

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

BAUVORHABEN:	Stadtbahn Dietenbach
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall
AUFTRAGGEBER:	Freiburger Verkehrs AG Fachbereich Neubau/Planung Besanconallee 99 79111 Freiburg
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Straße 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20210478-805-VVE-2
DATUM:	Darmstadt, 28.06.2023

Dieser Bericht umfasst 27 Seiten und 7 Anhänge mit 33 Blättern. Gesamt: 60 Seiten

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

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	5
3	Grundlagen	7
3.1	Rechtsgrundlagen und Regelwerke	7
3.2	Planunterlagen	7
4	Anforderungen an den Immissionsschutz	8
4.1	Erschütterungen	8
4.2	Sekundärer Luftschall	10
5	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	11
5.1	Prognosemodell	12
5.1.1	Emissionen	13
5.1.2	Transmissionen	13
5.1.3	Immissionen	14
5.2	Betriebsparameter	15
5.2.1	Fahrzeugzahlen, Gleisbelegung, Geschwindigkeiten	15
5.2.2	Ermittlung von Einwirkzeiten	16
6	Untersuchungsergebnisse	16
6.1	Ortsteil Rieselfeld	16
6.1.1	Erschütterungen	17
6.1.2	Sekundärer Luftschall	19
6.2	Ortsteil Dietenbach	20
6.2.1	Erschütterungen	20
6.2.2	Sekundärer Luftschall	22
7	Maßnahmen zur Konfliktbewältigung	24
8	Abschließende Bemerkungen	26

Abbildungsverzeichnis

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

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	9
Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall	11

Anhänge

Anhang 1	Übersichtslageplan
Anhang 2	Emissionen und Korrekturfunktionen
Anhang 3	Beurteilung der Erschütterungseinwirkung an Bestandsgebäuden
Anhang 4	Beurteilung der Erschütterungseinwirkung an Plangebäuden
Anhang 5	Korrekturfunktion der Schutzmaßnahme
Anhang 6	Beurteilung der Erschütterungseinwirkung mit Schutzmaßnahme
Anhang 7	Lagepläne der Schutzmaßnahmen

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert
A_r	Beurteilungsanhaltswert nach DIN 4150-2
A_u	unterer Anhaltswert nach DIN 4150-2
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
16. BImSchV	Verkehrslärmschutzverordnung
dB	Dezibel
f	Frequenz [Hz]
Hz	Hertz, Schwingungen je Sekunde
IP	Immissionsort
IRW	Immissionsrichtwert
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
$L_{sek,A}$	A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],
$L_{v,A}$	A-bewerteter Schwinggeschwindigkeitspegel in [dB(A)]
MI	Mischgebiete gemäß § 6 BauNVO
n	Abnahmeexponent [-]
r, R	Abstand
R_0	Bezugsabstand [m]
StAbw	Standardabweichung
T	Transferfunktion
T_e	Vorbeifahrtzeit
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
$v(t)$	Schwingschnelle
WA	Allgemeine Wohngebiete gemäß § 4 BauNVO

1 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit dem geplanten Bau der Stadtbahn zur Erschließung des neuen Ortsteils Dietenbach der Stadt Freiburg wurde geprüft, ob Konflikte aus vorhabenbedingten Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen infolge des künftigen Straßenbahnbetriebes zu erwarten sind. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ❑ Für insgesamt 3 Bestandsgebäude sowie für 3 kritische Querschnitte im Bereich vorgehener Baufenster im direkten Einwirkungsbereich der geplanten Stadtbahnstrecke wurden die zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall prognostiziert und gemäß den Anforderungen der **DIN 4150-2** bzw. der **24. BImSchV** beurteilt.
- ❑ Im Kurvenbereich der neuen Stadtbahnstrecke am Marktplatz des geplanten Stadtteilzentrums kann nicht ausgeschlossen werden, dass es in nahegelegenen Gebäuden zu Immissionskonflikten kommen wird. Gleiches gilt für die Weichenverbindungen, die unmittelbar neben der neuen Endhaltestelle geplant sind. Um mögliche Konflikte zu vermeiden, werden oberbautechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen in diesen beiden Streckenabschnitten erforderlich. Hier ist der Oberbau als elastisch gelagerte Gleistragplatte auszuführen. Die Oberbaueigenfrequenz des Systems ist auf maximal

$$f_0 = 25 \pm 2 \text{ Hz}$$

abzustimmen.

- ❑ Durch die Umsetzung der spezifizierten Maßnahme kann gewährleistet werden, dass es im gesamten Einwirkungsbereich der geplanten Stadtbahnstrecke zu keinen schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall kommen wird, die nach den allgemein anerkannten Maßstäben als "erheblich belästigend" einzustufen sind.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Stadtverwaltung der Stadt Freiburg plant derzeit die Errichtung des neuen Stadtteils Dietenbach. Dieser soll Raum für über 6.000 Wohnungen schaffen. Entsprechend ist vorgesehen, diesen mit einer Stadtbahntrasse zu erschließen. Hierzu soll die Stadtbahntrasse, die derzeit in Riesel-feld an einer Wendeschleife endet, entsprechend verlängert und durch das Zentrum des neuen

Stadtteils geführt werden. Die Streckenführung der neuen Stadtbahnlinie liegt somit in unmittelbarer Nachbarschaft zu vorhandenen und geplanten schutzbedürftigen Nutzungen. Der Verlauf der neu geplanten Stadtbahntrasse ist im Übersichtslageplan in **Anhang 1** dargestellt.

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 nahestehende 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 (BImSchG) /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 der Planung der Stadtbahnstrecke ist u.a. zu prüfen, welche Einwirkungen aus Erschütterungen beim zukünftigen Betrieb der Strecke zu erwarten sind und ob diese 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.

3 Grundlagen

3.1 Rechtsgrundlagen und Regelwerke

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen insbesondere 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 – 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/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az: BVerwG 7 A 14.09
- /5/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /6/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /7/ DB-Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, Stand vom 15.09.2017

3.2 Planunterlagen

Zur Bearbeitung wurden die nachfolgenden Planunterlagen und Schriftsätze herangezogen:

- /8/ Lageplan der Vorplanung, „Stadtbahn Dietenbach“, Anschluss Rieselfeld, Garten- und Tiefbauamt, Stadt Freiburg im Breisgau, Maßstab 1:250, Stand: 23.05.2023
- /9/ Angaben zu Bebauungsplänen im Umfeld der Trasse, Online-Angebot der Stadt Freiburg „FreiGIS“, abgefragt im September 2022

- /10/ Messbericht Erschütterungen, Stadtbahn Dietenbach, „Messtechnische Erhebung von Ausbreitungsbedingungen an 2 Messquerschnitten in den Stadtteilen Rieselfeld und Dietenbach sowie von erschütterungstechnischen Eigenschaften von 3 Gebäuden in Rieselfeld“, KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Bericht-Nr. 20210479-805-VME-1 vom 17.09.2022
- /11/ Angaben zu den Zugzahlen und Geschwindigkeiten, erhalten per E-Mail von der Stadt Freiburg im Breisgau am 25.10.2022

4 Anforderungen an den Immissionsschutz

4.1 Erschütterungen

Für die Beurteilung von Einwirkungen durch verkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen auf den Menschen gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte festgelegt sind. Daher werden zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen die in Fachkreisen als Beurteilungsgrundlage allgemein anerkannten **Anhaltswerte** nach **DIN 4150-2** /6/ 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}**.

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.

Die Anhaltswerte **A** zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen werden in der **DIN 4150-2** jeweils in Abhängigkeit von der Art der

baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum unterschieden. In **Tabelle 1** sind die wesentlichen Anhaltswerte angegeben.

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	0,400	0,200	0,300	0,150
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,300	0,150	0,200	0,100
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,200	0,100	0,150	0,070
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,150	0,070	0,100	0,050
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,100	0,050	0,100	0,050

Tabelle 1: Wesentliche Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

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. Vor dem Hintergrund, dass vorliegend nicht nur die Stadtbahnstrecke neu errichtet wird, sondern auch gleichermaßen die nahegelegenen schutzbedürftigen Nutzungen, wird vorliegend auf die Anwendung dieses Faktors auf die in **Tabelle 1** angegebenen Anhaltswerte im Sinne der von Erschütterungsimmissionen Betroffenen verzichtet.

Im Einwirkungsbereich der Trasse befinden sich unterschiedliche bauliche Nutzungen. Gemäß der online verfügbaren Informationen von FreiGIS der Stadt Freiburg liegen die hier im Stadtteil Rieselfeld betrachteten Immissionsorte innerhalb eines gültigen Bebauungsplans /9/. Aufgrund der Lage der Immissionsorte innerhalb eines Allgemeinen Wohngebiets (**WA**) ist es sachgerecht, der Beurteilung der zukünftigen Erschütterungseinwirkungen die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen.

Im weiteren Verlauf der Strecke durch den neu geplanten Stadtteil Dietenbach grenzen sowohl Gebiete mit vorwiegend Wohnnutzungen, als auch Gebiete mit gemischter Nutzung unmittelbar an die Trasse an. Für Abschnitte mit angrenzenden Gebieten mit vorwiegend Wohnnutzungen,

wie dies beispielsweise in MQ1 und MQ2 der Fall ist, ist es daher sachgerecht, der Beurteilung der zukünftigen Erschütterungseinwirkungen ebenfalls die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Für Abschnitte mit angrenzenden Gebieten mit gemischter Nutzung, wie dies im Bereich der Kurve am geplanten Marktplatz (MQ3) der Fall ist, ist es daher sachgerecht, die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 3 heranzuziehen.

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. Als Verwaltungspraxis, die durch die Rechtsprechung /4/ nicht beanstandet wurde, hat sich die Bestimmung von zulässigen Innenraumpegeln in Anlehnung an die 24. BImSchV herausgebildet.

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmimmissionen handelt. Demzufolge kann das Bundes-Immissionsschutzgesetz herangezogen werden, das sich in den **§§ 41 bis 43** mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche befasst. In **§ 43 BImSchG /1/** wird die Bundesregierung ermächtigt, erforderliche Vorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen ist. Dies ist für primäre Luftschallimmissionen mit Erlass der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV /2/**) geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall gibt es derzeit nicht.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV /3/**), die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt – auch wenn der sekundäre Luftschall streng genommen nicht den Regelungen der **24. BImSchV** unterliegt. In Anlehnung an die **24. BImSchV** ist es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der **24. BImSchV** (Korrektursummand D zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Innenpegel (Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsichtlich sekundären Luftschalls heranzuziehen.

In der Anlage zur **24. BImSchV /3/** sind die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn auf Grund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht.

$$L_{r,Nacht/Tag} = D + 3 \text{ dB.}$$

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

Ausgangspunkt der erschütterungstechnischen Untersuchung ist die Festlegung repräsentativer Untersuchungsobjekte. Im vorliegenden Fall wurden 3 exemplarische Gebäude der Bestands Bebauungen im Stadtteil Rieselfeld ausgewählt, die sich im direkten Einwirkungsbereich der künftigen Gleisanlage befinden. Sie wurden so bestimmt, dass aufgrund der geringen Abstände zur Trasse, der vorhandenen Bausubstanz und deren Lage ein größtmögliches Konfliktpotenzial zu erwarten ist. Im Falle einer Konfliktfreiheit für diese „kritischen Emissionsorte“ kann davon ausgegangen werden, dass auch an der übrigen Bebauung keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen und sekundären Luftschall auftreten werden. Die Lage der untersuchten Immissionsorte kann dem Lageplan in **Anhang 1** und den entsprechenden Adressen in **Anhang 3.1** entnommen werden. Bei dem Mehrfamiliengebäude werden 6 Räume untersucht während bei den beiden anderen Einfamilienhäusern jeweils 3 Räume untersucht werden.

Hinsichtlich des weiteren Verlaufs der Trasse in dem noch nicht vorhandenen und neu geplanten Stadtteil Dietenbach werden hingegen die besonders kritischen Bereiche der Trasse wie zum Beispiel im Kurven- oder Gleiswechselbereich, in denen ein größtmögliches Konfliktpotenzial zu

erwarten ist, explizit untersucht. Die Lage der exemplarisch untersuchten Querschnitte ist im Übersichtslageplan in **Anhang 1** zu ersehen.

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.

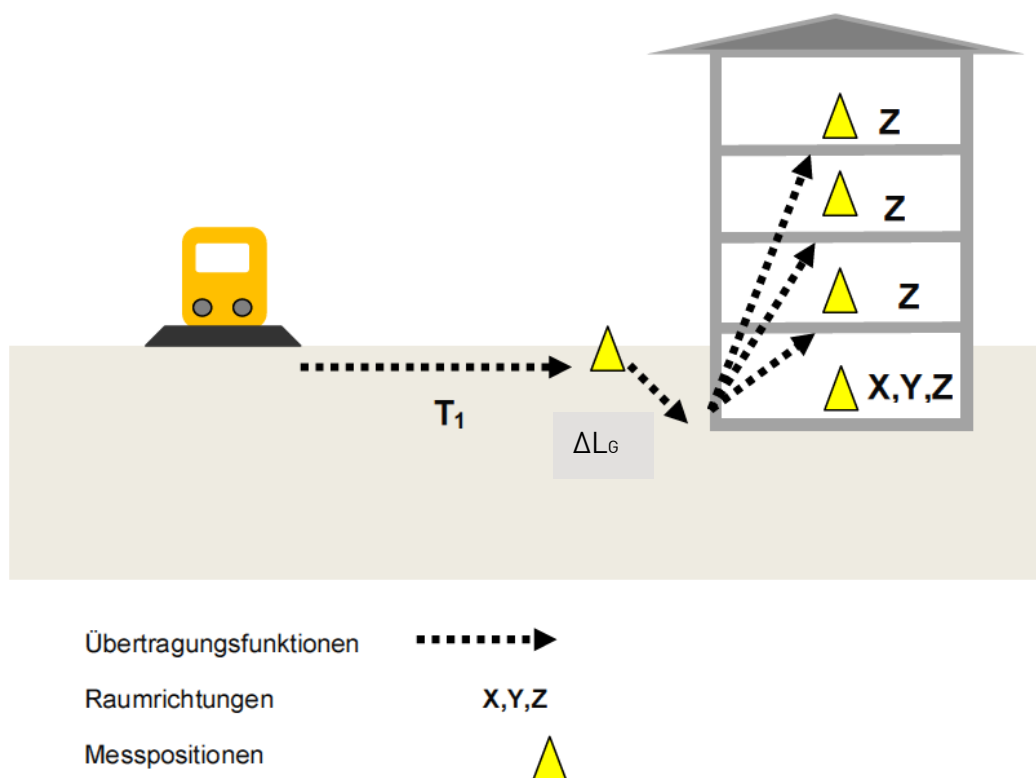


Abbildung 1: Übertragung von Erschütterungen

Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission T1) das Schwingungsverhalten, der zu untersuchenden Gebäude (Gebäudeübertragungsfunktion ΔL_G). 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.

