



zertifiziert durch
TÜV Rheinland
Certipedia-ID 0000021410
www.certipedia.de

VMPA Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109



Bauphysikalische Beratung
Thermische Bauphysik, Bau- & Raumakustik
Wärme- & Feuchteschutz, Bauwerksabdichtung
Bauphysikalische Messungen, Simulationen
Tageslichtsimulation, Verschattungsanalysen
Lärm-, Schallimmissions- & Erschütterungsschutz
Körperschall- & Schwingungsisolierung
Altbau- & Gebäudesanierung, Nachhaltiges Bauen
Energieberatung, Energiekonzepte

STUDENTENWOHNHEIM HAITZINGER STRASSE

Haitzinger Straße | 94032 Passau

Schwingungstechnische Untersuchung

Prognoseberechnung der zu erwartenden Erschütterungen und des sekundären Körperschalls durch oberirdischen Schienenverkehr

Auf Basis von Messungen im Freifeld

NR. 939122 / 140567-1

AUFTRAGGEBER/ BAUEHRR

Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Maximiliansplatz 12b
80333 München

ARCHITEKT

Friedl und Partner Architekten GbR
Dr.-Hans-Kapfinger-Straße 14a
94032 Passau

BEARBEITER

Christoph Wagner, M. Sc.
Dipl.-Ing. (FH) Simon Albert

München, 22.11.2022

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| 1. Aufgabenstellung | 3 |
| 2. Grundlagen und Normen | 4 |
| 3. Beurteilungsgrößen für Erschütterungseinwirkungen..... | 5 |
| 3.1. Erhebliche Belästigungen (BlmSchG)..... | 6 |
| 3.2. Störungen im Umfeld Wohnen (subjektives Empfinden) | 8 |
| 3.3. Sekundärer Luftschall durch Körperschallabstrahlung | 8 |
| 4. Erschütterungsmessungen | 9 |
| 5. Messergebnisse | 10 |
| 6. Verfahren der Prognoseberechnung..... | 12 |
| 6.1. Berechnungsparameter | 13 |
| 6.1.1. Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudfundament | 13 |
| 6.1.2. Deckeneigenfrequenz..... | 13 |
| 6.1.3. Bodeneigenfrequenz..... | 13 |
| 6.1.4. Verkehrshäufigkeit..... | 14 |
| 6.2. Zusatzmaßnahmen..... | 14 |
| 7. Schlussbemerkung | 17 |
| Anlagen | 17 |

1. Aufgabenstellung

Der Neubau eines Studentenwohnheims mit 6 Stockwerken in der Haitzinger Straße in Passau liegt direkt an den Gleisanlagen. Aufgrund der Nähe zu den Gleisanlagen sollen die im geplanten Gebäude zu erwartenden Erschütterungs- und Schallimmissionen durch Körperschallabstrahlung (Sekundärschall) im Vorfeld ermittelt werden. Hierfür werden zunächst Erschütterungsmessungen auf dem geplanten Baugelände durchgeführt. Anschließend werden, ausgehend von diesen Messwerten, die im Neubau zu erwartenden Immissionen berechnet.

Die Beurteilung dieser Rechenwerte erfolgt durch den Vergleich mit den Anforderungen aus der DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ und in Anlehnung an die Immissionsrichtwerte nach TA-Lärm.

Falls diese Anhaltswerte überschritten werden, so werden zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsimmisionen vorgeschlagen.

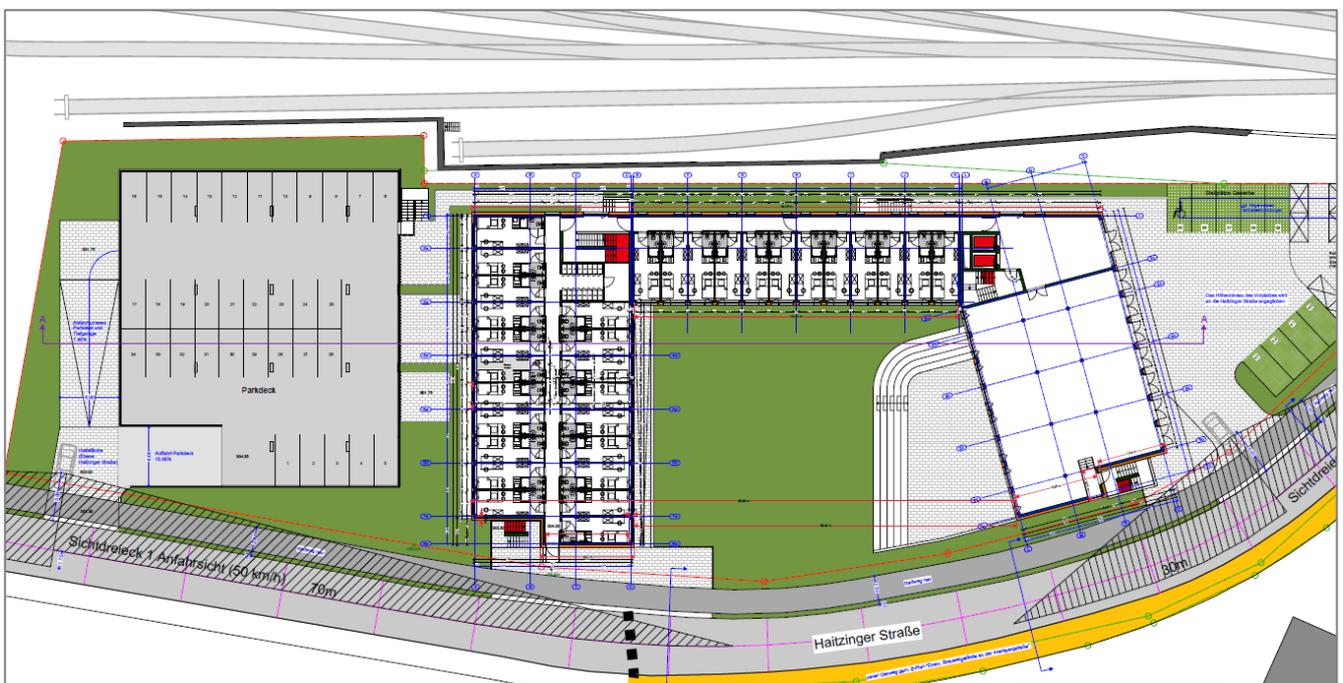


Abbildung 1: Grundriss EG

2. Grundlagen und Normen

- [1] DIN 45669-1: 2010-09:
Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser,
Anforderungen, Prüfung
- [2] DIN 45669-2: 2005-06:
Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren
- [3] DIN 4150-1: 2001-06
Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung der Schwingungsgrößen
- [4] DIN 4150-2: 1999-06:
Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [5] Krüger u. a., Schall- und Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, Expert
Verlag, Band 565
- [6] VDI 2716: Luft- und Körperschall bei Schienenbahnen des öffentlichen
Nahverkehrs
- [7] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen
- [8] TA-Lärm, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Sechste Allgemeine
Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26. August 1998
- [9] Zughäufigkeiten nach Angaben der Deutschen Bahn
Zugdaten Strecke 5845 und 5830 | 2016 und Prognose 2025
- [10] Planunterlagen, Stand 16.06.2022 | 13.06.2022, Maßstab 1:100

3. Beurteilungsgrößen für Erschütterungseinwirkungen

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2. Zweck dieser Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Sie enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Mithilfe des in dieser Norm beschriebenen Beurteilungsverfahrens können beliebige periodische und nichtperiodische Schwingungsimmissionen beurteilt werden.

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das Schnellesignal der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ herangezogen.

Daraus wird das frequenzbewertete Erschütterungssignal $KB(t)$ gebildet, das die geringere Empfindlichkeit des Menschen bei Erschütterungseinwirkungen unter $f \sim 10$ Hz näherungsweise berücksichtigt. Die Gleichung für den Amplitudenfrequenzgang nach DIN 45669-1 lautet:

$$|H_{KB}(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}} \quad (1)$$

mit $f_0 = 5,6$ Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses)

Die relevante Messgröße ist das zeitbewertete Erschütterungssignal, das mit der Zeitbewertung „Fast“ (0,125 s) gebildet wird. Sie wird als bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ bezeichnet und stellt den gleitenden Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals dar.

Die Messdauer wird in Takte zu je 30 s Länge eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke KB_{FTi} zugeordnet. Der Index i markiert die Takt Nummerierung. Abbildung 1 veranschaulicht das Prinzip.

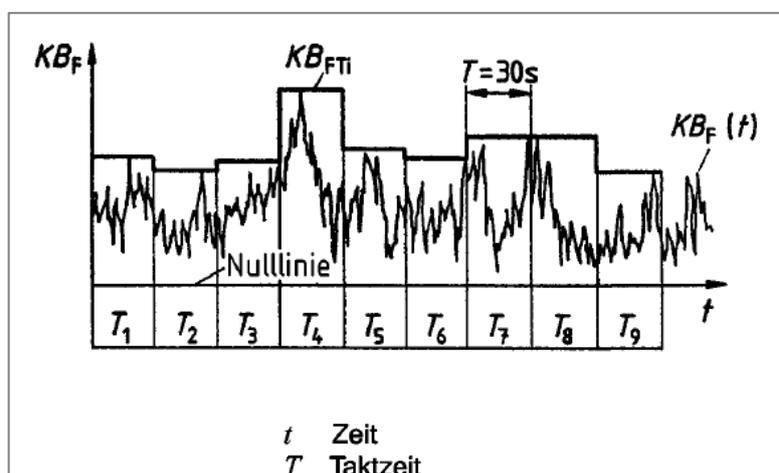


Abbildung 2 [DIN 4150-2, Bild 1]: Ermittlung der Taktmaximalwerte KB_{FTi}

3.1. Erhebliche Belästigungen (BlmSchG)

Die erste für die Beurteilung nach DIN 4150-2 relevante Größe ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} , der während der Beurteilungszeit einmalig oder wiederholt auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

Liegt dieser Höchstwert über dem entsprechenden Anhaltswert, so sind zusätzlich die Taktmaximalwerte KB_{FTi} für jede Zugfahrt zu ermitteln. Über die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte wird anschließend der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} , der eine bestimmte Zuggattung kennzeichnet, errechnet.

Aus diesen Taktmaximal-Effektivwerten werden unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Zugfahrten und unter Bezug auf die Beurteilungszeiten T_r (tags 16 h, nachts 8 h) die Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} ermittelt. Das dazu nötige Rechenverfahren ist anwendungsabhängig der DIN 4150-2 zu entnehmen.

Die Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} stellen die zweite Beurteilungsgröße dar.

Das folgende Flussdiagramm verdeutlicht das Beurteilungsverfahren.

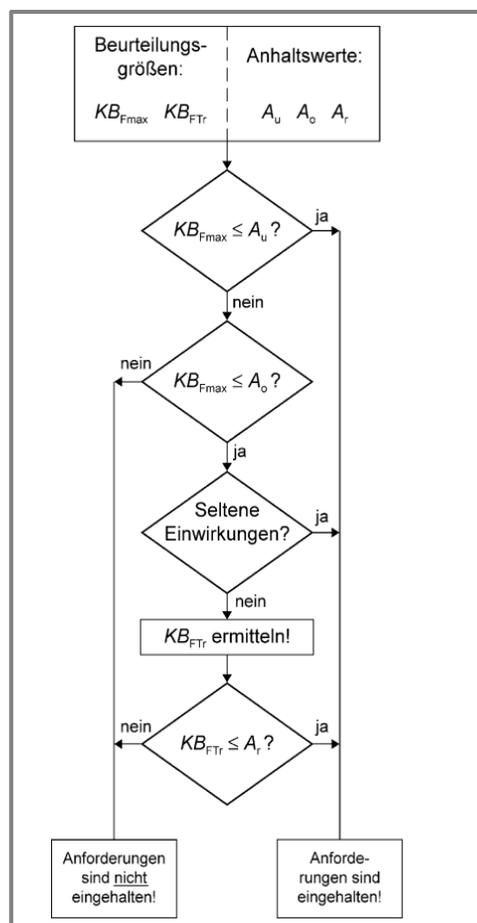


Abbildung 3 [DIN 4150-2, Bild 2]: Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren

Das Flussdiagramm beschreibt, wie die Beurteilungsgrößen Schwingstärke KB_{Fmax} , KB_{FTT} zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen mit den Anhaltswerten A_o , A_u oder A_r der folgenden Tabelle verglichen werden.

Tabelle 1 [DIN 4150-2, Tabelle 1]: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

| 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 Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO) | 0,4 | 6 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,15 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (Vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO) | 0,3 | 6 | 0,15 | 0,2 | 0,4 | 0,1 |
| 3 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO) | 0,2 | 5 | 0,1 | 0,15 | 0,3 | 0,07 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO) | 0,15 | 3 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,05 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen. | 0,1 | 3 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,05 |

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

Für das Baugebiet gelten aufgrund der Lage die nachfolgenden Anhaltswerte nach Tabelle 1 Zeile 4:

- tags: $A_u = 0,15$ $A_o = 3,00$ $A_r = 0,07$
- nachts: $A_u = 0,10$ $A_o = 0,20$ $A_r = 0,05$

Hinweis:

Definierte Werte für urbane Gebiete liegen nicht vor. Es wird entsprechend allgemeiner Wohngebiete beurteilt.

