Verhältnis der Abschirmung z/d für den kürzesten Abstand zwischen Quelle und Immissionsort angegeben.

3.4 Schallpegel an verschiedenen Immissionsorten

Die Minderungswirkung der offenporigen Deckschicht im Vergleich zu den geschlossenen Deckschichten ergibt sich aufgrund der Verwendung der Spektren (siehe Kapitel 2.5) zur Ermittlung bei den verschiedenen Straßenkategorien zu:

- - 4,7 dB bei Außerortsstraßen mit 80 km/h
- - 4,9 dB bei Autobahnen (Tag) mit 120 km/h
- - 4,8 dB bei Autobahnen (Nacht) mit 120 km/h

Für die Berechnung der Immissionspegel nach den RLS-90 bedeutet das die Beibehaltung der Minderungswirkung (in gleicher Höhe). Bei der Ausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 wirkt sich die spektrale Zusammensetzung jedoch bei den untersuchten Ausbreitungssituation unterschiedlich aus.

Da die Differenzen zwischen den drei Varianten bei der Ausbreitung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 nicht mehr als 0,2 dB betragen, wird hier beispielhaft nur die Autobahn (Nacht) mit 120 km/h betrachtet. Die beiden anderen Varianten führen zu lediglich geringfügig anderen Ergebnisse und sind daher als gleich zu bewerten.

In Tabelle 8 werden die Minderungswirkungen von offenporigem Asphalt am Immissionsort nach RLS90 und nach DIN ISO 9613-2:1999-10 verglichen.

Es zeigt sich, dass bei freier Schallausbreitung Differenzen der Minderungswirkung von offenporigem Asphalt zwischen RLS-90 und DIN ISO 9613-2:1999-10 von -0,3 dB bis +1,3 dB auftreten. Die bei Autobahnen sicherlich häufigsten Situationen mit freier Schallausbreitung über überwiegend weichen Boden ergeben, nach der genaueren, terzweisen Berechnung gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 vergleichbare Immissionspegel. Die Minderungswirkung vom offenporigen Asphalt liegt in diesen Fällen bei rund 4 dB - 5 dB gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 (4,8 dB gemäß RLS). Bei Ausbreitung über schallharten Boden und in größeren Höhen treten maximal 1,3 dB höhere Immissionspegel als bei der Berechnung nach RLS-90 auf. Die Berechnung der Minderungswirkung von offenporigem Asphalt nach der genaueren, terzweisen Berechnung gemäß DIN ISO 9613-2:1999-10 führt bei freier Schallausbreitung zu Ergebnissen, die nicht wesentlich von den Berechnungsergebnissen nach RLS-90 abweichen.

Vergleicht man die nach DIN ISO 9613-2:1999-10 mit der nach RLS-90 berechneten Minderungswirkungen dagegen in abgeschirmten Situationen, so ist erkennbar, dass die Minderung nach DIN ISO 9613-2:1999-10 in vielen Situationen etwas geringer bewertet wird.

Ausbreitungssituation	Minderungswirkung des offenporigen Asphalts in dB		
	RLS-90	DIN ISO 9613-2	Differenz
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 50m hart	-4,8	-4,2	0,6
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 45m weich	-4,8	-5,1	-0,3
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 35m weich	-4,8	-4,4	0,4
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 100m hart	-4,8	-4,1	0,8
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 95m weich	-4,8	-5,1	-0,3
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 85m weich	-4,8	-4,4	0,4
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 200m hart	-4,8	-3,9	0,9
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 110m hart, 90m weich	-4,8	-4,2	0,6
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 105m weich, 90m hart	-4,8	-4,7	0,2
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 195m weich	-4,8	-5,1	-0,2
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 95m weich, 90m hart	-4,8	-3,9	0,9
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 185m weich	-4,8	-4,2	0,6
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 400m hart	-4,8	-3,6	1,3
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 310m hart, 90m weich	-4,8	-3,9	0,9
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 305m weich, 90m hart	-4,8	-4,4	0,4

Tab. 8: Minderungswirkung des offenporigen Asphalts nach Ausbreitungssituation für Autobahn (nachts) mit 120 km/h

Ausbreitungssituation	Minderungswirkung des offenporigen Asphalts in dB		
	RLS-90	DIN ISO 9613-2	Differenz
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 395m weich			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 295m weich, 90m hart			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 385m weich			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 50m hart			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 45m weich			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 35m weich			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 100m hart			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 95m weich			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 85m weich			
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 200m hart			
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 195m weich			
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 185m weich			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 400m hart			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 5m hart, 395m weich			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 15 m Bodenbeschaffenheit: 15m hart, 385m weich			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission			

Ausbreitungssituation	Minderungswirkung des offenporigen Asphalts in dB		
	RLS-90	DIN ISO 9613-2	Differenz
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 15 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (5 m hoch) in 30 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (10 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 50 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (30 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (10 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 100 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (30 m hoch) in 3 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 200 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (50 m hoch) in 25 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Lärmschutzwand (6 m hoch) in 7 m Entfernung zur Emission			
Abstand: 400 m Immissionshöhe: 3 m Ausbreitungsbedingungen: Haus (50 m hoch) in 25 m Entfernung zur Emission			

Tab. 8: Minderungswirkung des offenporigen Asphalts nach Ausbreitungssituation für Autobahn (nachts) mit 120 km/h (Fortsetzung)

Bei freier Schallausbreitung und weichem Boden sind durch offenporige Deckschichten - im Vergleich zu den geschlossenen - nach DIN ISO 9613-2:1999-10 Minderungen der Immissionspegel von 4 bis 5 dB zu erwarten. Über harte Böden oder Hindernisse sind Minderungen von mindestens 2 dB festzustellen.

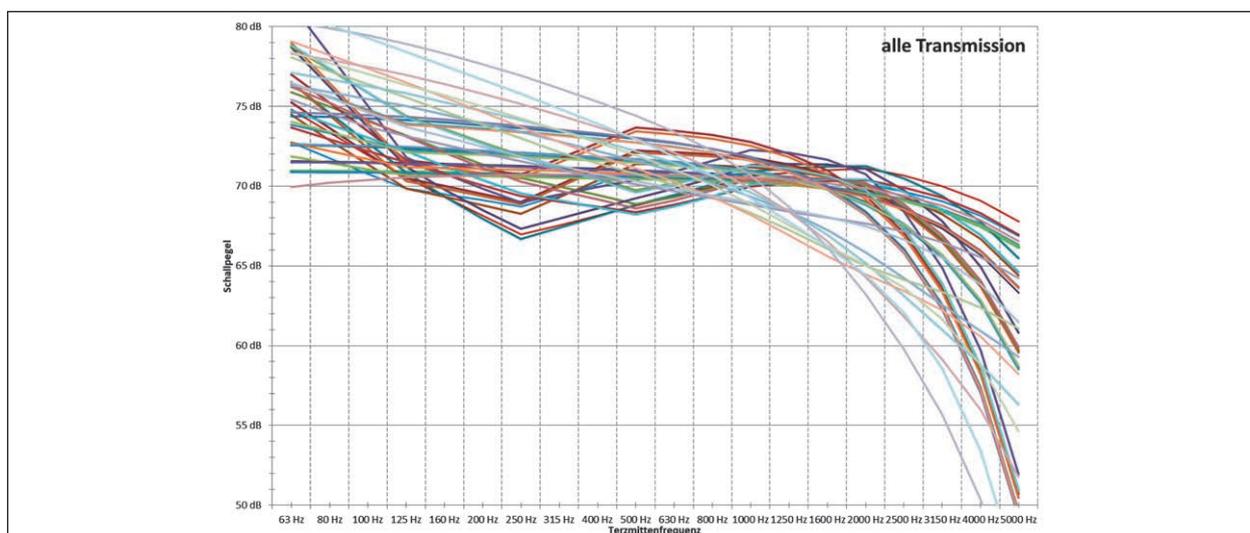


Bild 42: Übersicht über alle Transmissionen

3.5 Änderung der Spektren auf dem Ausbreitungsweg

Für die 41 Ausbreitungssituationen aus Kapitel 0 erfolgen jeweils terzweise Ausbreitungsberechnungen nach dem Teilstückverfahren. Aus diesen Berechnungen wird abgeleitet, wie sich die terzweisen Schalldruckpegel durch die Ausbreitungsberechnung verändern. Dies erfasst sowohl die Veränderung der Frequenzzusammensetzung als auch die absolute Höhe der Schalldruckpegeländerung.

Die sich am Immissionsort ergebenden Terzspektren werden für die nachfolgenden Schritte auf einen linearen Mittelwert über alle Terzen von 70 dB normiert, um Spektren mit geringen Unterschieden zusammenfassen zu können (siehe Bild 42).

3.6 Zusammenfassung von Ausbreitungssituationen

Es ist ersichtlich, dass einzelne Transmissionen zusammengefasst werden können, nachdem durch die Normierung die Höhe der Schalldruckpegel aus den

Spektren herausgerechnet wird. Die folgenden Transmissionen weisen jedoch höhere Abweichungen voneinander und zu allen zusammengefassten Transmissionen auf, so dass diese einzeln betrachtet werden müssen:

- 10: Entfernung = 200 m, h = 3 m, Bodenbeschaffenheit = 5 m hart, 195 m weich
- 14: Entfernung = 400 m, h = 3 m, Bodenbeschaffenheit = 310 m hart, 90 m weich
- 16: Entfernung = 400 m, h = 3 m, Bodenbeschaffenheit = 5 m hart, 395 m weich
- 18: Entfernung = 400 m, h = 3 m, Bodenbeschaffenheit = 15 m hart, 385 m weich
- 20: Entfernung = 50 m, h = 15 m, Bodenbeschaffenheit = 5 m hart, 45 m weich
- 23: Entfernung = 100 m, h = 15 m, Bodenbeschaffenheit = 5 m hart, 95 m weich
- 31 bis 41: Ausbreitung mit Hindernissen

Die übrigen Ausbreitungsspektren werden für die weiteren Schritte in Tabelle 9, sowie Bild 43 bis Bild 51 zusammengefasst.

Nr.	Beschreibung (Entfernung – Höhe – Bodenbeschaffenheit)	σ	max
A	Mittelwerte A		
1	50 m - 3 m - 50 m hart	0,42	1,28
4	100 m - 3 m - 100 m hart	0,51	1,56
19	50 m - 15 m - 50 m hart	0,49	1,43
21	50 m - 15 m - 15 m hart, 35 m weich	0,45	1,36
22	100 m - 15 m - 100 m hart	0,39	1,23
24	100 m - 15 m - 15 m hart, 85 m weich	0,49	1,28

Tab. 9: Abweichungen der zusammengefassten Transmissionsspektren

Nr.	Beschreibung (Entfernung – Höhe – Bodenbeschaffenheit)	σ	max
B Mittelwerte B			
2	50 m - 3 m - 5 m hart, 45 m weich	0,40	1,16
5	100 m - 3 m - 5 m hart, 95 m weich	0,40	1,16
C Mittelwerte C			
3	50 m - 3 m - 15 m hart, 35 m weich	0,44	1,24
6	100 m - 3 m - 15 m hart, 85 m weich	0,44	1,24
D Mittelwerte D			
7	200 m - 3 m - 200 m hart	0,21	0,71
11	200 m - 3 m - 15 m hart, 95 m weich, 90 m hart	0,17	0,57
25	200 m - 15 m - 200 m hart	0,18	0,65
27	200 m - 15 m - 15 m hart, 185 m weich	0,23	0,79
E Mittelwerte E			
8	200 m - 3 m - 110 m hart, 90 m weich	0,19	0,64
12	200 m - 3 m - 15 m hart, 185 m weich	0,19	0,64
F Mittelwerte F			
9	200 m - 3 m - 5 m hart, 105 m weich, 90 m hart	0,10	0,17
26	200 m - 15 m - 5 m hart, 195 m weich	0,10	0,17
G Mittelwerte G			
13	400 m - 3 m - 400 m hart	0,10	0,19
28	400 m - 15 m - 400 m hart	0,10	0,19
H Mittelwerte H			
15	400 m - 3 m - 5 m hart, 305 m weich, 90 m hart	0,05	0,08
29	400 m - 15 m - 5 m hart, 395 m weich	0,05	0,08
I Mittelwerte I			
17	400 m - 3 m - 15 m hart, 295 m weich, 90 m hart	0,03	0,06
30	400 m - 15 m - 15 m hart, 385 m weich	0,03	0,06

σ Standardabweichung der Differenz der terzweisen Ausbreitungsspektren zwischen dem jeweiligen Einzelspektrum und dem zusammenfassenden Spektrum in dB
max maximale Abweichung in dB

Tab. 9: Abweichungen der zusammengefassten Transmissionsspektren (Fortsetzung)

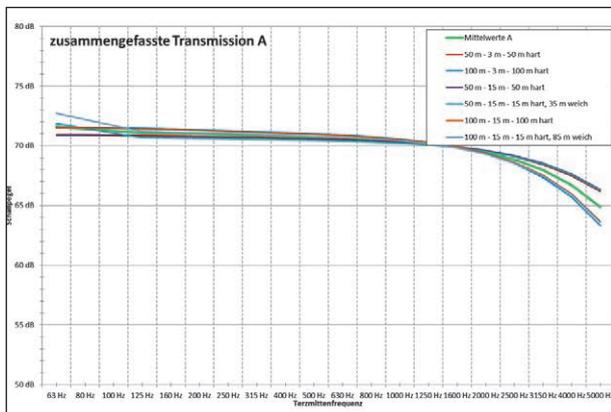


Bild 43: Zusammengefasste Transmissionen A

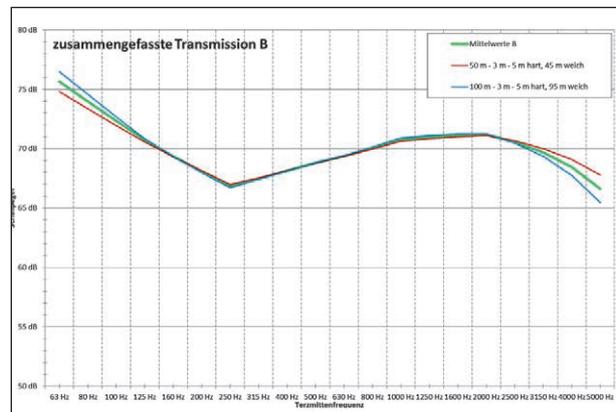


Bild 44: Zusammengefasste Transmissionen B

3.7 Spektren außen an der Fassade

Aus den vorherigen Schritten ergeben sich 4 Emissions- und 26 Transmissionsspektren. Damit sind

104 Immissionsspektren vor der Fassade zu vergleichen. Diese Spektren sind in Tabelle 10 dargestellt. (s. Seite 42 und 43)

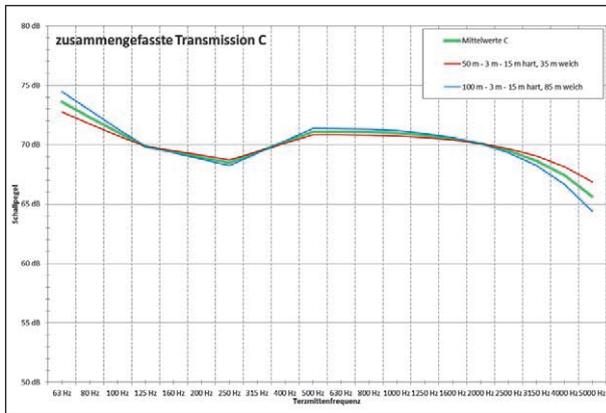


Bild 45: Zusammengefasste Transmissionen C

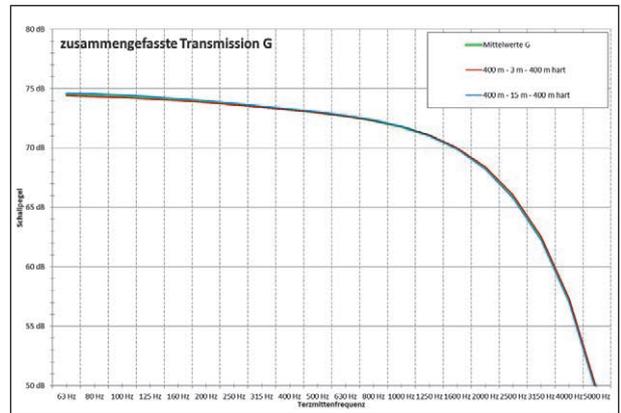


Bild 49: Zusammengefasste Transmissionen G

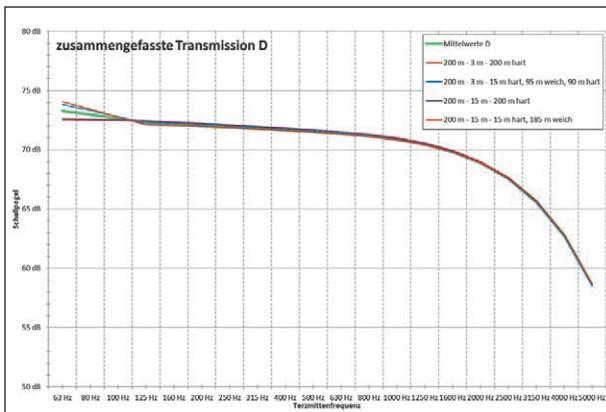


Bild 46: Zusammengefasste Transmissionen D

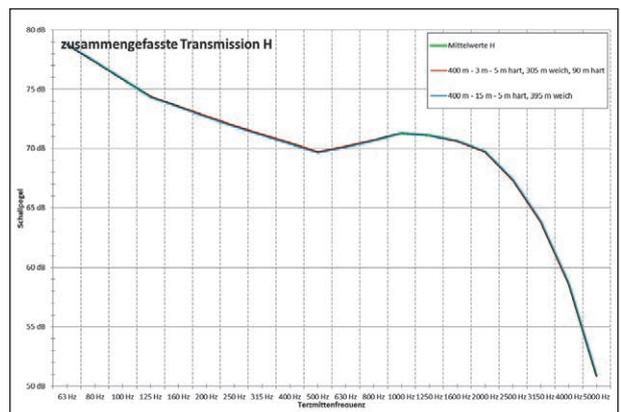


Bild 50: Zusammengefasste Transmissionen H

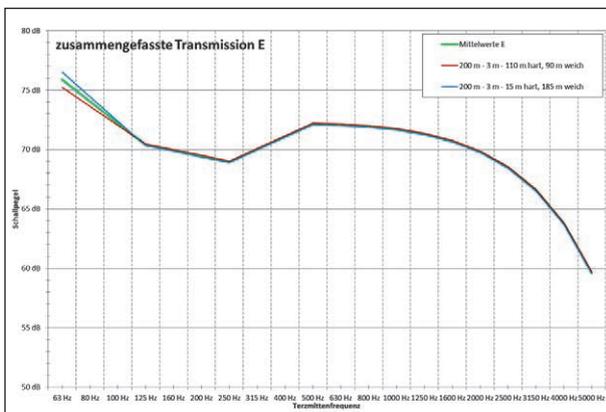


Bild 47: Zusammengefasste Transmissionen E



Bild 51: Zusammengefasste Transmissionen I

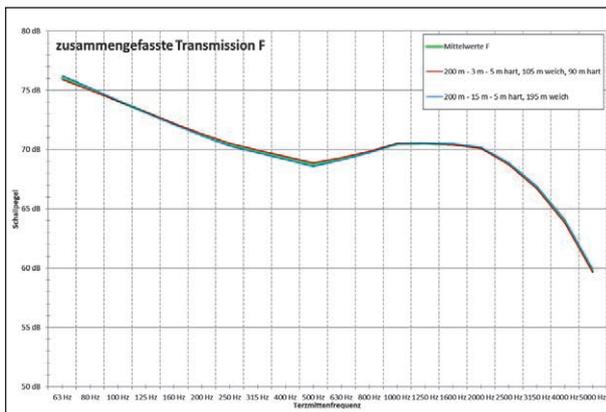


Bild 48: Zusammengefasste Transmissionen F

3.8 Zusammenfassung von Spektren vor der Fassade

Aus den Spektren der Tabelle 10 wurden wiederum alle Kombinationen identifiziert, die nur geringfügig voneinander abweichen. Daraus ergeben sich 21 Kombinationen von jeweils 2 Spektren, die zusammengefasst werden können. Diese sind in Tabelle 11 mit den sich über alle Terzen ergebenden Standardabweichungen und maximalen Abweichungen angegeben und in Bild 52 bis Bild 72 dargestellt.

Nr.	Straße	Trans- mission	Terzmittenfrequenz in Hz																			
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	AB30	A	68,7	72,9	70,9	75,9	77,9	79,4	84,1	84,4	83,8	87,2	89,4	91,7	93,8	92,4	90,3	87,2	84,1	80,3	76,2	71,6
2		B	72,6	75,3	71,9	75,3	76,1	76,3	79,9	80,8	81,0	85,1	88,0	91,0	94,0	93,1	91,4	88,8	85,6	81,9	77,8	73,2
3		C	70,3	73,4	70,3	74,2	75,9	76,9	81,3	82,5	82,8	87,2	89,4	91,8	93,9	92,6	90,5	87,5	84,3	80,6	76,5	72,0
4		D	70,0	74,1	71,9	76,7	78,7	80,1	84,8	85,0	84,3	87,7	89,8	91,9	93,9	92,3	89,8	86,3	82,4	77,6	71,9	65,0
5		E	72,0	74,6	70,9	74,2	75,8	76,9	81,2	82,6	83,1	87,7	89,8	92,1	94,1	92,6	90,1	86,6	82,8	78,0	72,3	65,4
6		F	73,3	76,8	74,0	78,1	79,2	79,8	83,8	83,5	82,4	85,4	88,1	91,1	94,0	92,9	91,0	88,1	84,2	79,4	73,6	66,7
7		G	70,3	74,7	72,8	77,7	79,7	81,0	85,6	85,7	85,0	88,2	90,2	92,2	93,9	92,0	89,1	84,8	79,9	73,5	65,4	54,9
8		H	75,4	78,4	75,1	78,7	79,9	80,6	84,6	84,2	82,9	85,7	88,4	91,3	94,2	92,9	90,6	87,0	82,1	75,7	67,7	57,2
9		I	72,4	76,0	73,4	77,6	79,6	80,9	85,5	85,6	84,9	88,2	90,1	92,1	93,9	92,0	89,1	84,9	80,0	73,7	65,7	55,2
10		10	75,3	77,2	72,9	75,5	76,2	76,4	80,1	81,0	81,1	85,3	88,1	91,2	94,2	93,2	91,3	88,4	84,5	79,7	74,0	67,1
11		14	72,2	74,8	71,2	74,5	76,3	77,5	82,0	83,3	83,8	88,3	90,3	92,4	94,2	92,4	89,5	85,3	80,4	74,1	66,0	55,5
12		16	77,3	78,6	73,5	75,4	76,5	77,0	81,0	81,8	81,7	85,7	88,5	91,5	94,4	93,1	90,8	87,3	82,4	76,1	68,0	57,5
13		18	74,4	76,3	71,9	74,5	76,3	77,5	82,0	83,3	83,8	88,2	90,3	92,4	94,2	92,4	89,5	85,3	80,4	74,0	66,0	55,5
14		20	71,2	74,9	72,3	76,7	78,1	78,9	83,0	83,0	82,1	85,3	88,0	90,9	93,8	92,8	91,2	88,6	85,6	82,1	78,3	74,2
15		23	72,2	75,8	73,1	77,4	78,5	79,2	83,2	83,0	82,0	85,1	87,9	90,9	93,9	92,9	91,2	88,6	85,3	81,3	76,8	71,8
16		31	74,1	78,1	75,8	80,4	82,0	83,0	87,2	87,0	85,8	88,7	90,3	91,9	93,4	91,3	88,3	84,3	80,1	75,6	71,1	66,7
17		32	66,9	71,6	69,9	75,2	77,3	78,9	83,7	84,1	83,6	87,0	89,3	91,6	93,8	92,5	90,4	87,5	84,5	81,0	77,2	73,2
18		33	76,6	80,2	77,5	81,8	83,0	83,7	87,6	87,1	85,9	88,7	90,3	91,8	93,2	90,9	87,9	84,2	80,8	77,2	73,4	69,3
19		34	73,7	77,3	74,6	79,1	80,7	81,7	86,0	85,8	84,8	87,8	89,7	91,6	93,4	91,9	89,7	86,7	83,6	80,1	76,3	72,2
20		35	74,5	78,5	76,3	80,9	82,4	83,4	87,6	87,3	86,2	89,0	90,5	92,0	93,3	91,0	87,7	83,3	78,7	73,6	68,6	63,4
21		36	77,5	81,1	78,4	82,6	83,8	84,4	88,3	87,6	86,2	89,0	90,4	91,8	92,9	90,5	87,4	83,6	80,0	76,0	71,4	66,3
22		37	74,7	78,1	75,4	79,6	81,1	82,0	86,2	85,9	84,8	87,9	89,7	91,6	93,4	91,9	89,6	86,4	83,0	79,0	74,5	69,3
23		38	75,3	79,3	77,0	81,6	83,1	84,0	88,2	87,8	86,6	89,3	90,7	92,1	93,1	90,5	86,8	81,9	76,9	71,4	65,4	58,4
24		39	76,2	80,0	77,4	81,9	83,3	84,1	88,2	87,7	86,4	89,1	90,5	91,9	93,0	90,5	87,4	83,5	79,6	74,8	69,1	62,1
25		40	76,2	80,2	77,9	82,5	83,9	84,8	88,9	88,4	87,0	89,7	90,9	92,1	92,8	89,7	85,4	79,8	73,8	66,8	58,6	48,1
26		41	77,9	81,5	78,9	83,2	84,4	85,0	88,9	88,3	86,8	89,4	90,6	91,7	92,6	90,0	86,6	82,2	77,3	70,9	62,9	52,4
27	AB50	A	66,8	71,0	68,9	74,2	77,0	78,7	82,6	84,4	86,4	89,8	90,2	91,2	92,8	91,6	90,3	88,2	84,7	81,0	77,0	72,6
28		B	70,8	73,4	69,9	73,8	75,3	75,7	78,5	80,9	83,7	87,9	88,9	90,7	93,1	92,4	91,5	89,9	86,4	82,7	78,7	74,3
29		C	68,5	71,5	68,3	72,6	75,0	76,3	79,8	82,5	85,5	89,8	90,3	91,4	93,0	91,8	90,5	88,4	85,0	81,3	77,4	73,0
30		D	68,1	72,1	69,8	75,0	77,8	79,4	83,3	85,0	87,0	90,3	90,6	91,5	92,9	91,5	89,8	87,3	83,0	78,2	72,7	66,0
31		E	70,2	72,6	68,9	72,5	75,0	76,2	79,7	82,6	85,8	90,3	90,7	91,7	93,2	91,8	90,1	87,6	83,4	78,6	73,2	66,4
32		F	71,6	74,9	72,0	76,5	78,4	79,3	82,4	83,7	85,2	88,1	89,1	90,8	93,2	92,3	91,1	89,2	85,0	80,1	74,6	67,8
33		G	68,4	72,7	70,7	76,0	78,8	80,3	84,1	85,7	87,6	90,8	91,0	91,7	92,9	91,2	89,0	85,8	80,5	74,1	66,2	55,9
34		H	73,7	76,6	73,2	77,1	79,2	80,1	83,3	84,4	85,8	88,5	89,4	91,1	93,4	92,2	90,7	88,2	82,9	76,6	68,7	58,3
35		I	70,5	74,0	71,3	75,9	78,7	80,2	84,0	85,6	87,5	90,8	91,0	91,7	92,9	91,2	89,1	85,9	80,7	74,3	66,5	56,1
36		10	73,6	75,4	71,0	74,0	75,4	75,9	78,7	81,2	83,9	88,0	89,1	90,9	93,4	92,5	91,4	89,5	85,3	80,5	75,0	68,2
37		14	70,3	72,8	69,1	72,8	75,4	76,8	80,5	83,3	86,4	90,9	91,1	92,0	93,2	91,6	89,5	86,2	81,0	74,7	66,8	56,5
38		16	75,6	76,7	71,6	73,9	75,8	76,6	79,6	82,0	84,5	88,5	89,5	91,3	93,6	92,5	91,0	88,5	83,2	76,9	69,0	58,7
39		18	72,5	74,3	69,8	72,8	75,4	76,8	80,5	83,3	86,4	90,9	91,1	92,0	93,2	91,6	89,4	86,2	81,0	74,7	66,8	56,5
40		20	69,4	73,0	70,4	75,1	77,3	78,3	81,6	83,1	84,9	88,0	89,0	90,6	92,9	92,1	91,2	89,7	86,3	82,8	79,2	75,2
41		23	70,5	73,9	71,2	75,8	77,8	78,6	81,8	83,1	84,8	87,8	88,9	90,6	93,0	92,3	91,3	89,7	86,0	82,1	77,8	72,9
42		31	72,1	76,0	73,7	78,7	81,0	82,2	85,6	86,9	88,4	91,3	91,1	91,4	92,3	90,4	88,2	85,2	80,7	76,1	71,8	67,6
43		32	65,0	69,6	67,8	73,5	76,5	78,2	82,2	84,1	86,2	89,7	90,1	91,2	92,8	91,7	90,4	88,5	85,1	81,7	78,1	74,2
44		33	74,7	78,1	75,4	80,1	82,0	82,9	86,1	87,0	88,4	91,3	91,0	91,4	92,1	90,1	87,9	85,1	81,4	77,8	74,1	70,2
45		34	71,8	75,3	72,5	77,4	79,8	81,0	84,4	85,8	87,4	90,4	90,5	91,1	92,4	91,0	89,6	87,6	84,2	80,7	77,1	73,2
46		35	72,6	76,4	74,1	79,1	81,5	82,7	86,0	87,3	88,7	91,5	91,3	91,5	92,2	90,1	87,6	84,1	79,2	74,2	69,4	64,3
47		36	75,6	79,0	76,2	80,9	82,8	83,6	86,7	87,6	88,8	91,5	91,1	91,3	91,9	89,6	87,3	84,5	80,6	76,5	72,2	67,2
48		37	72,8	76,1	73,3	77,9	80,2	81,3	84,6	85,9	87,5	90,5	90,5	91,2	92,4	91,1	89,5	87,3	83,6	79,6	75,3	70,3
49		38	73,3	77,2	74,8	79,8	82,1	83,2	86,6	87,7	89,1	91,8	91,4	91,5	92,0	89,6	86,7	82,8	77,4	71,9	66,1	59,3
50		39	74,2	77,9	75,3	80,1	82,3	83,3	86,5	87,6	89,0	91,7	91,3	91,4	91,9	89,6	87,3	84,4	80,1	75,3	69,8	63,0
51		40	74,2	78,0	75,7	80,6	82,9	84,0	87,2	88,3	89,5	92,1	91,6	91,5	91,7	88,8	85,2	80,6	74,3	67,3	59,3	49,0
52		41	75,9	79,4	76,7	81,4	83,4	84,2	87,3	88,2	89,4	91,9	91,3	91,2	91,5	89,1	86,4	83,0	77,8	71,4	63,6	53,2

