

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen nach § 26 BImSchG

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **14213-VVE-1**
Datum: **14.11.2014**

Auftraggeber:

Landeshauptstadt Mainz
Umweltamt
Geschwister-Scholl-Straße 4
55131 Mainz

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Ing. Norbert Hamacher

Umfang des Dokumentes:

Textteil: 25 Seiten

Anhang 1: 1 Seite
Anhang 2: 1 Seite
Anhang 3: 7 Seiten
Anhang 4: 4 Seiten
Anhang 5: 2 Seiten
Anhang 6: 2 Seiten

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:

Bebauungsplan A 265 „Straßenbahntrasse Bahnhofstraße“
in Mainz

Abschnitt:

Parcusstraße – Münsterplatz

Untersuchungsumfang:

Prüfung der Planung auf mögliche Ansprüche von erschütterungstechnischen Vorsorgemaßnahmen infolge der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen und dem sekundärem Luftschall

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	6
3	Bearbeitungsgrundlagen	7
3.1	Gesetze, Normen und Richtlinien	7
3.2	Planunterlagen und projektspezifische Informationen	8
4	Anforderungen an den Immissionsschutz	9
4.1	Erschütterungen	9
4.1.1	Beurteilungsverfahren	9
4.1.2	Anhaltswerte	10
4.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung	11
4.2	Sekundärer Luftschall	12
4.2.1	Grundlagen der Beurteilung und Anforderungswerte	12
4.2.2	Kriterien einer wesentlichen Änderung	13
5	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	13
5.1	Emission	14
5.2	Transmission	15
5.3	Immission	16
5.4	Betriebsparameter	18
5.4.1	Fahrzeuge, Zugzahlen und Geschwindigkeiten	18
5.4.2	Ermittlung von Einwirkzeiten	19
5.4.2.1	Erschütterungen	19
5.4.2.2	Sekundäre Luftschallimmissionen	19
6	Untersuchungsergebnisse	20
6.1	Prognose-Nullfall	20
6.1.1	Erschütterungen	20
6.1.2	Sekundärer Luftschall	22
6.2	Prognose-Planfall	22
6.2.1	Erschütterungen	22
6.2.2	Sekundärer Luftschall	23
6.3	Prüfung auf wesentlichen Änderung	24

7 Abschließende Bemerkungen **25**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte A zur Beurteilung von Erschütterungen **10**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übertragung von Erschütterungen **14**

Anhänge

Anhang 1 Übersichtslageplan
Anhang 2 Emission
Anhang 3 Transmissionen
Anhang 4 Immissionen Erschütterungen
Anhang 5 Immissionen sekundärer Luftschall
Anhang 6 Sachverhalt der wesentlichen Änderung

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert
A_r	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A_u	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVerwG	Bundes-Verwaltungsgericht
D	Korrektursummand zur Berücksichtigung der Raumnutzung [dB]
[dB(A)]	Dezibel, A-bewertet
ΔL	Pegeldifferenz [dB]
f	Frequenz [Hz]
Hz	Hertz, Schwingungen je Sekunde [s^{-1}]
IP	Immissionsort
IRW	Immissionsrichtwert [dB(A)]
L_i	A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)]
$L_{r,i}$	Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]
$L_{r,sek}$	Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall [dB(A)]
L_{vA}	A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)]
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTi}	Taktmaximalwert [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
MI	Mischgebiet
MK	Kerngebiet
MVG	Mainzer Verkehrsgesellschaft
n	Abnahmekoeffizient gemäß DIN 4150-1 [-]
N	Anzahl von Zügen [-]
r	Abstand [m]
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
S	Schienenbonus [-5 dB(A)]
σ	Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-]
T_e	Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt [s]
v	Schwingschnelle [mm/s]
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v_{max}	Höchstgeschwindigkeit [km/h]
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WB	Besonderes Wohngebiet

1 Zusammenfassung

Im Zuge des Ausbaus der Bahnhofstraße in der Landeshauptstadt Mainz wurde untersucht, ob aus den geplanten erheblichen baulichen Eingriffen erschütterungstechnische Immissionskonflikte resultieren können und dadurch mögliche Ansprüche auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgelöst werden.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Infolge der Umbaumaßnahme erfolgt eine Gleislageverschiebung im Bereich der Bahnhofstraße zwischen „Parcusstraße“ und der Straße „Hintere Bleiche“ um bis zu

$$\Delta r = 3,0 \text{ m}$$

in südliche Richtung. Für die Gebäude südlich der Bahnhofstraße in diesem Bereich sind daher die größten Erhöhungen der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall gegenüber der Vorbelastung durch die Bestandsstrecke zu erwarten. Hier wurde für ein repräsentatives Gebäude geprüft, ob sich hieraus eine mögliche Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ergeben kann.

- Sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall werden mögliche Überschreitungen der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** ausgewiesen. Hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen unterschreiten die prognostizierten Beurteilungspegel sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall die Immissionsrichtwerte der **24. BImSchV**. Erhebliche Belästigungen infolge der sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht gegeben. Für die Erschütterungen hingegen ist der Sachverhalt der **wesentlichen Änderung** zu prüfen.
- Infolge der Umbaumaßnahme erhöhen sich die Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,r}$ im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$\Delta KB_{FT,r} = +14\%.$$

Diese Erhöhung ist als **nicht wesentlich** einzustufen. Somit ergibt sich im gesamten Untersuchungsbereich **keine** „wesentliche“ Erhö-

hung der Immissionen. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht daher nicht.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Landeshauptstadt Mainz betreibt die Aufstellung des Bebauungsplans "Straßenbahntrasse Bahnhofstraße (A 265)". Der Straßenraum soll im beplanten Abschnitt neu geordnet werden. Dabei erfolgt im Bereich von der „Parcusstraße“ bis zur „Großen Bleiche“ eine Verschiebung der Gleise der Straßenbahn in südlicher Richtung um bis zu 3 m gegenüber der heutigen Situation. Neben der Straßenbahn wird die Strecke auch von Bussen der Mainzer Verkehrsgesellschaft (MVG) befahren. So wird in diesem Zusammenhang auch die Fahrbahn gegenüber der heutigen Situation verschoben, welches hinsichtlich der Erschütterungen nicht von Relevanz ist, da von gummibereiften Fahrzeugen bei intakter Fahrbahnoberfläche keine signifikanten Erschütterungsemissionen ausgehen.

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Störungen des stationären Abrollvorganges zurückzuführen sind. Verantwortlich hierfür sind einerseits Inhomogenitäten der Schiene, andererseits auch das Rad selbst, das in der Regel einen ungleichmäßigen Verschleiß erfährt. Die impulsförmige Anregung des Radsatzes und des Gleiskörpers wiederum hat die Anregung von Eigenschwingungen des Gesamtsystems zur Folge.

Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über den Untergrund auf nahe stehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können. Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwingstärken zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens von Menschen in Gebäuden führen. Über die Geschossdecken werden Schwingungen des Gebäudekörpers auf den Menschen übertragen, die vom Körper direkt als mechanische Schwingungsmissionen wahrgenommen werden. Weiterhin führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen in Form von hörbarem (sekundärem) Luftschall. Selbst Immissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, können dann akustisch wahrnehmbar sein.

Geräusche und Erschütterungen zählen gemäß **§ 3** des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**BlmSchG**) /1/ je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung ist zu prüfen, ob durch die geplante Umbaumaßnahme mögliche Immissionskonflikte aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall resultieren können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass durch die bestehende Trasse bereits eine erschütterungstechnische Vorbelastung vorhanden ist. Daher ist zu überprüfen, ob sich durch die geplante Umbaumaßnahme zukünftig eine „**wesentliche Erhöhung**“ der Immissionen gegenüber der Vorbelastung ergibt, wodurch in Verbindung mit einer Überschreitung der Anhaltswerte eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgelöst werden würde. Gegebenenfalls sind dann geeignete oberbautechnische Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Minimierung der Immissionskonflikte zu erarbeiten.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Gesetze, Normen und Richtlinien

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

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BlmSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ Verwaltungs-Verfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /3/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BlmSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. September 2006

- /4/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /5/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, BVerwG 7 A 14.09
- /6/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /7/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /8/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, in der aktuell gültigen Fassung
- /9/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen; Herausgeber Wolfgang Haupt; 1986
- /10/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107

3.2 Planunterlagen und projektspezifische Informationen

Zur Bearbeitung wurden die nachfolgenden Planunterlagen, Schriftsätze und sonstigen Informationen herangezogen:

- /11/ Bebauungsplanentwurf “Straßenbahntrasse Bahnhofstraße (A 265)”, Landeshauptstadt Mainz, Stadtplanungsamt, Stand: 03.2014
- /12/ Streckenbelastungen der Straßenbahnen am Münsterplatz, Prognose 2025, Mainzer Verkehrsgesellschaft 08.2014
- /13/ Bebauungspläne der Landeshauptstadt Mainz, Internetangebot der Stadt Mainz <http://www.mainz.de/WGAPublisher/online/html/-default/bebauungsplaene> Stand: 07. 2014

4 Anforderungen an den Immissionsschutz

4.1 Erschütterungen

Im Gegensatz zu schalltechnischen Problemstellungen existieren derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen allgemein anerkannten Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden herangezogen. Bei Einhaltung dieser Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine „erheblich belästigenden“ Einwirkungen darstellen. Erhebliche Belästigungen stellen die niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen dar.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in **§ 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG)** /2/ begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

4.1.1 Beurteilungsverfahren

Zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen im Einwirkungsbereich von Bahnanlagen sind gemäß **DIN 4150-2** /7/ zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

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

Beide Beurteilungsgrößen sind getrennt für die drei Richtungskomponenten X, Y (horizontal) und Z (vertikal) zu ermitteln. Der jeweils größte der drei Werte ist der Beurteilung zu Grunde zu legen. Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien **A_u** (für **KB_{Fmax}**) und **A_r** (für **KB_{FTr}**). Ist **KB_{Fmax}** kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert **A_u**, so werden die Anforderungen der Norm erfüllt. Dann gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht** als „**erheblich belästigend**“ einzustufen sind. Übersteigt die maximale

bewertete Schwingstärke den unteren Anhaltswert, erfolgt die Beurteilung in einem weiteren Prüfschritt auf Basis der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert A_r . Hierbei kennzeichnet der KB_{Fmax} -Wert den Maximalwert aller einzelnen Zugvorbeifahrten. Der KB_{FTT} -Wert ist der Mittelwert aller Zugvorbeifahrten über den jeweiligen Beurteilungszeitraum (Tag / Nacht).

