

Erschütterungstechnische Untersuchung

VORHABEN:	Anbindung Ludwigshöhviertel Teil Durchbindung Straßenbahn
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen auf der geplanten Straßenbahn-Trasse aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall auf Menschen
AUFTRAGGEBER:	Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH Lindleystraße 111 60314 Frankfurt am Main
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Straße 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20208105-805-VSE-1
DATUM:	Darmstadt, 09.11.2022

Dieser Bericht umfasst 32 Seiten und 7 Anhänge mit 31 Seiten (insgesamt 63 Seiten).

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers im Zusammenhang mit dem oben genannten Planvorhaben bestimmt. Eine darüberhinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

Inhaltsverzeichnis

1	Sachverhalt und Aufgabenstellung	5
2	Bearbeitungsgrundlagen	6
3	Beschreibung des Planvorhabens	7
3.1	Baumaßnahme	7
3.2	Bebauungen im Einwirkungsbereich	7
3.3	Immissionsrechtliche Einstufung der neuen Straßenbahnlinie	8
4	Anforderungen an den Immissionsschutz	8
4.1	Erschütterungsschutz	8
4.2	Sekundärer Luftschall	10
5	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	11
5.1	Prognosemodell	11
5.2	Emissionen	12
5.3	Transmissionen	13
5.4	Immissionen	14
5.4.1	Erschütterungen	14
5.4.2	Sekundärer Luftschall	15
5.5	Betriebsparameter der Bahnstrecke	16
6	Untersuchungsergebnisse	16
6.1	Immissionen IP01	17
6.2	Immissionen IP02	18
6.3	Immissionen IP03, IP04 und IP05	19
6.4	Immissionen IP06	21
6.5	Immissionen IP07	22
6.6	Immissionen IP08	23
6.7	Immissionen IP09	24
6.8	Immissionen IP10	25

7	Schutzmaßnahmen	27
7.1	IP03, IP04 und IP05 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 25$ Hz)	27
7.2	IP06 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 20$ Hz)	28
7.3	IP08 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 20$ Hz)	28
8	Zusammenfassung	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	9
Tabelle 2:	Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall	11
Tabelle 3:	Betriebsprogramm für das Prognosejahr 2030	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übertragung von Erschütterungen	12
--------------	---------------------------------	----

Anhänge

Anhang 1	Übersichtspläne
Anhang 2	Emissionsspektrum und Korrekturfunktionen
Anhang 3	Emissionen tabellarisch
Anhang 4	Übertragungsfunktionen und Korrekturfunktionen LMFS
Anhang 5	Immissionen ohne Schutzmaßnahmen
Anhang 6	Immissionen mit Schutzmaßnahmen
Anhang 7	Maßnahmen der einzelnen Streckenabschnitte

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert
A _r	Beurteilungsanhaltswert nach DIN 4150-2
A _o	Oberer Anhaltswert nach DIN 4150-2
A _u	Unterer Anhaltswert nach DIN 4150-2
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVerwG	Bundes-Verwaltungsgericht
dB	Dezibel
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
HB	Holzbalkendecke
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
L _{ri}	Beurteilungspegels [dB(A)]
L _{sek}	sek. Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB(A)]
L _v	mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)]
L _{vA}	A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)]
MI	Mischgebiet gemäß §6 der BauNVO
MU	Urbanes Gebiet gemäß §6a der BauNVO
N	Anzahl von Zügen
r, R	Abstand
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StAbw	Standardabweichung
StB	Stahlbetondecken
T	Transferfunktion
T _e	Vorbeifahrtzeit
T _{ge}	geometrische Vorbeifahrtzeit
V _{gem.}	Gemessene Zuggeschwindigkeit [km/h]
v ₀	Referenzwert für die Schwingschnelle [5 * 10 ⁻⁸ m/s]
WA	Allgemeines Wohngebiet gemäß §4 der BauNVO
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Gleis 1 / 2 G	Gleis 1 / 2 gerader Teilabschnitt
Gleis 1 / 2 K	Gleis 1 / 2 kurviger Teilabschnitt
Gleis 1 / 2 W	Gleis 1 / 2 mit einer Weiche

1 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Wissenschaftsstadt Darmstadt plant im Süden des Stadtgebiets im Bereich der ehemals militärisch genutzten Flächen der Cambrai-Fritsch-Kaserne und der Jefferson-Siedlung ein neues Wohnquartier, das Ludwigshöviertel (kurz: LHV). Im rund 34 ha großen Areal zwischen den Stadtteilen Bessungen und Eberstadt sollen zukünftig etwa 1.400 Wohneinheiten entstehen. Knapp 3.000 Menschen werden in diesem neuen Stadtteil leben und arbeiten und werden somit zukünftig Teil Darmstadts sein. Das Viertel an sich wird wie die Lincoln-Siedlung als autoarmes Quartier angelegt, aber die neuen Bewohner*innen werden aus dem Viertel zur Arbeit pendeln oder zum Einkaufen fahren.

Die Anbindung des Ludwigshöviertels soll das neue Quartier im Süden Bessungens optimal mit der Verkehrsinfrastruktur Darmstadts verbinden und speziell die Verkehrsmittel des Umweltverbunds fördern (ÖV, Rad- und Fußverkehr). Die Planungen der Wissenschaftsstadt Darmstadt und der HEAG mobilo für die Anbindung des Ludwigshöviertels sollen das gewährleisten.

Ein wesentliches Element, mit dem auf die Verkehrswende hingearbeitet wird, ist die Durchbindung der Straßenbahn von der heutigen Endhaltestelle „Lichtenbergschule“ durch das Ludwigshöviertel bis zur Heidelberger Straße. Ziel ist es mit dieser Infrastrukturplanung nicht nur ein Höchstmaß an Flexibilität für die Anbindung des Ludwigshöviertels zu bekommen, sondern auch für das neue Nahverkehrskonzept vorbereitet zu sein.

Darüber hinaus entsteht aus betrieblicher Sicht bei Realisierung der Anbindung eine Querverbindung zwischen den beiden wichtigen Straßenbahn-Bestandstrassen, womit neue Möglichkeiten zur Resilienz und Flexibilität im Betrieb eröffnet werden. Insbesondere bei Störungen zwischen Eberstadt und Darmstadt Innenstadt auf der Heidelberger Straße kann die Anbindung als Ausweich- und Wendemöglichkeit dienen, sodass bei Unfällen oder anderen Problemen schnell reagiert werden kann und nicht auf der gesamten Strecke Schienenersatzverkehr nötig wird.

Im Rahmen der Erschließung des Ludwigshöviertels soll eine erschütterungstechnische Untersuchung bezüglich der zukünftigen Immissionen infolge des vorgesehenen Straßenbahnverkehrs von der Ludwigshöhstraße, bis zu der Einmündung der Bestandsgleise an der Heidelberger Straße durchgeführt werden.

Aufgabe der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung ist es zu klären, ob aus dem Betrieb der neuen Straßenbahnstrecke und dem erhöhten Verkehrsaufkommen der bestehenden Straßenbahnstrecke in der Heidelberger Straße mit deren Einmündung der neuen Gleise aus dem Ludwigshöviertel, Einwirkungen resultieren, die zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Soweit relevante Konfliktpotentiale festgestellt werden, sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Minimierung der Immissionskonflikte zu erarbeiten. Bei der Beurteilung des Sachverhaltes sind städtebauliche Randbedingungen zu berücksichtigen.

2 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Regelwerke, Schriftsätze und Planunterlagen zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269)
- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /4/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /5/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /6/ DB-Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, Stand vom 15.09.2017
- /7/ Städtebauliches Strukturkonzept „Combrai-Fritsch-Kaserne / Jefferson-Siedlung“, Maßstab 1:1000, Wissenschaftsstadt Darmstadt / AS+P, Stand vom November 2018
- /8/ Auszug aus dem Abschlussbericht „Strukturkonzept CFK“, AS+P, Stand vom Februar 2019
- /9/ Entwurf des Bebauungsplans „LHV-Planzeichnung-Entwurf / Ludwigshöviertel“, Wissenschaftsstadt Darmstadt / AS+P, Stand vom März 2020
- /10/ LHV-IV-ÖV: Taktzeiten für Linienkonzept, zur Verfügung gestellt von HEAG mobilo GmbH; Stand der letzten Abstimmung 01.11.2022
- /11/ Betriebskonzept 2030, Nullfallzahlen, zur Verfügung gestellt von HEAG mobilo GmbH, Stand 01.11.2022
- /12/ Erschütterungstechnische Untersuchung „Bebauungsplan ‚Ludwigshöviertel‘ der Wissenschaftsstadt Darmstadt“ 20198237-805-VSE-1 vom 01.04.2020

- /13/ Entwurfsplanung „Ludwigshöviertel / Anbindung Ludwigshöviertel“ von der Schüßler-Plan Ingenieure mbH, Stand 05.11.2021
- /14/ Entwurfsplanung „Anbindung Ludwigshöviertel“ von der HEAG mobilo GmbH, Angaben zu den Geschwindigkeiten des Schienenverkehrs, Stand Februar 2022

3 Beschreibung des Planvorhabens

3.1 Baumaßnahme

Die Wissenschaftsstadt Darmstadt plant im Süden des Stadtgebiets im Bereich der ehemals militärisch genutzten Flächen der Cambrai-Fritsch-Kaserne und der Jefferson-Siedlung ein neues Wohnquartier, das Ludwigshöviertel (kurz: LHV). Im rund 34 ha großen Areal zwischen den Stadtteilen Bessungen und Eberstadt sollen zukünftig etwa 1.400 Wohneinheiten entstehen. Knapp 3.000 Menschen werden in diesem neuen Stadtteil leben und arbeiten und werden somit zukünftig Teil Darmstadts sein. Das Viertel an sich wird wie die Lincoln-Siedlung als autoarmes Quartier angelegt, aber die neuen Bewohner*innen werden aus dem Viertel zur Arbeit pendeln oder zum Einkaufen fahren.

Die Anbindung des Ludwigshöviertels soll das neue Quartier im Süden Bessungens optimal mit der Verkehrsinfrastruktur Darmstadts verbinden und speziell die Verkehrsmittel des Umweltverbunds fördern (ÖV, Rad- und Fußverkehr). Die Planungen der Wissenschaftsstadt Darmstadt und der HEAG mobilo für die Anbindung des Ludwigshöviertels sollen das gewährleisten.

Ein wesentliches Element, mit dem auf die Verkehrswende hingearbeitet wird, ist die Durchbindung der Straßenbahn von der heutigen Endhaltestelle „Lichtenbergschule“ durch das Ludwigshöviertel bis zur Heidelberger Straße. Ziel ist es mit dieser Infrastrukturplanung nicht nur ein Höchstmaß an Flexibilität für die Anbindung des Ludwigshöviertels zu bekommen, sondern auch für das neue Nahverkehrskonzept vorbereitet zu sein.

3.2 Bebauungen im Einwirkungsbereich

Der Entwurf des Bebauungsplans „Ludwigshöviertel“ der Wissenschaftsstadt Darmstadt beinhaltet die Bestandsgebäude am Quartiersplatz im Urbanem Gebiet (IP03 bis IP05). Die erste Gleisachse ist am nächsten Punkt dieser Gebäude 11 m entfernt. Im Allgemeinen Wohngebiet des Entwurfs sind Neubauten geplant, die sich im Abstand von 7 m von der ersten Gleisachse befinden (IP06 und IP07). In der südlichen 90°-Kurve beträgt der kleinste Abstand zum nächstgelegenen Gebäude 6 m (IP08).

Außerhalb des Plangebiets „Ludwigshöfviertel“ wird die Wendeanlage in der Ludwigshöhstraße für die doppelseitige Nutzbarkeit ausgebaut. Die potenzielle Betroffenheit im Sinne des Erschütterungsschutzes dieser Wendeanlage ist das anliegende Gebäude (IP01) direkt angrenzend an den Gleisen der Wendeanlage und das Gebäude westlich der Wendeanlage (IP02) in der Ludwigshöhstraße, welches im Einflussbereich der geplanten, zusätzlichen Weichen liegt. Südwestlich des Plangebiets „Ludwigshöfviertel“ befindet sich an der Cooperstraße ein weiteres Gebäude, welches sich im Einflussbereich der zu errichtenden neuen Straßenbahnlinie befindet (IP09). Auch in der Einmündung der neuen Straßenbahnlinie in die bestehenden Gleise der Heidelberger Straße befinden sich Gebäude die durch die voraussichtlich höheren Zugzahlen, sowie von den notwendigen Weichen und Kurven betroffen sein werden. Repräsentativ wird hierbei das südlichste Gebäude der Jefferson-Siedlung erschütterungstechnisch untersucht (IP10).

3.3 Immissionsrechtliche Einstufung der neuen Straßenbahnlinie

Aus Sicht des Immissionsschutzes stellt die Erschließung des Ludwigshöfviertels den Neubau einer zweigleisigen Straßenbahnstrecke dar. Mit Ausnahme der Anschlussbereiche an das bestehende Straßenbahnnetz besteht daher keine erschütterungstechnische Vorbelastung aus dem SPNV. Hier werden die prognostizierten Immissionen aus Erschütterung mit den heranzuziehenden Anhaltswerten der DIN 4150-2 /5/ bzw. mit den Immissionsrichtwerten der 24. BImSchV /3/ verglichen.

Die baurechtliche Genehmigung für das Vorhaben wird im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens parallel zu dem hier erwähnten Bebauungsplanverfahren angestrebt. Der Vorhabenträger ist verpflichtet, dem Grundsatz der Konfliktvermeidung bzw. der Konfliktlösung folgend sicherzustellen, dass die Verträglichkeit des Vorhabens (Verlängerung / Ausbau der Straßenbahnstrecke) mit schutzbedürftigen Nutzungen im Einwirkungsbereich gegeben ist. Dementsprechend werden in der vorliegenden Untersuchung, soweit die durgeführten Berechnungen zum Ergebnis führen, dass eine durchgängige Konfliktfreiheit nicht zu erwarten ist, geeignete Maßnahmen an der Erschütterungsquelle diskutiert.

