

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

| | |
|----------------------|--|
| BAUVORHABEN: | U2-Verlängerung 2. Planänderungsverfahren Weichentrapez Ober-Eschbach |
| AUFTRAGGEBER: | Stadtbahngesellschaft Bad-Homburg Stiftstraße 9-17 60313 Frankfurt a. M. |
| BEARBEITUNG: | KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Str. 2 64295 Darmstadt T +49 6151 885-383 |
| BERICHT: | Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall infolge des Einbaus eines Weichentrapezes in Ober-Eschbach Nummer: 20250064-805-VVE-1 Bearbeiter: Matthias Jäger Umfang: 15 Seiten Bericht 12 Seiten Anhänge 27 Seiten gesamt Datum: 09.12.2025 |

Dieser Bericht ist nur für den Auftraggeber im Zusammenhang mit dem oben genannten Planvorhaben bestimmt.
Eine darüberhinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Urheberrecht gemäß UrhG.

INHALT

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1. | Sachverhalt und Aufgabenstellung | 5 |
| 2. | Grundlagen | 5 |
| 2.1 | Bearbeitungsgrundlagen | 5 |
| 2.1.1 | Gesetze, Verordnungen, Normen | 5 |
| 2.1.2 | Planunterlagen | 6 |
| 3. | Anforderungen an den Immissionsschutz | 6 |
| 3.1 | Erschütterungen gemäß DIN 4150-2 | 6 |
| 3.1.1 | Allgemeines Beurteilungsverfahren | 6 |
| 3.1.2 | Anhaltswerte | 7 |
| 3.1.3 | Beurteilung der Immissionsveränderung | 7 |
| 3.2 | Sekundärer Luftschall | 8 |
| 3.2.1 | Grundlagen der Beurteilung | 8 |
| 3.2.2 | Anforderungswerte | 9 |
| 3.2.3 | Kriterien einer wesentlichen Erhöhung | 9 |
| 4. | Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise | 10 |
| 4.1 | Prognosemodell | 10 |
| 4.2 | Emissionen | 10 |
| 4.3 | Transmissionen | 11 |
| 4.3.1 | Transferfunktion T_2 | 11 |
| 4.3.2 | Transferfunktion T_3 | 12 |
| 4.4 | Immissionen | 12 |
| 4.4.1 | Erschütterungen | 12 |
| 4.4.2 | Sekundärer Luftschall | 12 |
| 4.4.3 | Betriebsparameter der Bahnstrecke | 13 |
| 5. | Untersuchungsergebnisse | 13 |
| 5.1 | Erschütterungen | 13 |
| 5.2 | Sekundärer Luftschall | 14 |
| 6. | Zusammenfassung | 14 |

ANHANG

| | |
|----------|---|
| Anhang 1 | Lageplan |
| Anhang 2 | Emissionen |
| Anhang 3 | Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für Prognose-Planfall |

TABELLENVERZEICHNIS

| | | |
|------------|--|---|
| Tabelle 1: | Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen | 7 |
| Tabelle 2: | Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall | 9 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|--------------|-----------------------------------|----|
| Abbildung 1: | Übertragungen von Erschütterungen | 10 |
|--------------|-----------------------------------|----|

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--------------------|--|
| 16. BImSchV | Verkehrslärmschutzverordnung |
| 24. BImSchV | Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung |
| A | Anhaltswert |
| A _r | Beurteilungsanhaltswert nach DIN 4150-2 |
| A _o | Oberer Anhaltswert nach DIN 4150-2 |
| A _u | Unterer Anhaltswert nach DIN 4150-2 |
| BauNVO | Baunutzungsverordnung |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| BImSchV | Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| BVerwG | Bundes-Verwaltungsgericht |
| dB | Dezibel |
| f | Frequenz [Hz] |
| f ₀ | Deckeneigenfrequenz [Hz] |
| KB _{Fmax} | maximale bewertete Schwingstärke [-] |
| KB _{FTr} | Beurteilungsschwingstärke [-] |
| L _{ri} | Beurteilungspegels [dB(A)] |
| L _{sek} | sek. Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB(A)] |
| L _v | mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)] |
| N | Anzahl von Zügen |
| PA | Planungsabschnitt |
| r, R | Abstand |
| T | Transferfunktion |
| v | Geschwindigkeit [km/h] |
| v _{max} | Höchstgeschwindigkeit [km/h] |
| v ₀ | Referenzwert für die Schwingschnelle [5 * 10 ⁻⁸ m/s] |

REVISIONSVERZEICHNIS

| Fassung | Inhalt | Stand |
|------------------|------------------------|------------|
| Originaldokument | Erschütterungsprognose | 08.12.2025 |

1. SACHVERHALT UND AUFGABENSTELLUNG

Die Stadtbahngesellschaft Bad Homburg befasst sich mit dem 2. Planänderungsverfahren für die Verlängerung der U2. Dieses befasst sich mit dem Einbau eines doppelten Weichentrapezes in Ober-Eschbach und den damit einhergehenden Maßnahmen, wie Änderungen in der Fahrleitung einschließlich Masten, Bau einer Fahrsignalanlage, eines Sozialgebäudes und der Signalisierung sowie Eingriffen in den Trassen begleitenden Grünbestand.

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Wechselwirkungen zwischen dem Schienenverkehr und dem Schienenweg sowie dem Oberbau zurückzuführen sind. Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen des Systems Zug-Gleisoberbau werden über das Erdreich auf nahestehende Gebäude übertragen, die grundsätzlich ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind 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 Schwingungsimmissionen wahrgenommen werden. Weiterhin können die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen in Form von sekundärem Luftschall führen.

Im Rahmen dieser Untersuchung für das Planvorhaben „U2-Verlängerung – 2. Planänderungsverfahren“ ist daher zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungen bzw. aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen vom zukünftigen Betrieb nach Realisierung der Baumaßnahme, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können

2. GRUNDLAGEN

2.1 Bearbeitungsgrundlagen

2.1.1 Gesetze, Verordnungen, Normen

Der durchgeführten schalltechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke zugrunde:

- /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 12.06.1990, in der aktuell gültigen Fassung
- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 04.02.1997, in der aktuell gültigen Fassung
- /4/ Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /5/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 23.06.2021, Az: BVerwG 7 A 10.20
- /6/ Eisenbahn-Bundesamt, Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung vom 30.01.2017
- /7/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Dezember 2022

/8/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, August 2025

/9/ DB-Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, Stand vom 15.09.2017

2.1.2 Planunterlagen

Zur Bearbeitung standen nachfolgende Planunterlagen zur Verfügung:

/10/ Lagepläne, Übersichtspläne Planvorhaben, erhalten von der Stadtbahngesellschaft am 04.12.2025

/11/ Informationen über Zugzahlen, Geschwindigkeiten und Zugtyp, erhalten von der Stadtbahngesellschaft am 04.12.2025

3. ANFORDERUNGEN AN DEN IMMISSIONSSCHUTZ

3.1 Erschütterungen gemäß DIN 4150-2

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 /8/ 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.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in § 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) /4/ begründet. Die Planfeststellungsbehörde hat dem Träger des Vorhabens Schutzvorkehrungen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte anderer erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich oder mit dem Vorhaben unvereinbar, so hat der Betroffene Anspruch auf angemessene Entschädigung in Geld.