Tab. 10: Terzspektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB

Nr.	Straße	Transmission	Terzmittenfrequenz in Hz																			
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
53	AB100	A	61,5	67,2	65,8	71,2	73,5	75,3	78,5	80,0	84,0	87,0	90,6	91,5	93,1	92,9	90,9	88,4	85,1	81,3	77,5	72,9
54		B	65,3	69,4	66,6	70,6	71,6	72,1	74,1	76,4	81,0	84,7	89,1	90,7	93,2	93,3	91,9	89,8	86,5	82,7	79,0	74,4
55		C	63,0	67,6	65,1	69,5	71,4	72,8	75,6	78,1	82,9	86,9	90,6	91,5	93,2	93,0	91,0	88,5	85,3	81,5	77,8	73,2
56		D	62,8	68,4	66,9	72,1	74,4	76,1	79,2	80,7	84,6	87,5	91,1	91,8	93,3	92,8	90,5	87,5	83,5	78,6	73,3	66,4
57		E	64,8	68,8	65,8	69,6	71,4	72,8	75,5	78,2	83,2	87,4	91,1	91,9	93,4	93,0	90,7	87,7	83,7	78,9	73,6	66,7
58		F	66,2	71,0	68,9	73,5	74,9	75,8	78,2	79,2	82,6	85,2	89,4	90,9	93,3	93,4	91,7	89,2	85,2	80,3	75,0	68,0
59		G	63,3	69,1	67,8	73,3	75,5	77,1	80,2	81,6	85,3	88,1	91,6	92,2	93,4	92,6	89,9	86,1	81,1	74,6	66,9	56,4
60		H	68,4	72,7	70,1	74,2	75,7	76,7	79,1	80,0	83,2	85,6	89,8	91,3	93,6	93,4	91,3	88,3	83,3	76,8	69,1	58,6
61		I	65,4	70,4	68,4	73,1	75,4	77,0	80,1	81,5	85,2	88,1	91,6	92,2	93,4	92,6	89,9	86,2	81,2	74,8	67,1	56,6
62		10	68,1	71,4	67,7	70,8	71,7	72,3	74,4	76,6	81,2	84,9	89,3	90,9	93,4	93,5	91,8	89,4	85,4	80,6	75,2	68,3
63		14	65,0	69,1	66,1	69,9	72,0	73,5	76,4	79,0	84,0	88,0	91,6	92,2	93,6	92,8	90,1	86,4	81,4	75,0	67,4	56,8
64		16	70,1	72,8	68,4	70,7	72,1	73,0	75,4	77,4	81,9	85,4	89,7	91,3	93,8	93,6	91,5	88,5	83,4	77,0	69,3	58,8
65		18	67,2	70,5	66,8	69,9	72,0	73,5	76,4	79,0	84,0	88,0	91,6	92,2	93,6	92,8	90,1	86,4	81,4	75,0	67,3	56,8
66		20	64,0	69,1	67,1	72,0	73,6	74,8	77,3	78,6	82,2	85,0	89,2	90,7	93,0	93,2	91,7	89,7	86,6	83,0	79,5	75,4
67		23	65,0	70,0	68,0	72,7	74,1	75,1	77,5	78,6	82,2	84,8	89,1	90,7	93,1	93,3	91,8	89,7	86,3	82,2	78,1	73,0
68		31	67,2	72,6	71,0	76,2	78,0	79,3	82,0	83,0	86,3	88,8	91,9	92,1	93,0	92,1	89,3	85,8	81,5	76,9	72,7	68,3
69		32	59,7	65,8	64,8	70,5	72,9	74,8	78,1	79,7	83,7	86,8	90,5	91,4	93,0	92,9	91,0	88,6	85,5	81,9	78,5	74,4
70		33	69,9	74,8	72,8	77,6	79,1	80,1	82,4	83,2	86,5	88,9	91,9	92,1	92,9	91,8	89,0	85,8	82,3	78,6	75,1	71,0
71		34	66,7	71,7	69,7	74,7	76,5	77,8	80,5	81,6	85,1	87,7	91,1	91,6	92,9	92,4	90,4	87,9	84,8	81,2	77,8	73,7
72		35	67,7	73,2	71,5	76,7	78,5	79,8	82,4	83,4	86,7	89,2	92,2	92,3	93,0	91,8	88,7	84,8	80,1	75,0	70,4	65,1
73		36	70,9	75,8	73,8	78,5	79,9	80,9	83,2	83,8	86,9	89,2	92,1	92,1	92,8	91,5	88,5	85,3	81,6	77,4	73,3	68,1
74	37	67,7	72,6	70,5	75,2	76,9	78,1	80,7	81,8	85,2	87,8	91,1	91,7	93,0	92,5	90,4	87,7	84,2	80,1	76,0	70,8	
75	38	68,6	74,0	72,4	77,5	79,3	80,5	83,1	84,0	87,2	89,6	92,5	92,4	92,9	91,4	87,9	83,6	78,4	72,8	67,2	60,2	
76	39	69,5	74,7	72,8	77,7	79,4	80,6	83,0	83,9	87,1	89,4	92,3	92,2	92,8	91,4	88,5	85,2	81,1	76,2	70,8	63,9	
77	40	69,6	75,0	73,4	78,5	80,2	81,4	83,9	84,7	87,9	90,1	92,8	92,6	92,8	90,8	86,6	81,5	75,4	68,4	60,6	50,0	
78	41	71,4	76,4	74,4	79,2	80,7	81,7	84,0	84,7	87,7	89,8	92,5	92,2	92,6	91,0	87,9	84,0	78,9	72,5	64,8	54,3	
79	DA100	A	67,4	73,1	71,8	77,2	79,5	81,2	84,4	85,9	89,7	91,8	93,6	91,6	89,2	88,5	87,5	85,9	83,1	79,1	75,3	71,7
80		B	72,1	76,3	73,5	77,5	78,4	78,9	81,0	83,1	87,7	90,6	93,0	91,8	90,3	89,9	89,4	88,3	85,5	81,4	77,7	74,1
81		C	69,2	73,8	71,4	75,7	77,6	78,9	81,8	84,2	88,9	92,0	93,8	91,9	89,6	88,8	87,9	86,3	83,5	79,5	75,8	72,2
82		D	68,5	74,1	72,6	77,8	80,0	81,7	84,9	86,3	90,0	92,1	93,8	91,7	89,1	88,2	86,8	84,8	81,2	76,1	70,8	64,8
83		E	70,7	74,8	71,8	75,6	77,4	78,7	81,5	84,1	89,0	92,3	94,1	92,0	89,6	88,6	87,3	85,3	81,8	76,7	71,4	65,5
84		F	72,6	77,5	75,4	80,0	81,3	82,2	84,6	85,6	88,9	90,6	92,9	91,6	90,0	89,6	88,8	87,3	83,8	78,6	73,3	67,3
85		G	68,5	74,4	73,2	78,6	80,8	82,4	85,4	86,8	90,4	92,4	93,9	91,6	88,9	87,6	85,8	83,0	78,4	71,8	64,1	54,5
86		H	74,5	79,0	76,3	80,4	81,9	82,9	85,3	86,1	89,3	90,7	93,0	91,7	90,1	89,3	88,2	86,1	81,5	74,9	67,2	57,6
87		I	70,7	75,8	73,8	78,5	80,7	82,3	85,4	86,7	90,3	92,3	93,9	91,6	88,9	87,7	85,9	83,2	78,6	72,0	64,3	54,7
88		10	74,8	78,2	74,6	77,6	78,5	79,0	81,2	83,3	87,8	90,7	93,1	91,9	90,5	90,0	89,3	87,9	84,3	79,2	73,9	67,9
89		14	70,6	74,8	71,8	75,6	77,6	79,1	82,1	84,6	89,4	92,6	94,3	92,1	89,4	88,2	86,4	83,7	79,2	72,5	64,9	55,3
90		16	76,7	79,4	75,0	77,4	78,7	79,5	81,9	83,9	88,3	90,9	93,3	92,1	90,6	89,9	88,7	86,7	82,1	75,4	67,8	58,2
91		18	72,8	76,2	72,5	75,6	77,6	79,1	82,0	84,6	89,4	92,6	94,3	92,1	89,4	88,2	86,4	83,7	79,1	72,5	64,9	55,3
92		20	70,5	75,7	73,8	78,6	80,2	81,3	83,9	85,1	88,6	90,5	92,9	91,5	89,9	89,5	89,0	87,9	85,2	81,4	78,0	74,8
93		23	71,6	76,7	74,7	79,4	80,7	81,6	84,1	85,2	88,6	90,4	92,8	91,5	90,0	89,7	89,1	88,0	85,0	80,7	76,6	72,4
94		31	71,9	77,4	75,8	80,9	82,7	84,0	86,7	87,7	90,9	92,5	93,7	91,1	88,0	86,5	84,7	82,2	78,3	73,5	69,3	65,9
95		32	65,7	71,8	70,9	76,6	79,0	80,8	84,1	85,7	89,5	91,7	93,6	91,6	89,3	88,6	87,7	86,3	83,6	79,8	76,4	73,3
96		33	74,4	79,5	77,5	82,2	83,7	84,6	87,0	87,7	90,9	92,4	93,6	90,9	87,7	86,1	84,2	82,0	78,9	75,0	71,6	68,4
97		34	72,1	77,1	75,1	80,1	81,9	83,1	85,9	86,9	90,3	92,1	93,5	91,2	88,5	87,6	86,5	85,0	82,3	78,5	75,0	71,9
98		35	72,2	77,7	76,1	81,2	83,0	84,3	87,0	87,9	91,1	92,6	93,7	91,0	87,8	86,1	83,9	81,0	76,7	71,4	66,8	62,4
99		36	75,2	80,2	78,2	82,9	84,3	85,1	87,5	88,1	91,1	92,5	93,5	90,7	87,3	85,5	83,5	81,2	78,0	73,6	69,5	65,3
100	37	73,0	78,0	75,9	80,5	82,2	83,4	86,1	87,0	90,3	92,1	93,5	91,2	88,5	87,5	86,4	84,7	81,6	77,3	73,2	69,0	
101	38	72,8	78,3	76,7	81,8	83,5	84,7	87,3	88,2	91,3	92,7	93,7	90,8	87,4	85,4	82,8	79,4	74,7	68,9	63,3	57,2	
102	39	73,8	79,0	77,2	82,1	83,7	84,8	87,4	88,1	91,2	92,6	93,6	90,7	87,3	85,5	83,5	81,1	77,5	72,4	67,0	61,0	
103	40	73,4	78,9	77,3	82,4	84,1	85,2	87,8	88,5	91,5	92,9	93,7	90,6	86,9	84,3	81,1	77,0	71,3	64,1	56,3	46,7	
104	41	75,3	80,4	78,5	83,2	84,6	85,5	87,9	88,5	91,4	92,7	93,5	90,3	86,7	84,7	82,5	79,6	75,0	68,3	60,6	51,1	

Tab. 10: Terzspektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB (Fortsetzung)

	Straße	Transmission	σ	maximale Abweichung einer Terz (in dB)	
F1	AB30	G	0,3	1,1	
		I	0,3	1,1	
F2		14	0,3	1,1	
		18	0,3	1,1	
F3		20	0,4	1,2	
		23	0,4	1,2	
F4		A	0,4	0,9	
		32	0,4	0,9	
F5		34	0,4	1,4	
		37	0,4	1,4	
F6		35	0,3	0,9	
		39	0,3	0,9	
F7		AB50	G	0,3	1,1
F8			I	0,3	1,1
			20	0,4	1,2
F9			23	0,4	1,2
			A	0,4	0,9
F10			32	0,4	0,9
			34	0,4	1,4
F11			37	0,4	1,4
			35	0,3	0,8
F12	39		0,3	0,8	
	AB100	G	0,3	1,1	
F13		I	0,3	1,1	
		A	0,4	0,9	
F14		32	0,4	0,9	
		34	0,4	1,4	
F15		37	0,4	1,4	
	35	0,3	0,9		
F16	39	0,3	0,9		
	DA100	G	0,3	1,1	
F17		I	0,3	1,1	
		14	0,3	1,1	
F18		18	0,3	1,1	
		20	0,4	1,2	
F19		23	0,4	1,2	
		A	0,4	0,9	
F20		32	0,4	0,9	
		34	0,4	1,5	
F21	37	0,4	1,5		
	35	0,3	0,8		
		39	0,3	0,8	

σ Standardabweichung der Abweichungen der terzweisen Immissionspegel vor dem Fenster zum zusammengefassten Spektrum in dB
max maximale Abweichung in dB

Tab. 11: Abweichungen der einzelnen Terzspektren vor der Fassade zu den zusammengefassten Terzspektren