4 Anforderungen an den Immissionsschutz

4.1 Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Einwirkungen durch verkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte festgelegt sind. Daher werden zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen die in Fachkreisen als Beurteilungs-

grundlage allgemein anerkannten Anhaltswerte nach DIN 4150-2 /5/ herangezogen. Bei Einhaltung der hierin angegebenen Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine „erheblich belästigenden Einwirkungen“, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne des Immissionsschutzrechtes /1/ anzusehen sind, darstellen.

Zur Bewertung der Erschütterungsimmissionen sind gemäß DIN 4150-2 zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

- die maximale zeit- und frequenzbewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ,
- die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} .

Zeile	Einwirkungsort	tags		nachts	
		A_u	A_r	A_u	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	0,20	0,30	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	0,15	0,20	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	0,10	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	0,07	0,10	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	0,05	0,10	0,05

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

Für die Beurteilung schienenverkehrsinduzierter Immissionen nennt die Norm zwei Kriterien. Der untere Anhaltswert A_u ist ein Anhaltswert für den KB_{Fmax} -Wert. Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so sind die Anforderungen der Norm erfüllt, es gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen nicht als erheblich belästigend einzustufen sind. Übersteigt KB_{Fmax} den unteren Anhaltswert A_u , so ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu bilden und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen.

Für oberirdisch geführten Schienenverkehr des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sollten bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten gemäß Ziffer 6.5.3.3 die Anhaltswerte nach Tabelle 1 eingehalten werden. Eine Anhebung der Anhaltswerte um den ÖPNV-Faktor (1,5) wird

demnach für das Ludwigshöviertel nicht berücksichtigt. Hingegen kann der ÖPNV-Faktor für die bestehende Lincoln-Siedlung angesetzt werden.

Der Lageplan des Bebauungsplanentwurfs mit den angegebenen Immissionspunkten (IP) ist in Anhang 1 dargestellt. Im großen Bereich des Bebauungsplans wird als Art der baulichen Nutzung Allgemeine Wohngebiete (WA) ausgewiesen. Für städtebaulichen Planungen sind der Beurteilung dann die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Die Gebäude am Quartiers-Carré befinden sich im urbanen Gebiet (MU) (IP03 bis IP05). Für urbane Gebiete werden wie bei Mischgebieten die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1, Zeile 3 herangezogen.

4.2 Sekundärer Luftschall

Für Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen, hervorgerufen von schienengebundenen Verkehrssystemen, existieren derzeit weder vom Gesetzgeber noch in technischen Regelwerken verbindlich vorgegebene Anforderungswerte. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

In Anlehnung an 24. BImSchV /3/ werden hinsichtlich der Beurteilung des sekundären Luftschalls die aus den Korrektursummanden D abgeleiteten zulässigen Beurteilungspegel im Innenraum (= Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab herangezogen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Immissionsrichtwerte zur Beurteilung von sekundärem Luftschall.

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in Tabelle 2 angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des Innenschallpegels gemäß 24. BImSchV abgeleitet werden. Für die geplanten Nutzungen erfolgt die Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen für den Tagzeitraum unter Zugrundelegung des Anforderungswertes für Wohnräume. Für den Nachtzeitraum wird der Anforderungswert für Räume herangezogen, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden. Demzufolge gelten folgende Immissionsrichtwerte für Wohngebäude:

- Tag: IRW = 40 dB(A),
- Nacht: IRW = 30 dB(A).

Zeile	Raumnutzung	$L_{ri,T}$ [dB(A)]	$L_{ri,N}$ [dB(A)]
1	Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5	Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6	Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	
$L_{ri,T}$	Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für den Tag		
$L_{ri,N}$	Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für die Nacht		

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

5.1 Prognosemodell

Bei der Prognose der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für schutzwürdige Räume eines Gebäudes wird von der in Abbildung 1 skizzierten Übertragungskette ausgegangen.

Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission T_1) das Schwingungsverhalten, der zu untersuchenden Gebäude (Gebäudeübertragungsfunktion T_2). Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert. Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, dass die spektrale Zusammensetzung sowohl der Schwingungsemissionen als auch der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Die spektrale Auflösung erfolgt hierbei in Form von Terzbändern im Bereich von 4 bis 315 Hz.

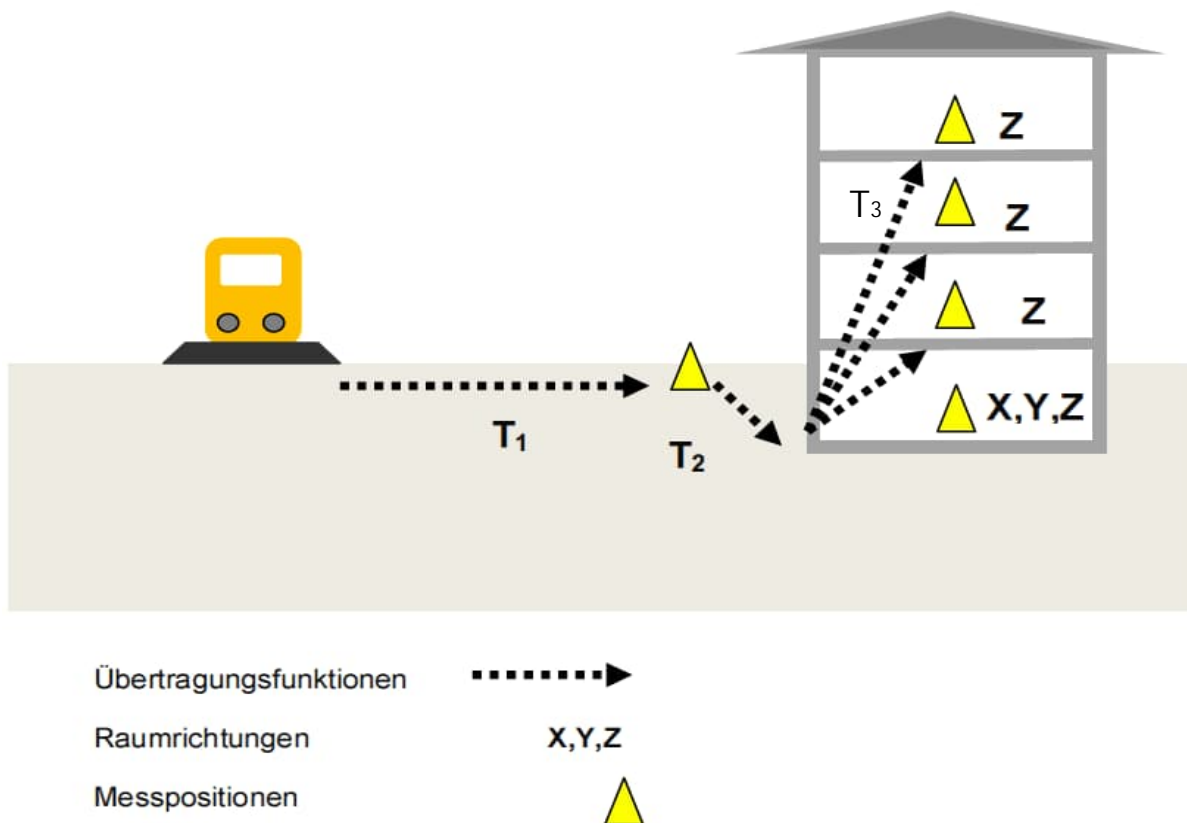


Abbildung 1: Übertragung von Erschütterungen

Die der Prognose zu Grunde gelegten Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

5.2 Emissionen

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die Emission durch die in einem festgelegten Abstand zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärken charakterisiert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird ein standardisiertes Emissionsspektrum zu Grunde gelegt. Dieses wurde im Sinne einer oberen Abschätzung als obere Einhüllende aus einer Vielzahl messtechnisch ermittelter Einzelspektren von Stadt- und Straßenbahnfahrzeugen mit entsprechenden Oberbau gebildet.

Das für die Prognose herangezogene, standardisierte Emissionsspektrum einer Straßenbahn ist in Anhang 2.1 grafisch und tabellarisch dargestellt. Hierbei werden das auf den Referenzabstand von 8 m und auf die Referenzgeschwindigkeit von 50 km/h normierte Spektrum im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz als Mittelwert angegeben.

Für Streckenabschnitte mit unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten wird die Korrekturfunktion in Anhang 2.2 berücksichtigt. Für Bereiche mit Weichen oder engen Kurvenradien wurden

Korrekturfunktionen zur Berücksichtigung der erhöhten Erschütterungsemissionen angewandt (Anhang 2.3 und Anhang 2.4).

Die Prognosespektren der Erschütterungsemissionen sind für die unterschiedlichen Streckentypen mit den entsprechenden Korrekturfunktionen im Anhang 3.1 bis Anhang 3.3 tabellarisch dargestellt.

5.3 Transmissionen

Der Übertragungsweg von schienenverkehrsinduzierten Schwingungen auf die für die Beurteilung relevanten Geschossdecken eines Gebäudes wird in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert.

Die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude wird als Transferfunktion T_1 bezeichnet. Diese wird gemäß nachfolgender Gleichung berechnet:

$$T_1 = \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-n} e^{(-\alpha(R-R_0))}$$

- n Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt;
- $\alpha \approx 2\pi D/\lambda$, Abklingkoeffizient [m^{-1}];
- D Dämpfungsgrad [%];
- $\lambda = c/f$, Wellenlänge [m];
- c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s];
- f Frequenz [f];
- R_0 Bezugsabstand [m]
- R Entfernung des Immissionsortes von der Quelle [m]

Aufgrund allgemeiner Erfahrungen kann von 1 % Dämpfung und von einer Ausbreitungsgeschwindigkeit für die Oberflächenwellen

$$c = 200 \text{ m/s}$$

ausgegangen werden. Der Exponent für den als Linienquelle zu betrachtenden oberirdischen Schienenverkehr liegt bei gerade geführten Streckenabschnitten und Kurvenbereichen gemäß DIN 4150-1 /4/ zwischen 0,3 und 0,5. Daher wird dieser Exponent mit

$$n = 0,4$$

berücksichtigt.

Weichen hingegen werden wegen der impulsartigen Emissionen als oberflächige Punktquellen betrachtet. Demnach wird für die Streckenabschnitte mit Weichen gemäß DIN 4150-1 der Exponent mit

$$n = 1,0$$

berücksichtigt.

Die Übertragung von Erschütterung vom Boden auf ein Gebäudefundament wird aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden herangezogen. Eine grafische Darstellung der zu berücksichtigten T_2 - und T_3 -Funktionen findet sich im Anhang 4.1 und Anhang 4.2.

Im Rahmen der hier durchgeführten Prognose werden jedoch nur die üblichen Geschosdeckeneigenfrequenzen von Gebäuden, die in Frequenzbändern zwischen

$$25 \text{ Hz} \leq f_0 \leq 40 \text{ Hz}$$

liegen, berücksichtigt.

5.4 Immissionen

5.4.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß DIN 4150-2 /5/ in der Mitte von Räumen auftretenden KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Abschätzungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der DIN 4150-2 auf 80 Hz begrenzt.

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die fahrzeugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt. Hinsichtlich der Erschütterungen ist bei der Ermittlung der Einwirkdauer das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß DIN 4150-2 /5/ zu beachten.

5.4.2 Sekundärer Luftschall

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall die Richtlinie 820.2050 der DB AG /6/ herangezogen. Die Berechnung des A-bewerteten sekundären Luftschallpegels erfolgt nach den Gesamtpegel-Korrelationsbeziehungen. Hierin wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schwinggeschwindigkeitspegel und dem sekundären Luftschallpegel genannt. Die Abhängigkeiten wurden dabei für Stahlbetondecken beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch die Straßenbahn, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

$$L_{\text{sek,A}} = 15,75 + 0,60 \cdot L_{\text{v,A}} \quad [\text{dB(A)}] \text{ bei Stahlbetondecken}$$

mit

$L_{\text{sek,A}}$ A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],

$L_{\text{v,A}}$ A-bewerteter Gesamt-Schwinggeschwindigkeitspegel [dB(A)]

Der Auswertebereich wird bei der Einzalmethode bis 100 Hz beschränkt, da erfahrungsgemäß oberhalb von 80 Hz keine pegelbestimmenden Anteile im Spektrum des sekundären Luftschallpegels vorhanden sind.

Die Einwirkzeit des sekundären Luftschalls, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr), ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des Beurteilungszeitraumes verkehrenden Schienenfahrzeuge und deren geschwindigkeitsabhängiger Vorbeifahrtzeit. Um zu berücksichtigen, dass Fahrzeuge bereits vor und auch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden können, wird bei der Bestimmung der signifikanten Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt mit der 1,5-fachen geometrischen Vorbeifahrtzeit berücksichtigt

$$T_e = 1,5 \cdot \text{Zuglänge} \cdot 3,6 / v_{\text{max}}$$

mit

v_{max} maximale Streckengeschwindigkeit bzw. zugspezifische Höchstgeschwindigkeit [km/h]

5.5 Betriebsparameter der Bahnstrecke

5.5.1 Nullfall

Im Prognose-Nullfall durchfahren insgesamt 188 Züge am Tag und 40 in der Nacht die Ludwigshöhstraße. Da die Linie in Höhe der Lichtenbergschule endet, durchfahren somit 94 Züge am Tag und 20 Züge in der Nacht die Wendeschleife.

