

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen

Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
T. +49 201 87445 0
F. +49 201 87445 45
office@fcp-ibu.de
www.fcp-ibu.de

Auftraggeber: **MV Mannheimer Verkehr GmbH**

Möhlstraße 27
68165 Mannheim

Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier

Titel: **Schwingungs- und Schalltechnische Untersuchung**

Teil 2: Prognose und Beurteilung der Körperschall- und
Erschütterungsimmissionen unter Betrieb

Auftrag-Nr.: 22-7068/2

Erstfassung: 20.02.2024

Umfang: 29 Dokumentseiten inkl. Verzeichnisse und Deckblatt
60 Anlagen

Bearbeitet:
Essen, den 20.02.2024

Geprüft und freigegeben:
Essen, den 20.02.2024

FCP IBU GmbH
20.02.2024
Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
0201-87445-0

FCP IBU GmbH
20.02.2024
Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
0201-87445-0

M. Sc. Lukas Böhm

Dr.-Ing. Alexander Martha

ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeitet	Freigegeben	Bemerkungen

ZUSAMMENFASSUNG

Die Rhein-Neckar-Verkehr GmbH plant im Namen und im Auftrag der MV Mannheimer Verkehr GmbH den Neubau einer zweigleisigen Stadtbahnstrecke südlich des Mannheimer Hauptbahnhofs im Glückstein-Quartier inkl. des Neubaus von vier Haltestellen. Die ca. 1,9 km lange Neubaustrecke bildet den Lückenschluss zwischen dem Victoria Turm und dem Campus der Hochschule Mannheim [U1].

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der neuen Stadtbahntrasse im der Glückstein-Quartier zu fühlbaren Erschütterungsimmissionen kommen kann ($KB_{Fmax} > 0,1$). Darüber hinaus werden bei einem Teil der untersuchten Objekte die Anhaltswerte A_r der DIN 4150-2 [1] überschritten. Die Erschütterungsimmissionen nehmen im Umbaubereich besonders in der Umgebung der neu geplanten Weichenanlagen um mehr als 25 % zu.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der neuen Stadtbahntrasse im der Glückstein-Quartier zu hörbaren Körperschallimmissionen kommen kann. Darüber hinaus werden bei einigen der untersuchten Objekte die Orientierungswerte der VDI 2719 [2] überschritten. Die Körperschallimmissionen nehmen im Umbaubereich weiträumig um mehr als 3 dB(A) zu.

Insgesamt ist festzustellen, dass Maßnahmen erforderlich sind, die eine Minderung der Schwingungsimmissionen bewirken.

In den Weichen-Bereichen ist die Anordnung von Masse-Feder-Systemen geboten, da sich hier die prognostizierten Immissionen im Prognose-Planfall deutlich verschlechtern und gleichzeitig oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-3 liegen. Üblicherweise haben sich flächige Masse-Feder-Systeme, deren Schutzbereiche jeweils um min. 1 m über Weichenanfang- und Ende hinausgehen, in diesen Plansituationen bewährt.

Darüber hinaus ist in den Bereichen, in denen Wohngebiete durch den Neu- oder Umbau betroffen sind, eine elastische Schienenlagerung als Maßnahme vorzusehen.

Die Prognose setzt eine Übertragung im Boden ohne Körperschallbrücke im Boden voraus.

VERWEISE

- [1] DIN 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden*, 1999.
- [2] VDI 2719, *Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen*, 1987.
- [3] 16. BImSchV, 16. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verkehrslärmschutzverordnung*, 12.06.1990.
- [4] DIN 45633, *Präzisionsschallpegelmesser - Allgemeine Anforderungen*, 1970.
- [5] 16. BImSchV, 16. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verkehrslärmschutzverordnung*, 1990.
- [6] DIN 4150-1, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen*.
- [7] DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*, 2016.
- [8] BauNVO, *Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO)*, 2021.
- [9] DIN 18005-1, *Schallschutz im Städtebau*, 2002.
- [10] *Beurteilung von Körperschallimmissionen*, 2010.
- [11] 24. BImSchV, 24. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung)*, 1997.
- [12] Entwurf DIN 45672-3, *Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen - Teil 3: Prognoseverfahren auf Basis von Terzspektren*, 2023-02.
- [13] VDI 3837, „*Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen; Spektrales Prognoseverfahren*“, Januar 2013.

- [14] DIN 45673, „Mechanische Schwingungen - Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen,“ 2010.
- [15] A. Said, H.-P. Grütz und R. Garburg, „Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr,“ *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, Bd. 53, Nr. 1, pp. 12-18, 2006.

INHALTSVERZEICHNIS

Änderungsindex.....	ii
Zusammenfassung	iii
Verweise.....	iv
1 Aufgabenstellung	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Planungsunterlagen.....	2
2.2 Lage und Gebietsausweisung.....	3
2.3 Gleisoberbau	4
2.4 Zulässige Höchstgeschwindigkeit	4
2.5 Fahrplansituation	4
2.6 Gebäudestruktur	5
2.7 Eisenbahn	5
3 Immissionskennwerte	6
3.1 Erschütterungen	6
3.2 Körperschall.....	6
4 Beurteilungskriterien	7
4.1 Vorbemerkung	7
4.2 Erschütterungen	7
4.3 Körperschall.....	10
5 Immissionsprognose	13
5.1 Erschütterungsimmissionen.....	14
5.2 Körperschallimmissionen	15
6 Prognoseergebnisse und Beurteilung	16
7 Massnahmen	22
8 Anlagen	23

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Rhein-Neckar-Verkehr GmbH plant im Namen und im Auftrag der MV Mannheimer Verkehr GmbH den Neubau einer zweigleisigen Stadtbahnstrecke südlich des Mannheimer Hauptbahnhofs im Glückstein-Quartier inkl. des Neubaus von vier Haltestellen. Die ca. 1,9 km lange Neubaustrecke bildet den Lückenschluss zwischen dem Victoria Turm und dem Campus der Hochschule Mannheim [U1].

Die FCP IBU GmbH wurde beauftragt, die Auswirkungen der baulichen Veränderung auf die zukünftige Immissionssituation zu untersuchen und zu bewerten. Dem vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der Schwingungstechnischen Untersuchung während des Bahnbetriebes zu entnehmen. Erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen der neuen Trasse werden beschrieben.

2 GRUNDLAGEN

2.1 PLANUNGSUNTERLAGEN

Die folgenden Unterlagen wurden für die schwingungstechnische Untersuchung herangezogen:

- [U1] Angebotsanfrage der Schwingungs- und Schalltechnischen Stellungnahme im Genehmigungsverfahren Neubau einer 2-gleisigen Stadtbahnstrecke im Glückstein-Quartier und Neubau von 4 Haltestellen
RNV, Stand: 10.06.2022
- [U2] Gebietseinstufung durch Bebauungspläne der Stadt Mannheim
- a. Nr. 42.20 – Postspitze (08.10.2018)
 - b. Nr. 42.8 Teil 1 – Gebiet zwischen Tattersallstr. Bzw. Heinrich-Lanz-Str., Schwetzingen Str., Kopernikusstr. Und Bundesbahn (06.12.1965)
 - c. Nr. 42.8 Teil 2 – Gebiet zwischen Kopernikusstr. Schwetzingen Str. Viehhofstr., Möhlstr. Und Bundesbahn (06.12.1965)
 - d. Nr. 42.18 – Postquadrat (01.09.2016)
 - e. Nr. 43.9 – Gebiet an der Windeckstr. Und Speyerer Str. (25.09.1964)
 - f. Nr. 43.10 – Gebiet zwischen neuer Planstr., Meerfeldstr., Gontardstr. Und der Südtangente (B36) (24.04.1987)
 - g. Nr. 43.19.1 – Glückstein-Quartier (13.08.2015)
 - h. Nr. 43.20 – Heinrich – Lanz – Carré (02.08.2007)
 - i. Nr. 83.12 – Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten an der Neckarauer Str. zwischen Speyerer Str. und Herrlachstr. Und an der Hasenackerstr. (13.04.1961)
 - j. Nr. 83.54 – Bildungscampus und Gewerbepark Neckarauer Str. – Teilbereich Campus und Gewerbe (01.02.2015)
- [U3] Lagepläne M016 – Neubau einer 2-gleisigen Stadtbahnstrecke im Glückstein-Quartier und Neubau von 4 Haltestellen, Blatt 1 bis 5, Stand 06.2023
- [U4] Daten zu den Stadtbahnen
übermittelt am: 14.08.2023

[U5] Verkehrszahlen der DB

(Querschnitt aus dem Projekt Betriebshof Möhlstraße, 20-7030)

übermittelt am: 25.10.2021

2.2 LAGE UND GEBIETSAUSWEISUNG

Die neue Trasse soll von der bestehenden Strecke Mannheim Hbf – Neckarau West (Linie 3) am Lindenhofplatz abzweigen und an die Strecke Tattersall – Rheinau Bf. (Linien 1 und 8) im Bereich der Haltestelle Hochschule anknüpfen. Die Gesamtlänge der neuen Trasse beträgt rund 1,9 km (Doppelgleis). Der Gleisabstand beträgt 3,85 m, um die Fahrleitung mit Mittelmasten herzustellen [U1].

Die bestehende Stadtbahnhaltestelle Lindenhofplatz soll näher an den Victoria Turm bzw. Hauptbahnhof verlegt werden, so dass östlich der neuen Haltestelle die Abzweigung der neuen Trasse durch das Glückstein-Quartier hergestellt werden kann. Die bestehende Haltestelle Lindenhofplatz der heutigen Linie 3 geht dann in einer mit der neuen Trasse gemeinsamen Haltestelle (voraussichtlich Hauptbahnhof Süd) auf. Neben der neuen Haltestelle Hauptbahnhof Süd sind drei weitere Haltestellen im Verlauf der neuen Trasse geplant [U1]:

- In der Glückstein-Allee Abzweig Windeckstraße
- In der John-Deere-Straße
- In der Paul-Wittsack-Straße am Campus der Hochschule Mannheim

Für die Bearbeitung wurden Bebauungspläne der Stadt Mannheim [U2] herangezogen. Die Bebauungspläne decken nicht den gesamten Planbereich ab, sodass für die verbleibenden Bereiche eine gutachterliche Einstufung der Flächennutzung auf Grundlage der durchgeführten Ortsbegehung vom 23.11.2022 erfolgt.

Eine Übersicht über den Planbereich ist in Anlage-Nr. 1.1 dargestellt [U1].

Eine Übersicht über die Gebietseinstufung ist in Anlage-Nr. 1.2 dargestellt [U2].

Eine Übersicht der Gleisachsen im Prognose-Nullfall und im Prognose-Planfall ist zusammen mit den Immissionsorten in Anlage-Nr. 1.3 dargestellt [U3].

2.3 GLEISOBERBAU

Die geplante Trasse verläuft in der Glückstein-Allee als besonderer Bahnkörper (Rasengleis) in Mittellage. Die Knotenpunkte Gontardstraße, Windeckstraße und Landteilstraße werden straßenbündig gequert. Als Oberbau werden Rillenschienen mit Asphalteindeckung verwendet. Der weitere Verlauf der Trasse erfolgt straßenbündig bis zum Neckarauer Übergang [U1], [U3].

Eine Übersicht der Oberbauformen für die verschiedenen Gleisabschnitte ist in Anlage-Nr. 1.4 dargestellt.

2.4 ZULÄSSIGE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT

Die Fahrzeuggeschwindigkeit der Stadtbahnen wird im Haltestellenbereich mit 30 km/h und außerhalb der Haltestelle 50 km/h angesetzt.

2.5 FAHRPLANSITUATION

Die Anzahl der Fahrten ergibt sich nach [U4] entsprechend Tabelle 1.

Die Fahrten in den genannten Zeiträumen Tag und Nacht werden entsprechend der Beurteilungszeiträume der 16 BImSchV [3] (vgl. Kapitel 4) aufgelistet

Prognose-Fall	Fahrtrichtung Schönau		Fahrtrichtung Rheinau	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Prognose-Nullfall	93	11	92	17
Prognose-Planfall	93	11	92	17

Tabelle 1: Fahrplandaten Linie 1 nach [U4]

Prognose-Fall	Fahrtrichtung Sandhofen		Fahrtrichtung Rheingoldhalle	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Prognose-Nullfall	92	15	92	13
Prognose-Planfall	92	15	92	13

Tabelle 2: Fahrplandaten Linie 3 nach [U4]

Prognose-Fall	Fahrtrichtung Benjamin-Franklin		Fahrtrichtung Rheinau Karlsplatz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Prognose-Nullfall	–	–	–	–
Prognose-Planfall	43	1	43	1

Tabelle 3: Fahrplandaten Linie 6a nach [U4]

Prognose-Fall	Fahrtrichtung Oppau		Fahrtrichtung Rheinau		Fahrtrichtung Ludwigshafen	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Prognose-Nullfall	4	0	4	0	–	–
Prognose-Planfall	–	–	–	–	16	0

Tabelle 4: Fahrplandaten Linie 8 nach [U4]

2.6 GEBÄUDESTRUKTUR

In der Ortbegehung inklusive Fotodokumentation vom 23.11.2022 wurde festgestellt, dass die direkt angrenzende Bebauung vielfältig ist und übliche Strukturen für innerstädtische Bebauungen aufweist, welche nach gängigen Regelwerken (wie DIN 4150) eingeteilt und beurteilt werden können (siehe Abschnitt 4, Gebäudeeinteilung nach Tabelle 5). Insofern kann für die Immissionsprognose auf vorhandene Erkenntnisse über die Schwingungsausbreitung in Gebäuden zurückgegriffen werden.

Im Rahmen der Ausführungsplanung ist zu prüfen, ob Gebäude südlich der DB-Strecke / nördlich der geplanten Strecke ggf. bauseits über schwingungsmindernde Maßnahmen verfügen.

2.7 EISENBAHN

Zusätzlich zu der geplanten Straßenbahn befinden sich in unmittelbarer Nähe des Plangebiets Gleise der DB Netze. Es handelt sich um von dem Vorhaben getrennte Verkehrswege.

Das Betriebsprogramm der Strecken 4000, 4002, 4003, 4004, 4010, 4020, 4030 und 4080 [U5] wird in der Beurteilung qualitativ berücksichtigt. Das Betriebsprogramm wurde von dem Querschnitt im östlichen Teil der Strecke in der Nähe des Betriebshofes in der Möhlstraße auf die fortlaufenden Gleise durchgängig angenommen.

3 IMMISSIONSKENNWERTE

3.1 ERSCHÜTTERUNGEN

Als Erschütterungen werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 80 Hz in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten. Die zu messenden Erschütterungssignale sind die Schwinggeschwindigkeit $\hat{v}(t)$ des angeregten Mediums in mm/s und die Erregerfrequenz f_e in Hz. Auf der Grundlage dieser Basiswerte werden die, für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden maßgebenden Immissionsgrößen ermittelt. Hierbei handelt es sich um die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTT} in der Definition nach der DIN 4150, Teil 2, von Juni 1999 -Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden [1].

3.2 KÖRPERSCHALL

Als Körperschall werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen im Hörbereich in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten.

Die messbaren Körperschallsignale sind die Schwinggeschwindigkeit v des angeregten Mediums in mm/s und der vom Medium abgestrahlte Schallwechseldruck p in N/m² (Sekundärluftschall oder auch Körperschall-Schalldruckpegel).

Der aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) wird als hörbarer Luftschall dem frequenzabhängigen menschlichen Hörvermögen mit der sogenannten A-Bewertung nach DIN 45633 [4] der Signale angepasst. Dieser Schallpegel wird zur Beurteilung der Körperschallimmissionen herangezogen.

4 BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.1 VORBEMERKUNG

Die Beurteilung der Luftschallimmissionen eines Schienenverkehrsweges ist mit Vorlage der 16. Bundes-Immissionsschutzverordnung [5] eindeutig geregelt.

Für die Beurteilung der von Schienenverkehrswegen ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existieren dagegen keine rechtlich bindenden Immissionsrichtwerte. In der Genehmigungspraxis beim Neubau von Schienenverkehrswegen haben sich die im folgenden beschriebenen Beurteilungskriterien bewährt. Beim Umbau einer Gleisanlage kommt es zunächst darauf an, dass möglichst keine Verschlechterung entsteht. Entsprechend haben sich in der Genehmigungspraxis ergänzend zu den folgend aufgelisteten Regelwerken die im Weiteren beschriebenen Änderungskriterien bewährt.

4.2 ERSCHÜTTERUNGEN

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen erfolgt entsprechend DIN 4150 [6].

- Teil 2 – Erschütterungen im Bauwesen,
Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1]
- Teil 3 – Erschütterungen im Bauwesen,
Einwirkungen auf bauliche Anlagen [7].

Demnach werden Erschütterungsimmissionen des Schienenverkehrs im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden wie folgt behandelt:

Grundsätzlich erfolgt die Beurteilung anhand der Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 1 der Norm (hier Tabelle 5). Im Rahmen von Prognosen erübrigt sich eine Beurteilung nach dem Anhaltswert A_o .

- Für unterirdischen Schienenverkehr gelten die Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 5.
- Für oberirdischen Schienenverkehr des ÖPNV (Straßen-, Stadt-, S- und U-Bahnen) gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte der Tabelle 5.
- Im Rahmen von städtebaulichen Planungen sollte auf den Faktor 1,5 bei der Bewertung des ÖPNV verzichtet werden.
- Für sonstigen oberirdischen Schienenverkehr gelten bei neu zu bauenden Strecken die Anhaltswerte der Tabelle 5.
- Für Änderungen am Bestand gelten die Hinweise am Ende dieses Abschnittes

Die Tabelle 1 der DIN 4150-2 (Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungs-
immissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen, hier Tabelle 5 [1]) wird wie
folgt wiedergegeben:

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO [8] angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Tabelle 5: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [1] in Anlehnung an die Gebietseinstufungen nach BauNVO [8].

Das Beurteilungsverfahren der Norm wird - angepasst an die speziellen Belange des Schienenverkehrs der Eisenbahn und des ÖPNV- wie folgt erläutert.

Für die Beurteilung ist zunächst die maximale bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax}) heranzuziehen und mit dem Anhaltswert A_u zu vergleichen:

$$KB_{Fmax} \leq A_u \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (Eisenbahn)} \quad (1)$$

$$KB_{Fmax} \leq 1,5 \cdot A_u \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (ÖPNV)} \quad (2)$$

Liegt für die Eisenbahn KB_{Fmax} über A_u (bzw. $1,5 \cdot A_u$ für den ÖPNV), so ist unter Verwendung der Fahrplandaten die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTT} zu ermitteln. Für Schienenwege kann KB_{FTT} unter Verwendung des auf die einzelnen Gleise bezogenen Taktmaximal-Effektivwertes (KB_{FTm}) nach Gleichung (3) berechnet werden:

$$KB_{FTT} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^g N_{ei} KB_{FTm,i}^2} \quad (3)$$

N_r Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum

tags: $N_r = 1920$

nachts: $N_r = 960$

N_{ei} Anzahl der Fahrten auf Gleis i im jeweiligen Beurteilungszeitraum

g Anzahl der Gleise

(Hinweis: Für Züge und Stadtbahnen gilt, dass die Erschütterungseinwirkungszeit einer Vorbeifahrt kleiner als 30 s ist. Bei Güterzügen kann die Einwirkzeit auch zwischen 30 s und 60 s liegen.).

Für die Beurteilung der Erschütterungen in Wohngebäuden gilt jetzt:

$$KB_{FTT} \leq A_r \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (Eisenbahn)} \quad (4)$$

$$KB_{FTT} \leq 1,5 \cdot A_r \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (ÖPNV)} \quad (5)$$

Bei Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] ist nicht auszuschließen, dass die Nutzer des Gebäudes Erschütterungen spüren und diese als belästigend ansehen. Die Norm geht lediglich davon aus, dass erhebliche Belästigungen in der Regel ausgeschlossen werden können.

Im Falle des Umbaus einer vorhandenen Gleisanlage treten im Bestand schon nachweisbare Erschütterungsimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Insofern liegt eine Vorbelastung vor, die bei der weiteren Beurteilung berücksichtigt wird. Eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen von Schienenverkehrswegen um weniger als 25 % durch Umbauplanungen wird allgemein als zulässig angesehen. Insofern ergibt sich folgende Vorgehensweise bei der Beurteilung:

$$KB_{FTr,Bestand} \cdot 125\% < KB_{FTr,Planung} \rightarrow \text{keine Schutzmaßnahme erforderlich} \quad (6)$$

Obige Regelung gilt, solange keine Gesundheitsgefährdung vorliegt, auch im Falle der Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1]. Eine Festlegung dazu, bei welcher Größenordnung Erschütterungsimmissionen eine Gesundheitsgefährdung darstellen liegt nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass dies erst bei Werten deutlich über den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] eintritt.

4.3 KÖRPERSCHALL

Ein Orientierungswert zur Beurteilung der Zulässigkeit der durch Körperschallübertragungen des Schienenverkehrs entstehenden Innenraumpegel (Sekundärluftschall) ist weder gesetzlich festgelegt noch in einer DIN-Norm oder VDI-Richtlinie angegeben. Die im Rahmen für Planungen von Verkehrswegen heranzuziehende 16.BImSchV [5] befasst sich mit den Luftschallimmissionen und beinhaltet keine Festlegungen für Körperschallimmissionen. Die bei städtebaulichen Planungen durchzuführende Beurteilung der Luftschallimmissionen erfolgt in der Regel nach DIN 18005 – Schallschutz im Städtebau - [9]. Im zugehörigen Beiblatt 1 werden Orientierungswerte für die Beurteilung der Luftschallpegel im Rahmen von städtebaulichen Planungen angegeben. Die Beurteilung bezieht sich auf Mittelungspegel im Außenbereich. Hinweise für die Beurteilung von Körperschallpegel in Wohnräumen sind der Norm ebenfalls nicht zu entnehmen.