Der obere Anhaltswert nachts beträgt bei Erschütterungen durch oberirdischen Schienenverkehr abweichend von den Tabellenwerten $A_o = 0,6$.

Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten, und damit implizit auch bei der Planung von Gebäuden, sollen diese Anhaltswerte eingehalten werden. Bei Nachmessungen dürfen die Anhaltswerte für A_u und A_r jedoch bei oberirdischen Strecken, die ausschließlich dem öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV) vorbehalten sind, um den Faktor 1,5 angehoben werden.

Liegen die Erschütterungen unter diesen Werten, so werden erhebliche Belästigungen im Sinne des BImSchG durch Erschütterungseinwirkungen vermieden. Weitere Angaben zur Bildung der Beurteilungsgrößen sind im Anlagenteil B enthalten.

3.2. Störungen im Umfeld Wohnen (subjektives Empfinden)

Hinweise zur subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungseinwirkungen gibt die DIN 4150: „Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt die Größe KB_{Fmax} . Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB = 0,1$ und $KB = 0,2$. In der Umgebungssituation Wohnung, werden auch bereits gerade spürbare Erschütterungen als störend empfunden. Erschütterungseinwirkungen um $KB = 0,3$ werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und entsprechend stark störend wahrgenommen“.

Im Rahmen der vorliegenden Prognose werden die Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} anstatt von KB_{Fmax} ermittelt. Liegen diese Werte einer Zuggattung über 0,2, so werden Maßnahmen zur Erschütterungsreduzierung empfohlen, um „störende“ Immissionen zu vermeiden.

3.3. Sekundärer Luftschall durch Körperschallabstrahlung

Für die Bewertung der Störgeräusche durch die sekundäre Luftschallabstrahlung von Schienenverkehrserschütterungen existieren keine expliziten Normen. Bei der Neuplanung von Gebäuden neben bestehenden Bahnstrecken werden daher zur Orientierung Richtlinien aus anderen schalltechnischen Bereichen verwendet, deren Ziel beim Luftschall-Immissionsschutz und beim Schutz vor Körperschallübertragung aus fremden Betrieben die Vermeidung unzumutbarer Belästigungen ist:

Tabelle 2: Anhaltswerte im Inneren für Geräusche durch Körperschallabstrahlung, Sekundärschall

| Raumart | | $L_{AFmax,mittel}$ [dB-A] | | L_{AFm} [dB-A] Geräusche aus Gewerbe- betrieben (TA-Lärm + DIN 4109) |
|--|--------|---------------------------|--|---|
| | | (VDI 2719) | Einzelne kurzzeitige Geräusch- spitzen (TA-Lärm) | |
| Schlafraum, Wohngebiet - übrige Gebiete | nachts | 35-40 | 35 | 25 |
| | nachts | 40-45 | | |
| Wohnräume, Wohngebiet - übrige Gebiete | tags | 40-45 | 45 | 35 |
| | tags | 45-50 | | |
| Arbeitsräume - Bibliotheken, ruhebedürftige Einzelbüros, Unterrichts- Arbeits- Konferenz- Vortragsräume - Büros für mehrere Personen - Großraumbüros, Schalter- und Arbeitsräume | tags | 40-50 | 45 | 35 |
| | tags | 45-50 | | |
| | tags | 50-60 | | |
| | tags | | | |

Die aus der Tabelle abgeleiteten Schalldruckpegel sind keine verbindlichen Grenzwerte. Sie dienen bei der Bewertung von Sekundärschall durch Schienenverkehr nur als Indikator und werden im Weiteren als Immissionsrichtwerte bezeichnet.

4. Erschütterungsmessungen

Die Erschütterungsmessung wurde am 08.09.2022 zwischen 11:30 Uhr und 14:40 Uhr durchgeführt. Die Lage der einzelnen Messpunkte, jeweils Bodenniveau, und die zugehörigen Sensoren sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet:

Tabelle 3: Lage der Messpunkte

| Messpunkt | Lage | Oberfläche | Ankoppelung | Sensor | Vorverstärker | Richtung | Kanal |
|-----------|----------------------------|---------------|-------------|----------------|---------------|----------|-------|
| MP 0 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 073 | QV30F | vert. z | K0 |
| MP 1 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 027 | QV30F | vert. z | K1 |
| MP 2 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 017 | QV30F | vert. z | K2 |
| MP 3 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | KB 12 107 | QV30F | vert. z | K3 |
| MP 4 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KB 12 108 | 2635 | vert. z | K4 |
| MP 5 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KB 12 109 | QV30F | vert. z | K5 |
| MP 6 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KD 44 2042 | QV30F | vert. z | K6 |
| MP 7 | Gebäudeaußenkante Süd | Pflasterstein | DIN 45669 | 4378 2071806 | 2635 | vert. z | K7 |
| MP 8 | Gebäudeaußenkante Parkhaus | Pflasterstein | DIN 45669 | 4370 1724150 | 2635 | vert. z | K8 |

Bei den Messungen wurden die Erschütterungsimmissionen von 23 Zugfahrten aufgezeichnet. Die Messwerte sind tabellarisch in den Anlagen A.3 bis A.7 aufgelistet. Die weiteren Angaben zur Durchführung der Messung und zu den verwendeten Messgeräten sind in im Anlagenteil A.1 enthalten.

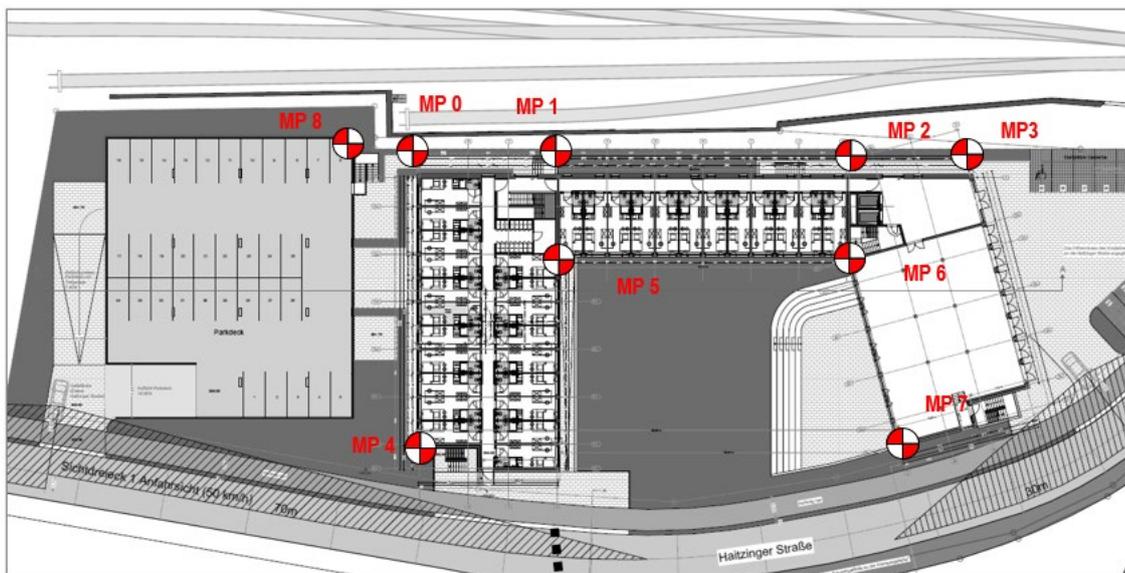


Abbildung 4: Lage der Messpunkte

5. Messergebnisse

Insgesamt wurden die Erschütterungseinwirkungen von 26 Zugfahrten gemessen. Die Güterzüge wurden je Fahrtrichtung separat ermittelt. Bei den Regio und ICE wurden beide Fahrtrichtungen auf eine Schicht zusammengefasst. Bei den Messpunkten MP 6 – MP 8 wurden teilweise unterhalb von 10 Hz ein starkes Rauschen der Sensoren selbst aufgezeichnet. Bei den Messergebnissen wurde dieser Frequenzbereich teilweise ausgeblendet.

In Tabelle 4 sind die Messergebnisse der einzelnen Zugfahrten aufgelistet.

Tabelle 4: Messergebnisse

| Mess - Nr. | Zeit | Zug-Gattung | Schicht | Gleis | KB_{FTi} | | | | |
|--------------------|----------|-------------|---------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | $K0$ | $K1$ | $K2$ | $K3$ | $K4$ |
| | | | | | MP 0 | MP 1 | MP 2 | MP 3 | MP 4 |
| 1 | 11:59:29 | Güterzug | 1 | - | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,008 | 0,009 |
| 2 | 12:02:25 | ICE | 4 | - | 0,006 | 0,011 | 0,011 | 0,007 | 0,013 |
| 3 | 12:07:21 | Güterzug | 1 | < | 0,006 | 0,014 | 0,017 | 0,012 | 0,006 |
| 4 | 12:18:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,010 | 0,010 | 0,005 | 0,005 |
| 5 | 12:20:17 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,010 | 0,006 | 0,007 |
| 6 | 12:26:17 | Güterzug | 2 | > | 0,007 | 0,016 | 0,014 | 0,007 | 0,009 |
| 7 | 12:29:45 | Güterzug | 1 | < | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,008 |
| 8 | 12:37:21 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,009 | 0,011 | 0,009 | 0,005 |
| 9 | 12:50:57 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,011 | 0,014 | 0,011 | 0,005 |
| 10 | 13:01:21 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,004 |
| 11 | 13:01:53 | ICE | 4 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,009 | 0,007 | 0,011 |
| 12 | 13:10:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,013 | 0,012 | 0,011 | 0,008 |
| 13 | 13:15:13 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,003 |
| 14 | 13:18:09 | Güterzug | 1 | < | 0,012 | 0,019 | 0,017 | 0,014 | 0,008 |
| 15 | 13:20:41 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,006 |
| 16 | 13:27:48 | Güterzug | 1 | < | 0,009 | 0,017 | 0,017 | 0,015 | 0,005 |
| 17 | 13:40:37 | Regio | 3 | <> | 0,008 | 0,014 | 0,008 | 0,006 | 0,005 |
| 18 | 13:44:05 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,008 | 0,013 |
| 19 | 13:45:17 | Güterzug | 1 | < | | | 0,014 | 0,009 | 0,013 |
| 20 | 13:51:25 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,006 | 0,005 |
| 21 | 14:06:29 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,014 | 0,014 | 0,008 | 0,008 |
| 22 | 14:12:45 | Güterzug | 2 | > | 0,004 | 0,010 | 0,018 | 0,012 | 0,005 |
| 23 | 14:16:37 | Güterzug | 2 | > | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,006 | 0,005 |
| 24 | 14:24:37 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,018 | 0,019 | 0,014 | 0,008 |
| 25 | 14:28:53 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,013 | 0,010 | 0,007 | 0,008 |
| 26 | 14:31:09 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,012 | 0,013 | 0,011 | 0,006 |
| Maximalwert | | | | | 0,012 | 0,019 | 0,019 | 0,015 | 0,013 |

| Mess - Nr. | Zeit | Zug-Gattung | Schicht | Gleis | KB _{FTi} | | | | |
|--------------------|----------|-------------|---------|-------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | K0 | K1 | K2 | K3 | K4 |
| | | | | | MP 0 | MP 1 | MP 2 | MP 3 | MP 4 |
| 1 | 11:59:29 | Güterzug | 1 | - | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,008 | 0,009 |
| 2 | 12:02:25 | ICE | 4 | - | 0,006 | 0,011 | 0,011 | 0,007 | 0,013 |
| 3 | 12:07:21 | Güterzug | 1 | < | 0,006 | 0,014 | 0,017 | 0,012 | 0,006 |
| 4 | 12:18:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,010 | 0,010 | 0,005 | 0,005 |
| 5 | 12:20:17 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,010 | 0,006 | 0,007 |
| 6 | 12:26:17 | Güterzug | 2 | > | 0,007 | 0,016 | 0,014 | 0,007 | 0,009 |
| 7 | 12:29:45 | Güterzug | 1 | < | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,008 |
| 8 | 12:37:21 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,009 | 0,011 | 0,009 | 0,005 |
| 9 | 12:50:57 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,011 | 0,014 | 0,011 | 0,005 |
| 10 | 13:01:21 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,004 |
| 11 | 13:01:53 | ICE | 4 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,009 | 0,007 | 0,011 |
| 12 | 13:10:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,013 | 0,012 | 0,011 | 0,008 |
| 13 | 13:15:13 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,003 |
| 14 | 13:18:09 | Güterzug | 1 | < | 0,012 | 0,019 | 0,017 | 0,014 | 0,008 |
| 15 | 13:20:41 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,006 |
| 16 | 13:27:48 | Güterzug | 1 | < | 0,009 | 0,017 | 0,017 | 0,015 | 0,005 |
| 17 | 13:40:37 | Regio | 3 | <> | 0,008 | 0,014 | 0,008 | 0,006 | 0,005 |
| 18 | 13:44:05 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,008 | 0,013 |
| 19 | 13:45:17 | Güterzug | 1 | < | | | 0,014 | 0,009 | 0,013 |
| 20 | 13:51:25 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,006 | 0,005 |
| 21 | 14:06:29 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,014 | 0,014 | 0,008 | 0,008 |
| 22 | 14:12:45 | Güterzug | 2 | > | 0,004 | 0,010 | 0,018 | 0,012 | 0,005 |
| 23 | 14:16:37 | Güterzug | 2 | > | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,006 | 0,005 |
| 24 | 14:24:37 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,018 | 0,019 | 0,014 | 0,008 |
| 25 | 14:28:53 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,013 | 0,010 | 0,007 | 0,008 |
| 26 | 14:31:09 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,012 | 0,013 | 0,011 | 0,006 |
| Maximalwert | | | | | 0,012 | 0,019 | 0,019 | 0,015 | 0,013 |

Das energetische Mittel der frequenzabhängigen Messwerte des Schwinggeschwindigkeits-Pegels L_v sind in Abbildung 5 für alle Schichten dargestellt.