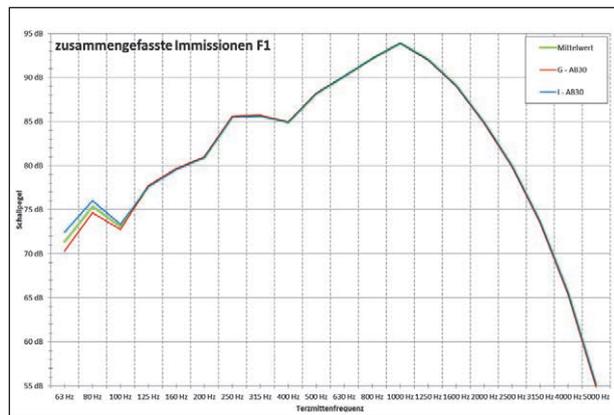


Bild 52: Zusammengefasste Immissionen F1



Bild 53: Zusammengefasste Immissionen F2

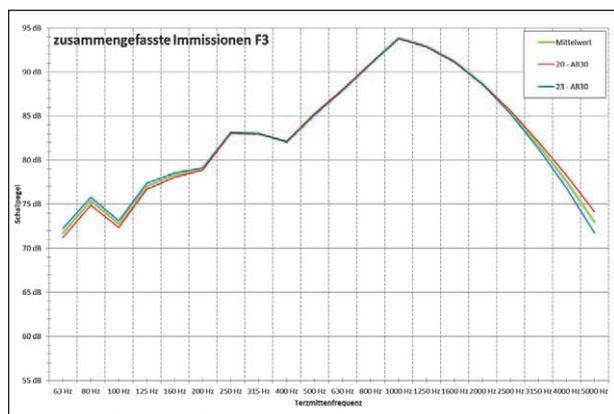


Bild 54: Zusammengefasste Immissionen F3

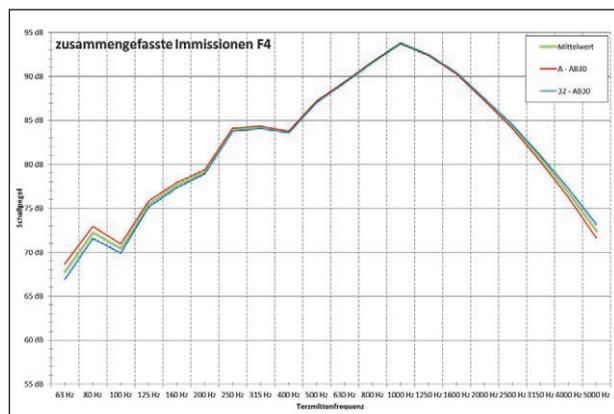


Bild 55: Zusammengefasste Immissionen F4

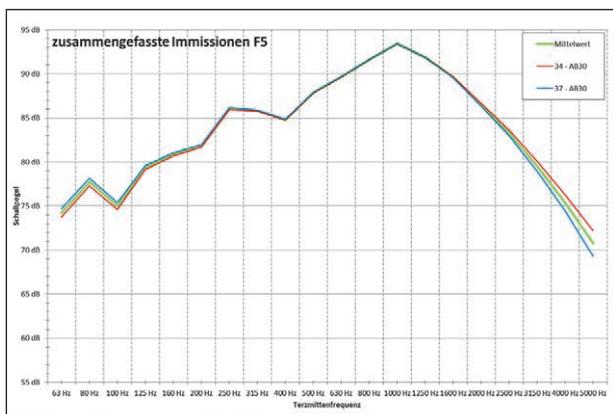


Bild 56: Zusammengefasste Immissionen F5

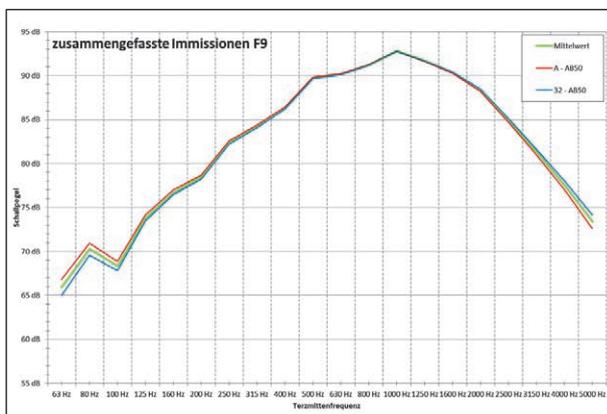


Bild 60: Zusammengefasste Immissionen F9



Bild 57: Zusammengefasste Immissionen F6

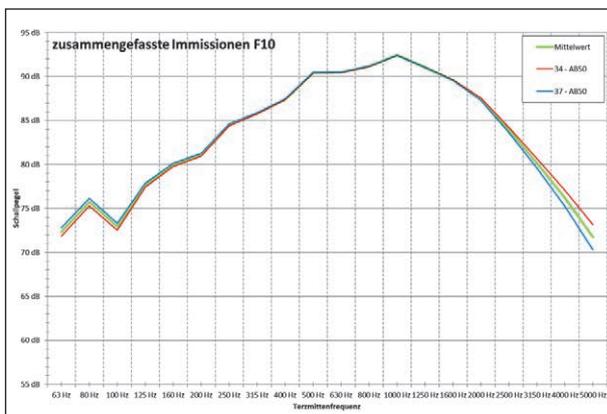


Bild 61: Zusammengefasste Immissionen F10

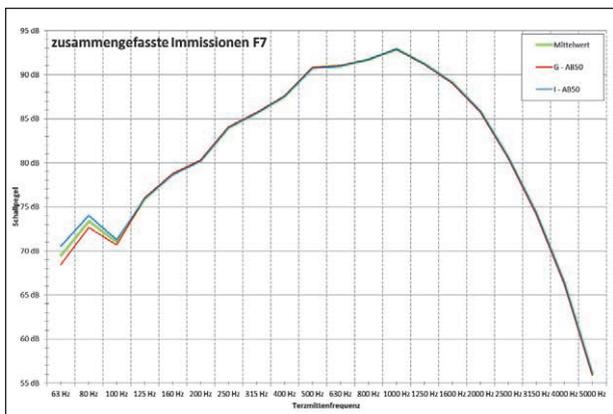


Bild 58: Zusammengefasste Immissionen F7

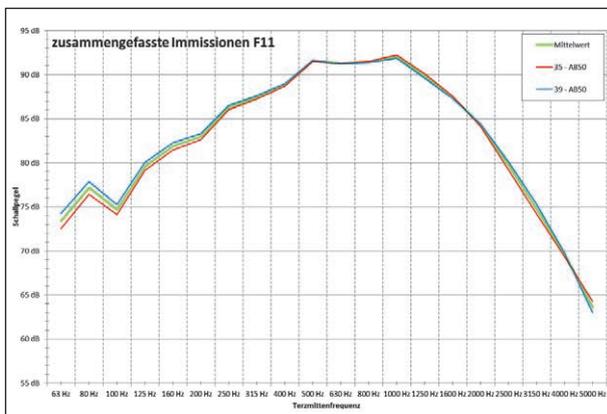


Bild 62: Zusammengefasste Immissionen F11

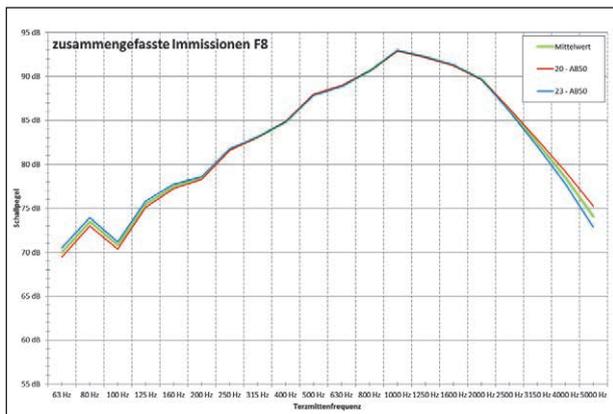


Bild 59: Zusammengefasste Immissionen F8

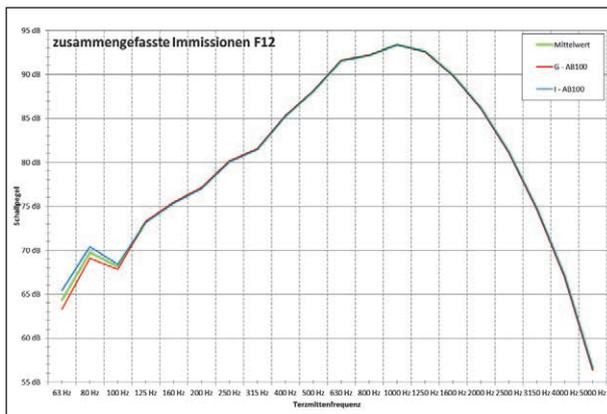


Bild 63: Zusammengefasste Immissionen F12

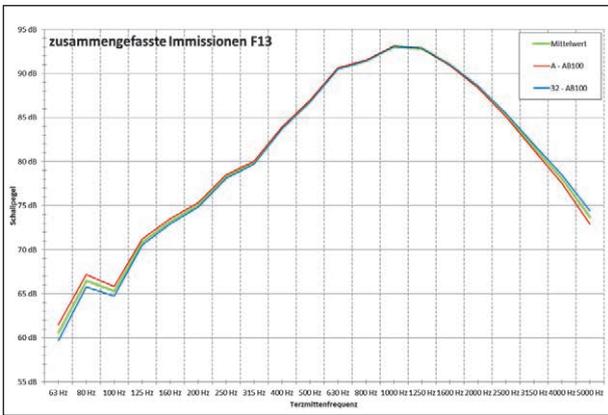


Bild 64: Zusammengefasste Immissionen F13

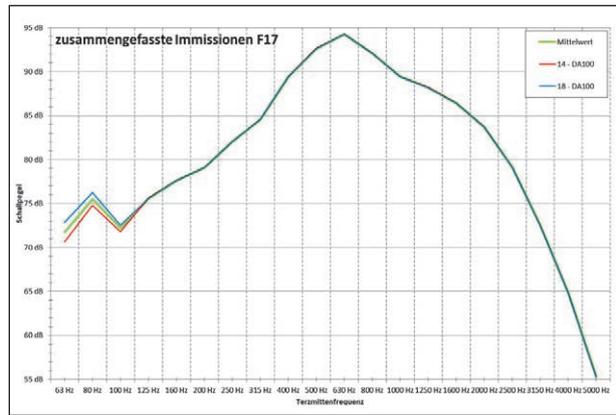


Bild 68: Zusammengefasste Immissionen F17

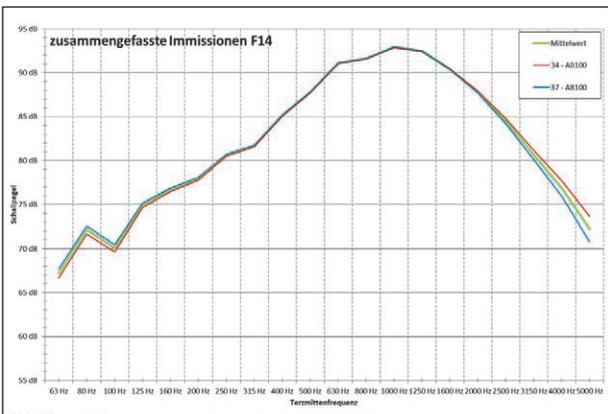


Bild 65: Zusammengefasste Immissionen F14

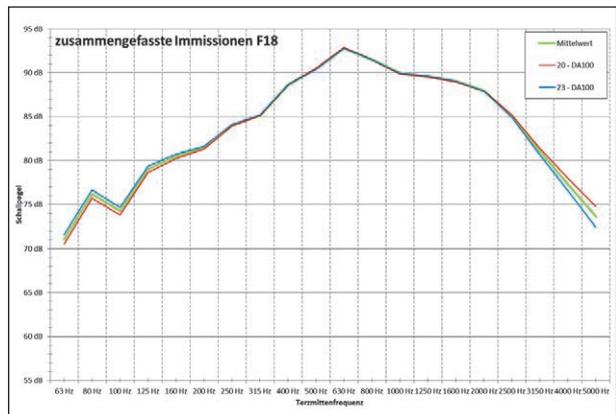


Bild 69: Zusammengefasste Immissionen F18

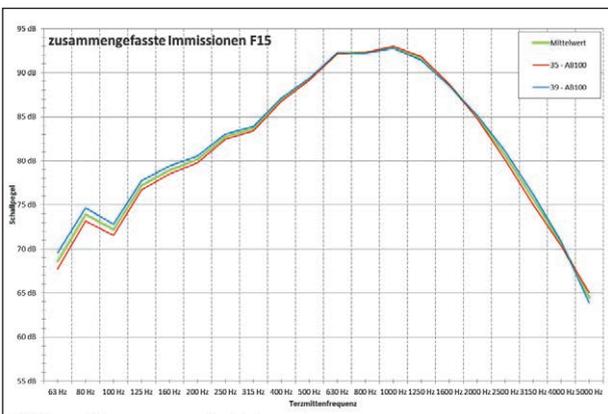


Bild 66: Zusammengefasste Immissionen F15

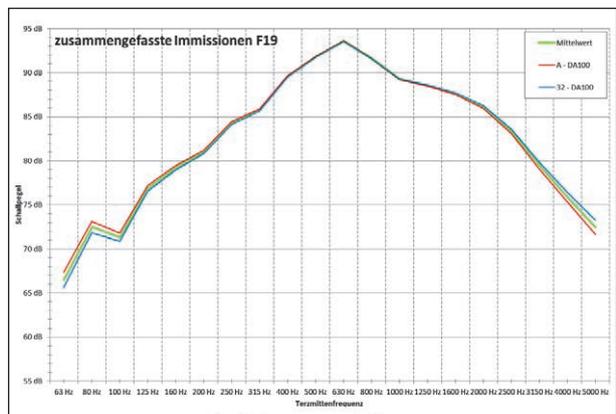


Bild 70: Zusammengefasste Immissionen F19

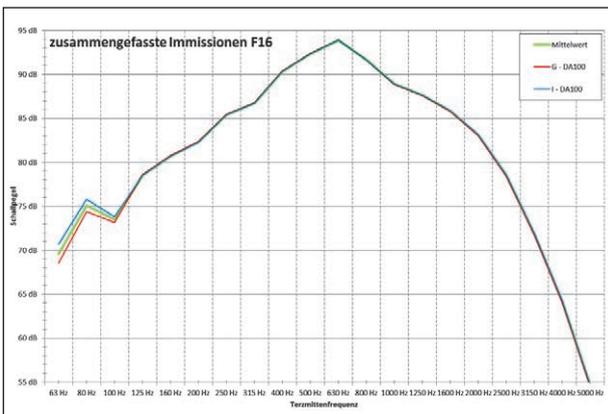


Bild 67: Zusammengefasste Immissionen F16

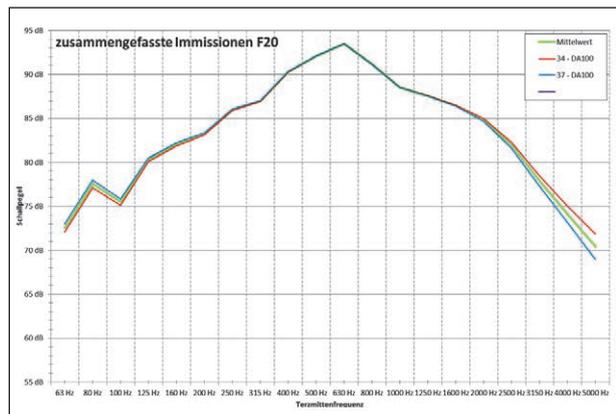


Bild 71: Zusammengefasste Immissionen F20

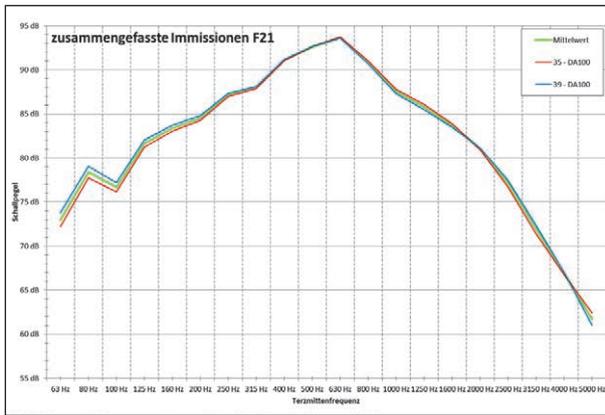


Bild 72: Zusammengefasste Immissionen F21

3.9 Immissionsspektren vor der Fassade

Die Verkehrslärmspektren der neun zu unterscheidenden Straßen (siehe Kapitel 2.4) und 41 zu betrachtenden Ausbreitungssituationen ergeben insgesamt 369 Immissionsspektren vor der Fassade. Diese Immissionsspektren lassen sich wiederum zusammenfassen, so dass 83 Spektren ausreichen, die dabei auftretenden unterschiedlichen spektralen Zusammensetzungen abzubilden. Auf Basis dieser in Tabelle 12 aufgeführten 83 Spektren sowie der Fenster werden im weiteren Verlauf die Immissionspegel im Innenraum ermittelt.

Nr.	Straße	Transmission	Terzmittenfrequenz in Hz																			
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T1	AB30	F4	67,79	72,25	70,42	75,52	77,62	79,14	83,93	84,22	83,67	87,13	89,33	91,62	93,76	92,45	90,36	87,37	84,29	80,68	76,73	72,41
T2		B	72,60	75,33	71,85	75,33	76,07	76,28	79,88	80,82	80,95	85,14	87,97	91,01	93,99	93,06	91,36	88,80	85,64	81,91	77,79	73,23
T3		C	70,33	73,42	70,34	74,25	75,89	76,94	81,29	82,47	82,82	87,20	89,43	91,77	93,94	92,62	90,50	87,48	84,33	80,62	76,54	72,00
T4		D	69,97	74,06	71,91	76,68	78,69	80,09	84,77	84,96	84,31	87,67	89,75	91,91	93,86	92,29	89,82	86,29	82,40	77,61	71,92	65,00
T5		E	72,03	74,58	70,92	74,22	75,84	76,86	81,18	82,56	83,11	87,68	89,84	92,08	94,12	92,57	90,12	86,61	82,75	77,98	72,32	65,42
T6		F	73,33	76,77	73,96	78,07	79,20	79,80	83,75	83,51	82,44	85,39	88,11	91,07	94,00	92,93	91,00	88,09	84,17	79,35	73,63	66,69
T7		F1	71,38	75,34	73,05	77,67	79,62	80,95	85,55	85,65	84,91	88,18	90,15	92,15	93,89	92,02	89,09	84,87	79,95	73,60	65,54	55,04
T8		H	75,43	78,37	75,06	78,66	79,93	80,61	84,60	84,19	82,94	85,69	88,41	91,34	94,19	92,87	90,56	87,04	82,11	75,75	67,69	57,17
T9		10	75,34	77,24	72,92	75,52	76,19	76,40	80,06	81,00	81,11	85,25	88,09	91,16	94,20	93,16	91,26	88,37	84,48	79,68	73,99	67,07
T10		F2	73,30	75,55	71,56	74,50	76,31	77,51	81,99	83,29	83,77	88,25	90,30	92,39	94,22	92,36	89,46	85,27	80,38	74,05	66,02	55,54
T11		16	77,34	78,55	73,51	75,37	76,47	77,05	80,98	81,76	81,72	85,67	88,47	91,50	94,44	93,14	90,84	87,33	82,41	76,06	68,01	57,51
T12		F3	71,74	75,36	72,74	77,05	78,30	79,02	83,09	83,00	82,09	85,21	87,96	90,92	93,83	92,89	91,19	88,61	85,44	81,69	77,56	72,96
T13		31	74,08	78,06	75,80	80,44	81,99	82,98	87,23	86,96	85,82	88,72	90,31	91,93	93,36	91,30	88,29	84,29	80,12	75,56	71,07	66,71
T14		33	76,63	80,17	77,52	81,80	83,00	83,67	87,63	87,08	85,86	88,72	90,26	91,83	93,16	90,94	87,92	84,24	80,82	77,17	73,36	69,27
T15		F5	74,22	77,72	75,00	79,36	80,88	81,82	86,06	85,82	84,80	87,86	89,67	91,61	93,42	91,87	89,61	86,51	83,30	79,53	75,38	70,77
T16		36	76,41	79,94	77,27	81,52	82,66	83,26	87,14	86,49	85,11	87,84	89,24	90,66	91,79	89,39	86,25	82,49	78,90	74,83	70,32	65,19
T17		F6	75,38	79,24	76,86	81,38	82,87	83,76	87,91	87,53	86,30	89,08	90,52	91,96	93,13	90,76	87,53	83,41	79,12	74,21	68,85	62,74
T18		38	75,28	79,26	76,99	81,61	83,12	84,03	88,19	87,81	86,55	89,31	90,71	92,07	93,11	90,50	86,80	81,94	76,90	71,36	65,36	58,38
T19		40	76,18	80,17	77,89	82,48	83,94	84,79	88,88	88,40	87,04	89,67	90,92	92,08	92,82	89,72	85,36	79,77	73,76	66,82	58,63	48,11
T20		41	77,90	81,52	78,91	83,16	84,37	85,02	88,93	88,31	86,84	89,37	90,56	91,72	92,59	89,95	86,56	82,19	77,25	70,91	62,86	52,36
T21	AB50	F9	65,92	70,27	68,35	73,84	76,74	78,47	82,42	84,24	86,32	89,75	90,18	91,21	92,78	91,67	90,36	88,34	84,93	81,32	77,56	73,40
T22		B	70,83	73,45	69,89	73,75	75,28	75,71	78,47	80,94	83,71	87,86	88,92	90,70	93,11	92,37	91,47	89,87	86,38	82,65	78,72	74,32
T23		C	68,46	71,45	68,29	72,57	75,01	76,28	79,78	82,50	85,48	89,82	90,29	91,36	92,97	91,84	90,51	88,45	84,98	81,28	77,37	73,00
T24		D	68,09	72,08	69,85	75,00	77,80	79,42	83,26	84,98	86,96	90,29	90,60	91,49	92,88	91,50	89,82	87,25	83,04	78,25	72,74	65,99
T25		E	70,16	72,61	68,87	72,55	74,96	76,20	79,67	82,60	85,77	90,31	90,70	91,68	93,15	91,80	90,13	87,59	83,41	78,64	73,15	66,43
T26		F	71,59	74,92	72,03	76,52	78,45	79,26	82,38	83,67	85,22	88,14	89,10	90,80	93,16	92,27	91,14	89,18	84,95	80,13	74,59	67,82
T27		F7	69,49	73,35	70,97	75,97	78,71	80,26	84,03	85,66	87,55	90,79	90,98	91,73	92,90	91,21	89,07	85,82	80,58	74,23	66,35	56,02
T28		H	73,72	76,56	73,16	77,15	79,21	80,11	83,25	84,38	85,76	88,48	89,42	91,09	93,38	92,25	90,73	88,17	82,92	76,56	68,68	58,34
T29		10	73,60	75,41	70,99	73,98	75,45	75,88	78,69	81,17	83,91	88,01	89,08	90,89	93,37	92,51	91,41	89,48	85,27	80,47	74,95	68,21
T30		14	70,31	72,83	69,12	72,81	75,42	76,83	80,47	83,32	86,41	90,86	91,14	91,97	93,23	91,57	89,45	86,22	81,01	74,69	66,84	56,53
T31		16	75,64	76,75	71,61	73,86	75,76	76,55	79,64	81,97	84,54	88,46	89,49	91,26	93,64	92,52	91,02	88,47	83,23	76,88	69,01	58,68
T32		18	72,52	74,29	69,85	72,80	75,41	76,82	80,46	83,31	86,40	90,85	91,13	91,96	93,23	91,56	89,45	86,22	81,01	74,68	66,83	56,52
T33		F8	69,96	73,47	70,77	75,47	77,51	78,44	81,67	83,12	84,84	87,92	88,91	90,61	92,95	92,20	91,28	89,67	86,18	82,44	78,48	74,05
T34		31	72,13	76,00	73,66	78,68	81,03	82,23	85,65	86,91	88,40	91,27	91,09	91,44	92,32	90,44	88,22	85,18	80,69	76,13	71,82	67,63
T35		33	74,69	78,13	75,39	80,06	82,05	82,93	86,06	87,05	88,45	91,27	91,05	91,36	92,12	90,09	87,86	85,14	81,40	77,75	74,12	70,20
T36		F10	72,32	75,71	72,91	77,65	79,97	81,12	84,52	85,82	87,42	90,45	90,49	91,16	92,42	91,05	89,58	87,44	83,91	80,14	76,17	71,74
T37		F11	73,40	77,16	74,69	79,60	81,88	82,99	86,29	87,45	88,84	91,59	91,27	91,44	92,05	89,87	87,43	84,27	79,66	74,75	69,57	63,64

Tab.12: Spektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB

Nr.	Straße	Transmission	Terzmittenfrequenz in Hz																			
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T38	AB50	36	75,58	79,00	76,25	80,87	82,81	83,63	86,66	87,55	88,80	91,50	91,13	91,29	91,86	89,64	87,29	84,50	80,58	76,52	72,18	67,23
T39		38	73,28	77,17	74,81	79,81	82,11	83,24	86,56	87,72	89,09	91,81	91,44	91,54	92,02	89,60	86,68	82,79	77,42	71,88	66,07	59,25
T40		40	74,15	78,04	75,67	80,65	82,91	83,97	87,21	88,28	89,54	92,14	91,62	91,51	91,69	88,78	85,21	80,58	74,25	67,31	59,30	48,95
T41		41	75,91	79,43	76,73	81,36	83,37	84,24	87,30	88,22	89,38	91,88	91,30	91,19	91,50	89,05	86,45	83,04	77,78	71,44	63,57	53,24
T42	AB100	F13	60,58	66,47	65,28	70,88	73,25	75,09	78,31	79,89	83,84	86,87	90,57	91,45	93,07	92,87	90,98	88,49	85,30	81,62	78,03	73,68
T43		B	65,26	69,42	66,58	70,57	71,56	72,11	74,12	76,36	80,99	84,74	89,09	90,70	93,17	93,34	91,86	89,79	86,52	82,72	78,96	74,37
T44		C	63,04	67,57	65,13	69,54	71,44	72,82	75,59	78,06	82,91	86,86	90,60	91,52	93,18	92,96	91,05	88,52	85,27	81,50	77,76	73,20
T45		D	62,85	68,38	66,87	72,14	74,41	76,14	79,24	80,72	84,57	87,50	91,09	91,83	93,26	92,80	90,54	87,50	83,51	78,65	73,31	66,37
T46		E	64,79	68,77	65,75	69,55	71,43	72,78	75,52	78,20	83,25	87,38	91,05	91,87	93,40	92,95	90,71	87,70	83,74	78,90	73,58	66,67
T47		F	66,15	71,02	68,86	73,46	74,86	75,79	78,16	79,21	82,64	85,16	89,39	90,93	93,34	93,37	91,66	89,24	85,22	80,33	74,96	68,00
T48		F12	64,35	69,75	68,10	73,22	75,42	77,08	80,11	81,51	85,27	88,10	91,58	92,16	93,39	92,62	89,89	86,17	81,15	74,73	67,02	56,50
T49		H	68,35	72,73	70,06	74,16	75,69	76,70	79,11	80,00	83,25	85,56	89,79	91,30	93,63	93,42	91,32	88,29	83,26	76,83	69,12	58,59
T50		10	68,05	71,39	67,71	70,81	71,74	72,28	74,36	76,59	81,21	84,91	89,26	90,91	93,44	93,50	91,81	89,42	85,42	80,55	75,21	68,27
T51		14	65,02	69,06	66,08	69,89	71,96	73,49	76,39	79,00	83,97	88,01	91,57	92,24	93,56	92,81	90,11	86,42	81,42	75,03	67,35	56,85
T52		16	70,14	72,78	68,38	70,74	72,10	73,01	75,36	77,44	81,89	85,41	89,72	91,33	93,76	93,56	91,47	88,46	83,44	77,02	69,31	58,80
T53		18	67,23	70,54	66,82	69,89	71,96	73,49	76,39	78,99	83,96	88,01	91,57	92,24	93,56	92,80	90,11	86,41	81,42	75,03	67,35	56,85
T54		20	63,96	69,06	67,14	72,01	73,63	74,77	77,34	78,59	82,23	84,97	89,22	90,71	93,04	93,20	91,72	89,68	86,56	82,97	79,52	75,38
T55		23	65,00	69,99	67,96	72,72	74,13	75,08	77,50	78,65	82,18	84,82	89,11	90,69	93,14	93,31	91,80	89,69	86,26	82,21	78,10	73,00
T56		31	67,22	72,63	71,01	76,15	77,97	79,28	81,96	82,98	86,34	88,81	91,91	92,11	93,03	92,07	89,26	85,76	81,49	76,86	72,72	68,34
T57		33	69,85	74,83	72,82	77,60	79,05	80,06	82,44	83,19	86,46	88,89	91,94	92,09	92,91	91,79	88,98	85,79	82,27	78,55	75,09	70,98
T58		F14	67,20	72,13	70,06	74,91	76,69	77,96	80,62	81,68	85,16	87,78	91,10	91,62	92,92	92,47	90,42	87,81	84,50	80,66	76,86	72,24
T59		F15	68,63	73,92	72,18	77,21	78,95	80,17	82,74	83,66	86,92	89,27	92,22	92,24	92,90	91,63	88,61	84,99	80,60	75,61	70,61	64,48
T60		36	70,86	75,83	73,80	78,54	79,94	80,88	83,18	83,82	86,94	89,24	92,15	92,15	92,77	91,47	88,54	85,28	81,58	77,45	73,28	68,14
T61		38	68,58	74,00	72,37	77,49	79,26	80,50	83,09	84,00	87,24	89,56	92,47	92,41	92,94	91,43	87,94	83,58	78,43	72,82	67,17	60,17
T62		40	69,62	75,04	73,41	78,49	80,22	81,40	83,91	84,73	87,86	90,06	92,82	92,55	92,78	90,78	86,63	81,54	75,43	68,41	60,58	50,04
T63	41	71,37	76,42	74,45	79,20	80,67	81,66	83,98	84,66	87,69	89,79	92,49	92,23	92,58	91,05	87,86	83,99	78,95	72,53	64,84	54,32	
T64	DA100	F19	66,52	72,49	71,33	76,89	79,22	81,00	84,28	85,78	89,60	91,79	93,58	91,61	89,26	88,56	87,61	86,10	83,35	79,45	75,87	72,47
T65		B	72,10	76,34	73,53	77,47	78,43	78,92	81,00	83,15	87,65	90,56	93,00	91,76	90,26	89,93	89,39	88,30	85,46	81,45	77,70	74,06
T66		C	69,18	73,79	71,37	75,74	77,60	78,93	81,76	84,15	88,87	91,98	93,81	91,87	89,57	88,85	87,87	86,33	83,51	79,52	75,80	72,19
T67		D	68,46	74,07	72,58	77,82	80,04	81,71	84,88	86,28	90,00	92,09	93,77	91,65	89,12	88,16	86,84	84,78	81,22	76,14	70,82	64,83
T68		E	70,73	74,79	71,80	75,56	77,40	78,69	81,49	84,09	89,01	92,30	94,06	92,03	89,59	88,65	87,34	85,31	81,78	76,72	71,42	65,46
T69		F	72,58	77,53	75,39	79,96	81,31	82,18	84,62	85,59	88,89	90,57	92,89	91,58	90,03	89,55	88,78	87,34	83,75	78,64	73,29	67,28
T70		F16	69,62	75,09	73,47	78,55	80,71	82,32	85,41	86,72	90,35	92,35	93,91	91,65	88,90	87,63	85,85	83,11	78,52	71,87	64,19	54,61
T71		H	74,53	78,99	76,35	80,41	81,90	82,85	85,32	86,13	89,25	90,73	93,04	91,70	90,07	89,35	88,19	86,14	81,54	74,89	67,20	57,62
T72		10	74,82	78,24	74,58	77,65	78,54	79,03	81,16	83,32	87,80	90,67	93,10	91,91	90,47	90,02	89,27	87,86	84,30	79,21	73,88	67,90
T73		F17	71,75	75,51	72,19	75,58	77,62	79,09	82,05	84,58	89,42	92,62	94,27	92,09	89,44	88,19	86,43	83,71	79,15	72,54	64,88	55,33
T74		16	76,69	79,41	75,03	77,35	78,68	79,53	81,94	83,95	88,26	90,94	93,34	92,10	90,56	89,86	88,71	86,68	82,09	75,45	67,77	58,20
T75		F18	71,06	76,19	74,24	79,02	80,49	81,48	84,03	85,16	88,61	90,46	92,81	91,50	89,93	89,59	89,03	87,94	85,09	81,06	77,29	73,62
T76		31	71,94	77,43	75,84	80,94	82,72	83,98	86,72	87,66	90,89	92,52	93,70	91,05	88,01	86,55	84,68	82,16	78,31	73,47	69,34	65,91
T77		33	74,42	79,48	77,50	82,24	83,66	84,60	87,05	87,71	90,86	92,44	93,59	90,89	87,73	86,12	84,24	82,04	78,94	75,01	71,56	68,41
T78		F20	72,53	77,54	75,49	80,31	82,05	83,26	85,98	86,97	90,31	92,09	93,50	91,17	88,51	87,55	86,44	84,81	81,94	77,88	74,09	70,42
T79		F21	73,02	78,38	76,67	81,66	83,37	84,53	87,16	88,00	91,13	92,64	93,68	90,85	87,54	85,77	83,69	81,05	77,09	71,89	66,90	61,72
T80		36	75,15	80,19	78,19	82,90	84,26	85,13	87,50	88,06	91,05	92,51	93,50	90,65	87,31	85,51	83,52	81,23	77,97	73,62	69,47	65,27
T81	38	72,78	78,28	76,68	81,76	83,49	84,67	87,32	88,15	91,26	92,74	93,74	90,83	87,40	85,39	82,83	79,45	74,73	68,90	63,28	57,22	
T82	40	73,43	78,94	77,33	82,37	84,06	85,18	87,75	88,49	91,50	92,86	93,70	90,59	86,85	84,35	81,14	77,03	71,35	64,11	56,29	46,70	
T83	41	75,27	80,40	78,46	83,17	84,60	85,53	87,92	88,51	91,41	92,67	93,46	90,35	86,73	84,70	82,45	79,56	74,95	68,32	60,64	51,07	

Tab.12: Spektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB (Fortsetzung)

4 Schalldämmung der Fenster

4.1 Datengrundlage

Für die Untersuchung des Einflusses der Schalldämmung der Fenster auf die Frequenzzusammensetzung der Innenraumpegel lagen Spektren der frequenzabhängigen Dämmverläufe für insgesamt 1.043 Fenster vor. Diese stammen überwiegend aus Labormessungen des Instituts für Fenstertechnik Rosenheim.

Ergänzt werden diese durch etwa 30 Jahre alte Ergebnisse von Messungen am Bau, die im Umweltbundesamt vorliegen. Für 52 dieser Fenster lagen nur unvollständige Angaben vor. Insbesondere sind für diese Fenster nur Schalldämmungen zwischen 100 Hz und 3.150 Hz bekannt. Das betrifft alle Fenster mit einem Schallschutz kleiner als Schallschutzklasse 2 (SSK 2).

Tabelle 13 enthält die Anzahl der im weiteren Verlauf ausgewerteten Fenster nach Konstruktion und Schallschutzklasse (SSK).