4.1.2 Anhaltswerte

Die Anhaltswerte A zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen werden in Tabelle 1 der **DIN 4150-2** jeweils in Abhängigkeit von der Art der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum festgelegt.

Für oberirdisch geführten Schienenverkehr des ÖPNV nennt die **DIN 4150-2** eine Sonderregelung. Gemäß Ziffer 6.5.3.3 dürfen die A_u - und A_r -Werte nach **DIN 4150-2** um den Faktor **1,5** angehoben werden. Dieser Faktor ist bei den in nachfolgender **Tabelle 1** angegebenen Anhaltswerten bereits berücksichtigt.

Tabelle 1: Anhaltswerte A zur Beurteilung von Erschütterungen

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	0,600	0,300	0,450	0,225
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,450	0,225	0,300	0,15
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,300	0,150	0,225	0,105
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,225	0,105	0,150	0,075
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,150	0,075	0,150	0,075

4.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Nach der aktuellen Rechtsprechung /5/ müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, d.h. dass die Vorbelastung bei der Prüfung möglicher Vorsorgeansprüche und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen ist. In diesem Zusammenhang wird auf die Rechtsprechung des Gerichtes zum primären Luftschall vor Inkraftsetzung der **16. BImSchV** /3/ verwiesen. Demgemäß können nach der gegenwärtigen Rechtslage reale und geldwerte Ausgleichsansprüche beim Vorhandensein erheblich belästigender Erschütterungsimmissionen an baulich geänderten Schienenverkehrswegen nur dann bestehen, wenn die Vorbelastung durch bestehende Bahnanlagen durch das Hinzutreten weiterer Erschütterungseinwirkungen in beachtlicher Weise erhöht wird und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, unzumutbare Beeinträchtigung liegt. Dies wird auch durch das aktuelle Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ bestätigt. Unter Punkt 14 des Urteils wird angeführt, dass ein Erschütterungsschutz nur dann verlangt werden kann, wenn die Erschütterungsbelastung durch den Ausbau in **beachtlicher** Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

Im Zusammenhang mit der Frage, welche Erhöhung der Erschütterungsimmission eine unzumutbare Beeinträchtigung darstellt, bestätigt das Gericht dass eine Verstärkung der Erschütterungen dann wesentlich ist, wenn diese sich gegenüber der Vorbelastung um mindestens **25 %** erhöht. Hierbei wird die Festsetzung der Größe dieser Wahrnehmungsschwelle durch empirische hinreichend abgesicherte Erkenntnisse gestützt. Die Ergebnisse einer Laborstudie im Auftrag der Deutschen Bahn AG können hierzu herangezogen werden.

Die Untersuchungen der Laborstudie kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erschütterungsdifferenz von 25 % Erhöhung "praktisch als Labor-Unterschiedsschwelle" anzusehen ist. Bei der Durchführung der Laboruntersuchungen, bei denen mehreren Probanden Erschütterungssignale zur Beurteilung angeboten wurden, wurden strenge Vergleichsbedingungen mit kurzen Pausen (ca. 3 Sekunden) zwischen den beiden angebotenen Signalen (Reiz- und Vergleich) angewendet. Es wird darauf hingewiesen, dass unter realen Bedingungen die Pausenstruktur zwischen den einzelnen Zugvorbeifahrten wesentlich größer ist, so dass die Wahrnehmung

von Erschütterungsdifferenzen bei größeren Reizdifferenzen zu erwarten ist.

4.2 Sekundärer Luftschall

4.2.1 Grundlagen der Beurteilung und Anforderungswerte

Für die Ermittlung und die Beurteilung von Geräuschimmissionen aus sekundärem Luftschall bestehen derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an anderen Gesetzen, Verordnungen und Regelwerken auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen zu orientieren. Im vorliegenden Fall werden zur Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen Anforderungswerte aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV**) /4/ abgeleitet.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls werden die aus den Korrektursummanden D in Tabelle 1 der **24. BImSchV** abgeleiteten Innenpegel [Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)] als Beurteilungsmaßstab herangezogen. Die Korrektur von **3 dB** berücksichtigt, dass die Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtet einfallendem Schall geringer ausfällt als im diffusen Schallfeld. Die 24. BImSchV sieht einen „Schienenbonus“ als Lästigkeitsabschlag bei der Ermittlung des Beurteilungspegels von schienenverkehrsinduziertem Lärm vor.

Die Anwendung des Schienenbonus in Höhe von 5 dB(A) wird vom Bundesverwaltungsgericht in einem Urteil /5/ bestätigt, in dem sich das Gericht mit der Beurteilung von sekundären Luftschallimmissionen befasst. So führt der Senat aus, dass der Berücksichtigung eines Lästigkeitsunterschieds zu Gunsten des Schienenverkehrs im Rahmen der Anwendung von Anforderungswerten der **24. BImSchV** für sekundäre Luftschallimmissionen nicht die normative Verankerung fehle. Der Schienenbonus sei vielmehr ein Teil eines in sich schlüssigen Regelungskonzeptes. Daher sei auch in diesem Zusammenhang der Schienenbonus anzuwenden.

Die **24. BImSchV** unterscheidet die Anforderungswerte gemäß ihrer Raumnutzung. Im direkten Einwirkungsbereich der geplanten Baumaßnahme findet in den angrenzenden Gebäuden sowohl Gewerbe- als auch Wohnnutzungen statt. Für die Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen werden nur die Wohnnutzungen beurteilt, da diese einen

höheren Schutzanspruch darstellen. Sofern die Anforderungen der 24. BImSchV für diese eingehalten sind werden auch die für die gewerblichen Nutzungen einhalten. Für die geplanten Wohn- und Geschäftsgebäude 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 Wohnungen:

- Tagzeitraum: **IRW = 40 dB(A),**
- Nachtzeitraum: **IRW = 30 dB(A).**

4.2.2 Kriterien einer wesentlichen Änderung

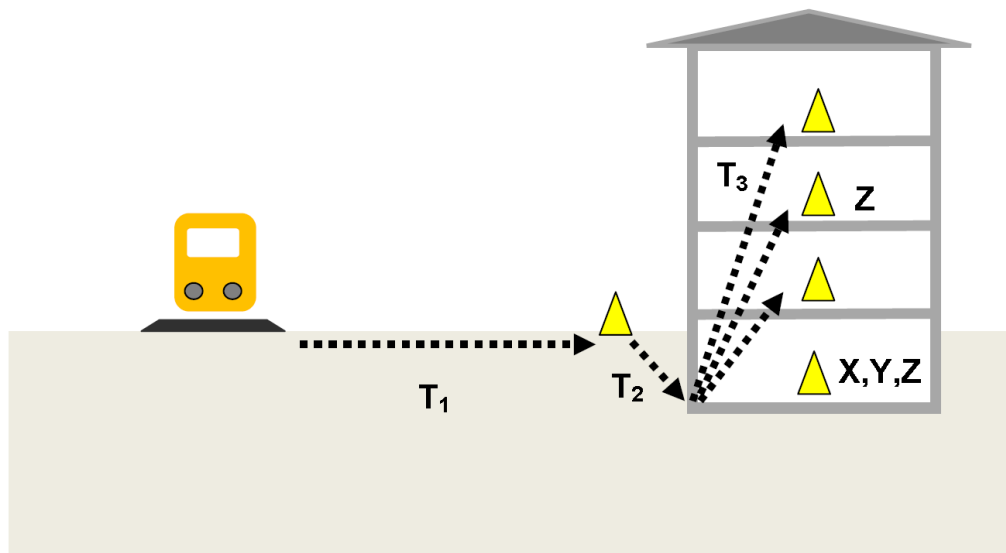
Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Problemstellung bei der Bewertung nach **16. BImSchV /3/** eine Erhöhung der Beurteilungspegel von mindestens **3 dB(A)** als wesentlich erachtet. Ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen ergibt sich demgemäß infolge einer wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wird geprüft, ob sich durch die geplante Umbaumaßnahme zukünftig eine „**wesentliche Erhöhung**“ der schienenverkehrsinduzierten Immissionen gegenüber denen aus der Vorbelastung ergeben können. Eine Erhöhung der Immissionen kann betriebliche Ursachen haben, indem z.B. die zulässige Geschwindigkeit oder die Zugzahlen vom Planfall zum Nullfall sich verändern. Dies ist hier nicht der Fall. Gleislageverschiebungen können ebenfalls zu Veränderungen der Immissionen führen. Im Rahmen der Umbaumaßnahme erfolgt im Bereich zwischen der „Parcusstraße“ und der Straße „Große Bleiche“ eine Verschiebung der Gleise in Richtung Süden. Somit kommt es für die nördlich der Bahnhofstraße gelegenen Gebäude zukünftig zu einer Verringerung der Immissionen, für die südlich der Bahnhofstraße gelegenen Gebäude hingegen zu einer Erhöhung. Die maximale Verschiebung der Gleise erfolgt zwischen der „Parcusstraße“ und der Straße „Hintere Bleiche. Hier liegen die Gebäude „Bahnhofstraße 5 – 13“. Die Ermittlung der Immissionen erfolgt anhand von Ausbreitungsberechnungen für diese Gebäude, da dort die größten Erhöhungen der Immissionen zu erwarten sind, wodurch mögliche Anspruchsberechtigungen auf

erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgelöst werden können. Die Lage der untersuchten Gebäude zur derzeitigen und zukünftigen Straßenbahntrasse ist in **Anhang 1** dargestellt.

Abbildung 1: Übertragung von Erschütterungen



Hierbei wird ein Quellen- und Ausbreitungsmodell entwickelt, das die Übertragung der Erschütterungen ausgehend von der Quelle (Emittent) bis zum Immissionsort (Gebäude mit schutzwürdigen Nutzungen) abbildet. Bei der Erstellung des Prognosemodells wird von der in **Abbildung 1** skizzierten Übertragungskette ausgegangen. Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert.

5.1 Emission

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die **Emission** (Quellstärke) 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- oder Straßenbahnfahrzeugen mit entsprechendem Oberbau gebildet. Das für die Prognose herangezogene standardisierte Emissionsspektrum ist in **Anhang 2** tabellarisch und graphisch dargestellt.