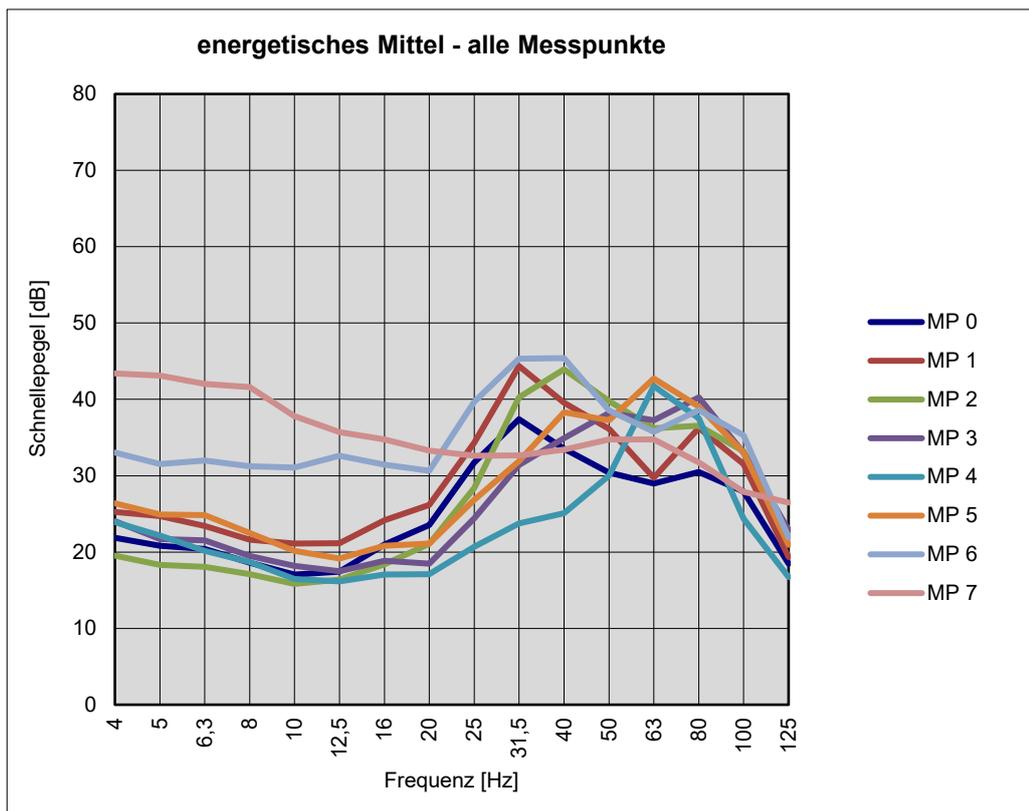
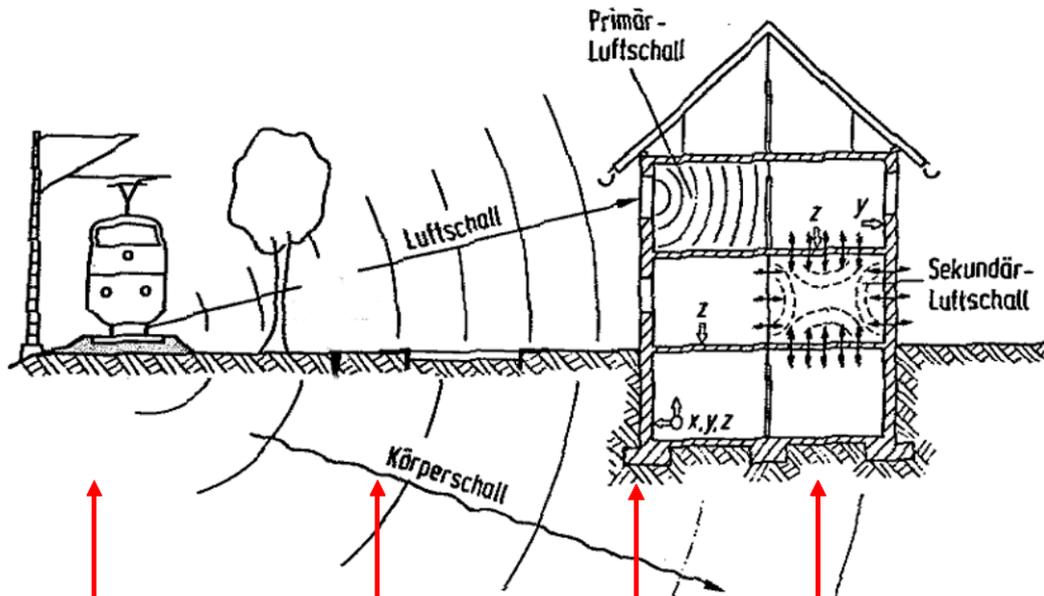


Abbildung 5: Messergebnisse energetisches Mittel

6. Verfahren der Prognoseberechnung

Die Prognoseberechnung basiert auf folgendem System:



| Teil-system | Emissions-system | Transmissions-system | Primäres Immissionssystem | Sekundäres Immissionssystem | Beurteilungs-system |
|-------------|--|---|---|--|--|
| Parameter: | Gleise Gleisunterbau Weichen Bahnübergang Brücken Zuggattungen Fahrgeschwindigkeiten | Bodeneigenschaften Schichtung Grundwasser Oberflächengeometrie Einbauten Einschnitt / Damm | Bauwerks/Bodeneigenfrequenz Art der Gründung Tiefe der Gründung Abschirmungen (Schlitze, Schlitzwand) elastische Gebäudelagerungen | Bauweise, Massiv/Skelettbau Stockwerks- und Gebäudehöhe Spannweiten, Deckeneigenfrequenzen Estricheigenfrequenzen Bodenbeläge | DIN 4150-2 DIN 4150-3 TA-Lärm DIN 4109 sonstige (objektspezifisch) |
| Ver-fahren: | Erschütterungsmessungen Freifeld im Bereich der geplanten Bebauung nach DIN 45664 DIN 45669 DIN 45672 | Auswertung Scherwellengeschwindigkeit; Auswertung Baugrundgutachten | Abschätzungen auf Grundlage von DIN 4150-1, Literatur- und Erfahrungswerten | Berechnung der Eigenfrequenzen, Decken, Estriche, Berechnung der Übertragungswerte | Beurteilung der Rechenwerte durch Vergleich mit den Anforderungen |

Grundlagen der Berechnungen sind theoretische Ansätze, unter Berücksichtigung von empirisch gewonnenen und nach den Regeln der Statistik aufbereiteten Daten.

Das Berechnungsverfahren ist in Anhang Teil B genauer beschrieben.

Basis für die Prognoseberechnungen sind die Messwerte an den jeweiligen Messpunkten. Die Berechnungen gelten damit jeweils für den Gebäudeteil im Bereich des Messpunktes.

Das Verfahren erlaubt eine Abschätzung der im Gebäude zu erwartenden Immissionen mit einer Genauigkeit von ca. ± 6 dB, wobei nach bisherigen Erfahrungen die so berechneten Größen in eingerichteten Räumen eher unterschritten werden.

6.1. Berechnungsparameter

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Berechnungsparameter aufgelistet. Diese sind bestimmend für den primären und sekundären Immissionsbereich. Die Berechnungsparameter werden frequenzabhängig berücksichtigt und anschließend werden die entsprechenden Einzahlwerte für die Beurteilung gebildet.

6.1.1. Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Bei Übergang der Erschütterungen vom Freifeld direkt auf die Gebäudefundamente entsteht im tieffrequenten Bereich, bei der Bauwerks-Boden-Eigenfrequenz, eine geringfügige Erschütterungsverstärkung, im höherfrequenten Bereich dagegen eine Minderung. Für die Berechnungen wird ein statistisch ermittelter Wert für mehrgeschossige Gebäude in Massivbauart angesetzt.

6.1.2. Deckeneigenfrequenz

Geschosdecken weisen im Bereich ihrer Eigenfrequenz eine ausgeprägte Verstärkung der Erschütterungen auf. Aktuell liegen keine Planunterlagen, die zur Berechnung der Deckeneigenfrequenzen nötig sind, vor. Daher wird eine für Decken übliche Deckeneigenfrequenz von $f_D = 25$ Hz angenommen.

Sofern der Estrichaufbau bekannt ist:

6.1.3. Bodeneigenfrequenz

Schwimmende Estriche verstärken ähnlich wie die Geschosdecken die Erschütterungen im Bereich ihrer Eigenfrequenz.

Für die Estricheigenfrequenz wurde eine für Estriche übliche Eigenfrequenz von $f_E = 80$ Hz angenommen. In den Bauteilaufbauten (Bauteilkatalog GN Bauphysik, Nr. 939122 / 140287-1) liegt die Bodeneigenfrequenz bei 70 – 80 Hz.

6.1.4. Verkehrshäufigkeit

Die Zahlen der Verkehrshäufigkeiten für den betrachteten Abschnitt sind Angaben aus den Verkehrszahlen der Deutschen Bahn für das Jahr 2016 und Prognosejahr 2025. Es werden die ungünstigeren Angaben berücksichtigt. Bei den Güterzügen handelt es sich um die maximal mögliche Anzahl und kann deutlich niedriger ausfallen. Für die vorliegende Erschütterungsprognose wurde die maximale Anzahl in der Berechnung hinterlegt.

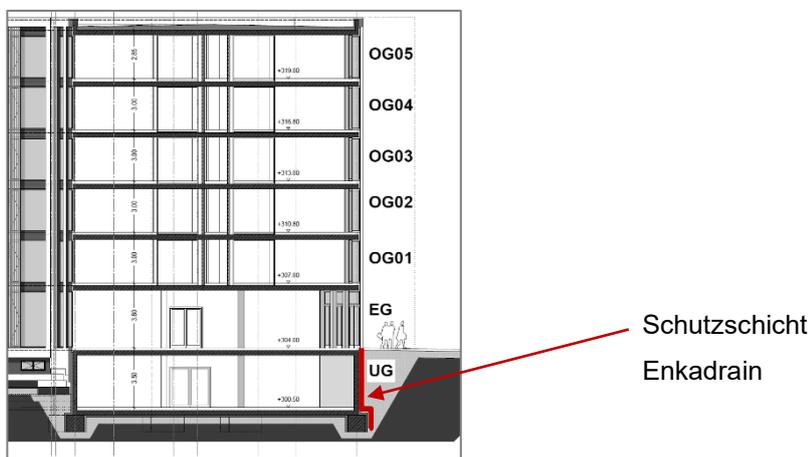
Tabelle 5: Verkehrshäufigkeit der Züge im betrachteten Abschnitt

| Schicht | Zugart | Richtung | Tag 06:00 – 22:00 | Nacht 22:00 – 06:00 |
|---------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 2 | Güterzug | Richtung & Gegenrichtung | 157 | 96 |
| 3 | Regionalbahn | Richtung & Gegenrichtung | 61 | 8 |
| 4 | IC-E ICE | Richtung & Gegenrichtung | 47 | 3 |

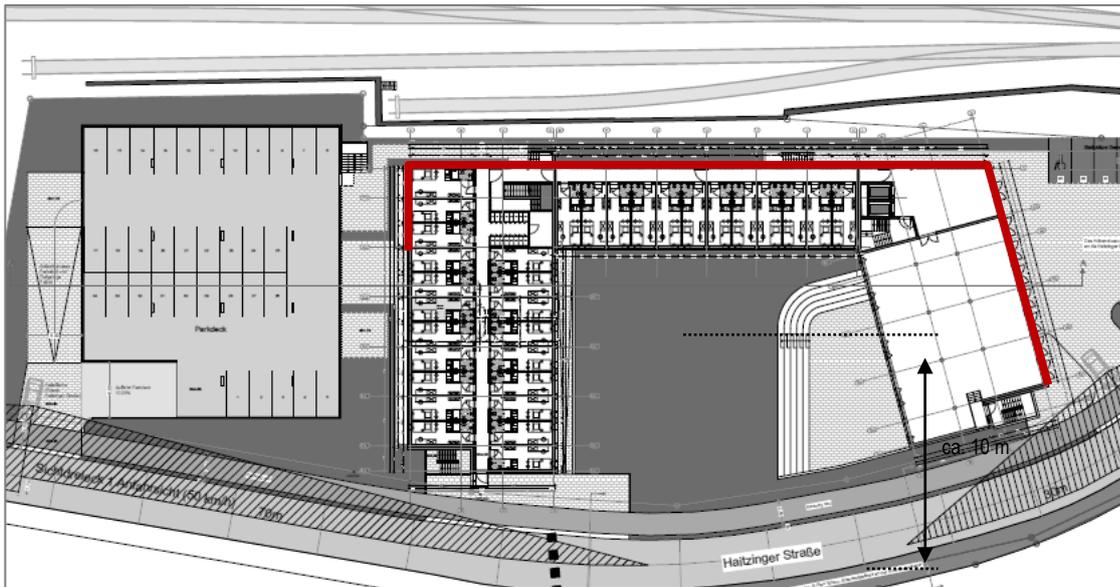
6.2. Zusatzmaßnahmen

Bei der ersten Auswertung wurden Überschreitungen beim sekundären Luftschall festgestellt. Die Erschütterungen werden überwiegend durch Oberflächenwellen weitergeleitet. Daher werden sie nicht nur über die Fundamente auf Gebäude übertragen, sondern bei Tiefgründungen auch über die erdberührenden Kellerwände. Zur Reduzierung dieses Übertragungsweges ist eine elastische Schutzschicht von OK-Gelände bis UK-Fundament an den gleisorientierenden Seiten und Stirnseiten vorzusehen.