4.2 Gruppierung von vergleichbaren Fensteraufbauten

Zur Unterscheidung der Fenster und zur Bildung von Gruppen mit Fenstern gleicher Eigenschaften werden die Fenster zunächst nach den folgenden Parametern klassifiziert:

- Fenstertyp
 - Einfachfenster
 - Verbundfenster
 - Fenster mit Vorsatzschale
 - Kastenfenster
- Beschlag
 - Drehfenster
 - Kippfenster
 - Klappfenster
 - Dreh- / Kippfenster
 - Dreh- / Kipp- / Klappfenster
- Rahmenmaterial
 - Aluminium
 - Holz
 - Kunststoff
 - Aluminium / Holz

Schallschutzklasse	Einfachfenster	Verbundfenster	Kastenfenster	Σ
SSK 2	161			161
SSK 3	283	24		307
SSK 4	341	47	1	389
SSK 5	87	26		113
SSK 6		18	3	21
SSK 2 bis 6	872	115	4	991

Tab. 13: Anzahl der untersuchten Fenster mit vollständigen spektralen Schalldämm-Maßen nach Schallschutzklasse

- Aluminium / Kunststoff
- Holz / Kunststoff
- Metall
- Scheiben
 - Anzahl der Scheiben (1 – 4)
 - Dicke der einzelnen Scheiben
 - Abstände zwischen den einzelnen Scheiben
- Dichtungen (Kombinationen aus den folgenden Dichtungen)
 - Innendichtung
 - Mitteldichtung
 - Zwischendichtung
 - Außendichtung
 - Überschlagsdichtung

4.3 Zusammenfassung von vergleichbaren Fensterspektren

Zur Untersuchung der vorliegenden Spektren der Frequenzverläufe der Schalldämm-Maße der Fenster werden diese Spektren zunächst auf ein Schalldämm-Maß von $R_w = 30$ dB normiert, um eine Vergleichbarkeit der Spektren herzustellen. Die Auswertung der normierten Spektren zeigt, dass keine ausreichenden Übereinstimmungen vorliegen, um diese zu Gruppen zusammen zu fassen. Vielmehr unterscheiden sich die Spektren der Fenster auch, wenn im Fensteraufbau nur geringfügige Unterschiede vorliegen. In Bild 73 und Bild 74 sind Beispiele dargestellt, die sich auf Fenster beziehen, die dem grundsätzlichen Aufbau nach sehr ähnlich sind. Unterteilt man diese Gruppen aus Fenstern mit nahezu gleichem Aufbau weiter und betrachtet den genauen Aufbau der Verglasung (Abstände, Dicke) ebenfalls, so sind die Streuungen immer noch erheblich. Beispielhaft sind in Bild 75 und Bild 76 jeweils nur Fenster zusammengefasst, die in allen

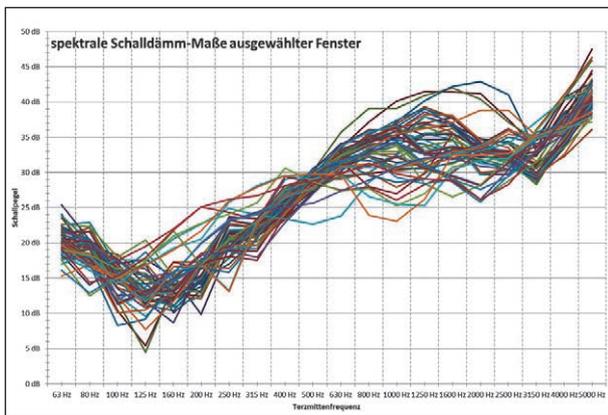


Bild 73: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 56 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben, Überschlag-, Mittel- und Außendichtung

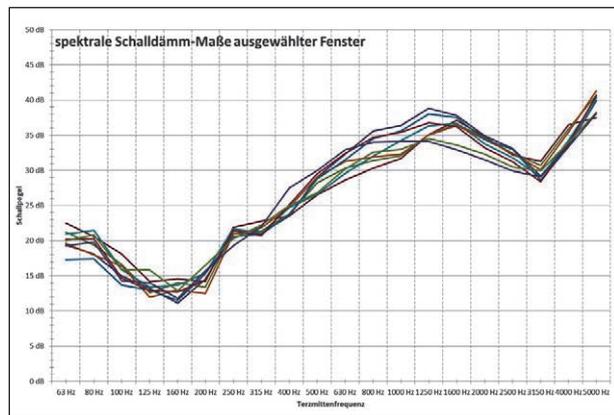


Bild 75: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 9 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben mit dem Aufbau 6/12/4/12/4, Überschlag- und Außendichtung

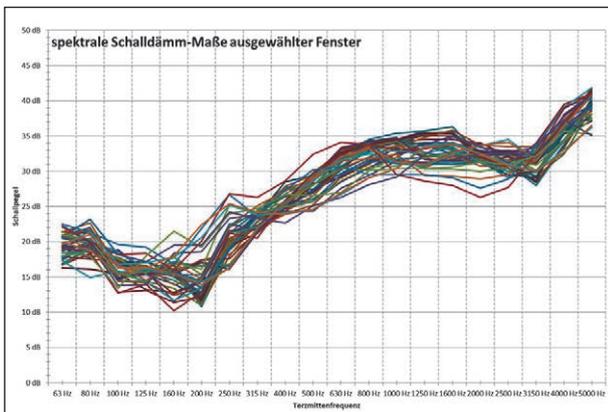


Bild 74: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 42 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 2 Scheiben, Überschlag- und Außendichtung

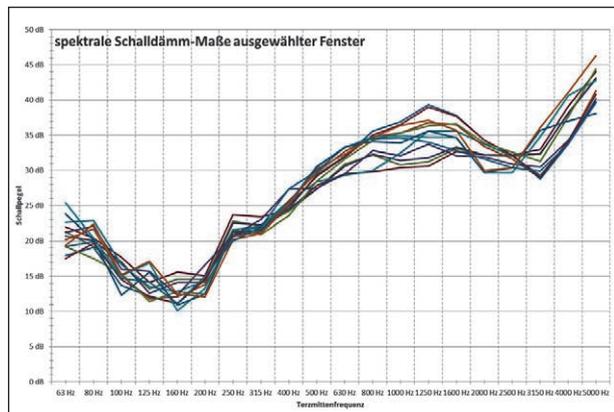


Bild 76: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 13 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben mit dem Aufbau 6/12/4/12/4, Überschlag-, Mittel- und Außendichtung

erfassten Parametern identisch erscheinen. Die Fenster in Bild 76 unterscheiden sich von den Fenstern in Bild 75 allein durch eine zusätzliche Mitteldichtung. Ob dies auf Fenstereigenschaften zurückzuführen ist, die nicht erfasst werden (das verwendete Edelgas, Abmessungen der Fenster usw.) oder andere Gründe hat, ist letztlich nicht entscheidend.

Aufgrund der großen Unterschiede erweist sich eine Vorgehensweise wie in den vorhergehenden Arbeitsschritten (Zusammenfassung von Fenstern mit ähnlichem Frequenzverlauf des Schalldämm-Maßes) als nicht sinnvoll. Im Weiteren wird daher ein anderer Ansatz verfolgt.

5 Pegelminderung durch Fenster

5.1 Innenpegel vs. Außenpegel

Die Innenpegel hinter einem geschlossenen Fenster weisen eine andere spektrale Zusammensetzung auf, als die Außenpegel vor dem Fenster. Dies führt zu einer Differenz zwischen dem A-bewerteten Innenpegel, der sich bei einzahliger Berechnung aus A-bewertetem Außenpegel und Schalldämm-Maß R_w des Fensters gegenüber einer spektralen Berechnung in Terzen ergibt. Dies ist hauptsächlich darauf zurück zu führen, dass die bei der Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w verwendete Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1:2013-06 nicht sehr gut der spektralen Zusammensetzung von Verkehrslärm entspricht.

Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass der spektral berechnete Innenraumpegel korrekt ist und die A-bewertete Berechnung zu korrigieren ist.

5.2 Spektren im Innenraum

Aus den vorhergehenden Arbeitsschritten liegen 83 Immissionspegel (Außenpegel T1 – T83, Tabelle 12) vor dem Fenster vor. Auf Basis dieser Außenpegel werden die Spektren der Immissionspegel hinter dem Fenster im Innenraum (Innenpegel) für alle Kombinationen aus den 1.043 Fenstern und 83 Immissionspegeln vor dem Fenster ermittelt. Dabei sind die Angaben für die 52 Fenster mit eingeschränkten, spektralen Angaben nur bedingt vergleichbar.

Aus der Kombination der Immissionspegel mit den Fenstern ergeben sich 86.569 Spektren im Innenraum. Diese Spektren einzeln auszuwerten erscheint weder durchführbar noch im Sinne der Aufgabenstellung zielführend. Eine Vorgehensweise wie in den vorherigen Arbeitsschritten, d. h. eine Zusammenfassung von Fenstern zu Gruppen, erweist

sich jedoch aufgrund der Unterschiede bei den spektralen Eigenschaften der Fenster als nicht durchführbar. Daher ist eine andere Vorgehensweise erforderlich.

Eine Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Schutz des Innenraumes bei Schallschutzmaßnahmen nach 24. BImSchV sollte nach Möglichkeit nach Kriterien der Fenster erfolgen, die den Prüfzeugnissen entnommen werden, oder zumindest aus den Angaben in den Prüfzeugnissen abgeleitet werden können.

Bild 77 stellt alle 83 im vorherigen Arbeitsschritt ermittelten Immissionsspektren vor dem Fenster dar. In Bild 78 bis Bild 85 sind die Schalldämmspektren der Fenster nach Schallschutzklassen getrennt und zur besseren Vergleichbarkeit auf ein R_w von 30 dB normiert dargestellt. Die mittleren Schalldämmspektren der Schallschutzklassen sowie das mittlere Schalldämmspektrum über alle 1.043 Fenster sind Bild 86 und Tabelle 14 zu entnehmen.

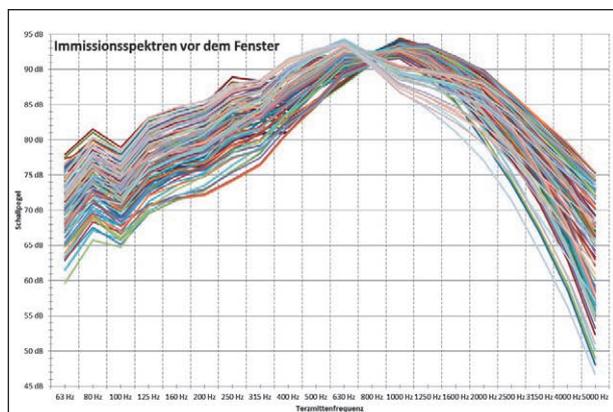


Bild 77: Auf 100 dB(A) normierte Immissionsspektren aller untersuchten Straßentypen vor dem Fenster

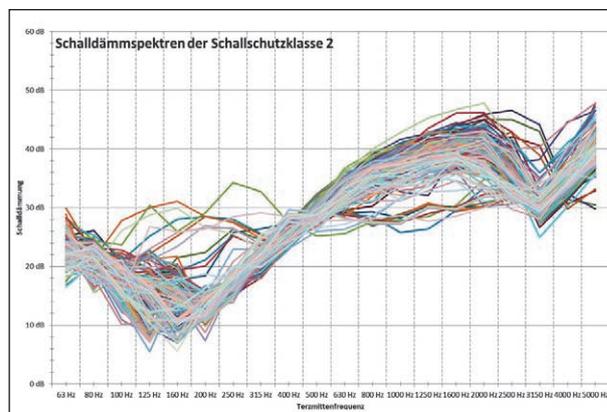


Bild 79: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 2 (normiert auf $R_w = 30$ dB)

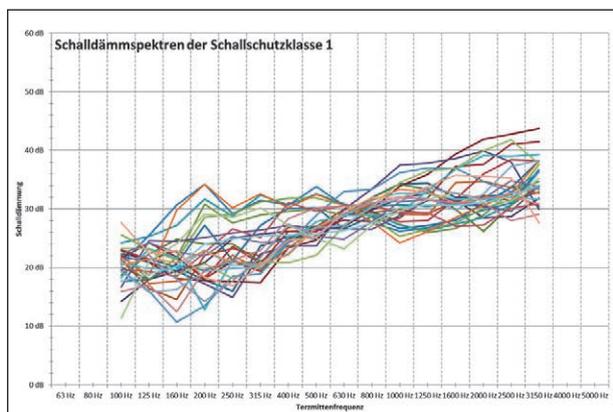


Bild 78: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 1 (normiert auf $R_w = 30$ dB)

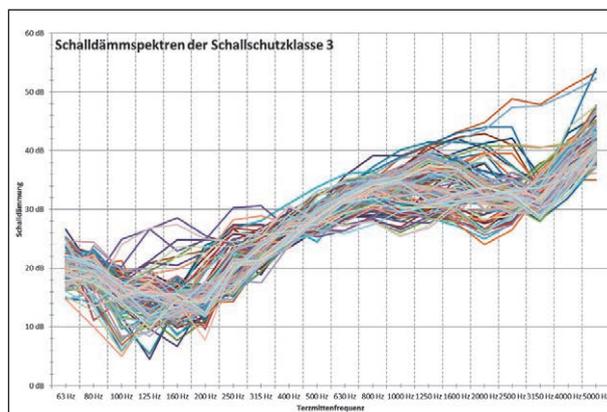


Bild 80: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 3 (Teil 1) (normiert auf $R_w = 30$ dB)

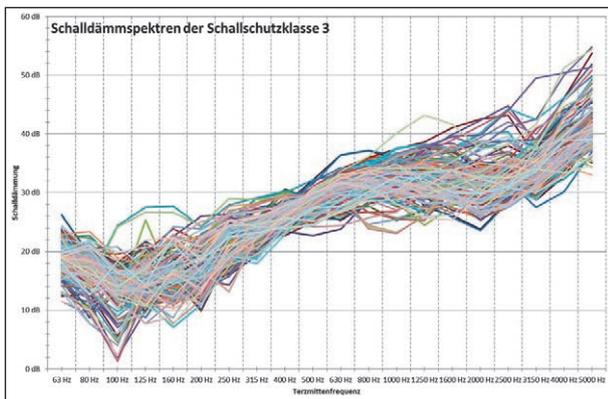


Bild 81: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 3 (Teil 2) (normiert auf $R_W = 30$ dB)

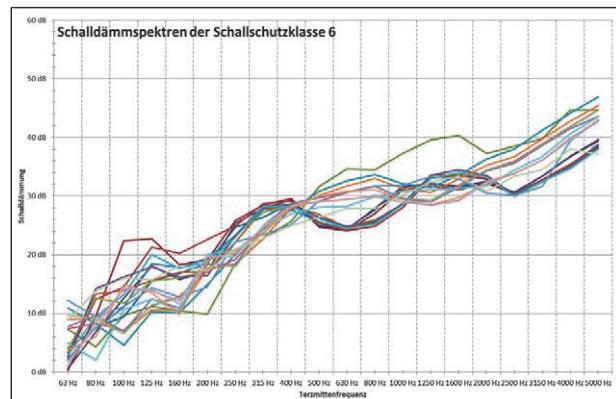


Bild 85: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 6 (normiert auf $R_W = 30$ dB)

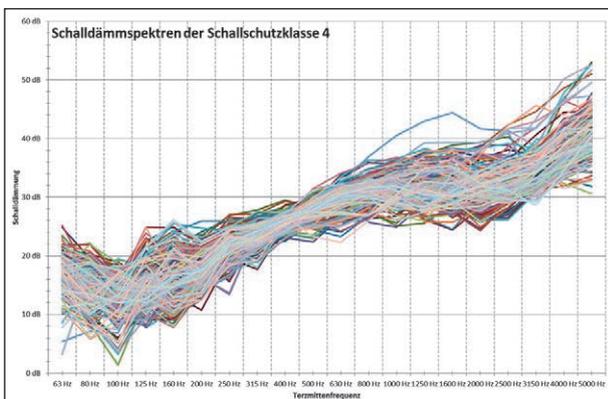


Bild 82: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 4 (Teil 1) (normiert auf $R_W = 30$ dB)

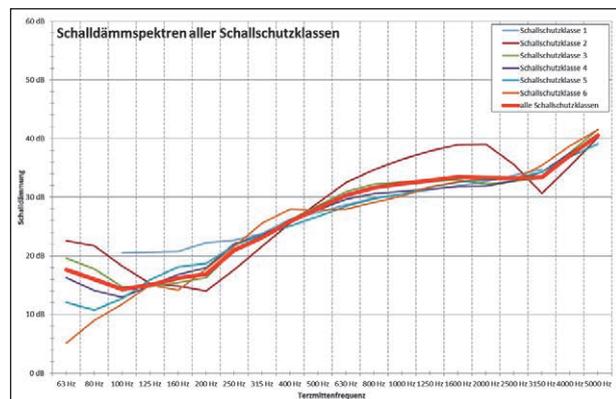


Bild 86: Mittlere Schalldämmspektren der Schallschutzklassen 1-6 (normiert auf $R_W = 30$ dB)

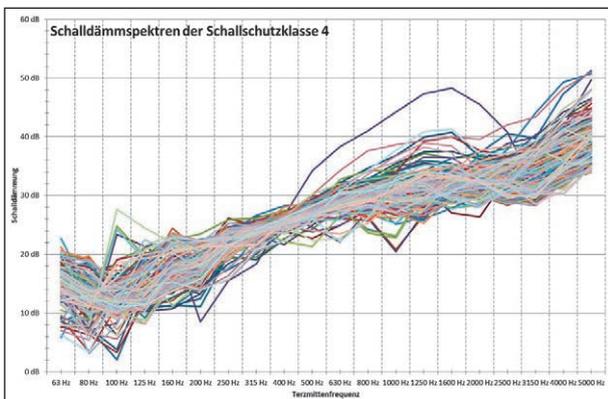


Bild 83: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 4 (Teil 2) (normiert auf $R_W = 30$ dB)

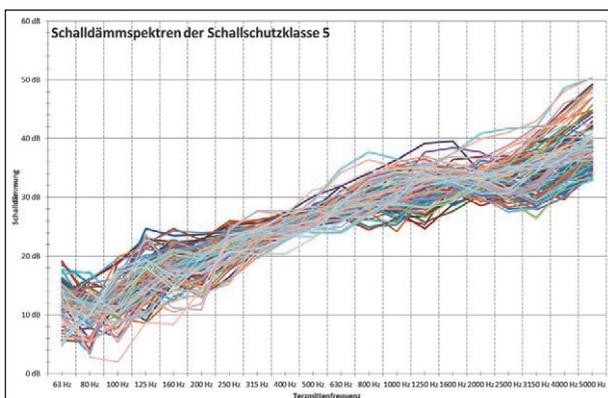


Bild 84: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 5 (normiert auf $R_W = 30$ dB)

Für die Berechnung der Spektren im Innenraum wird davon ausgegangen, dass die Schalldämmung der Außenwand deutlich besser ist als die Schalldämmung des Fensters, so dass die Schallpegel im Raum durch den durch das Fenster eindringenden Schall bestimmt werden. Die Eigenschaften des Raumes werden mit einer über alle Frequenzen gleichen Nachhallzeit angenommen, so dass auch hier keine Einflüsse auf die spektralen Eigenschaften des Innenpegels auftreten.

Berechnet man mit dem über alle Fenster gemittelten Schalldämpfungsspektrum die spektrale Zusammensetzung des Innenraumpegels, so zeigt sich für die untersuchten Straßentypen mit geschlossenen Deckschichten, dass je nach Ausbreitungssituation die Innenpegel durch Schall in den Frequenzen bis etwa 2 kHz geprägt sind (siehe Bild 87). Bei den Frequenzen oberhalb von 2 kHz ist der Einfluss auf den A-bewerteten Schallpegel im Innenraum nur noch gering.

Bei den offenporigen Deckschichten sind die Einflüsse von Frequenzen über 800 Hz auf den Innenraumpegel als gering zu betrachten (siehe Bild 88).

SSK	Fenster typ	Rw [dB]	Terzmittenfrequenz in Hz (Terzpegel in dB)																			
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
2	Einfachfenster	34,7	27,35	26,45	23,00	20,00	19,54	18,76	22,33	26,34	30,31	33,74	37,21	39,39	41,14	42,55	43,67	43,75	40,23	35,34	39,96	44,87
3	Einfachfenster	39,7	29,70	27,94	25,17	24,73	25,16	26,18	30,97	33,00	35,91	38,19	40,49	41,78	42,02	42,26	41,39	41,77	42,50	46,70	50,58	
	Verbundfenster	40,3	25,12	22,43	16,28	22,55	25,90	24,52	27,87	31,49	35,10	39,52	42,79	44,63	45,98	46,76	48,13	49,19	50,76	49,31	54,84	59,41
4	Einfachfenster	44,2	31,15	28,91	27,75	29,27	31,19	32,53	36,62	38,08	40,13	41,92	43,74	44,68	44,97	45,16	45,48	45,56	46,43	48,02	51,05	53,63
	Verbundfenster	44,3	25,90	24,33	22,86	27,95	30,02	29,74	34,01	35,83	39,32	42,55	44,42	45,87	46,84	47,95	49,75	49,56	50,75	51,90	56,73	60,08
5	Einfachfenster	47,8	30,96	29,31	30,78	33,99	36,66	37,38	40,09	41,74	43,09	44,53	46,04	47,02	47,56	48,73	49,87	50,56	50,96	51,52	53,67	55,80
	Verbundfenster	48,6	27,00	26,96	30,67	33,84	34,35	34,63	38,78	41,07	43,39	45,55	47,79	50,23	51,87	53,14	52,90	52,13	52,45	54,91	58,84	61,50
6	Verbundfenster	54,1	28,49	33,11	35,84	39,40	38,38	42,52	45,82	50,16	52,49	51,72	51,56	52,89	53,87	55,33	56,29	57,39	56,92	59,58	62,59	65,56
	Kastenfenster	55,4	34,87	34,60	37,73	39,20	39,20	39,30	46,00	48,40	50,73	54,50	56,50	56,80	58,53	60,53	60,97	58,30	59,43	60,73	66,13	67,03

Tab. 14: Mittlere Dämmspektren der Fensterklassen (nicht normiert)

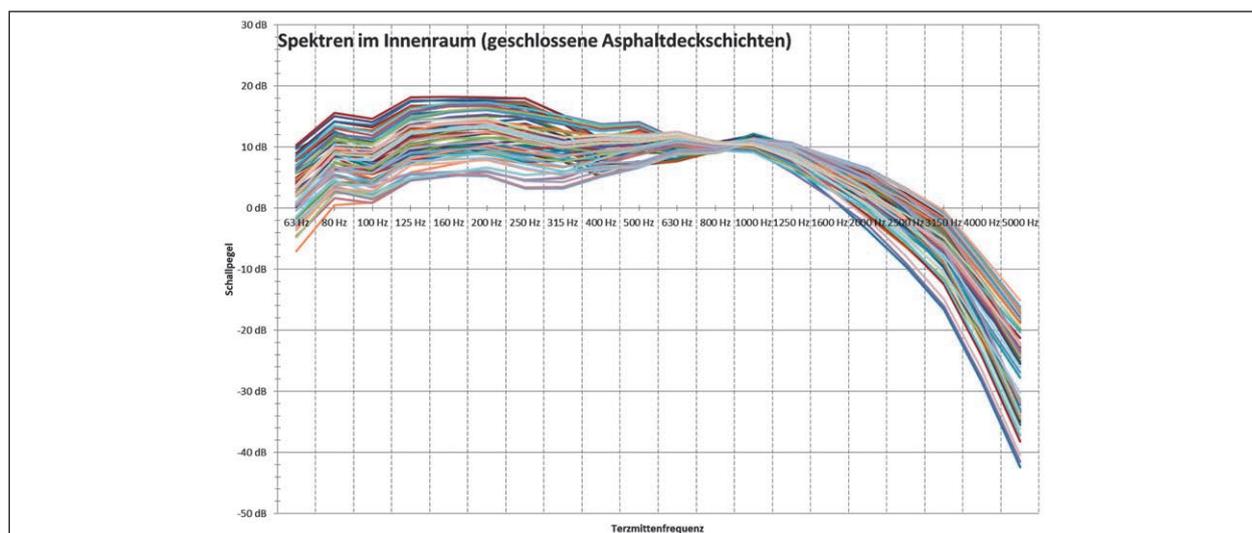


Bild 87: A-bewertete Innenraumspektren aller untersuchten Straßentypen mit geschlossenen Asphaltdeckschichten, bezogen auf das über alle Fenster gemittelte Schalldämmspektrum

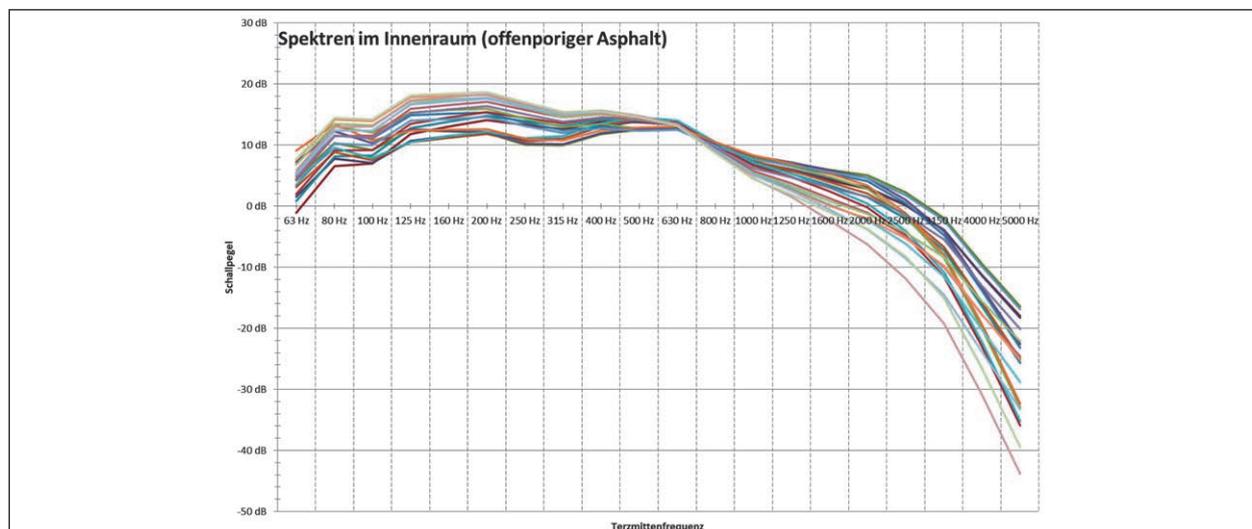


Bild 88: A-bewertete Innenraumspektren aller untersuchten Straßentypen mit offenporigem Asphalt, bezogen auf das über alle Fenster gemittelte Schalldämmspektrum

Die breite Streuung der Schalldämm-Maße der Fenster kann diesen Einflussbereich in speziellen Situationen noch in etwas höhere Frequenzen verschieben. Eine Konzentration auf einen relativ kleinen spektralen Bereich ist nicht festzustellen. Vielmehr ist der gesamte Bereich bis 2 kHz für die Bewertung des A-bewerteten Schallpegels im Innenraum als wesentlich zu bewerten.

5.3 Auralisation

Für die Geräuschspektren am Emissionsort, am Immissionsort vor der Fassade und im Innenraum sind Auralisationen in Form von Sound-Dateien erstellt worden, mit denen die spektrale Verfärbung demonstriert werden kann. Im Einzelnen wurden dazu

- 4 Emissionsspektren an der Quelle
- 83 Immissionsspektren vor dem Fenster
- 747 Immissionsspektren im Innenraum

erstellt. Diese 747 Immissionsspektren ergeben sich aus den Kombinationen der 83 Immissions-

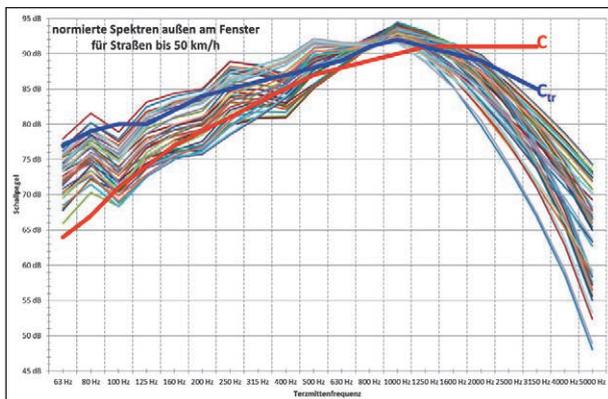


Bild 89: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und innerstädtische Straßen bis 50 km/h (AB30 / AB50)

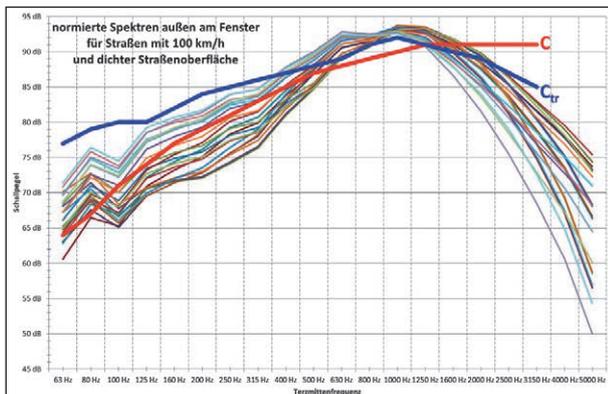


Bild 90: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und Außerortsstraßen mit dichten Deckschichten ab 80 km/h (AB100)

spektren vor dem Fenster mit den neun zusammengefassten Fensterspektren aus Tabelle 14. Um den subjektiven Höreindruck der unterschiedlichen Spektren zueinander besser darstellen zu können sind diese 747 Immissionsspektren jeweils in drei Lautstärken bezogen auf

- den Immissionspegel vor dem Fenster (was die unterschiedlichen Schallschutzklassen vergleichbar macht, aber geringe Schallpegel ergibt),
- den Immissionspegel im Innenraum der Schallschutzklasse 2 (was unterschiedliche Spektren außen nicht vergleichbar macht, dafür aber bei gleichem Spektrum außen die Schallschutzklassen besser vergleichbar darstellt) und
- einen normierten, A-bewerteten Schallpegel (was die spektrale Verfärbung vergleichbar macht, ohne den subjektiven Lautstärkeindruck einzubeziehen)

erstellt worden. Details zur Auralisation sind Anlage 1 zu entnehmen.

