

Bericht: **23129-GU02-V02**
Messtechnische Bestimmung der Erschütterungen durch Zugverkehr und Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in den Wohnräumen im Bebauungsplangebiet Nr. 72c „Neubuchstraße“ in 85774 Unterföhring

Projekt: Bebauungsplan Nr. 72c „Neubuchstraße“
85774 Unterföhring

Auftraggeber: Bayerische Hausbau Projektentwicklung GmbH
Denninger Straße 165
81925 München

Auftragnehmer: Kurz und Fischer GmbH
Miesbacher Straße 23
83620 Feldkirchen-Westerham

Datum: 18.12.2024

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Aufgabenstellung	4
2 Grundlagen	5
3 Beurteilungsgrundlagen	6
3.1 Erschütterungen	6
3.2 Sekundärluftschall	8
4 Angaben zu den Erschütterungsquellen	9
5 Durchführung der Messungen	10
5.1 Datum und Ort der Messungen	10
5.2 Messverfahren	10
5.3 Messprogramm	10
5.4 Messpersonal	10
6 Prognose	11
6.1 Erschütterungsanregung	11
6.2 Erschütterungsausbreitung	11
6.3 Erschütterungsimmissionen	12
6.4 Sekundärluftschallimmissionen	13
7 Prognoseergebnisse Erschütterungen	15
7.1 Maximale bewertete Schwingstärke	15
7.2 Beurteilungsschwingstärke	15
8 Prognoseergebnisse Sekundärluftschall	16
8.1 Vorbeifahrtpegel	16
8.2 Beurteilungspegel	16
9 Prognosesicherheit	17
10 Beurteilung	18
10.1 Erschütterungen	18
10.2 Sekundärluftschall	18
11 Zusammenfassung	19

Änderungsvermerk

Versions-Nr.	Datum	Änderungen
23129-GU02	30.04.2024	Urfassung
23129-GU02-V02	18.12.2024	Überarbeitung aufgrund geänderter Kubaturen Folgende Änderungen wurden vorgenommen: Abschnitt 2: Grundlagendaten Anlage 1: Lageplan An den Ergebnisse, Beurteilungen und notwendigen Maßnahmen ergeben sich <u>keine</u> Änderungen.

Der vorliegende Bericht 23129-GU02-V02 ersetzt den Bericht 23129-GU02 mit Stand vom 30.04.2024.

1 Aufgabenstellung

Die Bayerische Hausbau Projektentwicklung GmbH plant die Errichtung von drei Mehrfamilienhäusern mit bis zu fünf Obergeschossen sowie einer gemeinsamen eingeschossigen Tiefgarage am südöstlichen Ende der Neubruchstraße in Unterföhring. Das Plangebiet ist gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan Nr. 72/03 als Mischgebiet sowie als ökologische Ausgleichsfläche ausgewiesen. Als Rechtsgrundlage zur geplanten Bebauung soll daher eine Änderung des Bebauungsplans in Form eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans durchgeführt werden.

Das Bauvorhaben befindet sich etwa 80 Meter nördlich der Zugstrecke 5560 (München-Freimann – München-Johanniskirchen), welche Teil des Münchner Nordrings ist und im Regelfall ausschließlich von Güterzügen befahren wird. Östlich des Bauvorhabens verläuft in einem Abstand von mindestens 60 Metern die Zugstrecke 5556 (München-Johanniskirchen – Unterföhring), welche im Regelfall ausschließlich von S-Bahnen befahren wird.

In Anlage 1 ist das Bauvorhaben im räumlichen Zusammenhang dargestellt.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sollte eine Erschütterungsprognose erstellt werden, in der die Erschütterungs- und Sekundärluftschalleinwirkungen auf die geplanten Wohngebäude untersucht werden. Die vorhandenen Erschütterungen durch den Bahnverkehr der Schienenstrecke 5560 wurden hierzu messtechnisch ermittelt und die Auswirkungen auf die geplanten Wohnhäuser mit einem Prognosemodell auf Basis empirisch ermittelter Übertragungsspektren prognostiziert und anhand der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [1] sowie in Anlehnung an die Immissionsrichtwerte der TA Lärm [2] beurteilt.

Nach VDI 3837 [3] sind für S-Bahnstrecken relevante Erschütterungseinwirkungen bis zu einem Abstand von 40 Metern zum Gleis zu erwarten. Dieser Abstand wird im vorliegenden Fall zur Schienenstrecke 5556 deutlich überschritten. Zudem ergaben messtechnische Untersuchungen der Müller-BBM Industry Solutions GmbH im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Nr. 92/21 „Neues Mitterfeld“ an dieser Schienenstrecke unmittelbar nördlich des vorliegenden Bauvorhabens keine relevanten Erschütterungseinwirkungen. Auf eine Untersuchung der Schienenstrecke 5556 wurde daher verzichtet.