Schnitt:



Grundriss EG:



- Material mit einer dynamischen Steifigkeit von $s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$.
z. B. Schutz- und Drainmatten, Typ Enkadrain ST/1-2s, $d = 22 \text{ mm}$, einlagig verlegt o.glw.
Fa. Low&Bonar, 63784 Obernburg, Tel.: 06022/812020

Dieses Material erfüllt zugleich die Anforderungen einer Schutzschicht nach DIN 18195 und Drainschicht nach DIN 4096.

Die Reduzierung der Körperschallübertragung auf das Gebäude durch eine solche Schutzschicht hängt auch von der Gründungstiefe ab und beträgt ca. 3 - 6 dB.

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse Planungszustand

| Berechnungsergebnisse: Erschütterungsimmissionen und sekundärer Luftschall | | | | | | | |
|--|--|--|--------|--|--------|--|--------|
| Gebietszuordnung: | | Urbanes Gebiet (MU) | | | | | |
| Bezugspunkt: | | Deckenfeldmitte | | | | | |
| Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.): | | keine Zuschläge | | | | | |
| Transmissionsbereich (Abschirmung, usw.): | | Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden | | | | | |
| Übergang auf Gebäudefundament | | Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz ($v(R) = 110$ m/s) | | | | | |
| Schutzmaßnahmen Fundamentbereich | | keine Maßnahme | | | | | |
| Übertragungsverhalten Decke | | Decke $f(D) = 25$ Hz | | | | | |
| Übertragungsverhalten Estrich | | Estrich $f(E) = 80$ Hz | | | | | |
| Messpunkt: | Mittlere Maximalwerte KB_{FTm} [-] | Beurteilungs- Schwingstärke KB_{FTr} [-] | | Mittlere Maximalpegel $L_{AFmax, mittel}$ [dBA] | | Mittelungspegel L_{AFm} [dB-A] | |
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| MP 0 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 21 | 22 | 8 | 9 |
| MP 1 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 27 | 28 | 15 | 15 |
| MP 2 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 28 | 29 | 15 | 15 |
| MP 3 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 31 | 31 | 18 | 18 |
| MP 4 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 28 | 29 | 15 | 15 |
| MP 5 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 30 | 31 | 17 | 17 |
| MP 6 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 29 | 30 | 16 | 17 |
| MP 7 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 22 | 22 | 9 | 9 |
| MP 8 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 29 | 30 | 16 | 16 |
| Anhaltswerte: | Hinweise zum subjektiven Empfinden: Die Spürbarkeitsschwelle liegt zwischen $KB = 0,1$ bis $0,2$. KB -Werte ab $0,2$ werden im Umfeld Wohnen als störend, KB -Werte um $0,3$ als stark störend empfunden | 0,07 | 0,05 | 45 | 35 | 35 | 25 |
| Legende: | grün | die Anhalts- oder Richtwerte werden unterschritten | | | | | |
| | gelb | Werte sind nahe den Anhalts- oder Richtwerten bzw. eingehalten | | | | | |
| | rot | die Anhalts- oder Richtwerte werden überschritten | | | | | |

Diese Berechnungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Subjektive Wahrnehmung von Erschütterungen**

Die zu erwartenden mittleren Maximalwerte der Erschütterungsimmissionen liegen mit $KB_{FTm} \leq 0,03$ unterhalb der Wahrnehmungsschwelle.

- **Immissionsschutz nach DIN 4150-2**

Die Anforderungen an den Erschütterungsschutz nach DIN 4150 werden sicher eingehalten.

- **Sekundärschall**

Die angesetzten Richtwerte an den Mittelungspegel und den mittleren Maximalpegel in Anlehnung nach TA Lärm werden an allen Messpunkten / Prognosepunkte unterschritten.

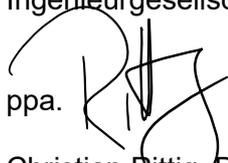
Die detaillierten Berechnungsergebnisse sind in den Anlagen Teil C enthalten.

7. Schlussbemerkung

Die geplante Studentenwohnanlage in der Haitzinger Straße in Passau befindet sich in unmittelbarer Nähe zu oberirdischen Gleisanlagen. Im vorliegenden Fall werden bei der geplanten baulichen Ausführung keine Erschütterungsimmissionen durch vorbeifahrende Bahnen spürbar. Der Erschütterungsschutz nach DIN 4150-2 wird sicher eingehalten. Die Immissionsrichtwerte Tags von 35 dB(A) und nachts von 25 dB(A), sowie die Vorgaben an den mittleren Maximalpegel in Anlehnung an die TA Lärm werden rechnerisch sicher unterschritten.

Als zusätzliche Maßnahmen ist eine elastische Schutzschicht (Kap. 6.2) erforderlich.

GN Bauphysik
Ingenieurgesellschaft mbH

ppa. 

Christian Rittig, B. Eng.
Team-/Projektleiter



Christoph Wagner, M. Sc.
Projektleiter Erschütterungsschutz

Anlagen

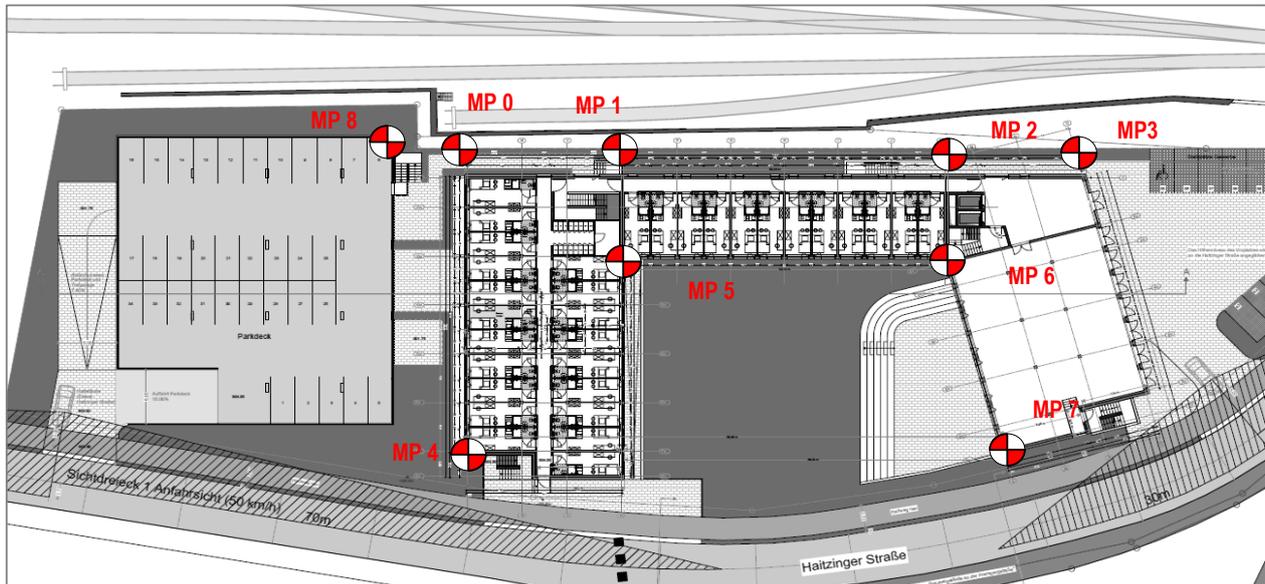
- Anlage A: 7 Seiten - Messergebnisse
- Anlage B: 4 Seiten – Beschreibung des Berechnungsverfahrens
- Anlage C: 9 Seiten – Prognoseergebnisse

**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 2

Lage der Messpunkte

| Messpunkt | Lage | Oberfläche | Ankoppelung | Sensor | Vorverstärker | Richtung | Kanal |
|-----------|----------------------------|---------------|-------------|----------------|---------------|----------|-------|
| MP 0 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 073 | QV30F | vert. z | K0 |
| MP 1 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 027 | QV30F | vert. z | K1 |
| MP 2 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | A800 017 | QV30F | vert. z | K2 |
| MP 3 | Gebäudeaußenkante Nord | Pflasterstein | DIN 45669 | KB 12 107 | QV30F | vert. z | K3 |
| MP 4 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KB 12 108 | 2635 | vert. z | K4 |
| MP 5 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KB 12 109 | QV30F | vert. z | K5 |
| MP 6 | Gebäudeaußenkante Süd | Erdreich | DIN 45669 | KD 44 2042 | QV30F | vert. z | K6 |
| MP 7 | Gebäudeaußenkante Süd | Pflasterstein | DIN 45669 | 4378 2071806 | 2635 | vert. z | K7 |
| MP 8 | Gebäudeaußenkante Parkhaus | Pflasterstein | DIN 45669 | 4370 1724150 | 2635 | vert. z | K8 |



Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 3

Ablauf der Messungen und Messergebnisse

| Mess - Nr. | Zeit | Zug-Gattung | Schicht | Gleis | KB_{FTi} | | | | |
|--------------------|----------|-------------|---------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | K0 | K1 | K2 | K3 | K4 |
| | | | | | MP 0 | MP 1 | MP 2 | MP 3 | MP 4 |
| 1 | 11:59:29 | Güterzug | 1 | - | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,008 | 0,009 |
| 2 | 12:02:25 | ICE | 4 | - | 0,006 | 0,011 | 0,011 | 0,007 | 0,013 |
| 3 | 12:07:21 | Güterzug | 1 | < | 0,006 | 0,014 | 0,017 | 0,012 | 0,006 |
| 4 | 12:18:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,010 | 0,010 | 0,005 | 0,005 |
| 5 | 12:20:17 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,010 | 0,006 | 0,007 |
| 6 | 12:26:17 | Güterzug | 2 | > | 0,007 | 0,016 | 0,014 | 0,007 | 0,009 |
| 7 | 12:29:45 | Güterzug | 1 | < | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,008 |
| 8 | 12:37:21 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,009 | 0,011 | 0,009 | 0,005 |
| 9 | 12:50:57 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,011 | 0,014 | 0,011 | 0,005 |
| 10 | 13:01:21 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,004 |
| 11 | 13:01:53 | ICE | 4 | <> | 0,005 | 0,011 | 0,009 | 0,007 | 0,011 |
| 12 | 13:10:09 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,013 | 0,012 | 0,011 | 0,008 |
| 13 | 13:15:13 | ICE | 4 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,003 |
| 14 | 13:18:09 | Güterzug | 1 | < | 0,012 | 0,019 | 0,017 | 0,014 | 0,008 |
| 15 | 13:20:41 | Regio | 3 | <> | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,006 |
| 16 | 13:27:48 | Güterzug | 1 | < | 0,009 | 0,017 | 0,017 | 0,015 | 0,005 |
| 17 | 13:40:37 | Regio | 3 | <> | 0,008 | 0,014 | 0,008 | 0,006 | 0,005 |
| 18 | 13:44:05 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,008 | 0,013 |
| 19 | 13:45:17 | Güterzug | 1 | < | | | 0,014 | 0,009 | 0,013 |
| 20 | 13:51:25 | Güterzug | 2 | > | | | 0,014 | 0,006 | 0,005 |
| 21 | 14:06:29 | Güterzug | 2 | > | 0,006 | 0,014 | 0,014 | 0,008 | 0,008 |
| 22 | 14:12:45 | Güterzug | 2 | > | 0,004 | 0,010 | 0,018 | 0,012 | 0,005 |
| 23 | 14:16:37 | Güterzug | 2 | > | 0,005 | 0,010 | 0,009 | 0,006 | 0,005 |
| 24 | 14:24:37 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,018 | 0,019 | 0,014 | 0,008 |
| 25 | 14:28:53 | Regio | 3 | <> | 0,005 | 0,013 | 0,010 | 0,007 | 0,008 |
| 26 | 14:31:09 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,012 | 0,013 | 0,011 | 0,006 |
| Maximalwert | | | | | 0,012 | 0,019 | 0,019 | 0,015 | 0,013 |