6 Korrektursummand E

6.1 Auswirkung des Spektrums auf den Innenpegel

Der A-bewertete Schallpegel im Innenraum hinter dem Fenster wird für jede Kombination aus Fenster und Außenpegel (Immissionspegel vor dem Fenster) ermittelt. Dazu wird die Berechnung sowohl spektral, als auch mit den Einzahlwerten der Emission sowie des Schalldämm-Maßes gerechnet. Die sich daraus ergebende Differenz entspricht der Abweichung des terzweise ermittelten Innenraumpegels von der A-bewerteten, einzahligen Berechnung. Anders ausgedrückt:

Die Differenz ist der Fehler, den man bei der einzahligen Berechnung des Innenraumpegels macht. Dieser Fehler soll bei der Anwendung der 24. BImSchV durch den Summanden E korrigiert werden. Daher werden diese Differenzen (je Fenster und Außenpegel) im Weiteren zur Bestimmung von E statistisch untersucht.

6.1.1 Spektrum-Anpassungswerte

Aus den Berechnungen ergibt sich, dass von erheblichen Abweichungen des spektral ermittelten In-

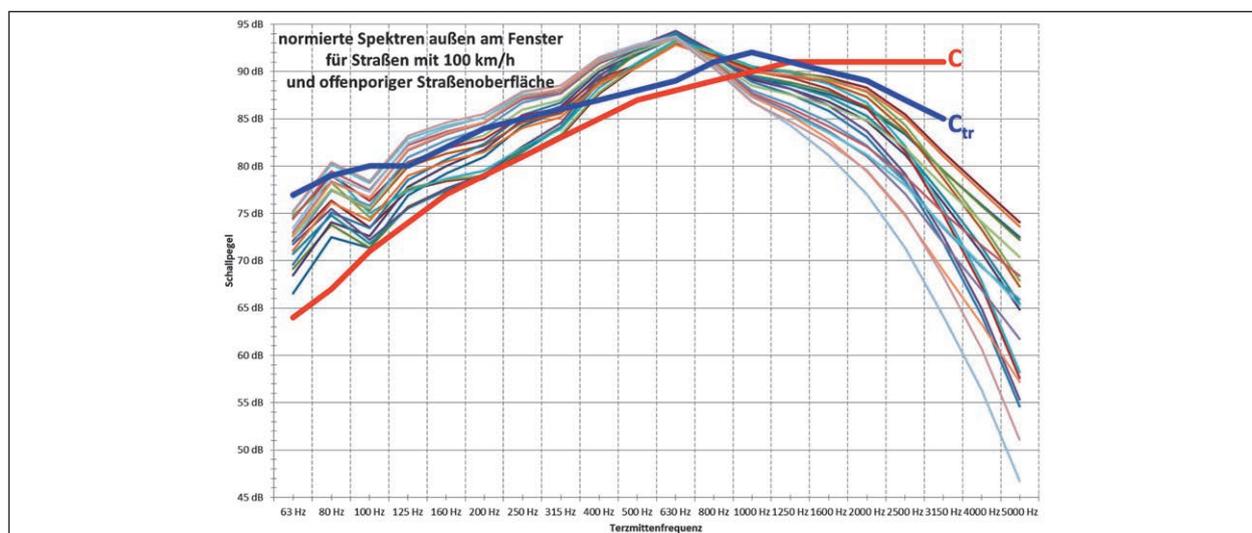


Bild 91: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und Außerortsstraßen mit offenporigen Deckschichten ab 80 km/h (DA100)

nenraumpegels von dem auf Basis des Schalldämm-Maßes R_w berechneten auszugehen ist. Daher werden im nächsten Schritt Spektrum-Anpassungswerte mit in die Berechnung einbezogen. Zunächst werden die Spektrum-Anpassungswerte der DIN EN ISO 717-1:2013-06 [8] herangezogen. Gemäß Tabelle A.1 der DIN EN ISO 717-1:2013-06 ist C für Autobahnen > 80 km/h und C_{tr} ist für städtischen Straßenverkehr anzuwenden.

Für alle Fenster werden daher zunächst die Schalldämm-Maße R_w auf 0,1 dB gerundet und die Spektrum-Anpassungswerte (C, C_{tr} , $C_{50-3150}$, $C_{50-5000}$, $C_{100-5000}$, $C_{tr,50-3150}$, $C_{tr,50-5000}$, $C_{tr,100-5000}$) exakt (d. h. ohne Rundung) ermittelt.

Vergleicht man die Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} , die die oben genannten Verkehrssituationen repräsentieren, mit den in Kapitel 3 entwickelten Außenspektren, so zeigt sich, dass diese nur bedingt die Kurvenverläufe annähern. Für innerstädtische Straßen (AB30 / AB50, siehe Kapitel 2.5) nähert C_{tr} diese Verläufe noch recht gut an (siehe Bild 89), wogegen bei höheren Geschwindigkeiten und dichten Straßenoberfläche (siehe Bild 90) beide Anpassungskurven deutliche Abweichungen in vergleichbarer Größenordnung aufweisen.

C_{tr} bewertet die tiefen Frequenzen stärker als nötig, passt aber im mittleren und höheren Frequenzbereich besser als C, so dass hier C_{tr} ebenfalls geringfügig besser geeignet erscheint. Betrachtet man die offenporigen Deckschichten (siehe Bild 91), so zeigt sich, dass beide Kurven noch größere Abweichungen aufweisen. Auch hier liegt C_{tr} jedoch etwas näher an den Kurvenverläufen der Außenpegel als C.

Aufgrund der nicht unwesentlichen Abweichungen wurden darüber hinaus mehrere Spektren zur Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten auf Basis dieser in Kapitel 3 entwickelten Immissionsspektren vor dem Fenster entwickelt. Diese Anpassungswerte erzeugten jedoch keine signifikant geringeren Standardabweichungen im Innenraum.

Zur Bewertung der Fenster ist ein optimiertes Spektrum zur Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten damit nicht zielführend und es empfiehlt sich mit Spektrum-Anpassungswerten zu arbeiten, die für Fenster bereits heutzutage üblicherweise ermittelt werden. Die optimierten Spektren zur Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten wurden daraufhin verworfen und werden nicht weiter dargestellt.

Wie in Kapitel 5.2 dargelegt bestimmen die Frequenzen bis ca. 2 kHz den Innenraumpegel. Aufgrund dieser Einschränkung des Frequenzbereiches bis ca. 2 kHz und der besseren Anpassung des Spektrums zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C_{tr} wird die Bewertung der Differenzen in Innenraum zur Ermittlung von E im Folgenden auf Basis der Spektrum-Anpassungswerte $C_{tr,50-3150}$ durchgeführt.

6.1.2 Statistische Verteilung der Differenzen

Betrachtet man die Verteilung der Differenzen (d.h. der potentiellen Korrektursummanden E) über alle Fenster und Immissionssituationen, zeigt sich eine Abweichung von der Normalverteilung (siehe Bild 92 ohne Spektrum-Anpassungswert, Bild 93 unter Verwendung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr,50-3150}$).

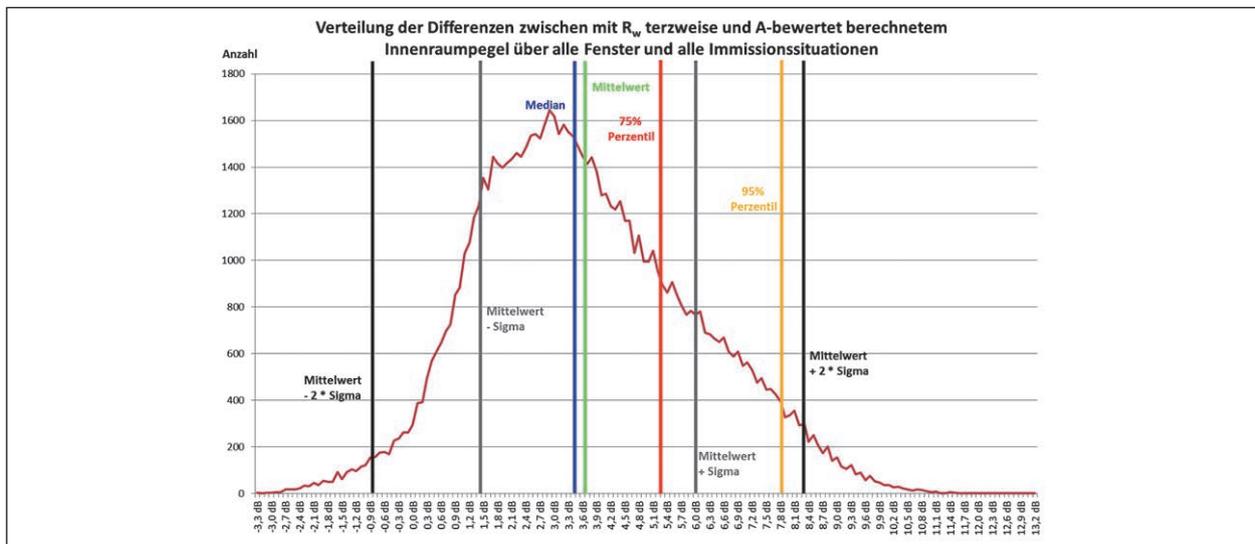


Bild 92: Verteilung der Differenzen zwischen mit R_w terzweise und A-bewertet berechnetem Innenraumpegel über alle Fenster und alle Immissionssituationen

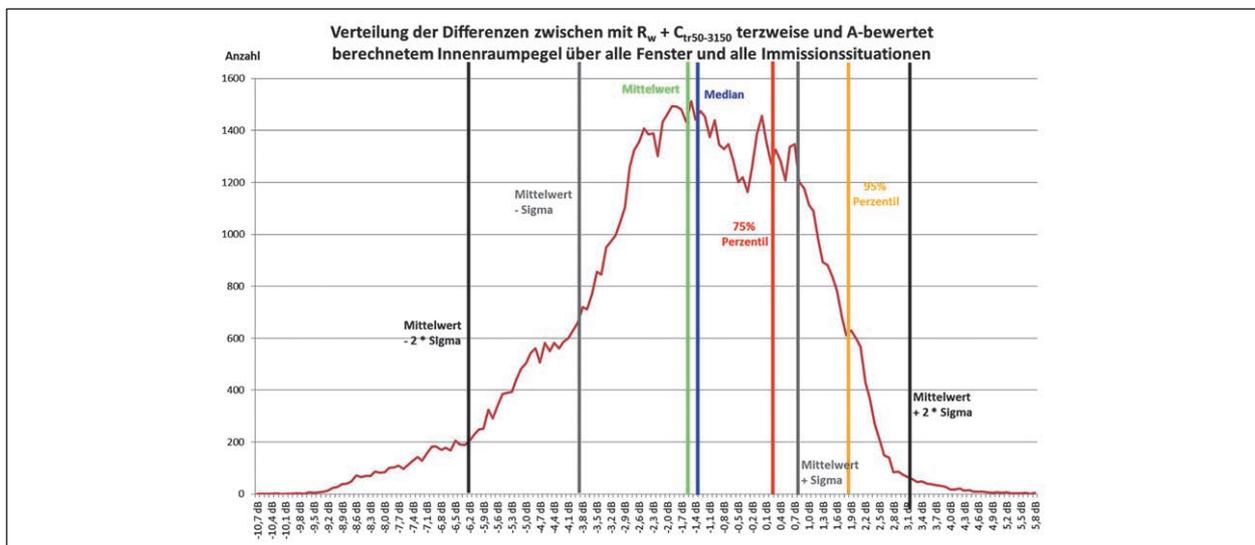


Bild 93: Verteilung der Differenzen zwischen mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ terzweise und A-bewertet berechnetem Innenraumpegel über alle Fenster und alle Immissionssituationen

Die in Bild 92 und Bild 93 dargestellten statistischen Kennwerte sowie zusätzliche Angaben zu den Grafiken sind in Tabelle 15 zusammengestellt. Die Differenzen weichen nicht unerheblich von einer Normalverteilung ab.

Es ist bei der Bewertung der Statistiken zu beachten, dass die Schallschutzklassen 3 und 4 jeweils etwa ein Drittel der Fenster, und damit der Differenzwerte, ausmachen (siehe Tabelle 13). Die übrigen Schallschutzklassen sind in den Daten unterrepräsentiert.

In den folgenden Tabellen sind die Abweichungen, die sich aus der spektralen Betrachtung gegenüber dem Einzahlwert ergeben, nach den Schallschutzklassen der Fenster getrennt angegeben. Dabei

werden zunächst alle Ausbreitungssituationen zusammen betrachtet (Transmission = freie und abgeschirmte Ausbreitung). Im Anschluss wird zwischen der freien Ausbreitung (Situation 1 - 30 gemäß Tabelle 6, bzw. zusammengefasste Situationen A - I gemäß Tabelle 9) und den abgeschirmten Ausbreitungsvarianten unterschieden (Situation 31 - 41 gemäß Tabelle 7). In jeder dieser Klassen erfolgt die Auswertung getrennt nach den vier Emissionsspektren der unterschiedlichen Straßentypen.

Ermittelt werden für diese unterschiedlichen Kombinationen jeweils die minimale und maximale Abweichung des Innenschallpegels, der sich aus der spektralen Bewertung gegenüber der einzahligen Betrachtung ergibt (Unter- / Überschreitung). Dazu wird jeweils mit den spektralen Schallpegeln und

	R_w	$R_w + C_{tr,50-3150}$
Minimum	-3,3 dB	-10,7 dB
Maximum	13,3 dB	6,9 dB
Mittelwert	3,66 dB	-1,58 dB
Standardabweichung σ	2,28 dB	2,34 dB
Mittelwert + σ	5,95 dB	0,76 dB
Mittelwert + 2* σ	8,23 dB	3,10 dB
Mittelwert - σ	1,38 dB	-3,92 dB
Mittelwert - 2* σ	-0,91 dB	-6,26 dB
Median	3,4 dB	-1,4 dB
70 %-Perzentil	4,7 dB	-0,1 dB
75 %-Perzentil	5,2 dB	0,2 dB
80 %-Perzentil	5,7 dB	0,5 dB
85 %-Perzentil	6,2 dB	0,9 dB
90 %-Perzentil	6,9 dB	1,3 dB
95 %-Perzentil	7,8 dB	1,8 dB

Tab. 15: Kennzahlen der statistischen Verteilung der Differenzen des Innenraumpegels

Schalldämm-Maßen die A-bewerteten Schallpegel im Innenraum errechnet und diese mit den Innenpegeln verglichen, die sich aus den A-bewerteten Außenpegel und dem Schalldämm-Maß R_w des Fensters ergeben.

Positive Differenzen weisen darauf hin, dass bei spektraler Berechnung ein höherer Schallpegel im Innenraum berechnet wird, als die einzahlige, A-bewertete Betrachtungsweise ergibt.

Tabelle 16 fasst jeweils alle Fenster zusammen, die zu einer Schallschutzklasse gehören. Für Fenster der Schallschutzklasse 1 liegen nur eingeschränkte Spektren vor, so dass diese Schallschutzklasse nicht aufgeführt wird.

In den folgenden Tabellen werden mehrere statistische Ergebnisse ausgewiesen:

max.: Maximale Überschreitung des mit dem Einzahlwert R_w errechneten Innenpegels gegenüber der spektralen Berechnung in dB, hohe Werte weisen einen hohen Innenpegel aus

min.: Minimale Überschreitung / maximale Unterschreitung des mit dem Einzahlwert R_w errechneten Innenpegels gegenüber der spektralen Berechnung in dB, Werte unter null weisen einen Innenpegel aus, der geringer ist, als die einzahlige Berechnung ergibt

Mittelwert: Mittelwert aller Über- und Unterschreitungen der mit den Einzahlwerten R_w berechneten Innenpegel gegenüber der spektralen Berechnung in dB (d.h. mittlere Abweichung des Innenpegels)

Median: Median aller Über- und Unterschreitungen der mit den Einzahlwerten R_w berechneten Innenpegel gegenüber der spektralen Berechnung in dB (d.h. Abweichung der Innenpegels, die in 50 % aller Fälle überschritten wird)

Sigma: Empirische Standardabweichung der Abweichungen in dB

75 % 75 % Perzentil

95 % 95 % Perzentil

Die Angaben in Tabelle 17 bis Tabelle 19 unterscheiden die Fenster der Schallschutzklassen 3 bis 5 gegenüber Tabelle 16 zwischen Einfachfenstern und Verbundfenstern. In Tabelle 20 sind die Fenster der Schallschutzklasse 6 unterschieden nach Kasten- und Verbundfenstern aufgeführt. Für die Schallschutzklasse 2 liegen nur Spektren für Einfachfenster vor, so dass diese nicht weiter unterschieden werden.

SSK	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
2	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,27	-3,31	3,61	3,45	2,86	5,93	8,20
		AB 30	11,09	0,01	4,34	3,91	2,53	6,73	8,45
		AB 50	10,03	-0,22	3,69	3,15	2,35	5,98	7,54
		AB 100	7,49	-3,31	1,07	0,67	2,32	3,18	4,93
		DA 100	11,27	-3,31	3,38	3,34	2,92	5,65	8,11
	freie Ausbreitung	AB 30	6,83	0,01	2,64	2,45	1,33	3,69	4,89
		AB 50	6,09	-0,22	2,14	1,96	1,18	3,04	4,20
		AB 100	2,96	-3,31	-0,43	-0,52	1,22	0,49	1,60
DA 100		8,69	1,56	4,33	4,21	1,29	5,37	6,43	

Tab. 16: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w

SSK	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
2	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	11,09	1,64	6,89	7,10	1,58	7,90	8,99
		AB 50	10,03	1,69	6,21	6,43	1,41	7,12	8,13
		AB 100	7,49	0,95	3,69	3,76	1,17	4,52	5,50
		DA 100	11,27	2,21	7,49	7,72	1,51	8,35	9,42
3	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,19	-2,04	3,51	3,24	2,27	5,00	7,62
		AB 30	11,19	0,57	4,06	3,59	2,10	5,62	7,94
		AB 50	9,65	0,33	3,50	2,99	1,90	4,82	7,05
		AB 100	7,17	-2,04	1,66	1,34	1,69	2,94	4,59
		DA 100	11,00	-2,04	3,33	3,12	2,29	4,81	7,49
	freie Ausbreitung	AB 30	7,39	0,57	2,74	2,57	1,10	3,42	4,77
		AB 50	6,07	0,33	2,32	2,19	0,93	2,91	4,03
		AB 100	4,39	-2,04	0,65	0,66	1,01	1,25	2,37
		DA 100	8,75	0,70	3,98	3,83	1,25	4,80	6,22
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	11,19	1,97	6,05	6,08	1,63	7,17	8,78
		AB 50	9,65	1,98	5,41	5,45	1,46	6,43	7,86
		AB 100	7,17	0,88	3,42	3,37	1,10	4,15	5,37
DA 100		11,00	2,30	6,55	6,72	1,66	7,71	9,15	
4	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,62	-1,49	3,72	3,47	2,05	5,05	7,50
		AB 30	11,62	0,75	4,25	3,87	1,94	5,54	7,95
		AB 50	10,19	0,97	3,67	3,29	1,72	4,79	7,02
		AB 100	7,38	-1,49	2,07	1,74	1,47	3,03	4,86
		DA 100	11,13	-1,49	3,55	3,34	2,05	4,88	7,32
	freie Ausbreitung	AB 30	8,15	0,75	3,09	2,92	1,12	3,75	5,21
		AB 50	6,96	0,97	2,65	2,52	0,92	3,18	4,41
		AB 100	5,29	-1,49	1,23	1,15	0,86	1,70	2,69
		DA 100	9,27	1,26	4,16	4,01	1,22	4,88	6,43
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	11,62	2,19	5,99	5,83	1,59	7,03	8,86
		AB 50	10,19	1,95	5,33	5,19	1,41	6,24	7,89
		AB 100	7,38	1,08	3,54	3,44	1,11	4,30	5,50
DA 100		11,13	2,48	6,42	6,25	1,53	7,46	9,15	
5	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	13,33	-0,48	4,12	3,90	2,06	5,45	7,83
		AB 30	13,33	1,20	4,71	4,33	1,93	5,95	8,29
		AB 50	11,67	1,18	4,09	3,69	1,71	5,20	7,34
		AB 100	9,13	-0,48	2,36	2,11	1,45	3,28	5,05
		DA 100	12,96	-0,48	3,93	3,75	2,06	5,27	7,62
	freie Ausbreitung	AB 30	9,64	1,20	3,59	3,44	1,17	4,21	5,78
		AB 50	8,25	1,18	3,10	2,99	0,94	3,63	4,77
		AB 100	5,03	-0,48	1,51	1,49	0,79	2,09	2,84
		DA 100	10,88	2,23	4,67	4,51	1,21	5,35	6,98
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	13,33	3,05	6,39	6,19	1,61	7,29	9,36
		AB 50	11,67	2,67	5,69	5,51	1,43	6,49	8,38
		AB 100	9,13	1,22	3,85	3,78	1,12	4,51	5,80
DA 100		12,96	3,32	6,74	6,58	1,51	7,63	9,51	
6	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	12,38	0,13	5,52	5,41	2,28	7,19	9,36
		AB 30	12,38	2,33	6,50	6,26	2,03	8,00	10,04
		AB 50	10,75	1,89	5,53	5,25	1,85	6,95	8,83
		AB 100	8,11	0,13	3,34	3,06	1,62	4,64	6,25
		DA 100	11,82	0,13	5,21	5,17	2,27	6,86	9,03

Tab. 16: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w (Fortsetzung)

SSK	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
6	freie Ausbreitung	AB 30	9,20	2,33	5,28	5,14	1,34	6,11	7,90
		AB 50	7,87	1,89	4,41	4,31	1,14	5,11	6,59
		AB 100	4,80	0,13	2,35	2,40	0,88	3,02	3,65
		DA 100	9,99	3,58	6,05	5,91	1,25	6,86	8,48
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	12,38	4,65	8,33	8,32	1,42	9,28	10,81
		AB 50	10,75	4,11	7,33	7,25	1,27	8,17	9,47
		AB 100	8,11	2,30	5,07	5,05	1,05	5,70	6,81
		DA 100	11,82	5,46	8,29	8,19	1,27	9,22	10,68

Tab. 16: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w (Fortsetzung)

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (283)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,00	-1,98	3,41	3,16	2,18	4,82	7,37
		AB 30	10,93	0,57	3,92	3,48	2,02	5,42	7,60
		AB 50	9,65	0,33	3,40	2,93	1,83	4,69	6,81
		AB 100	7,17	-1,98	1,63	1,35	1,63	2,89	4,46
		DA 100	11,00	-1,98	3,25	3,05	2,20	4,64	7,24
	freie Ausbreitung	AB 30	6,63	0,57	2,63	2,49	1,03	3,31	4,49
		AB 50	5,83	0,33	2,26	2,14	0,89	2,84	3,88
		AB 100	4,39	-1,98	0,67	0,68	1,01	1,26	2,41
		DA 100	8,42	0,70	3,85	3,67	1,17	4,62	5,91
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	10,93	1,97	5,86	5,92	1,53	6,93	8,35
		AB 50	9,65	1,98	5,26	5,30	1,39	6,26	7,52
		AB 100	7,17	0,88	3,32	3,29	1,04	4,00	5,10
DA 100		11,00	2,30	6,37	6,56	1,59	7,50	8,76	
Verbundfenster (24)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,19	-2,04	4,68	4,64	2,85	7,07	9,11
		AB 30	11,19	1,64	5,68	5,30	2,38	7,93	9,58
		AB 50	9,59	1,04	4,67	4,16	2,24	6,96	8,25
		AB 100	7,13	-2,04	1,92	1,27	2,28	4,31	5,74
		DA 100	10,92	-2,04	4,37	4,47	2,92	6,73	8,92
	freie Ausbreitung	AB 30	7,39	1,64	3,99	3,91	1,21	4,95	5,96
		AB 50	6,07	1,04	3,10	2,94	1,05	3,90	4,84
		AB 100	3,07	-2,04	0,38	0,33	1,01	1,11	2,14
		DA 100	8,75	3,73	5,49	5,43	1,08	6,30	7,32
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	11,19	5,48	8,22	8,20	1,08	8,99	9,87
		AB 50	9,59	4,83	7,21	7,25	0,98	7,92	8,70
		AB 100	7,13	2,07	4,61	4,63	1,08	5,38	6,22
DA 100		10,92	6,80	8,65	8,65	0,81	9,23	10,06	

Tab. 17: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 3 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (341)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	10,74	-1,41	3,55	3,32	1,92	4,81	7,05
		AB 30	10,74	0,75	4,02	3,67	1,81	5,25	7,44
		AB 50	9,24	0,97	3,50	3,10	1,61	4,57	6,56
		AB 100	6,80	-1,41	2,00	1,69	1,38	2,94	4,61
		DA 100	10,49	-1,41	3,40	3,20	1,93	4,67	6,89
	freie Ausbreitung	AB 30	7,57	0,75	2,90	2,77	0,99	3,50	4,76
		AB 50	6,37	0,97	2,52	2,39	0,84	3,01	4,12
		AB 100	5,29	-1,41	1,21	1,13	0,83	1,65	2,63
		DA 100	8,61	1,26	3,95	3,85	1,08	4,61	5,93
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	10,74	2,19	5,71	5,60	1,42	6,63	8,23
		AB 50	9,24	1,95	5,08	4,99	1,26	5,90	7,38
		AB 100	6,80	1,08	3,37	3,29	1,02	4,05	5,18
		DA 100	10,49	2,48	6,15	6,04	1,38	7,07	8,65
Verbundfenster (47)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	11,62	-1,30	4,94	4,82	2,46	6,77	9,01
		AB 30	11,62	2,12	5,83	5,48	2,10	7,53	9,50
		AB 50	10,19	1,38	4,91	4,42	1,94	6,54	8,31
		AB 100	7,38	-1,30	2,58	2,17	1,88	4,26	5,81
		DA 100	11,13	-1,30	4,65	4,63	2,50	6,50	8,81
	freie Ausbreitung	AB 30	8,15	2,12	4,40	4,31	1,12	5,14	6,39
		AB 50	6,96	1,38	3,61	3,53	0,94	4,23	5,24
		AB 100	4,44	-1,30	1,37	1,41	0,97	2,07	2,97
		DA 100	9,27	3,35	5,59	5,53	1,13	6,35	7,59
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	11,62	5,08	7,96	7,92	1,26	8,84	10,13
		AB 50	10,19	4,34	7,02	7,00	1,12	7,82	8,95
		AB 100	7,38	2,33	4,70	4,69	1,00	5,41	6,28
		DA 100	11,13	5,43	8,27	8,29	1,11	9,09	10,12