2 Grundlagen

Es standen folgende Planunterlagen und Informationen zur Verfügung:

- Lageplan, M 1:500, Stand 14.08.2024, erstellt von der Maier Neuberger Architekten GmbH
- Grundrisse, Ansichten und Schnitte, M 1:200, Stand 14.08.2024, erstellt von der Maier Neuberger Architekten GmbH
- Digitales Geländemodell (DGM1), digitales Gebäudemodell im Level of Detail 2 (LoD2) und digitales Orthophoto (DOP), bezogen am 12.07.2023 von der Bayerischen Vermessungsverwaltung
- Auszug aus dem Allgemeinen Liegenschaftskataster, digital bezogen am 10.07.2023 von der Bayerischen Vermessungsverwaltung
- Vorentwurf zum Plan- und Textteil des Bebauungsplans Nr. 72c „Neubruchstraße“ der Gemeinde Unterföhring, Stand 18.12.2024, erstellt von der Wüstinger Rickert Architekten und Stadtplaner PartGmbH
- Plan- und Textteil zum Bebauungsplan Nr. 72/03 „Südlich der Neubruchstraße“ der Gemeinde Unterföhring
- Entwurf zum Plan- und Textteil zum Bebauungsplan Nr. 92/21 „Wohnen und nicht störendes Gewerbe im Neuen Mitterfeld“ der Gemeinde Unterföhring
- Erschütterungstechnische Untersuchung zum Bebauungsplan Nr. 92/21, Bericht Nr. M168966/03, Stand 01.06.2023, erstellt von der Müller-BBM Industry Solutions GmbH
- Zugzahlen der Zugstrecken 5556 (München-Johanniskirchen – Unterföhring) und 5560 (München-Freimann – München-Johanniskirchen) für den Prognosehorizont 2030, zur Verfügung gestellt von der Deutschen Bahn AG am 21.07.2023
- Bodengutachten, Stand 25.08.2010. erstellt von Dr.-Ing. A. Schubert, Beratende Ingenieure für Geotechnik

Es wurden keine weiteren Abstimmungen mit der zuständigen Behörde und mit dem Planungsträger getroffen.

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Erschütterungen

Die Bewertung und Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2 [1]. Zweck dieser Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Die Norm nennt Anforderungen und Anhaltswerte, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Nach dem in DIN 4150-2 beschriebenen Bewertungs- und Beurteilungsverfahren sind die Beurteilungsgrößen maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ bzw. Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ zu berechnen und mit den Anhaltswerten der Tabelle 1 zu vergleichen:

- Innerhalb des Gebäudes ist auf der am stärksten betroffenen Geschossdecke das Zeitsignal der unbewerteten Schwingschnelle $v(t)$ gemäß DIN 45669 [4] im Frequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz zu erfassen.
- Mittels einer Frequenz- und Zeitbewertung (Hochpassfilterung mit einer Grenzfrequenz von 5,6 Hz sowie Bildung eines gleitenden Effektivwertes mit einer Zeitkonstante $\tau = 0,125$ s) ist die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ zu bilden.
- Die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ ist der Maximalwert der zeitabhängigen bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$.
- Die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ wird unter Berücksichtigung der Einwirkzeit der Erschütterungseinwirkungen gebildet, wobei der Beurteilungszeitraum in 30 s-Takte unterteilt wird und die Maximalwerte der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ in den von Erschütterungseinwirkungen betroffenen Takten energetisch gemittelt und entsprechend der Anzahl betroffener Takte gewichtet werden (sogenanntes Taktmaximalverfahren).

Überschreitet die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ den Anhaltswert A_u , so ist die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Bei einer Überschreitung des Anhaltswertes A_r durch die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ oder einer Überschreitung des oberen Anhaltswertes A_o durch die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ gelten die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten.

Bei Erschütterungseinwirkungen durch oberirdischen Schienenverkehr sind folgende Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte A_u und A_r nach DIN 4150-2, Tabelle 1 [1].
- Der Anhaltswert A_o wird bei Schienenverkehr nachts nicht zur Beurteilung herangezogen. Liegen bei oberirdischen Strecken nachts jedoch einzelne $KB_{F_{\max}}$ -Werte über $A_o = 0,6$, so ist nach DIN 4150-2 [1] nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen.
- Bei der Ermittlung von $KB_{F_{Tr}}$ wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.

Entsprechend der geplanten Gebietseinstufung des Bebauungsplangebietes als Allgemeines Wohngebiet wird das Bauvorhaben nachfolgend mit der Schutzbedürftigkeit von Einwirkungsorten, in deren Umgebung vorwiegend Wohnungen untergebracht sind, berücksichtigt. Die entsprechende Zeile ist in der Tabelle 1 hervorgehoben.