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1

**GN
BAUPHYSIK**

**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 4

Ablauf der Messungen und Messergebnisse

| Mess - Nr. | Zeit | Zug-gattung | Schicht | Gleis | K _{B FTI} | | | | |
|--------------------|----------|-------------|---------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| | | | | | MP 5 | MP 6 | MP 7 | MP 8 | MP 9 |
| 1 | 11:59:29 | Güterzug | 1 | - | 0,012 | 0,013 | 0,008 | | |
| 2 | 12:02:25 | ICE | 4 | - | 0,013 | 0,015 | 0,004 | | |
| 3 | 12:07:21 | Güterzug | 1 | < | 0,010 | 0,022 | | | |
| 4 | 12:18:09 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,015 | | | |
| 5 | 12:20:17 | Regio | 3 | <> | 0,009 | 0,014 | 0,005 | | |
| 6 | 12:26:17 | Güterzug | 2 | > | 0,016 | 0,020 | 0,006 | | |
| 7 | 12:29:45 | Güterzug | 1 | < | 0,009 | 0,009 | 0,006 | | |
| 8 | 12:37:21 | Regio | 3 | <> | 0,008 | 0,014 | 0,005 | | |
| 9 | 12:50:57 | ICE | 4 | <> | 0,011 | 0,020 | 0,051 | | |
| 10 | 13:01:21 | ICE | 4 | <> | 0,006 | 0,007 | 0,004 | | |
| 11 | 13:01:53 | ICE | 4 | <> | 0,011 | 0,013 | 0,005 | | |
| 12 | 13:10:09 | Güterzug | 2 | > | 0,013 | 0,018 | 0,006 | | |
| 13 | 13:15:13 | ICE | 4 | <> | 0,004 | 0,006 | 0,004 | | |
| 14 | 13:18:09 | Güterzug | 1 | < | 0,020 | 0,023 | 0,009 | | |
| 15 | 13:20:41 | Regio | 3 | <> | 0,008 | 0,010 | 0,005 | | |
| 16 | 13:27:48 | Güterzug | 1 | < | 0,012 | 0,024 | 0,007 | | |
| 17 | 13:40:37 | Regio | 3 | <> | 0,009 | 0,012 | 0,004 | 0,009 | |
| 18 | 13:44:05 | Güterzug | 2 | > | | 0,020 | 0,009 | 0,020 | |
| 19 | 13:45:17 | Güterzug | 1 | < | | 0,020 | 0,009 | 0,021 | |
| 20 | 13:51:25 | Güterzug | 2 | > | | 0,019 | 0,009 | 0,017 | |
| 21 | 14:06:29 | Güterzug | 2 | > | 0,015 | 0,019 | 0,008 | 0,016 | |
| 22 | 14:12:45 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,020 | 0,006 | 0,010 | |
| 23 | 14:16:37 | Güterzug | 2 | > | 0,008 | 0,012 | 0,005 | 0,011 | |
| 24 | 14:24:37 | Güterzug | 2 | > | 0,014 | 0,025 | 0,007 | 0,018 | |
| 25 | 14:28:53 | Regio | 3 | <> | 0,009 | 0,014 | 0,005 | 0,012 | |
| 26 | 14:31:09 | ICE | 4 | <> | 0,011 | 0,020 | 0,008 | 0,014 | |
| Maximalwert | | | | | 0,020 | 0,025 | 0,051 | 0,021 | 0,000 |

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 5

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 0

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 5 | < | 0,005 | 0,008 | 0,012 | 0,003 |
| 2 | Güterzug | 7 | > | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,001 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,004 | 0,005 | 0,008 | 0,002 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,002 | 0,005 | 0,006 | 0,002 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 1

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 5 | < | 0,008 | 0,014 | 0,019 | 0,005 |
| 2 | Güterzug | 7 | > | 0,010 | 0,013 | 0,018 | 0,003 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,008 | 0,011 | 0,014 | 0,002 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,005 | 0,009 | 0,012 | 0,003 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 2

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 6 | < | 0,006 | 0,014 | 0,017 | 0,005 |
| 2 | Güterzug | 9 | > | 0,009 | 0,014 | 0,019 | 0,003 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,008 | 0,010 | 0,011 | 0,001 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,005 | 0,010 | 0,014 | 0,004 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 6

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 3

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 6 | < | 0,005 | 0,011 | 0,015 | 0,004 |
| 2 | Güterzug | 9 | > | 0,005 | 0,009 | 0,014 | 0,003 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,006 | 0,007 | 0,009 | 0,001 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,002 | 0,008 | 0,011 | 0,004 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 4

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 6 | < | 0,005 | 0,009 | 0,013 | 0,003 |
| 2 | Güterzug | 9 | > | 0,005 | 0,008 | 0,013 | 0,003 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,001 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,003 | 0,008 | 0,013 | 0,004 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 5

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 5 | < | 0,009 | 0,013 | 0,020 | 0,004 |
| 2 | Güterzug | 7 | > | 0,008 | 0,012 | 0,016 | 0,004 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,001 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,004 | 0,010 | 0,013 | 0,004 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1

**GN
BAUPHYSIK**

**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

Anlage A - 7

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 6

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 6 | < | 0,009 | 0,019 | 0,024 | 0,006 |
| 2 | Güterzug | 9 | > | 0,012 | 0,019 | 0,025 | 0,004 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,010 | 0,013 | 0,014 | 0,002 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,006 | 0,014 | 0,020 | 0,006 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 7

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 5 | < | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,002 |
| 2 | Güterzug | 8 | > | 0,005 | 0,007 | 0,009 | 0,002 |
| 3 | Regio | 5 | <> | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,001 |
| 4 | ICE | 6 | <> | 0,004 | 0,021 | 0,051 | 0,019 |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

Erfasste Zugfahrten und Messergebnisse am MP 8

| Schicht j | Zuggattung | Anzahl | Gleis | Taktmaximalwert / Effektivwert | | | Standard- abw. [-] |
|--------------|------------|--------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | KB _{FTI,j, min} [-] | KB _{FTm,j} [-] | KB _{FTI,j, max} [-] | |
| 1 | Güterzug | 1 | < | 0,021 | 0,021 | 0,021 | |
| 2 | Güterzug | 6 | > | 0,010 | 0,016 | 0,020 | 0,004 |
| 3 | Regio | 2 | <> | 0,009 | 0,011 | 0,012 | 0,002 |
| 4 | ICE | 1 | <> | 0,014 | 0,014 | 0,014 | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Beschreibung des Berechnungsverfahrens -

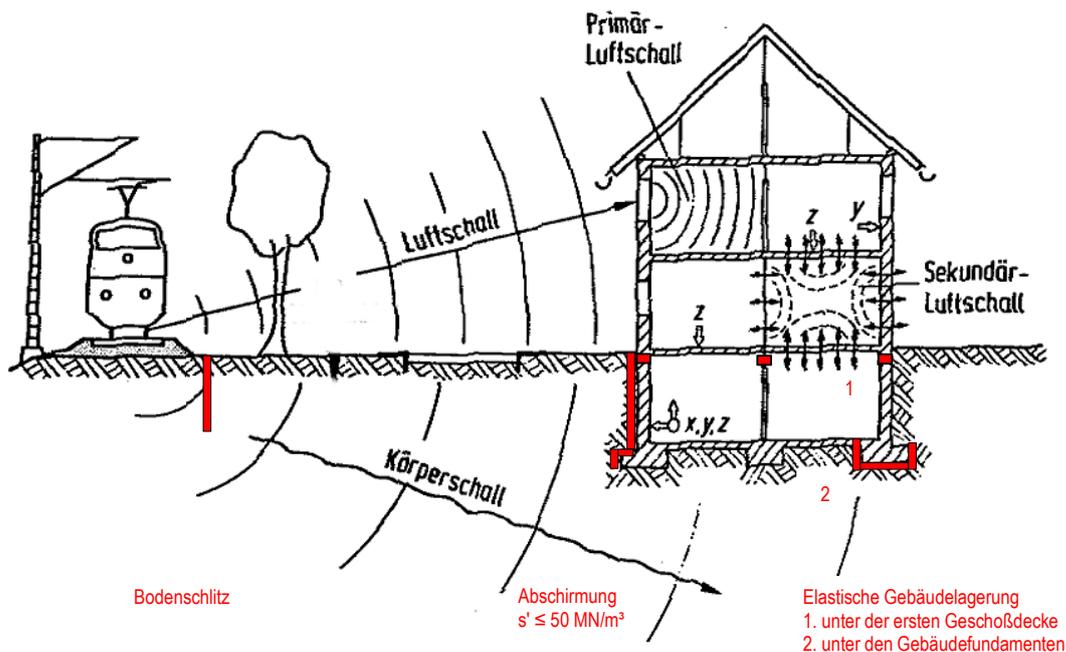
Anlage B - 1

Anhang B, Berechnungsverfahren**1. Berechnungsverfahren****1.1. Allgemeines**

Die Anforderungen an die Schall- und Erschütterungsmissionen beziehen sich auf die Aufenthalts-räume in den Gebäuden. Daher müssen, ausgehend von den Messwerten, die zu erwartenden Immissionen in geplanten Gebäuden zum Vergleich mit den Beurteilungswerten durch eine Prognose-berechnung ermittelt werden.

Die Schwingungen bei schienengebundenem Verkehr entstehen im Rad-Schiene-Kontaktpunkt und haben ihre Ursachen vor allem in Unebenheiten der Schienen und Radlaufflächen. Die Erschütterungen werden über das Oberbausystem in den Untergrund eingeleitet und breiten sich im umgebenden Boden aus. Dabei werden diese Schwingungen auch über die Fundamente in benachbarte Gebäude übertragen, wodurch insbesondere Geschossdecken zu Schwingungen angeregt werden, die in der Regel höher als diejenigen des Baugrundes sind.

Geräusche und Erschütterungen durch Schienenverkehr



Diese Schwingungen können von Menschen als spürbare Erschütterungen wahrgenommen werden, aber auch durch sekundäre Luftschallabstrahlung hörbar werden. Allgemeingültige Rechenverfahren existieren nicht. Als Grundlage der Prognoseberechnung werden deshalb Erfahrungswerte aus statistischen Untersuchungen des schwingungstechnischen Verhaltens von Gebäuden unterschiedlicher Konstruktion verwendet. Ausgegangen wird von den gemittelten gemessenen Freifeldpegeln (Terzanalysen $L_v F_{max}$). Damit stellt die Prognoseberechnung eine Abschätzung der mittleren zu erwartenden Immissionen dar. Die Immissionen einzelner Zugfahrten streuen um diesen Mittelwert, können also auch darüber liegen.

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1

**GN
BAUPHYSIK**

**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Beschreibung des Berechnungsverfahrens -

Anlage B - 2

1.2 Parameter des Berechnungsverfahrens

1.2.1 Transmissionsbereich, Bodenschlitze, Abschirmung

Die Ausbreitung von Erschütterungen kann durch die Anordnung senkrechter Bodenschlitze reduziert werden. Grundsätzlich gelten hierbei ähnliche Bedingungen wie bei Schallschirmen für Luftschall. Insbesondere gilt auch hier, dass die Wirksamkeit im Nahbereich höher ist und mit zunehmender Entfernung zum Schlitz abnimmt. Einfach zu realisieren sind solche Schutzmaßnahmen durch die Anordnung elastischer Materialien direkt vor den Außenwänden gegen Erdreich, wo sie zugleich auch die Funktion als Schutz- und Drainschicht übernehmen können.

1.2.2 Verhalten des Gebäudefundamentes

Bei dem Übergang vom Erdboden auf das Fundament erfahren die Schwingungen eine Reduzierung. Diese ist im Einzelnen von der Fundamentierungsart abhängig. Für die Berechnung wird der Mittelwert der Körperschallabnahme aus 135 Messungen verwendet.

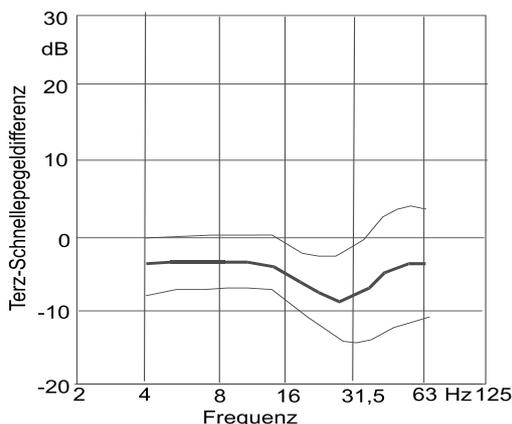
Die vertikale Eigenfrequenz von Gebäuden beträgt nach DIN 4150-1 für mittlere Bodensteifigkeiten, charakterisiert durch Scherwellengeschwindigkeiten von $c_s = 150 \text{ m/s}$ bis 200 m/s :

- 1- bis 2-geschossige Bauweise: $\sim 15 \text{ Hz}$
- 2- bis 6-geschossige Bauweise: $\sim 8 \text{ bis } 12 \text{ Hz}$
- Bauwerke mit mehr als 6 Geschossen: $< 8 \text{ Hz}$.

Die Scherwellengeschwindigkeit wird messtechnisch vor Ort bestimmt.

Abweichungen von der mittleren Bodensteifigkeit werden durch Verschiebung der vertikalen Eigenfrequenz im Rahmen des angegebenen Streubereiches berücksichtigt.