Beim vorliegenden Planvorhaben besteht bereits eine erschütterungstechnische Vorbelastung. Bei Überschreitung der maßgeblichen Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 /8/ ist zu klären, ob die geplante Baumaßnahme zu unzumutbarer Erhöhung von Erschütterungsimmissionen an den in diesen Einwirkungsbereichen vorhandenen Immissionsorten führt und sich hieraus ein Anspruch auf Schutzmaßnahmen ergibt.

3.1.1 Allgemeines Beurteilungsverfahren

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

- die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ,
- die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} .

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nennt die Norm zwei Kriterien. Der untere Anhaltswert A_u sowie der obere Anhaltswert A_o sind die Anhaltswerte für die maximale bewertete Schwingstärke. Ist der Wert von KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so sind die Anforderungen der Norm erfüllt. Übersteigt der Wert von KB_{Fmax} den unteren Anhaltswert A_u , so ist zu prüfen, ob dieser ebenfalls größer als der obere Anhaltswert A_o ist. Sofern dies der Fall ist, sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten. Beim Unterschreiten des oberen Anhaltswertes A_o ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu bilden und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen. Hierbei sind die Besonderheiten bei schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen (Kapitel 3.1.3) zu beachten.

3.1.2 Anhaltswerte

Die Anhaltswerte A zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in schutzbedürftigen 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 für Schienenverkehre angegeben.

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

| Zeile | Einwirkungsort | tags | | | nachts | | |
|-------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | A _u | A _o | A _r | A _u | A _o | A _r |
| 1 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Betriebspersonen untergebracht sind | 0,40 | 6 | 0,20 | 0,30 | 0,6 | 0,15 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind | 0,30 | 6 | 0,15 | 0,20 | 0,4 | 0,10 |
| 3 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind | 0,20 | 5 | 0,10 | 0,10 | 0,3 | 0,07 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind | 0,15 | 3 | 0,07 | 0,10 | 0,2 | 0,05 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen | 0,10 | 3 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,05 |

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch oberirdischen Schienenverkehr im Nachtzeitraum wird der obere Anhaltswert von 0,6, unabhängig von der Gebietsnutzung, zugrunde gelegt. Für unterirdische Schienenverkehre sind die in Tabelle 1 heranzuziehen.

3.1.3 Beurteilung der Immissionsveränderung

Gemäß der DIN 4150-2 /8/ sind unter Änderung oder Erweiterung eines Schienenverkehrsweges Eingriffe oder bauliche Veränderungen zu verstehen, wenn der bestehende Schienenverkehrsweg erweitert wird oder durch bauliche Veränderungen des Schienenverkehrsweges mit einer Zunahme der betriebsbedingten Erschütterungsimmission zu rechnen ist.

Es ist daher zunächst zu prüfen, ob die Anhaltswerte A_u oder A_r nach Tabelle 1 gemäß der Vorgehensweise im Kapitel 3.1.1 im Prognose-Planfall eingehalten werden. Im Falle der Überschreitung von A_r für den Prognose-Planfall ist anschließend zu ermitteln, ob die Erhöhung wesentlich ist.

Gemäß der DIN 4150-2, Kapitel 6.5.3.6 gelten die Anforderungen als eingehalten, wenn die folgenden Bedingungen für den Prognose-Planfall sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum erfüllt sind:

- wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} den oberen Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 einhält; oder
- wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} den oberen Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 überschreitet und gleichzeitig um mindestens 25 % im Vergleich des Prognose-Planfalls zum Prognose-Nullfall zunimmt

- wenn im Falle einer Überschreitung des Anhaltswertes A_r nach Tabelle 1 die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} um mindestens 25 % im Vergleich des Prognose-Planfalls zum Prognose-Nullfall zunimmt.

Demnach besteht der Sachverhalt einer wesentlichen Erhöhung, wenn die oben genannten Bedingungen nicht erfüllt sind und die Anforderungen der Norm somit nicht eingehalten sind. In diesem Fall sind Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen zu untersuchen.

3.2 Sekundärer Luftschall

3.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Für die Beurteilung von Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen, hervorgerufen von schienengebundenen Verkehrssystemen, existieren derzeit weder vom Gesetzgeber noch in technischen Regelwerken verbindlich vorgegebene Anforderungswerte.

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 Verkehrsgerausche 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 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 (siehe hierzu auch Kapitel 3.2.2). Diese zulässigen Innenpegel wurden in der EBA-Verfügung /6/ festgelegt.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln tagsüber von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der Verordnungsgeber der 24. BImSchV hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt. Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) am Maßstab des § 74 (2) Satz 2 VwVfG /4/ bestimmt. Da die 24. BImSchV nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden. Ungeachtet dessen ist die maßgebliche Grundlage der Beurteilung die von der Rechtsprechung entwickelten Zumutbarkeitsschwellen, von denen auch der Verordnungsgeber der 24. BImSchV ausgegangen ist. Demgemäß wird vorliegend als Beurteilungsgrundlage zulässiger Innenraumpegel die 24. BImSchV /3/ herangezogen, die in der Verwaltungspraxis durch die Rechtsprechung nicht beanstandet /5/ wurde.

3.2.2 Anforderungswerte

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.

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

mit

D Korrektursummand nach Tabelle 1 der 24. BImSchV zur Berücksichtigung der Raumnutzung, [dB].

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall

| Zeile | Raumnutzung | $L_{ri,Tag}$ [dB(A)] | $L_{ri,Nacht}$ [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, Schallerräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind | 50 | - |
| | Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind | entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen | |

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in Tabelle 2 angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des Innenschallpegels gemäß 24. BImSchV abgeleitet werden. Für die zu untersuchende Wohnräume erfolgt die Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen für den Tagzeitraum unter Zugrundelegung des Anforderungswertes für Räume mit Wohnnutzungen. Demzufolge werden folgende Immissionsrichtwerte zur Beurteilung zugrunde gelegt:

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

3.2.3 Kriterien einer wesentlichen Erhöhung

Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Bewertung nach 16. BImSchV /2/ eine Erhöhung der Beurteilungspegel von mindestens 3 dB(A) als wesentlich erachtet. Ein Anspruch auf Prüfung von Minderungsmaßnahmen ergibt sich demgemäß infolge einer wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung.