5.2 Transmission

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:

$$T_1 = \left(\frac{R}{R_1} \right)^{-n} e^{(-\alpha(R-R_1))}$$

mit

- n** Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt;
- α** $\approx 2 \pi D/\lambda$,
Abklingkoeffizient [m^{-1}];
- D** Dämpfungsgrad [%],
- λ** = c/f ,
Wellenlänge [m];
- c** Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s],
- f** Frequenz [Hz],
- R_1** Bezugsabstand [m],
- R** Entfernung des Immissionsortes von der Quelle [m].

Auf Grund 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 Kurvenbereiche gemäß **DIN 4150-1 /6/** zwischen **0,2** und **0,4**. Daher wird dieser Exponent mit

$$n = 0,3$$

berücksichtigt.

Die Erschütterungsabnahme, die sich aus der Übertragung der Schwingungen vom Untergrund auf das zu schützende Bauwerk ergibt (T_2 -

Funktion), wird aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden herangezogen. Eine graphische Darstellung der T_2 -Funktion für mehrgeschossige Gebäude findet sich in **Anhang 3.1**.

Bei der Schwingungsübertragung vom Gebäudefundament wird auf allgemeine Erfahrungsgrundsätze zum Übertragungsverhalten von Geschossdecken zurückgegriffen /8/. Die zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen sind in **Anhang 3.2** bis **Anhang 3.7** dargestellt und basieren auf statistischen Auswertungen von Messungen die im Einwirkungsbereich von Bahnstrecken durchgeführt wurden. Angegeben ist jeweils der Mittelwert zuzüglich der Standardabweichung. Die Übertragungsfunktionen wurden, um eine sachgerechte Mittelung zu ermöglichen, auf die jeweilige Deckeneigenfrequenz normiert. Hierbei wurden nach Stahlbetondecken und Holzbalkendecken differenziert, da diese in den betroffenen Gebäuden beide vorkommen können Hierbei werden die üblicherweise vorkommenden Geschossdeckeneigenfrequenzen für Stahlbetondecken von

- $f_0 = 25 \text{ Hz}$
- $f_0 = 31,5 \text{ Hz}$ und
- $f_0 = 40 \text{ Hz}$

und für die Holzbalkendecken Deckeneigenfrequenzen von

- $f_0 = 12,5 \text{ Hz}$
- $f_0 = 16 \text{ Hz}$ und
- $f_0 = 20 \text{ Hz}$

berücksichtigt.

5.3 Immission

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** /7/ in der Mitte von Räumen ermittelten KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der **DIN 4150-2** auf 80 Hz begrenzt.

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum L_i basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschall-

schnellepegel L_v . Dies ist der Maximalpegel der Schwingstärke, der im Gegensatz zum $KB_{F_{max}}$ -Wert jedoch keiner KB-Bewertung, sondern einer A-Bewertung unterzogen wird. Diese dient der Anpassung des messtechnisch ermittelten Schalldruckpegels an das menschliche Hörempfinden. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschall kann wie folgt beschrieben werden:

$$L_{sek} = L_v + 10 \log \sigma + 10 \log 4S/A$$

Darin bedeuten

L_{sek}	sekundärer Luftschall des betrachteten Bauteils [dB(A)],
L_v	mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
σ	Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-],
S	Fläche des betrachteten Bauteils [m ²],
A	äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m ²].

In der Praxis lässt sich die genannte Beziehung jedoch nur schwer anwenden, da die Körperschallschnelle nicht nur in Deckenmitte, sondern von allen betrachteten Bauteilen (also auch Wände und Decke) gemessen werden müssten. Weiterhin ist die Bestimmung des Abstrahlgrades mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Im vorliegenden Fall wird daher zur Bestimmung des sekundären Luftschalls der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG /8/ herangezogen. Hierin ist ein linearer Zusammenhang zwischen A-bewerteter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschallpegel für verschiedene Zugattungen und Deckenkonstruktionen beschrieben. Die hierin angegebenen Regressionsbeziehungen gelten jedoch allgemein für Bahnstrecken. Im Sinne einer oberen Abschätzung werden im vorliegenden Fall die Angaben für S-Bahn-Strecken herangezogen. Demnach gelten für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb von Straßenbahnfahrzeugen folgende Regressionsbeziehungen:

- $L_i = 17,6 + 0,62 L_{vA}$ [dB(A)] bei Betondecken,
- $L_i = 27,5 + 0,34 L_{vA}$ [dB(A)] bei Holzbalkendecken.

Dabei bedeuten

L_i A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],
 L_{vA} A-bewerteter Körperschallschnellepegel [dB(A)].

Entgegen der Vorgehensweise bei der Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} , bei der ein Frequenzbereich von 4 Hz bis 80 Hz untersucht wird, wird der A-bewertete Körperschallschnellepegel L_{vA} in einem Frequenzbereich bis zu 315 Hz berechnet.

Die Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall werden jeweils getrennt für den Bestand (= Prognose-Nullfall) ohne die Umbaumaßnahme und den Prognose-Planfall unter Berücksichtigung der Umbaumaßnahme ausgewiesen.

5.4 Betriebsparameter

5.4.1 Fahrzeuge, Zugzahlen und Geschwindigkeiten

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die zugspezifische 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** /7/ zu beachten.

Der Knoten Münsterplatz wird von den insgesamt 3 in Mainz verkehrenden Straßenbahnlinien (Linien 50, 51 und 52) angedient. Die geplante Linie 53 (Mainzelbahn) verkehrt nicht zum Münsterplatz. Die Streckenbelastungsangaben wurden seitens der Mainzer Verkehrsgesellschaft (MVG) /12/ übermittelt und ergeben sich für den Prognose-Nullfall bzw. Prognose-Planfall zu

$$N_{\text{Tag/Nacht}} = 411 / 61 \text{ Zügen.}$$

Es werden Fahrzeugtypen der Baureihen V6ER, N6 und M8C mit Fahrzeuglängen von

$$l = 25 \dots 30 \text{ m}$$

eingesetzt. Da das genaue Mischungsverhältnis wechseln kann, wird im Sinne einer oberen Abschätzung bei allen Fahrten von einer maximalen Fahrzeuglänge von

$$l = 30 \text{ m}$$

ausgegangen. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt im untersuchten Streckenabschnitt

$$v = 50 \text{ km/h.}$$

5.4.2 Ermittlung von Einwirkzeiten

5.4.2.1 Erschütterungen

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke nach Maßgabe der **DIN 4150-2** ist das Taktmaximalverfahren anzuwenden. Hierbei werden die in Zeitfenstern von jeweils 30 s Dauer auftretenden Spitzenwerte der bauwerksbezogenen Schwingstärke herangezogen. Da die Vorbeifahrt eines einzelnen Straßenbahnfahrzeuges bei typischen Geschwindigkeiten und bei typischen Fahrzeuglängen stets deutlich weniger als 30 s in Anspruch nimmt, wird dem Grundsatz des Taktmaximalverfahrens folgend für jede Straßenbahn-Vorbeifahrt eine Einwirkungsdauer von 30 s berücksichtigt.

5.4.2.2 Sekundäre Luftschallimmissionen

Die Einwirkzeit des sekundären Luftschalls, jeweils bezogen auf die Beurteilungszeiträume Tag (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 Uhr bis 06.00 Uhr), ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des jeweiligen 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 2-fachen Zuglänge gerechnet. Die Einwirkungszeit T_e einer Zugvorbeifahrt beträgt dabei

$$T_e = 2 \cdot \text{Zuglänge} \cdot 3,6 / v_{\max}$$

mit

v_{\max} maximale Strecken- bzw. zugspezifische Höchstgeschwindigkeit [km/h]

6 Untersuchungsergebnisse

Die Ausbreitungsberechnungen der in den Gebäuden zu erwartenden schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall werden repräsentativ für die Gebäude im Bereich zwischen „Parcusstraße“ und der Straße „Hintere Bleiche“ durchgeführt. Dort sind bedingt durch die größte Gleislageverschiebung gegenüber dem Bestand (Prognose-Nullfall) die größten Erhöhungen zu erwarten. Der zu untersuchende Bereich ist im Übersichtslageplan in **Anhang 1** dargestellt. Die Ausweisung der möglichen Immissionen erfolgt getrennt für Erschütterungen und sekundären Luftschall sowie für den Tag- und Nachtzeitraum. Des Weiteren wird nach den beiden Belastungsfällen Prognose-Nullfall (ohne Umbaumaßnahme) und Prognose-Planfall (mit Umbaumaßnahme) differenziert.

Die Untersuchungsergebnisse sind in **Anhang 4** (Erschütterungen) und **Anhang 5** (Sekundärer Luftschall) dokumentiert. Grün hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei rot hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Sind Felder gelb gekennzeichnet, so sind weitere Beurteilungsschritte zum Nachweis einer Konfliktfreiheit erforderlich.

6.1 Prognose-Nullfall

Das repräsentative Gebäude in dem Bereich mit der größten Gleislageverschiebung hat im Prognose-Nullfall einen Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse von

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

6.1.1 Erschütterungen

Das Gebäude liegt in einem Besonderen Wohngebiet (**WB**). Somit gelten gemäß **DIN 4150-2**, Zeile 4 unter Berücksichtigung des ÖPNV-Faktors folgende Anhaltswerte für den Tag- bzw. den Nachtzeitraum:

- $A_u = 0,225 / 0,150$ (Beurteilung KB_{Fmax})
- $A_r = 0,105 / 0,075$ (Beurteilung KB_{FTr})

Die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen für das repräsentative Gebäude sind in **Anhang 4.1** und **Anhang 4.2** tabellarisch zusammengefasst. In der oberen Tabelle sind die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} für jeden Deckentyp getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum dargestellt. Des Weiteren sind die Gebäudeabstände zur nächstgelegenen Gleisachse sowie die Art der baulichen Nutzung angegeben. Der Immissionspunkt 1 (IP 1) steht für Gebäude mit Stahlbetondecken, Immissionspunkt 2 (IP 2) für Gebäude mit Holzbalkendecken. Diese Differenzierung erfolgte deshalb, weil in dem repräsentativen Gebäude sowohl Holzbalken- als auch Stahlbetondecken vorhanden sein können. Es werden für die beiden Geschossdeckentypen folgende maximale bewertete Schwingstärken ausgewiesen:

- IP 1 (Stahlbetondecken): $KB_{Fmax} = 0,245$
- IP 2 (Holzbalkendecken): $KB_{Fmax} = 0,094$

Die Schwingstärken für die Stahlbetondecken sind als Bauwerksschwingungen wahrnehmbar. Die Schwingstärken für die Holzbalkendecken liegen unterhalb der Fehlschwelle des menschlichen Empfindens.