5.5.2 Planfall

Insgesamt verkehren künftig im Bereich Ludwigshöhstraße bis Kreuzung Heidelberger Straße und umgekehrt

$$n_{\text{Tag/Nacht}} = 188 / 40 \text{ Züge.}$$

Südlich der Einmündung Cooperstraße verkehren auf der Heidelberger Straße künftig insgesamt (beide Richtungen zusammengefasst)

$$n_{\text{Tag/Nacht}} = 364 / 45 \text{ Züge}$$

und nördlich der Cooperstraße

$$n_{\text{Tag/Nacht}} = 374 / 80 \text{ Züge.}$$

6 Untersuchungsergebnisse

Die maximalen bewerteten Schwingstärken $KB_{F_{max}}$, die Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} und die Ausschöpfung der Anhaltswerte nach der DIN 4150-2 werden als Ergebnisse der Immissionsprognose für Erschütterungen zusammen mit dem sekundären Luftschall L_F nach 24. BImSchV in Anhang 5 tabellarisch dargestellt. Die Immissionen werden für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ausgewiesen und beurteilt. Grün hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei Rot hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Die Beurteilung der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundären Luftschall erfolgt anhand der vorliegenden Gebietseinstufung (WA und MU) für jeden einzelnen Immissionspunkt (IP) (Anhang 5). Beide Gleise werden je nach Emissionstyp differenziert bewertet. Gleis 1 / 2 G bedeutet ein gerader Teilabschnitt, Gleis 1 / 2 K bedeutet ein kurviger Teilabschnitt und Gleis 1 / 2 W bedeutet das Überfahren einer Weiche. Es wurden jeweils die Emissionen für die Prognose herangezogen, welche sich als ausschlaggebend herausstellen.

Sofern die prognostizierten betriebsbedingten Immissionen das Erfordernis von Schutzmaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert.

6.1 Immissionen IP01

In Anhang 5.1 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionspunkt IP01. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 10 \text{ m}$$

von den kurvigen Gleisen der Wendeanlage entfernt. Planmäßig wird jedoch der Schienenverkehr die Gleise auf der Ludwigshöhstraße mit dem geraden Teilabschnitt nutzen. Dabei sind die Emissionen der Weiche im Abstand von

$$r = 46 \text{ m}$$

Entfernung ausschlaggebend.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emissions- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn, nach der Entwurfsplanung zu den Zuggeschwindigkeiten der HEAG von 30 km/h /14/ auf den anliegenden geraden Teilabschnitten mit Weichen, sowie die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich maximale bewertete Schwingstärken $KB_{F_{\max}}$ im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.1 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{F_{\max}} = 0,060 / 0,060.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken, bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz. Dies bedeutet, dass die prognostizierten maximalen bewertete Schwingstärken innerhalb des IP01 die Anhaltswerte für Urbane Gebiete (MU) von

$$A_u = 0,200 / 0,150$$

unterschreiten. Damit sind die erschütterungstechnischen Anforderungen bereits im 1. Bewertungsschritt eingehalten. Die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} ist somit nicht erforderlich.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden Teilabschnitten werden demnach nicht erforderlich.

In Anhang 5.1 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafräum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 18,4 / 14,7 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen deutlich. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.2 Immissionen IP02

In Anhang 5.2 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionspunkt IP02. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 16 \text{ m}$$

von den Gleisen entfernt. Jedoch sind die Emissionen durch die Weiche im Abstand von

$$r = 26 \text{ m}$$

Entfernung ausschlaggebend.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 30 km/h /14/ auf den anliegenden geraden Teilabschnitten mit Weichen, sowie die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.2 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{\text{Fmax}} = 0,144 / 0,144.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken, bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz. Dies bedeutet, dass die prognostizierten maximalen bewertete Schwingstärken innerhalb des IP01 die Anhaltswerte für Urbane Gebiete (MU) von

$$A_u = 0,200 / 0,150$$

unterschreiten. Damit sind die erschütterungstechnischen Anforderungen bereits im 1. Bewertungsschritt eingehalten. Die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} ist somit nicht erforderlich. Die Darstellung dieser ist hierbei rein Informativ.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden Teilabschnitten werden demnach nicht erforderlich.

In Anhang 5.2 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafräum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 23,8 / 20,0 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen deutlich. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.3 Immissionen IP03, IP04 und IP05

In Anhang 5.3 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an den Immissionspunkten IP03, IP04 und IP05. Diese Immissionsorte sind mit einem Abstand von

$$r = 11 \text{ m}$$

von den kurvigen Gleisen innerhalb des urbanem Gebiet des Ludwighöviertels entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 15 km/h /14/ auf den anliegenden kurvigen Teilabschnitten und die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.3 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FTF} = 0,126 / 0,082.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP03, IP04 und IP05 die Anhaltswerte für Urbane Gebiete (MU) von

$$A_r = 0,100 / 0,070$$

sowohl am Tag als auch in der Nacht überschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 nicht erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach erforderlich.

In Anhang 5.3 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{Tag/Nacht} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,Tag/Nacht} = 30,7 / 27,0 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.4 Immissionen IP06

In Anhang 5.4 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP06. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 7 \text{ m}$$

von einem weiteren kurvigen Gleisabschnitt innerhalb des allgemeinen Wohngebiets des Ludwigshöviertels entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 20 km/h /14/ auf den anliegenden kurvigen Teilabschnitten und die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.4 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FTF} = 0,163 / 0,106.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP06 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

sowohl am Tag als auch in der Nacht überschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 nicht erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach erforderlich.

In Anhang 5.4 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafräum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 32,2 / 28,4 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.5 Immissionen IP07

In Anhang 5.5 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP07. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 7 \text{ m}$$

von geraden Gleisen innerhalb des allgemeinen Wohngebiets des Ludwighöviertels entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 50 km/h /14/ auf den anliegenden geraden Teilabschnitten und die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.5 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{\text{FTF}} = 0,055 / 0,036.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP07 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach nicht erforderlich.

In Anhang 5.5 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 24,4 / 20,7 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen deutlich. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.6 Immissionen IP08

In Anhang 5.6 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP08. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 6 \text{ m}$$

von kurvigen Gleisen innerhalb des allgemeinen Wohngebiets des Ludwighöviertels entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 18 km/h /14/ auf den anliegenden kurvigen Teilabschnitten und die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken $KB_{\text{FT}}r$ im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.6 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{\text{FT}}r = 0,171 / 0,111.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP08 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

sowohl am Tag als auch in der Nacht überschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 nicht erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach erforderlich.

In Anhang 5.6 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 32,4 / 28,7 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.7 Immissionen IP09

In Anhang 5.7 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP09. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 35 \text{ m}$$

von kurvigen Gleisen innerhalb des allgemeinen Wohngebiets des Ludwighöviertels entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 30 km/h auf den anliegenden kurvigen Teilabschnitten und die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.7 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{\text{FTF}} = 0,067 / 0,044.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP09 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach nicht erforderlich.

In Anhang 5.7 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{\text{Tag/Nacht}} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 26,8 / 23,1 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

6.8 Immissionen IP10

In Anhang 5.8 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP10. Dieser Immissionsort ist mit einem Abstand von

$$r = 50 \text{ m}$$

von den ausschlaggebenden kurvigen Gleisen und den Weichen der Einmündung auf die Bestandsgleise an der Heidelberger Straße entfernt.

Unter Berücksichtigung der standardisierten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, der gefahrenen Geschwindigkeit der Straßenbahn von 50 km/h auf den anliegenden geraden Teilabschnitten mit Weichen und von 15 km/h /14/ auf den kurvigen Gleisabschnitten, sowie die herangezogenen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 5.8 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FT_r} = 0,039 / 0,025.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken innerhalb des IP10 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) inklusive des hier zu berücksichtigenden ÖPNV-Faktors (1,5) von

$$A_r = 0,105 / 0,075$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 erfüllt. Maßnahmen zur Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen an den anliegenden kurvigen Teilabschnitten werden demnach nicht erforderlich.

In Anhang 5.8 sind auch die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag- bzw. Nachtzeitraum für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen. Für die geplanten Bebauungen wird für den Tagzeitraum der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und im Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

$$IRW_{Tag/Nacht} = 40 / 30 \text{ dB(A)}.$$

Es ergeben sich ohne Schutzmaßnahmen und einer maximalen Deckeneigenfrequenz von 40 Hz Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r,Tag/Nacht} = 25,2 / 21,5 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckeneigenfrequenzen deutlich. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht zu erwarten.

7 Schutzmaßnahmen

An den Immissionsorten IP03 bis IP06 und IP08 ergeben sich Beurteilungsschwingstärken, die die Anhaltswerte der jeweiligen Gebietsnutzungen überschreiten. Diese Immissionsorte befinden sich jeweils im Einflussbereich von Kurven der Gleise innerhalb des Plangebiets „Ludwigshöviertel“. Demnach sind Schutzmaßnahmen an den Oberbauten an diesen betroffenen Stellen erforderlich, um die Anhaltswerte nach der DIN 4150-2 an den schutzwürdigen Gebäuden einzuhalten. Eine geeignete Möglichkeit ist der Einsatz von Leichten Masse-Feder-Systemen (LMFS), mit deren Hilfe sich Emissionen oberhalb einer bestimmten Frequenz deutlich reduzieren lassen. Die Korrekturfunktionen dieser Systeme sind im Anhang 4.3 (Kennfrequenz $f_0 = 25$ Hz) und im Anhang 4.4 (Kennfrequenz $f_0 = 20$ Hz) grafisch und tabellarisch dargestellt. Die jeweiligen Kennfrequenzen dürfen maximal um 1 Hz überschritten werden. Da die Eigenschaften grundsätzlich günstiger werden, je niedriger die Eigenfrequenz des Leichten Masse-Feder-Systems ist, bedarf es keine untere Grenze zur Gewährleistung des erforderlichen Erschütterungsschutzes. Im Folgenden werden die betroffenen Immissionsorte mit diesen Systemen untersucht.

7.1 IP03, IP04 und IP05 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 25$ Hz)

In Anhang 6.1 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an den Immissionspositionen IP03, IP04 und IP05 mit dem LMFS und einer Kennfrequenz von

$$f_0 = 25 \pm 1 \text{ Hz}$$

als Schutzmaßnahme an dem Oberbau der anliegenden, kurvigen Gleisabschnitte. Dabei ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 6.1 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FTF} = 0,062 / 0,040.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken aus Erschütterungen innerhalb der IP03, IP04 und IP05 die Anhaltswerte für Urbane Gebiete (MU) von

$$A_r = 0,100 / 0,070$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb der untersuchten Gebäude nach Maßgabe der DIN 4150-2 mit dieser Schutzmaßnahme erfüllt.

7.2 IP06 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 20$ Hz)

In Anhang 6.2 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP06 mit dem LMFS und einer Kennfrequenz von

$$f_0 = 20 \pm 1 \text{ Hz}$$

als Schutzmaßnahme an dem Oberbau der anliegenden, kurvigen Gleisabschnitte. Dabei ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 6.2 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FTT} = 0,051 / 0,034.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken aus Erschütterungen innerhalb des IP06 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 mit dieser Schutzmaßnahme erfüllt.

7.3 IP08 mit LMFS (Kennfrequenz $f_0 = 20$ Hz)

In Anhang 6.3 sind die Berechnungsergebnisse für die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall an der Immissionsposition IP08 mit dem LMFS und einer Kennfrequenz von

$$f_0 = 20 \pm 1 \text{ Hz}$$

als Schutzmaßnahme an dem Oberbau der anliegenden, kurvigen Gleisabschnitte. Dabei ergeben sich Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 6.3 für Stahlbetondecken (StB) ausgewiesen sind. Diese belaufen sich auf bis zu

$$KB_{FT_r} = 0,054 / 0,035.$$

für die untersuchten Stahlbetondecken bis zu einer Eigenfrequenz von 40 Hz. Hierbei ist zu erkennen, dass die Erschütterungsimmissionen am Tag maßgeblich sind.

Dies bedeutet, dass die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken aus Erschütterungen innerhalb des IP08 die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (WA) von

$$A_r = 0,070 / 0,050$$

unterschreiten.

Demzufolge werden die Anforderungen innerhalb des untersuchten Gebäudes nach Maßgabe der DIN 4150-2 mit dieser Schutzmaßnahme erfüllt.

8 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Bebauungsplanung „Ludwigshöviertel“ in Darmstadt wurde geprüft, ob mögliche Konflikte aus Erschütterungen durch den Straßenbahnbetrieb auf der zukünftigen verlängerten Straßenbahnstrecke mit des neuen Nahverkehrskonzepts in den betroffenen Gebäuden zu erwarten sind. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ❑ Im Einwirkungsbereich der entworfenen Strecke wurden die Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen geplanten und bestehenden Gebäude auf Grundlage von genormten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, typischer Gebäudeübertragungsfunktionen und des Betriebsprogramms für das Prognosejahr 2030 berechnet und gemäß den Anforderungen der DIN 4150-2 bzw. der 24. BImSchV beurteilt.
- ❑ Gemäß der DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.3.3 sind bei städtebaulichen Planungen des Ludwigshöviertels die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Beurteilung zu Grunde zu legen. Der „ÖPNV-Faktor“ kann hierbei nicht berücksichtigt werden, da die Bebauung des Plangebiets mit der Planung der Straßenbahntrasse einhergeht. Für die Beurteilung der zu prognostizierenden Erschütterungen innerhalb der Bestandsgebäude in der Lincoln-Siedlung kann hingegen der „ÖPNV-Faktor“ berücksichtigt werden.
- ❑ Für die Gebäude im Plangebiet des Ludwigshöviertels, die sich im Einwirkungsbereich der Kurven befinden, können Konflikte ohne Schutzmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. D. h. innerhalb dieser Gebäude werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 sowohl am

Tag- als auch im Nachtzeitraum überschritten. Aufgrund der bestehenden Randbedingungen können diese prognostizierten Überschreitungen durch entsprechende Schutzmaßnahmen vermieden werden.