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

5.1.1 Emissionen

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die Emission durch die in einem festgelegten Abstand zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärke 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 2.1** tabellarisch und grafisch dokumentiert. Für Bereiche mit unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten wird die Korrekturfunktion in **Anhang 2.2** berücksichtigt. Für Bereiche mit engen Kurvenradien und/oder Weichen wurde eine Korrekturfunktion zur Berücksichtigung der erhöhten Erschütterungsemissionen angewandt (**Anhang 2.3** und **Anhang 2.4**). Die für unterschiedliche Streckenabschnitte umgerechnete Emissionsspektren finden sich in **Anhang 2.5** und **Anhang 2.7**.

5.1.2 Transmissionen

Als Transferfunktion T_1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Da der Emissionspunkt von 8 m nicht gleich der Gebäudevorderkante ist, wird mit Hilfe der durch die Regressionsanalyse ermittelten Abnahmeexponente „n“ und der gemessenen Emissionen auf die Gebäudevorderkante umgerechnet.

Die für die Prognose herangezogenen Abnahmeexponente wurden dem Messbericht entnommen /10/. Hier wurde hinsichtlich der Gebäude in Rieselfeld auf die Ergebnisse der entsprechend in diesem Bereich durchgeführten Ausbreitungsmessungen zurückgegriffen. Für betrachteten Querschnitte im Stadtteil Dietenbach wurde gleichermaßen auf die vor Ort in diesem noch unbebauten Bereich durchgeführte Ausbreitungsmessung zurückgegriffen. Hinsichtlich der messtechnisch ermittelten Transferfunktionen T_1 bzw. der Abnahmeexponente wird an dieser Stelle auf die Ergebnisse des Messberichtes verwiesen.

Die Gebäudeübertragungsfunktion ΔL_G beschreibt das Übertragungsverhalten vom Erdreich vor dem Gebäude bis zur Geschosdecke und setzt sich somit aus den Übertragungsfunktionen T_2 (Übertragung auf das Fundament) und T_3 (Übertragung auf die Geschosdecke) zusammen. Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen im Hinblick auf die Störwirkung von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden sind die Schwingungseinwirkungen in der Raummitte maßgebend. Die Übertragungsfunktion kennzeichnet im Wesentlichen das Resonanzverhalten einer Decke

und weist neben starken spektralen Abhängigkeiten ausgeprägte Maxima im Bereich der Deckeneigenfrequenz auf. Sie ist in hohem Maße gebäudeabhängig und kann stark variieren. Ursächlich hierfür sind vor allem Spannweiten und Konstruktionsweise der Decken.

Hinsichtlich der Bestandsbebauung wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung auf die messtechnisch erhobenen Übertragungsfunktionen an den exemplarisch ausgewählten Gebäuden zurückgegriffen. Demgemäß sei diesbezüglich ebenfalls auf die Ergebnisse des Messbereichs verwiesen /10/.

Im Stadtteil Dietenbach sind hingegen noch keine Gebäude vorhanden, weshalb es an dieser Stelle sachgerecht ist, Übertragungsfunktionen für die durchzuführenden Prognoseberechnungen heranzuziehen, die auf statistischen Auswertungen von Messungen basieren, die im Einwirkungsbereich von Bahnstrecken durchgeführt wurden. Nach vorliegenden Informationen werden die geplanten Gebäude sowohl mit Holzbalken- als auch mit Stahlbetondecken ausgeführt. Typische Deckeneigenfrequenzen liegen für Holzbalkendecken bei 10 Hz bis 20 Hz. Vor dem Hintergrund, dass Stahlbetondecken darüber liegen können und die Emissionen der Stadtbahn bei höheren Frequenzen liegen, sind Deckenfelder in dieser Bauweise (mit Stahlbeton) maßgebend.

5.1.3 Immissionen

5.1.3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** in der Mitte von Räumen auftretenden KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Als maßgebende Beurteilungsgröße gemäß **DIN 4150-2** wird in der Vorabschätzung die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FT}** ausgewiesen und beurteilt. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Abschätzungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt.

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 /6/** zu beachten.

5.1.3.2 Sekundärer Luftschall

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall die Richtlinie 820.2050 der DB AG /7/ 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 verschiedene Deckenkonstruktionsformen (Stahlbetondecken, Holzbalkendecken) beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch schienengebundenen Personen- und Güterverkehr, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

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

$$L_{\text{sek,A}} = 19,88 + 0,47 \cdot L_{\text{v,A}} \quad [\text{dB(A)}] \text{ bei Holzbalkendecken,}$$

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 Einzelmethode bis 100 Hz beschränkt, da erfahrungsgemäß oberhalb von 80 Hz keine pegelbestimmenden Anteile im Spektrum des sekundären Luftschallpegels vorhanden sind.

5.2 Betriebsparameter

5.2.1 Fahrzeugzahlen, Gleisbelegung, Geschwindigkeiten

Die vorliegende Untersuchung wurde auf Grundlage des vorliegenden Betriebsprogramms der Stadtbahnstrecke /11/. Demgemäß werden für jedes der beiden Gleise

$$n_{\text{Tag/Nacht}} = 150 / 18$$

Fahrzeugvorbeifahrten berücksichtigt. Für die Fahrten auf geraden Strecken wird die maximale Fahrgeschwindigkeit in Höhe von

$$v_{\text{max}} = 63 \text{ km/h (Gerade)}$$

zugrunde gelegt. In Kurven wird eine Geschwindigkeit von

$$v_{\text{max}} = 25 \text{ km/h (Kurve)}$$

und in Weichenbereichen

$$v_{\text{max}} = 15 \text{ km/h (Weiche)}$$

in Ansatz gebracht.

5.2.2 Ermittlung von Einwirkzeiten

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

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

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

mit

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

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Ortsteil Rieselfeld

Lage und Bezeichnung der untersuchten Immissionsorte im Ortsteil Rieselfeld können den Lageplan in **Anhang 1** entnommen werden. Die entsprechenden Adressen finden sich in **Anhang 3.1**. Die ausgewählten Gebäude wurden so festgelegt, dass die Untersuchungsergebnisse jeweils einer oberen Abschätzung der im Einwirkungsbereich zu erwartenden Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen entsprechen.

Zur Beurteilung der Fragestellung, ob schienenverkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen bzw. sekundäre Luftschallimmissionen im Einwirkungsbereich der Straßenbahnanlage geeignet sind, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden hervorzurufen, werden 3 der Trasse nächstgelegene Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung untersucht. Die Gebäude weisen einen Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse im Bereich von

$$r = 20 \dots 29 \text{ m}$$

auf.

Die Immissionen werden für alle untersuchten Räume getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ermittelt und beurteilt.

Die Untersuchungsergebnisse sind in **Anhang 3.2** 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.

6.1.1 Erschütterungen

6.1.1.1 IP1+2 – Willy-Brandt-Allee 25

Der Immissionsort **IP1+2** befindet sich in der Nähe der im Bestand vorhandenen Wendeschleife im nahen Einwirkungsbereich des Streckenabschnittes.

Das Gebäude liegt in einem Gebiet, das als Allgemeines Wohngebiet (**WA**) festgesetzt ist. Demnach sind der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein unterer Anhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$A_{u,\text{Tag/Nacht}} = 0,150 / 0,100.$$

Die prognostizierten $KB_{F_{\max}}$ - Werte bewegen sich im Bereich von

$$KB_{F_{\max}} = 0,017 \dots 0,033.$$

Die $KB_{F_{\max}}$ - Werte unterschreiten die unteren Anhaltswerte der **DIN 4150-2** für Gebiete mit vorwiegend Wohnen. Die Schwingstärken liegen unter der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ somit nicht mehr erforderlich, gleichwohl wurde dieser weitere Schritt der Beurteilung im vorliegenden Fall dennoch durchgeführt.

Für den Immissionsort ergeben sich maximale Beurteilungsschwingstärken im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{F_{Tr,\text{Tag/Nacht}}} = 0,000 / 0,000$$

Für Wohngebiete gelten gemäß **DIN 4150-2** die folgenden Beurteilungsanhaltswerte im Tag- bzw. Nachtzeitraum:

$$A_{r,\text{Tag/Nacht}} = 0,070 / 0,050.$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** für dieses Gebäude eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher ausgeschlossen werden.

6.1.1.2 IP3 – Neuntöter Weg 37

Der Immissionsort **IP3** befindet sich angrenzend an die geplante Streckenerweiterung im nahen Einwirkungsbereich des Streckenabschnittes.

Das Gebäude liegt in einem Gebiet, das als Allgemeines Wohngebiet (**WA**) festgesetzt ist. Demnach sind der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein unterer Anhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$A_{u, \text{Tag/Nacht}} = 0,150 / 0,100.$$

Die prognostizierten KB_{Fmax} - Werte bewegen sich im Bereich von

$$KB_{Fmax} = 0,042 \dots 0,101.$$

Für einen messtechnisch untersuchten Raum überschreitet der für den Nachtzeitraum ermittelte KB_{Fmax} - Wert den entsprechenden Anhaltswert. Ansonsten unterschreiten die KB_{Fmax} - Werte die unteren Anhaltswerte der **DIN 4150-2** für Gebiete mit vorwiegend Wohnen. Die Schwingstärken liegen unter der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nur für den Raum mit der festgestellten Überschreitung erforderlich. Für die restlichen Räume werden die Beurteilungsschwingstärken rein informativ dargestellt.

Für den Immissionsort ergeben sich maximale Beurteilungsschwingstärken im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr, \text{Tag/Nacht}} = 0,028 / 0,014$$

Für Wohngebiete gelten gemäß **DIN 4150-2** die folgenden Beurteilungsanhaltswerte im Tag- bzw. Nachtzeitraum:

$$A_{r, \text{Tag/Nacht}} = 0,070 / 0,050.$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** für dieses Gebäude eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher ausgeschlossen werden.

6.1.1.3 IP4 – Schwarzkehlchenweg 15

Der Immissionsort **IP4** befindet sich angrenzend an die geplante Streckenerweiterung im nahen Einwirkungsbereich des Streckenabschnittes.

Das Gebäude liegt in einem Gebiet, das als Allgemeines Wohngebiet (**WA**) festgesetzt ist. Demnach sind der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein unterer Anhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$A_{u, \text{Tag/Nacht}} = 0,150 / 0,100.$$

Die prognostizierten $KB_{F_{\max}}$ - Werte bewegen sich im Bereich von

$$KB_{F_{\max}} = 0,025 \dots 0,072.$$

Die $KB_{F_{\max}}$ - Werte unterschreiten die unteren Anhaltswerte der **DIN 4150-2** für Gebiete mit vorwiegend Wohnen. Die Schwingstärken liegen unter der Föhlschwelle des menschlichen Empfindens. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ somit nicht mehr erforderlich, gleichwohl wurde dieser weitere Schritt der Beurteilung im vorliegenden Fall dennoch durchgeführt.

Für den Immissionsort ergeben sich maximale Beurteilungsschwingstärken im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{F_{Tr, \text{Tag/Nacht}}} = 0,000 / 0,000$$

Für Wohngebiete gelten gemäß **DIN 4150-2** die folgenden Beurteilungsanhaltswerte im Tag- bzw. Nachtzeitraum:

$$A_{r, \text{Tag/Nacht}} = 0,070 / 0,050.$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** für alle exemplarisch untersuchten Gebäude eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher an den Bestandsgebäuden im Ortsteil Rieselfeld ausgeschlossen werden.

6.1.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten von **Anhang 3.1** dargestellt. Für die untersuchten exemplarischen Gebäude ergeben sich maximale Beurteilungspegel tags bzw. nachts von

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 18,1 / 11,9 \text{ dB(A)}.$$

Für den Tagzeitraum wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume, für den Nachtzeitraum der für Schlafräume von

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

angewandt.

Dementsprechend werden ebenfalls die Anforderungen an den sekundären Luftschall eingehalten. Erhebliche Belästigungen durch sekundären Luftschall können somit für die Bestandsbauungen im Ortsteil Rieselfeld ebenfalls ausgeschlossen werden.

6.2 Ortsteil Dietenbach

Lage und Bezeichnung der untersuchten Querschnitte (**MQ1-MQ3**) im neuen Ortsteil Dietenbach können dem Lageplan in **Anhang 1** entnommen werden. Die ausgewählten Querschnitte wurden so festgelegt, dass die Untersuchungsergebnisse jeweils einer oberen Abschätzung der im Einwirkungsbereich zu erwartenden Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen entsprechen.

Zur Beurteilung der Fragestellung, ob schienenverkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen bzw. sekundäre Luftschallimmissionen im Einwirkungsbereich der Straßenbahnanlage geeignet sind, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden hervorzurufen, werden 3 exemplarische Querschnitte mit angrenzenden schutzwürdigen Nutzungen untersucht. Die geplanten Gebäude weisen Abstände zur nächstgelegenen Gleisachse im Bereich von

$$r = 8,5 \dots 14,0 \text{ m}$$

auf.

Die Immissionen werden getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ermittelt und beurteilt.

Die Untersuchungsergebnisse sind in **Anhang 4** dokumentiert. **Gelb** oder **grün** hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt.