Somit überschreitet die prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} für Stahlbetondecken den unteren Anhaltswert A_u für Besondere Wohngebiete (**WB**) im Tagzeitraum.

Daher ist gemäß **DIN 4150-2** der zweite Schritt der Beurteilung, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} , erforderlich. Die Beurteilungsschwingstärke berücksichtigt neben der Intensität auch die Einwirkdauer der Schwingungen, das heißt die Häufigkeit von Vorbeifahrtseignissen. Die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken sind ebenfalls in **Anhang 4.1** in der unteren Tabelle dargestellt. Hier werden maximale Beurteilungsschwingstärken für den Tag bzw. die Nacht von

- IP 1 (Stahlbetondecken): $KB_{FTr} = 0,107 / 0,058$
- IP 2 (Holzbalkendecken): $KB_{FTr} = 0,000 / 0,000$

ausgewiesen. Die Beurteilungsschwingstärke für Stahlbetondecken im Tagzeitraum überschreitet den Beurteilungsanhaltswert A_r für besondere Wohngebiete (**WB**). Die Anhaltswerte werden bis zu maximal **102 %** tags ausgeschöpft (siehe **Anhang 4.2**). Im Nachtzeitraum erfolgt eine maximale Ausschöpfung von bis zu **78 %**. Die Beurteilungsschwingstärken für Holzbalkendecken ergeben sich zu $KB_{FTr} = 0,000$, da gemäß **DIN 4150-2**

Abschnitt 3.6 KB_{FTi} -Werte $\leq 0,1$ zu Null gesetzt werden. Somit können bereits im Prognose-Nullfall für Gebäude mit Stahlbetondecken bei einem Abstand ≤ 10 m erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden.

6.1.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse für den sekundären Luftschall finden sich in **Anhang 5.1**. Es werden Beurteilungspegel im Tag- bzw. im Nachtzeitraum von

- IP 1 (Stahlbetondecken): $L_{r,T/N} = 24,6 / 19,3$ dB(A)
- IP 2 (Holzbalkendecken): $L_{r,T/N} = 17,5 / 12,2$ dB(A)

Die aus der der **24. BImSchV** abgeleiteten Immissionsrichtwerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

werden somit für beide Geschossdeckentypen sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum deutlich unterschritten. Erhebliche Belästigungen infolge des sekundären Luftschalls sind im Prognose-Nullfall nicht gegeben.

6.2 Prognose-Planfall

6.2.1 Erschütterungen

Das repräsentative Gebäude in dem Bereich mit der größten Gleislagerverschiebung hat im Prognose-Planfall einen Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse von

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

Dies bedeutet, dass sich der Abstand um **30 %** reduziert. Die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen für die geplante Bebauung in dem zu untersuchenden Plangebiet sind in **Anhang 4.3** und **Anhang 4.4** tabellarisch zusammengefasst. In der oberen Tabelle sind die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} für jeden Deckentyp getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum dargestellt. Es werden für die beiden Geschossdeckentypen folgende maximale bewertete Schwingstärken ausgewiesen:

- IP 1 (Stahlbetondecken): $KB_{Fmax} = 0,284$

- IP 2 (Holzbalkendecken): **$KB_{Fmax} = 0,107$**

Die Schwingstärken für die Räume mit Stahlbetondecken sind als Bauwerksschwingungen wahrnehmbar. Die Schwingstärken für die Holzbalkendecken liegen im Bereich der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens.

Somit überschreiten die prognostizierten maximalen bewerteten Schwingstärken **KB_{Fmax}** für Stahlbetondecken den unteren Anhaltswert **A_u** für Besondere Wohngebiete (**WB**) im Tagzeitraum. Die **KB_{Fmax}** -Werte für Holzbalkendecken unterschreiten den unteren Anhaltswert sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum. Somit sind die Anforderungen der DIN 4150-2 für die Holzbalkendecken bereits im 1. Schritt der Beurteilung erfüllt. Erhebliche Belästigungen sind hierfür nicht zu erwarten.

Für die Räume mit Stahlbetondecken hingegen ist gemäß **DIN 4150-2** der zweite Schritt der Beurteilung, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}** , erforderlich. Die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken sind ebenfalls in **Anhang 4.3** in der unteren Tabelle dargestellt. Die **KB_{FTr}** -Werte für Holzbalkendecken werden der Vollständigkeit halber ebenfalls ausgewiesen. Hier werden maximale Beurteilungsschwingstärken für den Tag bzw. die Nacht von

- IP 1 (Stahlbetondecken): **$KB_{FTr} = 0,121 / 0,066$**
□ IP 2 (Holzbalkendecken): **$KB_{FTr} = 0,035 / 0,019$**

ausgewiesen. Die Beurteilungsschwingstärke für Stahlbetondecken im Tagzeitraum überschreitet den Beurteilungsanhaltswert **A_r** für besondere Wohngebiete (**WB**). Die Anhaltswerte werden bis zu maximal **116 %** tags und **88%** nachts ausgeschöpft (siehe **Anhang 4.4**). Für die Räume mit Holzbalkendecken erfolgt eine maximale Ausschöpfung im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu **33 % bzw. 26%**. Somit können auch im Prognose-Planfall für Gebäude mit Stahlbetondecken erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden. Ob ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen vorliegt, ist durch den Vergleich der Immissionen des Prognose-Planfalls mit denen des Prognose-Nullfalls zu prüfen.

6.2.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse für den sekundären Luftschall finden sich in **Anhang 5.2**. Es werden Beurteilungspegel im Tag- bzw. im Nachtzeitraum von

- IP 1 (Stahlbetondecken): $L_{r,T/N} = 24,6 / 19,3 \text{ dB(A)}$
- IP 2 (Holzbalkendecken): $L_{r,T/N} = 17,5 / 12,2 \text{ dB(A)}$

Die aus der der **24. BImSchV** abgeleiteten Immissionsrichtwerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

werden somit für beide Geschossdeckentypen sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum deutlich unterschritten. Erhebliche Belästigungen infolge des sekundären Luftschalls sind im Prognose-Nullfall nicht gegeben.

6.3 Prüfung auf wesentlichen Änderung

Die Ergebnisse der Prüfung auf wesentliche Änderung (Vergleich der Immissionen des Prognose-Planfalls mit denen des Prognose-Nullfalls) sind in **Anhang 6.1** (Erschütterungen) und **Anhang 6.2** (sekundärer Luftschall) dargestellt.

Die Berechnungen zum Null- und Planfall zeigen, dass in Räumen mit Stahlbetondecken sowohl im Null- als auch im Planfall die Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen überschritten werden. Die in Anlehnung an die **24. BImSchV** einzuhaltenden Beurteilungspegel bzgl. sekundärem Luftschall werden sowohl im Nullfall als auch im Planfall eingehalten.

Hinsichtlich der Erschütterungsimmissionen sind Vorsorgemaßnahmen in Betracht zu ziehen, wenn der Sachverhalt einer „wesentlichen Änderung“ zu erwarten ist, das heißt eine Erhöhung der Beurteilungsschwingstärken um mindestens **25 %** und ebenfalls eine Überschreitung des Anhaltswertes für den Prognose-Planfall. Gemäß der tabellarischen Darstellung im **Anhang 6.1** ergeben sich maximale Erhöhungen im Bereich von bis zu **14 %**. Diese Erhöhung ist als **nicht „wesentlich“** einzustufen. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ergibt sich somit nicht.

Eine wesentliche Änderung im Hinblick auf sekundäre Luftschallimmissionen liegt vor, wenn die prognostizierten Beurteilungspegel im Planfall die Werte im Nullfall um mindestens 3 dB(A) übersteigen und eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte gegeben ist. Wie in **Anhang 6.2** dokumentiert, ist dieser Sachverhalt in keinem Gebäude gegeben, da bereits die im

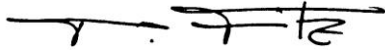
Planfall die Immissionsrichtwerte eingehalten werden. Die maximalen Pegelerhöhungen liegen bei

$$\Delta L_{ri} = +1,2 \text{ dB(A)}.$$

Somit werden auch hinsichtlich der zukünftig einwirkenden sekundären Luftschallimmissionen Vorsorgemaßnahmen **nicht** erforderlich.

7 Abschließende Bemerkungen

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass das Planvorhaben durch die Umbaumaßnahmen in der Bahnhofstraße an keinem der umliegenden Gebäude zu dem Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ führt. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen infolge der geplanten Umbaumaßnahme besteht somit nicht.