Der 7. Senat des Bundesverwaltungsgerichts hat zu einer Eisenbahnplanung [10] u. a. folgende Festlegungen zur Beurteilung der Körperschallimmissionen (sekundärer Luftschall) getroffen:

Ein spezielles Regelwerk zur Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle beim sekundären Luftschall gibt es bislang nicht. Zur Schließung dieser Lücke ist auf Regelungen zurück-zugreifen, die auf von der Immissionscharakteristik vergleichbare Sachlagen zugeschnitten sind. Dabei ist in erster Linie dem Umstand Rechnung zu tragen, dass es sich bei dem hier auftretenden sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt. Das legt eine Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) nahe (vgl. auch VGH Mannheim, Urteil vom 8. Februar 2007 – 5 S 2224/05 – ESVGH 57, 148 <168ff.>=juris Rn. 121 ff.; Geiger, in Ziekow, Praxis des Fachplanungsrechts, 2004, 2. Kap. Rn 336).

Zu Recht setzt die Beklagte den in der Tabelle 1 der Anlage zur 24. BImSchV (Berechnung der erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maße) aufgeführten „Korrektursummand D in dB zur Berücksichtigung der Raumnutzung“ nicht mit dem grundsätzlich einzuhaltenden Innengeräuschpegel gleich. Denn dieser ergibt sich erst durch die Hinzurechnung eines weiteren Korrekturwerts von 3 dB (A), der die unterschiedliche Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtetem Schall gegenüber diffusen Schallfeldern berücksichtigt (siehe BRDrucks 463/96 S. 16; BRDrucks 463/96 S. 4 f.; 7).

Bei Neubauplanungen von Eisenbahntrassen erfolgt, basierend auf diesem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts [10], in der Regel eine Beurteilung der Körperschallpegel anhand der um 3 dB(A) erhöhten zulässigen Innenraumpegel nach 24. BImSchV [11]. Demnach wäre ein Dauergeräuschpegel von 30 dB(A) für Schlafräume, 40 dB(A) für Wohnräume und 45 dB(A) für Büros zulässig.

Bei diesem für Eisenbahnen entstandenem Urteil bleibt unberücksichtigt, dass bei Straßenbahnen deutlich geringere Einwirkzeiten für Körperschallimmissionen auftreten. Der Unterschied zwischen Maximalpegel und Beurteilungspegel steht damit bei Straßenbahnen in einem ungünstigeren Verhältnis als bei Eisenbahnen. Insofern ist es bei Straßenbahnen empfehlenswert, eine Beurteilung der Maximalpegel vorzunehmen. Dies kann beispielsweise nach VDI 2719 [2] erfolgen.

In der VDI-Richtlinie 2719 – Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen - [2] werden in der Tabelle 6 (hier Tabelle 6) Anhaltswerte für von außen in Aufenthaltsräume eindringendem Schall genannt, die nicht überschritten werden sollten. Auch diese Werte gelten in strenger Anwendung der VDI 2719 [2] nur für Luftschallübertragungen. Im Rahmen von Planfeststellungsverfahren für Schienenverkehrswege erfolgt häufig eine Orientierung an diesen Werten, wobei in der Regel, wie zuvor beschrieben, das Maximalwertkriterium maßgebend ist.

Raumart	mittlere Maximalpegel \bar{L}_{max} in dB(A)
Schlafräume nachts	
in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	35 bis 40
in allen übrigen Gebieten	40 bis 45
Wohnräume tagsüber	
in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	40 bis 45
in allen übrigen Gebieten	45 bis 50
Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber	
Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen Aulen	40 bis 50
Büros für mehrere Personen	45 bis 55
Großraumbüros, Gaststätten, Schallerräume, Läden	50 bis 60

Tabelle 6: Anhaltswerte für zulässige Innenpegel nach VDI 2719 [2]

Im Falle des Umbaus einer vorhandenen Gleisanlage treten im Bestand schon nachweisbare Körperschallimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Insofern liegt eine Vorbelastung vor, die bei der weiteren Beurteilung berücksichtigt wird. Für den Körperschall kann dann in Anlehnung an die Bestimmungen der 16. BImSchV [5] festgelegt werden, dass eine Erhöhung des Körperschallimmissionsstatus um mind. 3 dB (A) als wesentliche Änderung anzusehen ist. Die Beurteilung kann also wie folgt erfolgen:

$$\Delta L_p < 3 \text{ dB(A)} \rightarrow \text{keine Schutzmaßnahme erforderlich} \quad (7)$$

$$\text{mit } \Delta L_p = \Delta L_{p,Planung} - \Delta L_{p,Bestand} \quad (8)$$

5 IMMISSIONSPROGNOSE

Für die Vorausbestimmung der von oberirdischen Stadtbahnstrecken ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existiert bis heute kein rein analytisches Verfahren. Die Immissionsprognose erfolgt daher auf der Basis des Entwurfes für die DIN 45672-3:2023-02 – Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen – Teil 3: Prognoseverfahren auf Basis von Terzspektren [12].

Hinweise zur Durchführung der Immissionsprognose enthält die Richtlinie VDI 3837 – Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, von Januar 2013 [13], in der ein spektrales Prognoseverfahren global beschrieben wird. Ein konkretes Rechenverfahren mit festgelegten Rechenparametern wird dort allerdings nicht angegeben.

Die Prognose der frequenzabhängigen Schwinggeschwindigkeit $L_v(f_{Tn})$ an einem Immissionspunkt erfolgt entsprechend Gleichung (9) (Gleichung (1) der DIN [12]).

$$L_v(f_{Tn}) = L_{v,E}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,BB}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,FB}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,DF}(f_{Tn}) + D_e(f_{Tn}) \quad (9)$$

f_{Tn}	Frequenz der n -ten Terz im Terzspektrum
$L_{v,E}(f_{Tn})$	Emissionsspektrum (Emissionssystem)
$L_{v,BB}(f_{Tn})$	Einfluss der Schwingungsausbreitung im Boden zwischen Emissionspunkt und Gebäude (Transmissionssystem)
$L_{v,FB}(f_{Tn})$	Übertragung vom Boden auf das Gebäude (primäres Immissionssystem)
$L_{v,DF}(f_{Tn})$	Übertragung innerhalb des Gebäudes (sekundäres Immissionssystem)
$D_e(f_{Tn})$	Minderungswirkung von Maßnahmen (Einfügungsdämm-Maß, siehe DIN 45673-1 [14])

Für die Berechnung der Erschütterungsimmissionen ist entsprechend [12] der Frequenzbereich von $f_T = 5 - 250$ Hz relevant. Aus dem prognostizierten Schwinggeschwindigkeitspegeln wird die bewertete Schwingstärke in Form des Taktmaximal-Effektivwertes bestimmt. Aus diesem Wert lässt sich dann die Beurteilungs-Schwingstärke unter Berücksichtigung der Fahrtenanzahl ermitteln [1].

Für die Berechnung der Körperschallimmissionen ist der Frequenzbereich $f_T = 5 - 250$ Hz zu betrachten. Aus dem unbewerteten Schalldruckpegel am Immissionsort werden dann der für die Beurteilung anhand des Orientierungswertes nach VDI 2719 [2] maßgebende A-bewertete Schalldruckpegel in Form des mittleren Maximalpegels sowie der für die Beurteilung nach Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts [10] benötigte Beurteilungspegel ermittelt.

5.1 ERSCHÜTTERUNGSSIMMISSIONEN

Für die hier durchzuführenden Betrachtungen werden die Ergebnisse der Immissionsprognose mit den entsprechenden Anhalts- und Orientierungswerten nach Abschnitt 4 verglichen und beurteilt.

$$KB_{FTm} = K_b v_0 10^{L'_v/20} \quad (10)$$

empirisch ermittelter Korrekturwert für folgende, den Schienenverkehr betreffende Rechenmodi

- K_b
- Anpassung L_v an v
 - Bestimmung von KB_F aus v

hier: $K_b = 1$

$v_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ mm/s Bezugsgeschwindigkeit

L'_v Schwinggeschwindigkeitspegel für den Frequenzbereich $f_T \in \{4, 250\}$ Hz

Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke (KB_{FTm}) als Prognosewert. Aus KB_{FTm} wird unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungsschwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich in etwa zu:

$$KB_{Fmax} = 1,5 KB_{FTm} \quad (11)$$

5.2 KÖRPERSCHALLIMMISSIONEN

Aus der Immissionsprognose ergibt sich der Schwinggeschwindigkeitspegel des betrachteten Deckenfeldes. Aus dem Schwinggeschwindigkeitspegel lässt sich der im Raum aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) abschätzen. Hierzu lässt sich ein beispielsweise aus einer Messung ermitteltes Umwandlungsmaß anwenden. Alternativ kann der Sekundärluftschall nach einer Rechenfunktion (siehe A. Said, H.-P. Grütz, R. Garburg: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung Januar 2006/ 53. Jahrgang Seite 12 ff [15]) wie folgt abgeschätzt werden:

$$L_p = X \text{ [dB]} + y L_{v,p} \text{ [dB]} \quad (12)$$

- X Festwert in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart
 y Faktor in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart
jeweils im Frequenzbereich $f_T \in \{5, 80\}$ Hz

Bei der Verwendung dieser Rechenfunktion wird das Umwandlungsmaß nicht ausgewiesen, da der Schalldruckpegel direkt ermittelt wird. Aus den vorbereiteten Prognosewerten des Schalldrucks wird anschließend der bewertete Summenschallpegel ermittelt:

$$L_{pAm} = 10 \log \left(\sum_{i=f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1(L_{pm,T} + K_A)} \right) \text{ dB(A)} \quad (13)$$

- f_{Tu}, f_{To} untere bzw. obere Terzmittenfrequenz des maßgebenden Frequenzbereiches
 $f_{Tu} = 5 \text{ Hz}$ bis $f_{To} = 80 \text{ Hz}$
 $L_{pm,T}$ Schalldruckpegel bei der entsprechenden Terzmittenfrequenz
 K_A A-Bewertung entsprechend DIN 45634

Da die Prognose auf energetischen Mittelwerten (L_{pAm}) basiert, entsprechen die Ergebnisse der Berechnung des Sekundärluftschalls dem zu erwartenden mittleren Maximalpegel. Der absolute Maximalpegel ergibt sich in etwa zu:

$$L_{pAmax} = L_{pAm} + 3 \text{ dB(A)} \quad (14)$$

6 PROGNOSEERGEBNISSE UND BEURTEILUNG

Das angesetzte Emissionsspektrum entspricht einem für den Betrieb von Stadtbahnen in Mannheim typischen Spektrum und wird in Tabelle 7 inkl. des angesetzten Weichenzuschlags dargestellt.

f_{Tn} [Hz]	4	5	6	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	62,5	80	100	125	160	200	250
Rasengleis $L_{v,E}$ (50 km/h) [dB]	20	22	25	34	43	46	51	53	56	61	66	66	66	64	58	49	45	40	34
Rasengleis $L_{v,E}$ (30 km/h) [dB]	16	18	21	30	39	42	47	49	52	57	62	62	62	60	54	45	41	36	30
Asphalt-eindeckung $L_{v,E}$ (50 km/h) [dB]	22	24	27	36	45	48	53	55	58	63	68	68	68	66	60	51	47	42	36
Asphalt-eindeckung $L_{v,E}$ (30 km/h) [dB]	18	20	23	32	41	44	49	51	54	59	64	64	64	62	56	47	43	38	32
Weichen-zuschlag [dB]	0	0	0	0	0	1	1	9	11	13	11	5	8	8	6	3	2	1	1

Tabelle 7: verwendetes Emissionsspektrum und Weichenzuschlag

In der Planung befinden sich Gebäude in unmittelbarer Nähe zu der Haltestelle. Der Einfluss der Lage der Gleisachse wird nach Gleichung (4) und (5) des Entwurfs der DIN 45672-3 [12] wie folgt festgelegt:

$$\Delta L_{v,BB} = 20 \log_{10} \left(\left(\frac{R}{R_0} \right)^{-n} e^{(-\alpha(R-R_0))} \right) \quad (15)$$

- n von der Wellenart, der Quellengeometrie und der Art der Schwingung
abhängiger Exponent; hier: $n = 1,3$
- R Gebäudeabstand zur Gleistrasse
- R_0 bisheriger Gebäudeabstand zur Gleistrasse (bei Neubau der Gleistrasse wird
der Abstand auf $R_0 = 1$ m (unterirdisch) $R_0 = 10$ m (oberirdisch) bezogen)
- α Abklingkoeffizient [1/m]; $\alpha \approx 2\pi \frac{D}{\lambda}$
- D Dämpfungsgrad; hier: $D = 0,002$ bis $D = 0,02$ (frequenzabhängig)
- λ maßgebende Wellenlänge [m]; $\lambda = \frac{c}{f}$
- c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s]; hier: $c = 160$ m/s
- f Frequenz [Hz]

Die Berechnung nach Gleichung (15) setzt eine Übertragung ohne Körperschallbrücke im Boden voraus. Hinweis: Bodenverfestigungen durch HDI oder ähnliche Maßnahmen wirken sich ggf. ungünstig als Körperschallbrücken aus.

Weiterhin ist der Einfluss des Gebäudes auf die Schwingungsausbreitung vom Fundament zur maßgebenden Gebäudedecke zu berücksichtigen. Für die Immissionsprognose wurden die Gebäude in zwei unterschiedliche Kategorien (Holzbalkendecke und Betondecke) eingeteilt, für die die entsprechenden Differenzspektren in dem Entwurf der DIN 45672-3 [12] wiedergegeben sind. Für jede Kategorie sind vier Spektren dargestellt, die die Bandbreite der zu erwartenden Übertragung darstellen.

Im Rahmen der Immissionsprognose wurden mehrere Immissionsorte (IO) ausgewählt und beurteilt. Für die restlichen Gebäude im Einwirkungsbereich gelten analoge Schlussfolgerungen. Die beurteilten Immissionsorte sind in Tabelle 8 zusammen mit der bei der Ortsbegehung eingeschätzten Deckenkategorie und den sich daraus ergebenden Anhalts- und Orientierungswerten nach Abschnitt 4 aufgelistet.

IO	Adresse	Decke (vrsl.)	A_u		A_r		\bar{L}_{max} [dB(A)]	
			T	N	T	N	T	N
1	Lindenhofplatz 4	Beton	0,225	0,15	0,105	0,075	45	40
2	Glücksteinallee 1a	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	50	45
3	Glücksteinallee 32	Beton	0,225	0,15	0,105	0,075	45	40
4	Glücksteinallee 37	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	60	–
5	John-Deere-Str. 70a	Beton	0,45	0,3	0,225	0,15	55	–
6	Grenzweg 10	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	50	45
7	Paul-Wittsack-Str. 10J	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	50	–
8	Rampenweg 3	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	50	45
9	Speyerer Str. 2 (B)	Beton	0,3	0,225	0,15	0,105	50	–

Tabelle 8: Liste der beurteilten Immissionsorte

In der Anlage-Nr. 1 ist die örtliche Situation und die Lage der Immissionsorte in Lageplänen dargestellt. Der Anlage-Nr. 2 sind Fotos der exemplarisch ausgewählten Gebäude zu entnehmen. Der Anlage-Nr. 3 sind die Ergebnisblätter der Prognoseberechnung zu entnehmen. Die für die weitere Beurteilung relevanten Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Rot markierte Werte stellen Überschreitungen der Anhalts- und Orientierungswerte aus Tabelle 8 dar.

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Innenraumpegel			
		KB_{FTm}	KB_{Fmax}	KB_{FTTr}		L_{pAm}	L_{pAmax}	L_r	
				Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
								Tag	Nacht
1	Lindenhofplatz 4	0,039	0,059	0,012	<0,01	28,4	31,4	18,2	<15,0
		0,042	0,063	0,013	<0,01	29,0	32,0	18,8	<15,0
		0,048	0,072	0,015	<0,01	29,7	32,7	19,5	<15,0
		0,060	0,089	0,018	0,01	30,7	33,7	20,5	15,3
2	Glücksteinallee 1a	0,030	0,045	<0,01	<0,01	25,9	28,9	15,8	<15,0
		0,031	0,047	<0,01	<0,01	26,6	29,6	16,4	<15,0
		0,035	0,052	0,011	<0,01	27,3	30,3	17,1	<15,0
		0,042	0,063	0,013	<0,01	28,4	31,4	18,3	<15,0
8	Rampenweg 3	0,138	0,206	0,044	0,023	36,9	39,9	26,9	21,5
		0,153	0,229	0,048	0,026	37,5	40,5	27,5	22,2
		0,182	0,273	0,058	0,031	38,1	41,1	28,1	22,8
		0,236	0,354	0,075	0,040	38,8	41,8	28,9	23,5
9	Speyerer Str. 2 (B)	0,163	0,244	0,052	0,028	38,1	41,1	28,1	22,7
		0,182	0,273	0,058	0,031	38,7	41,7	28,8	23,4
		0,217	0,325	0,069	0,037	39,3	42,3	29,4	24,0
		0,283	0,425	0,090	0,048	40,0	43,0	30,0	24,7

Tabelle 9: Ergebnisse der Immissionsprognose für je vier angenommene Deckeneigenfrequenzen im Prognose-Nullfall

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Innenraumpegel			
		KB_{FTm}	KB_{Fmax}	KB_{FTr}		L_{pAm}	L_{pAmax}	L_r	
				Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
								Tag	Nacht
1	Lindenhofplatz 4	0,061	0,091	0,023	0,011	28,0	31,0	19,7	<15,0
		0,074	0,111	0,028	0,013	28,7	31,7	20,5	<15,0
		0,090	0,135	0,035	0,016	29,6	32,6	21,4	<15,0
		0,094	0,141	0,036	0,017	30,7	33,7	22,5	15,7
2	Glücksteinallee 1a	0,195	0,293	0,075	0,035	37,7	40,7	29,4	22,7
		0,246	0,369	0,095	0,044	38,4	41,4	30,1	23,4
		0,320	0,481	0,124	0,057	39,1	42,1	30,8	24,0
		0,375	0,563	0,145	0,066	39,8	42,8	31,5	24,7
3	Glücksteinallee 32	0,210	0,315	0,048	<0,01	39,9	42,9	27,1	<15,0
		0,236	0,354	0,054	0,011	40,5	43,5	27,8	<15,0
		0,283	0,424	0,065	0,013	41,1	44,1	28,4	<15,0
		0,372	0,558	0,086	0,017	41,7	44,7	29,0	<15,0
4	Glücksteinallee 37	0,179	0,269	0,041	<0,01	39,2	42,2	26,4	<15,0
		0,202	0,303	0,047	<0,01	39,8	42,8	27,1	<15,0
		0,242	0,362	0,056	0,011	40,4	43,4	27,7	<15,0
		0,318	0,477	0,073	0,015	41,0	44,0	28,3	<15,0
5	John-Deere-Straße 70a	0,184	0,276	0,042	<0,01	38,9	41,9	26,2	<15,0
		0,206	0,309	0,048	<0,01	39,6	42,6	26,9	<15,0
		0,246	0,370	0,057	0,011	40,2	43,2	27,5	<15,0
		0,323	0,485	0,074	0,015	40,8	43,8	28,1	<15,0
6	Grenzweg 10	0,325	0,488	0,075	0,015	40,3	43,3	27,5	<15,0
		0,410	0,616	0,095	0,019	41,0	44,0	28,2	<15,0
		0,534	0,801	0,123	0,024	41,7	44,7	28,9	<15,0
		0,625	0,938	0,144	0,029	42,3	45,3	29,6	15,5
7	Paul-Wittsack-Straße 10J	0,799	1,198	0,184	0,036	46,6	49,6	33,8	19,7
		1,005	1,507	0,232	0,046	47,3	50,3	34,5	20,4
		1,319	1,978	0,304	0,060	47,9	50,9	35,1	21,1
		1,607	2,410	0,370	0,073	48,4	51,4	35,6	21,5
8	Rampenweg 3	0,325	0,488	0,126	0,058	40,3	43,3	32,0	25,2
		0,410	0,616	0,159	0,073	41,0	44,0	32,7	25,9
		0,534	0,801	0,206	0,094	41,7	44,7	33,4	26,6
		0,625	0,938	0,242	0,111	42,3	45,3	34,1	27,3
9	Speyerer Str. 2 (B)	0,610	0,915	0,236	0,108	44,8	47,8	36,5	29,7
		0,769	1,153	0,297	0,136	45,5	48,5	37,2	30,4
		1,008	1,513	0,390	0,178	46,1	49,1	37,9	31,1
		1,219	1,828	0,471	0,215	46,7	49,7	38,4	31,6

Tabelle 10: Ergebnisse der Immissionsprognose für je vier angenommene Deckeneigenfrequenzen im Prognose-Planfall

IO	Gebäude	Zunahme Deckenfeldschwingung ΔKB_{FTr} [%]		Zunahme Innenraumpegel	
				ΔL_{pAm}	ΔL_{pAmax}
		Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)
1	Lindenhofplatz 4	92	7	-0,4	-0,4
		119	30	-0,3	-0,3
		133	59	-0,1	-0,1
		97	63	<0,1	<0,1
2	Glücksteinallee 1a	653	245	11,8	11,8
		850	335	11,8	11,8
		1043	466	11,8	11,8
		1015	563	11,3	11,3
8	Rampenweg 3	188	145	3,4	3,4
		227	178	3,5	3,5
		258	204	3,5	3,5
		223	174	3,5	3,5
9	Speyerer Str. 2 (B)	357	289	6,7	6,7
		415	338	6,8	6,8
		467	380	6,8	6,8
		424	344	6,7	6,7

Tabelle 11: Änderung der Schwingungsimmissionen zwischen Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der neuen Stadtbahntrasse im der Glückstein-Quartier zu fühlbaren Erschütterungsimmissionen kommen kann ($KB_{Fmax} > 0,1$). Darüber hinaus werden bei einem Teil der untersuchten Objekte die Anhaltswerte A_r der DIN 4150-2 [1] überschritten. An einigen der untersuchten Objekte werden die Anhaltswerte nur knapp eingehalten. Die Erschütterungsimmissionen nehmen im Umbaubereich, besonders in der Umgebung der neu geplanten Weichenanlagen, voraussichtlich um mehr als 25 % zu.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der neuen Stadtbahntrasse im der Glückstein-Quartier zu hörbaren Körperschallimmissionen kommen kann. Darüber hinaus werden bei einigen der untersuchten Objekte die Orientierungswerte der VDI 2719 [2] vrs! überschritten. An einigen der untersuchten Objekte werden die Orientierungswerte vrs! nur knapp eingehalten. Es ist anzunehmen, dass die Körperschallimmissionen im Umbaubereich weiträumig um mehr als 3 dB(A) zunehmen.