4. ARBEITSGRUNDSÄTZE UND VORGEHENSWEISE

4.1 Prognosemodell

Bei der Prognose der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für schutzwürdige Räume eines Gebäudes wird von der in Abbildung 2 skizzierten Übertragungskette ausgegangen.

Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission T_1) das Schwingungsverhalten der zu untersuchenden Gebäude (Transmission T_2 und T_3). 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, das 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 Hz bis 315 Hz.

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

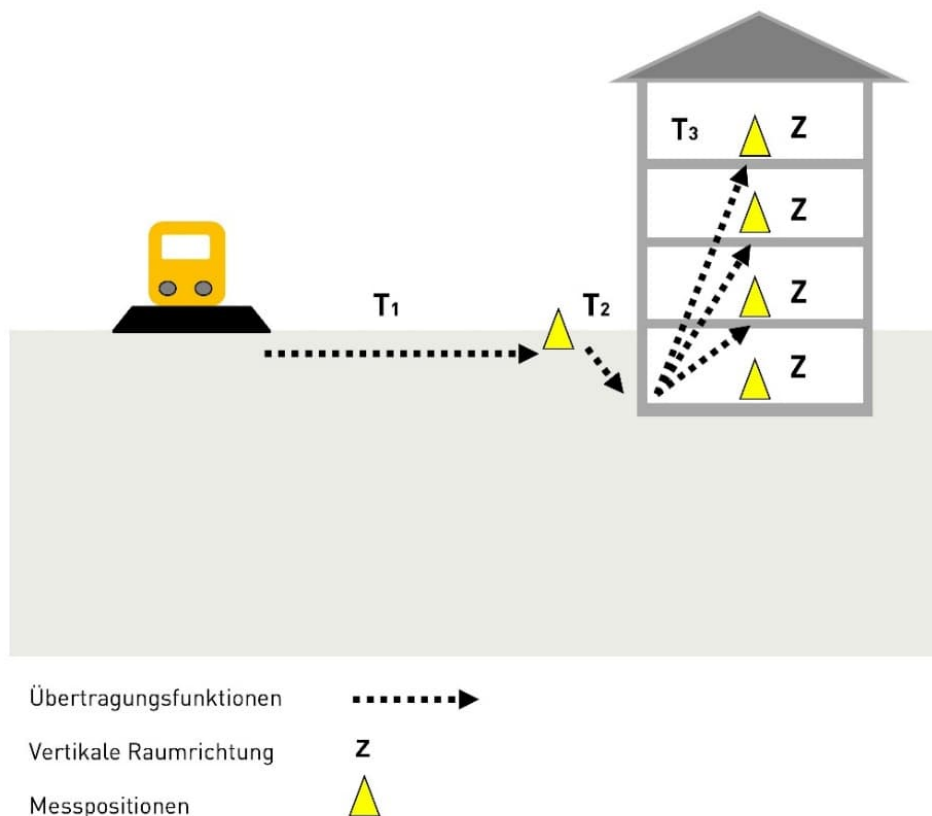


Abbildung 1: Übertragungen von Erschütterungen

4.2 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 Emissionsspektrum zu Grunde gelegt, welches auf Grundlage der durchgeführten Erschütterungsmessungen von unterschiedlichen Straßenbahnfahrzeugen gebildet wurde. Dieses wurde im

Sinne einer oberen Abschätzung als obere Einhüllende aus einer Vielzahl messtechnisch ermittelter Einzelspektren von Stadt- und Straßenbahnfahrzeugen mit entsprechendem Oberbau gebildet.

Das für die Prognose herangezogene standardisierte Emissionsspektrum ist in Anhang 2.1 tabellarisch und grafisch dokumentiert. Für unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten wird die Korrekturfunktion in Anhang 2.2 berücksichtigt. Das korrigierten Emissionsspektren befindet sich in Anhang 2.3. Beim korrigierten Emissionsspektrum wurde ebenfalls berücksichtigt, dass die Straßenbahnen im Prognose-Planfall, also nach Einbau von Weichen über die vorhandenen Schienenunterbrechungen fahren und hierdurch höhere Emissionen hervorrufen.

4.3 Transmissionen

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

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

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

mit

n Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt;

α $\approx 2 \pi D/\lambda$, Abklingkoeffizient [m⁻¹];

D Dämpfungsgrad [%],

λ $= c/f$, Wellenlänge [m];

c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s],

f Frequenz [Hz],

R_1 Bezugsabstand [m],

R Entfernung des Immissionsortes von der Quelle [m]

Für die Berechnung der T_1 -Funktion im Prognose-Planfall werden gemäß den Vorgaben der DIN 4150-1 für die Überfahrten von Schienenunterbrechungen (Weiche) folgende Abnahmeexponenten zugrunde gelegt:

$$n = 1$$

$$D = 1 \%$$

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

4.3.1 Transferfunktion T_2

Die Transferfunktion T_2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom Erdreich vor dem Gebäude auf das Geschossfundament. Sie unterliegt selbst bei verschiedenen Gebäudetypen geringeren Schwankungen und weist keine ausgeprägte spektrale Abhängigkeit auf. Erschütterungen werden umso leichter auf ein Gebäude übertragen, je geringer die Gebäudemasse ist. Für die Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten

Immissionen wird die Transferfunktion T_2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden übernommen und eine typische Übertragungsfunktion für Mehrfamiliengebäude zu Grunde gelegt (Anhang 2.4).

4.3.2 Transferfunktion T_3

Die Transferfunktion T_3 beschreibt das Übertragungsverhalten innerhalb der Gebäude vom Fundament auf die Geschossdecken schutzwürdiger Räume. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen im Hinblick auf die Störwirkung von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden sind die Schwingungseinwirkungen in der Raummitte maßgebend. Die Transferfunktion T_3 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 die jeweilige Konstruktionsweise der Decken.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen wird, analog zu T_2 -Funktion, auf allgemeine Erfahrungsgrundsätze zurückgegriffen. Die der Prognose zu Grunde gelegten Übertragungsfunktion ist als normierte Funktion in Anhang 2.5 grafisch und tabellarisch dargestellt. Die Berechnungen erfolgen für typische Geschossdeckenresonanzfrequenzen von Stahlbetondecken im Bereich zwischen 10 Hz und 80 Hz. Durch die getroffenen Annahmen wird die gesamte typische Bandbreite von Deckenspannweiten abgedeckt.

4.4 Immissionen

4.4.1 Erschütterungen

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

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die fahrzeugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt. Hinsichtlich der Erschütterungen ist bei der Ermittlung der Einwirkdauer das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß DIN 4150-2 /7/ zu beachten.