- ❑ Hinsichtlich des sekundären Luftschalls unterschreiten die prognostizierten Beurteilungspegel für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen die gültigen Immissionsrichtwerte gemäß der 24. BImSchV sowohl am Tag als auch in der Nacht. Maßnahmen zur Reduzierung der sekundären Luftschallimmissionen werden somit nicht erforderlich.
- ❑ Die erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass innerhalb der oben angegebenen Immissionsorte mögliche Konfliktpotentiale aufgrund von schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsmissionen durch bestimmte bauliche Maßnahmen ausgeschlossen werden können. Dementsprechend wird empfohlen, die in den diesen Berechnungen berücksichtigten Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsmissionen, in der Planung des baulichen Entwurfs abzustimmen. Dies betrifft die Kurvenbereiche im Plangebiet „Ludwigshöviertel“. Hierbei wird der Einsatz eines leichtes Masse-Federsystem (LMFS) im Kurvenbereich des Urbanem Gebiets (MU) innerhalb des Plangebiets (IP03 bis IP05) mit einer Kennfrequenz von

$$f_0 = 25 \pm 1 \text{ Hz}$$

und im Kurvenbereich des Wohngebiets (WA) (IP06 und IP08) mit einer Kennfrequenz von

$$f_0 = 20 \pm 1 \text{ Hz}$$

empfohlen.

- ❑ Für alle anderen Immissionspunkte (IP01 bis IP02, IP07 und IP09 bis IP10), also für alle Gebäude außerhalb von Kurvenbereichen und die Bestandsgebäude rund um das Ludwigshöviertel samt den Bestandsgebäuden in der Lincoln-Siedlung sind keine Konflikte auf Grund der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen und dem erhöhten Verkehrsaufkommen zu erwarten. Hier sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
- ❑ Im Laufe der Ausführungsplanung kann eine Anpassung der festgelegten Leichte-Masse-Feder-Systeme aufgrund von neuen Erkenntnissen erforderlich sein.

AUFGESTELLT:



B. Eng. Mikis Gutsche

GEPRÜFT:

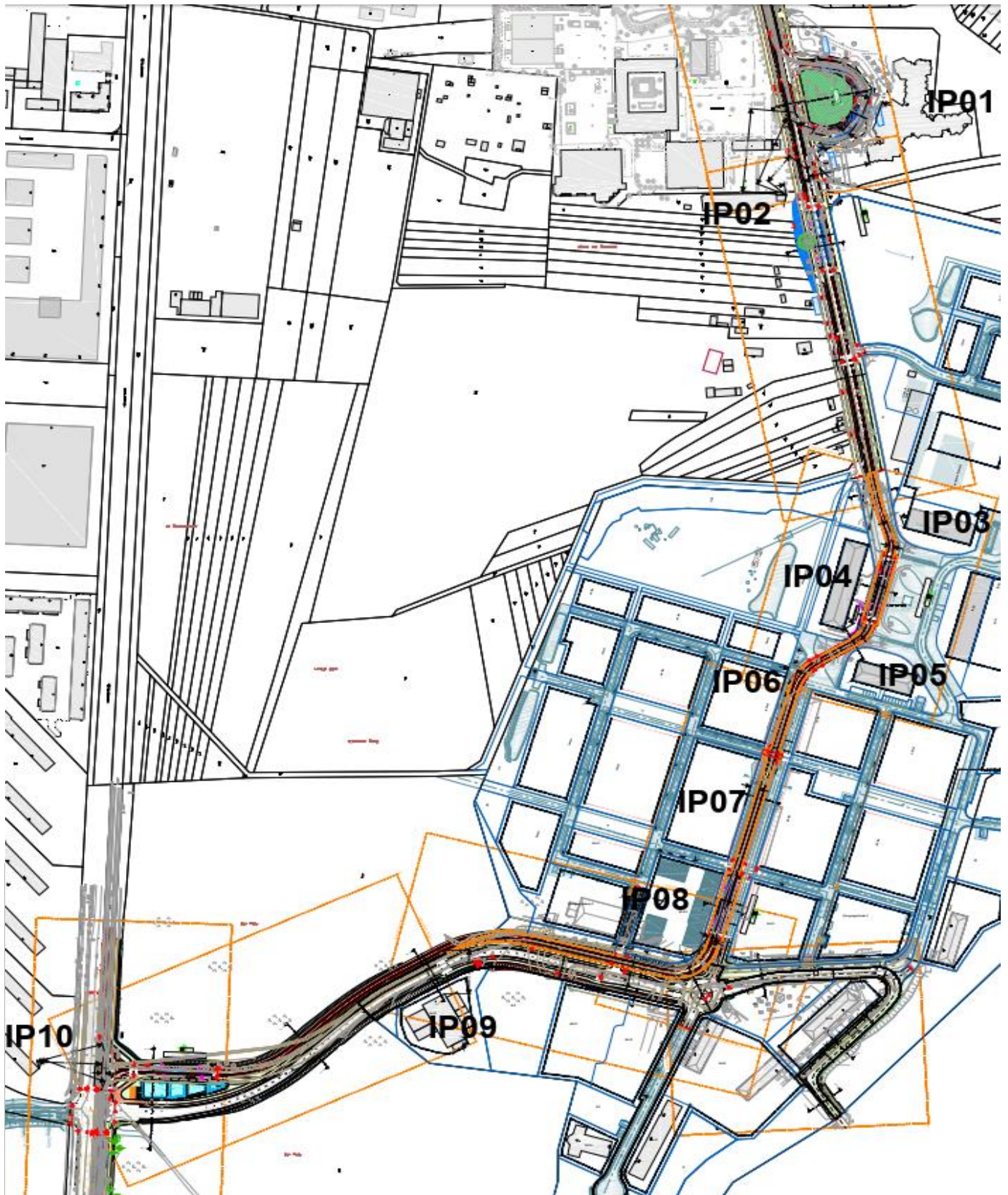


Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ENDE DES BERICHTS

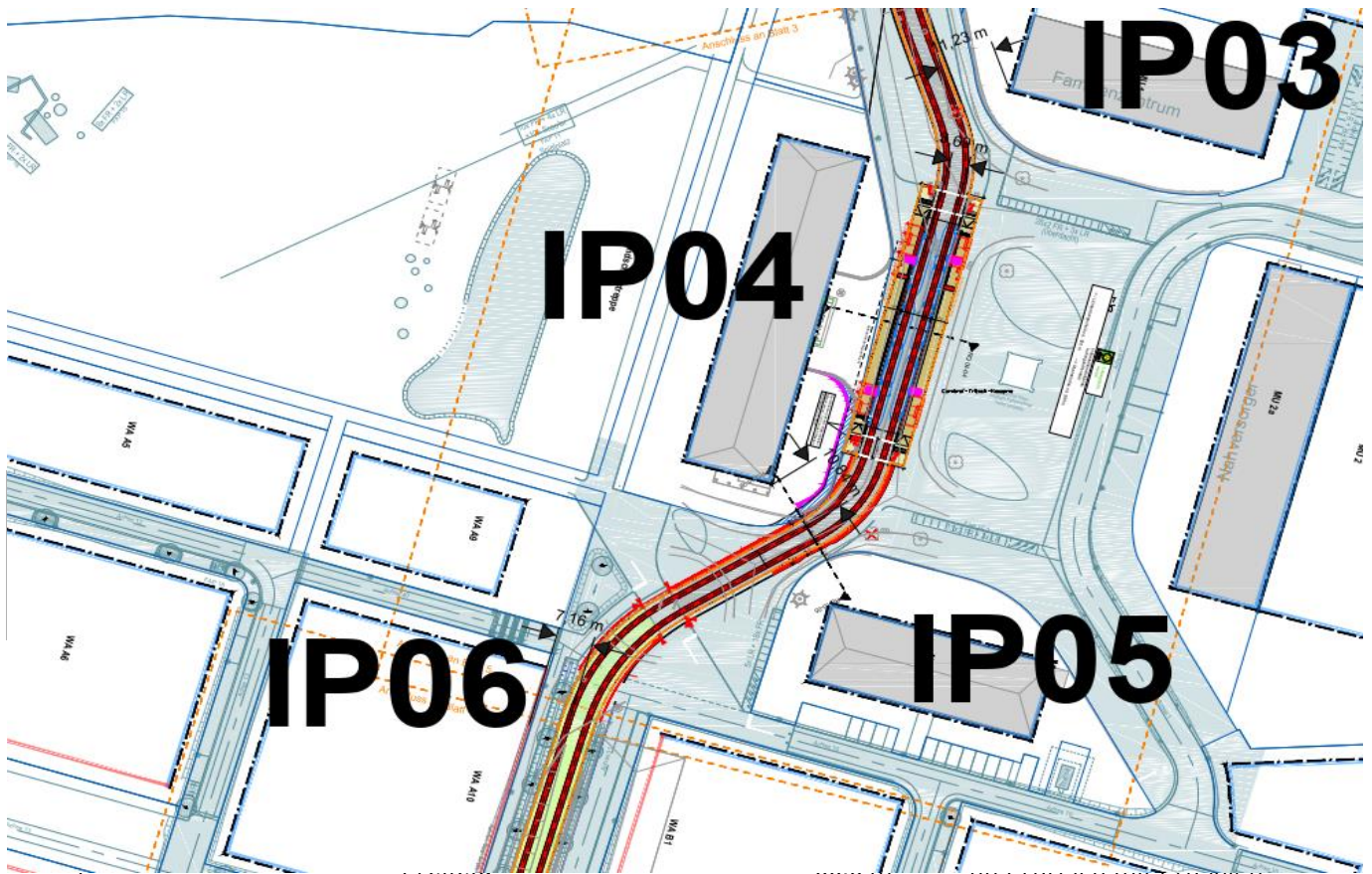
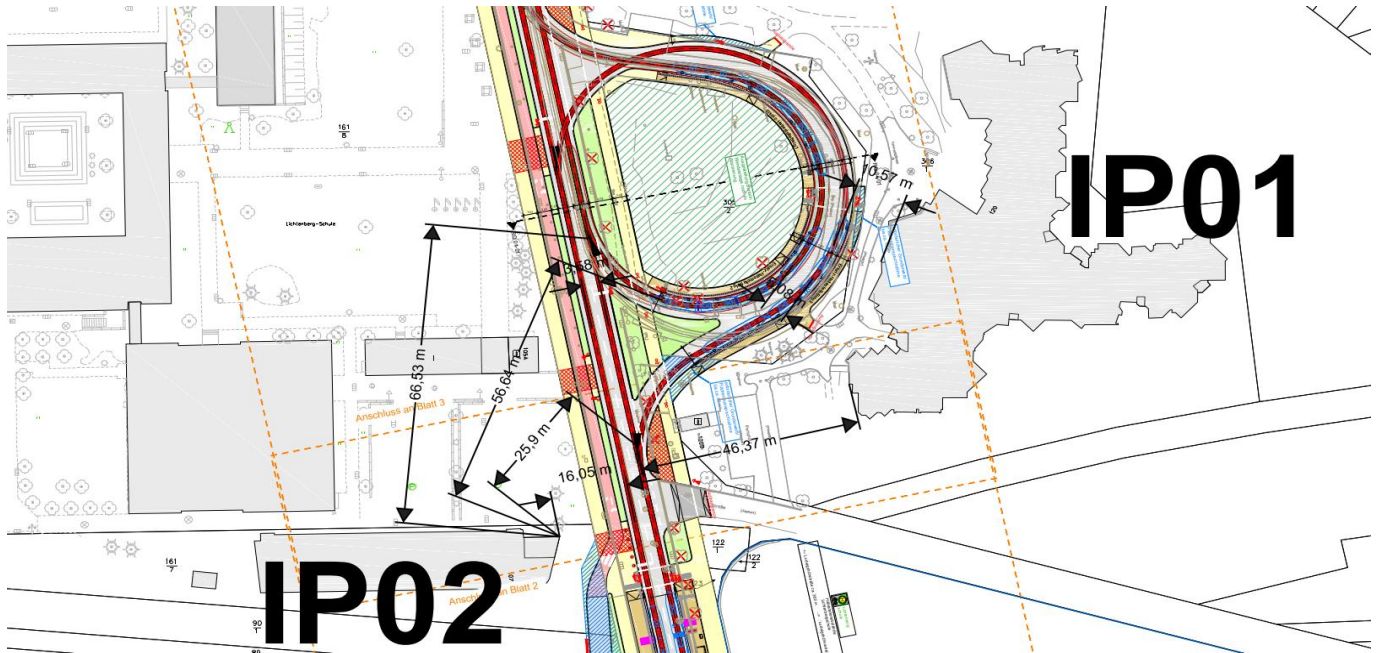
ANHANG