Insgesamt ist festzustellen, dass Maßnahmen erforderlich sind, die eine Minderung der Schwingungsimmissionen bewirken. Dies gilt auf Grund des getrennten Verkehrsweges auch, wenn schon von fühl- und hörbaren Immissionen der DB-Strecken auszugehen ist. Diesbezüglich ist vor der Minderungsplanung jedoch zu prüfen, ob bereits Schutzmaßnahmen

an einzelnen Objekten vorgesehen sind, um ungünstige oder unnötige
Maßnahmenausführungen im Bereich der Stadtbahntrasse zu vermeiden.

Mögliche Maßnahmen werden in Abschnitt 7 beschrieben.

7 MASSNAHMEN

Die Schwingungsemissionen einer Gleisanlage lassen sich durch den Einsatz elastischer Oberbausysteme entsprechend DIN 45673 – Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen [14] – beeinflussen.

Das elastische System muss gewährleisten, dass die Schwingungsimmissionen folgende Kriterien erfüllen:

Da es sich im Wesentlichen um einen Neubau handelt, müssen die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1] durch die Maßnahme eingehalten werden. Darüber hinaus müssen die Anhaltswerte der DIN 4150-3 für Einwirkungen auf Gebäude [7] eingehalten werden. Die Körperschallimmissionen müssen unterhalb der Orientierungswerte der VDI 2719 [2] liegen.

In den Weichen-Bereichen ist die Anordnung von Masse-Feder-Systemen geboten, da sich hier die prognostizierten Immissionen im Prognose-Planfall deutlich verschlechtern und gleichzeitig oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-3 liegen. Üblicherweise haben sich flächige Masse-Feder-Systeme, deren Schutzbereiche jeweils um min. 1 m über Weichenanfang- und Ende hinausgehen, in diesen Plansituationen bewährt.

Darüber hinaus ist in den Bereichen, in denen Wohngebiete durch den Neu- oder Umbau betroffen sind, eine elastische Schienenlagerung als Maßnahme vorzusehen.

Die genaue Auslegung der elastischen Systeme ist in der Ausführungsplanung rechnerisch zu bestimmen und festzulegen. Hierbei ist, wie zuvor erläutert, die Bausubstanz der umliegenden Bebauung zu berücksichtigen, insbesondere bezogen auf möglicherweise vorhandenen Schwingungsschutz. Ergänzend können durch Messungen die Schwingungsimmissionen im Bestand erfasst und berücksichtigt werden.

Die Prognose setzt eine Übertragung im Boden ohne Körperschallbrücke im Boden voraus und ist von den im Bericht beschriebenen Annahmen geprägt.

8 ANLAGEN

Anlage Nr.	Benennung
1.1	Planungsumgriff
1.2	Gebietseinstufung nach BauNVO
1.3	Immissionsorte und Gleisachsen
1.4	Oberbauformen Schiene
2	Fotos der Immissionsorte
3	Detaillierte Prognoseergebnisse ohne Maßnahmen



Projekt:
**Mannheim
Glückstein-Quartier**

Titel:
Planungsumgriff

Plan- bzw. Anlagennummer:
A 1.1

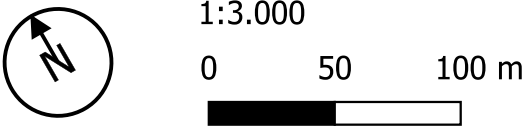
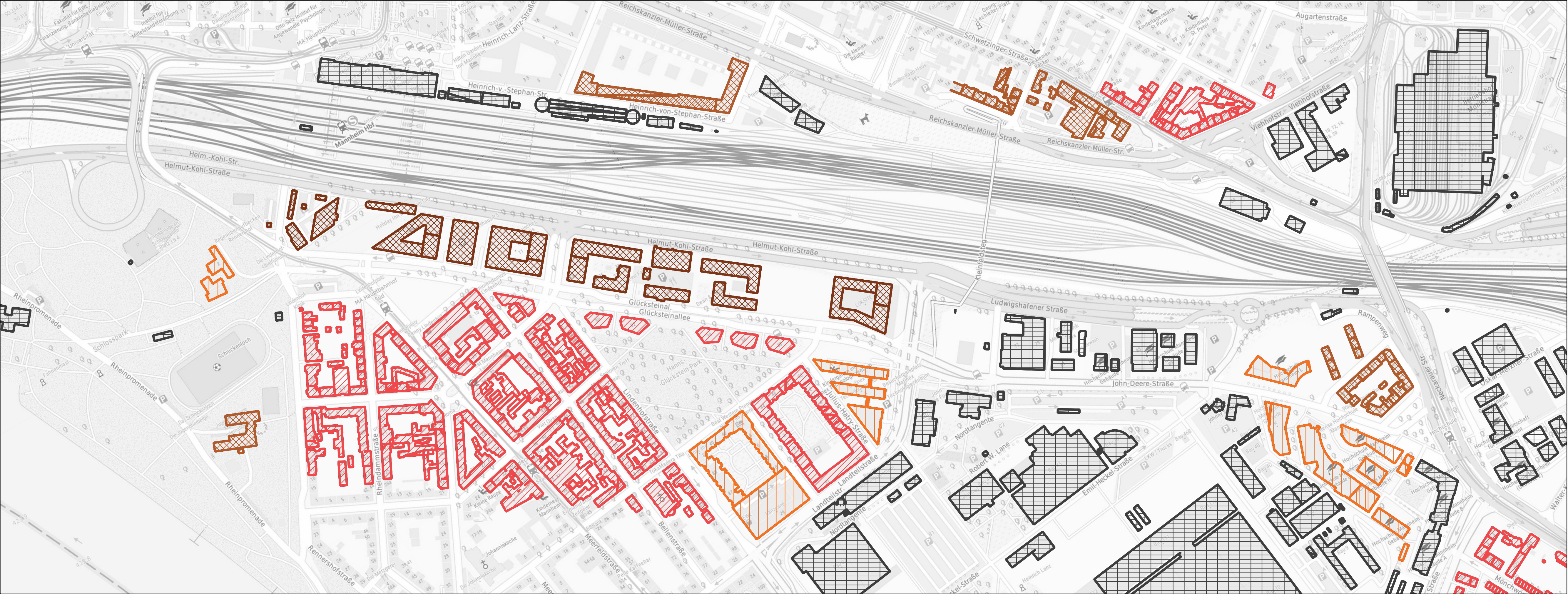
Bearbeiter:
L. Böhm

Projektnummer:
22/7068



FCP IBU GmbH

Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen



Legende:

- Immissionsorte**
- ▬ Gebäude im Rechenmodell
- Gebietseinstufung nach BauNVO**
- ▬ Gewerbegebiet / Industriegebiet
 - ▨ Kerngebiet
 - ▨ Mischgebiet
 - ▨ allgemeines Wohngebiet
 - ▨ Sondergebiet

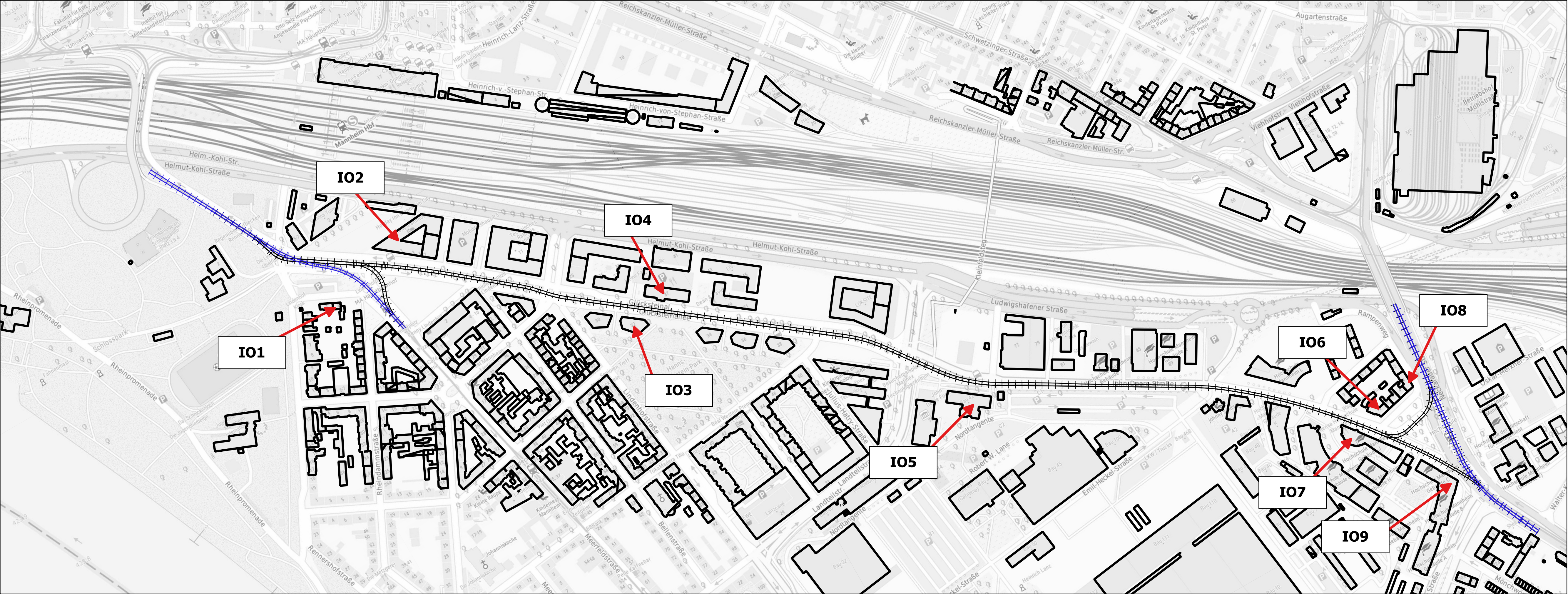
Projekt:
**Mannheim
Glückstein-Quartier**

Titel:
**Gebietseinstufung nach
BauNVO**

Plan- bzw. Anlagennummer:
A 1.2

Bearbeiter:
L. Böhm

Projektnummer:
22/7068



Legende:

- Immissionsorte
Gebäude im Rechenmodell
Gleisachsen
Prognose-Nullfall
Prognose-Planfall

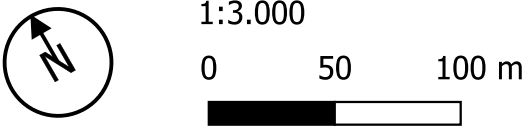
Projekt:
**Mannheim
Glückstein-Quartier**
Titel:
**Gleisachsen und
Immissionsorte**

Plan- bzw. Anlagennummer:
A 1.3

Bearbeiter:
L. Böhm
Projektnummer:
22/7068



FCP IBU GmbH
Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen



Legende:

- Immissionsorte**
- ▬ Gebäude im Rechenmodell
- Oberbauformen**
- Straßenbündiger Bahnkörper
 - Rasengleis hochliegend
 - Schienengleis im Schotterbett

Projekt:
**Mannheim
Glückstein-Quartier**

Titel:
**Oberbauformen
Prognose-Nullfall**

Plan- bzw. Anlagennummer:
A 1.4.1

Bearbeiter:
L. Böhm

Projektnummer:
22/7068

**FCP
IBU**

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen



Legende:

Immissionsorte

 Gebäude im Rechenmodell

Oberbauformen

— Straßenbündiger Bahnkörper

— Rasengleis hochliegend

— Schienengleis im Schotterbett

Projekt:

Mannheim Glückstein-Quartier

Titel:

Oberbauformen Prognose-Planfall

Plan- bzw. Anlagennummer:

A 1.4.2

Bearbeiter
L. Böhm

Projektnummer
22/7068

FCP
IBU

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen

AUFTRAGGEBER:
MV Mannheimer Verkehr
Möhlstraße 27
68165 Mannheim

AUFTRAG-NR.:
22-7068/2

Schwingungs- und Schalltechnische
Untersuchung

ANLAGE-NR.:
2.1

FOTOS IMMISSIONSPUNKTE

IO1: Lindenhofplatz 4



IO2: Glücksteinallee 1a



IO3: Glücksteinallee 32



IO4: Glücksteinallee 37



AUFTRAGGEBER:
MV Mannheimer Verkehr
Möhlstraße 27
68165 Mannheim

AUFTRAG-NR.:
22-7068/2

Schwingungs- und Schalltechnische
Untersuchung

ANLAGE-NR.:
2.2

FOTOS IMMISSIONSPUNKTE

IO5: John-Deere-Straße 70a



IO6: Grenzweg 10



IO7: Paul-Wittsack-Straße 10 J



IO8: Rampenweg 3



AUFTRAGGEBER:
MV Mannheimer Verkehr
Möhlstraße 27
68165 Mannheim

AUFTRAG-NR.:
22-7068/2

Schwingungs- und Schalltechnische
Untersuchung

ANLAGE-NR.:
2.3

FOTOS IMMISSIONSPUNKTE

IO9: Speyerer Straße 2 (B)



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.1. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 30 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	10.4	10.5	10.6	10.6
5	12.6	12.6	12.7	12.6
6	15.5	15.7	15.8	15.7
8	23.2	23.3	23.5	23.4
10	32.6	32.0	32.1	32.2
12.5	36.8	35.2	34.7	34.6
16	46.0	41.0	39.6	39.1
20	54.3	46.4	42.1	40.9
25	48.4	54.5	47.6	44.2
31.5	47.2	51.5	56.6	51.4
40	49.4	50.6	54.2	60.0
50	47.8	47.7	48.8	52.4
63	44.0	45.6	45.5	46.4
80	38.1	39.2	40.4	40.3
100	28.0	29.2	29.5	30.7
125	13.1	14.8	15.6	15.9
160	12.1	13.7	14.1	14.9
200	10.3	10.5	11.8	12.2
250	7.5	7.5	7.7	9.1

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.1. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

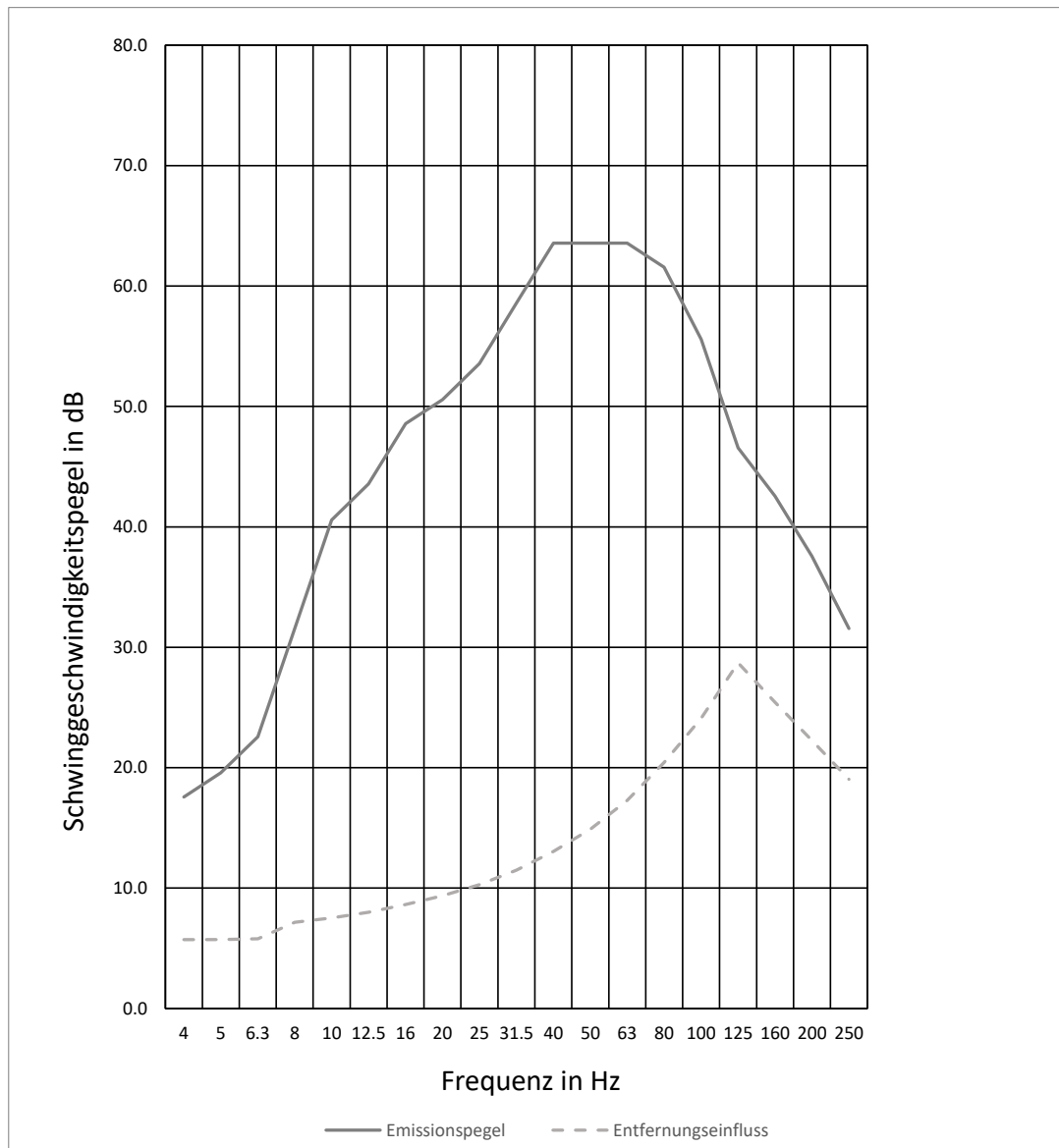
Fahrtanzahlen

Tag	184 Fahrten
Nacht	28 Fahrten

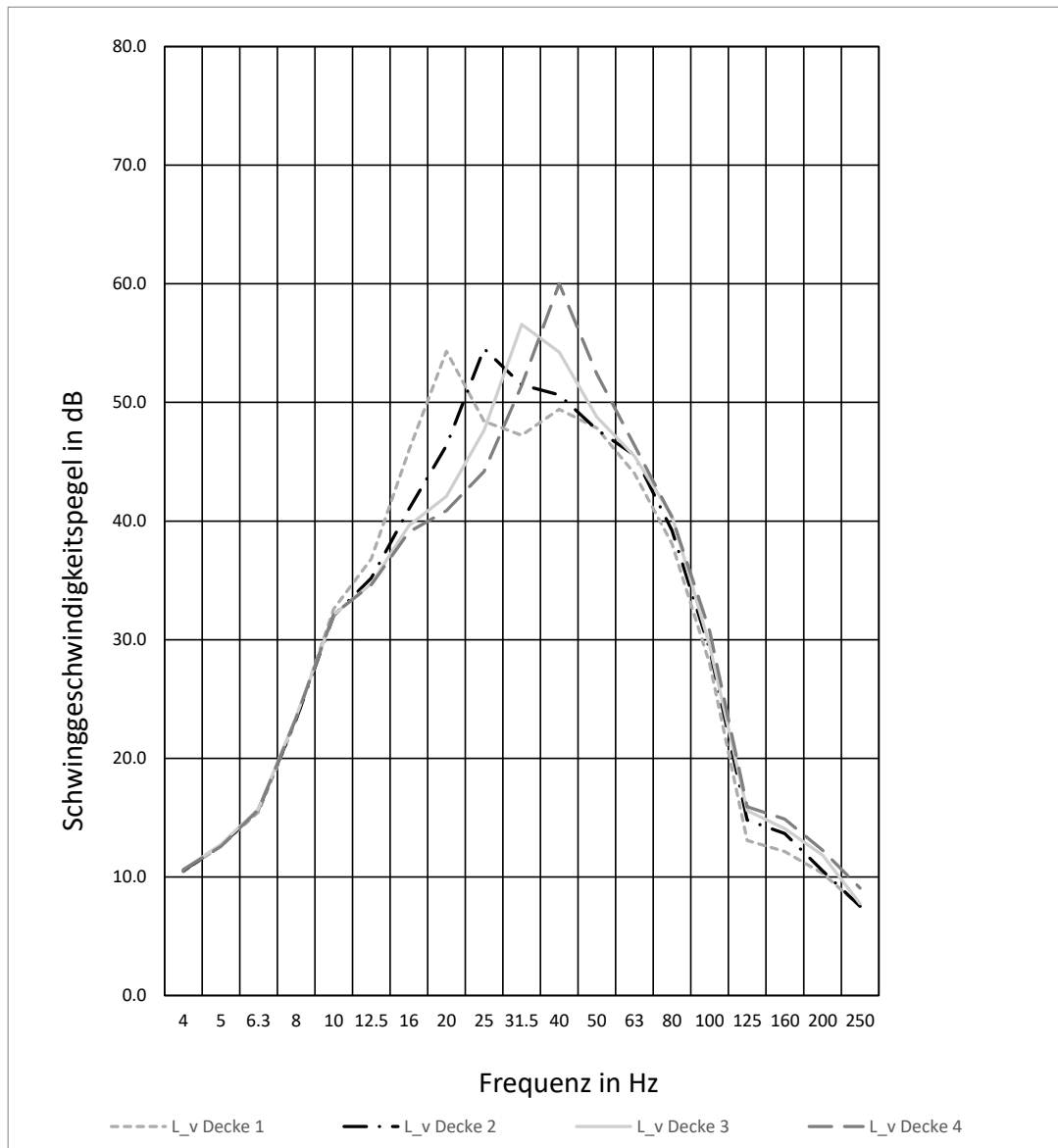
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.039	0.042	0.048	0.060
KB_Fmax =	0.059	0.063	0.072	0.089
KB_TFr Tag =	0.012	0.013	0.015	0.018
KB_FTr Nacht =	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.010
vmax [mm/s] =	0.078	0.080	0.101	0.150
L_pAm [dB(A)] =	28.4	29.0	29.7	30.7
L_pAmax [dB(A)] =	31.4	32.0	32.7	33.7
L_r Tag [dB(A)] =	18.2	18.8	19.5	20.5
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	15.3