6.2.1 Erschütterungen

6.2.1.1 MQ1 – Gerader Streckenabschnitt

Der Querschnitt **MQ1** befindet sich im Bereich der „Einfahrt“ in den neuen Stadtteil Dietenbach. Hier beträgt die Entfernung zur nächstgelegenen schutzbedürftigen Wohnnutzung

$$r = 14,0 \text{ m.}$$

Für die hier geplanten Wohngebäude erscheint es aufgrund der geplanten Nutzung sachgerecht, der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein Beurteilungsanhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

Die prognostizierten KB_{FT_r} - Werte bewegen sich gemäß **Anhang 4.1** bei dem genannten Abstand der Bebauung für den Tag- bzw. Nachtzeitraum im Bereich von bis zu

$$KB_{FT_r} = 0,033 / 0,016.$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** in diesem Querschnitt eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher an geraden Streckenabschnitten ausgeschlossen werden.

6.2.1.2 MQ2 – Weichenbereiche

Der Querschnitt **MQ2** befindet sich im Bereich unmittelbar vor der Endhaltestelle im neuen Stadtteil Dietenbach. Nach der Endhaltestelle ist eine Weichenverbindung in beide Richtungen vorhanden. Hier beträgt die Entfernung zur nächstgelegenen schutzbedürftigen Wohnnutzung

$$r = 18,5 \text{ m.}$$

Vor der Endhaltestelle ist hingegen der Gleiswechsel von der Achse 2 auf die Achse 3 möglich. Hier beträgt die Entfernung zur nächstgelegenen schutzbedürftigen Wohnnutzung

$$r = 14,0 \text{ m.}$$

Für die hier geplanten Wohngebäude erscheint es aufgrund der geplanten Nutzung sachgerecht, der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 4 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein Beurteilungsanhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

Die prognostizierten KB_{FT_r} - Werte bewegen sich gemäß **Anhang 4.2** bei dem genannten Abstand der Bebauung für den Tag- bzw. Nachtzeitraum im Bereich von bis zu

$$KB_{FT_r} = 0,107 / 0,052 \text{ (} r = 14,0 \text{ m)}$$

$$KB_{FT_r} < 0,078 / 0,038 \text{ (} r = 18,5 \text{ m)}$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** in diesem Querschnitt nicht eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher in diesem Querschnitt nicht ausgeschlossen werden. Demgemäß sind hier geeignete Schutzmaßnahmen erforderlich.

6.2.1.3 MQ3 – Kurvenbereich

Der Querschnitt **MQ3** befindet sich im Bereich des Ortsteilzentrums am Marktplatz im neuen Stadtteil Dietenbach. Hier beträgt die Entfernung zur nächstgelegenen schutzbedürftigen Wohnnutzung

$$r = 8,5 \text{ m.}$$

Für die hier geplanten Gebäude erscheint es aufgrund der geplanten Nutzung sachgerecht, der Beurteilung die Anhaltswerte nach **Tabelle 1**, Zeile 3 zu Grunde zu legen. Somit gilt ein Beurteilungsanhaltswert für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

Die prognostizierten KB_{FT_r} - Werte bewegen sich gemäß **Anhang 4.3** bei dem genannten Abstand der Bebauung für den Tag- bzw. Nachtzeitraum im Bereich von bis zu

$$KB_{FT_r} < 0,253 / 0,124.$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** in diesem Querschnitt nicht eingehalten. Erhebliche Belästigungen infolge der zukünftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen können daher in diesem Querschnitt nicht ausgeschlossen werden. Demgemäß sind hier geeignete Schutzmaßnahmen erforderlich.

6.2.2 Sekundärer Luftschall

6.2.2.1 MQ1 – Gerader Streckenabschnitt

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen für Querschnitt **MQ1** sind in **Anhang 4.1** dargestellt. Für den exemplarisch untersuchten Querschnitt ergeben sich an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen maximale Beurteilungspegel tags bzw. nachts von

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 25,1 / 18,9 \text{ dB(A)}.$$

Für den Tagzeitraum wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume, für den Nachtzeitraum der für Schlafräume von

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

angewandt.

Dementsprechend werden hier die Anforderungen an den sekundären Luftschall eingehalten. Erhebliche Belästigungen durch sekundären Luftschall können somit im Bereich gerader Streckenabschnitte ausgeschlossen werden.

6.2.2.2 MQ2 – Weichenbereich

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen für Querschnitt **MQ2** sind in **Anhang 4.2** dargestellt. Für den exemplarisch untersuchten Querschnitt ergeben sich an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen maximale Beurteilungspegel tags bzw. nachts von

$$L_{r,Tag/Nacht} = 36,5 / 30,3 \text{ dB(A)}.$$

Für den Tagzeitraum wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume, für den Nachtzeitraum der für Schlafräume von

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

angewandt.

Dementsprechend werden die Anforderungen an den sekundären Luftschall während des Tagzeitraums eingehalten. Hingegen werden die Anforderungen während des Nachtzeitraums **nicht eingehalten**. Erhebliche Belästigungen durch sekundären Luftschall können somit in Kurvenbereichen nicht ausgeschlossen werden. Es werden geeignete Schutzmaßnahmen erforderlich.

6.2.2.3 MQ3 – Kurvenbereich

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen für Querschnitt **MQ2** sind in **Anhang 4.2** dargestellt. Für den exemplarisch untersuchten Querschnitt ergeben sich an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen maximale Beurteilungspegel tags bzw. nachts von

$$L_{r,Tag/Nacht} < 38,8 / 32,6 \text{ dB(A)}.$$

Für den Tagzeitraum wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume, für den Nachtzeitraum der für Schlafräume von

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

angewandt.

Dementsprechend werden die Anforderungen an den sekundären Luftschall während des Tagzeitraums eingehalten. Hingegen werden die Anforderungen während des Nachtzeitraums **nicht**

eingehalten. Erhebliche Belästigungen durch sekundären Luftschall können somit in Kurvenbereichen nicht ausgeschlossen werden. Es werden geeignete Schutzmaßnahmen erforderlich.

7 Maßnahmen zur Konfliktbewältigung

Wie im vorherigen Kapitel gezeigt wurde, werden die Beurteilungsanhaltswerte der **DIN 4150-2** in zwei der exemplarisch untersuchten Querschnitte nicht eingehalten, weshalb erhebliche Belästigungen infolge von Erschütterungen sowie zu Teilen von sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können. Für diese Bereiche sind daher geeignete Schutzmaßnahmen zur Konfliktbewältigung vorzusehen, die die Einhaltung der geschuldeten Anforderungen an Erschütterungen und sekundären Luftschall gewährleisten.

Für die Reduzierung der Erschütterungseinwirkungen ist daher zu empfehlen, die Gleistragplatten in diesen beiden Bereichen (**MQ2** und **MQ3**) elastisch zu lagern. Die Abfederung der Gleistragplatte erfolgt dabei über ein elastisches Flächenlager. Die 1. Biegeeigenfrequenz der Gleistragplatte unter Betriebslast sollte dabei höchstens

$$f_0 = 25 \pm 2 \text{ Hz}$$

betragen. Die typische Einfügedämmung eines solchen Systems ist in **Anhang 5** dargestellt.

Die Immissionen unter Berücksichtigung der oberbautechnischen Maßnahme in den beiden konfliktbehafteten Untersuchungsquerschnitten **MQ2** (Weichenbereich) und **MQ3** (Kurvenbereich) sind in **Anhang 6** ausgewiesen.

Unter Berücksichtigung der erschütterungsmindernden Maßnahme ergeben sich hier im Weichenbereich (**MQ2**) an den nächstgelegenen Plangebäuden mit schutzbedürftiger Nutzung maximale Beurteilungsschwingstärken im Tag- und im Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTF} = 0,061 / 0,030.$$

Die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

werden somit unter Berücksichtigung der Maßnahme eingehalten.

Unter Berücksichtigung der erschütterungsmindernden Maßnahme ergeben sich hier im Kurvenbereich (**MQ3**) an den nächstgelegenen Plangebäuden mit schutzbedürftiger Nutzung maximale Beurteilungsschwingstärken im Tag- und im Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTF} < 0,098 / 0,048$$

Die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

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

werden somit unter Berücksichtigung der Maßnahme eingehalten.

Ebenfalls werden durch die Maßnahme nunmehr während des Nachtzeitraums an dem nächstgelegenen Plangebäude mit schutzbedürftiger Nutzung im Kurvenbereich Beurteilungspegel infolge von sekundärem Luftschall in Höhe von unter

$$L_{r,Nacht} < 23,3 \text{ dB(A)}$$

erreicht. Demgemäß wird der während des Nachtzeitraums gültige Immissionsrichtwert für Schlafräume von

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

nunmehr ebenfalls eingehalten.

Dementsprechend werden unter Berücksichtigung der beschriebenen Maßnahmen die Anforderungen an Erschütterungen und sekundären Luftschall sowohl während des Tagzeitraums als auch während des Nachtzeitraums eingehalten. Erhebliche Belästigungen durch sekundären Luftschall können somit in allen Bereichen der neu geplanten Stadtbahnstrecke ausgeschlossen werden.

Der Bereich der Stadtbahnstrecke, der elastisch zu lagern ist, ist in **Anhang 7** durch eine blaue Fläche gekennzeichnet. Die elastische Lagerung sollte dabei sowohl im gezeigten Kurvenbereich als auch im dargestellten Weichenbereich der neuen Stadtbahnstrecke eingesetzt werden.

8 Abschließende Bemerkungen

Die erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass infolge der zukünftig durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall **keine** „erheblichen Belästigungen“ von Menschen in Gebäuden zu erwarten sind, soweit die empfohlenen Maßnahmen zum Immissionsschutz umgesetzt werden.

AUFGESTELLT:



Dipl.-Ing. Mario Graefen

GEPRÜFT UND FREIGEgeben:



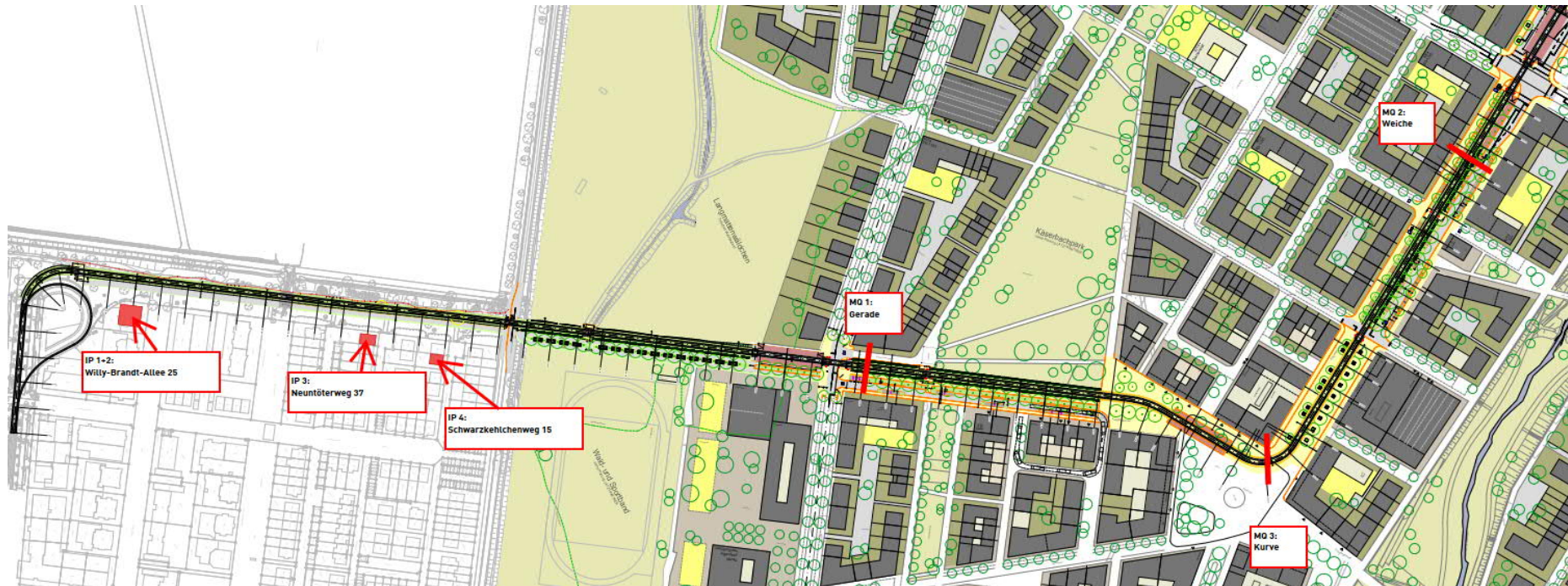
Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ENDE DES BERICHTS