Übersichtslageplan Straßenbahntrasse Ludwigshöhviertel

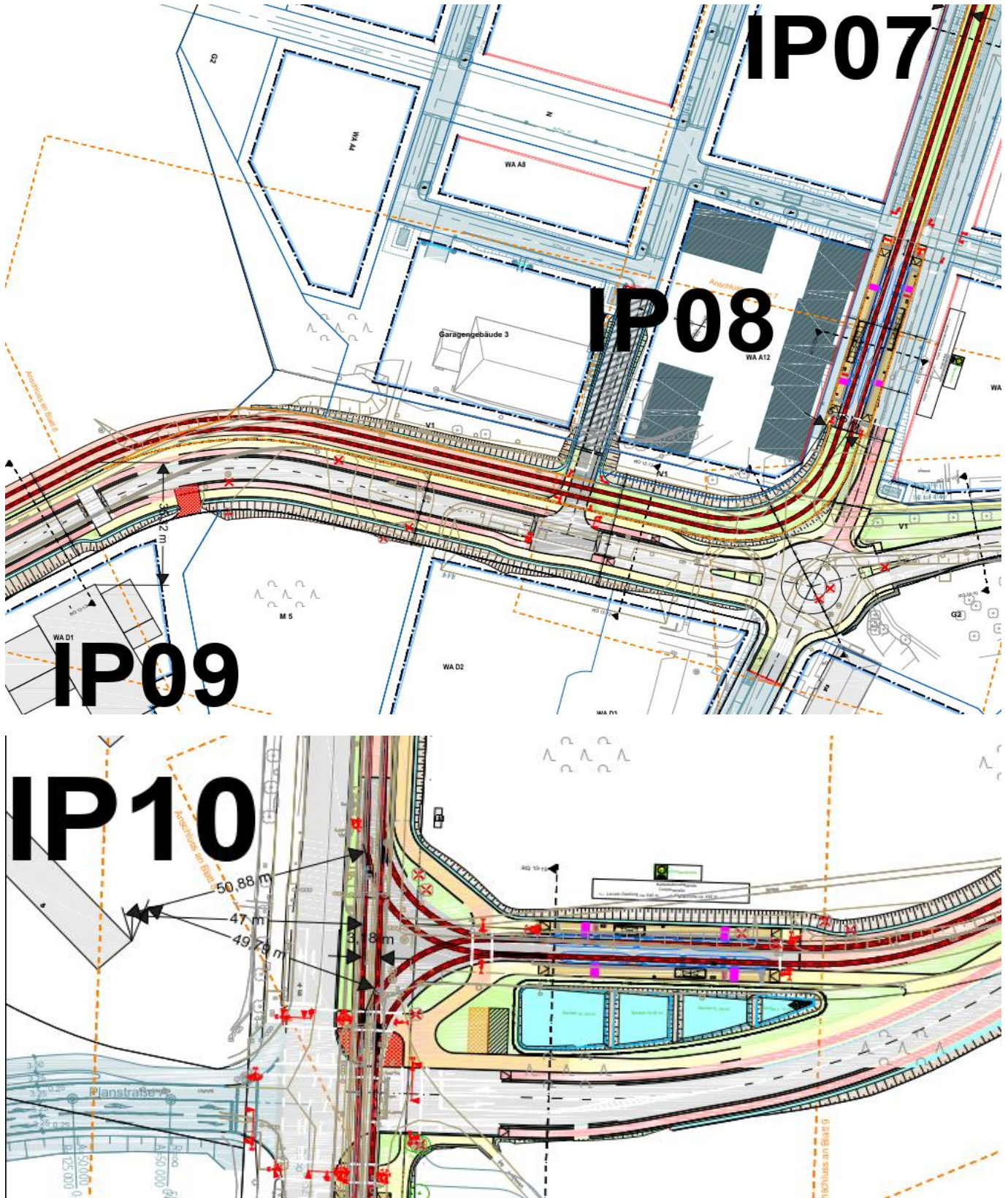


Detailansichten

Straßenbahntrasse Ludwigshöviertel



Detailansichten
Straßenbahntrasse Ludwigshöviertel



Emissionsspektrum

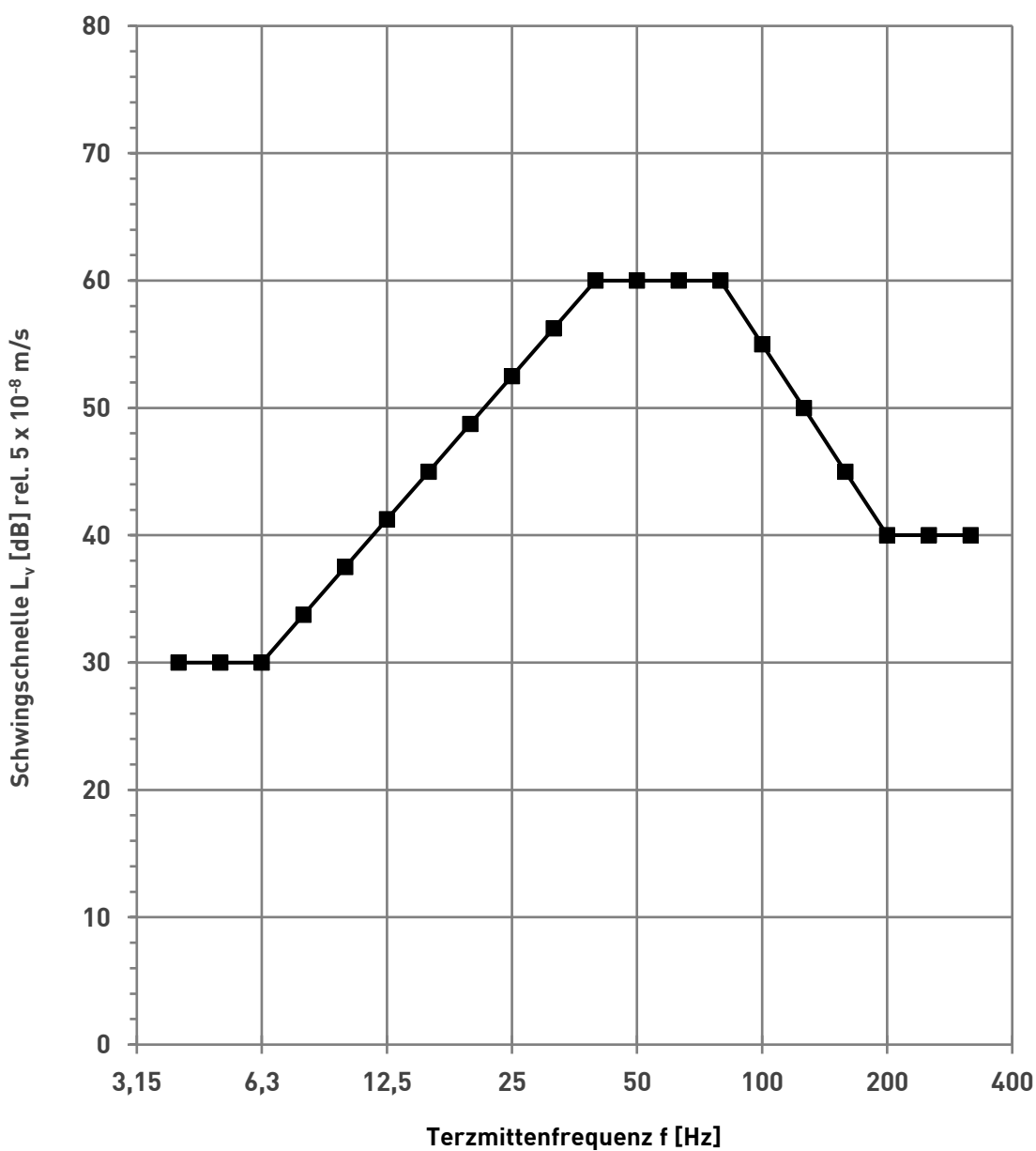
Stadtbahnfahrzeug

Quelle: Standardisiertes Emissionsspektrum auf Grundlage durchgeführter Quellstärkenmessungen an Stadtbahnen auf Rasengleis, fester Fahrbahn bzw. offener Oberbau

Geschwindigkeit: 50 km/h

Messposition: 8 m von nächstgelegener Gleisachse

Schwingrichtung: z



L _v [dB]	f [Hz]
30,0	4
30,0	5
30,0	6,3
33,8	8
37,5	10
41,3	12,5
45,0	16
48,8	20
52,5	25
56,3	31,5
60,0	40
60,0	50
60,0	63
60,0	80
55,0	100
50,0	125
45,0	160
40,0	200
40,0	250
40,0	315
67,2	Σ

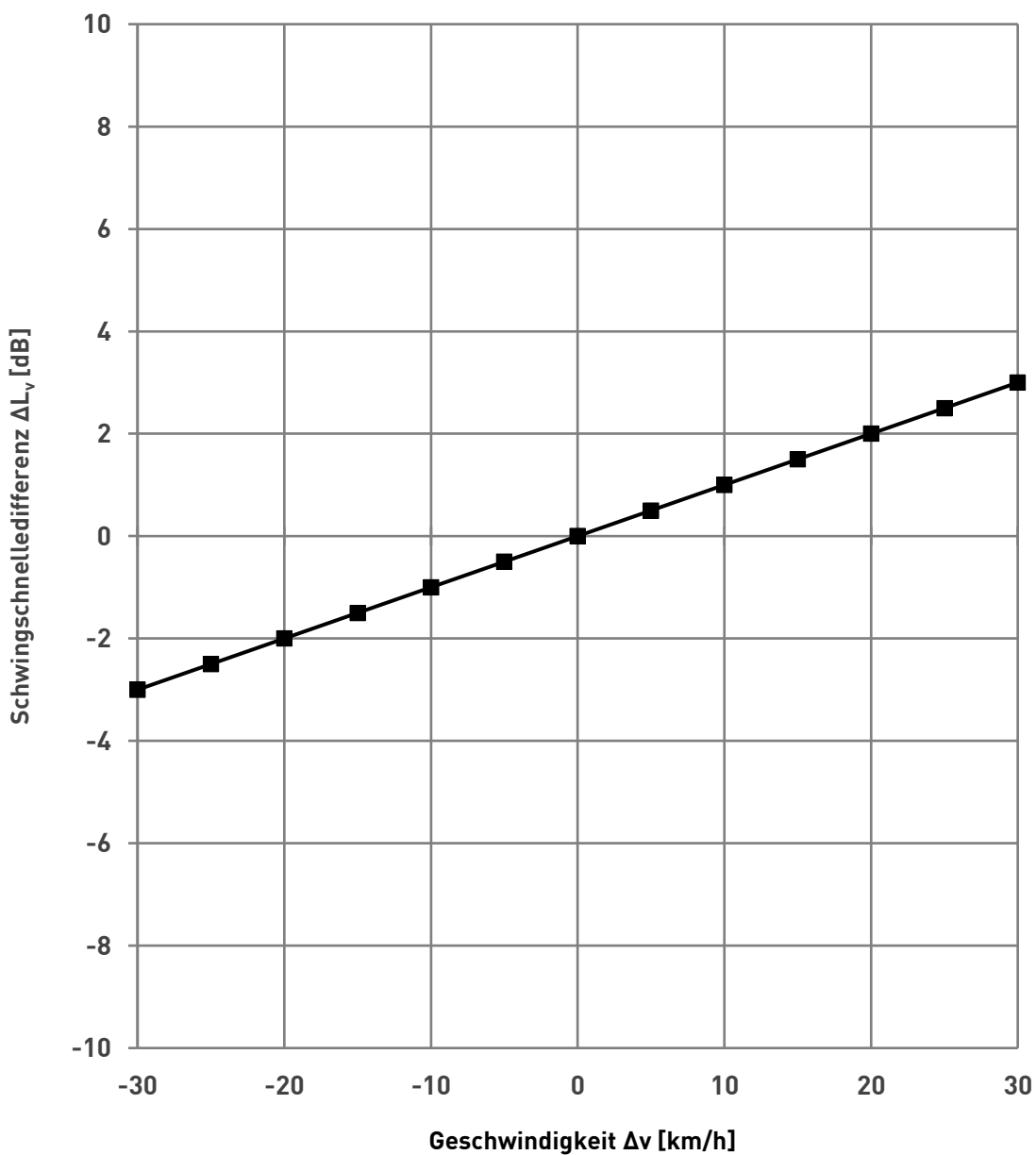
Korrekturfunktion Geschwindigkeit

Quelle: empirisch

Bezugsspektrum A:

Bezugsspektrum B:

Schwingrichtung: vertikal (z)



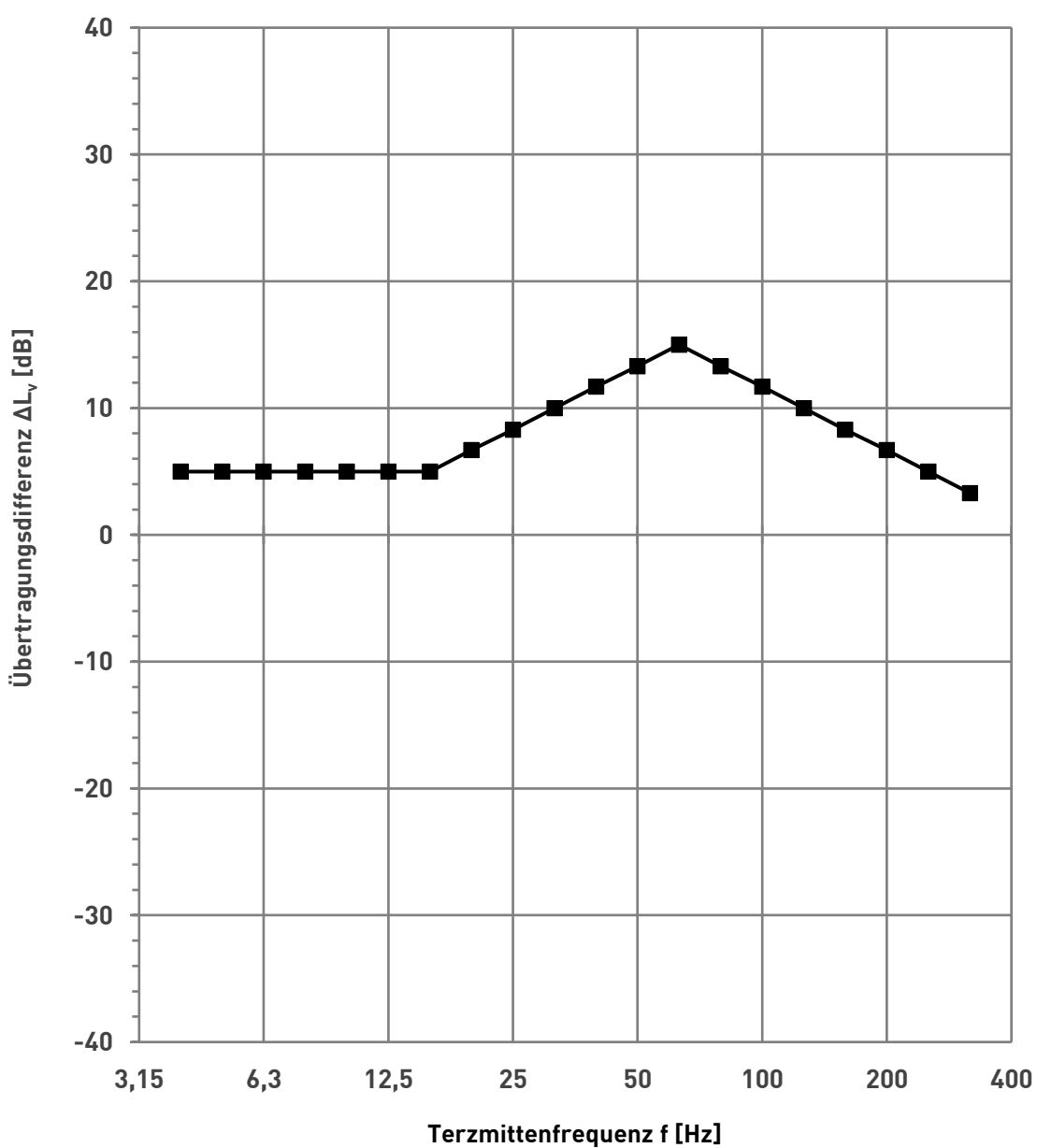
ΔL_v [dB]	Δv [km/h]
-3,0	-30
-2,5	-25
-2,0	-20
-1,5	-15
-1,0	-10
-0,5	-5
0,0	0
0,5	5
1,0	10
1,5	15
2,0	20
2,5	25
3,0	30