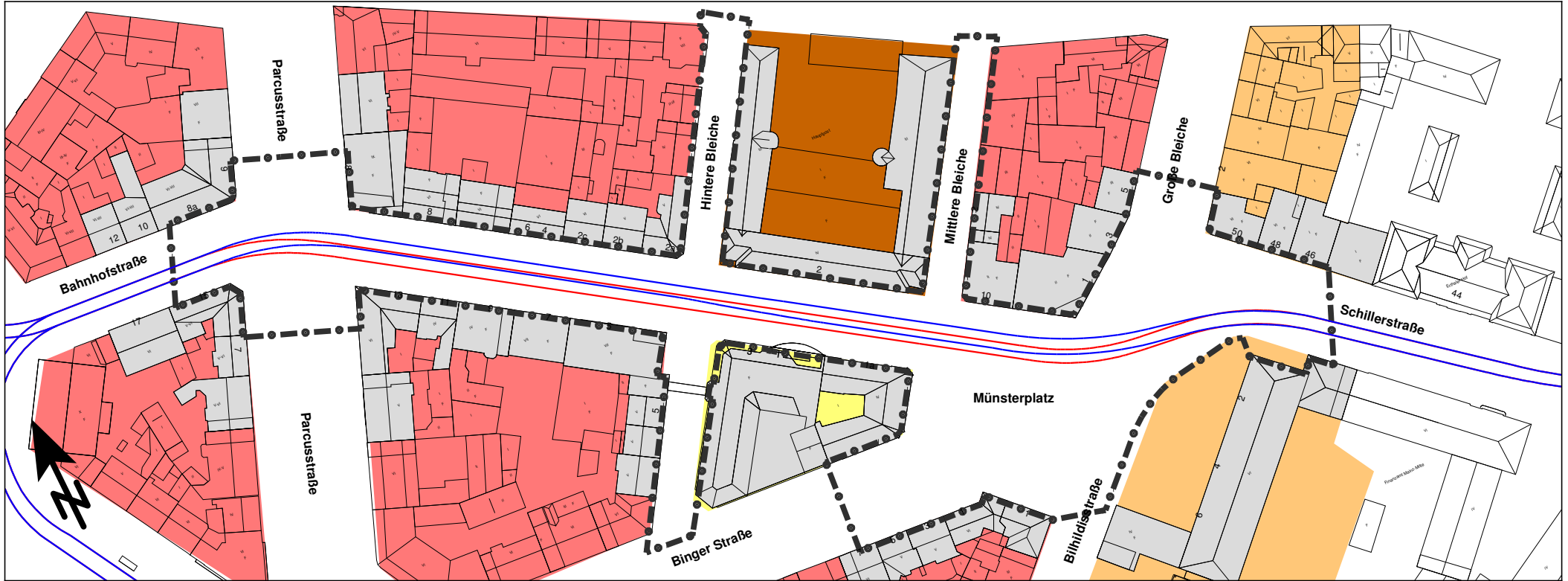
Dipl.-Phys. Peter Fritz



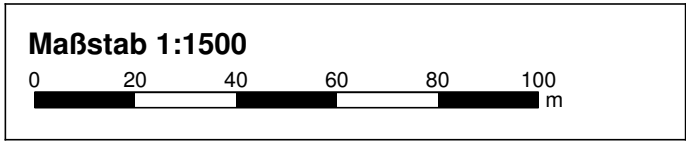
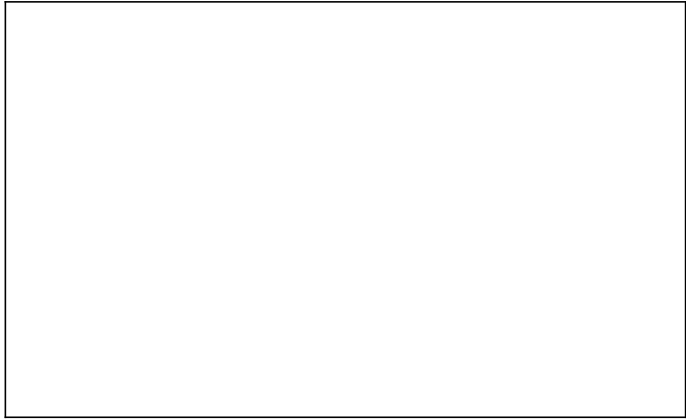
Dipl.-Ing. Rolf Schneider



ANHANG



- Geltungsbereich des Bebauungsplans
- Emission Schiene Bestand
- Emission Schiene Planung
- Gebäude
- Kerngebiet
- Mischgebiet
- Besonderes Wohngebiet
- Sondergebiet



FRITZ GmbH
 BERATENDE INGENIEURE VBI
 Fehlleimer Straße 24
 64683 Einhausen
 Telefon (06251) 96 46-0
 www.fritz-ingenieure.de

05.11.2014; Bericht Nr. 14213

Landeshauptstadt Mainz
B-Plan Mainz A 265 Bahnhofstraße

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -
 Erschütterungen

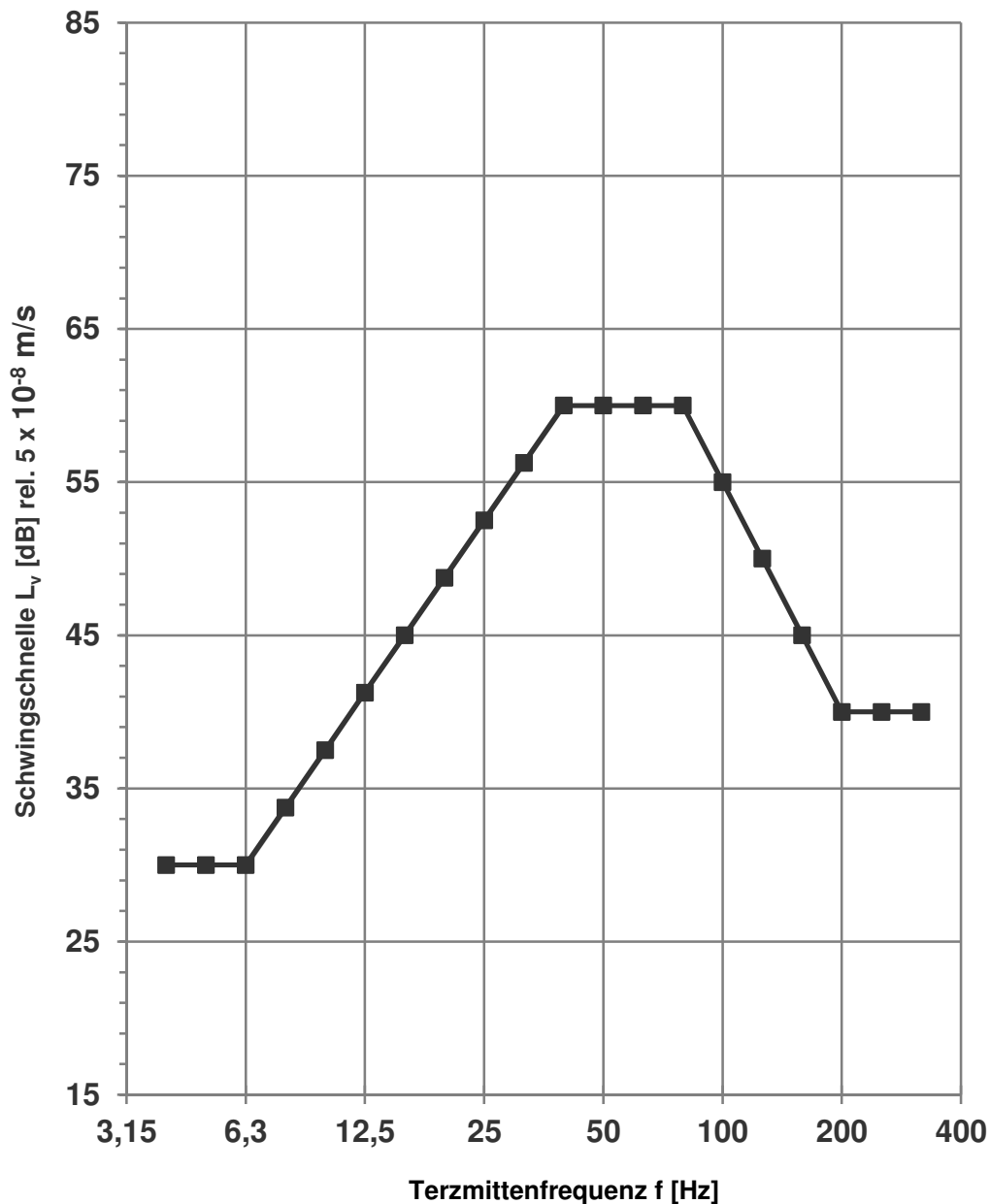
ANHANG 1

unkorrigiertes Emissionsspektrum

Stadtbahnfahrzeug

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Anhang 2 Emissionen.xls\ANHANG 2.1

- 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

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

Übertragungsfunktion

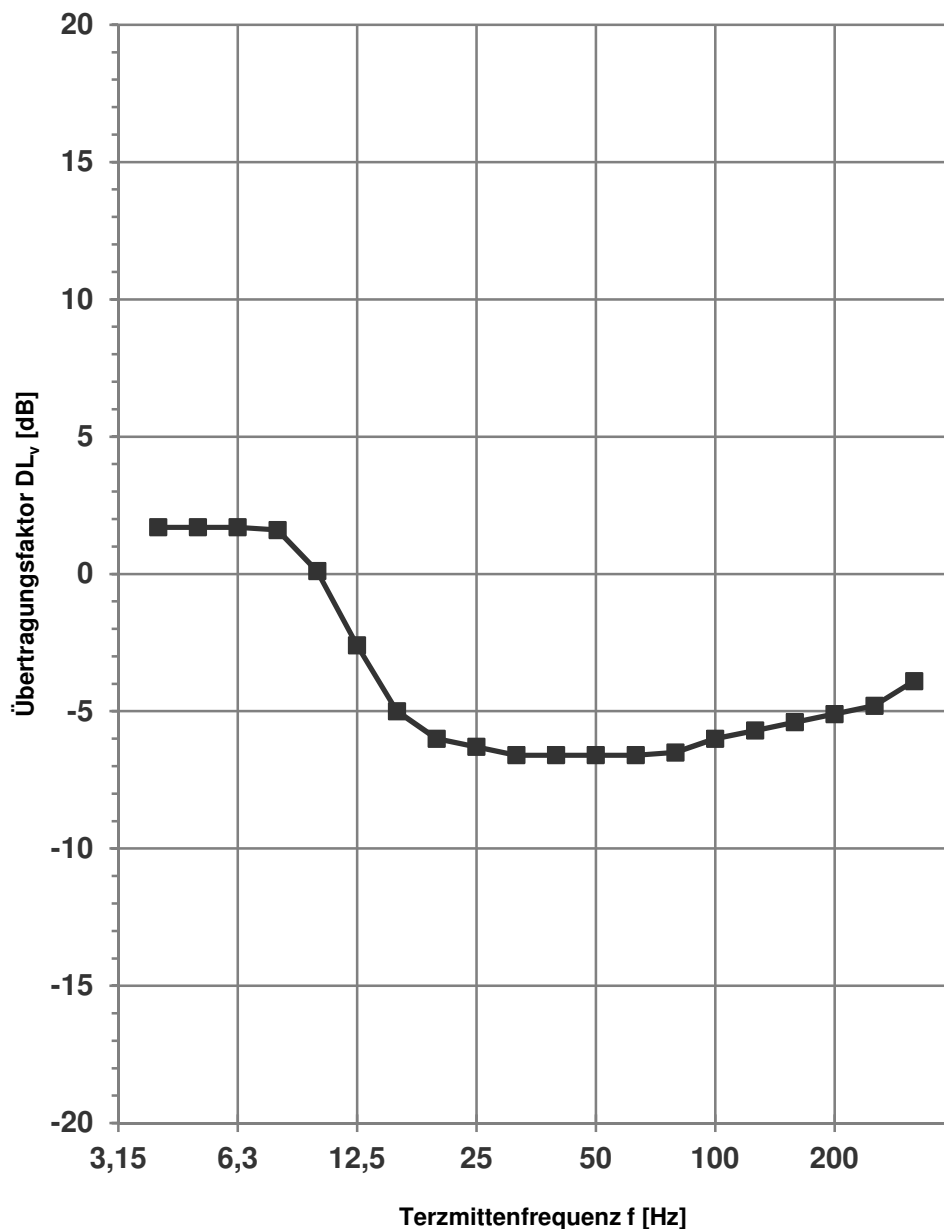
Erdreich - Fundament (T2)