4.4.2 Sekundärer Luftschall

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall die Richtlinie 820.2050 der DB AG /8/ 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 Holzbalkendecken beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch die Straßenbahn, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

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

mit

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

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

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

Die Einwirkzeit des sekundären Luftschalls, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr), ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des Beurteilungszeitraumes verkehrenden Schienenfahrzeuge und deren geschwindigkeitsabhängiger Vorbeifahrzeit. 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 Vorbeifahrzeit berücksichtigt

$$T_e = 1,5 \cdot T_{ge} = 1,5 \cdot l \cdot 3,6 / v_{max}$$

mit

T_e Vorbeifahrzeit, [s]

l Zuglänge, [m]

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

Mit diesem Vorgehen wird gewährleistet, dass für jeden Vorbeifahrtsvorgang der energieäquivalente Mittelungspegel abgeschätzt wird

4.4.3 Betriebsparameter der Bahnstrecke

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Zugzahlen aus dem aktuellen Betriebsprogramm, für die Haltestelle Ober-Eschbach gültig ab dem 14.12.2025, zugrunde gelegt. Die Anzahl der verkehrenden Züge für den Prognose-Planfall beträgt für den Tag- und Nachtzeitraum:

$$N_{\text{Tag/Nacht}} = 135 / 27 \text{ Zügen}$$

Die Geschwindigkeit der Züge liegt, im zu untersuchenden Bereich, bei $v = 70 \text{ km/h} / 111/$.

5. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

In den so genannten „Einwirkungsmatrizen“ werden die Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} , die zur besseren Übersichtlichkeit mit einem Faktor 100 multipliziert wurden, und die Beurteilungspegel L_r für den Tagzeitraum in Abhängigkeit vom Abstand r und der Deckeneigenfrequenz f_0 eines schutzbedürftigen Raumes dargestellt. Diese ermöglichen es, die Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4150-2 bzw. nach 24. BImSchV an Gebäuden allgemein in Abhängigkeit des Abstandes zur nächstgelegenen Gleisachse und der entsprechenden Gebietseinstufung zu überprüfen. Grün hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Somit ist für diese schutzwürdigen Räume, die sich im entsprechenden Abstand befinden und die entsprechenden Deckeneigenfrequenzen aufweisen, kein weiterer Beurteilungsschritt, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} , erforderlich. Gelb kennzeichnet eine Überschreitung der A_w -Werte, sodass für diese schutzwürdige Räume der zweite Beurteilungsschritt erforderlich ist. Bei rot hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt.

5.1 Erschütterungen

Unter Berücksichtigung der standardisierten Erschütterungsemissionen und der typischen Übertragungsbedingungen ergeben sich maximale bewertete Schwingstärken im Tag- bzw. Nachtzeitraum, die in Anhang 3.1 bis 3.2 dargestellt sind.

In diesem Einwirkungsbereich weist der nächstgelegene Immissionsort „Adelhartstraße 27“ einen Abstand zur geplanten Stelle mit einer Schienenunterbrechung von

$$r_1 = 19 \text{ m}$$

auf.

Die übrigen Immissionsorte weisen etwas größere Abstände zu den geplanten Weichen auf. Dementsprechend sind dort geringere Immissionen als am Gebäude „Adelhartstraße 27“ zu erwarten.

Es ergeben sich somit für den Immissionsort „Adelhartstraße 27“ maximale bewertete Schwingstärken von bis zu

$$K_{B_{Tr, Tag/Nacht}} = 0,36 / 0,36.$$

Die gebietsspezifischen oberen Anhaltswerte von

$$A_{o, Tag/Nacht} = 3,00 / 0,60$$

werden demnach eingehalten. Die unteren Anhaltswerte von

$$A_{u, Tag/Nacht} = 0,15 / 0,10$$

werden hingegen überschritten. Somit ist ein weiterer Beurteilungsschritt, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $K_{B_{Tr}}$, erforderlich.

In Anhang 3.3 bis Anhang 3.4 sind die ermittelten Beurteilungsschwingstärken für den Tag- und nachtszeitraum dargestellt. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von bis zu

$$K_{B_{Tr, Tag/Nacht}} = 0,04 / 0,03.$$

Die Beurteilungsanhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete gemäß DIN 4150-2 von

$$A_{r, Tag/Nacht} = 0,07 / 0,05$$

werden demnach sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum unterschritten. Somit werden die Anforderungen der DIN 4150-2 bereits für den Prognose-Planfall eingehalten. Dementsprechend ist eine Prüfung auf wesentliche Erhöhung nicht erforderlich.

5.2 Sekundärer Luftschall

In Anhang 3.5 bis Anhang 3.6 sind die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall ausgewiesen. Für den Tagzeitraum wird der Immissionsrichtwert für eine Wohnnutzung und für den Nachtzeitraum für eine Nutzung als Schlafraum der Beurteilung zu Grunde gelegt. Somit gilt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ein Immissionsrichtwert von

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

Für ein Gebäude in 19,0 m Entfernung ergeben sich Beurteilungspegel tags bzw. nachts von bis zu

$$L_{r, Tag/Nacht} = 22,0 / 18,1 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Pegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum für alle Geschossdeckentypen deutlich.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben „U2-Verlängerung – 2. Planänderungsverfahren“ in Ober-Eschbach wurde geprüft, ob mögliche Konflikte aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall durch den


Straßenbahnbetrieb auf den zukünftigen Weichen der U2 entlang der Adelhartstraße zu erwarten sind. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Im Einwirkungsbereich des neu geplanten Gleisverlaufs wurden die Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude auf Grundlage von genormten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, typischer Gebäudeübertragungsfunktionen und des aktuellen Betriebsprogramms berechnet und gemäß den Anforderungen der DIN 4150-2 bzw. der 24. BImSchV beurteilt.
- Für die Gebäude im Plangebiet, die sich im Einwirkungsbereich des Bauvorhabens befinden, sind auch durch das Überfahren der Weichen keine Immissionskonflikte zu erwarten, da die Anhaltswerte der DIN 4150-2 im Prognose-Planfall sowohl am Tag- als auch im Nachtzeitraum unterschritten werden. Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungseinwirkungen sind somit nicht erforderlich.
- Hinsichtlich des sekundären Luftschalls unterschreiten die prognostizierten Beurteilungspegel für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen die gültigen Immissionsrichtwerte gemäß der 24. BImSchV sowohl am Tag als auch in der Nacht. Maßnahmen zur Reduzierung der sekundären Luftschallimmissionen sind somit nicht erforderlich.