ANHÄNGE

Erschütterungs-Prognose

Lageplan



Quelle Grundplan: Stadtbahn Erschließung Dietenbach, Stadt Freiburg im Breisgau

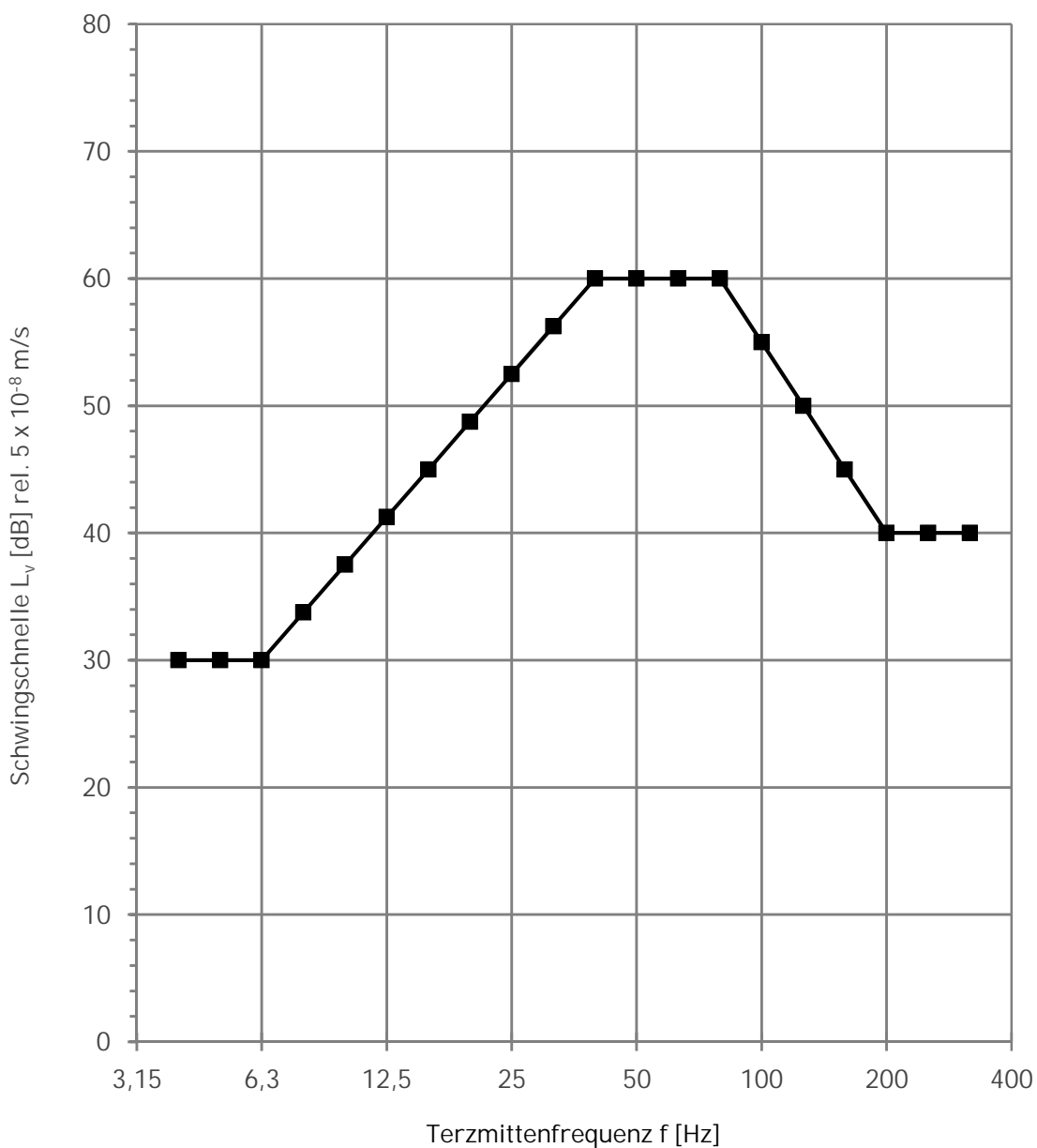
Emissionsspektrum Stadtbahnfahrzeug

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

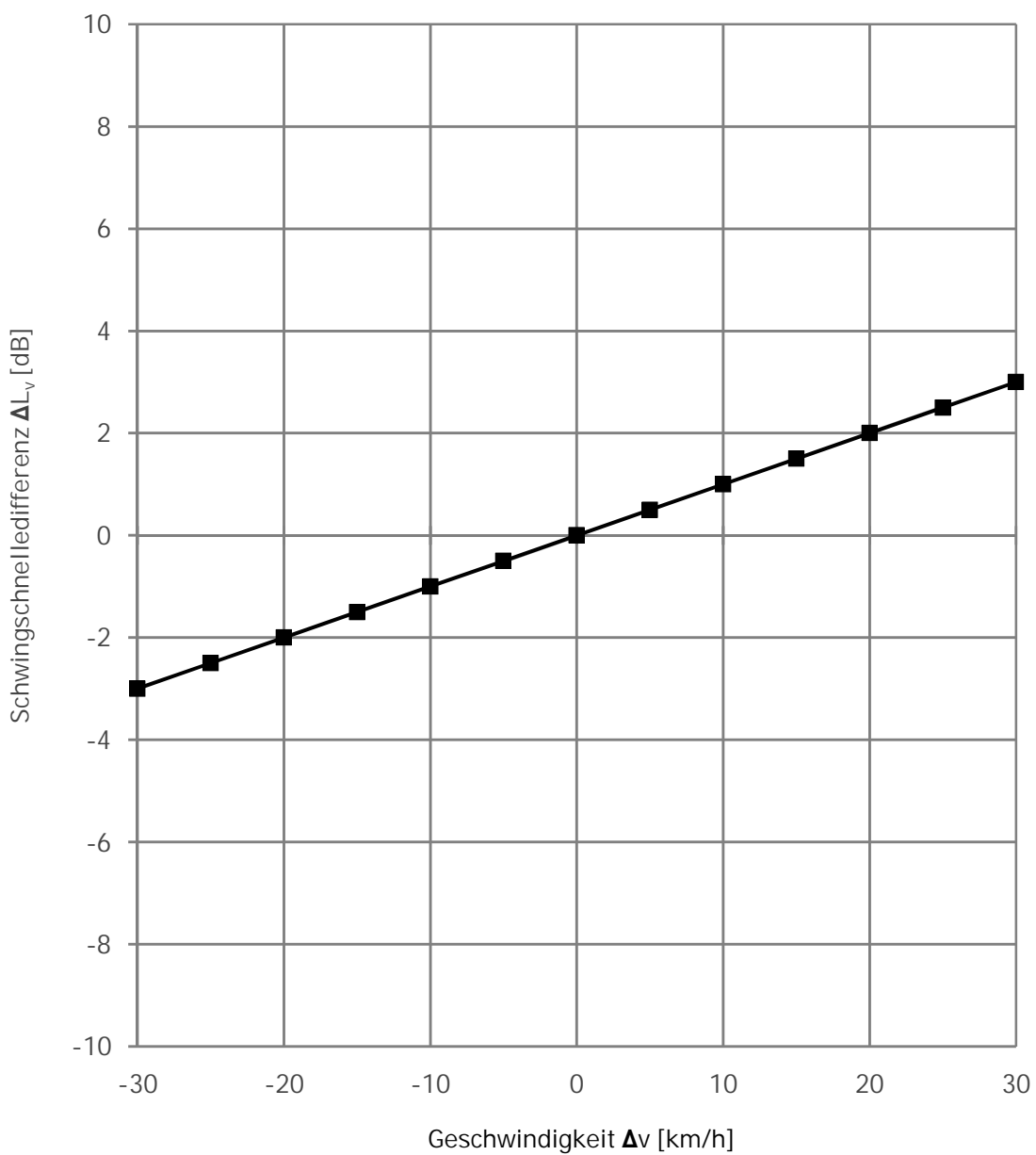
Korrekturfunktion Geschwindigkeit

Quelle: empirisch

Bezugsspektrum A: Ausgang

Bezugsspektrum B: Prognose

Schwingrichtung: vertikal (z)



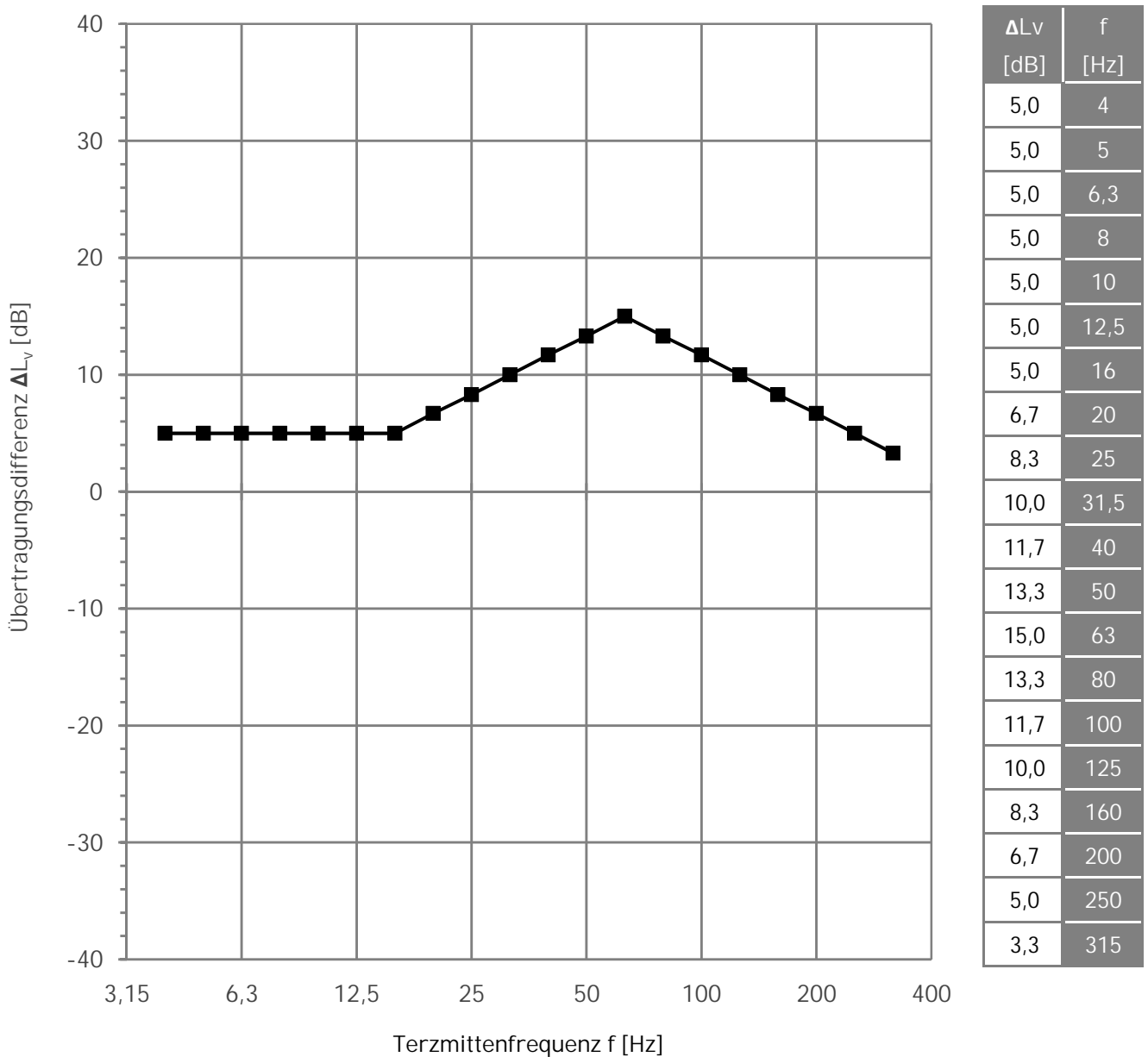
ΔL_v [dB]	Δv [km/h]
-3,0	-30
-2,5	-25
-2,0	-20
-1,5	-15
-1,0	-10
-0,5	-5
0,0	0
0,5	5
1,0	10
1,5	15
2,0	20
2,5	25
3,0	30

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)

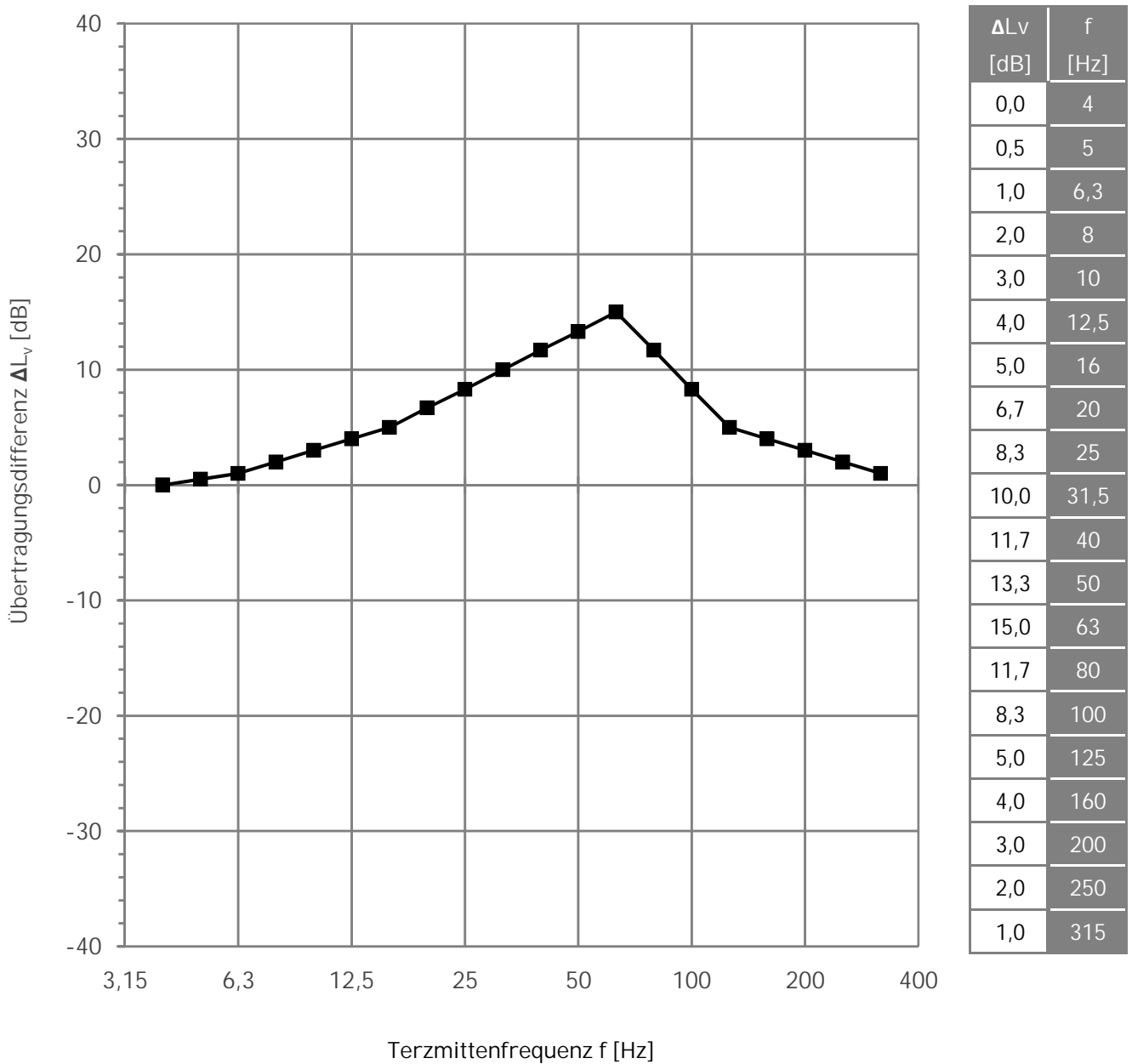


Korrekturfunktion

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 - $v_{max} = 63 \text{ km/h}$