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Transferfunktion 2 und 3.xls\T2-Funktion

Quelle Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen
Landesamt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Nr. 107
J. Melke, 1992
Bild 7.8 a: Typische Minderung bei Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp Gebäude mit über 2 Geschossen

Schwingrichtung vertikal (z)



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

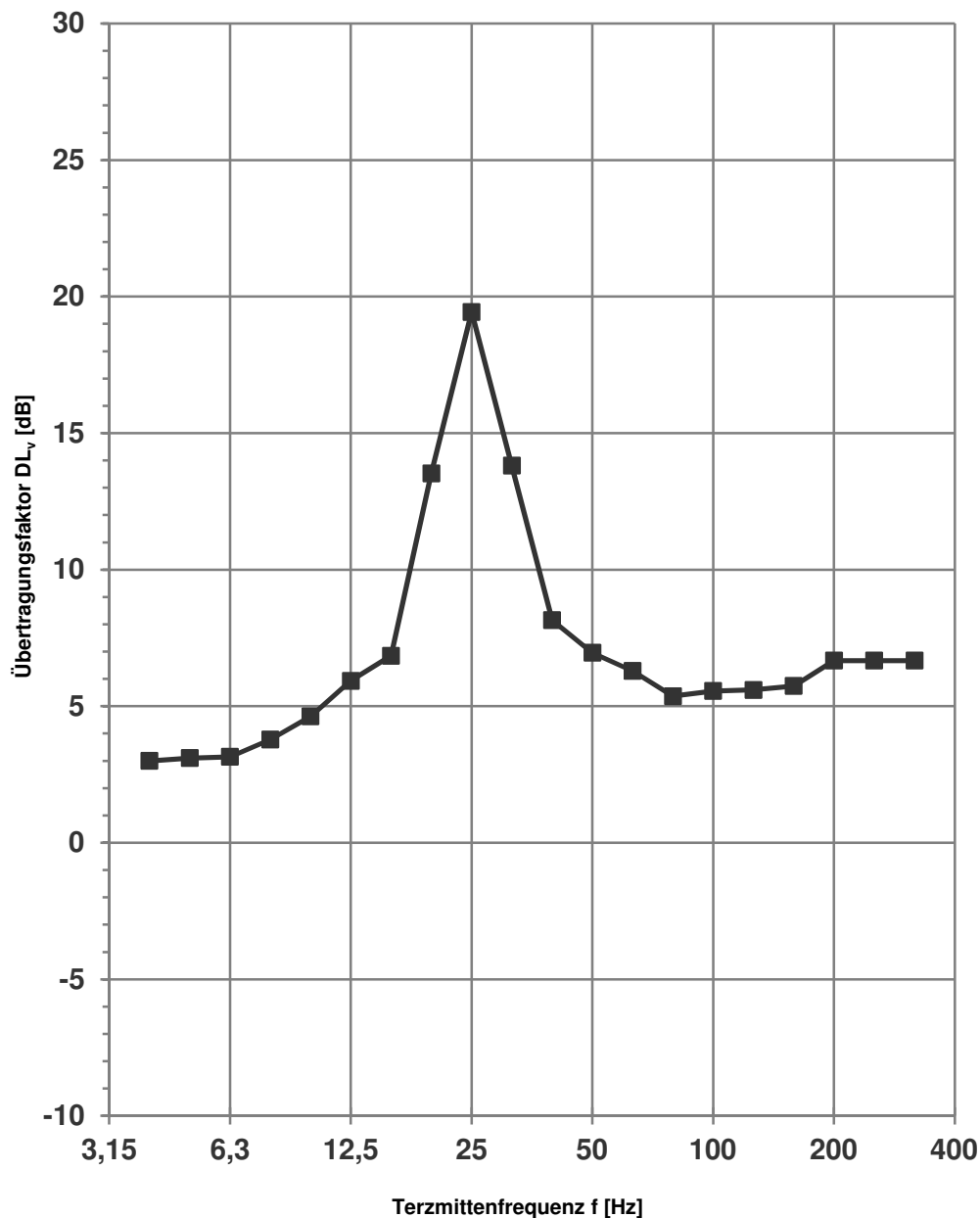
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecke

Resonanzfrequenz $f_0 = 25 \text{ Hz}$

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



DL_v [dB]	f [Hz]
3,0	4
3,1	5
3,2	6,3
3,8	8
4,6	10
5,9	12,5
6,9	16
13,5	20
19,4	25
13,8	31,5
8,2	40
7,0	50
6,3	63
5,4	80
5,6	100
5,6	125
5,7	160
6,7	200
6,7	250
6,7	315

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

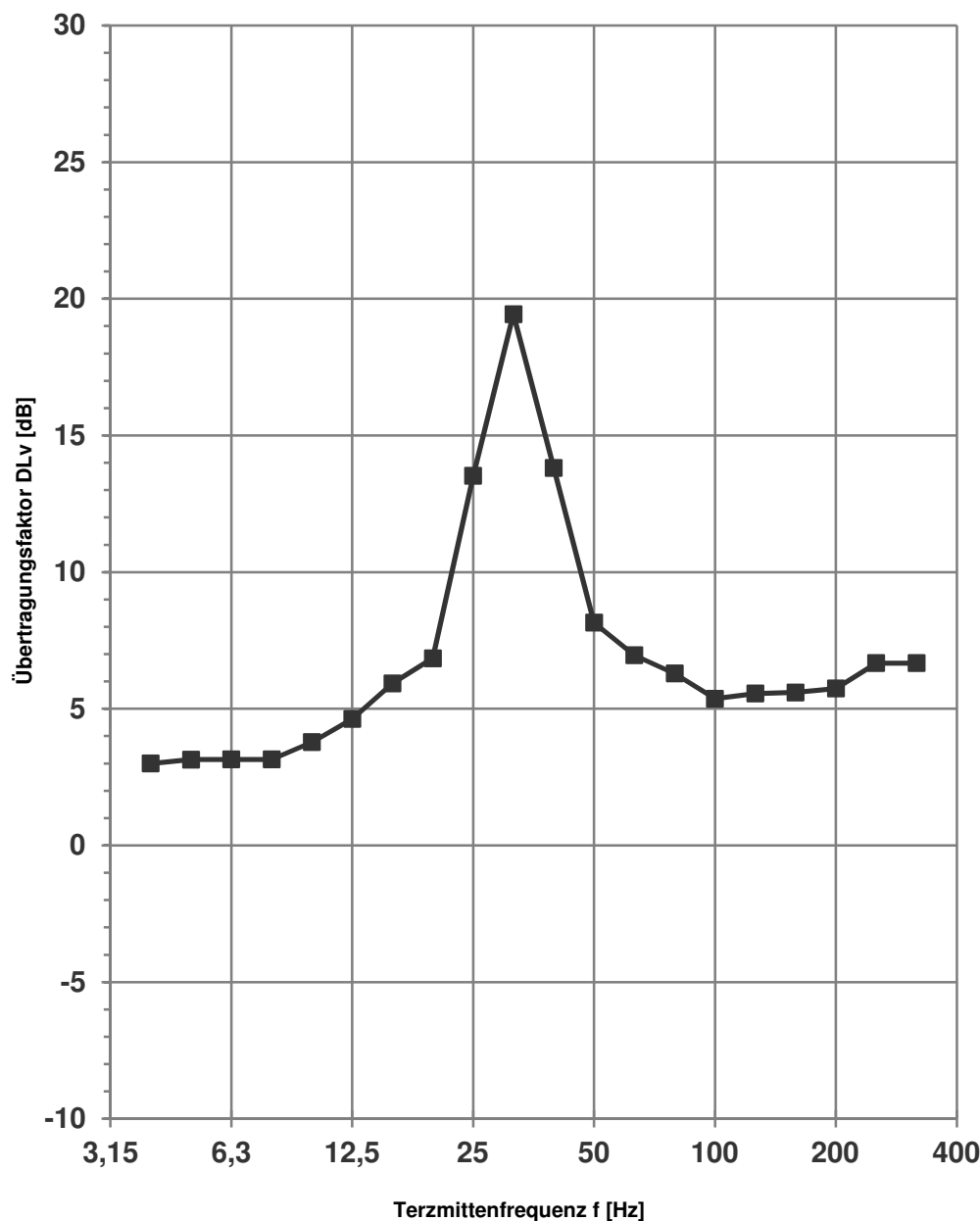
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecke

Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5 \text{ Hz}$

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



DL _v [dB]	f [Hz]
3,0	4
3,1	5
3,2	6,3
3,2	8
3,8	10
4,6	12,5
5,9	16
6,9	20
13,5	25
19,4	31,5
13,8	40
8,2	50
7,0	63
6,3	80
5,4	100
5,6	125
5,6	160
5,7	200
6,7	250
6,7	315