AUFGESTELLT:

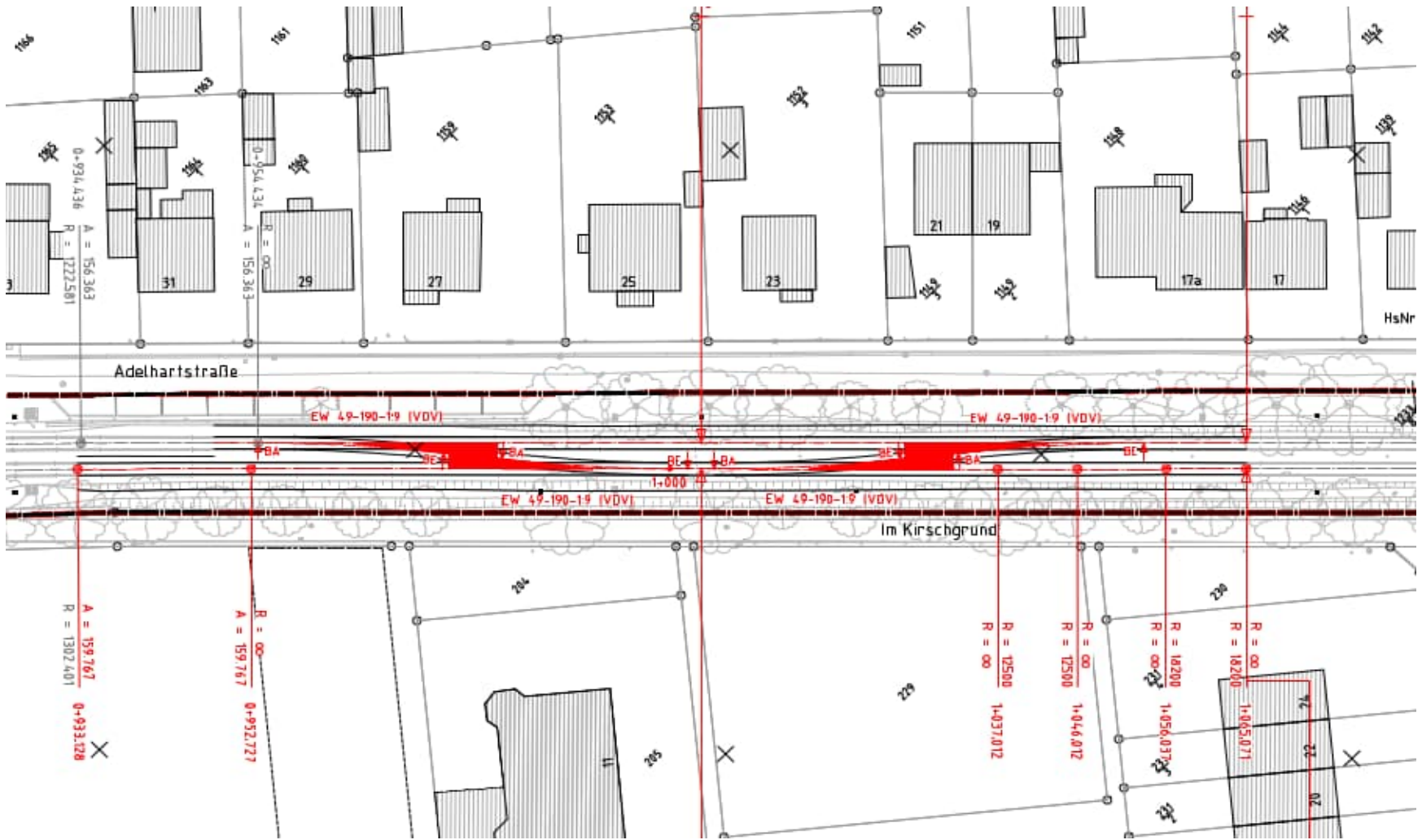

Matthias Jäger B. Eng.

GEPRÜFT UND FREIGEgeben:


Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ENDE DES BERICHTS

Übersichtslageplan



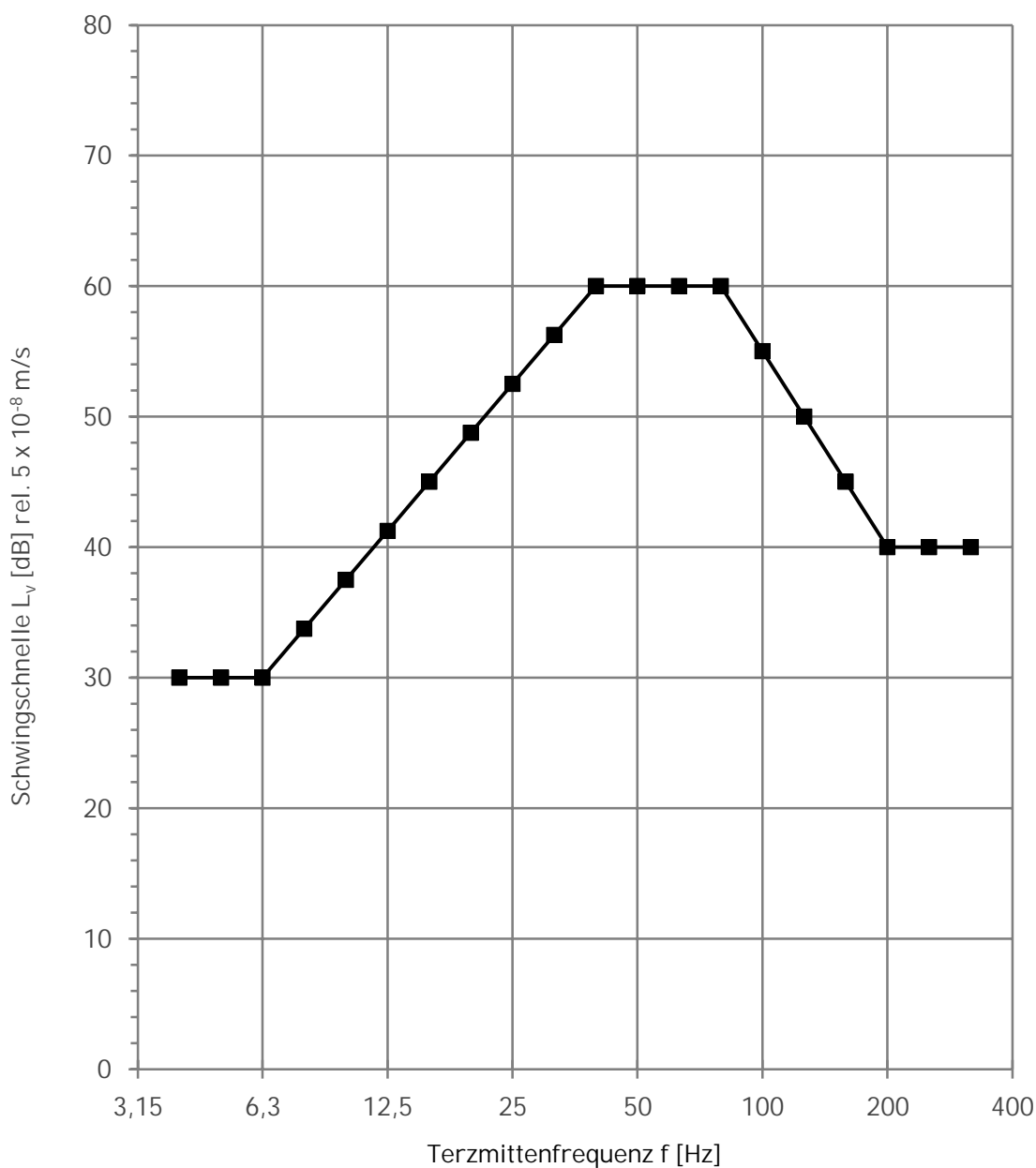
Emissionsspektrum Stadt- und Straßenbahnfahrzeuge

Quelle: Standardisiertes Emissionsspektrum auf Grundlage durchgeführter Erschütterungsmessungen an unterschiedlichen Oberbausystemen
 z. B. Feste Fahrbahn, Schottergleis usw.