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.1. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.1. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.2. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 30 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	9.6	9.7	9.7	9.8
5	11.8	11.8	11.9	11.7
6	14.6	14.8	14.9	14.8
8	22.0	22.0	22.3	22.1
10	31.2	30.6	30.7	30.8
12.5	35.3	33.7	33.2	33.1
16	44.2	39.3	37.9	37.4
20	52.4	44.4	40.2	38.9
25	46.2	52.3	45.4	42.0
31.5	44.7	48.9	54.0	48.9
40	46.4	47.6	51.2	57.0
50	44.3	44.1	45.2	48.8
63	39.7	41.3	41.2	42.1
80	32.9	34.0	35.2	35.1
100	21.7	22.9	23.2	24.4
125	5.4	7.1	7.9	8.2
160	5.4	7.0	7.4	8.2
200	4.5	4.8	6.1	6.5
250	2.7	2.7	2.9	4.3

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.2. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTM:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

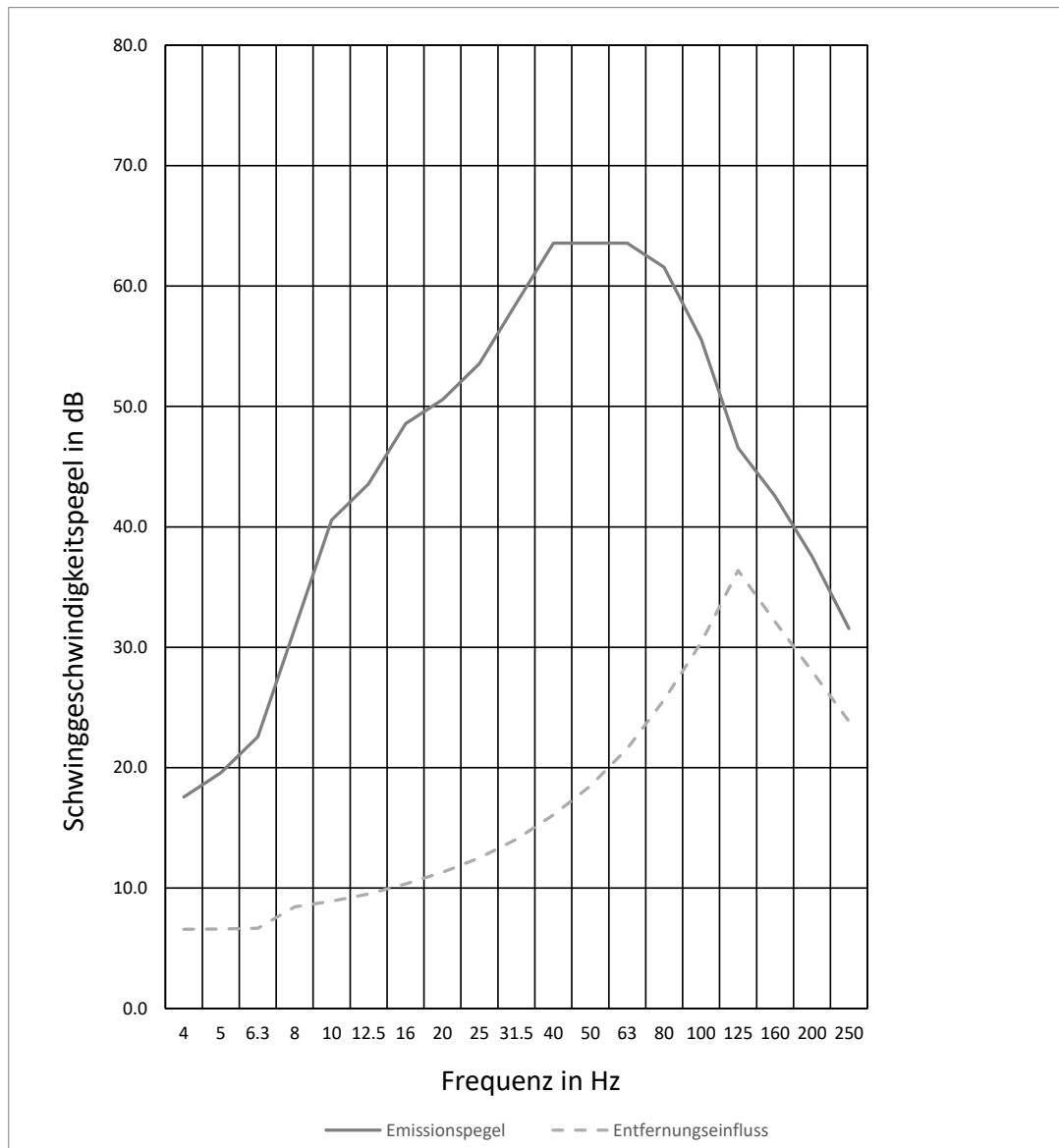
Fahrtanzahlen

Tag	184 Fahrten
Nacht	28 Fahrten

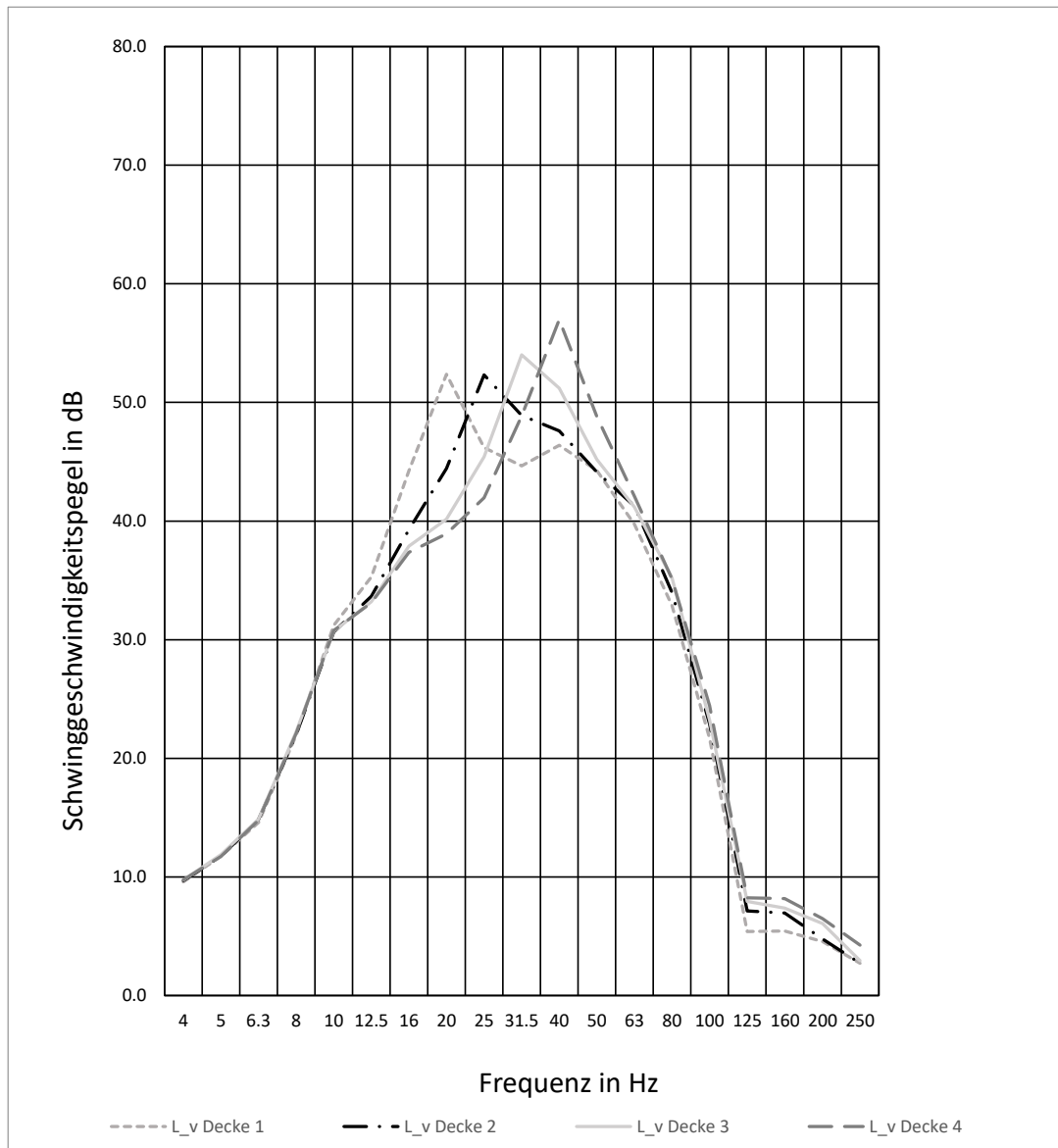
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTM =	0.030	0.031	0.035	0.042
KB_Fmax =	0.045	0.047	0.052	0.063
KB_TFr Tag =	< 0.01	< 0.01	0.011	0.013
KB_FTr Nacht =	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
vmax [mm/s] =	0.062	0.062	0.075	0.106
L_pAm [dB(A)] =	25.9	26.6	27.3	28.4
L_pAmax [dB(A)] =	28.9	29.6	30.3	31.4
L_r Tag [dB(A)] =	15.8	16.4	17.1	18.3
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.2. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.2. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.3. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	17.6	17.7	17.7	17.8
5	19.8	19.8	19.9	19.7
6	22.6	22.9	22.9	22.9
8	31.3	31.3	31.6	31.4
10	40.9	40.3	40.4	40.4
12.5	45.4	43.8	43.3	43.2
16	54.9	50.0	48.6	48.0
20	63.7	55.8	51.5	50.3
25	58.4	64.5	57.6	54.2
31.5	58.0	62.2	67.3	62.2
40	61.2	62.4	66.0	71.8
50	60.7	60.6	61.7	65.3
63	58.4	60.0	59.9	60.8
80	54.5	55.6	56.8	56.7
100	46.7	47.9	48.2	49.4
125	34.7	36.4	37.2	37.5
160	31.7	33.2	33.6	34.4
200	27.9	28.1	29.4	29.8
250	23.0	23.0	23.3	24.6

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.3. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

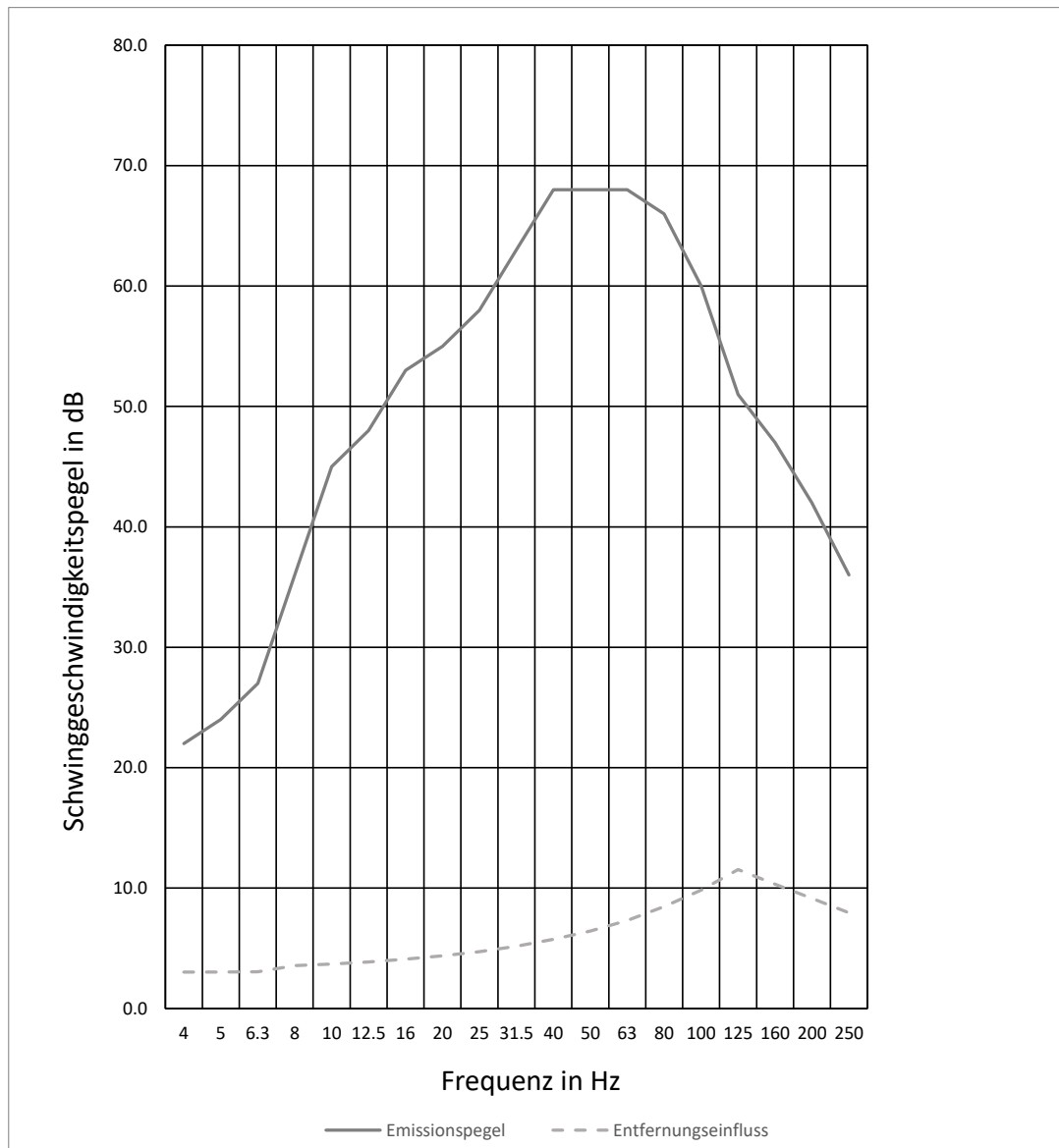
Fahrtanzahlen

Tag	193 Fahrten
Nacht	28 Fahrten

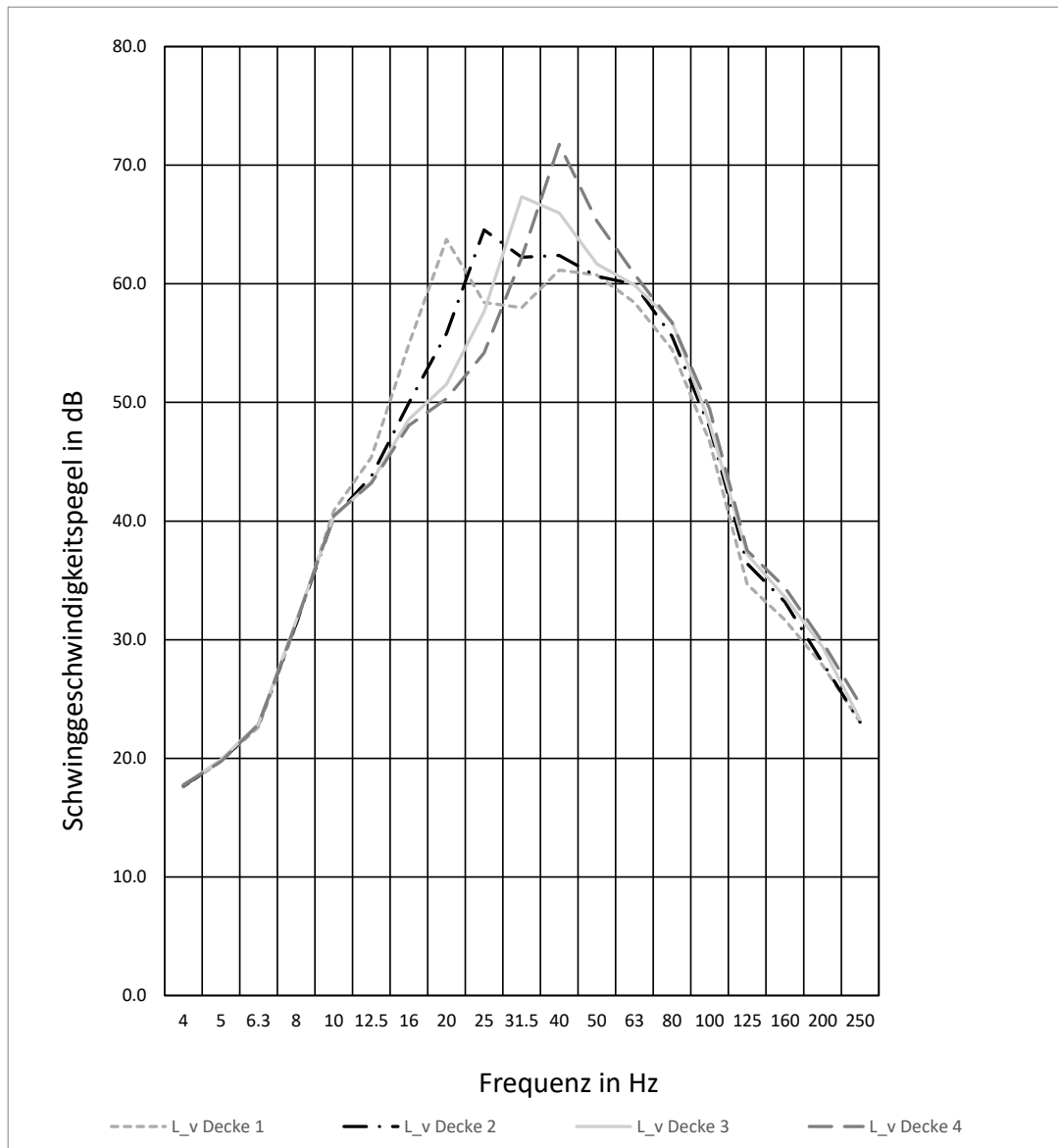
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.138	0.153	0.182	0.236
KB_Fmax =	0.206	0.229	0.273	0.354
KB_TFr Tag =	0.044	0.048	0.058	0.075
KB_FTr Nacht =	0.023	0.026	0.031	0.040
vmax [mm/s] =	0.231	0.253	0.349	0.581
L_pAm [dB(A)] =	36.9	37.5	38.1	38.8
L_pAmax [dB(A)] =	39.9	40.5	41.1	41.8
L_rTag [dB(A)] =	26.9	27.5	28.1	28.9
L_rNacht [dB(A)] =	21.5	22.2	22.8	23.5

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.3. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.3. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.4. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	18.3	18.4	18.4	18.5
5	20.5	20.5	20.6	20.4
6	23.4	23.6	23.6	23.6
8	32.1	32.2	32.4	32.3
10	41.8	41.2	41.3	41.3
12.5	46.3	44.7	44.2	44.2
16	56.0	51.0	49.6	49.1
20	64.9	56.9	52.6	51.4
25	59.6	65.8	58.9	55.4
31.5	59.3	63.6	68.7	63.6
40	62.7	63.9	67.5	73.3
50	62.5	62.4	63.4	67.0
63	60.4	62.0	61.9	62.8
80	56.8	57.9	59.2	59.1
100	49.5	50.7	51.0	52.2
125	37.9	39.7	40.5	40.8
160	34.6	36.1	36.5	37.3
200	30.4	30.6	31.9	32.3
250	25.2	25.2	25.5	26.8

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.4. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