Korrekturfunktion

Weiche

Quelle: Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienenverkehr
 Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA)
 Köln, F. Krüger, 1993
 Tabelle 11.1: Mittlere relative Einflüsse verschiedener Parameter

Schwingrichtung: vertikal (z)



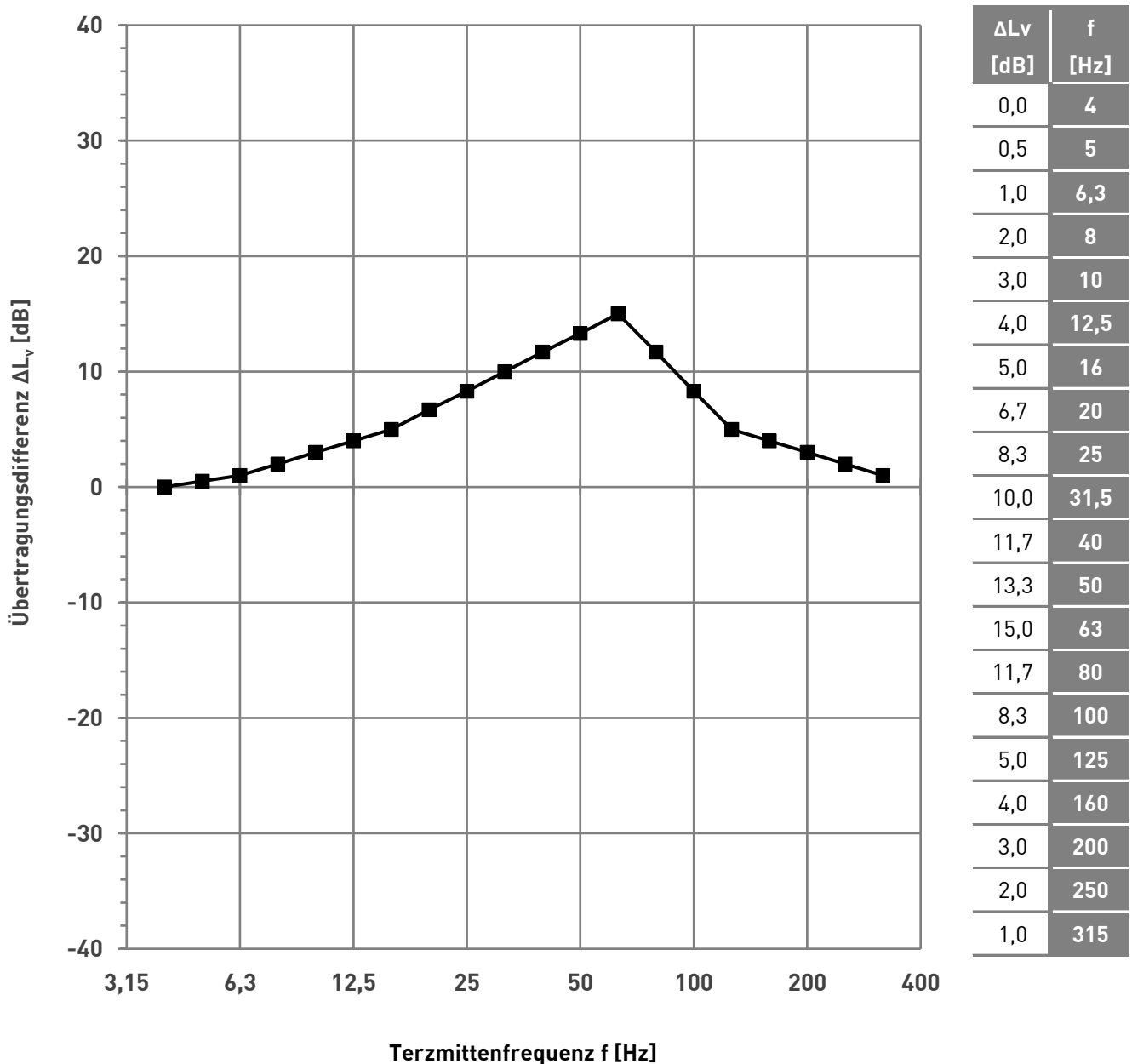
ΔLv [dB]	f [Hz]
5,0	4
5,0	5
5,0	6,3
5,0	8
5,0	10
5,0	12,5
5,0	16
6,7	20
8,3	25
10,0	31,5
11,7	40
13,3	50
15,0	63
13,3	80
11,7	100
10,0	125
8,3	160
6,7	200
5,0	250
3,3	315

Korrekturfunktion

Kurve

Quelle: Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienenverkehr
 Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA)
 Köln, F. Krüger, 1993
 Tabelle 11.1: Mittlere relative Einflüsse verschiedener Parameter

Schwingrichtung: vertikal (z)



Emissionsspektrum

Gerade - $v_{max} = 30 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP01 und IP02

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	30 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}																					
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P	28,0	28,0	28,0	31,8	35,5	39,3	43,0	46,8	50,5	54,3	58,0	58,0	58,0	58,0	53,0	48,0	43,0	38,0	38,0	38,0	38,0	65,2

Emissionsspektrum

Weiche - $v_{max} = 30 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP01 und IP02

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	30 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
L_{K3}																					
L_{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	6,7	5,0	3,3	
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	33,0	33,0	33,0	36,8	40,5	44,3	48,0	53,5	58,8	64,3	69,7	71,3	73,0	71,3	64,7	58,0	51,3	44,7	43,0	41,3	78,0

Emissionsspektrum

Kurve - $v_{max} = 15 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP03, IP04, IP05 und IP10

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	15 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	ja
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
L_{K3}	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	11,7	8,3	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	
L_{K4}																					
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P	26,5	27,0	27,5	32,3	37,0	41,8	46,5	52,0	57,3	62,8	68,2	69,8	71,5	68,2	59,8	51,5	45,5	39,5	38,5	37,5	37,5	76,1

Emissionsspektrum

Kurve - $v_{max} = 20 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP06

		Ausgangs-Spektrum A		Prognose-Spektrum P	
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn	
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	20 km/h	
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	ja	
K4		Weichenbereich	nein	nein	
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte	
K6	Tunnel	Tunnelform			
K7	Bauwerk	Wandstärke			
K8		Tunnelgründung			
K9		Bodenverhältnisse			
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt	
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold	
K12					
K13					
K14					
K15					

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
L_{K3}	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	11,7	8,3	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	
L_{K4}																					
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	27,0	27,5	28,0	32,8	37,5	42,3	47,0	52,5	57,8	63,3	68,7	70,3	72,0	68,7	60,3	52,0	46,0	40,0	39,0	38,0	76,6

Emissionsspektrum

Gerade - $v_{max} = 50 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP07

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	50 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}																					
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}																					
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Emissionsspektrum

Kurve - $v_{max} = 18 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP08

		Ausgangs-Spektrum A		Prognose-Spektrum P	
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn	
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	18 km/h	
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	ja	
K4		Weichenbereich	nein	nein	
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte	
K6	Tunnel	Tunnelform			
K7	Bauwerk	Wandstärke			
K8		Tunnelgründung			
K9		Bodenverhältnisse			
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt	
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold	
K12					
K13					
K14					
K15					

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
L_{K3}	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	11,7	8,3	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	
L_{K4}																					
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	26,8	27,3	27,8	32,6	37,3	42,1	46,8	52,3	57,6	63,1	68,5	70,1	71,8	68,5	60,1	51,8	45,8	39,8	38,8	37,8	76,4

Emissionsspektrum

Kurve - $v_{\max} = 30 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP09

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	30 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	ja
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
L_{K3}	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	11,7	8,3	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	
L_{K4}																					
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	28,0	28,5	29,0	33,8	38,5	43,3	48,0	53,5	58,8	64,3	69,7	71,3	73,0	69,7	61,3	53,0	47,0	41,0	40,0	39,0	77,6

Emissionsspektrum

Weiche - $v_{\max} = 50 \text{ km/h}$

Prognose-Planfall für IP10

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	50 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	Rillensch. a. Betonplatte	Rillensch. a. Betonplatte
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	30,0	30,0	30,0	33,8	37,5	41,3	45,0	48,8	52,5	56,3	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	40,0	40,0	40,0	67,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L_{K1}																					
L_{K2}																					
L_{K3}																					
L_{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	6,7	5,0	3,3	
L_{K5}																					
L_{K6}																					
L_{K7}																					
L_{K8}																					
L_{K9}																					
L_{K10}																					
L_{K11}																					
L_{K12}																					
L_{K13}																					
L_{K14}																					
L_{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	##	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	35,0	35,0	35,0	38,8	42,5	46,3	50,0	55,5	60,8	66,3	71,7	73,3	75,0	73,3	66,7	60,0	53,3	46,7	45,0	43,3	80,0

Übertragungsfunktion

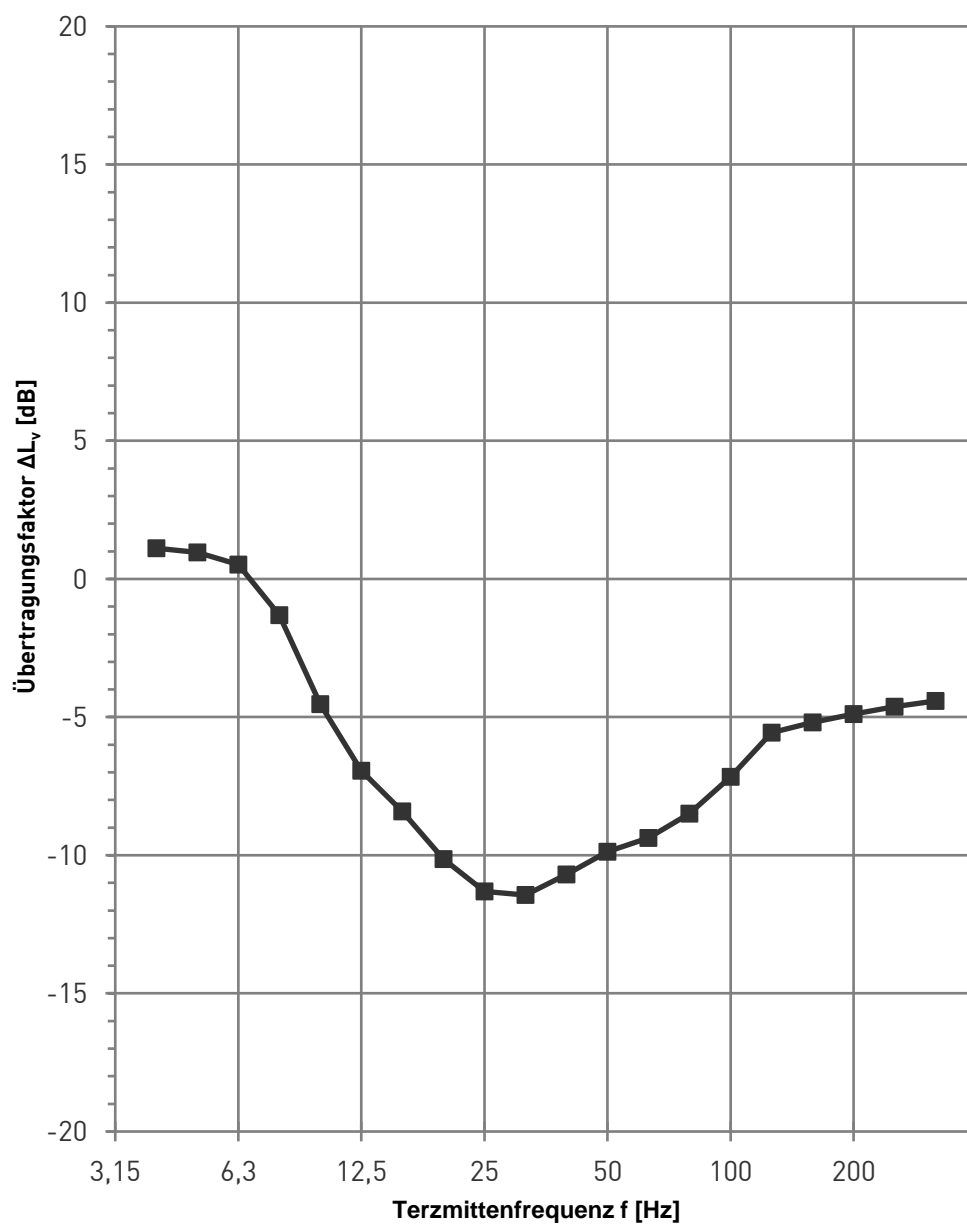
Erdreich - Fundament (T2)

Quelle: Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse für 112 Bebaungen
Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

Gebäudetyp: Mehrfamilienhäuser

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwerte



ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,1	4
1,0	5
0,5	6,3
-1,3	8
-4,5	10
-6,9	12,5
-8,4	16
-10,1	20
-11,3	25
-11,4	31,5
-10,7	40
-9,9	50
-9,4	63
-8,5	80
-7,2	100
-5,6	125
-5,2	160
-4,9	200
-4,6	250
-4,4	315