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

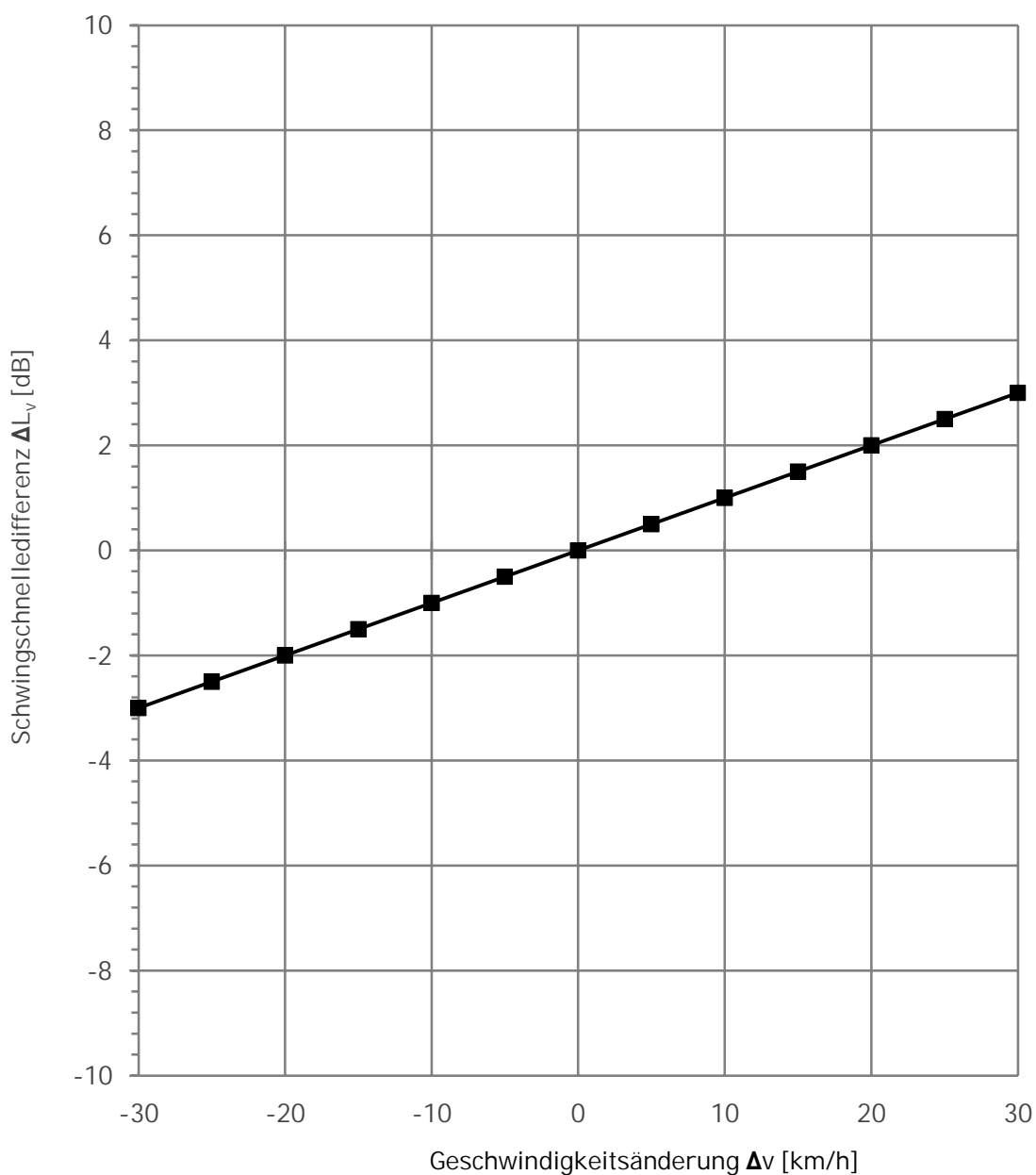
Geschwindigkeit

Quelle: empirisch

Bezugsspektrum: Ausgangsspektrum

Prognosespektrum: Prognosespektrum

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 |

Korrigiertes Emissionsspektrum

Prognose-Planfall

$v_{\max} = 70 \text{ km/h}$

| Korrekturen | | | Ausgangsspektrum | Prognosespektrum |
|-------------|-----------|-------------------------|------------------|------------------|
| K1 | Betrieb | Zuggattung | Straßenbahn | Straßenbahn |
| K2 | | Geschwindigkeit | 50 km/h | 70 km/h |
| K3 | Fahrweg | Kurvenbereich | Nein | Nein |
| K4 | | Weichenbereich | Nein | Nein |
| K5 | | Überlaufherzstück | Nein | Ja |
| K6 | | Überlaufherzstück Bogen | Nein | Nein |
| K7 | | Gleiskreuzung | Nein | Nein |
| K8 | | Einschnitt/Damm | Nein | Nein |
| K9 | | Oberbau | Standard | Standard |
| K10 | | Emissionspunkt | 8 m Punkt | 8 m Punkt |
| K11 | Maßnahmen | | | |
| 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 | 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 | Σ |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| L_{K1} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L_{K2} | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | |
| L_{K3} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L_{K4} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L_{K5} | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | |
| 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 | 32,0 | 32,0 | 32,0 | 35,8 | 39,5 | 43,3 | 47,0 | 50,8 | 56,5 | 62,3 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 63,0 | 58,0 | 53,0 | 48,0 | 48,0 | 48,0 | 74,9 |