Prognose-Nullfall /-Planfall

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	63 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}		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
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	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P		31,3	31,3	31,3	35,1	38,8	42,6	46,3	50,1	53,8	57,6	61,3	61,3	61,3	61,3	56,3	51,3	46,3	41,3	41,3	41,3	41,3	68,5

Emissionsspektrum

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

Prognose-Nullfall /-Planfall

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	15 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}		-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}																							
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	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P		31,5	31,5	31,5	35,3	39,0	42,8	46,5	52,0	57,3	62,8	68,2	69,8	71,5	69,8	63,2	56,5	49,8	43,2	41,5	39,8	76,5

Emissionsspektrum

Kurve - $v_{max} = 25 \text{ km/h}$

Prognose-Nullfall / -Planfall

			Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn	Stadtbahn
K2		Geschwindigkeit	50 km/h	25 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}		-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	
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	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P		27,5	28,0	28,5	33,3	38,0	42,8	47,5	53,0	58,3	63,8	69,2	70,8	72,5	69,2	60,8	52,5	46,5	40,5	39,5	38,5	38,5	77,1

Erschütterungsprognose

Angaben zum Immissionspunkt

	1	2	3	4	5	6	-								
Nutzung	Schlafraum	Wohnraum	Behandlungsraum u.a.	Büroraum	Schalterraum	Sonstige Räume	Raum nicht vorhanden								
IP	I	Straße	H.-Nr.	PLZ	ORT	Raum	Geschoss	Nutzung	Decke	Abstand vom Gleis zum IP					
										G1	G2	G3	G4	G5	G6
1	1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	1	EG	Schlafraum	SBD	20	23	-	-	-	-
1	1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	2	1.OG	Schlafraum	SBD	20	23	-	-	-	-
1	2	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	3	1.OG	Wohnraum	SBD	20	23	-	-	-	-
2	2	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	1	3.OG	Wohnraum	SBD	20	23	-	-	-	-
2	4	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	2	4.OG	Büroraum	SBD	20	23	-	-	-	-
2	1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	3	4.OG	Schlafraum	SBD	20	23	-	-	-	-
3	2	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	1	EG	Wohnraum	SBD	20	23	-	-	-	-
3	4	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	2	1.OG	Büroraum	SBD	20	23	-	-	-	-
3	1	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	3	2.OG	Schlafraum	SBD	20	23	-	-	-	-
4	2	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	1	EG	Wohnraum	SBD	29	32	-	-	-	-
4	1	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	2	1.OG	Schlafraum	HBD	29	32	-	-	-	-
4	1	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	3	2.OG	Schlafraum	HBD	29	32	-	-	-	-

Erschütterungsprognose

Beurteilung der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall

IP	Straße	H.-Nr.	PLZ	Ort	Nutzung	GN	R _{min} [m]	Raum Nr.	eingehalten		Prüfung durch A _r		nicht eingehalten		L _r	
									KB _{Fmax}		KB _{FTR}		Auslastung			
									Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	20	1	0,033	0,033	0,000	0,000	0%	0%	15,3	9,1
1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	20	2	0,026	0,026	0,000	0,000	0%	0%	10,8	4,6
1	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Wohnraum	WA	20	3	0,017	0,017	0,000	0,000	0%	0%	9,7	3,5
2	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Wohnraum	WA	20	1	0,016	0,016	0,000	0,000	0%	0%	9,7	3,5
2	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Büroraum	WA	20	2	0,014	0,014	0,000	0,000	0%	0%	9,4	3,2
2	Willy-Brandt-Allee	25	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	20	3	0,016	0,016	0,000	0,000	0%	0%	9,5	3,3
3	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	Wohnraum	WA	20	1	0,042	0,042	0,000	0,000	0%	0%	15,3	9,1
3	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	Büroraum	WA	20	2	0,059	0,059	0,000	0,000	0%	0%	18,0	11,8
3	Neuntöter Weg	37	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	20	3	0,101	0,101	0,028	0,014	40%	28%	18,1	11,9
4	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	Wohnraum	WA	29	1	0,025	0,025	0,000	0,000	0%	0%	11,7	5,5
4	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	29	2	0,072	0,072	0,000	0,000	0%	0%	15,3	9,1
4	Schwarzkehlchenweg	15	79111	Freiburg	Schlafraum	WA	29	3	0,047	0,047	0,000	0,000	0%	0%	13,6	7,4

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

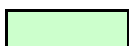
Strecke: Gerade
 Ort: MQ1
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

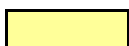
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	0,0	0,0	2,9	3,3	4,8	5,8	7,2	7,7	7,8	7,5
9	0,0	0,0	0,0	2,9	3,4	5,2	6,4	6,7	6,7	6,2
10	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	4,8	5,8	5,9	5,8	5,3
11	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,4	5,3	5,3	5,1	3,8
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	4,9	4,8	3,7	3,3
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,5	3,4	3,3	2,9
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,1	2,9	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,9	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

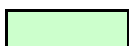
Strecke: Gerade
 Ort: MQ1
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

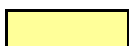
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	0,0	0,0	1,4	1,6	2,3	2,9	3,5	3,8	3,8	3,7
9	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,6	3,2	3,3	3,3	3,1
10	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,3	2,8	2,9	2,8	2,6
11	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,6	2,6	2,5	1,9
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	2,3	1,8	1,6
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,2	1,7	1,6	1,4
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,5	1,4	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

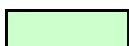
Strecke: Gerade
 Ort: MQ1
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	23,3	23,5	23,7	23,9	24,5	25,3	26,3	27,5	28,8	30,0
9	22,3	22,5	22,6	22,9	23,5	24,3	25,4	26,6	27,9	29,0
10	21,4	21,6	21,8	22,1	22,7	23,5	24,6	25,8	27,0	28,1
11	20,6	20,8	21,0	21,3	21,9	22,8	23,9	25,0	26,3	27,2
12	19,8	20,0	20,2	20,6	21,2	22,1	23,3	24,4	25,6	26,5
13	19,2	19,4	19,6	20,0	20,6	21,5	22,7	23,8	24,9	25,8
14	18,6	18,7	19,0	19,4	20,0	21,0	22,2	23,2	24,4	25,1
15	18,0	18,2	18,4	18,8	19,5	20,5	21,7	22,7	23,8	24,5
16	17,5	17,7	17,9	18,3	19,0	20,0	21,3	22,2	23,3	24,0
17	17,0	17,2	17,4	17,9	18,6	19,6	20,9	21,8	22,8	23,4
18	16,5	16,7	17,0	17,4	18,1	19,2	20,5	21,4	22,4	22,9
19	16,1	16,3	16,6	17,0	17,7	18,8	20,1	21,0	21,9	22,4
20	15,7	15,9	16,2	16,6	17,4	18,4	19,8	20,6	21,5	22,0
21	15,3	15,5	15,8	16,3	17,0	18,1	19,5	20,3	21,2	21,6
22	14,9	15,1	15,4	16,0	16,7	17,8	19,2	19,9	20,8	21,2
23	14,6	14,8	15,1	15,6	16,4	17,5	18,9	19,6	20,4	20,8
24	14,3	14,5	14,8	15,3	16,1	17,2	18,6	19,3	20,1	20,4
25	13,9	14,2	14,5	15,0	15,8	17,0	18,3	19,0	19,8	20,1
26	13,6	13,9	14,2	14,8	15,6	16,7	18,1	18,8	19,5	19,7
27	13,4	13,6	13,9	14,5	15,3	16,5	17,9	18,5	19,2	19,4
28	13,1	13,3	13,7	14,3	15,1	16,2	17,6	18,2	18,9	19,1
29	12,8	13,1	13,4	14,0	14,9	16,0	17,4	18,0	18,6	18,8
30	12,6	12,8	13,2	13,8	14,6	15,8	17,2	17,8	18,4	18,5
31	12,3	12,6	13,0	13,6	14,4	15,6	17,0	17,5	18,1	18,2
32	12,1	12,4	12,7	13,4	14,2	15,4	16,8	17,3	17,9	17,9

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

Strecke: Gerade

Gebietsnutzung: Wohngebiet

Ort: MQ1

Abstand der Bebauung ab: 14,0 m

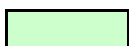
Freiburg

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel L_{ri} [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	17,1	17,3	17,5	17,7	18,3	19,1	20,1	21,3	22,6	23,8
9	16,1	16,3	16,4	16,7	17,3	18,1	19,2	20,4	21,7	22,8
10	15,2	15,4	15,6	15,9	16,5	17,3	18,4	19,6	20,8	21,9
11	14,4	14,6	14,8	15,1	15,7	16,6	17,7	18,8	20,1	21,0
12	14,2	14,3	14,5	14,9	15,5	16,4	17,5	18,6	19,9	20,8
13	13,0	13,2	13,4	13,8	14,4	15,3	16,5	17,6	18,7	19,6
14	12,4	12,5	12,8	13,2	13,8	14,8	16,0	17,0	18,2	18,9
15	11,8	12,0	12,2	12,6	13,3	14,3	15,5	16,5	17,6	18,3
16	11,3	11,5	11,7	12,1	12,8	13,8	15,1	16,1	17,1	17,8
17	10,8	11,0	11,2	11,7	12,4	13,4	14,7	15,6	16,6	17,2
18	10,3	10,5	10,8	11,2	11,9	13,0	14,3	15,2	16,2	16,7
19	9,9	10,1	10,4	10,8	11,5	12,6	13,9	14,8	15,7	16,3
20	9,5	9,7	10,0	10,5	11,2	12,2	13,6	14,4	15,3	15,8
21	9,1	9,3	9,6	10,1	10,8	11,9	13,3	14,1	15,0	15,4
22	8,7	9,0	9,2	9,8	10,5	11,6	13,0	13,7	14,6	15,0
23	8,4	8,6	8,9	9,4	10,2	11,3	12,7	13,4	14,2	14,6
24	8,1	8,3	8,6	9,1	9,9	11,0	12,4	13,1	13,9	14,2
25	7,7	8,0	8,3	8,8	9,6	10,8	12,1	12,8	13,6	13,9
26	7,4	7,7	8,0	8,6	9,4	10,5	11,9	12,6	13,3	13,5
27	7,2	7,4	7,7	8,3	9,1	10,3	11,7	12,3	13,0	13,2
28	6,9	7,1	7,5	8,1	8,9	10,0	11,4	12,0	12,7	12,9
29	6,6	6,9	7,2	7,8	8,7	9,8	11,2	11,8	12,4	12,6
30	6,4	6,6	7,0	7,6	8,4	9,6	11,0	11,6	12,2	12,3
31	6,1	6,4	6,8	7,4	8,2	9,4	10,8	11,3	11,9	12,0
32	5,9	6,2	6,5	7,2	8,0	9,2	10,6	11,1	11,7	11,7

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

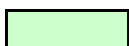
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

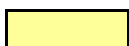
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	7,2	7,6	8,2	9,3	11,0	13,6	17,7	20,9	23,2	20,7
9	6,2	6,6	7,2	8,2	9,6	12,0	15,6	18,0	19,7	17,2
10	5,5	5,8	6,4	7,3	8,6	10,8	13,9	15,8	17,0	14,7
11	4,9	5,2	5,7	6,6	7,8	9,8	12,6	14,1	14,9	12,7
12	3,5	4,7	5,2	6,0	7,2	9,0	11,5	12,7	13,2	11,1
13	3,2	3,4	4,8	5,5	6,6	8,3	10,6	11,5	11,9	9,8
14	2,9	3,1	3,4	5,2	6,2	7,7	9,8	10,5	10,7	8,8
15	0,0	2,9	3,2	4,8	5,8	7,2	9,2	9,6	9,7	7,9
16	0,0	0,0	3,0	4,5	5,5	6,8	8,6	8,9	8,9	7,2
17	0,0	0,0	0,0	3,3	5,2	6,4	8,1	8,3	8,2	6,5
18	0,0	0,0	0,0	3,1	4,9	6,1	7,7	7,8	7,6	6,0
19	0,0	0,0	0,0	2,9	4,7	5,8	7,3	7,3	7,1	5,5
20	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,6	6,9	6,8	6,6	5,1
21	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	5,3	6,6	6,5	6,2	4,8
22	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	5,1	6,3	6,1	5,8	4,5
23	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,9	6,0	5,8	5,4	3,2
24	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,7	5,8	5,5	5,1	3,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	5,6	5,3	4,9	2,8
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	5,4	5,0	4,6	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	5,2	4,8	4,4	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,0	4,6	3,2	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,8	4,4	3,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,7	4,3	2,9	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	4,6	3,1	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	2,9	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

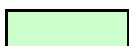
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

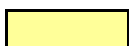
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	3,5	3,7	4,0	4,6	5,4	6,7	8,7	10,2	11,4	10,1
9	3,1	3,2	3,5	4,0	4,7	5,9	7,6	8,8	9,7	8,4
10	2,7	2,8	3,1	3,6	4,2	5,3	6,8	7,8	8,3	7,2
11	2,4	2,5	2,8	3,2	3,8	4,8	6,2	6,9	7,3	6,2
12	1,7	2,3	2,5	2,9	3,5	4,4	5,6	6,2	6,5	5,4
13	1,6	1,7	2,3	2,7	3,2	4,1	5,2	5,6	5,8	4,8
14	1,4	1,5	1,7	2,5	3,0	3,8	4,8	5,1	5,2	4,3
15	0,0	1,4	1,6	2,4	2,8	3,5	4,5	4,7	4,8	3,9
16	0,0	0,0	1,5	2,2	2,7	3,3	4,2	4,4	4,4	3,5
17	0,0	0,0	0,0	1,6	2,5	3,2	4,0	4,1	4,0	3,2
18	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	3,0	3,8	3,8	3,7	2,9
19	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,9	3,6	3,6	3,5	2,7
20	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	3,4	3,4	3,2	2,5
21	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	3,2	3,2	3,0	2,3
22	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	3,1	3,0	2,8	2,2
23	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	3,0	2,8	2,7	1,6
24	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,8	2,7	2,5	1,5
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	2,6	2,4	1,4
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,6	2,5	2,3	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,5	2,4	2,2	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,5	2,3	1,5	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	2,2	1,5	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,1	1,4	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,2	1,5	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,4	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