Tab. 18: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 4 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (87)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	10,20	-0,48	3,86	3,70	1,81	5,09	7,03
		AB 30	10,20	1,20	4,37	4,07	1,67	5,57	7,39
		AB 50	8,75	1,18	3,80	3,48	1,48	4,89	6,54
		AB 100	6,44	-0,48	2,30	2,14	1,30	3,18	4,61
		DA 100	9,72	-0,48	3,70	3,56	1,82	4,95	6,89
	freie Ausbreitung	AB 30	7,48	1,20	3,32	3,27	0,95	3,92	4,94
		AB 50	6,29	1,18	2,89	2,85	0,79	3,39	4,27
		AB 100	3,83	-0,48	1,55	1,53	0,79	2,15	2,85
		DA 100	8,26	2,23	4,35	4,25	0,97	4,94	6,08
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	10,20	3,05	5,93	5,89	1,25	6,78	8,10
		AB 50	8,75	2,67	5,28	5,24	1,11	6,00	7,25
		AB 100	6,44	1,22	3,61	3,63	0,92	4,25	5,16
		DA 100	9,72	3,32	6,29	6,26	1,18	7,10	8,31

Tab. 19: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 5 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Verbundfenster (26)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	13,33	-0,34	4,99	4,90	2,55	6,75	9,35
		AB 30	13,33	2,03	5,87	5,62	2,26	7,43	9,94
		AB 50	11,67	1,77	5,03	4,60	2,03	6,50	8,79
		AB 100	9,13	-0,34	2,57	1,96	1,87	3,86	6,07
		DA 100	12,96	-0,34	4,71	4,64	2,58	6,56	9,13
	freie Ausbreitung	AB 30	9,64	2,03	4,50	4,30	1,38	5,39	7,04
		AB 50	8,25	1,77	3,78	3,62	1,08	4,47	5,70
		AB 100	5,03	-0,34	1,39	1,34	0,80	1,84	2,82
		DA 100	10,88	3,21	5,75	5,56	1,32	6,59	8,12
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	13,33	4,32	7,92	7,83	1,72	9,12	10,78
		AB 50	11,67	3,80	7,06	6,97	1,51	8,15	9,52
		AB 100	9,13	1,98	4,64	4,57	1,32	5,55	6,69
		DA 100	12,96	5,10	8,23	8,17	1,53	9,23	10,77

Tab. 19: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 5 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w (Fortsetzung)

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Verbundfenster (18)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	12,38	0,42	5,63	5,51	2,18	7,25	9,30
		AB 30	12,38	3,47	6,63	6,45	1,91	8,04	9,94
		AB 50	10,75	2,56	5,63	5,32	1,75	6,98	8,76
		AB 100	8,11	0,42	3,48	3,13	1,51	4,74	6,18
		DA 100	11,65	0,42	5,31	5,24	2,17	6,93	8,93
	freie Ausbreitung	AB 30	9,20	3,47	5,44	5,28	1,22	6,13	7,93
		AB 50	7,87	2,56	4,55	4,42	1,05	5,17	6,68
		AB 100	4,80	0,42	2,52	2,53	0,76	3,07	3,70
		DA 100	9,99	4,11	6,14	6,00	1,16	6,87	8,48
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	12,38	5,90	8,41	8,37	1,26	9,25	10,73
		AB 50	10,75	5,11	7,39	7,33	1,13	8,16	9,31
		AB 100	8,11	3,32	5,15	5,15	0,92	5,70	6,67
		DA 100	11,65	6,08	8,30	8,22	1,12	9,17	10,17
Kastfenster (3)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	12,14	0,13	4,88	4,53	2,72	6,53	10,32
		AB 30	12,14	2,33	5,74	5,43	2,51	7,27	10,81
		AB 50	10,72	1,89	4,89	4,45	2,27	6,17	9,91
		AB 100	7,99	0,13	2,50	1,78	1,96	3,86	7,02
		DA 100	11,82	0,13	4,60	4,25	2,73	6,43	9,91
	freie Ausbreitung	AB 30	8,43	2,33	4,34	3,93	1,61	5,24	7,62
		AB 50	7,25	1,89	3,59	3,31	1,30	4,16	6,15
		AB 100	3,75	0,13	1,28	1,18	0,76	1,66	2,99
		DA 100	9,70	3,58	5,54	5,04	1,62	6,55	8,92
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	12,14	4,65	7,85	7,25	2,09	9,82	11,96
		AB 50	10,72	4,11	7,01	6,36	1,88	8,89	10,60
		AB 100	7,99	2,30	4,64	4,19	1,55	5,97	7,83
		DA 100	11,82	5,46	8,21	7,63	1,93	10,30	11,74

Tab. 20: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 6 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w

Aufgrund der verhältnismäßig hohen Abweichungen zwischen verschiedenen Fenstern erfolgt die Bewertung im Anschluss in gleicher Weise, jedoch unter Beachtung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr,50-3150}$. Ziel dieser geänderten Auswertung ist es, eine genauere Anpassung der Bewertungskurven zu erhalten. Dies wäre der Fall, wenn die Schalldämm-Maße der Fenster in Bezug auf Straßenver-

kehr im Mittel mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ genauer beschrieben wären als mit R_w alleine.

Die Tabelle 21 weist die Abweichungen nach Schallschutzklasse bei Beachtung der Spektrum-Anpassungswerte aus, wie dies bei Tabelle 16 ohne Spektrum-Anpassungswerte der Fall ist. Tabelle 22 bis Tabelle 25 unterscheiden sich entsprechend von Tabelle 17 bis Tabelle 20.

SSK	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
2	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	2,66	-9,61	-2,38	-2,30	2,87	0,07	1,86
		AB 30	2,64	-6,23	-1,66	-1,80	2,44	0,69	2,02
		AB 50	1,71	-6,69	-2,31	-2,53	2,35	0,06	1,12
		AB 100	1,09	-9,61	-4,91	-5,58	2,61	-2,42	-0,79
		DA 100	2,66	-9,61	-2,61	-2,45	2,95	-0,12	1,70
	freie Ausbreitung	AB 30	0,59	-6,23	-3,36	-3,37	1,50	-2,12	-0,60
		AB 50	0,84	-6,69	-3,85	-4,03	1,51	-2,76	-0,78
		AB 100	0,65	-9,61	-6,40	-6,75	1,97	-5,72	-1,17
		DA 100	1,54	-3,98	-1,67	-1,51	1,19	-0,63	0,07
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	2,64	-1,37	0,88	0,91	0,88	1,39	2,27
		AB 50	1,71	-2,06	0,20	0,30	0,84	0,82	1,31
		AB 100	1,09	-5,07	-2,31	-2,28	1,13	-1,50	-0,38
DA 100		2,66	-0,16	1,48	1,54	0,64	1,99	2,41	
3	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	3,11	-9,26	-1,75	-1,64	2,21	0,00	1,53
		AB 30	3,11	-5,70	-1,24	-1,26	1,95	0,51	1,69
		AB 50	1,89	-6,32	-1,76	-1,72	1,86	-0,08	0,91
		AB 100	0,80	-9,26	-3,52	-3,20	2,09	-1,80	-0,57
		DA 100	2,95	-9,26	-1,92	-1,75	2,26	-0,17	1,47
	freie Ausbreitung	AB 30	1,41	-5,70	-2,52	-2,42	1,34	-1,58	-0,31
		AB 50	0,87	-6,32	-2,89	-2,87	1,37	-1,93	-0,60
		AB 100	0,80	-9,26	-4,47	-4,73	1,94	-3,00	-1,04
		DA 100	1,90	-4,31	-1,32	-1,24	1,03	-0,50	0,21
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	3,11	-1,68	0,69	0,69	0,81	1,20	2,03
		AB 50	1,89	-2,84	0,07	0,13	0,77	0,63	1,16
		AB 100	0,80	-5,00	-1,85	-1,78	1,03	-1,17	-0,20
DA 100		2,95	-1,12	1,18	1,26	0,70	1,71	2,25	
4	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	6,47	-8,87	-1,17	-1,17	1,93	0,28	1,80
		AB 30	6,47	-5,47	-0,70	-0,79	1,73	0,72	1,99
		AB 50	5,02	-6,17	-1,23	-1,25	1,64	0,09	1,19
		AB 100	2,71	-8,87	-2,71	-2,57	1,70	-1,43	-0,23
		DA 100	5,82	-8,87	-1,32	-1,28	1,97	0,11	1,72
	freie Ausbreitung	AB 30	3,75	-5,47	-1,80	-1,79	1,18	-1,06	0,17
		AB 50	2,56	-6,17	-2,19	-2,17	1,20	-1,37	-0,27
		AB 100	0,10	-8,87	-3,49	-3,38	1,52	-2,46	-1,15
DA 100	4,53	-3,91	-0,76	-0,77	1,06	-0,04	0,92		

Tabelle 21: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$

SSK	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]							
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %	
4	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	6,47	-1,32	0,96	0,88	0,92	1,53	2,46	
		AB 50	5,02	-2,24	0,33	0,37	0,87	0,88	1,64	
		AB 100	2,71	-5,05	-1,36	-1,35	1,00	-0,71	0,21	
		DA 100	5,82	-1,19	1,39	1,40	0,79	1,88	2,57	
5	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	4,24	-10,67	-1,92	-1,65	2,57	-0,02	1,79	
		AB 30	4,24	-6,80	-1,29	-1,23	2,12	0,40	1,98	
		AB 50	3,30	-7,94	-1,92	-1,71	2,18	-0,23	1,21	
		AB 100	1,25	-10,67	-3,98	-3,55	2,51	-1,96	-0,47	
		DA 100	4,02	-10,67	-2,12	-1,79	2,66	-0,19	1,70	
	freie Ausbreitung	AB 30	2,03	-6,80	-2,61	-2,46	1,51	-1,53	-0,31	
		AB 50	1,11	-7,94	-3,11	-2,93	1,75	-1,72	-0,47	
		AB 100	0,07	-10,67	-5,07	-5,05	2,33	-3,11	-1,48	
		DA 100	2,72	-5,54	-1,27	-1,11	1,45	-0,23	0,93	
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	4,24	-2,60	0,70	0,67	1,10	1,41	2,61	
		AB 50	3,30	-3,99	0,02	0,11	1,19	0,82	1,87	
		AB 100	1,25	-6,88	-2,07	-1,90	1,44	-1,00	-0,09	
		DA 100	4,02	-1,90	1,20	1,26	1,02	1,85	2,90	
	6	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	5,43	-9,39	-1,35	-1,28	2,64	0,59	2,77
			AB 30	5,43	-5,89	-0,47	-0,57	2,26	1,26	3,24
			AB 50	4,00	-6,86	-1,37	-1,53	2,16	0,28	2,29
AB 100			1,38	-9,39	-3,72	-3,82	2,27	-1,93	-0,11	
DA 100			4,94	-9,39	-1,63	-1,50	2,69	0,34	2,62	
freie Ausbreitung		AB 30	2,51	-5,89	-1,86	-1,92	1,53	-0,81	0,72	
		AB 50	1,30	-6,86	-2,63	-2,54	1,48	-1,60	-0,37	
		AB 100	-0,86	-9,39	-4,91	-4,77	1,74	-3,80	-2,05	
		DA 100	3,08	-4,63	-0,62	-0,52	1,41	0,33	1,65	
abgeschirmte Ausbreitung		AB 30	5,43	-1,96	1,63	1,53	1,40	2,56	4,11	
		AB 50	4,00	-3,26	0,70	0,70	1,34	1,59	2,79	
		AB 100	1,38	-6,09	-1,62	-1,45	1,39	-0,63	0,41	
		DA 100	4,94	-1,30	1,94	1,90	1,18	2,70	3,92	

Tab. 21: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ (Fortsetzung)

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (283)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	3,11	-9,26	-1,77	-1,67	2,22	-0,01	1,54
		AB 30	3,11	-5,70	-1,25	-1,28	1,95	0,50	1,69
		AB 50	1,89	-6,32	-1,78	-1,75	1,86	-0,09	0,91
		AB 100	0,80	-9,26	-3,54	-3,23	2,07	-1,82	-0,64
		DA 100	2,95	-9,26	-1,93	-1,77	2,27	-0,18	1,48
	freie Ausbreitung	AB 30	1,41	-5,70	-2,54	-2,44	1,32	-1,60	-0,39
		AB 50	0,77	-6,32	-2,91	-2,88	1,35	-1,95	-0,68
		AB 100	0,69	-9,26	-4,50	-4,75	1,90	-3,04	-1,20
		DA 100	1,90	-4,31	-1,32	-1,25	1,04	-0,50	0,22
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	3,11	-1,68	0,68	0,69	0,82	1,21	2,04
		AB 50	1,89	-2,84	0,07	0,13	0,77	0,63	1,16
		AB 100	0,80	-5,00	-1,87	-1,79	1,01	-1,19	-0,27
		DA 100	2,95	-1,12	1,20	1,27	0,69	1,72	2,25

Tab. 22: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 3 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Verbundfenster (24)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	2,52	-8,05	-1,60	-1,31	2,17	0,08	1,44
		AB 30	2,34	-5,11	-1,07	-0,92	1,93	0,65	1,62
		AB 50	1,39	-5,67	-1,62	-1,40	1,85	0,03	0,85
		AB 100	0,80	-8,05	-3,19	-2,79	2,24	-1,32	0,06
		DA 100	2,52	-8,05	-1,77	-1,41	2,21	-0,11	1,37
	freie Ausbreitung	AB 30	1,41	-5,11	-2,25	-2,27	1,53	-1,33	0,48
		AB 50	0,87	-5,67	-2,66	-2,76	1,54	-1,51	-0,09
		AB 100	0,80	-8,05	-4,07	-4,47	2,24	-2,44	-0,12
		DA 100	0,67	-3,66	-1,29	-1,11	0,98	-0,49	0,09
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	2,34	-1,27	0,70	0,72	0,75	1,17	1,95
		AB 50	1,39	-2,05	0,07	0,14	0,72	0,58	1,15
		AB 100	0,76	-4,63	-1,66	-1,65	1,15	-0,90	0,15
		DA 100	2,52	-0,58	1,03	1,17	0,78	1,65	2,13

Tab. 22: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 3 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ (Fortsetzung)

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (341)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	6,47	-8,87	-1,14	-1,14	1,91	0,30	1,80
		AB 30	6,47	-5,47	-0,67	-0,76	1,72	0,72	1,99
		AB 50	5,02	-6,17	-1,20	-1,21	1,62	0,10	1,21
		AB 100	2,71	-8,87	-2,67	-2,52	1,68	-1,41	-0,20
		DA 100	5,82	-8,87	-1,29	-1,25	1,94	0,12	1,72
	freie Ausbreitung	AB 30	3,75	-5,47	-1,76	-1,75	1,17	-1,03	0,20
		AB 50	2,56	-6,17	-2,14	-2,13	1,19	-1,32	-0,25
		AB 100	0,10	-8,87	-3,43	-3,34	1,50	-2,41	-1,12
		DA 100	4,53	-3,91	-0,73	-0,72	1,05	-0,02	0,93
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	6,47	-1,32	0,96	0,88	0,93	1,53	2,47
		AB 50	5,02	-2,24	0,34	0,39	0,87	0,89	1,64
		AB 100	2,71	-5,05	-1,33	-1,32	0,99	-0,66	0,21
		DA 100	5,82	-1,19	1,39	1,40	0,79	1,89	2,58
Verbundfenster (47)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	4,24	-8,23	-1,39	-1,42	2,06	0,21	1,80
		AB 30	4,24	-5,16	-0,87	-0,99	1,84	0,72	1,97
		AB 50	3,11	-5,69	-1,45	-1,55	1,74	0,05	1,12
		AB 100	1,36	-8,23	-3,06	-2,96	1,81	-1,60	-0,55
		DA 100	3,93	-8,23	-1,55	-1,52	2,10	0,06	1,70
	freie Ausbreitung	AB 30	1,61	-5,16	-2,07	-2,03	1,22	-1,32	-0,04
		AB 50	0,86	-5,69	-2,50	-2,45	1,23	-1,72	-0,34
		AB 100	-0,53	-8,23	-3,92	-3,72	1,57	-2,90	-1,31
		DA 100	2,61	-3,49	-0,94	-1,00	1,07	-0,27	0,91
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	4,24	-1,05	0,92	0,87	0,92	1,54	2,42
		AB 50	3,11	-1,95	0,26	0,24	0,88	0,79	1,62
		AB 100	1,36	-4,65	-1,54	-1,50	1,02	-0,93	0,34
		DA 100	3,93	-0,46	1,39	1,40	0,75	1,86	2,55

Tab. 23: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 4 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Einfachfenster (87)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	4,17	-10,67	-1,79	-1,50	2,50	0,03	1,80
		AB 30	4,17	-6,80	-1,21	-1,17	2,06	0,39	1,97
		AB 50	3,30	-7,94	-1,78	-1,52	2,12	-0,17	1,23
		AB 100	1,25	-10,67	-3,76	-3,21	2,48	-1,79	-0,37
		DA 100	4,02	-10,67	-1,97	-1,61	2,59	-0,12	1,71
	freie Ausbreitung	AB 30	1,93	-6,80	-2,49	-2,32	1,49	-1,41	-0,24
		AB 50	1,03	-7,94	-2,93	-2,69	1,73	-1,54	-0,40
		AB 100	0,07	-10,67	-4,80	-4,62	2,36	-2,80	-1,30
		DA 100	2,66	-5,54	-1,15	-0,94	1,41	-0,12	0,88
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	4,17	-2,60	0,71	0,66	1,09	1,39	2,67
		AB 50	3,30	-3,99	0,08	0,19	1,15	0,85	1,86
		AB 100	1,25	-6,88	-1,94	-1,68	1,41	-0,89	-0,07
DA 100		4,02	-1,90	1,24	1,31	1,00	1,88	2,86	
Verbundfenster (26)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	4,24	-10,52	-2,36	-2,27	2,73	-0,24	1,77
		AB 30	4,24	-6,65	-1,55	-1,67	2,28	0,42	2,00
		AB 50	3,30	-7,82	-2,36	-2,37	2,30	-0,42	1,19
		AB 100	1,03	-10,52	-4,72	-4,34	2,46	-2,84	-1,00
		DA 100	3,81	-10,52	-2,62	-2,51	2,81	-0,44	1,64
	freie Ausbreitung	AB 30	2,03	-6,65	-3,03	-2,91	1,53	-1,97	-0,49
		AB 50	1,11	-7,82	-3,71	-3,76	1,68	-2,56	-0,96
		AB 100	-1,45	-10,52	-5,97	-6,17	2,00	-4,16	-2,76
		DA 100	2,72	-5,44	-1,68	-1,72	1,50	-0,71	1,04
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	4,24	-2,40	0,67	0,71	1,15	1,47	2,37
		AB 50	3,30	-3,81	-0,18	-0,17	1,28	0,61	2,03
		AB 100	1,03	-6,69	-2,52	-2,51	1,43	-1,53	-0,25
DA 100		3,81	-1,75	1,09	1,10	1,06	1,79	2,96	

Tab. 24: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 5 nach Fenstertyp Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Verbundfenster (18)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	5,43	-9,03	-1,24	-1,18	2,54	0,62	2,76
		AB 30	5,43	-4,95	-0,41	-0,54	2,20	1,26	3,23
		AB 50	4,00	-5,89	-1,27	-1,47	2,07	0,33	2,29
		AB 100	1,38	-9,03	-3,52	-3,57	2,16	-1,82	-0,08
		DA 100	4,94	-9,03	-1,51	-1,45	2,59	0,38	2,58
	freie Ausbreitung	AB 30	2,51	-4,95	-1,78	-1,89	1,48	-0,80	0,80
		AB 50	1,30	-5,89	-2,50	-2,48	1,39	-1,58	-0,20
		AB 100	-0,86	-9,03	-4,67	-4,55	1,66	-3,57	-1,99
		DA 100	3,08	-3,72	-0,54	-0,46	1,33	0,35	1,69
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	5,43	-1,52	1,63	1,52	1,36	2,49	4,12
		AB 50	4,00	-2,42	0,73	0,70	1,27	1,57	2,79
		AB 100	1,38	-5,22	-1,51	-1,44	1,31	-0,61	0,52
DA 100		4,94	-0,52	1,96	1,88	1,12	2,67	4,04	

Tab. 25: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 6 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$

Typ	Transmission	Emission	Abweichung des errechneten Innenpegels [dB]						
			max.	min.	Mittelwert	Median	Sigma	75 %	95 %
Kastenfenster (3)	freie und abgeschirmte Ausbreitung	alle	4,39	-9,39	-1,96	-1,62	3,10	0,25	2,94
		AB 30	4,39	-5,89	-0,79	-0,89	2,58	1,32	3,61
		AB 50	2,94	-6,86	-1,93	-2,28	2,55	-0,21	2,41
		AB 100	0,21	-9,39	-4,88	-5,23	2,53	-3,24	-0,43
		DA 100	3,96	-9,39	-2,34	-2,28	3,16	-0,02	2,74
	freie Ausbreitung	AB 30	0,79	-5,89	-2,37	-2,38	1,73	-1,10	0,46
		AB 50	-0,40	-6,86	-3,41	-3,29	1,72	-2,28	-0,62
		AB 100	-3,81	-9,39	-6,37	-6,05	1,53	-5,24	-3,90
		DA 100	1,93	-4,63	-1,14	-0,99	1,71	0,24	1,68
	abgeschirmte Ausbreitung	AB 30	4,39	-1,96	1,59	1,81	1,64	2,80	4,28
		AB 50	2,94	-3,26	0,48	0,84	1,68	1,93	2,86
		AB 100	0,21	-6,09	-2,27	-2,00	1,66	-0,80	0,15
		DA 100	3,96	-1,30	1,81	2,20	1,49	3,07	3,89

Tab. 25: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 6 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ (Fortsetzung)

6.2 Bewertung der Innenraumpegel, basierend auf R_w

Der Korrektursummand E der Tabelle 2 der 24. BImSchV dient der Sicherstellung ausreichenden Schallschutzes der Außenbauteile von Gebäuden an Verkehrswegen. Aus den vorhergehenden Arbeitsschritten ergibt sich, dass die „korrekten“ Werte je nach Emissionssituation, Ausbreitungsbedingungen und Fensterkonstruktion stark voneinander abweichen.

Wird auf den Medianwert abgestellt, so wird mit dem erhaltenen E angepeilt, in 50 % der Fälle die angestrebten Innenpegel zu erreichen. Die dafür erforderlichen Korrektursummanden E sind

- zusammengefasst,
- getrennt nach Emissionsspektrum und
- unterschieden nach freier und abgeschirmter Ausbreitung

Tabelle 26 zu entnehmen.

Vergleicht man die Korrektursummanden E, die sich aus dem Median ergeben und damit in 50 % aller Fälle den angestrebten Innenpegel sicherstellen, so lassen sich mehrere Erkenntnisse gewinnen:

- Je nach Situation ist für die Einhaltung der angestrebten Innenpegel in 50 % aller Situationen ein Korrektursummand E von 0,5 dB bis 8,6 dB erforderlich.

- Der Vorteil von 3 dB, den Außerortsstraßen in der 24. BImSchV gegenüber Innerstädtischen Straßen haben, ist erkennbar. Er ist aber nur anzusetzen, wenn die Außerortsstraße keinen offenen Asphalt hat. Außerortsstraßen mit offenporigem Asphalt sind in diesem Zusammenhang eher wie Innerortsstraßen zu bewerten.
- Bei freier Schallausbreitung ist mit 2 bis 5 dB niedrigeren Innenpegeln (und damit Korrektursummanden E) zu rechnen, als dies in abgeschirmten Situationen (Lärmschutzwand oder Gebäuderückseite) bei gleichem, A-bewerteten Schallpegel außen am Fenster der Fall ist. Die größten Unterschiede fallen bei geringer Schallschutzklasse und geringer Geschwindigkeit an. Lärmarmen Asphalt außerorts führt zu etwas geringeren Unterschieden. Ab Schallschutzklasse 4 ist mit einem Unterschied von ca. 2 – 3,5 dB zu rechnen. Die höchsten Unterschiede ergeben sich bei der Schallschutzklasse 2.
- Zu Kastenfenstern liegen zu wenige Messwerte vor, um getrennt Aussagen treffen zu können.
- Verbundfenster führen (bei gleichem Schalldämm-Maß) bei freier Schallausbreitung zu etwa 1 dB höheren Innenpegeln als Einfachfenster. In abgeschirmten Situationen sind etwa 2 dB höhere Innenpegel zu erwarten. Bei lärmarmen Asphalten ist der Unterschied jeweils 1 dB geringer.
- Schallschutzklasse 6 scheint generell zu etwa 2 dB höheren Innenpegeln zu führen. Da keine Einfachfenster mit Schallschutzklasse 6 in den

Datensätzen vertreten sind, ist dies zumindest zum Teil auf die Bauform als Verbundfenster zurückzuführen (siehe vorheriger Punkt). Dieser Unterschied ist in abgeschirmten Situationen eher etwas über 2 dB, bei freier Ausbreitung etwas unter 2 dB.

Da die Differenzen von der Normalverteilung nicht unerheblich abweichen, empfiehlt es sich, von einer Bewertung auf Basis der Standardabweichung abzusehen.

Es wird daher im Sinne des Schutzzieles der 24. BImSchV angestrebt, dass 95 % aller Fälle den gewünschten Innenpegel einhalten. Somit ist das 95 %-Perzentil der Differenzen zwischen spektral und A-bewertet berechnetem Innenpegel als Korrektursummand E heranzuziehen.

Die sich daraus ergebenden Korrektursummanden E liegen zwischen 1,6 dB und 10,8 dB und sind Tabelle 27 zu entnehmen.

Ein Vergleich der Korrektursummanden E zwischen Median und 95 %-Perzentil auf Basis des Schalldämm-Maßes R_w der Fenster zeigt auf, dass im Mittel ein etwa 4 dB höherer Korrektursummand E erforderlich ist, um 95 % aller Fälle ausreichend zu schützen. Die genauen Differenzen sind in Tabelle 28 zusammengestellt.