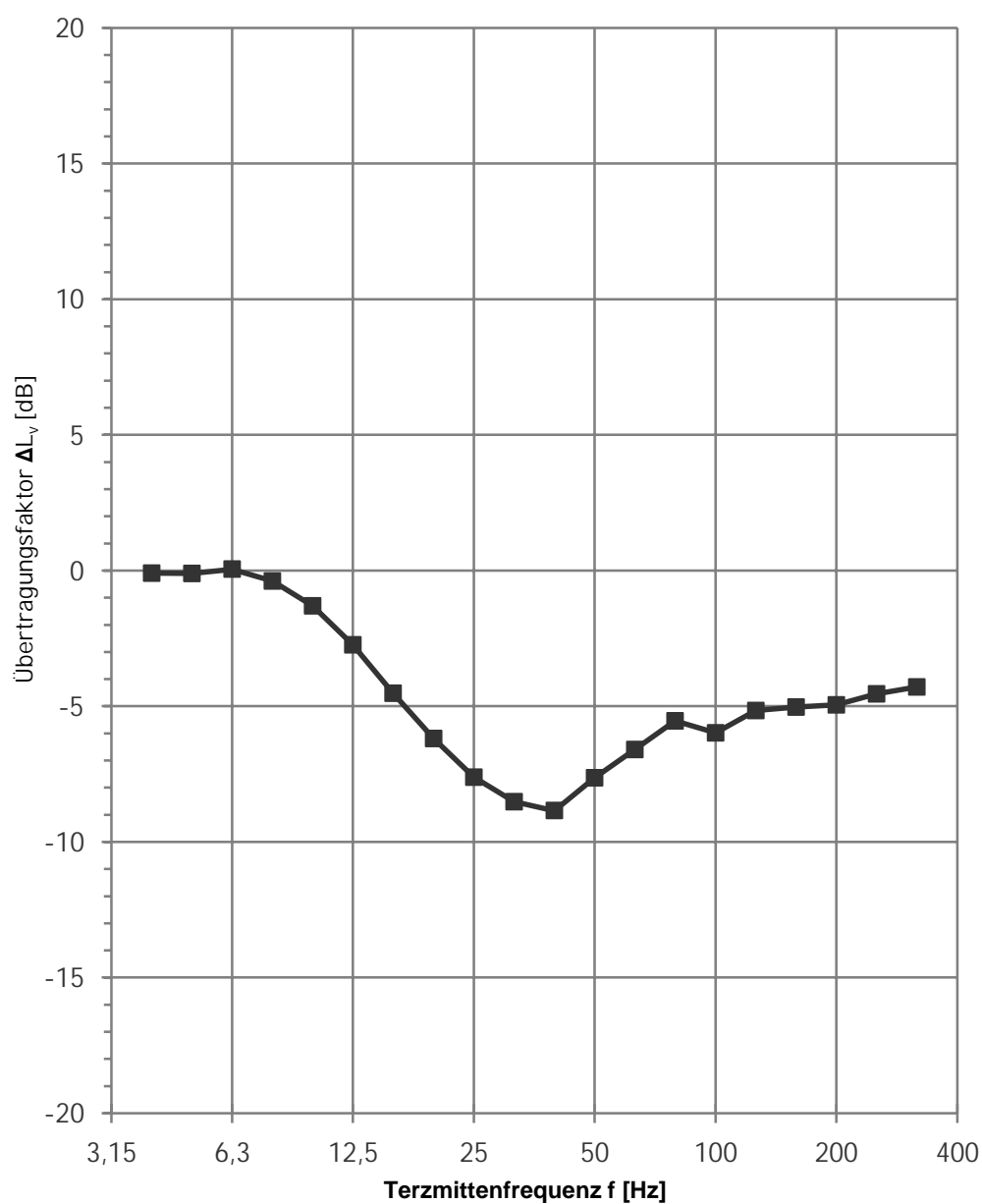
Übertragungsfunktion Erdreich - Fundament (T2)

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

Gebäudetyp: Einfamilienhäuser

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwerte



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

Übertragungsfunktion

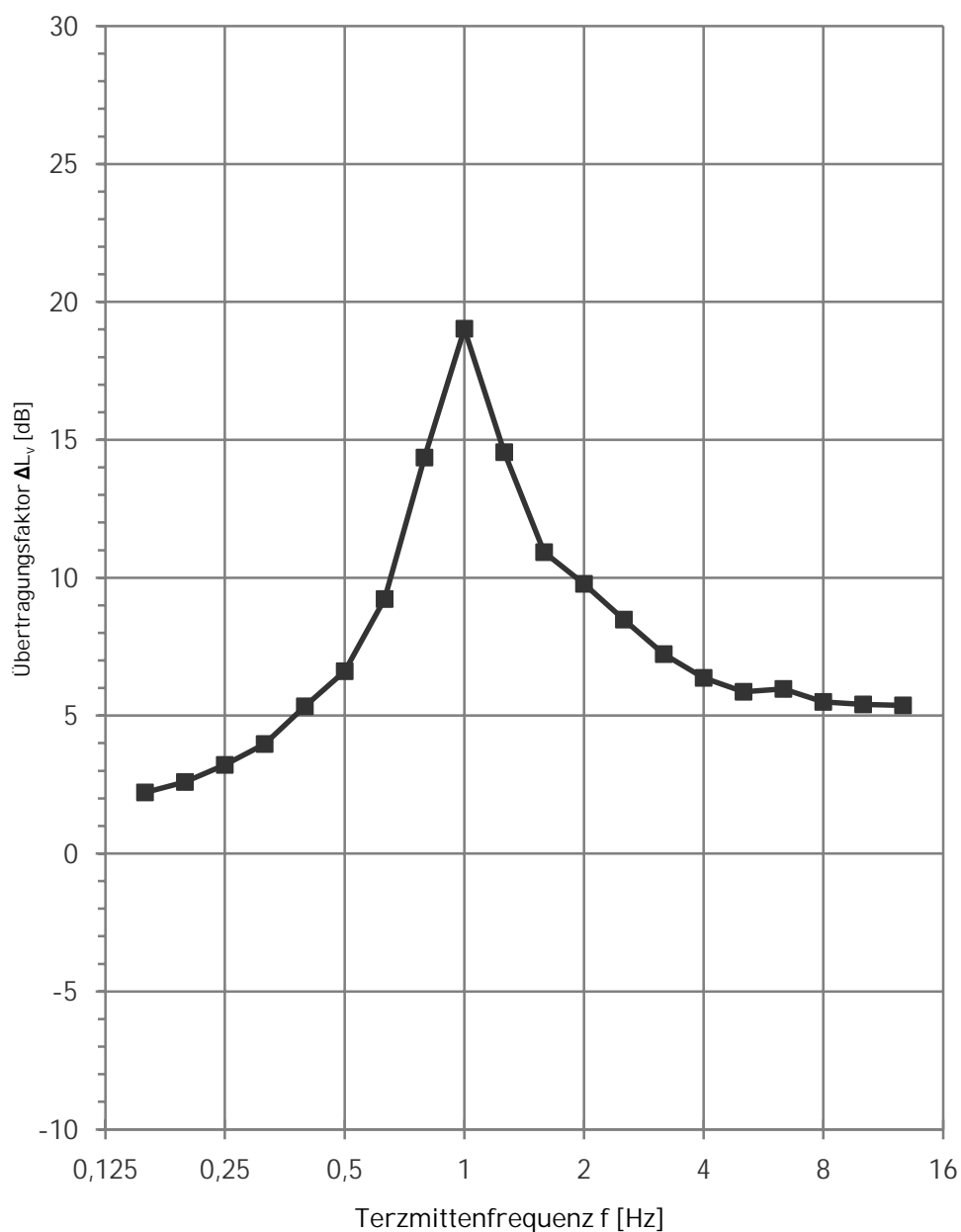
Fundament - Geschossdecke (T3)