Strecke: Weiche

Gebietsnutzung: Wohngebiet

Ort: MQ2

Abstand der Bebauung ab: 14,0 m

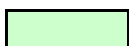
Freiburg

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel L_{ri} [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	34,5	34,7	34,9	35,2	35,8	36,6	37,6	38,9	40,5	41,3
9	33,6	33,7	33,9	34,2	34,8	35,6	36,7	38,0	39,6	40,3
10	32,7	32,8	33,0	33,4	34,0	34,8	35,9	37,3	38,8	39,4
11	31,9	32,1	32,2	32,6	33,2	34,1	35,2	36,5	38,0	38,6
12	31,2	31,3	31,5	31,9	32,5	33,4	34,5	35,9	37,4	37,8
13	30,5	30,7	30,9	31,3	31,9	32,8	34,0	35,3	36,7	37,1
14	29,9	30,1	30,3	30,7	31,4	32,2	33,4	34,8	36,2	36,5
15	29,4	29,5	29,8	30,2	30,8	31,7	32,9	34,3	35,6	35,9
16	28,9	29,0	29,2	29,7	30,3	31,2	32,5	33,8	35,1	35,3
17	28,4	28,5	28,8	29,2	29,9	30,8	32,0	33,3	34,7	34,8
18	27,9	28,1	28,3	28,8	29,4	30,4	31,6	32,9	34,2	34,3
19	27,5	27,7	27,9	28,4	29,0	30,0	31,3	32,5	33,8	33,9
20	27,1	27,2	27,5	28,0	28,7	29,6	30,9	32,2	33,4	33,4
21	26,7	26,9	27,1	27,6	28,3	29,3	30,6	31,8	33,0	33,0
22	26,3	26,5	26,8	27,3	28,0	28,9	30,3	31,5	32,7	32,6
23	26,0	26,2	26,4	26,9	27,6	28,6	30,0	31,2	32,3	32,2
24	25,7	25,8	26,1	26,6	27,3	28,3	29,7	30,8	32,0	31,9
25	25,3	25,5	25,8	26,3	27,0	28,1	29,4	30,6	31,7	31,5
26	25,0	25,2	25,5	26,0	26,7	27,8	29,2	30,3	31,4	31,2
27	24,7	24,9	25,2	25,7	26,5	27,5	28,9	30,0	31,1	30,8
28	24,5	24,7	25,0	25,5	26,2	27,3	28,7	29,7	30,8	30,5
29	24,2	24,4	24,7	25,2	26,0	27,1	28,5	29,5	30,5	30,2
30	23,9	24,1	24,4	25,0	25,7	26,8	28,2	29,3	30,3	29,9
31	23,7	23,9	24,2	24,7	25,5	26,6	28,0	29,0	30,0	29,7
32	23,5	23,7	24,0	24,5	25,3	26,4	27,8	28,8	29,8	29,4

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

Strecke: Weiche

Gebietsnutzung: Wohngebiet

Ort: MQ2

Abstand der Bebauung ab: 14,0 m

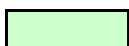
Freiburg

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	28,4	28,5	28,7	29,0	29,6	30,4	31,4	32,7	34,3	35,1
9	27,4	27,5	27,7	28,0	28,6	29,4	30,5	31,8	33,4	34,1
10	26,5	26,6	26,8	27,2	27,8	28,6	29,7	31,1	32,6	33,2
11	25,7	25,9	26,0	26,4	27,0	27,9	29,0	30,3	31,8	32,4
12	25,5	25,6	25,8	26,2	26,8	27,7	28,8	30,1	31,6	32,1
13	24,3	24,5	24,7	25,1	25,7	26,6	27,8	29,1	30,5	30,9
14	23,7	23,9	24,1	24,5	25,2	26,0	27,2	28,6	30,0	30,3
15	23,2	23,3	23,6	24,0	24,6	25,5	26,7	28,1	29,4	29,7
16	22,7	22,8	23,0	23,5	24,1	25,0	26,3	27,6	28,9	29,1
17	22,2	22,3	22,6	23,0	23,7	24,6	25,8	27,1	28,5	28,6
18	21,7	21,9	22,1	22,6	23,2	24,2	25,5	26,7	28,0	28,1
19	21,3	21,5	21,7	22,2	22,8	23,8	25,1	26,3	27,6	27,7
20	20,9	21,1	21,3	21,8	22,5	23,4	24,7	26,0	27,2	27,2
21	20,5	20,7	20,9	21,4	22,1	23,1	24,4	25,6	26,8	26,8
22	20,1	20,3	20,6	21,1	21,8	22,8	24,1	25,3	26,5	26,4
23	19,8	20,0	20,2	20,7	21,4	22,4	23,8	25,0	26,1	26,0
24	19,5	19,6	19,9	20,4	21,1	22,1	23,5	24,7	25,8	25,7
25	19,1	19,3	19,6	20,1	20,8	21,9	23,2	24,4	25,5	25,3
26	18,8	19,0	19,3	19,8	20,6	21,6	23,0	24,1	25,2	25,0
27	18,5	18,7	19,0	19,5	20,3	21,3	22,7	23,8	24,9	24,6
28	18,3	18,5	18,8	19,3	20,0	21,1	22,5	23,6	24,6	24,3
29	18,0	18,2	18,5	19,0	19,8	20,9	22,3	23,3	24,3	24,0
30	17,7	17,9	18,2	18,8	19,5	20,6	22,1	23,1	24,1	23,7
31	17,5	17,7	18,0	18,6	19,3	20,4	21,8	22,8	23,8	23,5
32	17,3	17,5	17,8	18,3	19,1	20,2	21,6	22,6	23,6	23,2

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

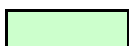
Strecke: Kurve ohne Maßnahme
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

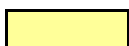
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	7,8	8,2	8,9	10,2	12,0	15,0	19,5	23,1	25,3	20,8
9	6,7	7,1	7,8	8,9	10,6	13,2	17,2	19,9	21,5	17,4
10	5,9	6,3	6,9	8,0	9,5	11,9	15,4	17,5	18,6	14,8
11	5,3	5,7	6,3	7,2	8,6	10,8	14,0	15,6	16,3	12,8
12	4,8	5,1	5,7	6,6	7,9	9,9	12,8	14,0	14,5	11,3
13	3,5	4,7	5,3	6,1	7,3	9,2	11,8	12,7	13,0	10,0
14	3,2	3,4	4,9	5,7	6,9	8,6	11,0	11,7	11,8	9,0
15	2,9	3,1	4,6	5,3	6,4	8,0	10,2	10,7	10,7	8,1
16	0,0	2,9	3,3	5,0	6,1	7,6	9,6	9,9	9,8	7,4
17	0,0	0,0	3,1	4,8	5,8	7,2	9,0	9,2	9,0	6,7
18	0,0	0,0	2,9	4,5	5,5	6,8	8,5	8,6	8,4	6,2
19	0,0	0,0	0,0	4,3	5,3	6,5	8,1	8,1	7,8	5,7
20	0,0	0,0	0,0	3,1	5,0	6,2	7,7	7,6	7,3	5,3
21	0,0	0,0	0,0	3,0	4,8	5,9	7,4	7,2	6,8	5,0
22	0,0	0,0	0,0	2,8	4,7	5,7	7,0	6,8	6,4	4,6
23	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,5	6,7	6,5	6,0	3,4
24	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	5,3	6,5	6,2	5,7	3,1
25	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,1	6,2	5,9	5,4	3,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,9	6,0	5,6	5,1	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,8	5,8	5,4	4,9	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,7	5,6	5,1	4,6	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,4	4,9	4,4	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	5,3	4,8	3,2	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	5,1	4,6	3,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	4,9	4,4	2,9	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

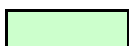
Strecke: Kurve ohne Maßnahme
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

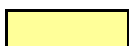
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	3,8	4,0	4,4	5,0	5,9	7,3	9,6	11,3	12,4	10,2
9	3,3	3,5	3,8	4,4	5,2	6,5	8,4	9,8	10,5	8,5
10	2,9	3,1	3,4	3,9	4,6	5,8	7,6	8,6	9,1	7,3
11	2,6	2,8	3,1	3,5	4,2	5,3	6,8	7,6	8,0	6,3
12	2,4	2,5	2,8	3,2	3,9	4,9	6,3	6,9	7,1	5,5
13	1,7	2,3	2,6	3,0	3,6	4,5	5,8	6,2	6,4	4,9
14	1,6	1,7	2,4	2,8	3,4	4,2	5,4	5,7	5,8	4,4
15	1,4	1,5	2,2	2,6	3,2	3,9	5,0	5,3	5,2	4,0
16	0,0	1,4	1,6	2,5	3,0	3,7	4,7	4,9	4,8	3,6
17	0,0	0,0	1,5	2,3	2,8	3,5	4,4	4,5	4,4	3,3
18	0,0	0,0	1,4	2,2	2,7	3,3	4,2	4,2	4,1	3,0
19	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	3,2	4,0	4,0	3,8	2,8
20	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	3,0	3,8	3,7	3,6	2,6
21	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	2,9	3,6	3,5	3,3	2,4
22	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,8	3,4	3,3	3,1	2,3
23	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	3,3	3,2	3,0	1,6
24	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	3,2	3,0	2,8	1,5
25	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,5	3,1	2,9	2,6	1,5
26	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	2,9	2,7	2,5	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,8	2,6	2,4	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,3	2,7	2,5	2,3	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	2,4	2,2	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,6	2,3	1,6	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,5	2,2	1,5	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,4	2,2	1,4	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

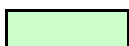
Strecke: Kurve ohne Maßnahme
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel L_{ri} [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	32,1	32,3	32,5	32,9	33,5	34,3	35,4	36,9	38,5	38,8
9	31,2	31,3	31,5	32,0	32,6	33,4	34,5	36,0	37,6	37,8
10	30,4	30,5	30,7	31,1	31,8	32,6	33,8	35,3	36,8	36,9
11	29,6	29,8	30,0	30,4	31,1	31,9	33,1	34,6	36,1	36,1
12	28,9	29,1	29,3	29,8	30,4	31,3	32,5	34,0	35,4	35,3
13	28,3	28,5	28,7	29,2	29,8	30,7	32,0	33,4	34,8	34,7
14	27,7	27,9	28,1	28,6	29,3	30,2	31,4	32,9	34,2	34,1
15	27,2	27,4	27,6	28,1	28,8	29,7	31,0	32,4	33,7	33,5
16	26,7	26,9	27,1	27,6	28,3	29,2	30,5	31,9	33,2	32,9
17	26,2	26,4	26,7	27,2	27,9	28,8	30,1	31,5	32,8	32,4
18	25,8	26,0	26,2	26,7	27,4	28,4	29,8	31,1	32,3	31,9
19	25,4	25,6	25,8	26,3	27,1	28,0	29,4	30,7	31,9	31,5
20	25,0	25,2	25,5	26,0	26,7	27,7	29,1	30,3	31,5	31,1
21	24,6	24,8	25,1	25,6	26,3	27,4	28,7	30,0	31,2	30,6
22	24,3	24,5	24,8	25,3	26,0	27,1	28,4	29,7	30,8	30,3
23	24,0	24,1	24,4	25,0	25,7	26,8	28,2	29,4	30,5	29,9
24	23,6	23,8	24,1	24,7	25,4	26,5	27,9	29,1	30,2	29,5
25	23,3	23,5	23,8	24,4	25,1	26,2	27,6	28,8	29,8	29,2
26	23,0	23,2	23,5	24,1	24,9	25,9	27,4	28,5	29,5	28,9
27	22,8	22,9	23,3	23,8	24,6	25,7	27,1	28,2	29,3	28,5
28	22,5	22,7	23,0	23,6	24,4	25,5	26,9	28,0	29,0	28,2
29	22,2	22,4	22,8	23,3	24,1	25,2	26,7	27,7	28,7	27,9
30	22,0	22,2	22,5	23,1	23,9	25,0	26,5	27,5	28,5	27,7
31	21,8	21,9	22,3	22,9	23,7	24,8	26,3	27,3	28,2	27,4
32	21,5	21,7	22,1	22,7	23,5	24,6	26,1	27,1	28,0	27,1

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

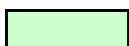
Strecke: Kurve ohne Maßnahme
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	25,9	26,1	26,3	26,7	27,3	28,1	29,2	30,7	32,3	32,6
9	25,0	25,1	25,3	25,8	26,4	27,2	28,4	29,8	31,4	31,6
10	24,2	24,3	24,5	24,9	25,6	26,4	27,6	29,1	30,6	30,7
11	23,4	23,6	23,8	24,2	24,9	25,7	26,9	28,4	29,9	29,9
12	23,2	23,3	23,6	24,0	24,7	25,5	26,7	28,2	29,7	29,7
13	22,1	22,3	22,5	23,0	23,6	24,5	25,8	27,2	28,6	28,5
14	21,5	21,7	21,9	22,4	23,1	24,0	25,3	26,7	28,0	27,9
15	21,0	21,2	21,4	21,9	22,6	23,5	24,8	26,2	27,5	27,3
16	20,5	20,7	20,9	21,4	22,1	23,0	24,3	25,7	27,0	26,7
17	20,0	20,2	20,5	21,0	21,7	22,6	23,9	25,3	26,6	26,2
18	19,6	19,8	20,0	20,5	21,3	22,2	23,6	24,9	26,1	25,7
19	19,2	19,4	19,6	20,1	20,9	21,9	23,2	24,5	25,7	25,3
20	18,8	19,0	19,3	19,8	20,5	21,5	22,9	24,1	25,3	24,9
21	18,4	18,6	18,9	19,4	20,2	21,2	22,5	23,8	25,0	24,4
22	18,1	18,3	18,6	19,1	19,8	20,9	22,2	23,5	24,6	24,1
23	17,8	17,9	18,2	18,8	19,5	20,6	22,0	23,2	24,3	23,7
24	17,4	17,6	17,9	18,5	19,2	20,3	21,7	22,9	24,0	23,3
25	17,1	17,3	17,6	18,2	18,9	20,0	21,4	22,6	23,6	23,0
26	16,8	17,0	17,3	17,9	18,7	19,7	21,2	22,3	23,3	22,7
27	16,6	16,7	17,1	17,6	18,4	19,5	20,9	22,0	23,1	22,3
28	16,3	16,5	16,8	17,4	18,2	19,3	20,7	21,8	22,8	22,0
29	16,0	16,2	16,6	17,1	17,9	19,0	20,5	21,5	22,5	21,7
30	15,8	16,0	16,3	16,9	17,7	18,8	20,3	21,3	22,3	21,5
31	15,6	15,7	16,1	16,7	17,5	18,6	20,1	21,1	22,0	21,2
32	15,3	15,5	15,9	16,5	17,3	18,4	19,9	20,9	21,8	20,9