Um den angestrebten Innenpegel nicht nur in 50 % aller Fälle, sondern in 95 % aller Fälle sicher zu stellen, ist damit, bezogen auf die freie wie auch die abgeschirmte Ausbreitung, ein ca. 2 dB höherer Korrektursummand erforderlich. Bezogen auf die bezüglich der Ausbreitungsbedingungen zusammen-

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	3,4	3,2	3,5	3,9	5,4	3,4	3,2	3,3	3,7	4,6	4,8	4,9	5,5
	AB 30	3,9	3,6	3,9	4,3	6,3	3,9	3,5	3,7	4,1	5,3	5,5	5,6	6,4
	AB 50	3,1	3,0	3,3	3,7	5,2	3,1	2,9	3,1	3,5	4,2	4,4	4,6	5,3
	AB 100	0,7	1,3	1,7	2,1	3,1	0,7	1,3	1,7	2,1	1,3	2,2	2,0	3,1
	DA 100	3,3	3,1	3,3	3,8	5,2	3,3	3,0	3,2	3,6	4,5	4,6	4,6	5,2
freie Ausbr.	AB 30	2,5	2,6	2,9	3,4	5,1	2,5	2,5	2,8	3,3	3,9	4,3	4,3	5,3
	AB 50	2,0	2,2	2,5	3,0	4,3	2,0	2,1	2,4	2,9	2,9	3,5	3,6	4,4
	AB 100	-0,5	0,7	1,1	1,5	2,4	-0,5	0,7	1,1	1,5	0,3	1,4	1,3	2,5
	DA 100	4,2	3,8	4,0	4,5	5,9	4,2	3,7	3,8	4,3	5,4	5,5	5,6	6,0
abgeschirmt	AB 30	7,1	6,1	5,8	6,2	8,3	7,1	5,9	5,6	5,9	8,2	7,9	7,8	8,4
	AB 50	6,4	5,4	5,2	5,5	7,3	6,4	5,3	5,0	5,2	7,2	7,0	7,0	7,3
	AB 100	3,8	3,4	3,4	3,8	5,1	3,8	3,3	3,3	3,6	4,6	4,7	4,6	5,1
	DA 100	7,7	6,7	6,3	6,6	8,2	7,7	6,6	6,0	6,3	8,6	8,3	8,2	8,2

Tab. 26: Median der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	8,2	7,6	7,5	7,8	9,4	8,2	7,4	7,0	7,0	9,1	9,0	9,3	9,3
	AB 30	8,5	7,9	8,0	8,3	10,0	8,5	7,6	7,4	7,4	9,6	9,5	9,9	9,9
	AB 50	7,5	7,0	7,0	7,3	8,8	7,5	6,8	6,6	6,5	8,3	8,3	8,8	8,8
	AB 100	4,9	4,6	4,9	5,1	6,3	4,9	4,5	4,6	4,6	5,7	5,8	6,1	6,2
	DA 100	8,1	7,5	7,3	7,6	9,0	8,1	7,2	6,9	6,9	8,9	8,8	9,1	8,9
freie Ausbr.	AB 30	4,9	4,8	5,2	5,8	7,9	4,9	4,5	4,8	4,9	6,0	6,4	7,0	7,9
	AB 50	4,2	4,0	4,4	4,8	6,6	4,2	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,7	6,7
	AB 100	1,6	2,4	2,7	2,8	3,7	1,6	2,4	2,6	2,9	2,1	3,0	2,8	3,7
	DA 100	6,4	6,2	6,4	7,0	8,5	6,4	5,9	5,9	6,1	7,3	7,6	8,1	8,5
abgeschirmt	AB 30	9,0	8,8	8,9	9,4	10,8	9,0	8,4	8,2	8,1	9,9	10,1	10,8	10,7
	AB 50	8,1	7,9	7,9	8,4	9,5	8,1	7,5	7,4	7,2	8,7	9,0	9,5	9,3
	AB 100	5,5	5,4	5,5	5,8	6,8	5,5	5,1	5,2	5,2	6,2	6,3	6,7	6,7
	DA 100	9,4	9,1	9,1	9,5	10,7	9,4	8,8	8,6	8,3	10,1	10,1	10,8	10,2

Tab. 27: 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	4,8	4,4	4,0	3,9	4,0	4,8	4,2	3,7	3,3	4,5	4,2	4,4	3,8
	AB 30	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	4,5	4,1	3,8	3,3	4,3	4,0	4,3	3,5
	AB 50	4,4	4,1	3,7	3,7	3,6	4,4	3,9	3,5	3,1	4,1	3,9	4,2	3,4
	AB 100	4,3	3,2	3,1	2,9	3,2	4,3	3,1	2,9	2,5	4,5	3,6	4,1	3,1
	DA 100	4,8	4,4	4,0	3,9	3,9	4,8	4,2	3,7	3,3	4,4	4,2	4,5	3,7
freie Ausbr.	AB 30	2,4	2,2	2,3	2,3	2,8	2,4	2,0	2,0	1,7	2,1	2,1	2,7	2,6
	AB 50	2,2	1,8	1,9	1,8	2,3	2,2	1,7	1,7	1,4	1,9	1,7	2,1	2,3
	AB 100	2,1	1,7	1,5	1,4	1,3	2,1	1,7	1,5	1,3	1,8	1,6	1,5	1,2
	DA 100	2,2	2,4	2,4	2,5	2,6	2,2	2,2	2,1	1,8	1,9	2,1	2,6	2,5
abgeschirmt	AB 30	1,9	2,7	3,0	3,2	2,5	1,9	2,4	2,6	2,2	1,7	2,2	2,9	2,4
	AB 50	1,7	2,4	2,7	2,9	2,2	1,7	2,2	2,4	2,0	1,5	2,0	2,5	2,0
	AB 100	1,7	2,0	2,1	2,0	1,8	1,7	1,8	1,9	1,5	1,6	1,6	2,1	1,5
	DA 100	1,7	2,4	2,9	2,9	2,5	1,7	2,2	2,6	2,1	1,4	1,8	2,6	2,0

Tab. 28: Differenz zwischen Median und 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	-2,3	-1,6	-1,2	-1,6	-1,3	-2,3	-1,7	-1,1	-1,5	-1,3	-1,4	-2,3	-1,2
	AB 30	-1,8	-1,3	-0,8	-1,2	-0,6	-1,8	-1,3	-0,8	-1,2	-0,9	-1,0	-1,7	-0,5
	AB 50	-2,5	-1,7	-1,3	-1,7	-1,5	-2,5	-1,7	-1,2	-1,5	-1,4	-1,6	-2,4	-1,5
	AB 100	-5,6	-3,2	-2,6	-3,5	-3,8	-5,6	-3,2	-2,5	-3,2	-2,8	-3,0	-4,3	-3,6
	DA 100	-2,5	-1,8	-1,3	-1,8	-1,5	-2,5	-1,8	-1,3	-1,6	-1,4	-1,5	-2,5	-1,5
freie Ausbr.	AB 30	-3,4	-2,4	-1,8	-2,5	-1,9	-3,4	-2,4	-1,8	-2,3	-2,3	-2,0	-2,9	-1,9
	AB 50	-4,0	-2,9	-2,2	-2,9	-2,5	-4,0	-2,9	-2,1	-2,7	-2,8	-2,5	-3,8	-2,5
	AB 100	-6,8	-4,7	-3,4	-5,0	-4,8	-6,8	-4,7	-3,3	-4,6	-4,5	-3,7	-6,2	-4,6
	DA 100	-1,5	-1,2	-0,8	-1,1	-0,5	-1,5	-1,3	-0,7	-0,9	-1,1	-1,0	-1,7	-0,5
abgeschirmt	AB 30	0,9	0,7	0,9	0,7	1,5	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	1,5
	AB 50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,7	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	-0,2	0,7
	AB 100	-2,3	-1,8	-1,3	-1,9	-1,5	-2,3	-1,8	-1,3	-1,7	-1,6	-1,5	-2,5	-1,4
	DA 100	1,5	1,3	1,4	1,3	1,9	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,1	1,9

Tab. 29: Median der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

gefassten Korrektursummand sind etwa 4 dB mehr erforderlich.

6.3 Bewertung der Innenraumpegel, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

Die Korrektursummanden auf Basis der Schalldämmung R_w fallen mit bis zu 10,8 dB recht hoch aus. Dies ergibt sich insbesondere aus der Tatsache, dass im tieffrequenten Bereich des Spektrums viele Fenster relativ geringe Schalldämm-Maße aufweisen. In diesem Bereich treten jedoch durchaus relevante Schallimmissionen auf. Um dem Rechnung zu tragen, erfolgt die vorherige Betrachtung aus Kapitel 6.2 noch einmal, diesmal unter Anwendung des Anpassungswertes C_{tr} , d. h. auf Basis von $R_w +$

$C_{tr,50-3150}$. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, Fenster zu bevorzugen, die im tieffrequenten Bereich keine besonderen Schwächen aufweisen.

Die Betrachtung der Terzen im Bereich über 3.150 Hz ($C_{tr,50-5000}$) führt aufgrund der hohen Schalldämm-Maße in diesem Bereich in Kombination mit relativ geringen Schallpegeln zu keiner wesentlichen Änderung der Aussagen. Die deutlichen Unterschiede zwischen der Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte und den ermittelten Schallimmissionen vor dem Fenster führt eher zu schlechteren Anpassungen, wenn der Frequenzbereich über 3.150 Hz mit in die Bewertung einbezogen wird.

Tabelle 29 bis Tabelle 31 zeigen die Korrektursummanden E sowie die Differenzen entsprechend den

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	1,9	1,5	1,8	1,8	2,8	1,9	1,5	1,8	1,8	1,4	1,8	1,8	2,8
	AB 30	2,0	1,7	2,0	2,0	3,2	2,0	1,7	2,0	2,0	1,6	2,0	2,0	3,2
	AB 50	1,1	0,9	1,2	1,2	2,3	1,1	0,9	1,2	1,2	0,8	1,1	1,2	2,3
	AB 100	-0,8	-0,6	-0,2	-0,5	-0,1	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	0,1	-0,6	-1,0	-0,1
	DA 100	1,7	1,5	1,7	1,7	2,6	1,7	1,5	1,7	1,7	1,4	1,7	1,6	2,6
freie Ausbr.	AB 30	-0,6	-0,3	0,2	-0,3	0,7	-0,6	-0,4	0,2	-0,2	0,5	0,0	-0,5	0,8
	AB 50	-0,8	-0,6	-0,3	-0,5	-0,4	-0,8	-0,7	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	-1,0	-0,2
	AB 100	-1,2	-1,0	-1,2	-1,5	-2,0	-1,2	-1,2	-1,1	-1,3	-0,1	-1,3	-2,8	-2,0
	DA 100	0,1	0,2	0,9	0,9	1,6	0,1	0,2	0,9	0,9	0,1	0,9	1,0	1,7
abgeschirmt	AB 30	2,3	2,0	2,5	2,6	4,1	2,3	2,0	2,5	2,7	1,9	2,4	2,4	4,1
	AB 50	1,3	1,2	1,6	1,9	2,8	1,3	1,2	1,6	1,9	1,1	1,6	2,0	2,8
	AB 100	-0,4	-0,2	0,2	-0,1	0,4	-0,4	-0,3	0,2	-0,1	0,2	0,3	-0,3	0,5
	DA 100	2,4	2,3	2,6	2,9	3,9	2,4	2,3	2,6	2,9	2,1	2,5	3,0	4,0

Tab. 30: 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	4,2	3,2	3,0	3,4	4,1	4,2	3,2	2,9	3,3	2,7	3,2	4,0	3,9
	AB 30	3,8	2,9	2,8	3,2	3,8	3,8	3,0	2,8	3,1	2,5	3,0	3,7	3,8
	AB 50	3,7	2,6	2,4	2,9	3,8	3,7	2,7	2,4	2,8	2,2	2,7	3,6	3,8
	AB 100	4,8	2,6	2,3	3,1	3,7	4,8	2,6	2,3	2,8	2,8	2,4	3,3	3,5
	DA 100	4,2	3,2	3,0	3,5	4,1	4,2	3,2	3,0	3,3	2,8	3,2	4,2	4,0
freie Ausbr.	AB 30	2,8	2,1	2,0	2,2	2,6	2,8	2,1	1,9	2,1	2,8	2,0	2,4	2,7
	AB 50	3,2	2,3	1,9	2,5	2,2	3,2	2,2	1,9	2,3	2,7	2,1	2,8	2,3
	AB 100	5,6	3,7	2,2	3,6	2,7	5,6	3,6	2,2	3,3	4,4	2,4	3,4	2,6
	DA 100	1,6	1,5	1,7	2,0	2,2	1,6	1,5	1,6	1,8	1,2	1,9	2,8	2,1
abgeschirmt	AB 30	1,4	1,3	1,6	1,9	2,6	1,4	1,3	1,6	2,0	1,2	1,5	1,7	2,6
	AB 50	1,0	1,0	1,3	1,8	2,1	1,0	1,0	1,2	1,7	1,0	1,4	2,2	2,1
	AB 100	1,9	1,6	1,6	1,8	1,9	1,9	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	2,3	2,0
	DA 100	0,9	1,0	1,2	1,6	2,0	0,9	1,0	1,2	1,6	1,0	1,1	1,9	2,2

Tab. 31: Differenz zwischen Median und 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

Tabellen aus dem vorherigen Kapitel 6.2, aber für die Betrachtung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$.

6.4 Standardabweichung σ

Die empirische Standardabweichung wird als Maß herangezogen, wie stark die Streuung der einzelnen Korrektursummanden E ist.

Tabelle 32 zeigt die Standardabweichungen der Korrektursummanden E über alle Fenster bei der Berechnung ohne $C_{tr,50-3150}$. Für abgeschirmte wie für nicht abgeschirmte Situationen ergibt sich eine vergleichbare mittlere Standardabweichung.

Tabelle 33 zeigt die Standardabweichungen der Korrektursummanden E über alle Fenster bei der Berechnung mit $C_{tr,50-3150}$. Für abgeschirmte Situationen ergibt sich eine etwas geringere mittlere Standardabweichung, als für die freie Ausbreitung.

Die mittlere Standardabweichung über alle Situationen ist für beide Berechnungen vergleichbar.

Es zeigt sich, dass durch die Einbeziehung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr,50-3150}$ für die abgeschirmten Situationen eine teilweise etwas geringere Standardabweichung erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere für abgeschirmte Situationen mit Asphaltbeton. Andererseits ist bei freier Ausbreitung eine Erhöhung der Standardabweichung fest-

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	2,9	2,3	2,0	2,1	2,3	2,9	2,2	1,9	1,8	2,9	2,5	2,6	2,2
	AB 30	2,5	2,1	1,9	1,9	2,0	2,5	2,0	1,8	1,7	2,4	2,1	2,3	1,9
	AB 50	2,3	1,9	1,7	1,7	1,9	2,3	1,8	1,6	1,5	2,2	1,9	2,0	1,8
	AB 100	2,3	1,7	1,5	1,5	1,6	2,3	1,6	1,4	1,3	2,3	1,9	1,9	1,5
	DA 100	2,9	2,3	2,1	2,1	2,3	2,9	2,2	1,9	1,8	2,9	2,5	2,6	2,2
freie Ausbr.	AB 30	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,0	1,0	0,9	1,2	1,1	1,4	1,2
	AB 50	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	0,9	0,8	0,8	1,1	0,9	1,1	1,0
	AB 100	1,2	1,0	0,9	0,8	0,9	1,2	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8
	DA 100	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3	1,2
abgeschirmt	AB 30	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,3	1,7	1,3
	AB 50	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,0	1,1	1,5	1,1
	AB 100	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,3	0,9
	DA 100	1,5	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,4	1,2	0,8	1,1	1,5	1,1

Tab. 32: Standardabweichung σ der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	2,9	2,2	1,9	2,6	2,6	2,9	2,2	1,9	2,5	2,2	2,1	2,7	2,5
	AB 30	2,4	1,9	1,7	2,1	2,3	2,4	1,9	1,7	2,1	1,9	1,8	2,3	2,2
	AB 50	2,4	1,9	1,6	2,2	2,2	2,4	1,9	1,6	2,1	1,9	1,7	2,3	2,1
	AB 100	2,6	2,1	1,7	2,5	2,3	2,6	2,1	1,7	2,5	2,2	1,8	2,5	2,2
	DA 100	3,0	2,3	2,0	2,7	2,7	3,0	2,3	1,9	2,6	2,2	2,1	2,8	2,6
freie Ausbr.	AB 30	1,5	1,3	1,2	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5
	AB 50	1,5	1,4	1,2	1,8	1,5	1,5	1,4	1,2	1,7	1,5	1,2	1,7	1,4
	AB 100	2,0	1,9	1,5	2,3	1,7	2,0	1,9	1,5	2,4	2,2	1,6	2,0	1,7
	DA 100	1,2	1,0	1,1	1,4	1,4	1,2	1,0	1,1	1,4	1,0	1,1	1,5	1,3
abgeschirmt	AB 30	0,9	0,8	0,9	1,1	1,4	0,9	0,8	0,9	1,1	0,7	0,9	1,1	1,4
	AB 50	0,8	0,8	0,9	1,2	1,3	0,8	0,8	0,9	1,2	0,7	0,9	1,3	1,3
	AB 100	1,1	1,0	1,0	1,4	1,4	1,1	1,0	1,0	1,4	1,2	1,0	1,4	1,3
	DA 100	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	0,6	0,7	0,8	1,0	0,8	0,7	1,1	1,1

Tab. 33: Standardabweichung σ der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{fr,50-3150}$

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster			
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6
Alle	alle	0,0	-0,1	-0,1	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,7	-0,7	-0,4	0,2	0,4
	AB 30	-0,1	-0,2	-0,2	0,2	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,4	-0,4	-0,3	0,0	0,3
	AB 50	0,0	0,0	-0,1	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	-0,4	-0,2	0,3	0,3
	AB 100	0,3	0,4	0,2	1,1	0,7	0,3	0,4	0,3	1,2	0,0	-0,1	0,6	0,7
	DA 100	0,0	0,0	-0,1	0,6	0,4	0,0	0,1	0,0	0,8	-0,7	-0,4	0,2	0,4
freie Ausbr.	AB 30	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3
	AB 50	0,3	0,4	0,3	0,8	0,3	0,3	0,5	0,4	0,9	0,5	0,3	0,6	0,3
	AB 100	0,8	0,9	0,7	1,5	0,9	0,8	0,9	0,7	1,6	1,2	0,6	1,2	0,9
	DA 100	-0,1	-0,2	-0,2	0,2	0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,4	-0,1	-0,1	0,2	0,2
abgeschirmt	AB 30	-0,7	-0,8	-0,7	-0,5	0,0	-0,7	-0,7	-0,5	-0,2	-0,3	-0,3	-0,6	0,1
	AB 50	-0,6	-0,7	-0,5	-0,2	0,1	-0,6	-0,6	-0,4	0,0	-0,3	-0,2	-0,2	0,1
	AB 100	0,0	-0,1	-0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,1	0,4
	DA 100	-0,9	-1,0	-0,7	-0,5	-0,1	-0,9	-0,9	-0,6	-0,2	0,0	-0,4	-0,5	0,0

Tab. 34: Änderung der Standardabweichungen σ bei Verwendung von $C_{fr,50-3150}$

zustellen die insbesondere bei höheren Schall-dämm-Maßen und höheren Geschwindigkeiten auftreten. Für offenporige Asphalte außerorts ist festzustellen, dass bei freier Schallausbreitung kaum andere Standardabweichungen erreicht werden. Bei abgeschirmten Situationen dagegen ist eine deutliche Verbesserung von bis zu 1 dB feststellbar.

In anderen Fällen, insbesondere bei der Außerortsstraße mit Asphalteton und freier Schallausbreitung ist eine Verschlechterung festzustellen. Der Unterschied ist Tabelle 34 zu entnehmen.

Bei der freien Ausbreitung und damit auch bei der Bewertung aller Situationen zusammen führt die Beachtung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr,50-3150}$ zu einer Erhöhung der Standardabweichung. Kapitel 3.2 hat jedoch aufgezeigt, dass insbesondere in diesen Situationen die zur Berechnung des Straßenverkehrs heranzuziehenden „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“ – RLS-906 geringere Schallpegel berechnet, als dies die terzweise Berechnung in den selben Situationen ergibt. Daher sollte die Bewertung der Fenster besonders auf diese Situationen abgestellt werden.

6.5 Zusammenfassung der Korrektursummanden E

Aus den bisherigen Tabellen in Kapitel 6 ergeben sich unterschiedliche Korrektursummanden E für diverse Situationen. Dies ist jedoch schon deshalb

nicht umsetzbar, da die reale Situation vor Ort immer ein Zusammenspiel unterschiedlicher Straßen und Ausbreitungssituationen darstellt. Zur Ermittlung eines umsetzbaren Korrektursummanden E ist es daher erforderlich mittlere Werte zu finden, die insgesamt das angestrebte Schutzziel erreichen.

6.5.1 E basierend auf R_w

In Tabelle 35 werden die bereits in Tabelle 27 angegebenen Korrektursummanden (95 %-Perzentile) für die Berechnung ohne Spektrum-Anpassungswert um gemeinsame, mittlere Korrektursummanden E ergänzt.

Unter den genannten Voraussetzungen ergibt sich ein Korrektursummand E, der um 3 dB über den Werten anzusetzen ist, der in Tabelle 2 der 24. BImSchV zur Zeit verwendet wird. Außerdem ist die Definition „Straßen im Außerortsbereich“ dahingehend anzupassen, dass „Straßen mit einer Höchstgeschwindigkeit ab 70 km/h ohne offenporigen Asphalt“ von „allen übrigen Straßen“ (statt „innerstädtischen Straßen“) unterschieden werden.

Betrachtet man ausschließlich die Situationen mit freier Schallausbreitung wären dagegen die in Tabelle 2 der 24. BImSchV angegebenen Werte hinreichend.

6.5.2 E basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

Ein etwas besserer Schallschutz insbesondere für die besonders Betroffenen, die auch in abgeschirm-

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster				E
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6	
Alle	alle	8,2	7,6	7,5	7,8	9,4	8,2	7,4	7,0	7,0	9,1	9,0	9,3	9,3	8
	AB 30	8,5	7,9	8,0	8,3	10,0	8,5	7,6	7,4	7,4	9,6	9,5	9,9	9,9	9
	AB 50	7,5	7,0	7,0	7,3	8,8	7,5	6,8	6,6	6,5	8,3	8,3	8,8	8,8	8
	AB 100	4,9	4,6	4,9	5,1	6,3	4,9	4,5	4,6	4,6	5,7	5,8	6,1	6,2	5
	DA 100	8,1	7,5	7,3	7,6	9,0	8,1	7,2	6,9	6,9	8,9	8,8	9,1	8,9	8
freie Ausbr.	AB 30	4,9	4,8	5,2	5,8	7,9	4,9	4,5	4,8	4,9	6,0	6,4	7,0	7,9	6
	AB 50	4,2	4,0	4,4	4,8	6,6	4,2	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,7	6,7	5
	AB 100	1,6	2,4	2,7	2,8	3,7	1,6	2,4	2,6	2,9	2,1	3,0	2,8	3,7	3
	DA 100	6,4	6,2	6,4	7,0	8,5	6,4	5,9	5,9	6,1	7,3	7,6	8,1	8,5	7
abgeschirmt	AB 30	9,0	8,8	8,9	9,4	10,8	9,0	8,4	8,2	8,1	9,9	10,1	10,8	10,7	9
	AB 50	8,1	7,9	7,9	8,4	9,5	8,1	7,5	7,4	7,2	8,7	9,0	9,5	9,3	8
	AB 100	5,5	5,4	5,5	5,8	6,8	5,5	5,1	5,2	5,2	6,2	6,3	6,7	6,7	6
	DA 100	9,4	9,1	9,1	9,5	10,7	9,4	8,8	8,6	8,3	10,1	10,1	10,8	10,2	10

E = 6 dB für Straßen ≥ 70 km/h mit geschlossener Deckschicht
E = 9 dB für alle übrigen Straßen

Tab. 35: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für R_w

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster				E
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6	
Alle	alle	1,9	1,5	1,8	1,8	2,8	1,9	1,5	1,8	1,8	1,4	1,8	1,8	2,8	2
	AB 30	2,0	1,7	2,0	2,0	3,2	2,0	1,7	2,0	2,0	1,6	2,0	2,0	3,2	2
	AB 50	1,1	0,9	1,2	1,2	2,3	1,1	0,9	1,2	1,2	0,8	1,1	1,2	2,3	1
	AB 100	-0,8	-0,6	-0,2	-0,5	-0,1	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	0,1	-0,6	-1,0	-0,1	0
	DA 100	1,7	1,5	1,7	1,7	2,6	1,7	1,5	1,7	1,7	1,4	1,7	1,6	2,6	2
freie Ausbr.	AB 30	-0,6	-0,3	0,2	-0,3	0,7	-0,6	-0,4	0,2	-0,2	0,5	0,0	-0,5	0,8	0
	AB 50	-0,8	-0,6	-0,3	-0,5	-0,4	-0,8	-0,7	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	-1,0	-0,2	0
	AB 100	-1,2	-1,0	-1,2	-1,5	-2,0	-1,2	-1,2	-1,1	-1,3	-0,1	-1,3	-2,8	-2,0	-1
	DA 100	0,1	0,2	0,9	0,9	1,6	0,1	0,2	0,9	0,9	0,1	0,9	1,0	1,7	1
abgeschirmt	AB 30	2,3	2,0	2,5	2,6	4,1	2,3	2,0	2,5	2,7	1,9	2,4	2,4	4,1	3
	AB 50	1,3	1,2	1,6	1,9	2,8	1,3	1,2	1,6	1,9	1,1	1,6	2,0	2,8	2
	AB 100	-0,4	-0,2	0,2	-0,1	0,4	-0,4	-0,3	0,2	-0,1	0,2	0,3	-0,3	0,5	0
	DA 100	2,4	2,3	2,6	2,9	3,9	2,4	2,3	2,6	2,9	2,1	2,5	3,0	4,0	3

E = 0 dB für Straßen ≥ 70 km/h mit geschlossener Deckschicht
E = 3 dB für alle übrigen Straßen

Tab. 36: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für $R_w + C_{tr,50-3150}$

SSK	Emission	alle Fenster					Einfachfenster				Verbundfenster				E
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	3	4	5	6	
Alle	alle	1,6	1,3	1,6	1,5	2,5	1,6	1,3	1,6	1,5	1,2	1,5	1,5	2,5	2
	AB 30	1,7	1,3	1,6	1,6	3,0	1,7	1,3	1,6	1,6	1,3	1,6	1,6	3,0	2
	AB 50	0,9	0,7	1,0	1,0	2,0	0,9	0,7	1,0	1,0	0,7	0,8	0,9	1,9	1
	AB 100	-0,9	-0,7	-0,4	-0,6	-0,4	-0,9	-0,7	-0,4	-0,6	0,0	-0,8	-1,2	-0,3	-1
	DA 100	1,6	1,3	1,5	1,5	2,3	1,6	1,3	1,6	1,5	1,2	1,5	1,4	2,3	2
freie Ausbr.	AB 30	-0,6	-0,3	0,2	-0,3	0,7	-0,6	-0,4	0,2	-0,2	0,5	0,0	-0,5	0,8	0
	AB 50	-0,8	-0,6	-0,3	-0,5	-0,4	-0,8	-0,7	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	-1,0	-0,2	0
	AB 100	-1,2	-1,0	-1,2	-1,5	-2,0	-1,2	-1,2	-1,1	-1,3	-0,1	-1,3	-2,8	-2,0	-1
	DA 100	0,1	0,2	0,9	0,9	1,6	0,1	0,2	0,9	0,9	0,1	0,9	1,0	1,7	1
abgeschirmt	AB 30	2,0	1,8	2,2	2,4	3,8	2,0	1,8	2,2	2,4	1,7	2,3	2,4	3,9	2
	AB 50	1,1	1,0	1,6	1,8	2,7	1,1	1,0	1,6	1,8	0,9	1,6	1,9	2,8	2
	AB 100	-0,4	-0,2	0,2	-0,1	0,3	-0,4	-0,3	0,2	-0,1	0,1	0,3	-0,3	0,4	0
	DA 100	2,2	2,1	2,5	2,9	3,8	2,2	2,1	2,5	2,8	2,0	2,7	3,0	4,0	3

E = 0 dB für Straßen ≥ 70 km/h mit geschlossener Deckschicht
E = 3 dB für alle übrigen Straßen

Tab. 37: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für $R_w + C_{tr,50-3150}$ (ohne Hindernisse mit 30 m / 50 m Höhe)

ten Situationen noch mit hohen Lärmpegeln belastet sind (und damit hohe Schallschutzklassen erfordern) lässt sich erreichen, wenn bei der Berechnung der Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$ mit einbezogen wird. Dies führt zu geringeren Korrektursummanden E, da $C_{tr,50-3150}$ gewöhnlich negativ ist und damit die Anforderungen an das Fenster verschärft.