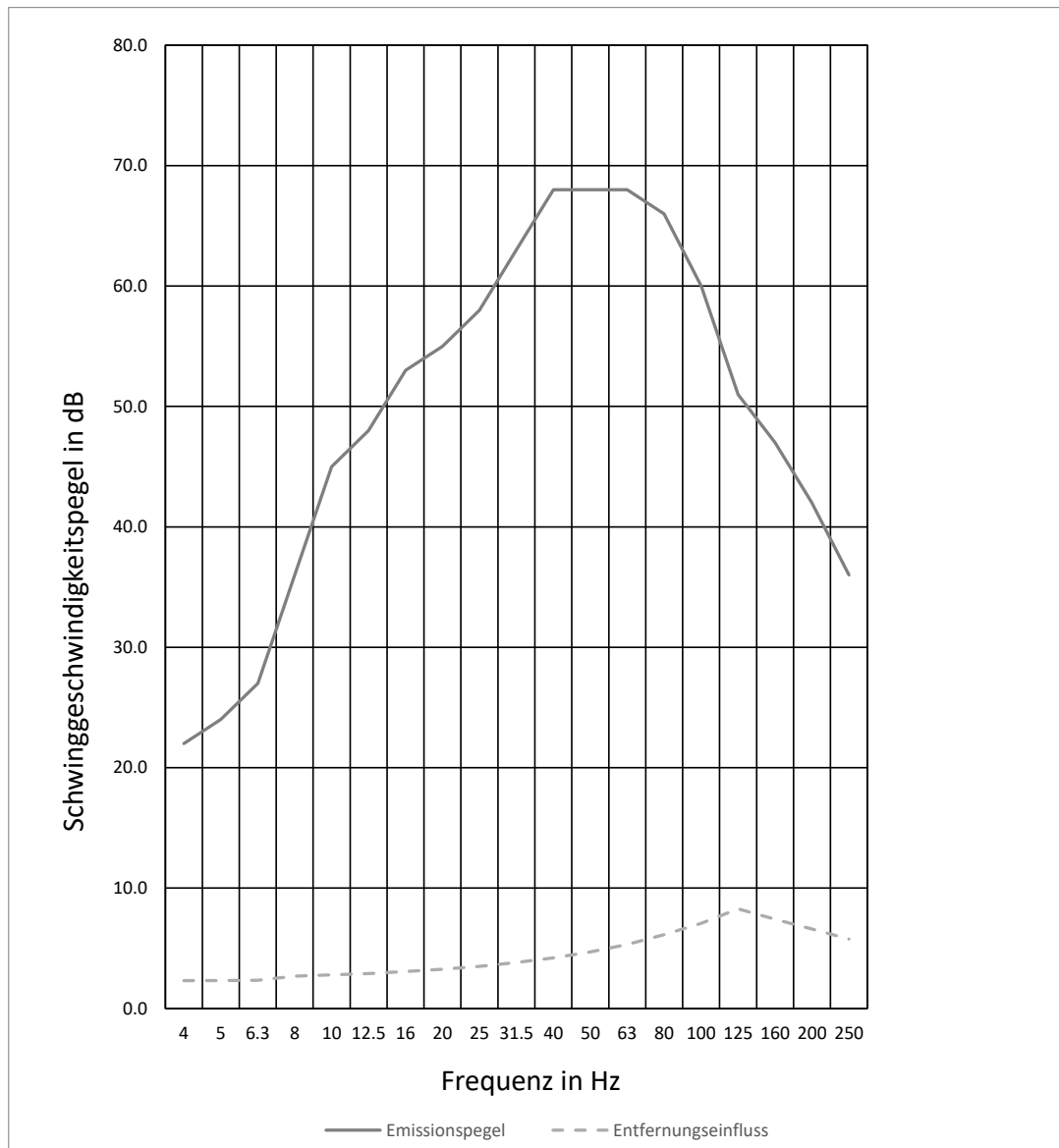
Fahrtanzahlen

Tag	193 Fahrten
Nacht	28 Fahrten

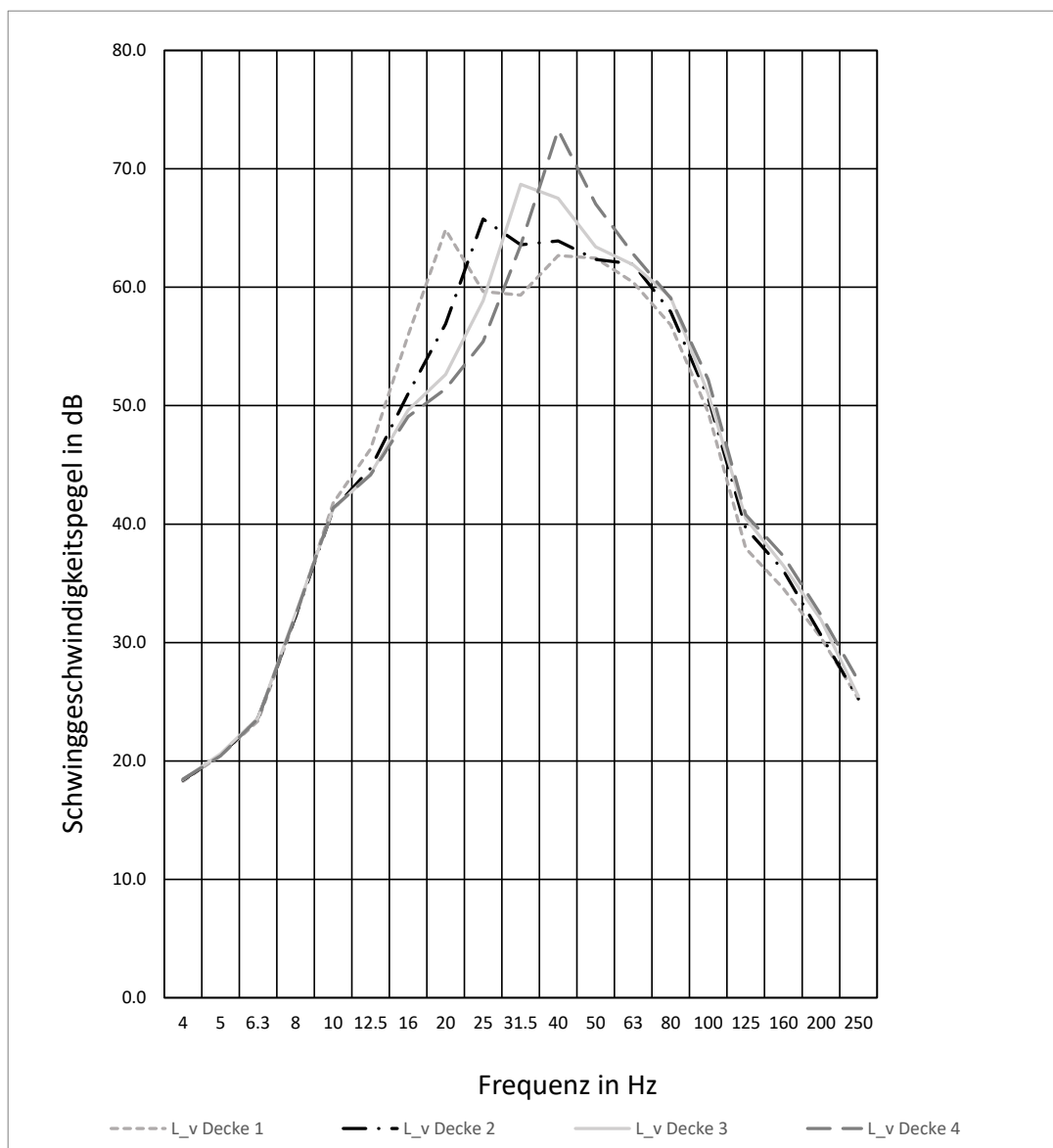
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.163	0.182	0.217	0.283
KB_Fmax =	0.244	0.273	0.325	0.425
KB_TFr Tag =	0.052	0.058	0.069	0.090
KB_FTr Nacht =	0.028	0.031	0.037	0.048
vmax [mm/s] =	0.262	0.291	0.408	0.692
L_pAm [dB(A)] =	38.1	38.7	39.3	40.0
L_pAmax [dB(A)] =	41.1	41.7	42.3	43.0
L_r Tag [dB(A)] =	28.1	28.8	29.4	30.0
L_rNacht [dB(A)] =	22.7	23.4	24.0	24.7

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.4. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.4. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.5. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 30 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	7.1	7.2	7.3	7.3
5	9.3	9.3	9.4	9.3
6	12.1	12.4	12.4	12.3
8	19.2	19.3	19.5	19.4
10	28.4	27.8	27.9	28.0
12.5	33.4	31.8	31.3	31.2
16	42.2	37.3	35.9	35.4
20	58.2	50.3	46.0	44.8
25	53.9	60.0	53.1	49.7
31.5	54.1	58.4	63.5	58.3
40	53.6	54.8	58.4	64.2
50	45.1	45.0	46.0	49.6
63	43.1	44.7	44.6	45.5
80	35.7	36.8	38.0	37.9
100	21.8	23.0	23.3	24.6
125	1.7	3.4	4.2	4.5
160	1.3	2.9	3.3	4.1
200	0.0	0.2	1.5	2.0
250	-1.2	-1.2	-1.0	0.3

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.5. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTM:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

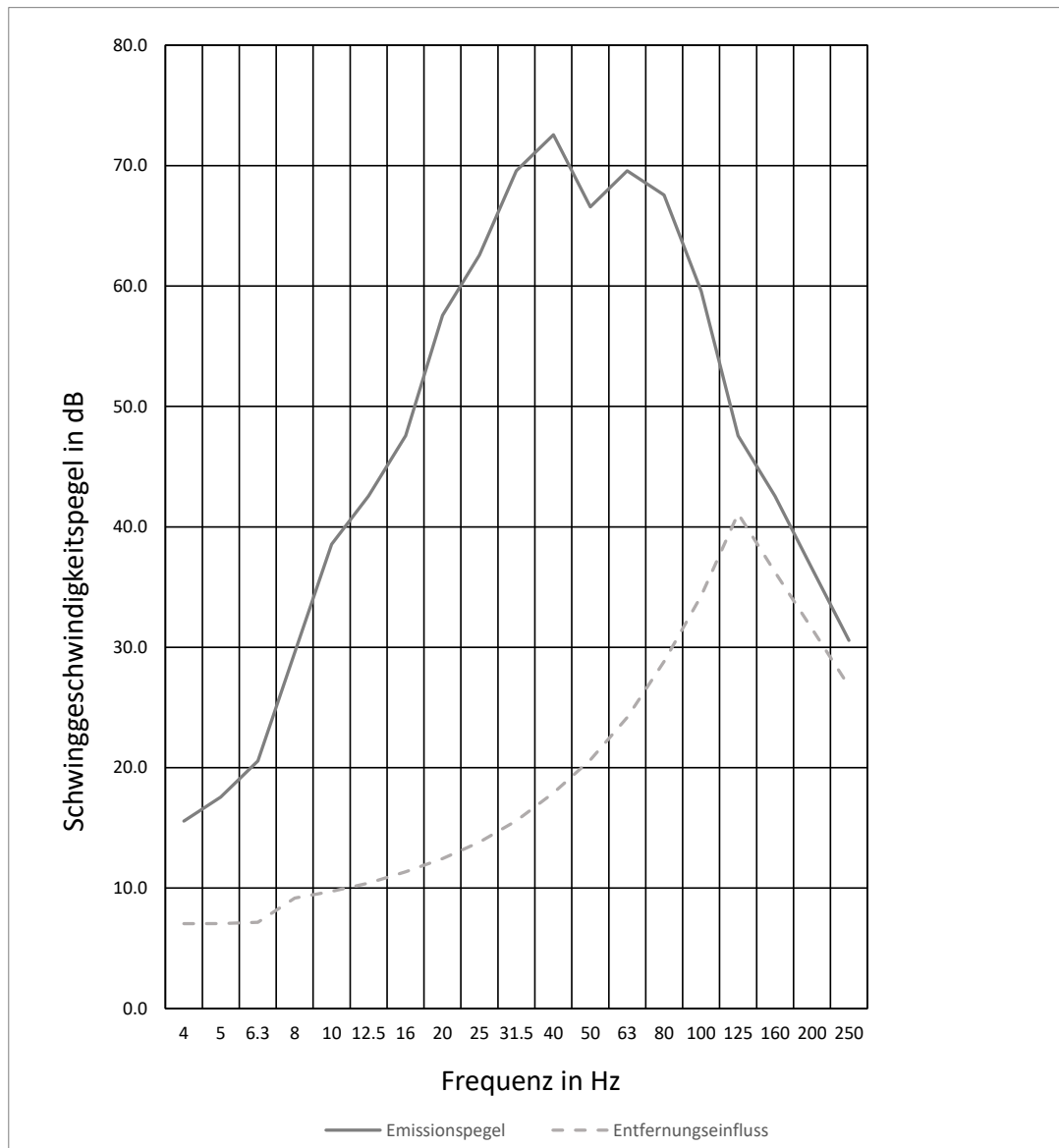
Fahrtanzahlen

Tag	286 Fahrten
Nacht	30 Fahrten

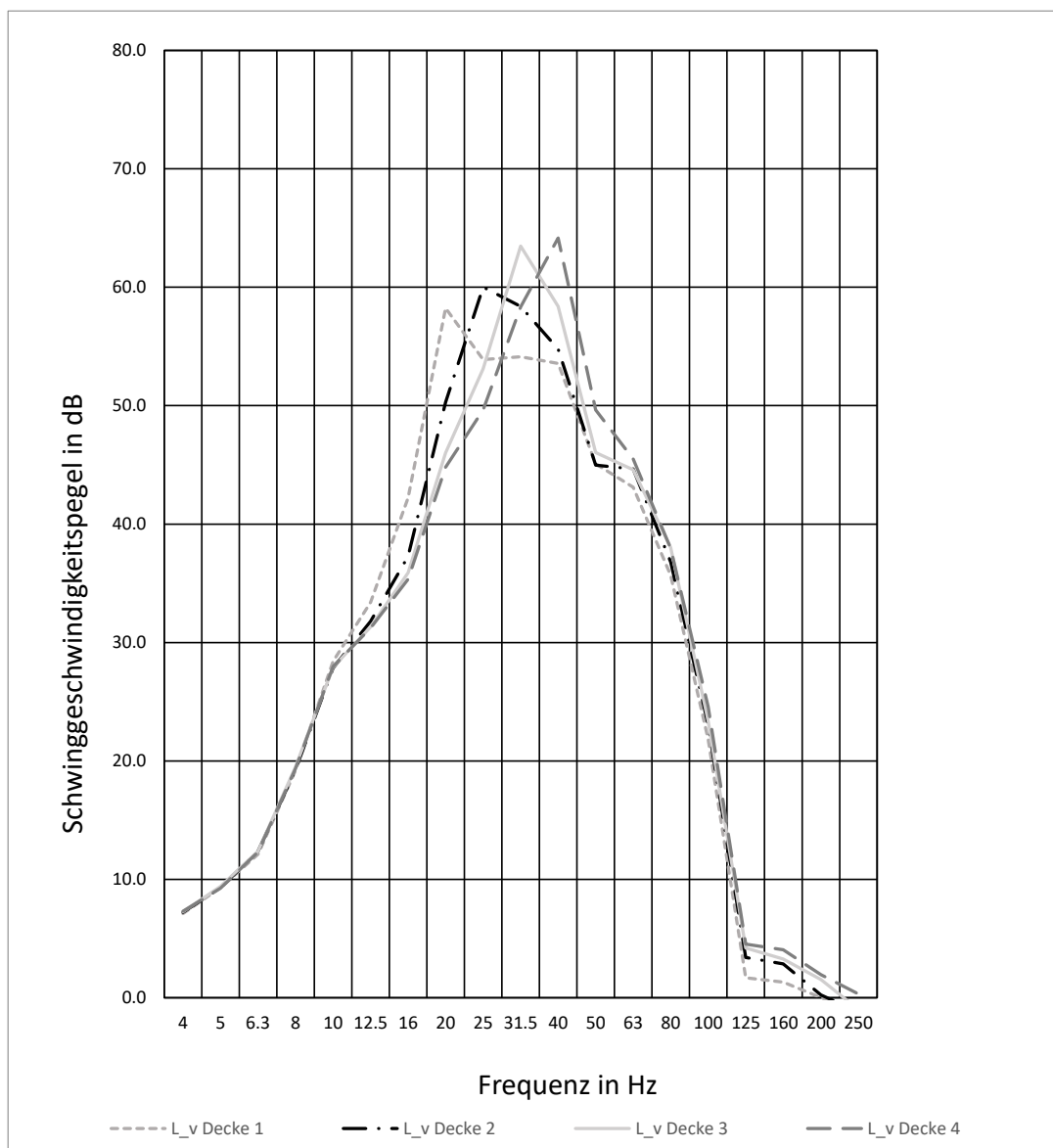
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTM =	0.061	0.074	0.090	0.094
KB_Fmax =	0.091	0.111	0.135	0.141
KB_TFr Tag =	0.023	0.028	0.035	0.036
KB_FTr Nacht =	0.011	0.013	0.016	0.017
vmax [mm/s] =	0.122	0.150	0.224	0.242
L_pAm [dB(A)] =	28.0	28.7	29.6	30.7
L_pAmax [dB(A)] =	31.0	31.7	32.6	33.7
L_rTag [dB(A)] =	19.7	20.5	21.4	22.5
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	15.7

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.5. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Lindenhofplatz 4 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.5. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.6. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 30 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	11.1	11.2	11.3	11.3
5	13.3	13.3	13.4	13.3
6	16.2	16.5	16.5	16.4
8	24.8	24.9	25.1	25.0
10	34.4	33.9	33.9	34.0
12.5	39.9	38.3	37.8	37.8
16	49.5	44.5	43.1	42.6
20	66.3	58.4	54.1	52.9
25	63.0	69.1	62.2	58.7
31.5	64.6	68.8	73.9	68.8
40	65.7	67.0	70.5	76.3
50	59.3	59.2	60.3	63.9
63	60.0	61.5	61.5	62.4
80	56.0	57.2	58.4	58.3
100	46.3	47.5	47.8	49.0
125	31.2	33.0	33.8	34.1
160	27.2	28.8	29.2	30.0
200	22.4	22.6	23.9	24.4
250	17.6	17.6	17.8	19.1

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.6. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

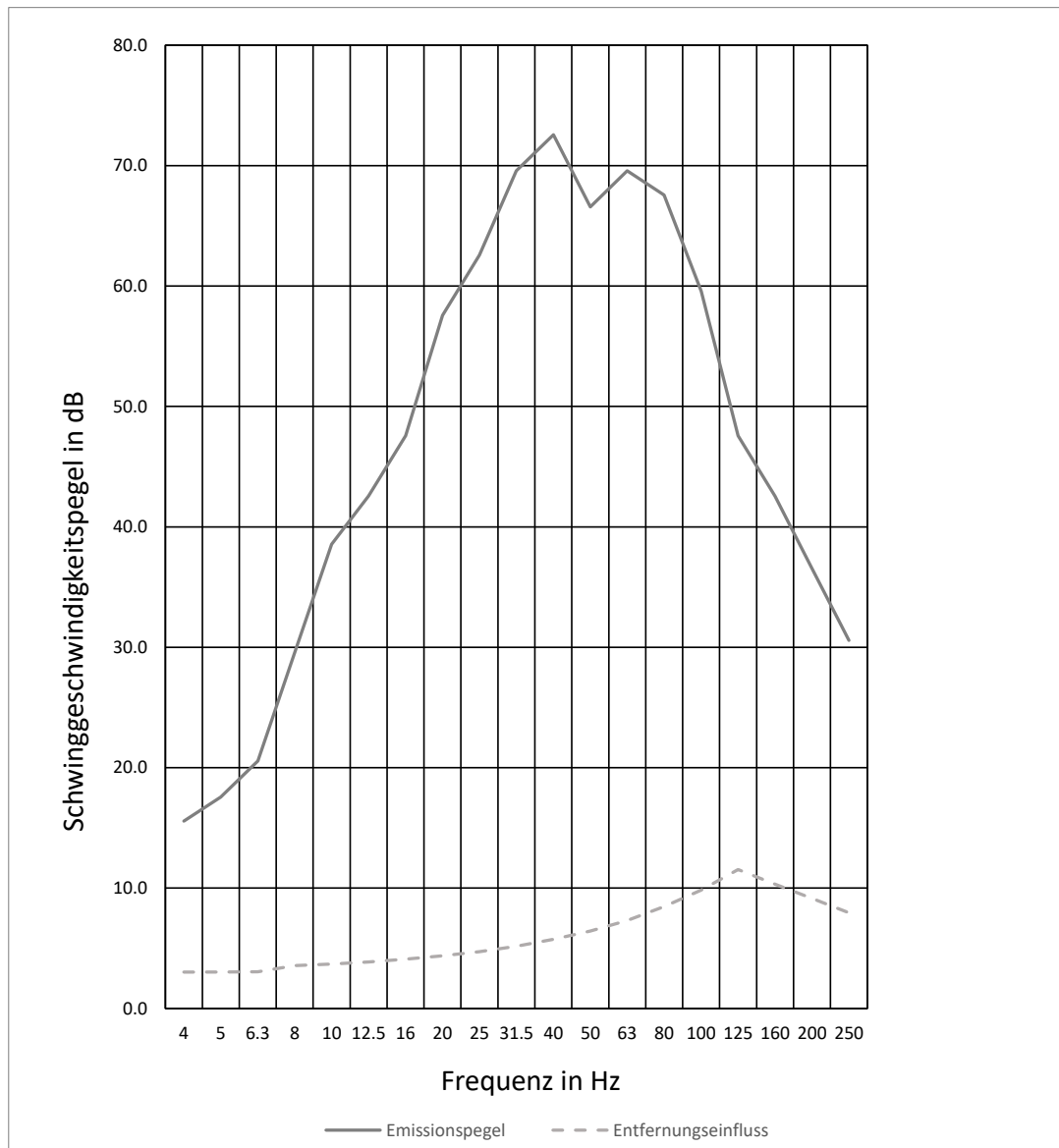
Fahrtanzahlen

Tag	286 Fahrten
Nacht	30 Fahrten

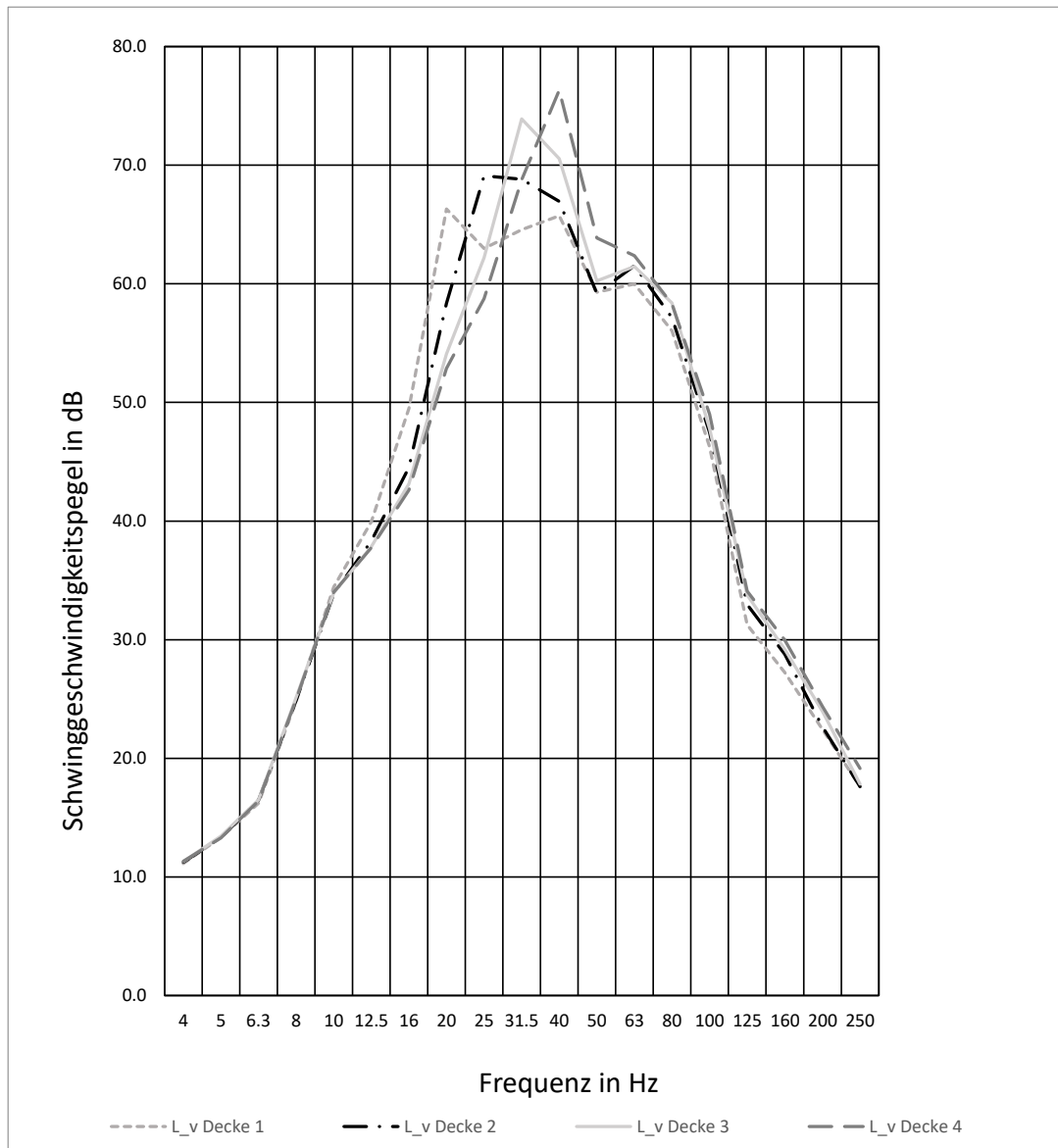
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.195	0.246	0.320	0.375
KB_Fmax =	0.293	0.369	0.481	0.563
KB_TFr Tag =	0.075	0.095	0.124	0.145
KB_FTr Nacht =	0.035	0.044	0.057	0.066
vmax [mm/s] =	0.310	0.428	0.744	0.982
L_pAm [dB(A)] =	37.7	38.4	39.1	39.8
L_pAmax [dB(A)] =	40.7	41.4	42.1	42.8
L_r Tag [dB(A)] =	29.4	30.1	30.8	31.5
L_rNacht [dB(A)] =	22.7	23.4	24.0	24.7