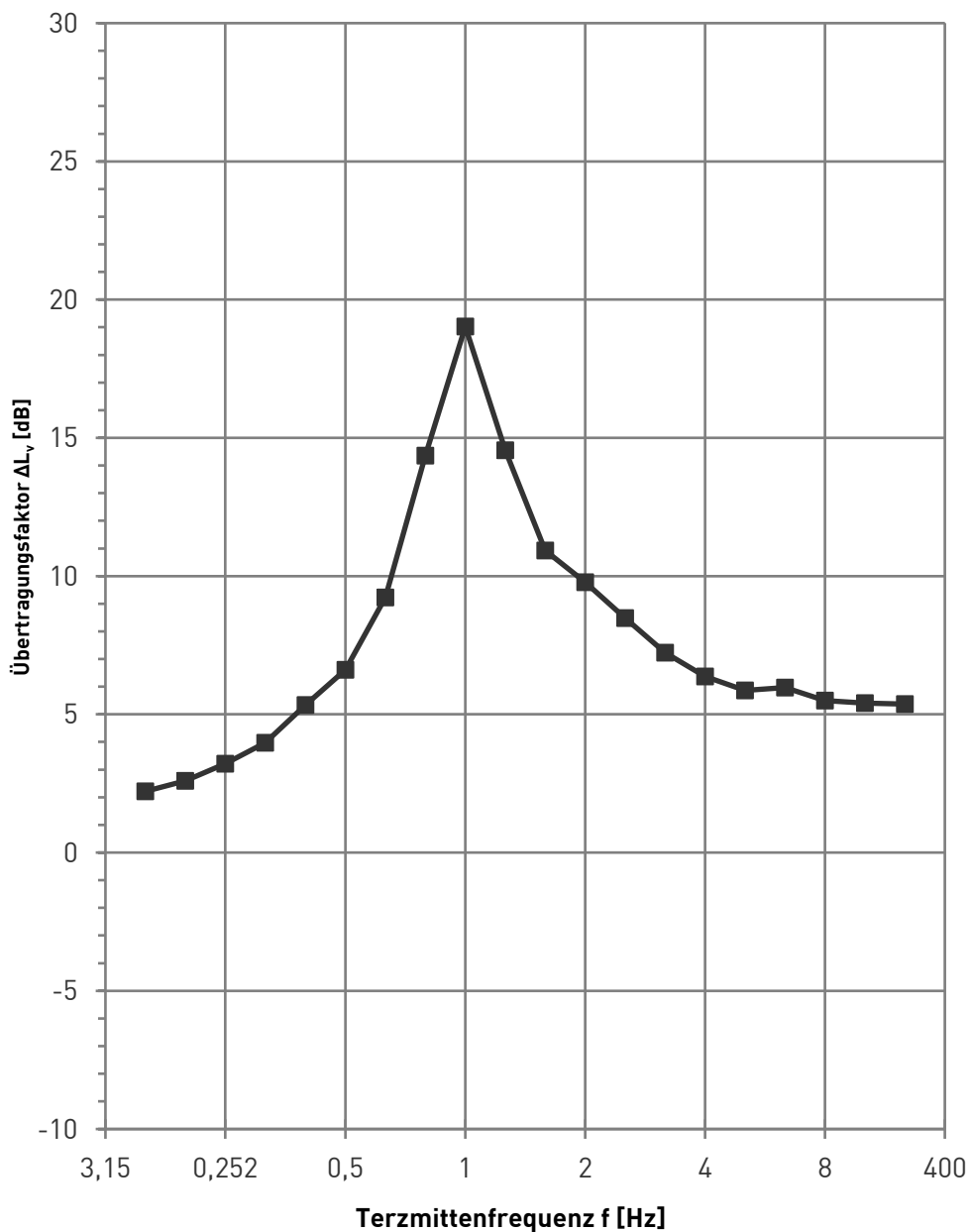
Übertragungsfunktion Fundament - Geschossdecke (T3)

Quelle: Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse für 469 Bebaugen
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

Deckenart: Stahlbetondecke

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



ΔL_v [dB]	f/f ₀ [-]
2,2	0,16
2,6	0,2
3,2	0,252
4,0	0,32
5,3	0,4
6,6	0,5
9,2	0,64
14,4	0,8
19,0	1
14,6	1,26
10,9	1,6
9,8	2
8,5	2,52
7,2	3,2
6,4	4
5,9	5
6,0	6,4
5,5	8
5,4	10
5,4	12,6

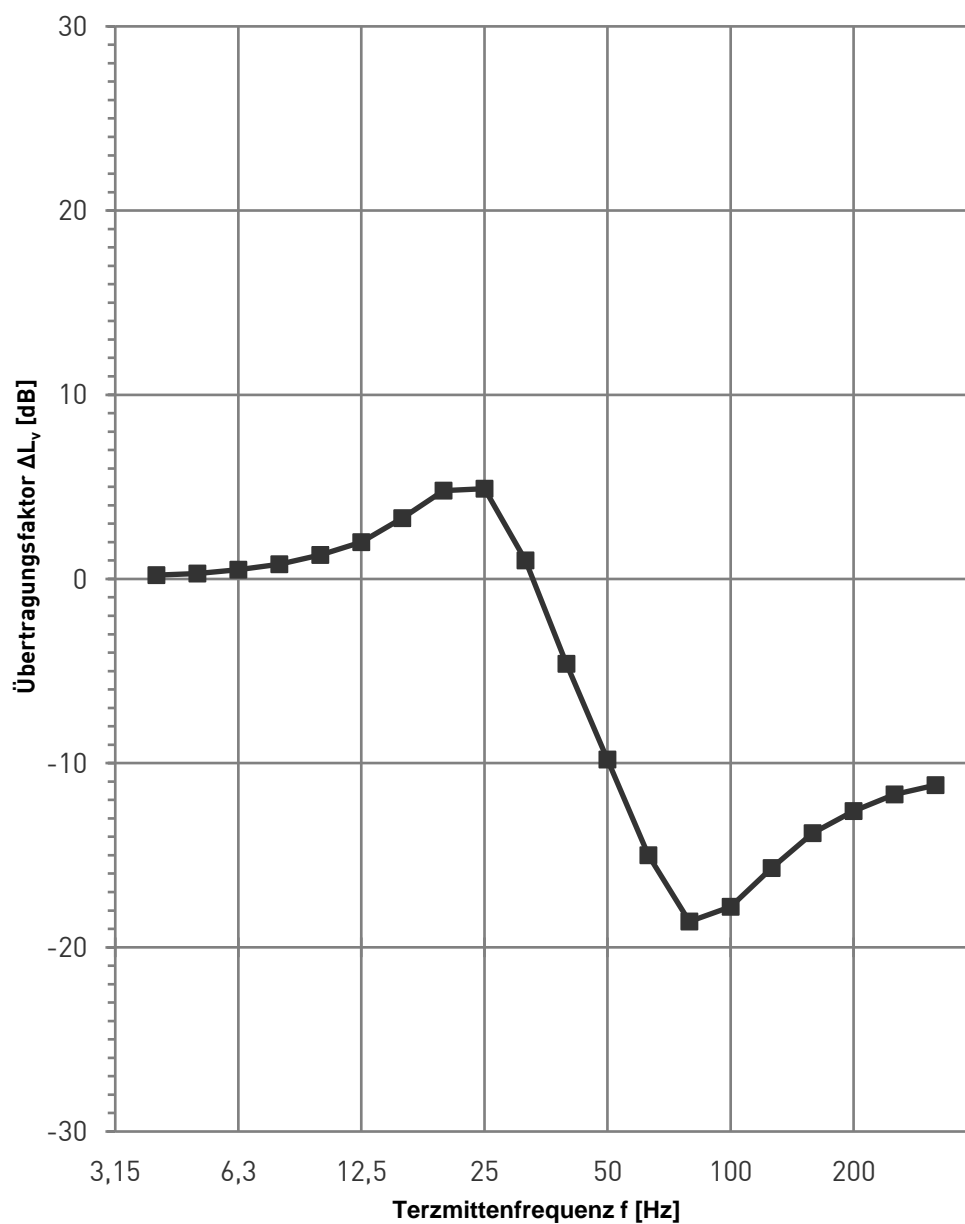
Korrekturfunktion

Leichtes Masse-Feder-System (LMFS) $f_0 = 25$ Hz

Quelle: auf Grundlage der durchgeführten Emissionsmessungen
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, 2017

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwerte



ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,2	4
0,3	5
0,5	6,3
0,8	8
1,3	10
2,0	12,5
3,3	16
4,8	20
4,9	25
1,0	31,5
-4,6	40
-9,8	50
-15,0	63
-18,6	80
-17,8	100
-15,7	125
-13,8	160
-12,6	200
-11,7	250
-11,2	315

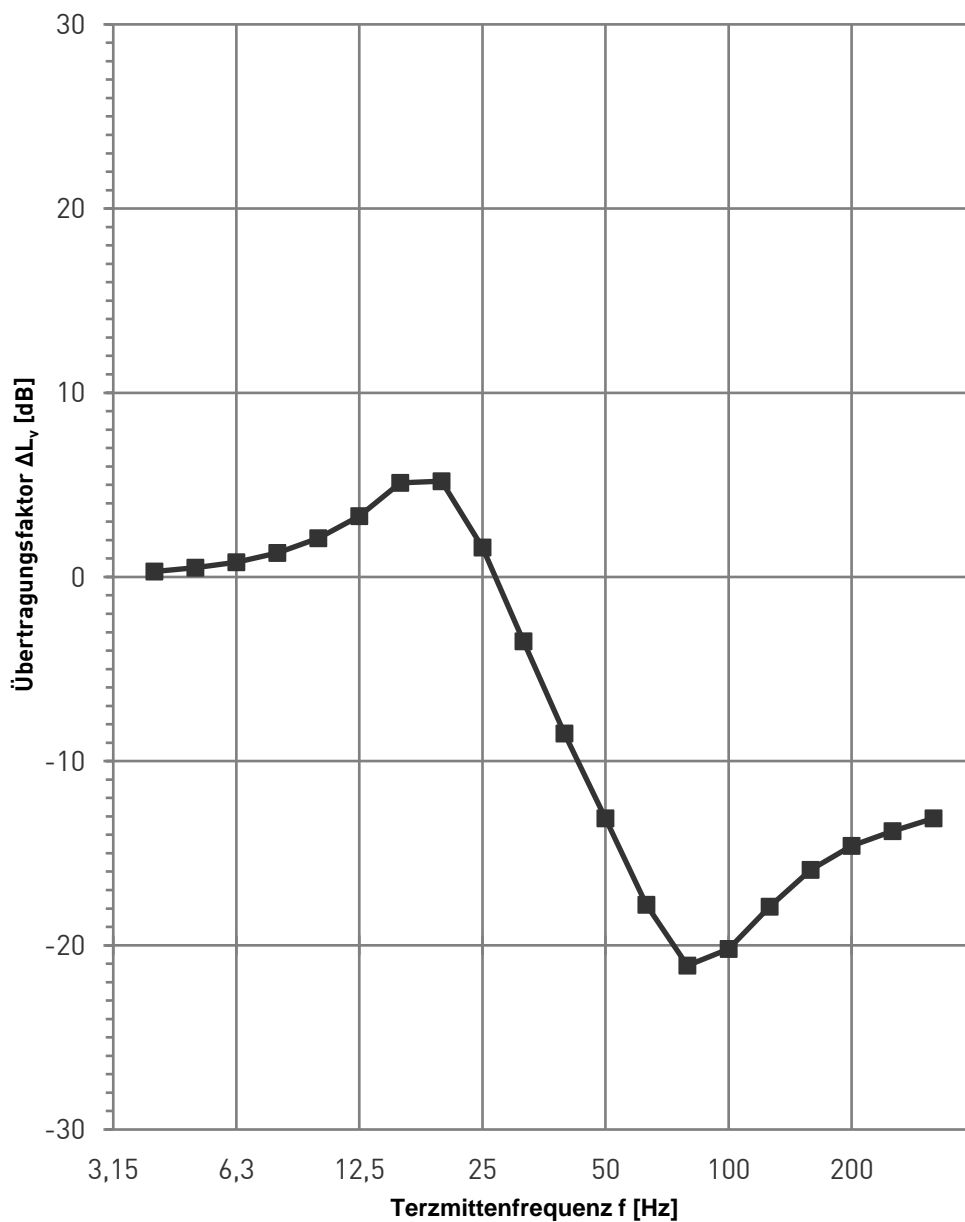
Korrekturfunktion

Leichtes Masse-Feder-System (LMFS) $f_0 = 20$ Hz

Quelle: auf Grundlage der durchgeführten Emissionsmessungen
 KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, 2017

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwerte



ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,3	4
0,5	5
0,8	6,3
1,3	8
2,1	10
3,3	12,5
5,1	16
5,2	20
1,6	25
-3,5	31,5
-8,5	40
-13,1	50
-17,8	63
-21,1	80
-20,2	100
-17,9	125
-15,9	160
-14,6	200
-13,8	250
-13,1	315

Beurteilung der Immissionen IP01 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3 Raum R1: OG, Schlafen Raum R2: OG, Schlafen Raum R3: OG, Schlafen	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz
---	---

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Mischgebiet	0,20	5,00	0,10	0,15	0,60	0,07

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,026	0,026	0,032	0,032	0,038	0,038		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1W	0,037	0,037	0,046	0,046	0,060	0,060		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,037	0,037	0,046	0,046	0,060	0,060		J	J	J	J	J	J

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _i [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	9,8	6,1	10,7	7,0	12,0	8,3		-30,2	-23,9	-29,3	-23,0	-28,0	-21,7
Gleis 1K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1W	15,2	11,5	16,1	12,4	17,2	13,5		-24,8	-18,5	-23,9	-17,6	-22,8	-16,5
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	16,3	12,6	17,2	13,5	18,4	14,7		-23,7	-17,4	-22,8	-16,5	-21,6	-15,3

Beurteilung der Immissionen IP02 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3 Raum R1: OG, Schlafen Raum R2: OG, Schlafen Raum R3: OG, Schlafen	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz
---	---