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

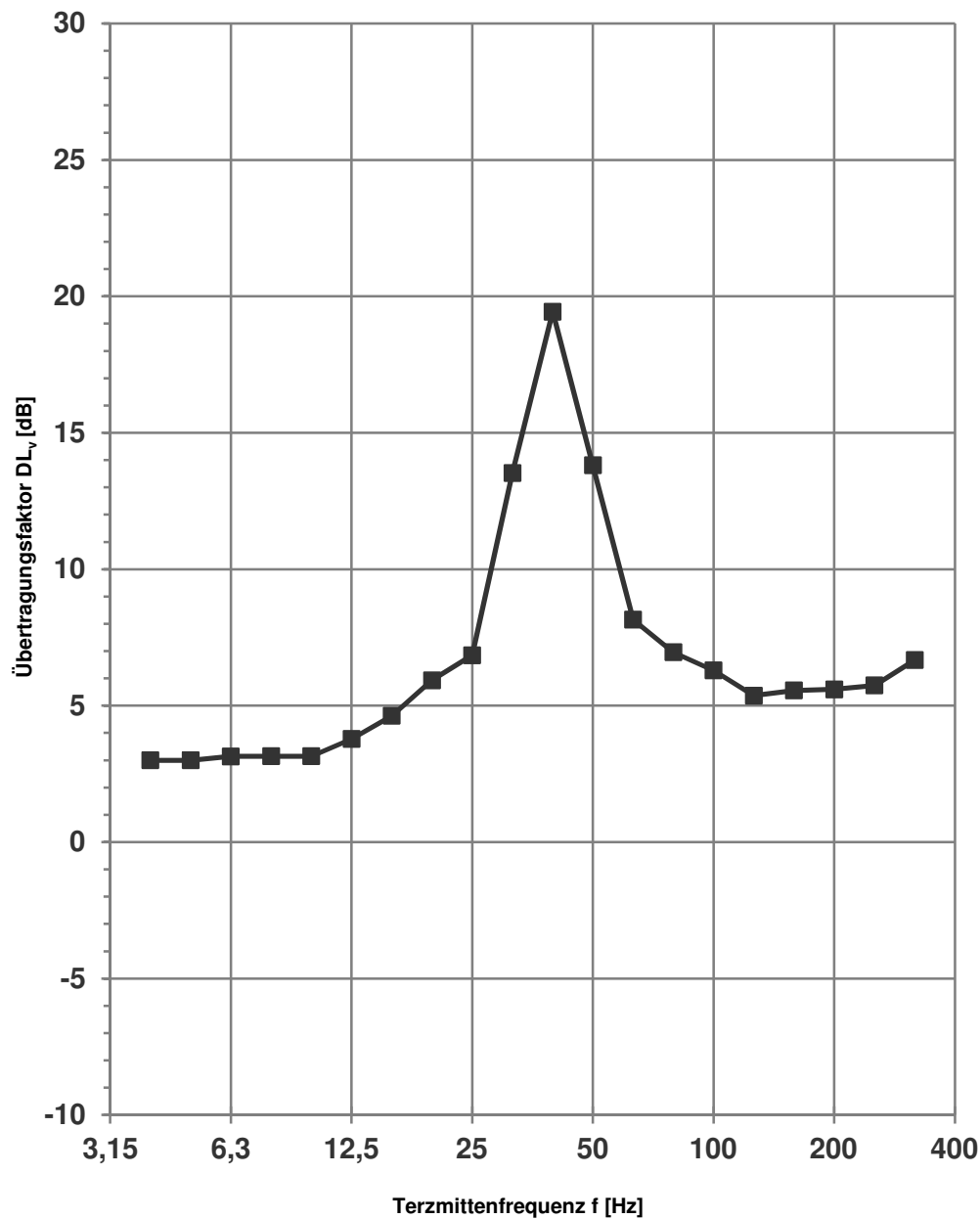
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecken

Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



DL_v [dB]	f [Hz]
3,0	4
3,0	5
3,1	6,3
3,2	8
3,2	10
3,8	12,5
4,6	16
5,9	20
6,9	25
13,5	31,5
19,4	40
13,8	50
8,2	63
7,0	80
6,3	100
5,4	125
5,6	160
5,6	200
5,7	250
6,7	315

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

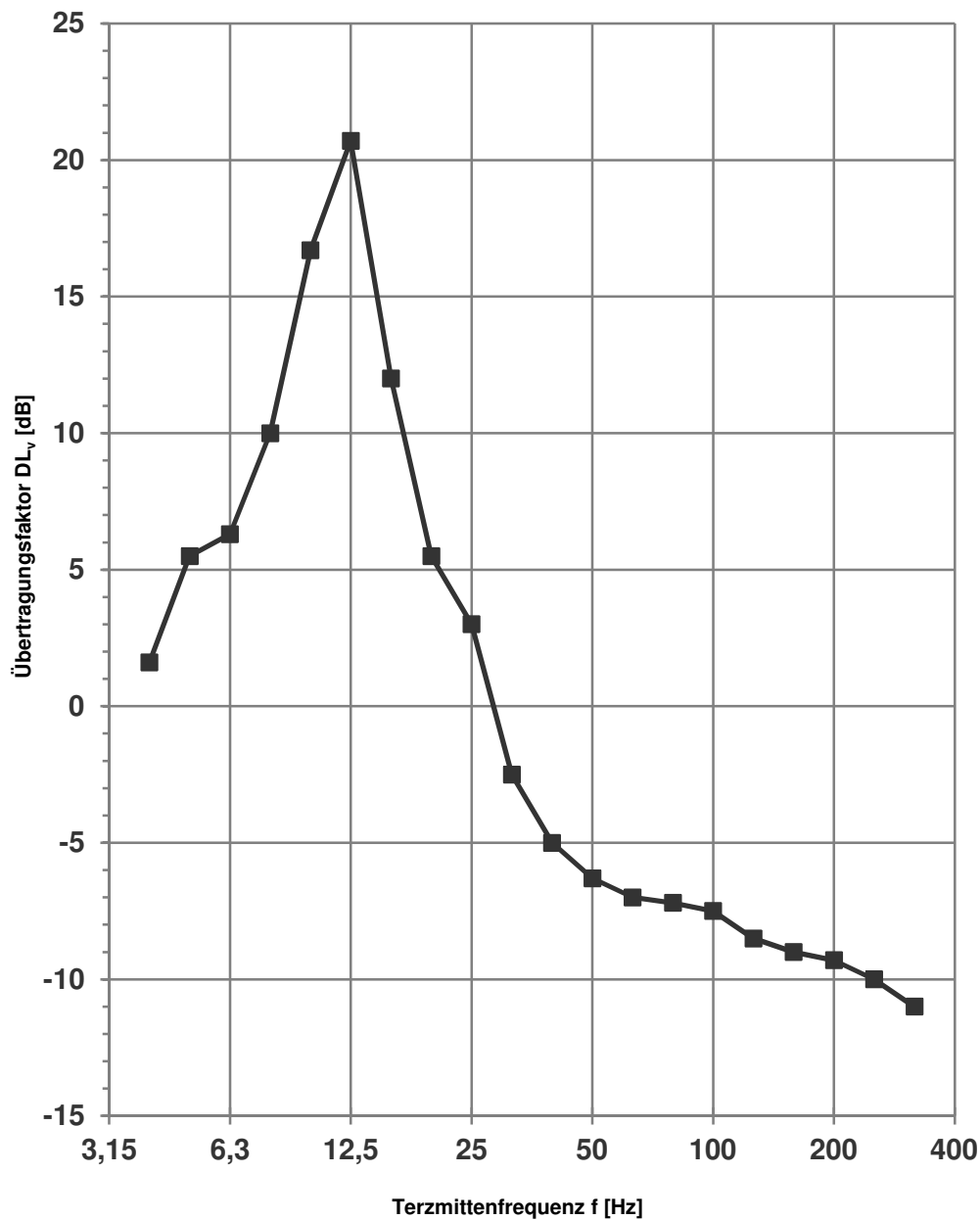
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Holzbalkendecke

Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5 \text{ Hz}$

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

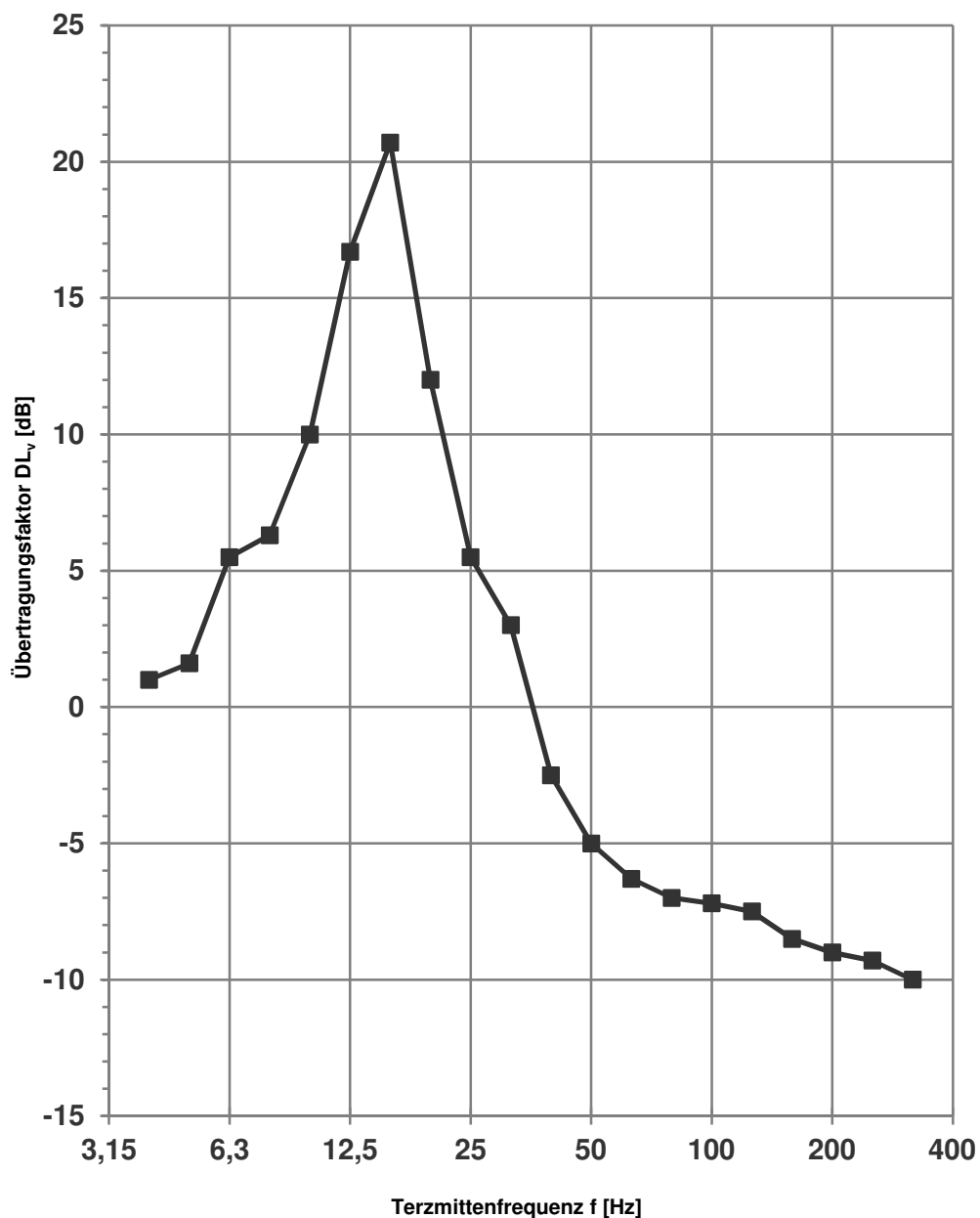
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Holzbalkendecke