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.6. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 1a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.6. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 32 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.7. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	19.4	19.6	19.6	19.6
5	21.6	21.6	21.8	21.6
6	24.5	24.8	24.8	24.8
8	33.5	33.6	33.8	33.7
10	43.2	42.7	42.7	42.8
12.5	47.8	46.2	45.8	45.7
16	57.6	52.6	51.2	50.7
20	66.6	58.6	54.4	53.1
25	61.5	67.6	60.7	57.2
31.5	61.4	65.6	70.7	65.6
40	64.9	66.2	69.8	75.5
50	65.0	64.9	65.9	69.6
63	63.3	64.9	64.8	65.7
80	60.2	61.3	62.5	62.4
100	53.3	54.6	54.9	56.1
125	42.5	44.2	45.0	45.4
160	38.7	40.2	40.6	41.4
200	34.0	34.2	35.5	36.0
250	28.4	28.4	28.6	29.9

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 32 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.7. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

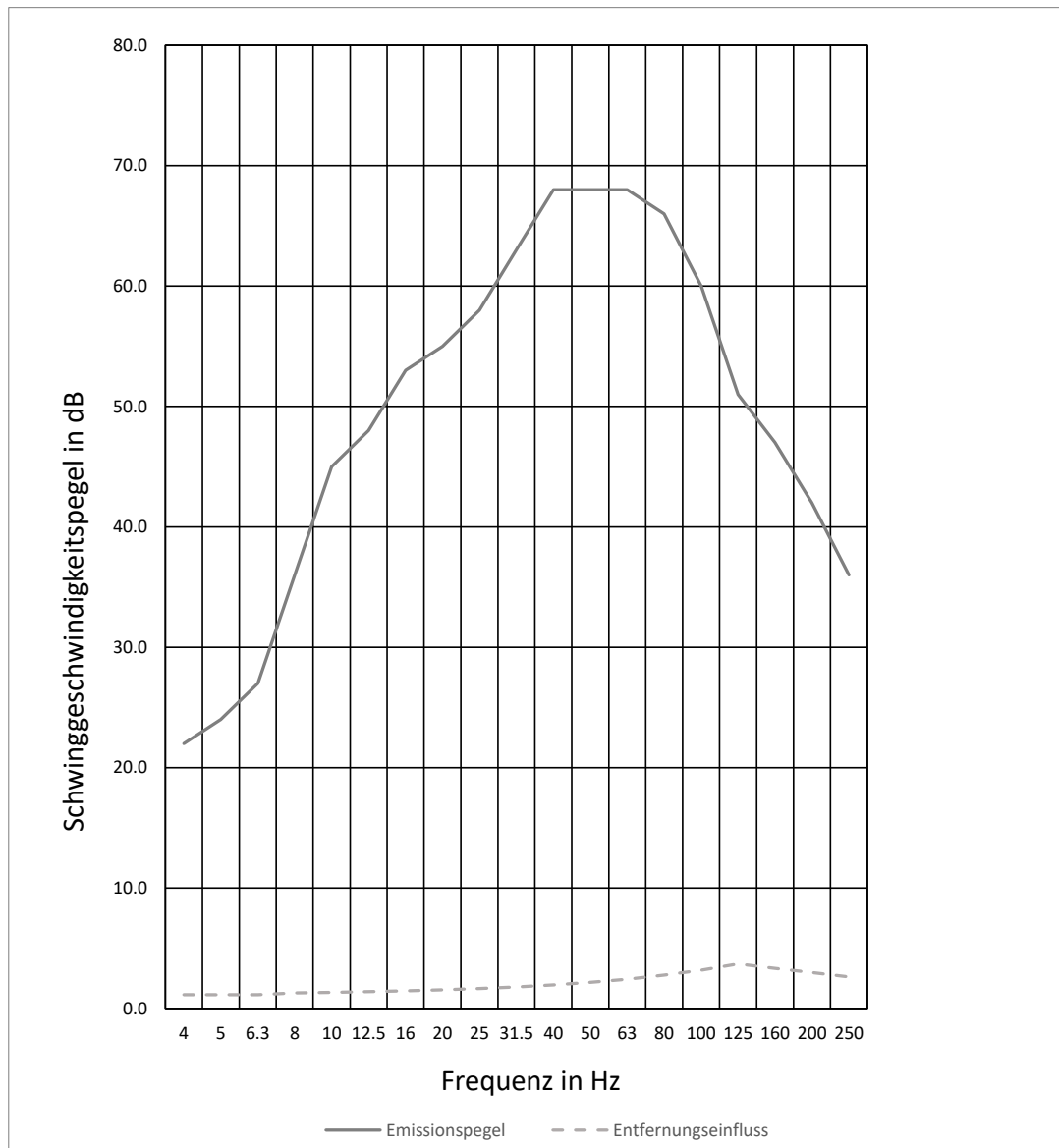
Fahrtanzahlen

Tag	102 Fahrten
Nacht	2 Fahrten

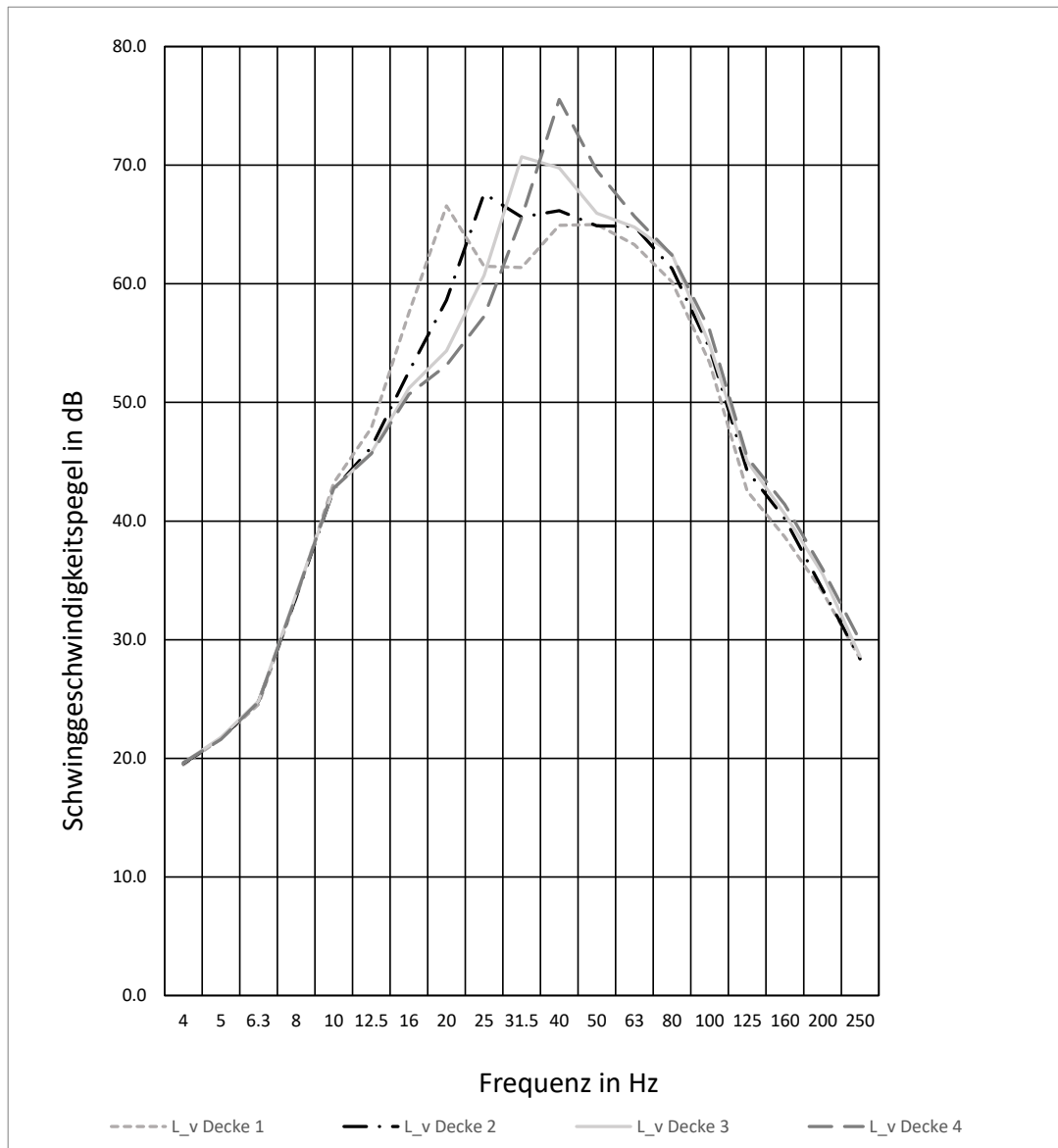
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.210	0.236	0.283	0.372
KB_Fmax =	0.315	0.354	0.424	0.558
KB_TFr Tag =	0.048	0.054	0.065	0.086
KB_FTr Nacht =	< 0.01	0.011	0.013	0.017
vmax [mm/s] =	0.320	0.360	0.515	0.898
L_pAm [dB(A)] =	39.9	40.5	41.1	41.7
L_pAmax [dB(A)] =	42.9	43.5	44.1	44.7
L_r Tag [dB(A)] =	27.1	27.8	28.4	29.0
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 32 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.7. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 32 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.7. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 37 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.8. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rasengleis 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	17.8	17.9	18.0	18.0
5	20.0	20.0	20.1	20.0
6	22.9	23.2	23.2	23.1
8	31.9	32.0	32.2	32.1
10	41.6	41.1	41.1	41.2
12.5	46.3	44.7	44.2	44.1
16	56.0	51.1	49.7	49.1
20	65.1	57.1	52.8	51.6
25	60.0	66.1	59.2	55.8
31.5	59.9	64.2	69.3	64.1
40	63.6	64.8	68.4	74.2
50	63.7	63.6	64.6	68.2
63	62.1	63.6	63.5	64.5
80	59.1	60.2	61.4	61.3
100	52.4	53.6	53.9	55.1
125	41.7	43.4	44.2	44.6
160	37.7	39.3	39.7	40.5
200	33.0	33.2	34.5	34.9
250	27.2	27.2	27.4	28.7

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 37 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.8. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

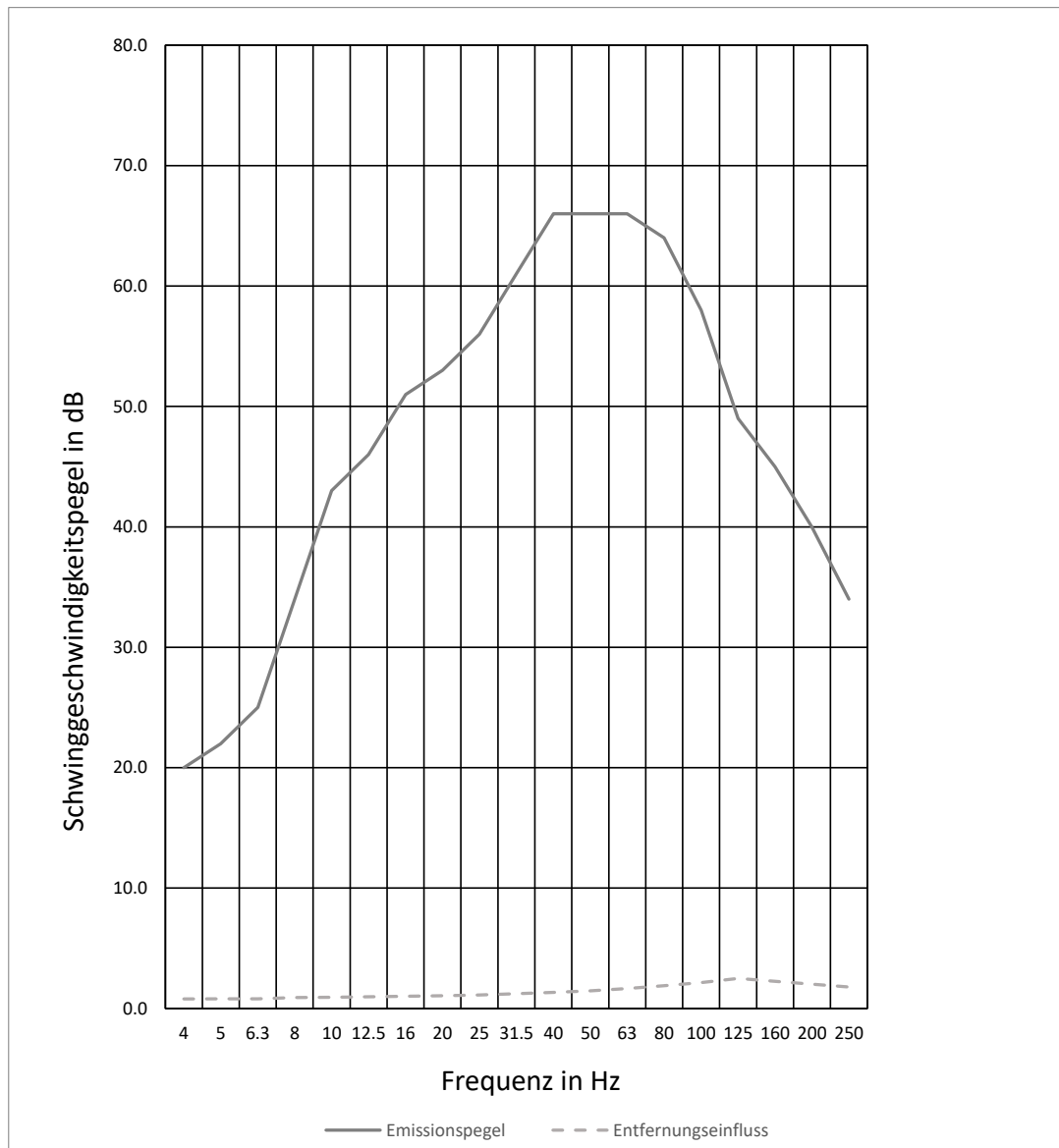
Fahrtanzahlen

Tag	102 Fahrten
Nacht	2 Fahrten

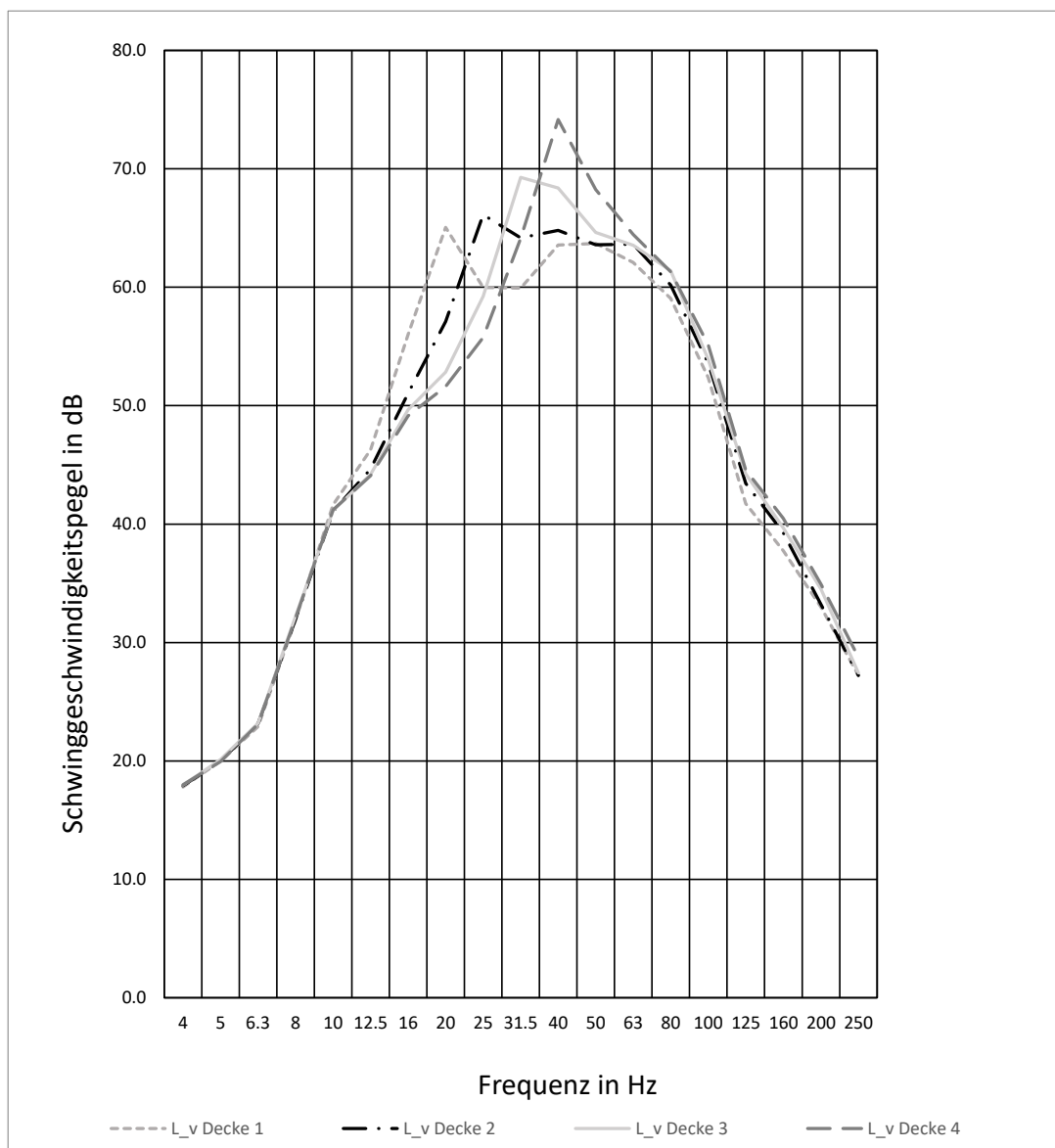
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.179	0.202	0.242	0.318
KB_Fmax =	0.269	0.303	0.362	0.477
KB_TFr Tag =	0.041	0.047	0.056	0.073
KB_FTr Nacht =	< 0.01	< 0.01	0.011	0.015
vmax [mm/s] =	0.268	0.304	0.437	0.766
L_pAm [dB(A)] =	39.2	39.8	40.4	41.0
L_pAmax [dB(A)] =	42.2	42.8	43.4	44.0
L_rTag [dB(A)] =	26.4	27.1	27.7	28.3
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 37 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.8. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Glücksteinallee 37 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.8. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier John-Deere-Straße 70a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.9. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Rillenschiene in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	18.8	18.9	19.0	19.0
5	21.0	21.0	21.1	21.0
6	23.9	24.2	24.2	24.1
8	32.8	32.9	33.1	32.9
10	42.5	41.9	42.0	42.0
12.5	47.1	45.4	45.0	44.9
16	56.7	51.8	50.4	49.8
20	65.7	57.7	53.5	52.2
25	60.5	66.6	59.7	56.3
31.5	60.3	64.6	69.7	64.5
40	63.8	65.0	68.6	74.4
50	63.7	63.6	64.6	68.3
63	61.8	63.4	63.3	64.2
80	58.5	59.6	60.8	60.7
100	51.4	52.6	52.9	54.1
125	40.2	41.9	42.7	43.0
160	36.6	38.1	38.5	39.3
200	32.2	32.4	33.7	34.1
250	26.8	26.8	27.0	28.3