Körperschallübertragung vom Boden ins Fundament. Mittelwert und Streuung aus 135 Messungen



1.2.3 Schwingungstechnisches Verhalten von Geschossdecken

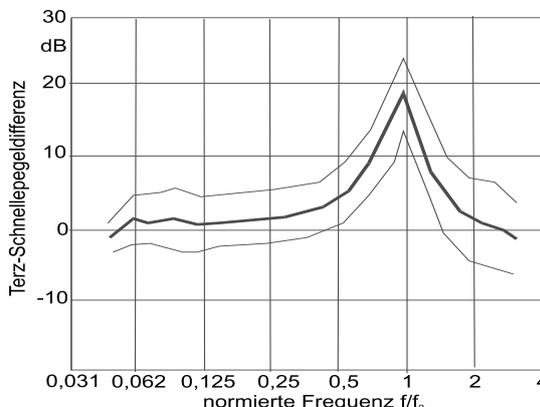
Geschossdecken weisen bei ihrer ersten Biegeeigenfrequenz ein ausgeprägtes Resonanzverhalten auf. Die für diese Biegeeigenfrequenz maßgeblichen Parameter, Deckenspannweite, Deckenstärke, Auflagerbedingungen und Baustoffeigenschaften, können bautechnisch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte nur in engen Grenzen beeinflusst werden.

Die Deckeneigenfrequenzen werden für die Aufenthaltsräume, insbesondere die Schlafräume, rechnerisch ermittelt. Für die weiteren Berechnungen werden diese Eigenfrequenzen in die nächstgelegene Terzmittenfrequenz verschoben.

Als Terz-Schnellepegeldifferenz wird der Mittelwert aus nebenstehendem Diagramm verwendet, bei Resonanz $DL_v = 18 \text{ dB}$.

Das Rechenergebnis stellt damit Mittelwerte dar, in Einzelfällen können sowohl niedrigere als auch höhere Pegeldifferenzen auftreten.

*Resonanzvergrößerung von Geschossdecken
Mittelwert und Streuung aus 135 Messungen*



**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Beschreibung des Berechnungsverfahrens -

Anlage B - 3

1.2.4 Schwingungstechnisches Verhalten von schwimmenden Estrichen

Schwimmende Estriche weisen ebenfalls ein Resonanzverhalten auf. Die Resonanzfrequenzen bauüblicher Estriche liegen im Bereich zwischen $f = 40$ bis $f = 120$ Hz.

Es wird zwar versucht, die Estriche auf Frequenzen außerhalb der Hauptstörfrequenzen abzustimmen, da die Anregung durch Schienenverkehr relativ breitbandig ist, sind Schwingungsverstärkungen dennoch unvermeidbar.

1.2.5 Elastische Gebäudelagerung

Der Schutz von Gebäuden gegen Erschütterungsmissionen durch eine Empfängerisolierung (Lagerung des gesamten Gebäudes auf elastischem Material) ist eine häufig und erfolgreich ausgeführte Maßnahme. Die Übertragungsfunktion eines solchen Systems in vertikaler Raumrichtung, wird gekennzeichnet durch den Amplituden-Übertragungswert $VD(f)$, der von dem Verhältnis Erregerfrequenz zu Eigenfrequenz und von der Dämpfung abhängt:

$m =$ Gebäudemasse

$B_{EL} =$ Dämpfungskoeffizient der elastischen Lagerung

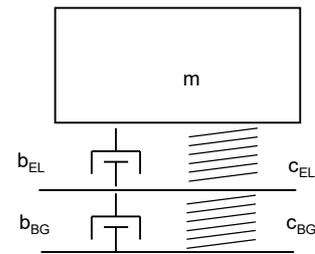
$c_{EL} =$ Federsteifigkeit der elastischen Lagerung

$B_{BG} =$ Dämpfungskoeffizient der elastischen Lagerung

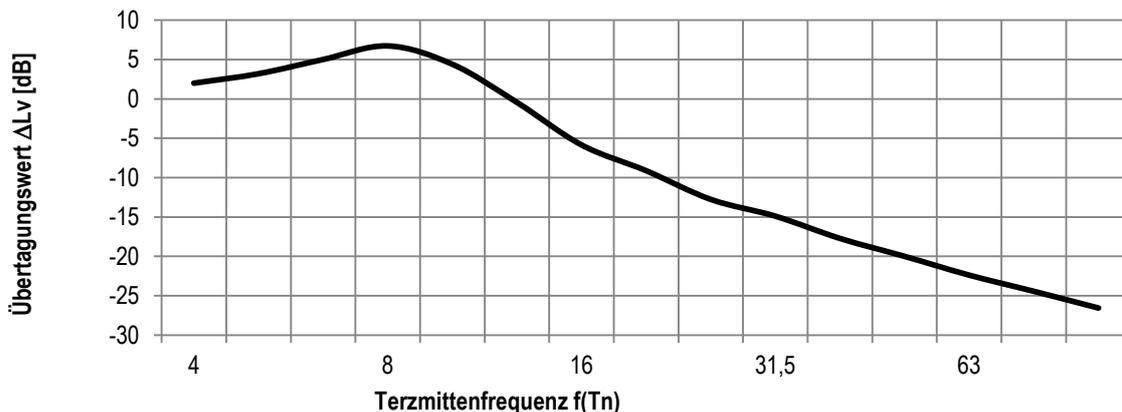
$c_{BG} =$ Federsteifigkeit der elastischen Lagerung

$f_{BG} =$ ideale Eigenfrequenz Gebäude auf Baugrund ohne elastische Lagerung

$f_{EL} =$ ideale Eigenfrequenz Gebäude auf elastischer Lagerung



Beispielsweise ergibt sich für $f_{BG} = 12$ Hz und $f_{EL} = 12$ Hz folgender Übertragungswert:



Im Resonanzbereich der Abstimmung, hier beispielsweise bei $f = 8$ Hz, findet eine Schwingungs-verstärkung statt. Eine Isolierung entsteht erst ab 11,3 Hz, wächst aber dann mit zunehmender Frequenz an. In der Praxis werden Übertragungswerte von ca -20 dB erreicht.

Aus diesem Zusammenhang ergibt sich, dass eine Isolierung nur dann wirksam wird, wenn deren Eigenfrequenz weit genug unter den Haupterregerfrequenzen liegt. Weiter ergibt sich die Forderung, dass die Deckeneigenfrequenzen, welche im Resonanzbereich ebenfalls eine Schwingungsverstärkung bewirken, nicht mit der Eigenfrequenz der Isolierung zusammenfallen dürfen.

**Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr**
- Beschreibung des Berechnungsverfahrens -

Anlage B - 4

Die Berechnungen erfolgen Terzweise:

$$L_{vFmax\ Decke}(f_{Tn}) = L_{vFmax\ Freifeld}(f_{Tn}) + S \cdot L_{Hi}(f_{Tn})$$

mit: f_{Tn} Terzmittenfrequenz, Bereich zwischen 4 Hz und 80 Hz
 $L_{vFmax\ Decke}(f_{Tn})$ Schwinggeschwindigkeitspegel am Immissionsort (Geschossdecke)
 $L_{vFmax\ Freifeld}(f_{Tn})$ Maximalwert des Schwinggeschwindigkeitspegels auf dem Baugelände (Freifeld)
 $L_{Hi}(f_{Tn})$ Übertragungsfunktionen der einzelnen Teilsysteme i
(z. B. Fundament, Decke usw.)

Die Schwinggeschwindigkeit berechnet sich aus

$$v_{Fmax\ Decke} = S \cdot 10^{L_{v\ Decke}(f_{Tn})/10} \cdot v_0$$

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

Der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke wird

$$KB_{FTm} = S \cdot 10^{(L_{v\ Decke}(f_{Tn}) \cdot H_{KB}(f_{Tn}))/10} \cdot v_0$$

mit $H_{KB}(f_{Tn})$ KB-Bewertung nach DIN 4150-2

1.2.6 Zusammenhang zwischen Körperschallimmission und abgestrahltem Luftschall

Die zu erwartenden Luftschallpegel werden aus den Körperschallpegeln nach folgender Beziehung berechnet:

$$L_{Fmax}(f_{Tn}) = L_{vFmax\ Decke}(f_{Tn}) + 10 \cdot \log(S/A(f_{Tn})) + 10 \cdot \log(s(f_{Tn})) + 6$$

mit f_{Tn} Terzmittenfrequenz, Bereich zwischen 4 Hz und 250 Hz
 $L_{Fmax}(f_{Tn})$ Luftschallpegel je Terzband
 S Körperschall abstrahlende Fläche
 $A(f_{Tn})$ äquivalente Absorptionsfläche je Terzband
 $10 \cdot \log(s(f_{Tn}))$ Abstrahlmaß

Der lineare Summenpegel wird

$$L_{Fmax} = S \cdot 10^{L_{Fmax}(f_{Tn})/10}$$

und der A-bewertete Summenpegel

$$L_{AFmax} = S \cdot 10^{(L_{Fmax}(f_{Tn}) + A(f_{Tn}))/10}$$

mit $A(f_{Tn})$ A-Bewertung

2. Genauigkeit des Berechnungsverfahrens

Nach Literaturangaben beträgt die Genauigkeit des Prognoseverfahrens etwa ± 6 dB.

In Absolutwerten bedeutet dies, dass die KB-Werte um das 2-fache höher liegen können als berechnet.

Bei Nachmessungen wurden so hohe Überschreitungen der Prognosewerte bisher jedoch nicht festgestellt.

Die Prognosewerte wurden mehrheitlich unterschritten, in Einzelfällen jedoch auch erreicht.

Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1

**GN
BAUPHYSIK**

Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

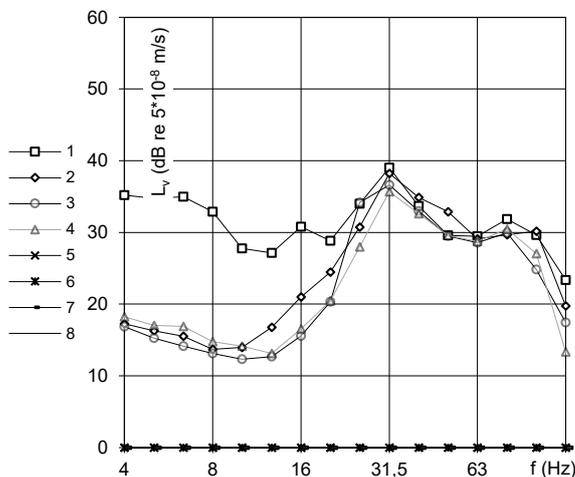
Anlage C - 1

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 5 | < |
| 2 | Güterzug | 7 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

Messpunkt: MP 0

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

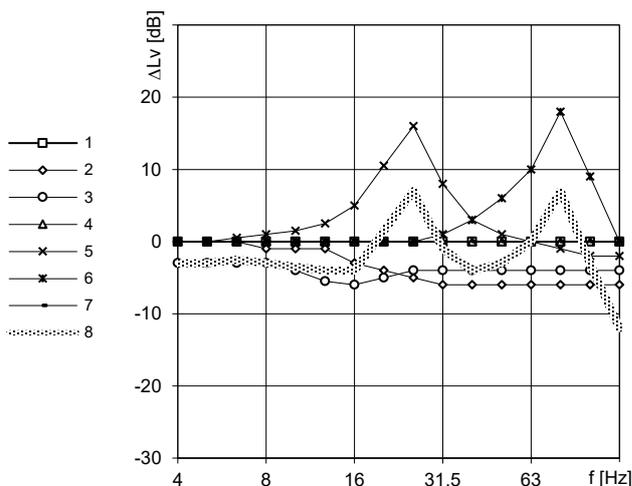
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

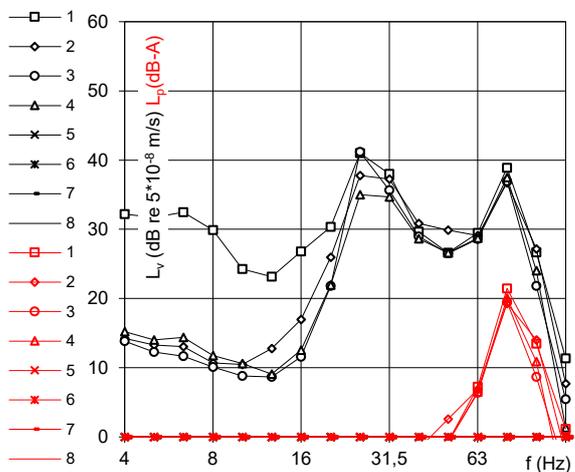
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,01 | | | 22 | 22 |
| 2 | 0,01 | | | 21 | 21 |
| 3 | 0,01 | | | 20 | 20 |
| 4 | 0,01 | | | 21 | 21 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 21 | 21 |



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

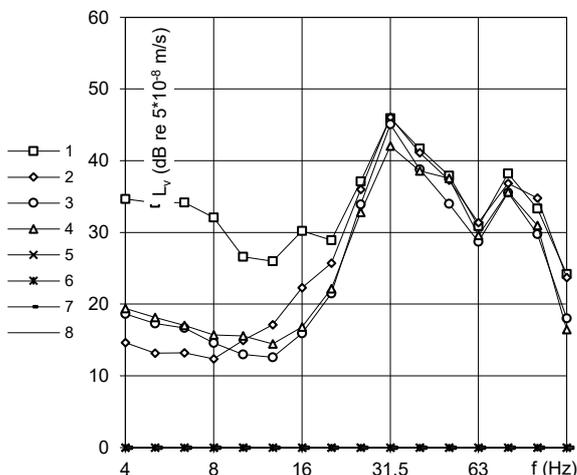
Anlage C - 2

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 5 | < |
| 2 | Güterzug | 7 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