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



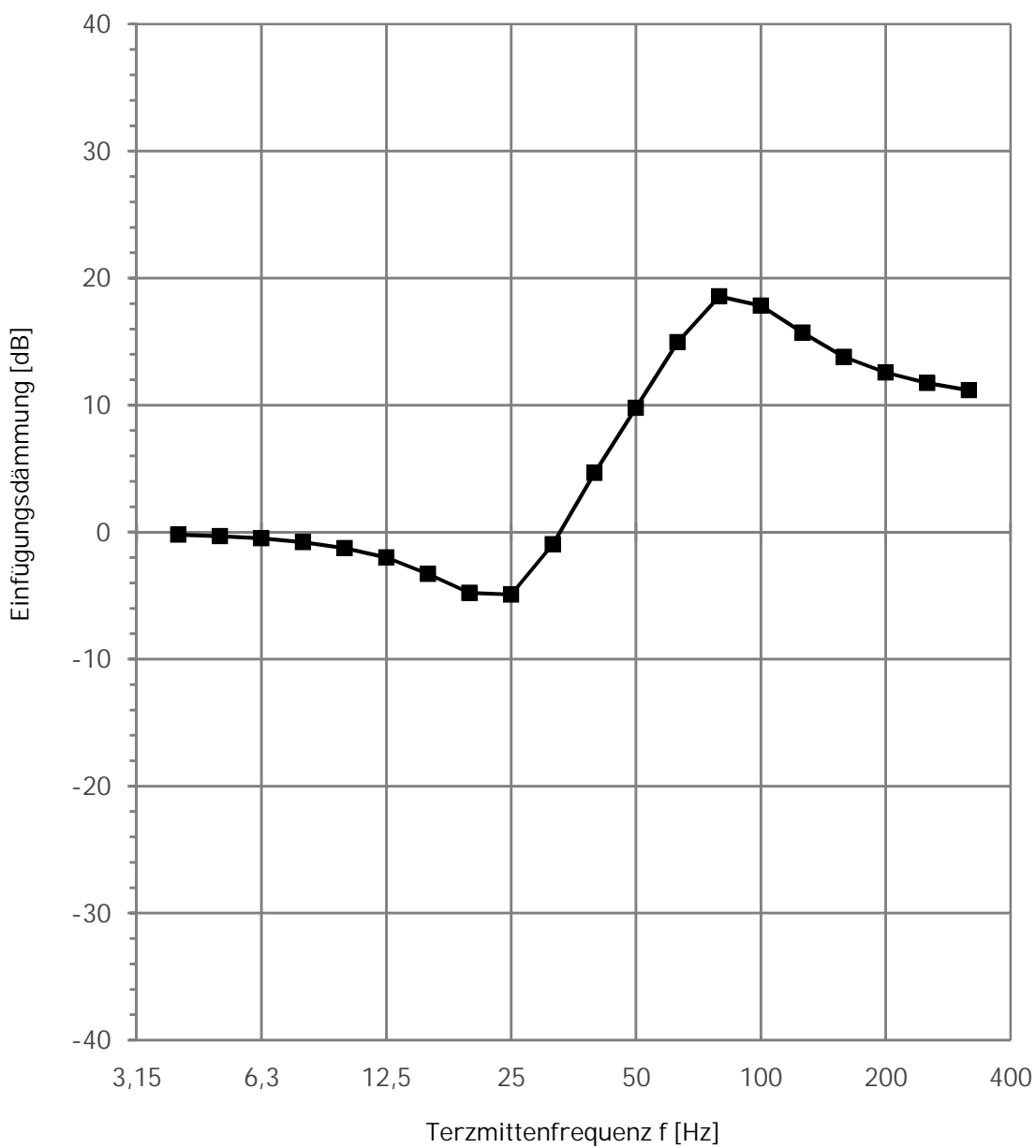
Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Einfügungsdämmung Leichtes Masse-Feder-System mit 25 Hz

Eigenfrequenz: 25 Hz

Schwingrichtung: vertikal (z)



EFD [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

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

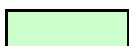
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

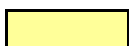
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	2,9	3,2	4,9	6,3	7,9	8,7	8,7	7,1	5,4	3,3
9	0,0	3,0	4,6	5,9	7,5	8,1	7,9	6,3	3,9	2,8
10	0,0	0,0	4,3	5,6	7,1	7,5	7,2	5,7	3,4	0,0
11	0,0	0,0	3,1	5,3	6,7	7,1	6,7	5,2	3,1	0,0
12	0,0	0,0	3,0	5,1	6,5	6,7	6,3	4,8	0,0	0,0
13	0,0	0,0	2,8	4,9	6,2	6,4	5,9	3,4	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	4,7	6,0	6,1	5,6	3,2	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	4,6	5,8	5,8	5,3	3,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	4,4	5,6	5,6	5,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	4,3	5,5	5,4	4,8	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	4,2	5,3	5,2	4,6	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	3,0	5,2	5,0	4,4	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	2,9	5,0	4,8	4,2	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	2,9	4,9	4,7	3,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,6	2,9	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	4,4	2,8	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

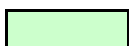
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

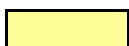
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	1,4	1,6	2,4	3,1	3,9	4,3	4,2	3,5	2,7	1,6
9	0,0	1,5	2,3	2,9	3,7	4,0	3,9	3,1	1,9	1,4
10	0,0	0,0	2,1	2,7	3,5	3,7	3,5	2,8	1,7	0,0
11	0,0	0,0	1,5	2,6	3,3	3,5	3,3	2,5	1,5	0,0
12	0,0	0,0	1,4	2,5	3,2	3,3	3,1	2,3	0,0	0,0
13	0,0	0,0	1,4	2,4	3,0	3,1	2,9	1,7	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	2,3	2,9	3,0	2,7	1,6	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	2,2	2,8	2,8	2,6	1,5	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	2,7	2,4	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	2,1	2,7	2,6	2,3	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	2,5	2,2	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	2,4	2,1	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	1,4	2,5	2,4	2,1	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	1,4	2,4	2,3	1,5	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,2	1,4	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,2	1,4	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

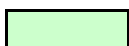
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	25,7	25,9	26,4	27,0	28,0	29,2	30,5	31,1	31,3	30,9
9	24,9	25,2	25,6	26,3	27,3	28,6	29,9	30,4	30,4	29,9
10	24,2	24,5	25,0	25,7	26,7	28,1	29,3	29,7	29,7	29,0
11	23,6	23,9	24,4	25,2	26,3	27,6	28,8	29,1	29,0	28,3
12	23,1	23,4	23,9	24,7	25,8	27,2	28,4	28,5	28,4	27,6
13	22,6	22,9	23,5	24,3	25,4	26,8	28,0	28,1	27,8	26,9
14	22,2	22,5	23,1	23,9	25,1	26,4	27,6	27,6	27,3	26,4
15	21,8	22,1	22,7	23,5	24,8	26,1	27,2	27,2	26,8	25,8
16	21,4	21,8	22,4	23,2	24,5	25,8	26,9	26,8	26,4	25,3
17	21,1	21,5	22,1	22,9	24,2	25,5	26,6	26,4	26,0	24,8
18	20,7	21,2	21,8	22,6	23,9	25,3	26,3	26,1	25,6	24,4
19	20,4	20,9	21,5	22,4	23,7	25,0	26,1	25,7	25,2	24,0
20	20,2	20,6	21,2	22,2	23,5	24,8	25,8	25,4	24,8	23,6
21	19,9	20,4	21,0	21,9	23,3	24,6	25,6	25,1	24,5	23,2
22	19,7	20,1	20,8	21,7	23,1	24,4	25,3	24,9	24,2	22,9
23	19,4	19,9	20,6	21,5	22,9	24,2	25,1	24,6	23,9	22,5
24	19,2	19,7	20,4	21,3	22,8	24,0	24,9	24,3	23,6	22,2
25	19,0	19,5	20,2	21,2	22,6	23,8	24,7	24,1	23,3	21,9
26	18,8	19,3	20,0	21,0	22,4	23,7	24,5	23,9	23,0	21,6
27	18,6	19,1	19,8	20,8	22,3	23,5	24,4	23,6	22,8	21,3
28	18,5	19,0	19,6	20,7	22,2	23,4	24,2	23,4	22,5	21,1
29	18,3	18,8	19,5	20,5	22,0	23,2	24,0	23,2	22,3	20,8
30	18,1	18,6	19,3	20,4	21,9	23,1	23,8	23,0	22,1	20,6
31	18,0	18,5	19,2	20,3	21,8	22,9	23,7	22,8	21,8	20,3
32	17,8	18,3	19,0	20,1	21,7	22,8	23,5	22,7	21,6	20,1

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

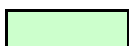
Strecke: Weiche
 Ort: MQ2
 Freiburg

Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Abstand der Bebauung ab: 14,0 m
 Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	19,5	19,7	20,2	20,8	21,8	23,0	24,3	24,9	25,1	24,7
9	18,7	19,0	19,4	20,1	21,1	22,4	23,7	24,2	24,2	23,7
10	18,0	18,3	18,8	19,5	20,5	21,9	23,1	23,5	23,5	22,8
11	17,4	17,7	18,2	19,0	20,1	21,4	22,6	22,9	22,8	22,1
12	17,2	17,6	18,1	18,8	19,9	21,2	22,5	22,7	22,6	21,9
13	16,4	16,8	17,3	18,1	19,2	20,6	21,8	21,9	21,6	20,7
14	16,0	16,3	16,9	17,7	18,9	20,2	21,4	21,4	21,1	20,2
15	15,6	15,9	16,5	17,3	18,6	19,9	21,0	21,0	20,6	19,6
16	15,2	15,6	16,2	17,0	18,3	19,6	20,7	20,6	20,2	19,1
17	14,9	15,3	15,9	16,7	18,0	19,3	20,4	20,2	19,8	18,6
18	14,5	15,0	15,6	16,4	17,8	19,1	20,1	19,9	19,4	18,2
19	14,2	14,7	15,3	16,2	17,5	18,8	19,9	19,5	19,0	17,8
20	14,0	14,4	15,0	16,0	17,3	18,6	19,6	19,2	18,6	17,4
21	13,7	14,2	14,8	15,7	17,1	18,4	19,4	18,9	18,3	17,0
22	13,5	13,9	14,6	15,5	16,9	18,2	19,1	18,7	18,0	16,7
23	13,2	13,7	14,4	15,3	16,7	18,0	18,9	18,4	17,7	16,3
24	13,0	13,5	14,2	15,1	16,6	17,8	18,7	18,1	17,4	16,0
25	12,8	13,3	14,0	15,0	16,4	17,6	18,5	17,9	17,1	15,7
26	12,6	13,1	13,8	14,8	16,3	17,5	18,3	17,7	16,8	15,4
27	12,4	12,9	13,6	14,6	16,1	17,3	18,2	17,4	16,6	15,1
28	12,3	12,8	13,4	14,5	16,0	17,2	18,0	17,2	16,3	14,9
29	12,1	12,6	13,3	14,3	15,8	17,0	17,8	17,0	16,1	14,6
30	11,9	12,4	13,1	14,2	15,7	16,9	17,7	16,8	15,9	14,4
31	11,8	12,3	13,0	14,1	15,6	16,7	17,5	16,6	15,6	14,1
32	11,6	12,1	12,9	13,9	15,5	16,6	17,3	16,5	15,4	13,9

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

Strecke: Kurve

Gebietsnutzung: Mischgebiet

Ort: MQ3

Abstand der Bebauung ab: 8,5 m

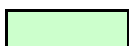
Freiburg

Schutzmaßnahme: LMFS $f_0=25\text{Hz}$

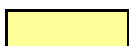
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	3,1	4,6	5,5	7,1	8,9	9,8	9,7	7,9	6,0	3,6
9	2,9	3,3	5,2	6,6	8,4	9,1	8,8	7,1	5,3	3,1
10	0,0	3,1	4,9	6,3	7,9	8,4	8,1	6,4	4,7	0,0
11	0,0	2,9	4,6	6,0	7,6	7,9	7,5	5,8	3,4	0,0
12	0,0	0,0	4,4	5,7	7,2	7,5	7,0	5,3	3,1	0,0
13	0,0	0,0	3,1	5,5	7,0	7,1	6,6	4,9	2,8	0,0
14	0,0	0,0	3,0	5,3	6,7	6,8	6,2	4,6	0,0	0,0
15	0,0	0,0	2,9	5,1	6,5	6,5	5,9	3,3	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	5,0	6,3	6,2	5,6	3,1	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	4,8	6,1	6,0	5,3	2,9	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	4,7	5,9	5,8	5,1	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	4,6	5,8	5,6	4,9	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	4,5	5,7	5,4	4,7	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	4,4	5,5	5,3	4,5	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	4,3	5,4	5,1	4,4	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	4,2	5,3	5,0	4,2	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	4,1	5,2	4,8	3,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	2,9	5,1	4,7	2,9	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	2,9	5,0	4,6	2,8	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	2,8	4,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

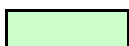
Strecke: Kurve
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: LMFS $f_0=25\text{Hz}$