Tabelle 36 zeigt, dass in diesem Falle ein gegenüber der Tabelle 2 der 24. BImSchV um 3 dB gesenkter Korrektursummand E ausreichend ist.

6.6 Auswirkung hoher Hindernisse

Bei der Bewertung der Korrektursummanden sind unter anderem Schallpegel hinter hohen Hindernissen berechnet worden. Dies sind insbesondere Gebäude mit 30 m und 50 m Höhe (Fälle 34, 37, 39, 41 gemäß Tabelle 7).

Wertet man die Korrektursummanden der Tabelle 36 erneut aus und entfernt dabei die Transmissionen über diese Gebäude – zusammen mit dem Fall 35 (Lärmschutzwand 6 m in 7 m Entfernung), da dieser mit dem Fall 39 zusammengefasst wurde (siehe Tabelle 11) – so zeigt sich, dass dies die Er-

Schallschutzklasse	Einfachfenster						Verbundfenster					
	Anzahl	Min	Mittel	Max	5 %	Ctr	Anzahl	Min	Mittel	Max	5 %	Ctr
		dB	dB	dB	dB	dB		dB	dB	dB	dB	dB
SSK 2	161	-8,9	-6,1	-1,8	-7,9	-8						
SSK 3	283	-8,7	-5,5	-2,4	-7,3	-7	24	-10,8	-8,5	-7,1	-10,7	-10
SSK 4	341	-9,3	-5,6	-3,1	-7,5	-8	47	-10,6	-8,2	-6,1	-10,3	-10
SSK 5	87	-8,4	-6,0	-3,8	-8,0	-8	26	-12,1	-8,0	-5,2	-11,2	-11
		Kastfenster						Verbundfenster				
SSK 6	3	-10,3	-8,5	-6,3		-9	18	-10,9	-9,2	-8,1		-10

Anzahl: Anzahl Fenster

Min: geringster Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$

Mittel: Mittelwert aller Spektrum-Anpassungswerte $C_{tr,50-3150}$

Max: höchster Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$

5 %: Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$, der von nicht mehr als 5 % unterschritten wird (5 %-Perzentil), so dass 95 % der Fenster besser sind als diese Annahme

C_{tr} : Vorschlag für einen zu verwendenden Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$

Tab. 38: $C_{tr,50-3150}$ untersuchter Fenster nach Schallschutzklasse und Fenstertyp

gebnisse in der Tabelle nicht wesentlich beeinflusst (siehe Tabelle 38).

Die entfernten Fälle (34, 35, 37, 39, 41) sind in Bild 35 und Bild 38 gepunktet dargestellt. Bild 35 lässt erkennen, dass die entfernten Fälle die höchsten Pegelminderungen darstellen. Bild 38 zeigt, dass im Gegensatz dazu die spektrale Veränderung des Geräusches nur in 2 Fällen und nur in den hohen Frequenzen zu höheren Pegeln führen (die Dämpfung ist geringer). Dies zeigt auch einen Grund auf, weshalb die Entfernung der hohen Gebäudeabschirmungen aus der Betrachtung nicht zu wesentlich anderen Ergebnissen führt.

6.7 $C_{tr,50-3150}$ für Bestandsfenster

Nicht in allen Fällen liegen Prüfzeugnisse für Fenster vor. Vor allem bei Bestandsfenstern ist dies oft nicht der Fall. Sind keine Spektrum-Anpassungswerte bekannt müssen diese abgeschätzt werden. Dazu wurden die Spektrum-Anpassungswerte $C_{tr,50-3150}$ aller untersuchten Fenster ausgewertet (siehe Tabelle 38). Wertet man das 15 %-Perzentil aus, so ergeben sich um 1 dB höhere Spektrum-Anpassungswerte.

Basierend auf den Ergebnissen in Tabelle 37 erscheint es im Sinne der Anwendbarkeit sinnvoll, für Verbundfenster mit einem unbekanntem Spektrum-Anpassungswert von $C_{tr,50-3150} = -10$ dB auszugehen und für alle übrigen Fenster $C_{tr,50-3150} = -8$ dB anzunehmen.

	Verkehrswege	E in dB
	1	2
1	Straßen mit ≥ 70 km/h, die keinen offenporigen Straßenbelag aufweisen	6
2	alle übrigen Straßen	9
3	Schienenwege von Eisenbahnen allgemein	0
4	Schienenwege von Eisenbahnen, bei denen im Beurteilungszeitraum mehr als 60 % der Züge klotzgebremste Güterzüge sind	2
5	Schienenwege von Eisenbahnen, auf denen in erheblichem Umfang Güterzüge gebildet oder zerlegt werden	4
6	Schienenwege von Straßenbahnen nach § 4 PBefG	3

Tab. 39: Vorschlag für eine Neufassung der Tabelle 2 der 24. BImSchV, basierend auf R_w

7 Änderung der 24. BImSchV

7.1 Vorschlag basierend auf R_w

Zur Umsetzung der Erkenntnisse aus obiger Untersuchung ergeben sich zwei Möglichkeiten die 24. BImSchV anzupassen. Die einfachere Variante wäre eine Anhebung der Korrektursummanden E in Tabelle 2, Zeile 1 und 2 der 24. BImSchV um 3 dB.

Dabei sollte die Beschreibung „Straßen im Außenbereich“ präzisiert werden, da nicht die Lage der Straße, sondern die Geschwindigkeit und die Straßenoberfläche relevant sind für die Einordnung einer Straße in Zeile 1 oder 2 der Tabelle. Tabelle 2 könnte dann wie in Bild 94 angegeben gefasst werden.

	Verkehrswege	E in dB
	1	2
1	Straßen mit ≥ 70 km/h, die keinen offenporigen Straßenbelag aufweisen	3
2	alle übrigen Straßen	6
3	Schienenwege von Eisenbahnen allgemein	0
4	Schienenwege von Eisenbahnen, bei denen im Beurteilungszeitraum mehr als 60 % der Züge klotzgebremste Güterzüge sind	2
5	Schienenwege von Eisenbahnen, auf denen in erheblichem Umfang Güterzüge gebildet oder zerlegt werden	4
6	Schienenwege von Straßenbahnen nach § 4 PBefG	3

Tab. 40: Vorschlag für eine Neufassung der Tabelle 2 der 24. BImSchV, basierend auf $R_{w,x} + C_{tr,50-3150}$

Eine solche Änderung würde auch auf andere Bauteile Auswirkungen haben. Diese Untersuchung betrachtet ausschließlich Fenster, da diese in den meisten Fällen den größten Teil des einfallenden Schalls bedingen. Das ist jedoch nicht in jedem Falle so. Vielmehr können auch Dachkonstruktionen und bei hohen Schallpegeln außen auch Hauswände betroffen sein. Bei dieser Form der Änderung der 24. BImSchV wird auch an diese Bauteile eine um 3 dB höhere Anforderung gestellt. Ob dies aus vergleichbaren Gründen gerechtfertigt ist, wäre im Rahmen eines gesonderten Vorhabens zu untersuchen.

7.2 Vorschlag basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

Ein besserer Schutz, insbesondere in den Situationen, in denen hohe Schallschutzklassen der Fenster erforderlich sind, kann erreicht werden, wenn der Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50-3150}$ Bestandteil der Anforderung an das Fenster wird. In diesem Falle können die Werte der Tabelle 2 der 24. BImSchV wie in Bild 95 angegeben unverändert übernommen werden. Lediglich die textliche Präzisierung der Zeilen 1 und 2 sollte erfolgen.

Darüber hinaus sind in diesem Falle weitere Änderungen erforderlich, um die Verwendung des Spektrum-Anpassungswertes vorzuschreiben.

zu ergänzen unter Gleichung (3) der 24. BImSchV:

Bei Straßenverkehr gilt für die Anforderung $R_{w,x}$ an Fenster aus Gleichung (3):

$$R_{w,\text{Fenster}} + C_{tr,50-3150} = R_{w,x} - 3 \text{ dB.}$$

$C_{tr,50-3150}$ Spektrum-Anpassungswert C_{tr} des Fensters gemäß DIN EN ISO 717-1:2013-06 für den Frequenzbereich 50 Hz bis 3.150 Hz

Ist $C_{tr,50-3150}$ nicht bekannt, so ist

- $C_{tr,50-3150} = -10$ dB für Verbundfenster und

- $C_{tr,50-3150} = -8$ dB für alle übrigen Fenster anzusetzen.

zu ergänzen unter Gleichung (4) der 24. BImSchV:

Bei Straßenverkehr ist für Fenster in Gleichung (4) einzusetzen:

$$R_{w,i} = R_{w,\text{Fenster}} + C_{tr,50-3150} + 3 \text{ dB}$$

i Index des Fensters in Gleichung (4)

8 Zusammenfassung

Seit Inkrafttreten der 24. BImSchV wurde und wird immer wieder diskutiert, ob mit dem Korrektursummand E (6 dB für Innerorts- und 3 dB für Außerortsstraßen) der Tabelle 2 in der Anlage zu dieser Verordnung der erforderliche Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche in schutzbedürftigen Räumen sichergestellt ist.

Diese Diskussion findet insbesondere vor dem Hintergrund statt, dass in aller Regel Maßnahmen an der Quelle (etwa offenporiger Asphalt), auf dem Ausbreitungsweg (etwa Abschirmungseinrichtungen) und an der zu schützenden Nutzung (etwa Schallschutzfenster) ergriffen werden, die die Beurteilungspegelbeiträge insbesondere in den höheren Frequenzen mindern. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde untersucht, wie die Änderung der Frequenzzusammensetzung den Korrektursummand E für Fenster beeinflusst.

Ausgehend von den bei Heinz Steven und der LÄRMKONTOR GmbH in großer Zahl vorliegenden Vorbeifahrtmessungen wurden relevante Verkehrslärmspektren an Straßen (Terzspektren, Bild 32, Tabelle 3) identifiziert, die alle wesentlichen Verkehrssituationen für diese Untersuchung hinreichend abbilden.

Es zeigte sich, dass innerorts Straßen mit 30 km/h (AB30) und 50 bis 60 km/h (AB50) zu unterscheiden sind. Bei den Straßen mit höheren Höchstgeschwindigkeiten ist zwischen offeneren Oberflächen (DA100) und geschlossenen Oberflächen (AB100) zu unterscheiden. Die Geschwindigkeiten zwischen 80 km/h und 120 km/h lassen sich in beiden Fällen zusammenfassen.

Darauf aufbauend wurden die bei unterschiedlichen Ausbreitungssituationen an der Fassade auftretenden Verkehrslärmspektren (Terzspektren) entwickelt. Es ergaben sich 83 Spektren, mit denen sich die Immissionssituationen außen an der Fassade beschreiben lassen (Kapitel 3.9).

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Einflüsse von 1.043 verschiedenen Fenstern und deren Auswirkung auf die Frequenzzusammensetzung der Verkehrslärmspektren im Innenraum untersucht. Dabei zeigte sich, dass auf Basis der bekannten Konstruktionseigenschaften keine Zusammenfassung von Fenstern sinnvoll möglich ist. Daher wurden im Weiteren die 83 Immissionssituationen vor dem Fenster mit allen Fenstern verknüpft, woraus sich 86.569 Spektren im Innenraum ergeben.

Auf Basis der sich für den Innenraum ergebenden Terzspektren wurden Audiobeispiele erstellt, die die unterschiedlichen, akustischen Situationen im Innenraum auralisieren.

Aus dem Vergleich der A-Bewertung der Innenraumpegel, die sich aus der terzweisen Berechnung ergaben mit einer A-bewerteten Berechnung des Innenraumpegels wurden individuelle Korrektursummanden E für alle 86.569 Kombinationen aus den 83 Immissionssituation außen vor dem Fenster und den 1.043 Fenstern berechnet. Diese individuellen Korrektursummanden E sind dann statistisch ausgewertet worden.

Es zeigte sich, dass die Korrektursummanden E der Zeilen 1 und 2 in Tabelle 2 der 24.BImSchV um 3 dB anzuheben sind, um den Erkenntnissen dieses Forschungsvorhabens Rechnung zu tragen.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob unterschiedliche Spektrum-Anpassungswerte (unter anderem C und C_{tr} gemäß DIN EN ISO 717-1:2013-06) eine geringere Streuung der Korrektursummanden E bewirken können. Dabei zeigte sich, dass die Einbeziehung von $C_{tr,50-3150}$ bei den abgeschirmten Situationen – und besonders bei den hohen Schallschutzklassen – eine geringere Standardabweichung

aufweisen. Andere, auch für diese Untersuchung optimierte Spektrum-Anpassungswerte führten zu keinen wesentlichen Verbesserungen, so dass darauf verzichtet wurde ein neues Spektrum zur Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten zu definieren.

Die Einbeziehung des Spektrum-Anpassungswertes bewirkt einen besseren Schutz des Innenraumes, unter anderem auch durch die Bevorzugung von Fenstern, die im tieffrequenten Bereich keine besonderen Schwächen aufweisen.

In Kapitel 6.7 werden dann Vorschläge zur Anpassung der 24.BImSchV gemacht. Dabei wird davon ausgegangen, dass entweder die in Tabelle 2 der 24.BImSchV genannten Korrektursummanden E um 3 dB angehoben werden. Dies hätte zur Folge, dass auch die Anforderungen an andere Außenbauteile entsprechend verschärft werden. In diesem Forschungsvorhaben wurde nicht untersucht, ob dies gerechtfertigt ist.

Alternativ wird die Einführung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr,50-3150}$ in die 24.BImSchV vorgeschlagen. Dies kann unter Beibehaltung der vorhandenen Korrektursummanden E erfolgen, so dass sich für andere Außenbauteile keine Änderungen ergeben. Dafür wird bei der Berechnung von Fenstern statt des Schalldämm-Maßes R_w der erweiterte Term $R_w + C_{tr,50-3150} + 3$ dB erforderlich.

Die statistische Auswertung aller untersuchten Fenster hat aufgezeigt, dass Verbundfenster bei gleichem Schalldämm-Maß zu 2 dB höheren Innenpegeln führen, als dies bei Einfachfenstern der Fall ist. Für Kastenfenster standen nicht genug Prüfspektren zur Verfügung um gesicherte Aussagen treffen zu können, so dass diese nicht gesondert betrachtet werden.

Sind (z.B. bei Bestandsuntersuchungen) die Spektrum-Anpassungswerte unbekannt, so ist

$C_{tr,50-3150} = -10$ dB für Verbundfenster und

$C_{tr,50-3150} = -8$ dB für alle übrigen Fenster

anzusetzen.

Literatur

- [1] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege -Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997, berichtigt am 23. September 1997
- [2] Einfluss der Fahrbahndeckschicht auf die Geräuschemission von Kraftfahrzeugen, F+E-Vorhaben „Optimierung der schallabsorbierenden Eigenschaften von Drainasphalt“ im Rahmen des Verbundprojekts „Lärmmindernde Straßendecken“, FIGE GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, 1997
- [3] Ermittlung der Geräuschemission von Kfz im Straßenverkehr, TÜV Nord Mobilität Institut für Fahrzeug Technik im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2005 (VGM)
- [4] DIN ISO 9613-2:1999-10 – Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren; Deutsches Institut für Normung e.V., zu beziehen über Beuth Verlag GmbH
- [5] ISO 9613-1:1993-06 – Acoustics – attenuation of sound during propagation outdoors – part 1: calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- [6] RLS-90 – Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990; vom 14. April 1990, Verkehrsblatt, Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr, VkB1. Nr. 7, unter lfd. Nr. 79
- [7] Matuschek, R.; Mellert, V. – Vergleich von technischen Prognoseprogrammen für die Schallimmission mit physikalischen Berechnungen der Schallausbreitung im Freien; DAGA 2003
- [8] DIN EN ISO 717-1:2013-06 – Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung; Deutsches Institut für Normung e.V., zu beziehen über Beuth Verlag GmbH

Bilder

- Bild 1: Maximale Vorbeifahrtpegel von Pkw über der Geschwindigkeit
- Bild 2: Zugehörige Terzspektren
- Bild 3: Terzspektren von Pkw bei 120 km/h auf SM 0/11
- Bild 4: Terzspektren am selben Messort zu unterschiedlichen Bezugsjahren
- Bild 5: Mittlere Terzspektren von Lkw ≤ 3 Achsen auf SM 0/11
- Bild 6: Mittlere Terzspektren von Lkw > 3 Achsen auf SM 0/11
- Bild 7: Mittlere Terzspektren von Pkw und Lkw auf SM 0/11
- Bild 8: Mittlere Terzspektren von Pkw bei 50 km/h auf DA 0/8 neu
- Bild 9: Mittlere Terzspektren von Pkw bei 80 km/h auf DA 0/8 neu
- Bild 10: Mittlere Terzspektren von Pkw bei 120 km/h auf DA 0/8 neu
- Bild 11: Mittlere Terzspektren von Lkw bei 80 km/h auf DA 0/8 neu
- Bild 12: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Pkw bei 80 km/h
- Bild 13: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Pkw bei 120 km/h
- Bild 14: Vergleich von SM 0/11 und DA 0/8 für Lkw > 3 Achsen bei 80 km/h
- Bild 15: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 30 km/h
- Bild 16: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 50 km/h
- Bild 17: Terzspektren von Pkw auf AB 0/11 bei 80 km/h
- Bild 18: Terzspektren von Lkw auf AB 0/11 bei 50 km/h
- Bild 19: Terzspektren von Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf AB 0/11, Vergleich unterschiedliche Geschwindigkeiten
- Bild 20: Terzspektren von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 50 km/h

- Bild 21: Terzspektren von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 80 km/h
- Bild 22: Terzspektren von Pkw, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 120 km/h
- Bild 23: Terzspektren von Lkw ≤ 3 Achsen, Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen, 80 km/h
- Bild 24: Terzspektren von Lkw > 3 Achsen, Vergleich untersch. Untersuchungen, 80 km/h
- Bild 25: Terzspektren von Pkw, 80 km/h, DA 0/8 neu
- Bild 26: Terzspektren von Fahrzeugen
- Bild 27: Auf 100 dB(A) normierte Terzspektren der Straßen
- Bild 28: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB30
- Bild 29: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB50
- Bild 30: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum AB100
- Bild 31: Auf 100 dB(A) normiertes Terzspektrum DA100
- Bild 32: Übersicht der zusammengefassten, auf 100 dB(A) normierten Terzspektren der Straßentypen
- Bild 33: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), freie Ausbreitung, Immissionshöhe 3 m
- Bild 34: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), freie Ausbreitung, Immissionshöhe 15 m
- Bild 35: Einfluss der Transmission (spektrale Dämpfung), Ausbreitung über Hindernisse
- Bild 36: Normiertes Spektrum der Transmission, freie Ausbreitung, Immissionshöhe 3 m
- Bild 37: Normiertes Spektrum der Transmission, freie Ausbreitung, Immissionshöhe 15 m
- Bild 38: Normiertes Spektrum der Transmission, Ausbreitung über Hindernisse
- Bild 39: Immissionspegel in 400 m Entfernung bei freier Ausbreitung
- Bild 40: Transmissionsspektren für 400 m Entfernung bei freier Ausbreitung
- Bild 41: Transmissionsspektren über Hindernisse
- Bild 42: Übersicht über alle Transmissionen
- Bild 43: Zusammengefasste Transmissionen A
- Bild 44: Zusammengefasste Transmissionen B
- Bild 45: Zusammengefasste Transmissionen C
- Bild 46: Zusammengefasste Transmissionen D
- Bild 47: Zusammengefasste Transmissionen E
- Bild 48: Zusammengefasste Transmissionen F
- Bild 49: Zusammengefasste Transmissionen G
- Bild 50: Zusammengefasste Transmissionen H
- Bild 51: Zusammengefasste Transmissionen I
- Bild 52: Zusammengefasste Immissionen F1
- Bild 53: Zusammengefasste Immissionen F2
- Bild 54: Zusammengefasste Immissionen F3
- Bild 55: Zusammengefasste Immissionen F4
- Bild 56: Zusammengefasste Immissionen F5
- Bild 57: Zusammengefasste Immissionen F6
- Bild 58: Zusammengefasste Immissionen F7
- Bild 59: Zusammengefasste Immissionen F8
- Bild 60: Zusammengefasste Immissionen F9
- Bild 61: Zusammengefasste Immissionen F10
- Bild 62: Zusammengefasste Immissionen F11
- Bild 63: Zusammengefasste Immissionen F12
- Bild 64: Zusammengefasste Immissionen F13
- Bild 65: Zusammengefasste Immissionen F14
- Bild 66: Zusammengefasste Immissionen F15
- Bild 67: Zusammengefasste Immissionen F16
- Bild 68: Zusammengefasste Immissionen F17
- Bild 69: Zusammengefasste Immissionen F18
- Bild 70: Zusammengefasste Immissionen F19
- Bild 71: Zusammengefasste Immissionen F20
- Bild 72: Zusammengefasste Immissionen F21
- Bild 73: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 56 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben, Überschlagn-, Mittel- und Außendichtung

- Bild 74: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 42 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 2 Scheiben, Überschlag- und Außendichtung
- Bild 75: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 9 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben mit dem Aufbau 6/12/4/12/4, Überschlag- und Außendichtung
- Bild 76: Normierte spektrale Schalldämm-Maße von 13 Einfachfenstern aus Kunststoff der SSK 3 mit 3 Scheiben mit dem Aufbau 6/12/4/12/4, Überschlag-, Mittel- und Außendichtung
- Bild 77: Auf 100 dB(A) normierte Immissionsspektren aller untersuchten Straßentypen vor dem Fenster
- Bild 78: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 1 (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 79: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 2 (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 80: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 3 (Teil 1) (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 81: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 3 (Teil 2) (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 82: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 4 (Teil 1) (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 83: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 4 (Teil 2) (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 84: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 5 (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 85: Schalldämmspektren der Schallschutzklasse 6 (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 86: Mittlere Schalldämmspektren der Schallschutzklassen 1-6 (normiert auf $R_w = 30$ dB)
- Bild 87: A-bewertete Innenraumspektren aller untersuchten Straßentypen mit geschlossenen Asphaltdeckschichten, bezogen auf das über alle Fenster gemittelte Schalldämmspektrum
- Bild 88: A-bewertete Innenraumspektren aller untersuchten Straßentypen mit offenporigem Asphalt, bezogen auf das über alle Fenster gemittelte Schalldämmspektrum
- Bild 89: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und innerstädtische Straßen bis 50 km/h (AB30 / AB50)
- Bild 90: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und Außerortsstraßen mit dichten Deckschichten ab 80 km/h (AB100)
- Bild 91: Auf 100 dB(A) normierte Spektren zur Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} und Außerortsstraßen mit offenporigen Deckschichten ab 80 km/h (DA100)
- Bild 92: Verteilung der Differenzen zwischen mit R_w terzweise und A-bewertet berechnetem Innenraumpegel über alle Fenster und alle Immissionssituationen
- Bild 93: Verteilung der Differenzen zwischen mit $R_w + C_{tr,50-3150}$ terzweise und A-bewertet berechnetem Innenraumpegel über alle Fenster und alle Immissionssituationen
- Bild 94: Vorschlag für eine Neufassung der Tabelle 2 der 24. BImSchV, basierend auf R_w
- Bild 95: Vorschlag für eine Neufassung der Tabelle 2 der 24. BImSchV, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$

Tabelle

- Tab. 1: Anzahlen der Fahrzeuge nach Geschwindigkeit, Fahrzeugkategorie und Deckschicht
- Tab. 2: Emissionszusammensetzung der zu betrachtenden Straßen
- Tab. 3: Zusammengefasste Straßenspektren (normiert auf 100dB(A), in dB)
- Tab. 4: Abweichungen der einzelnen Straßen zu den zusammengefassten Straßenspektren
- Tab. 5: Vergleich der Immissionspegel von DIN ISO 9613-2:1999-10 und RLS-90
- Tab. 6: Ausbreitungssituationen ohne Hindernisse (orthogonaler Abstand)
- Tab. 7: Ausbreitungssituationen mit Hindernissen

- Tab. 8: Minderungswirkung des offenporigen Asphalts nach Ausbreitungssituation für Autobahn (nachts) mit 120 km/h
- Tab. 9: Abweichungen der zusammengefassten Transmissionsspektren
- Tab. 10: Terzspektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB
- Tab. 11: Abweichungen der einzelnen Terzspektren vor der Fassade zu den zusammengefassten Terzspektren
- Tab. 12: Spektren vor der Fassade, normiert auf 100 dB(A), Terzpegel in dB
- Tab. 13: Anzahl der untersuchten Fenster mit vollständigen spektralen Schalldämm-Maßen nach Schallschutzklasse
- Tab. 14: Mittlere Dämmspektren der Fensterklassen (nicht normiert)
- Tab. 15: Kennzahlen der statistischen Verteilung der Differenzen des Innenraumpegels
- Tab. 16: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w
- Tab. 17: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 3 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w
- Tab. 18: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 4 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w
- Tab. 19: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 5 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w
- Tab. 20: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 6 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit R_w
- Tab. 21: Abweichung des Innenpegels nach Schallschutzklasse, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 22: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 3 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 23: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 4 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 24: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 5 nach Fenstertyp Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 25: Abweichung des Innenpegels der Schallschutzklasse 6 nach Fenstertyp, Ausbreitungssituation und Emission gegenüber Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 26: Median der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w
- Tab. 27: 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w
- Tab. 28: Differenz zwischen Median und 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w
- Tab. 29: Median der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 30: 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 31: Differenz zwischen Median und 95 %-Perzentil der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 32: Standardabweichung σ der Korrektursummanden E in dB, basierend auf R_w
- Tab. 33: Standardabweichung σ der Korrektursummanden E in dB, basierend auf $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 34: Änderung der Standardabweichungen σ bei Verwendung von $C_{tr,50-3150}$
- Tab. 35: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für R_w
- Tab. 36: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für $R_w + C_{tr,50-3150}$
- Tab. 38: Zusammenfassung des Korrektursummanden E in dB für $R_w + C_{tr,50-3150}$ (ohne Hindernisse mit 30 m / 50 m Höhe)
- Tab. 37: $C_{tr,50-3150}$ untersuchter Fenster nach Schallschutzklasse und Fenstertyp

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2017

V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien

Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50

V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren

Maier, Berger, Kollmus € 17,50

V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

Lippold, Vettters, Steinert € 19,50

V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten

Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50

V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

Geistefeldt, Sievers
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 285: Praxiserforderte Anforderungen an Tausalz

Kamptner, Thümmler, Ohmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung

Kleine, Lehmann € 16,50

V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle

Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50

V 288: Überholungen von Lang-Lkw – Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf

Roos, Zimmermann, Köhler
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 289: Verkehrsqualität an verkehrsabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen

Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00

V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50

V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw

Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen

Geistefeldt, Hohmann, Estel
Unterauftragnehmer: Manz € 17,50

V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB

Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

V 295: Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss

Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50

V 296: Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße

Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 297: Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen

Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 298: Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme

Balck, Schüller, Balmberger, Rossol
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 299: Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen

Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2018

V 300: Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten

Werkenthin, Kluge, Wessolek
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <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/> 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/> 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/> 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, Hübel € 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, Veters, 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 Entwurfsэлеmente von Rad-schnellverbindungen

Malik, Lange, Andriess, 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, Wursthorn, 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, Schuckließ, 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/> 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, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu € 18,50

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/> heruntergeladen werden.

V 333: Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit

Hänisch, Heidebrunn € 17,00

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.