Messpunkt: MP 1

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten
Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

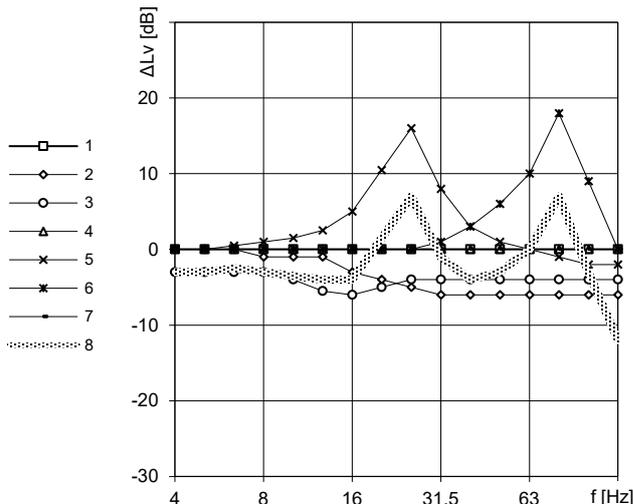
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

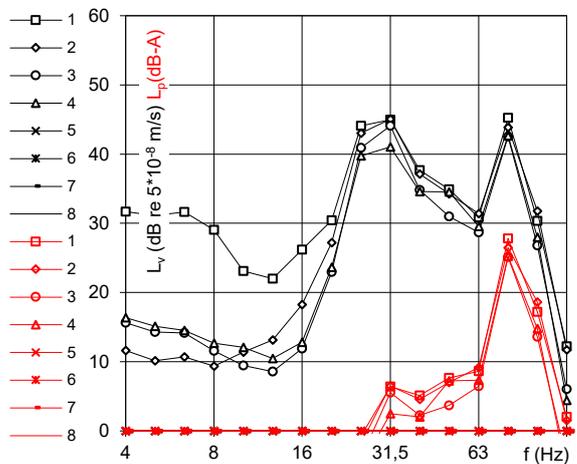
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,02 | | | 28 | 28 |
| 2 | 0,01 | | | 27 | 27 |
| 3 | 0,01 | | | 26 | 26 |
| 4 | 0,01 | | | 26 | 26 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 27 | 28 |



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

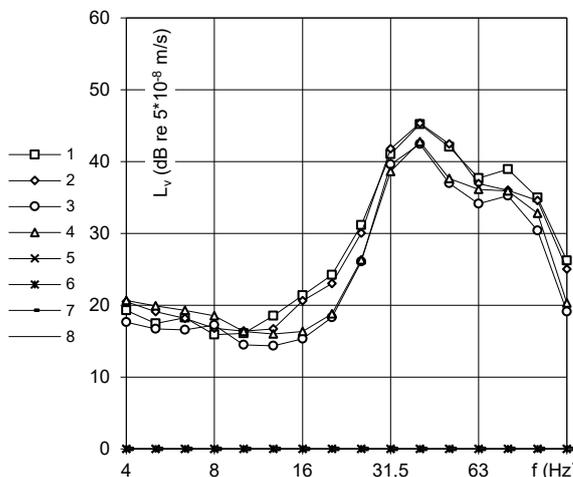
Anlage C - 3

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 6 | < |
| 2 | Güterzug | 9 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 2



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

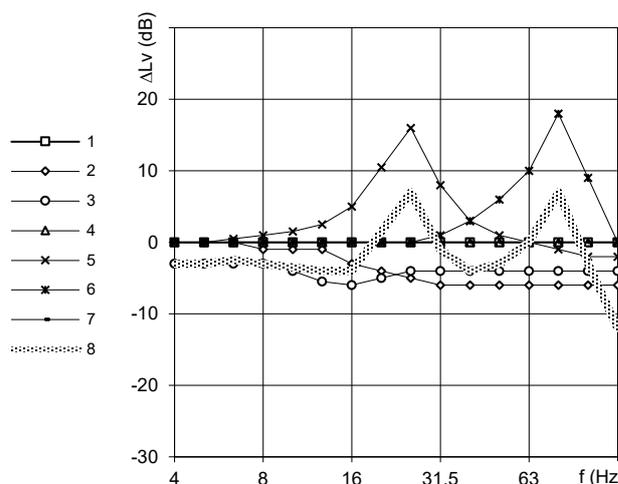
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

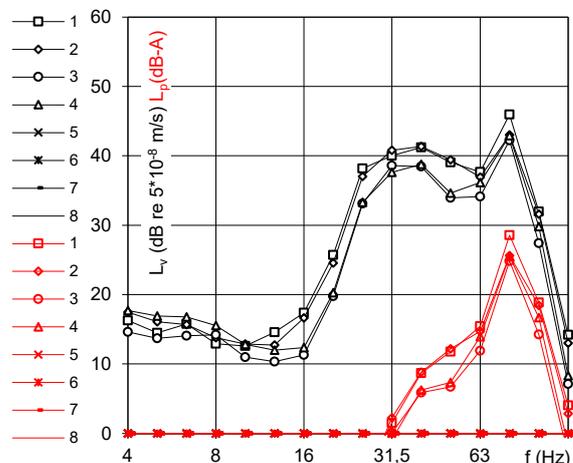
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,01 | | | 29 | 29 |
| 2 | 0,01 | | | 27 | 27 |
| 3 | 0,01 | | | 26 | 26 |
| 4 | 0,01 | | | 26 | 26 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 28 | 28 |



Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

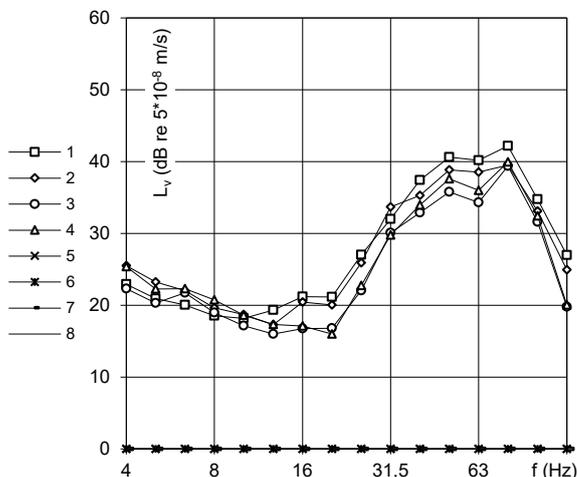
Anlage C - 4

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 6 | < |
| 2 | Güterzug | 9 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 3



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

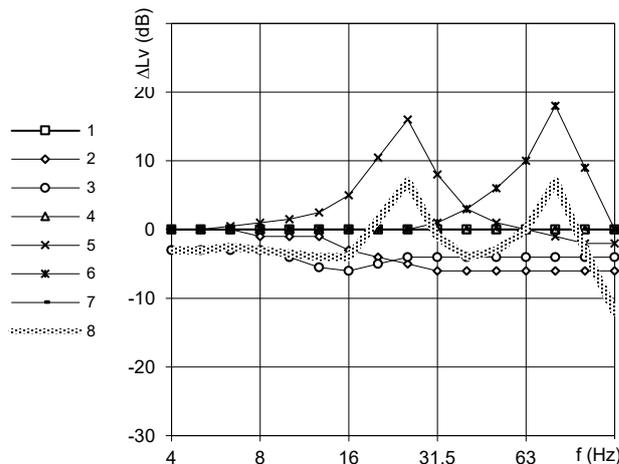
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

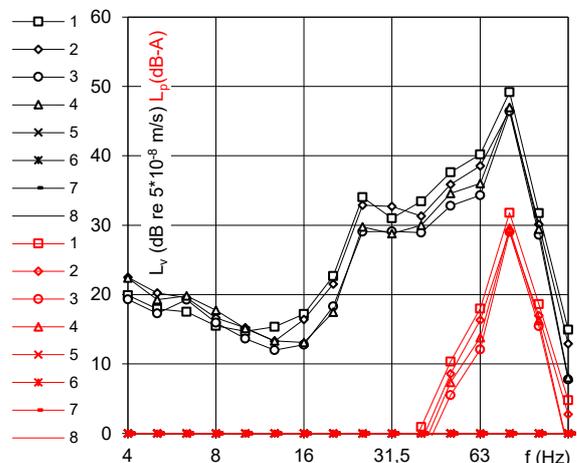
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,02 | | | 32 | 32 |
| 2 | 0,01 | | | 30 | 30 |
| 3 | 0,01 | | | 29 | 29 |
| 4 | 0,01 | | | 30 | 30 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 31 | 31 |



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

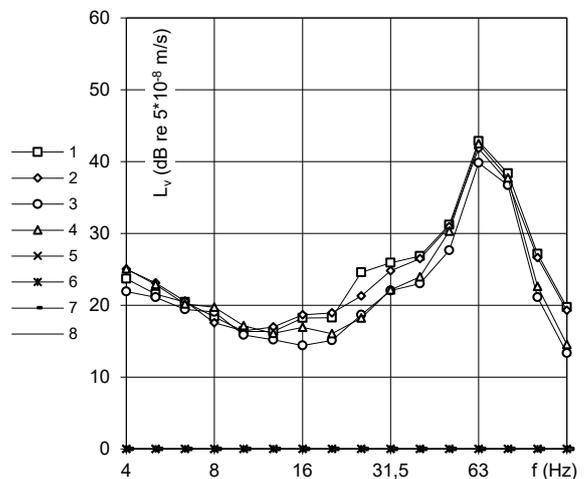
Anlage C - 5

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 6 | < |
| 2 | Güterzug | 9 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 4



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

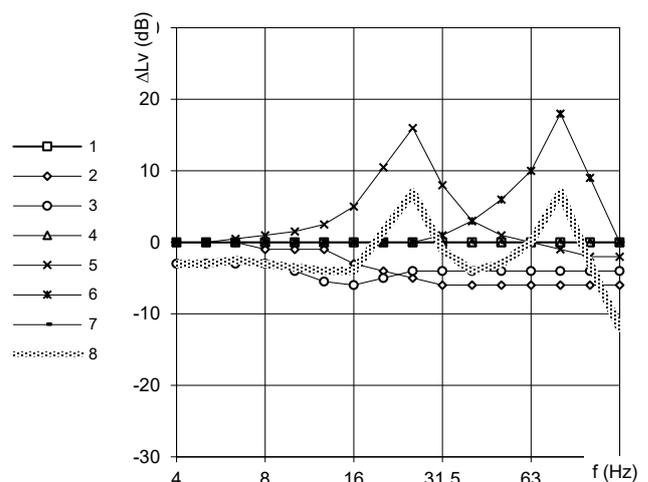
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

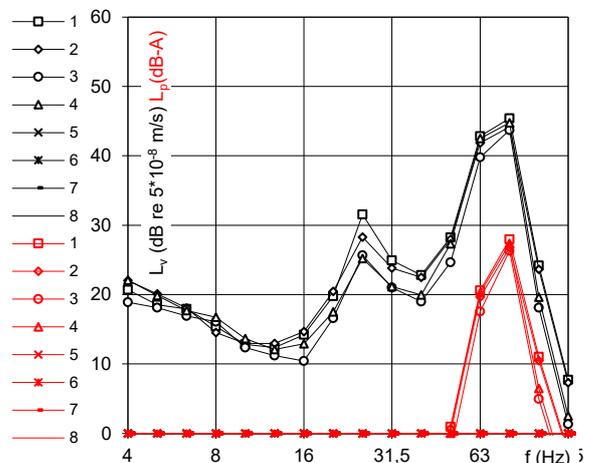
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,01 | | | 29 | 29 |
| 2 | 0,01 | | | 28 | 28 |
| 3 | 0,01 | | | 27 | 27 |
| 4 | 0,01 | | | 28 | 28 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 28 | 28 |



Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
Stonehill Passau GmbH & Co. KG
Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr
 - Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

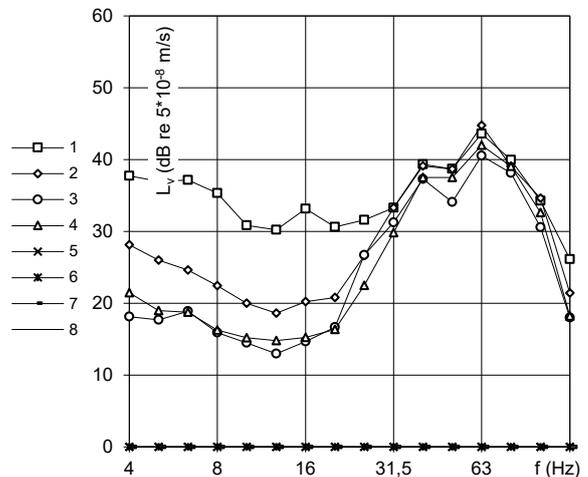
Anlage C - 6

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 5 | < |
| 2 | Güterzug | 7 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 5