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier John-Deere-Straße 70a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.9. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	--

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

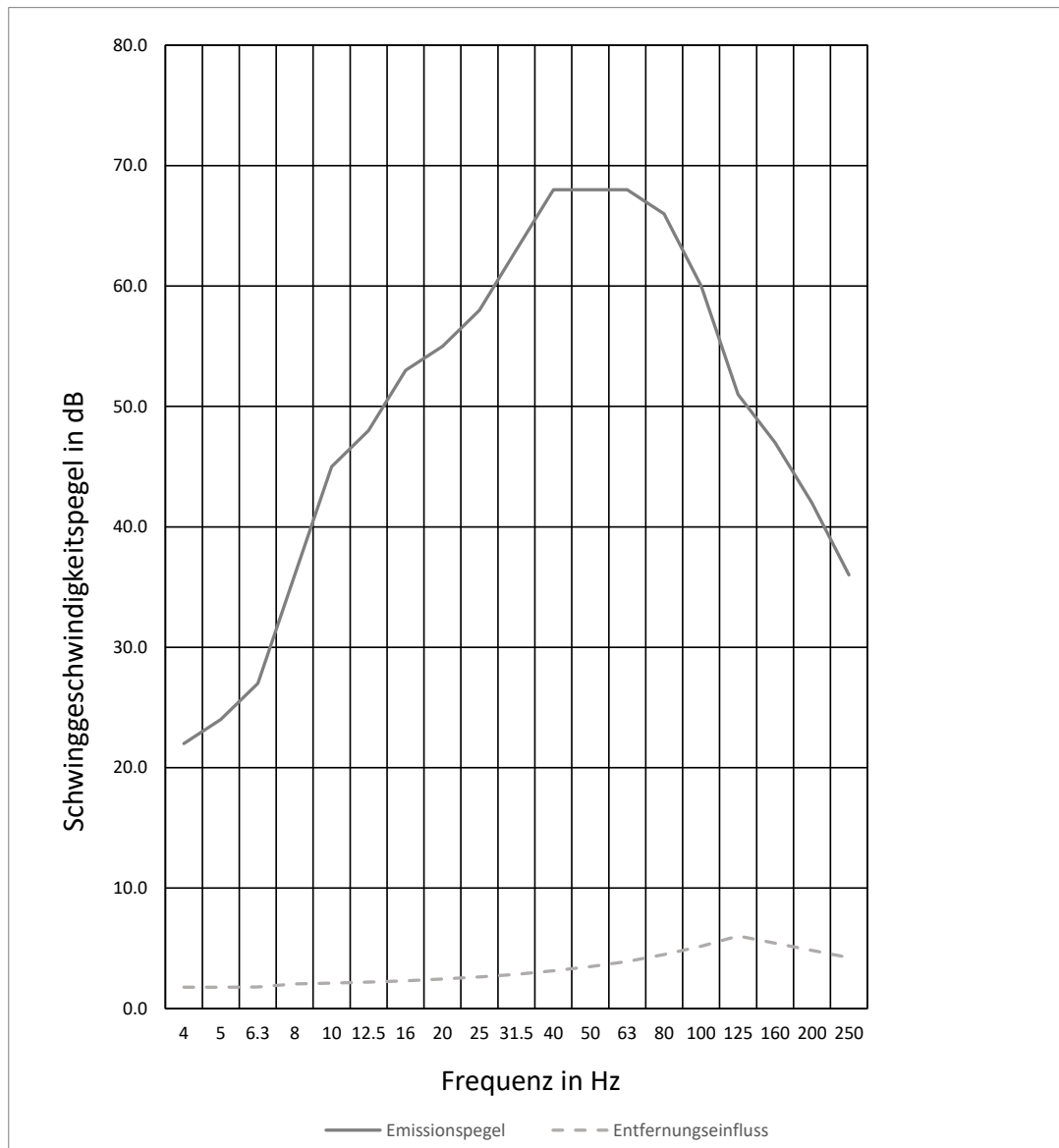
Fahrtanzahlen

Tag	102 Fahrten
Nacht	2 Fahrten

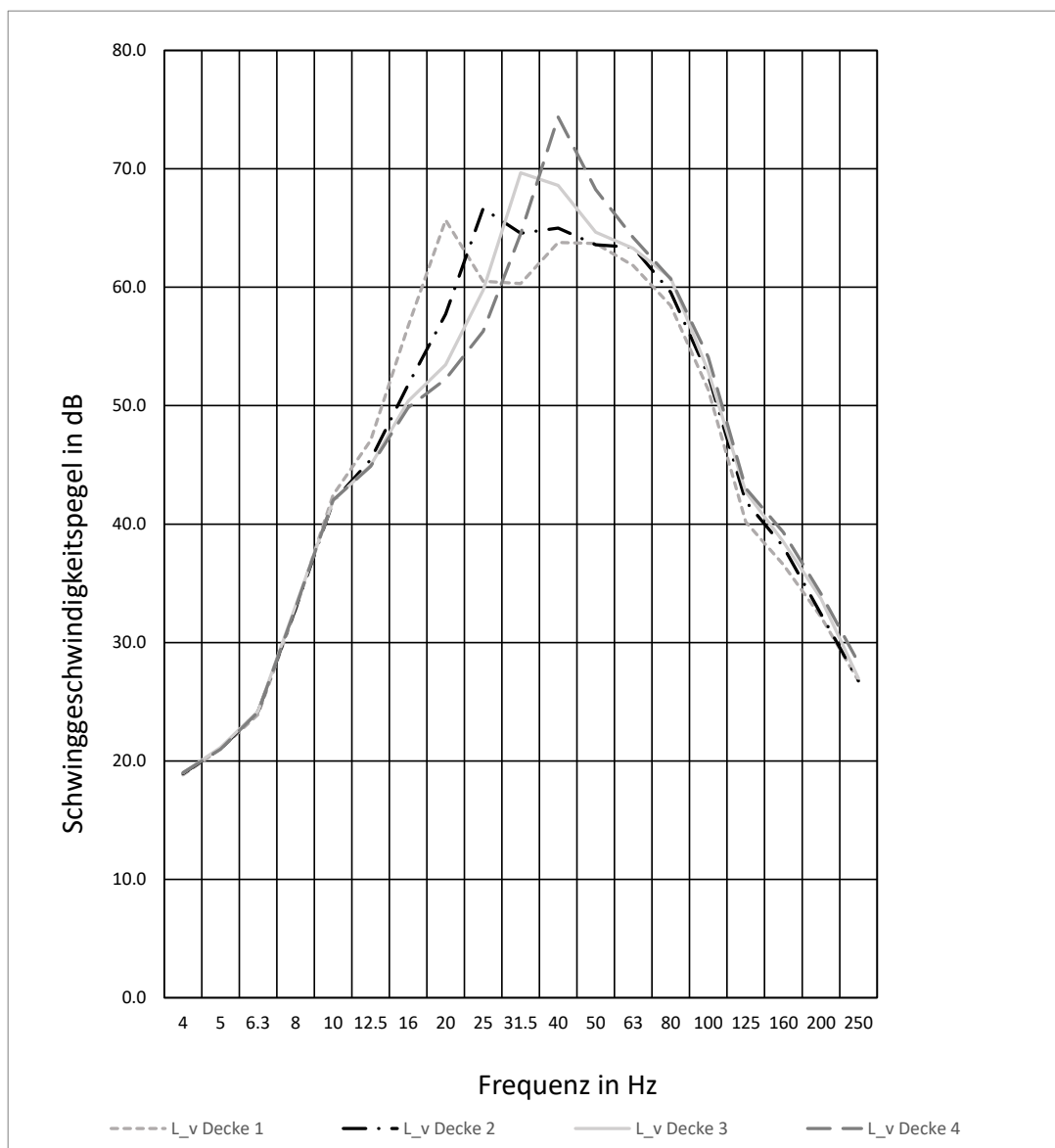
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.184	0.206	0.246	0.323
KB_Fmax =	0.276	0.309	0.370	0.485
KB_TFr Tag =	0.042	0.048	0.057	0.074
KB_FTr Nacht =	< 0.01	< 0.01	0.011	0.015
vmax [mm/s] =	0.288	0.322	0.456	0.785
L_pAm [dB(A)] =	38.9	39.6	40.2	40.8
L_pAmax [dB(A)] =	41.9	42.6	43.2	43.8
L_r Tag [dB(A)] =	26.2	26.9	27.5	28.1
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier John-Deere-Straße 70a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.9. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier John-Deere-Straße 70a - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.9. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	--



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Grenzweg 10 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.10. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	15.6	15.7	15.7	15.8
5	17.8	17.8	17.9	17.7
6	20.6	20.9	20.9	20.9
8	29.3	29.3	29.6	29.4
10	38.9	38.3	38.4	38.4
12.5	44.4	42.8	42.3	42.2
16	53.9	49.0	47.6	47.0
20	70.7	62.8	58.5	57.3
25	67.4	73.5	66.6	63.2
31.5	69.0	73.2	78.3	73.2
40	70.2	71.4	75.0	80.8
50	63.7	63.6	64.7	68.3
63	64.4	66.0	65.9	66.8
80	60.5	61.6	62.8	62.7
100	50.7	51.9	52.2	53.4
125	35.7	37.4	38.2	38.5
160	31.7	33.2	33.6	34.4
200	26.9	27.1	28.4	28.8
250	22.0	22.0	22.3	23.6

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Grenzweg 10 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.10. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

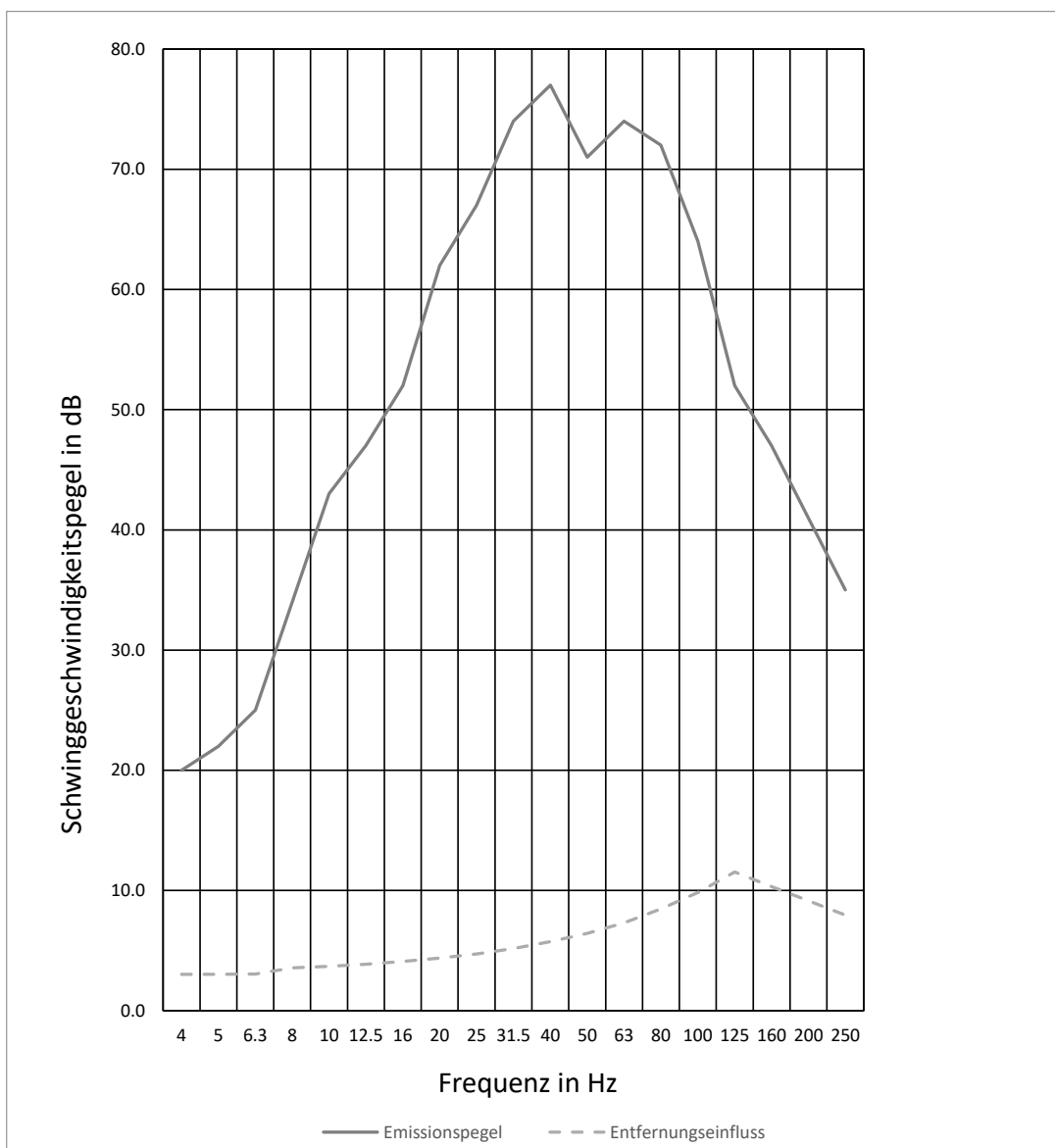
Fahrtanzahlen

Tag	102 Fahrten
Nacht	2 Fahrten

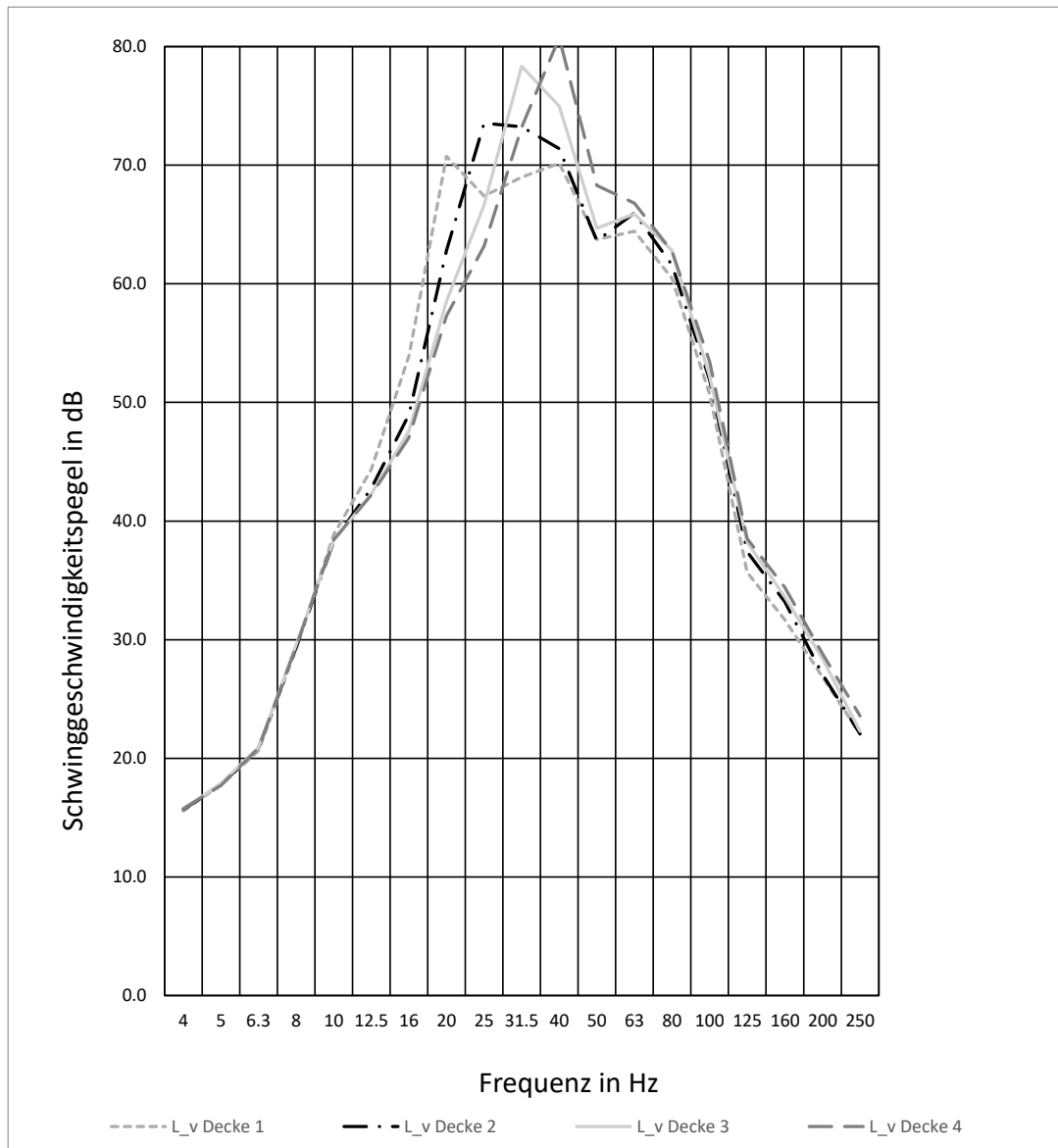
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.325	0.410	0.534	0.625
KB_Fmax =	0.488	0.616	0.801	0.938
KB_TFr Tag =	0.075	0.095	0.123	0.144
KB_FTr Nacht =	0.015	0.019	0.024	0.029
vmax [mm/s] =	0.517	0.713	1.239	1.637
L_pAm [dB(A)] =	40.3	41.0	41.7	42.3
L_pAmax [dB(A)] =	43.3	44.0	44.7	45.3
L_rTag [dB(A)] =	27.5	28.2	28.9	29.6
L_rNacht [dB(A)] =	< 15.0	< 15.0	< 15.0	15.5

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Grenzweg 10 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.10. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Grenzweg 10 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.10. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Paul-Wittsack-Straße 10J - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.11. 1 Projektnummer: 22-7068
--	--	---

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	20.1	20.3	20.3	20.3
5	22.3	22.3	22.5	22.3
6	25.3	25.5	25.5	25.5
8	34.5	34.6	34.8	34.7
10	44.3	43.8	43.8	43.9
12.5	50.0	48.4	48.0	47.9
16	59.9	54.9	53.6	53.0
20	77.1	69.1	64.9	63.6
25	74.2	80.3	73.4	70.0
31.5	76.3	80.6	85.7	80.6
40	78.3	79.5	83.1	88.9
50	72.7	72.6	73.7	77.3
63	74.6	76.1	76.0	76.9
80	72.1	73.2	74.5	74.4
100	64.1	65.3	65.7	66.9
125	51.3	53.0	53.8	54.2
160	45.7	47.3	47.7	48.5
200	39.4	39.6	40.9	41.3
250	33.0	33.0	33.3	34.6

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Paul-Wittsack-Straße 10J - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.11. 2 Projektnummer: 22-7068
--	--	---