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Mischgebiet	0,20	5,00	0,10	0,15	0,60	0,07

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,064	0,064	0,078	0,078	0,097	0,097		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1W	0,088	0,088	0,110	0,110	0,144	0,144		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,088	0,088	0,110	0,110	0,144	0,144		J	J	J	J	J	J

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,024	0,016	0,032	0,021		0%	0%	24%	23%	32%	30%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,000	0,000	0,024	0,016	0,032	0,021		0%	0%	24%	23%	32%	30%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	16,2	12,5	17,0	13,3	18,1	14,4		-23,8	-17,5	-23,0	-16,7	-21,9	-15,6
Gleis 1K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1W	20,5	16,8	21,3	17,6	22,4	18,7		-19,5	-13,2	-18,7	-12,4	-17,6	-11,3
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	21,9	18,2	22,7	19,0	23,8	20,0		-18,1	-11,8	-17,3	-11,0	-16,2	-10,0

Beurteilung der Immissionen IP03, IP04 und IP05 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Mischgebiet	0,20	5,00	0,10	0,15	0,60	0,07

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutzmaßnahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,228	0,228	0,285	0,285	0,372	0,372		?	?	?	?	?	?
Gleis 2K	0,264	0,264	0,329	0,329	0,430	0,430		?	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,264	0,264	0,329	0,329	0,430	0,430		?	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutzmaßnahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,051	0,033	0,063	0,041	0,082	0,054		51%	47%	63%	59%	82%	77%
Gleis 2K	0,058	0,038	0,073	0,047	0,095	0,062		58%	54%	73%	68%	95%	89%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,077	0,050	0,096	0,063	0,126	0,082		77%	72%	96%	90%	126%	117%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutzmaßnahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	25,4	21,7	26,2	22,5	27,3	23,6		-14,6	-8,3	-13,8	-7,5	-12,7	-6,4
Gleis 2K	26,2	22,5	27,0	23,3	28,1	24,4		-13,8	-7,5	-13,0	-6,7	-11,9	-5,6
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	28,8	25,1	29,6	25,9	30,7	27,0		-11,2	-4,9	-10,4	-4,1	-9,3	-3,0

Beurteilung der Immissionen IP06 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutzmaßnahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,279	0,279	0,348	0,348	0,455	0,455		?	?	?	?	?	?
Gleis 2K	0,357	0,357	0,445	0,445	0,581	0,581		?	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,357	0,357	0,445	0,445	0,581	0,581		?	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutzmaßnahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,062	0,040	0,077	0,050	0,101	0,066		88%	81%	110%	101%	144%	131%
Gleis 2K	0,079	0,052	0,098	0,064	0,128	0,084		113%	103%	141%	128%	184%	168%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,100	0,065	0,125	0,082	0,163	0,106		143%	131%	179%	163%	233%	213%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutzmaßnahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	26,5	22,8	27,3	23,6	28,4	24,7		-13,5	-7,2	-12,7	-6,4	-11,6	-5,3
Gleis 2K	27,9	24,2	28,7	25,0	29,8	26,1		-12,1	-5,8	-11,3	-5,0	-10,2	-3,9
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	30,3	26,6	31,1	27,4	32,2	28,4		-9,7	-3,4	-8,9	-2,6	-7,8	-1,6

Beurteilung der Immissionen IP07 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3 Raum R1: OG, Schlafen Raum R2: OG, Schlafen Raum R3: OG, Schlafen	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz
---	---

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutzmaßnahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,100	0,100	0,123	0,123	0,153	0,153	keine	J	?	J	?	?	?
Gleis 2G	0,127	0,127	0,156	0,156	0,195	0,195		J	?	?	?	?	?
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,127	0,127	0,156	0,156	0,195	0,195	J	?	?	?	?	?	

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutzmaßnahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,022	0,014	0,027	0,018	0,034	0,022	keine	32%	29%	39%	35%	48%	44%
Gleis 2G	0,028	0,018	0,035	0,023	0,043	0,028		40%	37%	49%	45%	62%	56%
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,036	0,023	0,044	0,029	0,055	0,036	51%	47%	63%	57%	78%	72%	

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _i [dB(A)]						Schutzmaßnahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	18,9	15,1	19,6	15,9	20,7	17,0	keine	-21,1	-14,9	-20,4	-14,1	-19,3	-13,0
Gleis 2G	20,3	16,6	21,1	17,4	22,1	18,4		-19,7	-13,4	-18,9	-12,6	-17,9	-11,6
Gleis 1K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2K	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	22,7	18,9	23,4	19,7	24,4	20,7	-17,3	-11,1	-16,6	-10,3	-15,6	-9,3	

Beurteilung der Immissionen IP08 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3 Raum R1: OG, Schlafen Raum R2: OG, Schlafen Raum R3: OG, Schlafen	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz
---	---

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,288	0,288	0,359	0,359	0,469	0,469		?	?	?	?	?	?
Gleis 2K	0,377	0,377	0,469	0,469	0,613	0,613		?	?	?	?	?	N
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,377	0,377	0,469	0,469	0,613	0,613		?	?	?	?	?	N

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBFTr						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,064	0,042	0,079	0,052	0,104	0,068		91%	83%	114%	104%	148%	135%
Gleis 2K	0,084	0,054	0,104	0,068	0,136	0,088		119%	109%	148%	136%	194%	177%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,105	0,069	0,131	0,085	0,171	0,111		150%	137%	187%	171%	244%	223%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	26,7	23,0	27,5	23,8	28,6	24,9		-13,3	-7,0	-12,5	-6,2	-11,4	-5,1
Gleis 2K	28,2	24,5	29,0	25,3	30,1	26,4		-11,8	-5,5	-11,0	-4,7	-9,9	-3,6
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	30,6	26,8	31,4	27,6	32,4	28,7		-9,4	-3,2	-8,6	-2,4	-7,6	-1,3

Beurteilung der Immissionen IP09 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,136	0,136	0,171	0,171	0,223	0,223		J	?	?	?	?	?
Gleis 2K	0,126	0,126	0,159	0,159	0,206	0,206		J	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,136	0,136	0,171	0,171	0,223	0,223		J	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBFTr						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,030	0,020	0,038	0,025	0,049	0,032		43%	39%	54%	49%	70%	64%
Gleis 2K	0,028	0,018	0,035	0,023	0,046	0,030		40%	36%	50%	46%	65%	59%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,041	0,027	0,052	0,034	0,067	0,044		59%	54%	74%	67%	96%	88%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	22,0	18,3	22,8	19,1	24,0	20,3		-18,0	-11,7	-17,2	-10,9	-16,0	-9,7
Gleis 2K	21,5	17,8	22,4	18,6	23,6	19,8		-18,5	-12,2	-17,6	-11,4	-16,4	-10,2
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	24,8	21,0	25,6	21,9	26,8	23,1		-15,2	-9,0	-14,4	-8,1	-13,2	-6,9

Beurteilung der Immissionen IP10 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet ÖPNV	0,23	3,00	0,11	0,15	0,60	0,08

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,073	0,073	0,092	0,092	0,119	0,119		J	J	J	J	J	J
Gleis 2K	0,080	0,080	0,101	0,101	0,130	0,130		J	J	J	J	J	J
Gleis 1W	0,035	0,035	0,044	0,044	0,057	0,057		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,040	0,040	0,051	0,051	0,065	0,065		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,080	0,080	0,101	0,101	0,130	0,130		J	J	J	J	J	J

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	keine	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,017		0%	0%	0%	0%	25%	23%
Gleis 2K	0,000	0,000	0,022	0,015	0,029	0,019		0%	0%	21%	19%	27%	25%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,000	0,000	0,022	0,015	0,039	0,025		0%	0%	21%	19%	37%	34%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _i [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	keine	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	18,1	14,4	19,0	15,3	20,3	16,6		-21,9	-15,6	-21,0	-14,7	-19,7	-13,4
Gleis 2K	18,7	15,0	19,6	15,9	20,9	17,2		-21,3	-15,0	-20,4	-14,1	-19,1	-12,8
Gleis 1W	14,6	11,0	15,5	11,8	16,7	13,1		-25,4	-19,0	-24,5	-18,2	-23,3	-16,9
Gleis 2W	15,5	11,8	16,3	12,7	17,5	13,9		-24,51	-18,18	-23,65	-17,32	-22,46	-16,12
gesamt	23,1	19,4	24,0	20,3	25,2	21,5		-16,9	-10,6	-16,0	-9,7	-14,8	-8,5

Beurteilung der Immissionen IP03, IP04 und IP05 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Mischgebiet	0,20	5,00	0,10	0,15	0,60	0,07

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutzmaßnahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 25	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,165	0,165	0,183	0,183	0,184	0,184		J	?	J	?	J	?
Gleis 2K	0,187	0,187	0,209	0,209	0,210	0,210		J	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,187	0,187	0,209	0,209	0,210	0,210		J	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutzmaßnahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 25	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,036	0,024	0,041	0,026	0,041	0,026		36%	34%	41%	38%	41%	38%
Gleis 2K	0,041	0,027	0,046	0,030	0,046	0,030		41%	39%	46%	43%	46%	43%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,055	0,036	0,061	0,040	0,062	0,040		55%	51%	61%	57%	62%	57%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutzmaßnahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	LMFS 25	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	17,9	14,2	19,2	15,5	20,6	16,9		-22,1	-15,8	-20,8	-14,5	-19,4	-13,1
Gleis 2K	18,7	15,0	20,0	16,3	21,3	17,6		-21,3	-15,0	-20,0	-13,7	-18,7	-12,4
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	21,3	17,6	22,6	18,9	24,0	20,3		-18,7	-12,4	-17,4	-11,1	-16,0	-9,7

Beurteilung der Immissionen IP06 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3 Raum R1: OG, Schlafen Raum R2: OG, Schlafen Raum R3: OG, Schlafen	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz
---	---

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 20	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,137	0,137	0,141	0,141	0,144	0,144		J	?	J	?	J	?
Gleis 2K	0,170	0,170	0,177	0,177	0,182	0,182		?	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,170	0,170	0,177	0,177	0,182	0,182		?	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 20	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,030	0,020	0,031	0,020	0,032	0,021		43%	40%	45%	41%	46%	42%
Gleis 2K	0,038	0,025	0,039	0,025	0,040	0,026		54%	49%	56%	51%	57%	52%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,048	0,032	0,050	0,033	0,051	0,034		69%	63%	71%	65%	73%	67%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _r [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	LMFS 20	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	17,0	13,3	18,1	14,4	19,5	15,8		-23,0	-16,7	-21,9	-15,6	-20,5	-14,2
Gleis 2K	18,3	14,6	19,4	15,7	20,8	17,1		-21,7	-15,4	-20,6	-14,3	-19,2	-12,9
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	20,7	17,0	21,8	18,1	23,2	19,5		-19,3	-13,0	-18,2	-11,9	-16,8	-10,5

Beurteilung der Immissionen IP08 sekundärer Luftschall und Erschütterungen

Strecke: Linie 3	Gebäude: Ludwigshöviertel, 64285 Darmstadt
Raum R1: OG, Schlafen	Deckenart R1: Betondecke f= 25 Hz
Raum R2: OG, Schlafen	Deckenart R2: Betondecke f= 31,5 Hz
Raum R3: OG, Schlafen	Deckenart R3: Betondecke f= 40 Hz

Anforderungen sek. Luftschall [dB(A)]						Anforderungen Erschütterungen [KB]						
IRW _{R1,T}	IRW _{R1,N}	IRW _{R2,T}	IRW _{R2,N}	IRW _{R3,T}	IRW _{R3,N}	Gebietsnutzung	A _{u,T}	A _{o,T}	A _{r,T}	A _{u,N}	A _{o,N}	A _{r,N}
40	30	40	30	40	30	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,60	0,05

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 1. Beurteilungsschritt

Gleis	Maximale bewertete Schwingstärke KBFmax						Schutz- maß- nahme	Anforderungen eingehalten?					
	Raum 1 - 25 Hz		Raum 2 - 31,5 Hz		Raum 3 - 40 Hz			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 20	J	J	J	J	J	J
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 1K	0,140	0,140	0,145	0,145	0,148	0,148		J	?	J	?	J	?
Gleis 2K	0,179	0,179	0,186	0,186	0,191	0,191		?	?	?	?	?	?
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		J	J	J	J	J	J
gesamt	0,179	0,179	0,186	0,186	0,191	0,191		?	?	?	?	?	?

Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2 - 2. Beurteilungsschritt

Gleis	Beurteilungsschwingstärke KBF _{Tr}						Schutz- maß- nahme	Ausschöpfung KB _{FT} [%]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	LMFS 20	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 1K	0,031	0,020	0,032	0,021	0,033	0,021		44%	41%	46%	42%	47%	43%
Gleis 2K	0,040	0,026	0,041	0,027	0,042	0,028		57%	52%	59%	54%	61%	55%
Gleis 1W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gleis 2W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0%	0%	0%	0%	0%	0%
gesamt	0,050	0,033	0,052	0,034	0,054	0,035		72%	66%	74%	68%	77%	70%

Beurteilung nach 24. BImSchV

Gleis	sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L _i [dB(A)]						Schutz- maß- nahme	Differenz zum IRW [dB(A)]					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		T	N	T	N	T	N
Gleis 1G	-	-	-	-	-	-	LMFS 20	-	-	-	-	-	-
Gleis 2G	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 1K	17,1	13,4	18,3	14,6	19,7	16,0		-22,9	-16,6	-21,7	-15,4	-20,3	-14,0
Gleis 2K	18,6	14,8	19,7	16,0	21,1	17,4		-21,4	-15,2	-20,3	-14,0	-18,9	-12,6
Gleis 1W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Gleis 2W	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
gesamt	20,9	17,2	22,1	18,4	23,5	19,7		-19,1	-12,8	-17,9	-11,6	-16,5	-10,3

Erforderliche Schutzmaßnahmen Straßenbahntrasse Ludwigshöviertel