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

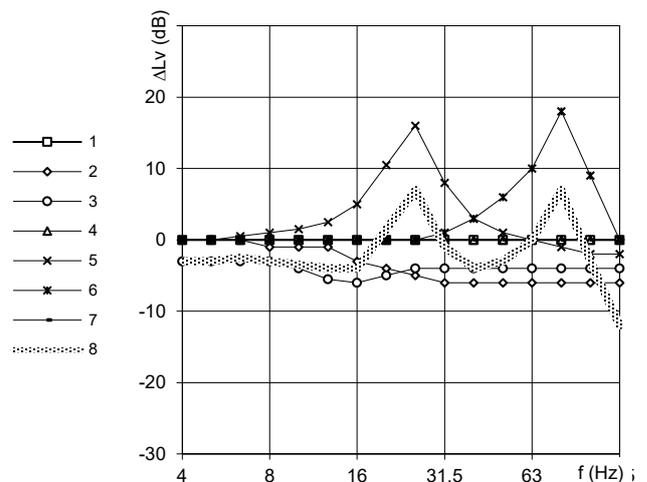
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

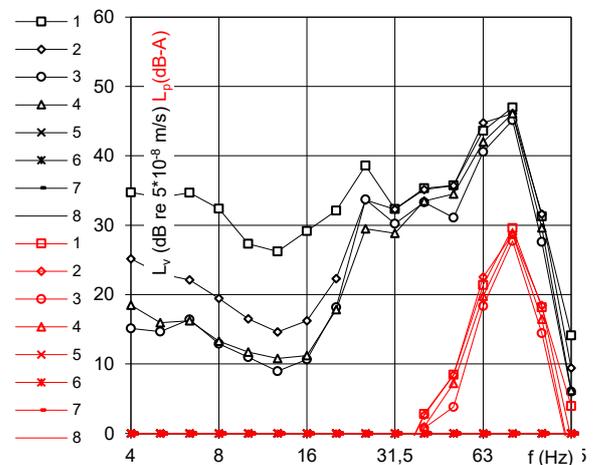
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,02 | | | 30 | 30 |
| 2 | 0,01 | | | 30 | 30 |
| 3 | 0,01 | | | 28 | 28 |
| 4 | 0,01 | | | 29 | 29 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 30 | 30 |



Projekt: Studentenwohnheim Haitzinger Straße
 Stonehill Passau GmbH & Co. KG
 Projekt Nr.: 939122 / 140567-1



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen
durch oberirdischen Zugverkehr
 - Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

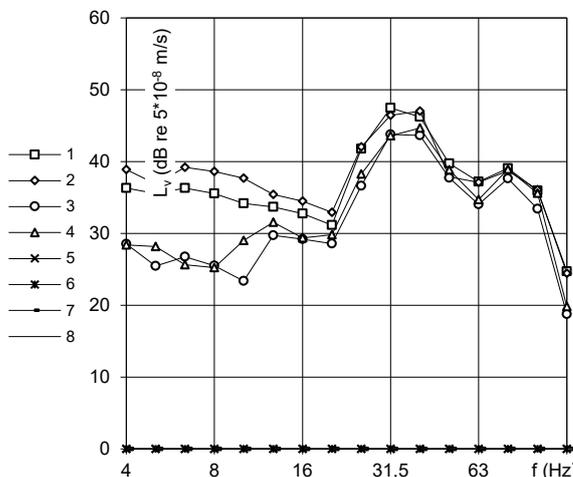
Anlage C - 7

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 6 | < |
| 2 | Güterzug | 9 | > |
| 3 | Regio | 5 | <> |
| 4 | ICE | 6 | <> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 6



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

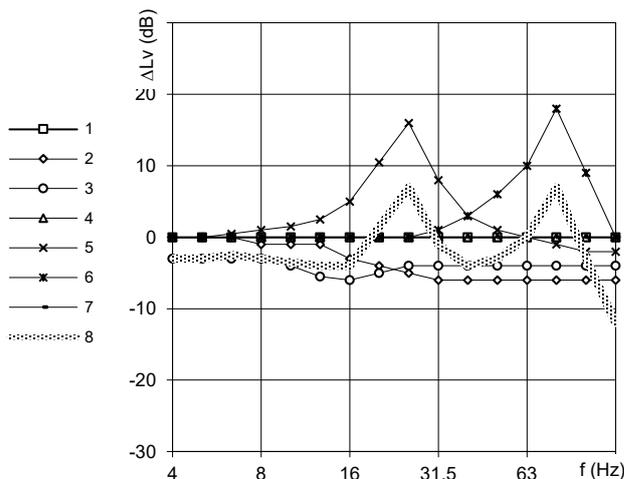
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

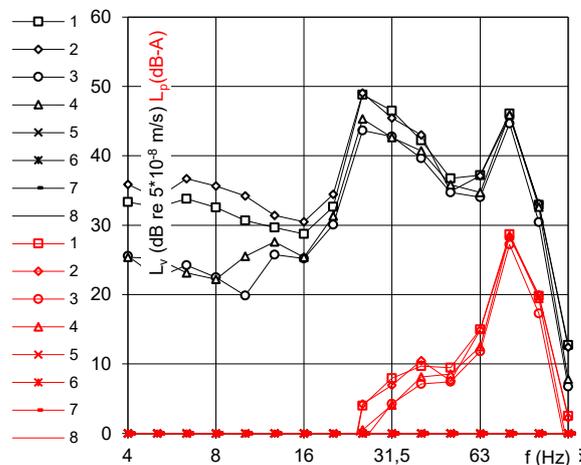
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,02 | | | 30 | 30 |
| 2 | 0,02 | | | 29 | 29 |
| 3 | 0,01 | | | 28 | 28 |
| 4 | 0,02 | | | 29 | 29 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 29 | 29 |



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

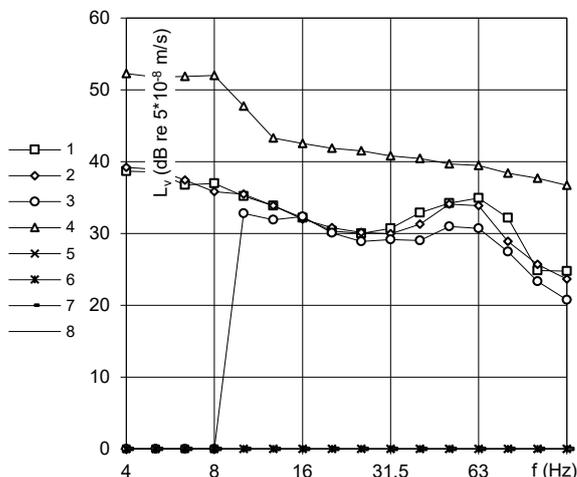
Anlage C - 8

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 5 | < |
| 2 | Güterzug | 8 | > |
| 3 | Regio | 5 | < > |
| 4 | ICE | 6 | < > |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|----|
| | Tags | Nachts | | |
| 1 | 78 | 48 | ca. | 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. | 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. | 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. | 30 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

Messpunkt: MP 7



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz ($v(R) = 110$ m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke $f(D) = 25$ Hz

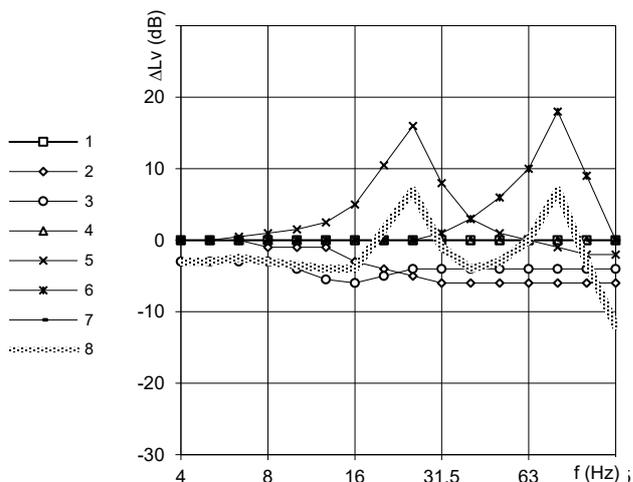
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich $f(E) = 80$ Hz

Sonstiges

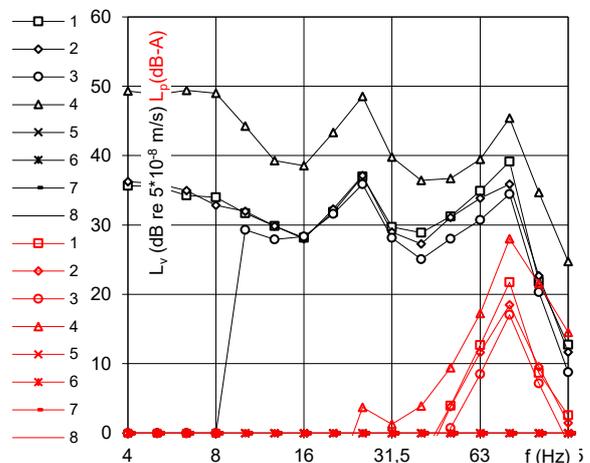
keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,01 | | | 23 | 23 |
| 2 | 0,01 | | | 20 | 20 |
| 3 | 0,01 | | | 18 | 18 |
| 4 | 0,03 | | | 29 | 29 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 22 | 22 |



Erschütterungs- und Körperschallimmissionen durch oberirdischen Zugverkehr
- Ergebnisse auf Basis von Messungen im Freifeld -

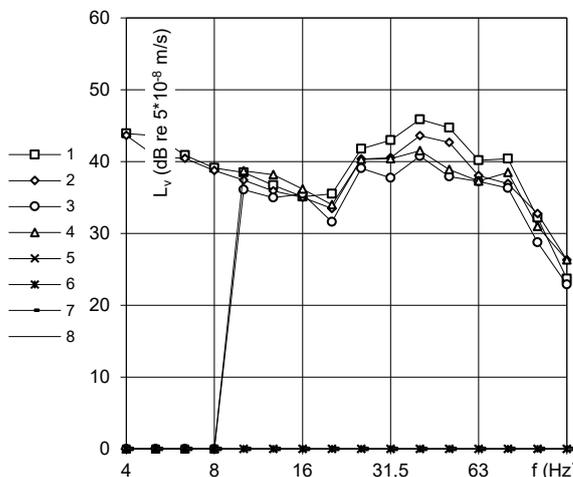
Anlage C - 9

Ausgangswerte (Messwerte)

| Nr. | Zuggattung | Anzahl | Gleis |
|-----|------------|--------|-------|
| 1 | Güterzug | 1 | < |
| 2 | Güterzug | 6 | > |
| 3 | Regio | 2 | <> |
| 4 | ICE | 1 | <> |

| | Anzahl Züge nach Fahrplan | | Dauer der Vorbeifahrt [s] |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|
| | Tags | Nachts | |
| 1 | 78 | 48 | ca. 60 |
| 2 | 79 | 48 | ca. 60 |
| 3 | 61 | 8 | ca. 30 |
| 4 | 14 | 3 | ca. 30 |

Messpunkt: **MP 8**



Ausbreitungsbedingungen und Übertragungsverhalten

Emissionsbereich (Weichen, Alterung, usw.)

keine Zuschläge

Transmissionsbereich (Bodenfugen, Abschirmung,...)

Tiefgründung/Elastische Schicht vor Kellerwänden

Übergang auf Gebäudefundament

Gebäudeeigenfrequenz ca. 8 Hz (v(R) = 110 m/s)

Schutzmaßnahmen Fundamentbereich

keine Maßnahme

Übertragungsverhalten Decke

Decke f(D) = 25 Hz

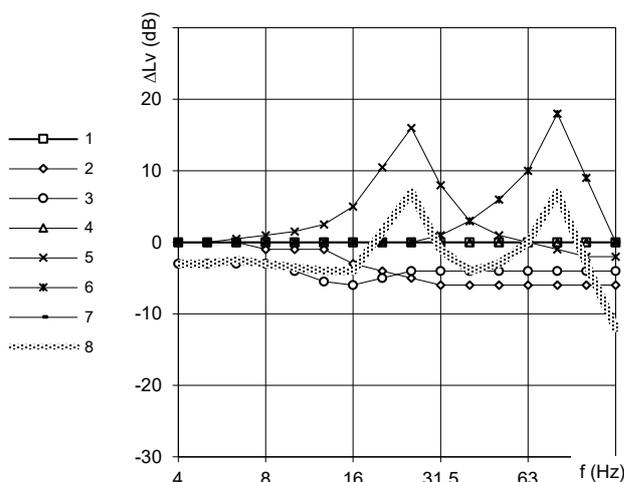
Übertragungsverhalten Estrich

Estrich f(E) = 80 Hz

Sonstiges

keine Maßnahmen

Summe



Immissionswerte (Prognose)

| Schicht | KB _{FTm} | KB _{FTTr} | | L _{AFmax.} | |
|------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------|-----------|
| | | Tags | Nachts | Tags | Nachts |
| 1 | 0,02 | | | 31 | 31 |
| 2 | 0,02 | | | 27 | 27 |
| 3 | 0,01 | | | 27 | 27 |
| 4 | 0,02 | | | 29 | 29 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| S = | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 29 | 29 |