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

Deckenart: Stahlbetondecke

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



| ΔL_v [dB] | f/f_0 [-] |
|----------------------|----------------|
| 2,2 | 0,16 |
| 2,6 | 0,2 |
| 3,2 | 0,25 |
| 4,0 | 0,32 |
| 5,3 | 0,4 |
| 6,6 | 0,5 |
| 9,2 | 0,64 |
| 14,4 | 0,8 |
| 19,0 | 1 |
| 14,6 | 1,26 |
| 10,9 | 1,6 |
| 9,8 | 2 |
| 8,5 | 2,52 |
| 7,2 | 3,2 |
| 6,4 | 4 |
| 5,9 | 5 |
| 6,0 | 6,4 |
| 5,5 | 8 |
| 5,4 | 10 |
| 5,4 | 12,6 |

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}

Tagzeitraum

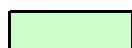
Querschnitt: Adelhartsstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 A_u : 0,15 A_0 : 3,00

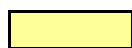
KB_{Fmax} in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

| Abstand r | Deckeneigenfrequenzen [Hz] | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| [m] | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| 11 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,32 | 0,38 | 0,47 | 0,61 | 0,68 | 0,72 | 0,70 |
| 12 | 0,22 | 0,23 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,43 | 0,55 | 0,61 | 0,65 | 0,63 |
| 13 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,39 | 0,50 | 0,55 | 0,59 | 0,57 |
| 14 | 0,18 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,36 | 0,46 | 0,51 | 0,53 | 0,52 |
| 15 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,33 | 0,42 | 0,46 | 0,49 | 0,47 |
| 16 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,30 | 0,39 | 0,43 | 0,45 | 0,43 |
| 17 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,40 |
| 18 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,37 |
| 19 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,24 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,34 |
| 20 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,32 | 0,33 | 0,31 |
| 21 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,21 | 0,27 | 0,30 | 0,31 | 0,29 |
| 22 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,27 |
| 23 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,19 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,25 |
| 24 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| 25 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,17 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,22 |
| 26 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,21 |
| 27 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,20 |
| 28 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,19 |
| 29 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,18 |
| 30 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,17 |
| 31 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,16 |
| 32 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,15 |
| 33 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,14 |
| 34 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,13 |
| 35 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,13 |

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der untere Anhaltswert A_u wird eingehalten oder unterschritten,
 die Anforderungen der DIN 4150-2 sind im 1. Beurteilungsschritt erfüllt.



Der untere Anhaltswert A_u wird überschritten,
 die Prüfung im 2. Beurteilungsschritt ist erforderlich.



Der obere Anhaltswert A_0 wird überschritten,
 die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}

Nachtzeitraum

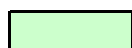
Querschnitt: Adelhartsstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 A_u : 0,10 A_0 : 0,60

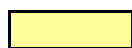
KB_{Fmax} in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

| Abstand r | Deckeneigenfrequenzen [Hz] | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| [m] | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| 11 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,32 | 0,38 | 0,47 | 0,61 | 0,68 | 0,72 | 0,70 |
| 12 | 0,22 | 0,23 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,43 | 0,55 | 0,61 | 0,65 | 0,63 |
| 13 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,39 | 0,50 | 0,55 | 0,59 | 0,57 |
| 14 | 0,18 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,36 | 0,46 | 0,51 | 0,53 | 0,52 |
| 15 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,33 | 0,42 | 0,46 | 0,49 | 0,47 |
| 16 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,30 | 0,39 | 0,43 | 0,45 | 0,43 |
| 17 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,40 |
| 18 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,37 |
| 19 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,24 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,34 |
| 20 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,32 | 0,33 | 0,31 |
| 21 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,21 | 0,27 | 0,30 | 0,31 | 0,29 |
| 22 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,27 |
| 23 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,19 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,25 |
| 24 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| 25 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,17 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,22 |
| 26 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,21 |
| 27 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,20 |
| 28 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,19 |
| 29 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,18 |
| 30 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,17 |
| 31 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,16 |
| 32 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,15 |
| 33 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,14 |
| 34 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,13 |
| 35 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,13 |

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der untere Anhaltswert A_u wird eingehalten oder unterschritten,
 die Anforderungen der DIN 4150-2 sind im 1. Beurteilungsschritt erfüllt.



Der untere Anhaltswert A_u wird überschritten,
 die Prüfung im 2. Beurteilungsschritt ist erforderlich.



Der obere Anhaltswert A_0 wird überschritten,
 die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$

Prognose-Planfall

Tagzeitraum

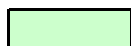
Querschnitt: Adelhartsstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 A_r : 0,07

$KB_{FT,r}$ in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

| Abstand r | Deckeneigenfrequenzen [Hz] | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| [m] | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| 11 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 |
| 12 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| 13 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 14 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 15 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 16 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 17 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 |
| 18 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| 27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| 31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| 32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



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

Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$

Prognose-Planfall

Nachtzeitraum

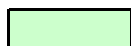
Querschnitt: Adelhartsstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 A_r : 0,05

$KB_{FT,r}$ in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

| Abstand r | Deckeneigenfrequenzen [Hz] | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| [m] | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| 11 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 12 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 |
| 13 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 14 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 15 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 16 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 17 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 18 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| 28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



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

Beurteilungspegel L_r

Prognose-Planfall

Tagzeitraum

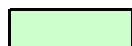
Querschnitt: Adelhartstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 Immissionsrichtwert: 40 dB(A)

L_r in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

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

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert IRW wird eingehalten oder unterschritten,
 die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



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

Sekundärer Luftschall Beurteilungspegel L_r

Prognose-Planfall Nachtzeitraum

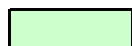
Querschnitt: Adelhartstraße
 Strecke: U2
 Ort: Ober-Eschbach
 Gebäudeabstand ab: 19 m

Schutzmaßnahme: ohne Maßnahme
 Gebietsnutzung: Wohngebiet
 Deckenart: Stahlbetondecke
 Immissionsrichtwert: 30 dB(A)

L_r in Abhängigkeit des Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden

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

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert IRW wird eingehalten oder unterschritten,
 die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



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