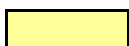
Beurteilungsschwingstärken KB_{FTT} mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	1,5	2,2	2,7	3,5	4,4	4,8	4,8	3,9	3,0	1,7
9	1,4	1,6	2,5	3,2	4,1	4,4	4,3	3,5	2,6	1,5
10	0,0	1,5	2,4	3,1	3,9	4,1	4,0	3,1	2,3	0,0
11	0,0	1,4	2,3	2,9	3,7	3,9	3,7	2,8	1,7	0,0
12	0,0	0,0	2,2	2,8	3,5	3,7	3,4	2,6	1,5	0,0
13	0,0	0,0	1,5	2,7	3,4	3,5	3,2	2,4	1,4	0,0
14	0,0	0,0	1,5	2,6	3,3	3,3	3,0	2,3	0,0	0,0
15	0,0	0,0	1,4	2,5	3,2	3,2	2,9	1,6	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	2,4	3,1	3,1	2,7	1,5	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	2,4	3,0	2,9	2,6	1,4	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	2,3	2,9	2,8	2,5	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	2,3	2,8	2,7	2,4	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	2,2	2,8	2,7	2,3	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	2,1	2,7	2,6	2,2	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	2,1	2,7	2,5	2,1	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	2,4	2,1	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	2,0	2,5	2,4	1,5	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	1,4	2,5	2,3	1,4	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	1,4	2,5	2,3	1,4	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	1,4	2,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix Prognose

Tagzeitraum

Strecke: Kurve

Gebietsnutzung: Mischgebiet

Ort: MQ3

Abstand der Bebauung ab: 8,5 m

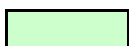
Freiburg

Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	23,7	24,0	24,5	25,2	26,1	27,5	28,8	29,4	29,5	28,5
9	23,0	23,3	23,8	24,5	25,5	26,9	28,2	28,6	28,6	27,6
10	22,3	22,7	23,2	23,9	25,0	26,3	27,6	28,0	27,9	26,8
11	21,8	22,1	22,6	23,4	24,5	25,9	27,1	27,4	27,2	26,0
12	21,3	21,6	22,2	23,0	24,1	25,5	26,7	26,9	26,6	25,4
13	20,8	21,2	21,7	22,5	23,7	25,1	26,3	26,4	26,1	24,8
14	20,4	20,8	21,3	22,2	23,4	24,8	25,9	25,9	25,6	24,2
15	20,0	20,4	21,0	21,8	23,1	24,4	25,6	25,5	25,1	23,7
16	19,6	20,0	20,7	21,5	22,8	24,1	25,3	25,1	24,6	23,2
17	19,3	19,7	20,3	21,2	22,5	23,9	25,0	24,7	24,2	22,7
18	19,0	19,4	20,1	21,0	22,3	23,6	24,7	24,4	23,8	22,3
19	18,7	19,2	19,8	20,7	22,1	23,4	24,4	24,1	23,5	21,9
20	18,5	18,9	19,5	20,5	21,8	23,2	24,2	23,8	23,1	21,5
21	18,2	18,7	19,3	20,3	21,7	23,0	23,9	23,5	22,8	21,2
22	18,0	18,4	19,1	20,1	21,5	22,8	23,7	23,2	22,5	20,8
23	17,8	18,2	18,9	19,9	21,3	22,6	23,5	22,9	22,2	20,5
24	17,5	18,0	18,7	19,7	21,1	22,4	23,3	22,7	21,9	20,2
25	17,3	17,8	18,5	19,5	21,0	22,2	23,1	22,4	21,6	19,9
26	17,1	17,6	18,3	19,3	20,8	22,0	22,9	22,2	21,3	19,6
27	17,0	17,5	18,2	19,2	20,7	21,9	22,7	22,0	21,1	19,4
28	16,8	17,3	18,0	19,0	20,5	21,7	22,5	21,8	20,8	19,1
29	16,6	17,1	17,8	18,9	20,4	21,6	22,4	21,6	20,6	18,8
30	16,5	17,0	17,7	18,8	20,3	21,4	22,2	21,4	20,4	18,6
31	16,3	16,8	17,5	18,6	20,2	21,3	22,1	21,2	20,2	18,4
32	16,2	16,7	17,4	18,5	20,0	21,2	21,9	21,0	19,9	18,2

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall Einwirkungsmatrix Prognose

Nachtzeitraum

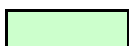
Strecke: Kurve
 Ort: MQ3
 Freiburg

Gebietsnutzung: Mischgebiet
 Abstand der Bebauung ab: 8,5 m
 Schutzmaßnahme: LMFS f0=25Hz

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
8	17,5	17,8	18,3	19,0	20,0	21,3	22,6	23,2	23,3	22,3
9	16,8	17,1	17,6	18,3	19,3	20,7	22,0	22,4	22,4	21,4
10	16,1	16,5	17,0	17,7	18,8	20,1	21,4	21,8	21,7	20,6
11	15,6	15,9	16,4	17,2	18,3	19,7	20,9	21,2	21,0	19,8
12	15,4	15,7	16,3	17,1	18,2	19,5	20,8	21,0	20,8	19,6
13	14,6	15,0	15,5	16,3	17,5	18,9	20,1	20,2	19,9	18,6
14	14,2	14,6	15,1	16,0	17,2	18,6	19,7	19,7	19,4	18,0
15	13,8	14,2	14,8	15,6	16,9	18,2	19,4	19,3	18,9	17,5
16	13,4	13,8	14,5	15,3	16,6	18,0	19,1	18,9	18,4	17,0
17	13,1	13,5	14,1	15,0	16,3	17,7	18,8	18,5	18,0	16,5
18	12,8	13,2	13,9	14,8	16,1	17,4	18,5	18,2	17,6	16,1
19	12,5	13,0	13,6	14,5	15,9	17,2	18,2	17,9	17,3	15,7
20	12,3	12,7	13,3	14,3	15,7	17,0	18,0	17,6	16,9	15,3
21	12,0	12,5	13,1	14,1	15,5	16,8	17,7	17,3	16,6	15,0
22	11,8	12,2	12,9	13,9	15,3	16,6	17,5	17,0	16,3	14,6
23	11,6	12,0	12,7	13,7	15,1	16,4	17,3	16,7	16,0	14,3
24	11,3	11,8	12,5	13,5	14,9	16,2	17,1	16,5	15,7	14,0
25	11,1	11,6	12,3	13,3	14,8	16,0	16,9	16,3	15,4	13,7
26	11,0	11,4	12,1	13,1	14,6	15,8	16,7	16,0	15,1	13,4
27	10,8	11,3	12,0	13,0	14,5	15,7	16,5	15,8	14,9	13,2
28	10,6	11,1	11,8	12,8	14,3	15,5	16,3	15,6	14,6	12,9
29	10,4	10,9	11,6	12,7	14,2	15,4	16,2	15,4	14,4	12,7
30	10,3	10,8	11,5	12,6	14,1	15,2	16,0	15,2	14,2	12,4
31	10,1	10,6	11,3	12,4	14,0	15,1	15,9	15,0	14,0	12,2
32	10,0	10,5	11,2	12,3	13,8	15,0	15,7	14,8	13,7	12,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.

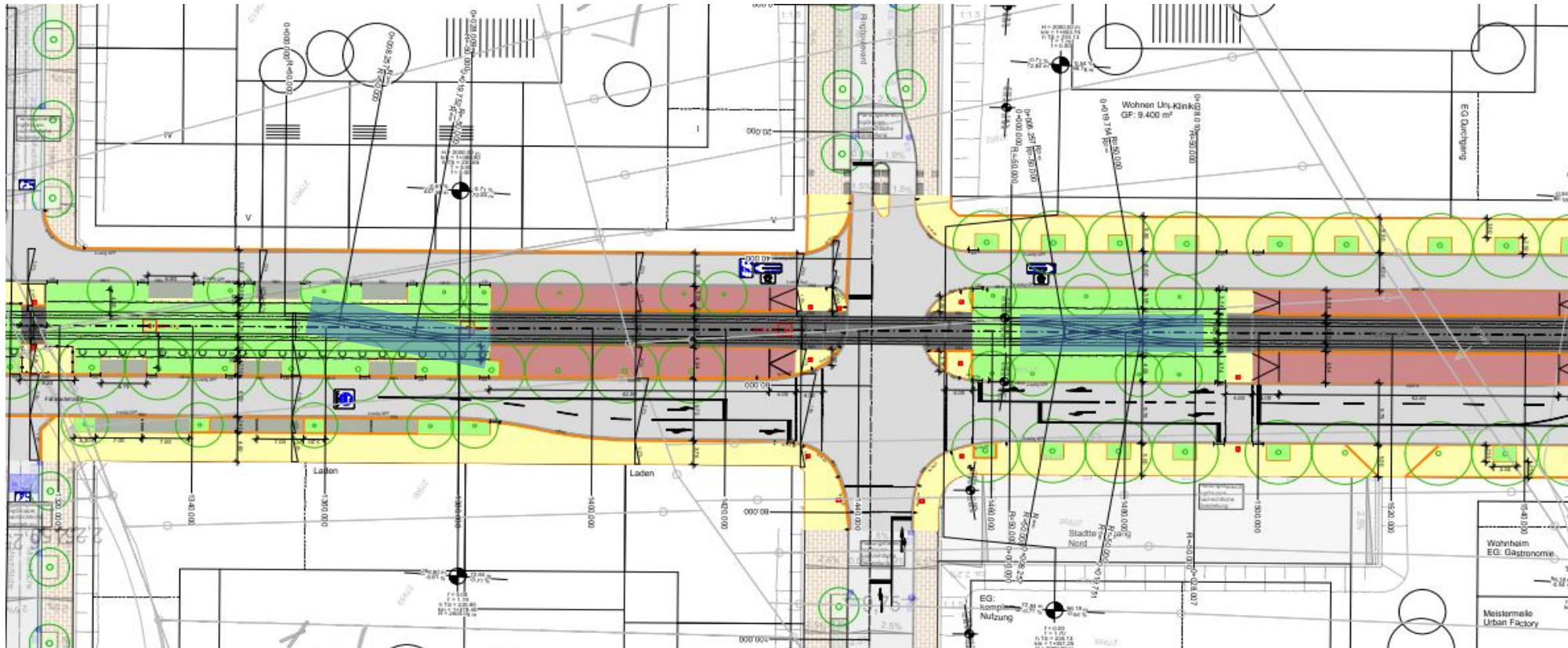


Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV nicht sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Erschütterungs-Prognose

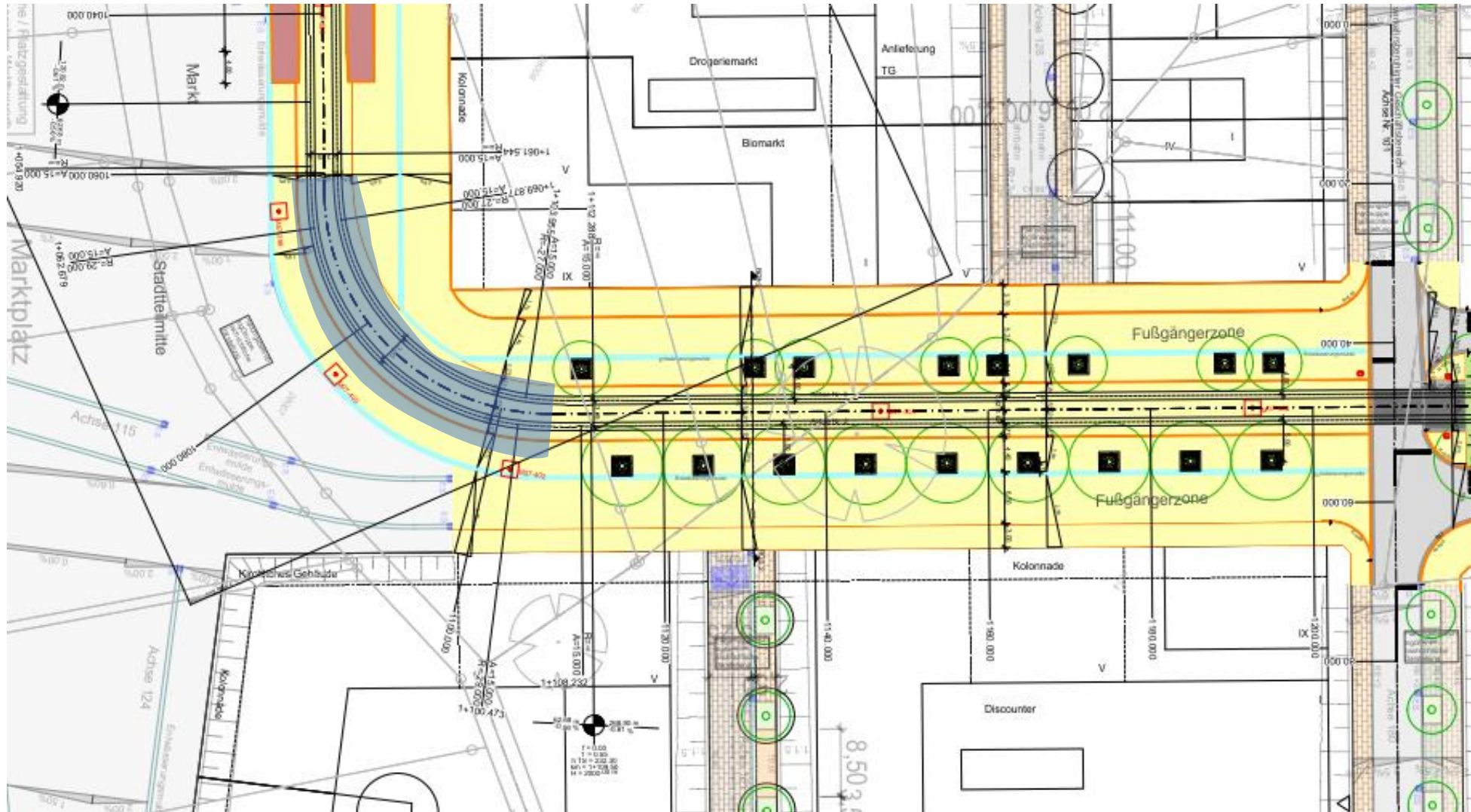
Lageplan - Schutzmaßnahme Weiche



Bereich der Schutzmaßnahme - LMFS mit $f_0 = 25$ Hz

Erschütterungs-Prognose

Lageplan - Schutzmaßnahme Kurve



Bereich der Schutzmaßnahme - LMFS mit $f_0 = 25$ Hz