Resonanzfrequenz $f_0 =$ **16 Hz**

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhof Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

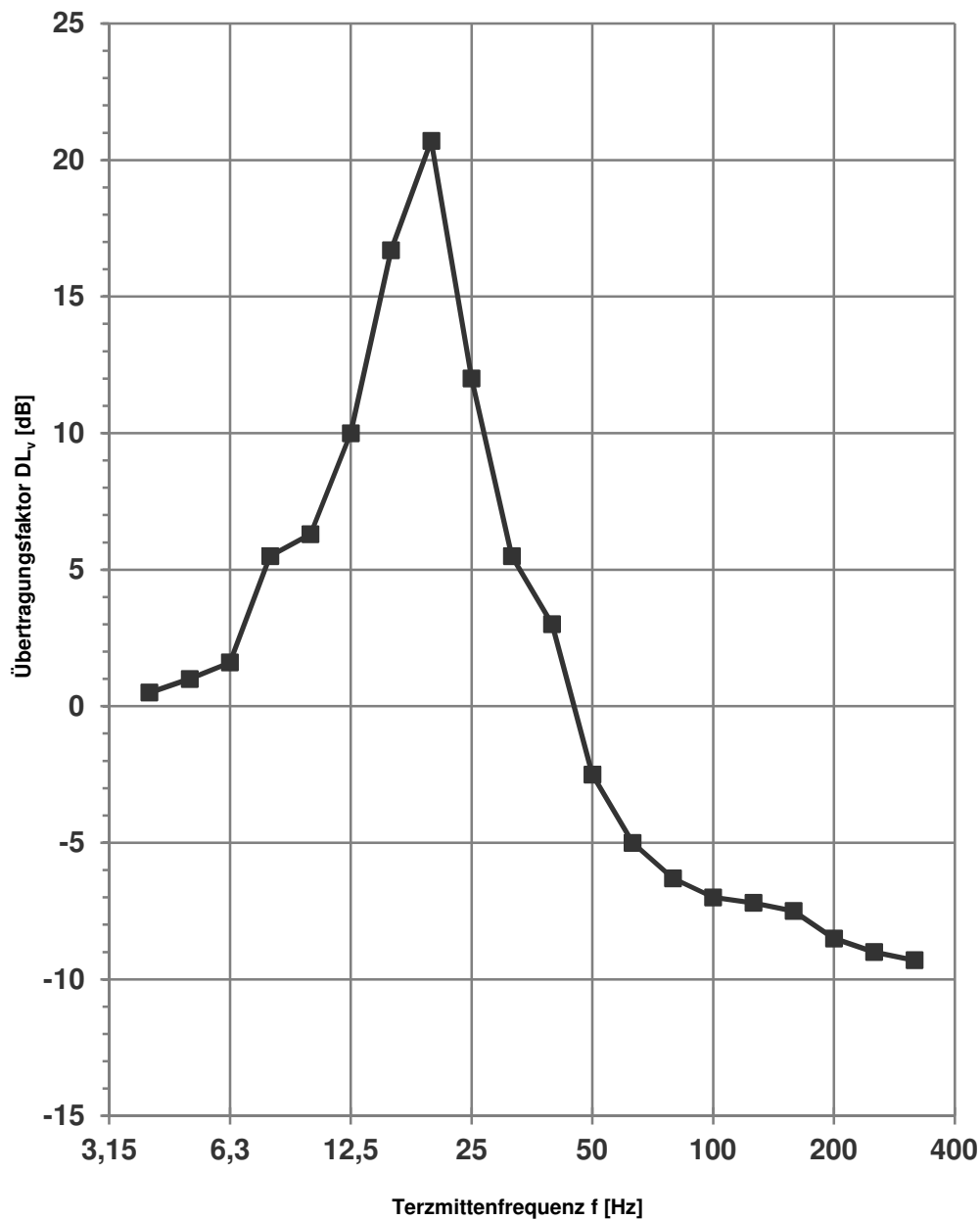
Quelle Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer
(Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a:
Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Holzbalkendecke

Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Schwingrichtung vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



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

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Nullfall - Beurteilung nach DIN 4150-2

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PNF-E

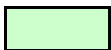
1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	0,146	0,146	0,191	0,191	0,245	0,245
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0,056	0,056	0,069	0,069	0,094	0,094

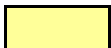
2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	0,064	0,035	0,084	0,046	0,107	0,058
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

IP Immissionsort
 KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]
 KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.



Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß der **DIN 4150-2** erforderlich.



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

	Stahlbetondecke	Holzbalkendecke
Raum 1:	Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WB Besonderes Wohngebiet

Erschütterungsimmissionen

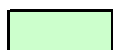
Prognose-Nullfall - Beurteilung nach DIN 4150-2

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PNF-E (2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Ausschöpfung A_r in %					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	61%	47%	80%	61%	102%	78%
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0%	0%	0%	0%	0%	0%

IP Immissionsort
 A_r Beurteilungsanhaltswert [-]



Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswerte $A_r \leq 100 \%$



Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswerte $A_r > 100 \%$

	Stahlbetondecke	Holzbalkendecke
Raum 1:	Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
WB Besonderes Wohngebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall - Beurteilung nach DIN 4150-2

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-B\Plan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PPF-E

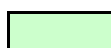
1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	0,169	0,169	0,220	0,220	0,284	0,284
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0,064	0,064	0,079	0,079	0,107	0,107

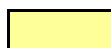
2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	0,073	0,040	0,095	0,052	0,121	0,066
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,019

IP Immissionsort
 KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]
 KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.



Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß der **DIN 4150-2** erforderlich.



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

Raum 1:	Stahlbetondecke Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Holzbalkendecke Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WB Besonderes Wohngebiet

Erschütterungsimmissionen

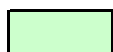
Prognose-Planfall - Beurteilung nach DIN 4150-2

X:\Projekte\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PPF-E (2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	#BEZUG!	Ausschöpfung A_r in %					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	69%	53%	90%	69%	116%	88%
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	0%	0%	0%	0%	33%	26%

IP Immissionsort
 A_r Beurteilungsanhaltswert [-]



Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswerte $A_r \leq 100$ %



Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswerte $A_r > 100$ %

	Stahlbetondecke	Holzbalkendecke
Raum 1:	Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
WB Besonderes Wohngebiet

Sekundäre Luftschallimmissionen

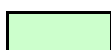
Prognose-Nullfall - Beurteilung nach 24. BImSchV

X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PNF-SL

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Beurteilungspegel von Innenräumen L_{ri} [dB(A)]					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	23,2	17,9	23,6	18,4	24,6	19,3
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	16,8	11,5	17,0	11,7	17,5	12,2

IP Immissionsort

L_{ri} Beurteilungspegel von Innenräumen [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

	Stahlbetondecke	Holzbalkendecke
Raum 1:	Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
WB Besonderes Wohngebiet

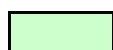
Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall - Beurteilung nach 24. BImSchV

X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\PNF-SL

IP Nr.	Gebäude	Abstand [m]	Nutzung	Beurteilungspegel von Innenräumen L_{ri} [dB(A)]					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	10	WB	24,4	19,1	24,7	19,4	25,6	20,3
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	10	WB	17,3	12,0	17,5	12,3	18,0	12,7

IP Immissionsort
 L_{ri} Beurteilungspegel von Innenräumen [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

	Stahlbetondecke	Holzbalkendecke
Raum 1:	Resonanzfrequenz $f_0 = 25$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz
Raum 2:	Resonanzfrequenz $f_0 = 31,5$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz
Raum 3:	Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz	Resonanzfrequenz $f_0 = 20$ Hz

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
WB Besonderes Wohngebiet

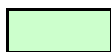
Änderung der KB_{FTr} -Werte

Prognose-Planfall zu Prognose-Nullfall

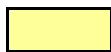
X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\Diff

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	ΔKB_{FTr} Prognose-Planfall zu Prognose-Nullfall					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	WB	13%	13%	13%	13%	14%	14%
2	Gebäude mit Holzbalkendecken	WB	0%	0%	0%	0%	+00	+00

IP Immissionsort
 ΔKB_{FTr} Änderung der Beurteilungsschwingstärke



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen < 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen ≥ 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen von mindestens 25%
und Anhaltswertüberschreitung

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
WB Besonderes Wohngebiet

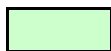
Änderung der Beurteilungspegel L_{ri}

Prognose-Planfall abzüglich Prognose-Nullfall

X:\Projekte2\2014\14213-VVSE-LH Mainz-BPlan Straßenbahntrasse Bahnhofstr\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Immissionen.xls\Diff-SekLS

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	Differenzpegel sekundärer Luftschall ΔL_{ri} [dB(A)]					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gebäude mit Stahlbetondecken	WB	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1	Gebäude mit Holzbalkendecken	WB	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5

IP Immissionsort
 ΔL_{ri} Pegeldifferenz Prognose-Planfall abzgl. Prognose-Nullfall [dB(A)]



Erhöhung der Beurteilungspegel < 2,1 dB



Erhöhung der Beurteilungspegel \geq 2,1 dB



Erhöhung der Beurteilungspegel von mindestens 2,1 dB
und Überschreitung der Immisionsgrenzwerte

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WB Besonderes Wohngebiet