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

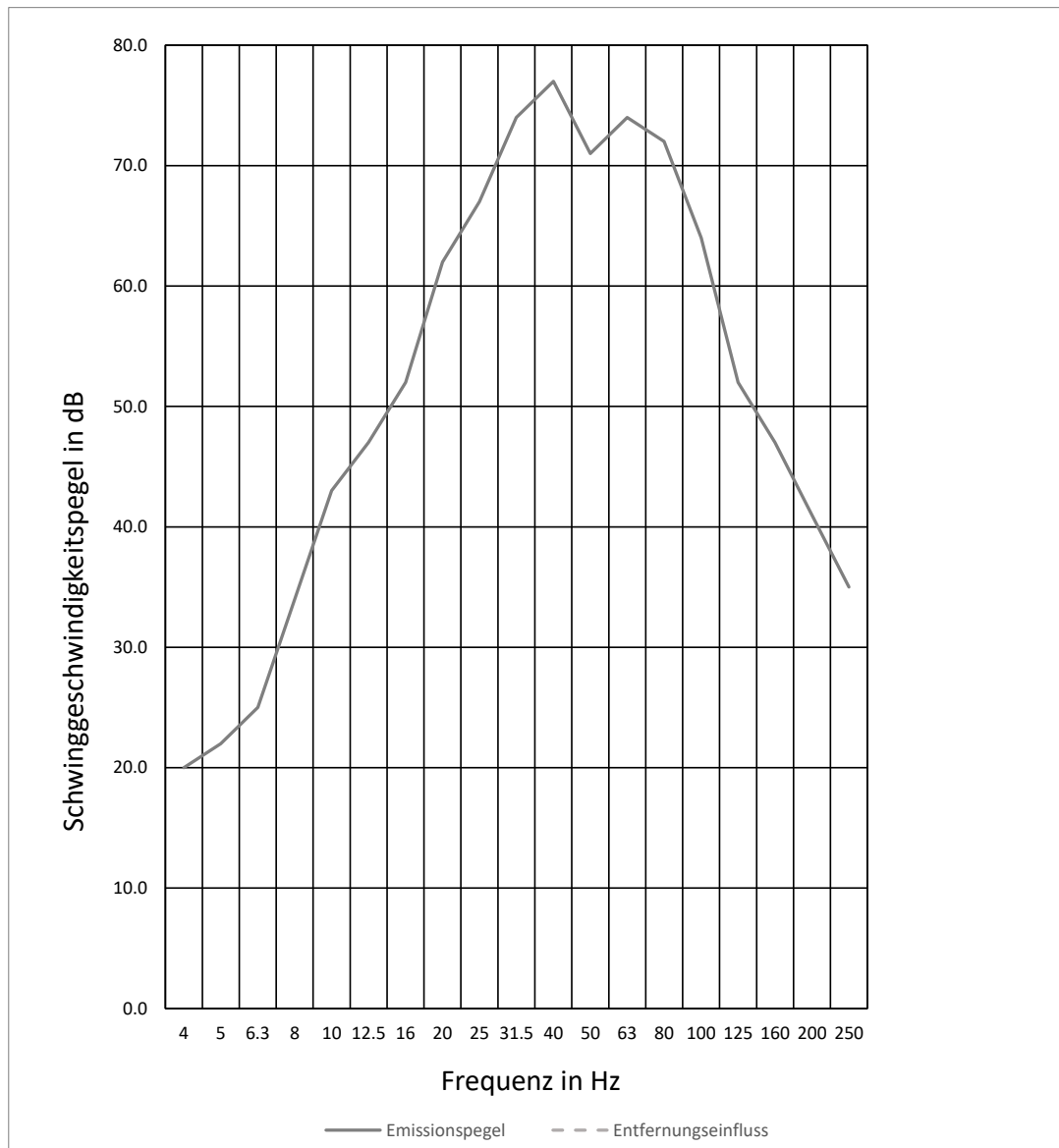
Fahrtanzahlen

Tag	102 Fahrten
Nacht	2 Fahrten

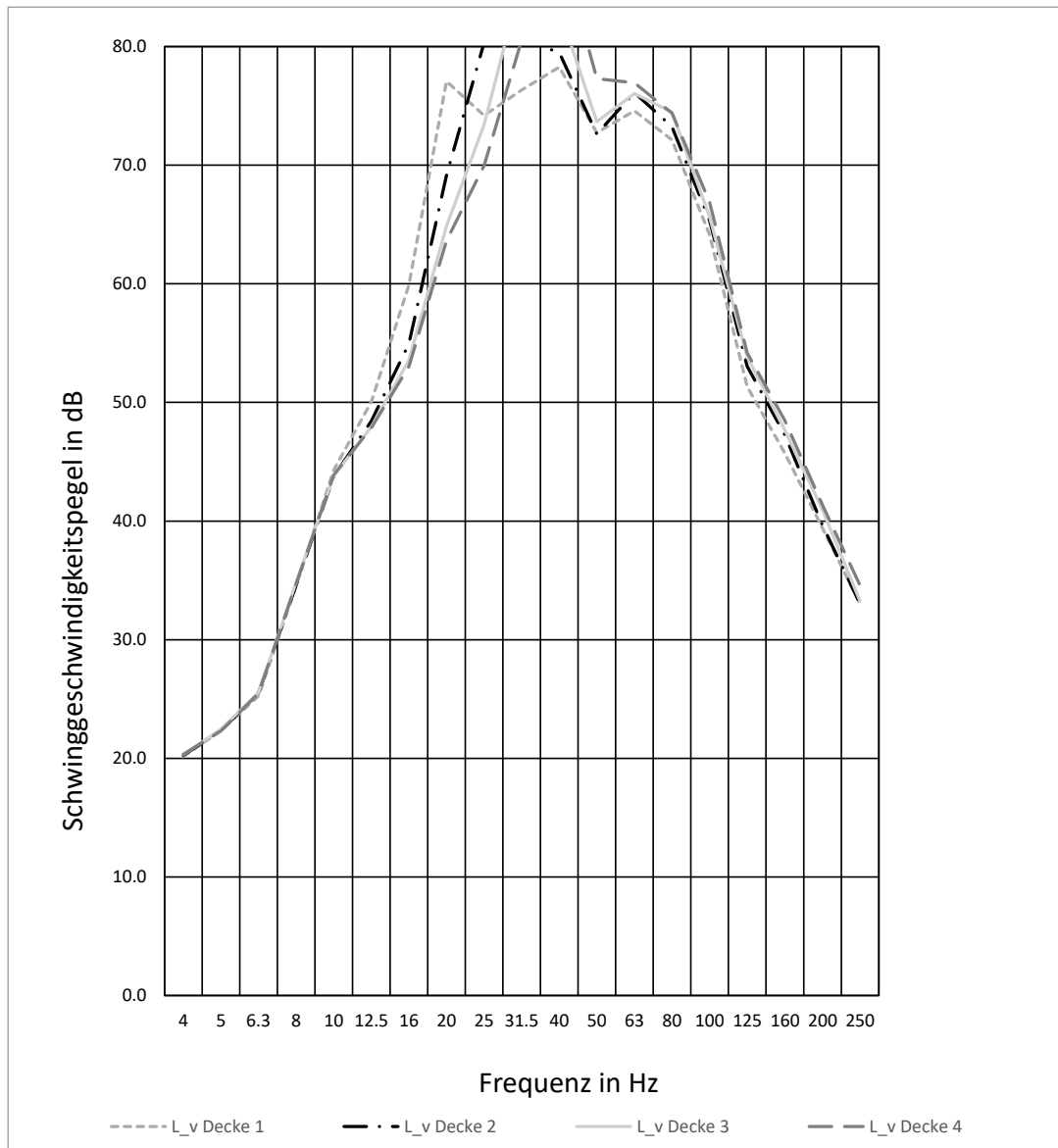
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.799	1.005	1.319	1.607
KB_Fmax =	1.198	1.507	1.978	2.410
KB_TFr Tag =	0.184	0.232	0.304	0.370
KB_FTr Nacht =	0.036	0.046	0.060	0.073
vmax [mm/s] =	1.229	1.606	2.889	4.164
L_pAm [dB(A)] =	46.6	47.3	47.9	48.4
L_pAmax [dB(A)] =	49.6	50.3	50.9	51.4
L_r Tag [dB(A)] =	33.8	34.5	35.1	35.6
L_rNacht [dB(A)] =	19.7	20.4	21.1	21.5

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Paul-Wittsack-Straße 10J - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.11. 3 Projektnummer: 22-7068
--	---	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Paul-Wittsack-Straße 10J - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.11. 4 Projektnummer: 22-7068
--	--	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.12. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	15.6	15.7	15.7	15.8
5	17.8	17.8	17.9	17.7
6	20.6	20.9	20.9	20.9
8	29.3	29.3	29.6	29.4
10	38.9	38.3	38.4	38.4
12.5	44.4	42.8	42.3	42.2
16	53.9	49.0	47.6	47.0
20	70.7	62.8	58.5	57.3
25	67.4	73.5	66.6	63.2
31.5	69.0	73.2	78.3	73.2
40	70.2	71.4	75.0	80.8
50	63.7	63.6	64.7	68.3
63	64.4	66.0	65.9	66.8
80	60.5	61.6	62.8	62.7
100	50.7	51.9	52.2	53.4
125	35.7	37.4	38.2	38.5
160	31.7	33.2	33.6	34.4
200	26.9	27.1	28.4	28.8
250	22.0	22.0	22.3	23.6

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.12. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

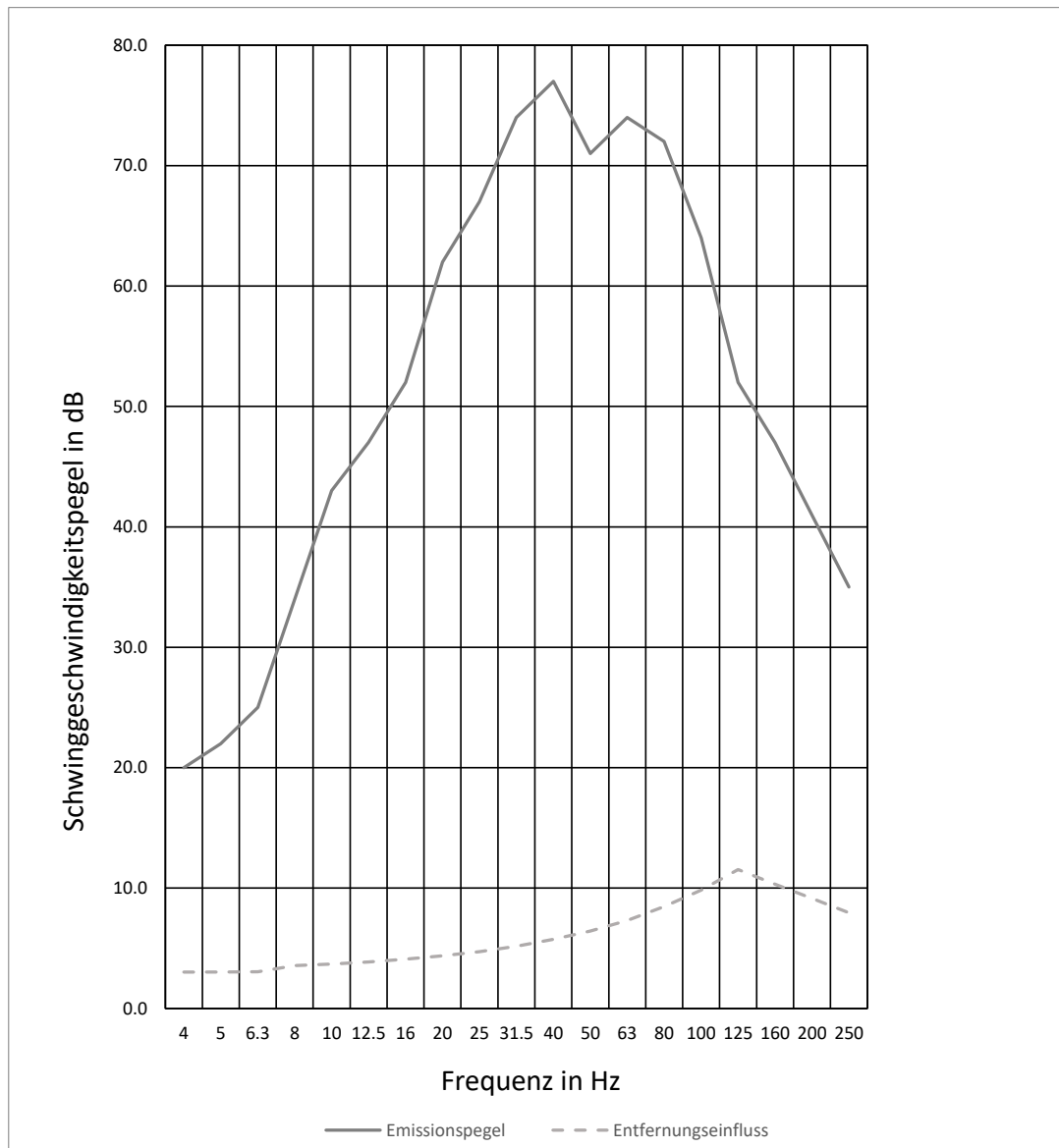
Fahrtanzahlen

Tag	287 Fahrten
Nacht	30 Fahrten

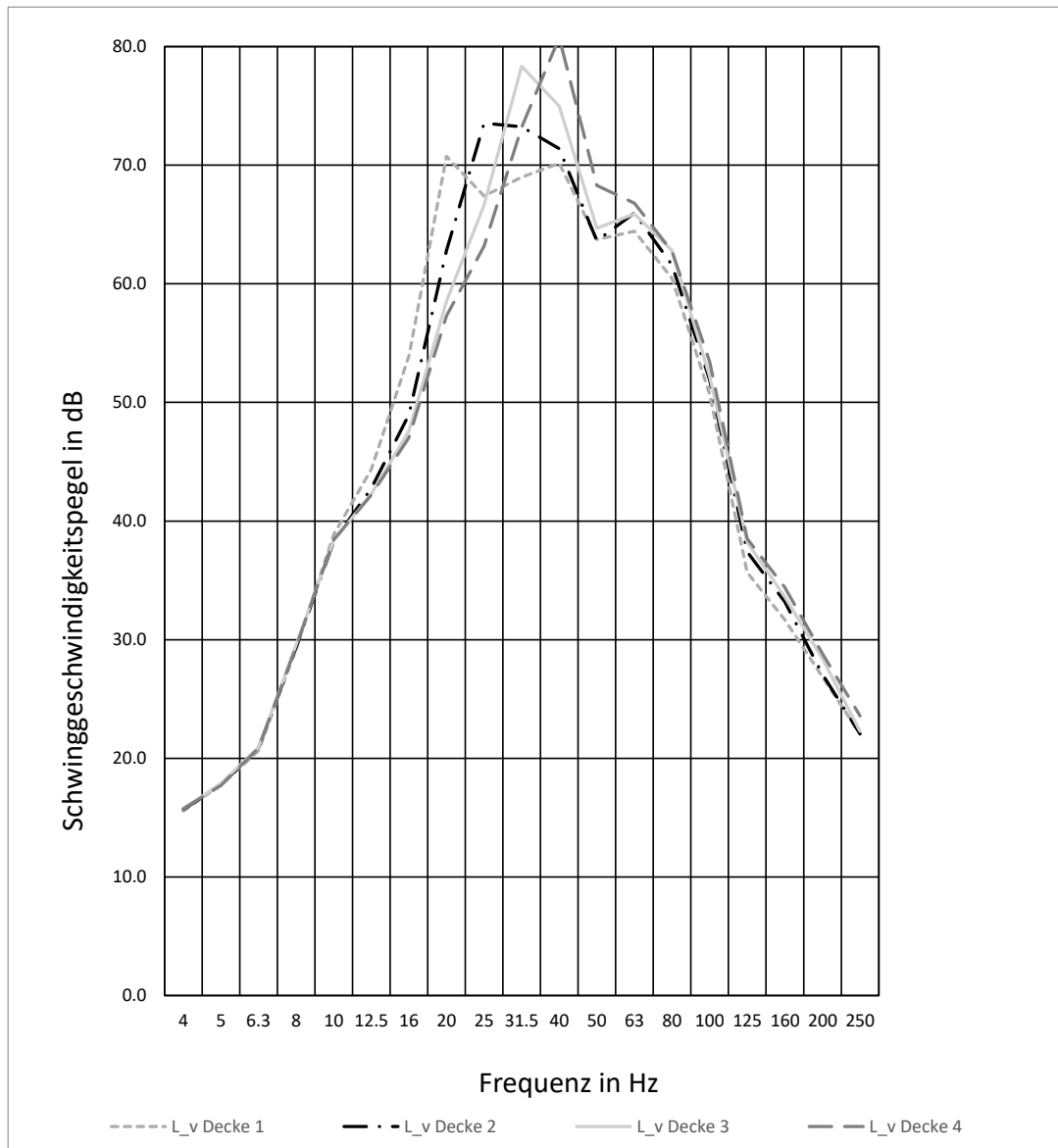
Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.325	0.410	0.534	0.625
KB_Fmax =	0.488	0.616	0.801	0.938
KB_TFr Tag =	0.126	0.159	0.206	0.242
KB_FTr Nacht =	0.058	0.073	0.094	0.111
vmax [mm/s] =	0.517	0.713	1.239	1.637
L_pAm [dB(A)] =	40.3	41.0	41.7	42.3
L_pAmax [dB(A)] =	43.3	44.0	44.7	45.3
L_r Tag [dB(A)] =	32.0	32.7	33.4	34.1
L_rNacht [dB(A)] =	25.2	25.9	26.6	27.3

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.12. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Rampenweg 3 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.12. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	Anlage Nr.: 3.13. 1 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

Emissionsspektrum: Mannheim Weiche in Asphalt 50 km/h
Terzen korrigiert: nein

Transmission im Boden: nach Gleichung (4) und (5) der DIN 45672-3 berechnet

Übertragung auf Gebäudedecke: direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit $f_e = 20$ Hz
Decke 2 Betondecke mit $f_e = 25$ Hz
Decke 3 Betondecke mit $f_e = 31.5$ Hz
Decke 4 Betondecke mit $f_e = 40$ Hz

Minderungsmaßnahmen: keine Maßnahmen berücksichtigt

KB-Werte: KB-Werte berechnet

Körperschall: Körperschallimmissionen berechnet

Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
Hz	dB	dB	dB	dB
4	18.6	18.7	18.8	18.8
5	20.8	20.8	20.9	20.8
6	23.7	24.0	24.0	23.9
8	32.8	32.9	33.1	33.0
10	42.6	42.0	42.1	42.1
12.5	48.2	46.6	46.2	46.1
16	58.0	53.1	51.7	51.2
20	75.1	67.2	62.9	61.7
25	72.1	78.3	71.4	67.9
31.5	74.2	78.4	83.5	78.4
40	75.9	77.1	80.7	86.5
50	70.2	70.1	71.1	74.7
63	71.7	73.3	73.2	74.1
80	68.9	70.1	71.3	71.2
100	60.5	61.7	62.1	63.3
125	47.2	48.9	49.7	50.1
160	42.0	43.5	43.9	44.7
200	36.0	36.2	37.5	37.9
250	30.0	30.0	30.2	31.5

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.13. 2 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

Legende

KB_FTm:	Taktmaximal-Effektivwert
KB_Fmax:	maximale bewertete Schwingstärke
KB_TFr Tag:	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
KB_FTr Nacht:	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
vmax:	maximale Schwingschnelle in mm/s
L_pAm:	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
L_pAmax:	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
L_r Tag:	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
L_r Nacht:	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

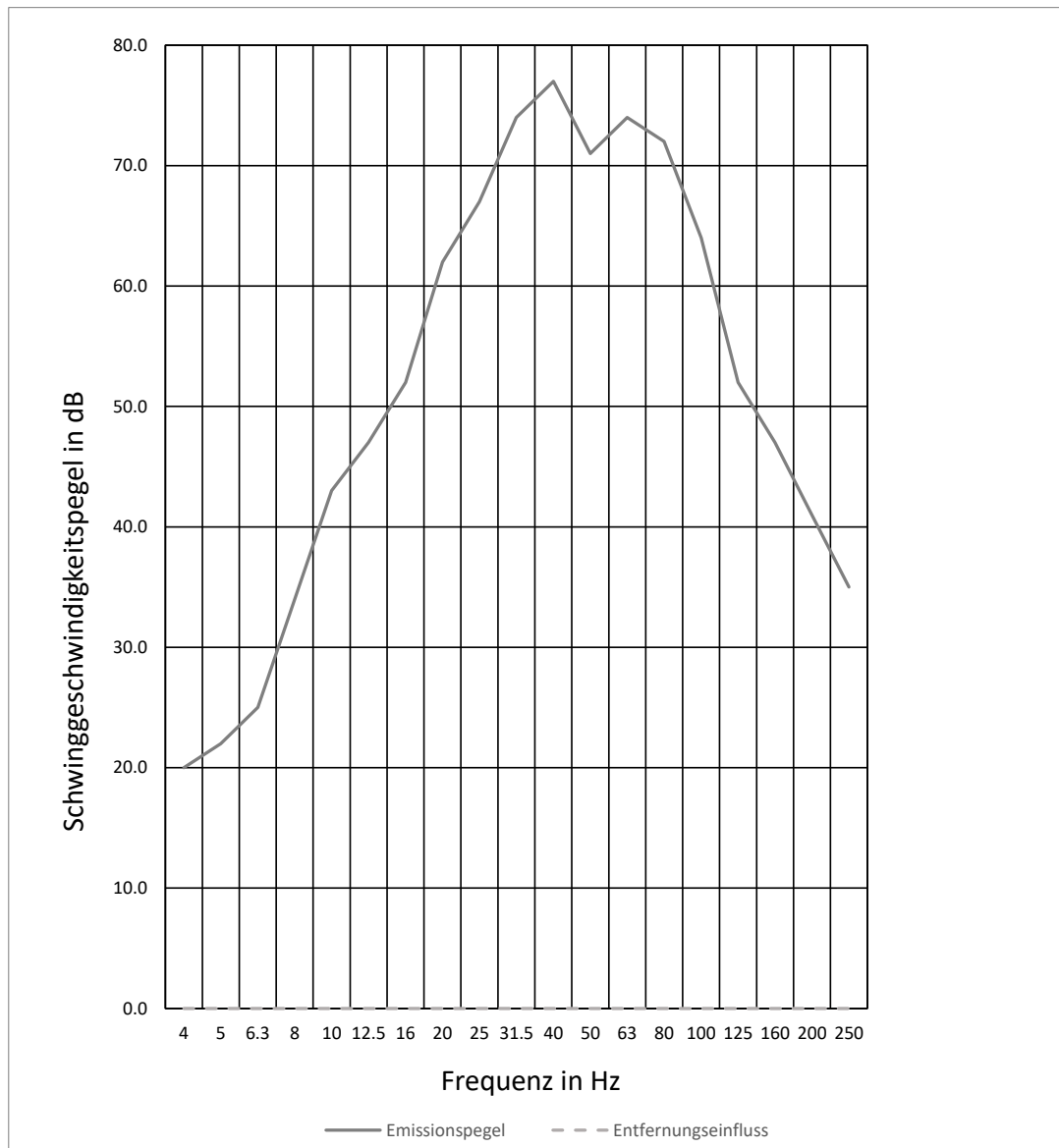
Fahrtanzahlen

Tag	287 Fahrten
Nacht	30 Fahrten

Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	L_v Decke 1	L_v Decke 2	L_v Decke 3	L_v Decke 4
KB_FTm =	0.610	0.769	1.008	1.219
KB_Fmax =	0.915	1.153	1.513	1.828
KB_TFr Tag =	0.236	0.297	0.390	0.471
KB_FTr Nacht =	0.108	0.136	0.178	0.215
vmax [mm/s] =	0.936	1.248	2.244	3.170
L_pAm [dB(A)] =	44.8	45.5	46.1	46.7
L_pAmax [dB(A)] =	47.8	48.5	49.1	49.7
L_rTag [dB(A)] =	36.5	37.2	37.9	38.4
L_rNacht [dB(A)] =	29.7	30.4	31.1	31.6

Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	Anlage Nr.: 3.13. 3 Projektnummer: 22-7068
--	--	---



Auftraggeber: MV Mannheimer Verkehr Möhlstraße 27 68165 Mannheim	Objekt: Mannheim Glückstein-Quartier Speyerer Straße 2 (B) - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	Anlage Nr.: 3.13. 4 Projektnummer: 22-7068
--	---	---