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (DIN 4150-2, Tab. 1 [1])

Zeile	Einwirkungsort	tags: 6 – 22 Uhr			nachts: 22 – 6 Uhr		
		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 (vgl. Industriegebiete BauNVO, § 9)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete BauNVO, § 8)	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 (vgl. Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, 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 Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebieteinteilung der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Zur Fühlbarkeit von Erschütterungseinwirkungen gibt DIN 4150-2 [1] folgende Hinweise:

„Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkungen 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.“

3.2 Sekundärluftschall

Die bei der Zugvorbeifahrt in Wohnräumen entstehenden Innenpegel resultieren aus einer Zusammenwirkung von Primärluftschallimmissionen über die raumbegrenzenden Fassadenbauteile und Sekundärluftschallimmissionen infolge der Schwingungsanregung der Gebäudestruktur.

Für die Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen liegen derzeit weder baurechtlich eingeführte Regelwerke noch öffentlich-rechtlich verbindliche Richtwerte vor. Es bestehen mehrere Regelwerke, die Anforderungen an zulässige Innenraumpegel nennen (VDI-Richtlinie 2719 [5], TA Lärm [2]). Die darin genannten Anhalts- und Immissionsrichtwerte können zur Beurteilung der aus der Schallabstrahlung schwingender Bauteile prognostizierten Sekundärluftschallpegel als Empfehlung verwendet werden. In Anlehnung an die TA Lärm können die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Immissionsrichtwerte zur Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen herangezogen werden:

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte innerhalb von Gebäuden nach TA Lärm [2]

Beurteilungszeitraum	Immissionsrichtwert L_r in dB(A)	kurzzeitige Geräuschspitzen in dB(A)
Tag (6 – 22 Uhr)	35	45
Nacht (22 – 6 Uhr) ¹⁾	25	35

¹⁾ Gemäß TA Lärm ist nachts die lauteste volle Stunde zu berücksichtigen.

Gemäß TA Lärm sind bei gewerblichen Lärmeinwirkung alle Spitzenpegel, welche im bestimmungsgemäßen Betriebsablauf auftreten, mit den o. g. zulässigen kurzzeitigen Geräuschspitzen zu vergleichen. Die Spitzenpegel werden hierbei durch den L_{AFmax} gekennzeichnet.

Bei einzelnen Zugvorbeifahrten können aufgrund besonderer Umstände (Unrundheiten und Flachstellen sehr schlecht gewarteter Räder) die Spitzenpegel deutlich von den regelmäßig auftretenden mittleren Spitzenpegeln einer Zuggattung abweichen. Da eine zuverlässige Prognose dieser selten auftretenden Spitzenpegel nicht möglich ist und eine entsprechende Auslegung möglicher Schutzmaßnahmen auf der sicheren Seite liegend wirtschaftlich als nicht tragbar anzusehen ist, wurde nachfolgend die Beurteilung auf die regelmäßig auftretenden maximalen Vorbeifahrtpegel abgestellt (siehe Abschnitt 6.4). Ferner ist darauf hinzuweisen, dass im Rahmen der nationalen Richtlinien und Regelwerke für primäre Verkehrslärmimmissionen ohnehin keine Berechnungen und Beurteilungen für kurzzeitige Geräuschspitzen vorgesehen sind.

Zur Wahrnehmbarkeit von Sekundärluftschallimmissionen können folgende Hinweise gegeben werden:

Bei innerstädtisch üblichen Grundgeräuschpegeln ist davon auszugehen, dass bereits kurzzeitige Geräuschspitzen unter 35 dB(A) deutlich wahrgenommen werden. Auch bei Einhaltung der o. g. empfohlenen und in der Rechtsprechung gebräuchlichen Immissionsrichtwerte sind somit bereits subjektiv störende Geräuschimmissionen nicht auszuschließen.

4 Angaben zu den Erschütterungsquellen

Gemäß der Auskünfte der Deutschen Bahn AG ist auf dem relevanten Abschnitt der Schienenstrecke 5560 für den Prognosehorizont 2030 von der in Tabelle 3 dargestellten Zugbelegung auszugehen. Die Gleisbelegung für die lauteste Nachtstunde konnte nicht den vorliegenden Daten entnommen werden und wurde entsprechend auf der sicheren Seite abgeschätzt.

Tabelle 3: Zugzahlen Schienenverkehr

Zugart (Klasse)	Anzahl der Züge je Zugart		
	tags 6 – 22 Uhr	nachts 22 – 6 Uhr	Lauteste Nachtstunde
Güterverkehr (GZ)	129	98	20

Für die Prognose wurde von einer gleichmäßigen Verteilung der Verkehre auf die beiden Fahrtrichtungen ausgegangen. Dabei wurde nachfolgend die Bezeichnung „Gleis 1“ für die dem Bauvorhaben zugewandte Gleisachse verwendet (Richtung München-Freimann) und „Gleis 2“ für die abgewandte Gleisachse (Richtung München-Johanneskirchen).

Gemäß der Auskünfte der Deutschen Bahn AG und der Erkenntnisse vor Ort besteht die Schienenstrecke aus Schienen auf Betonschwellen im Schotterbett. Schallminderungstechniken am Gleis wie Schienenstegdämpfer sind nicht vorhanden. Die Schienenstrecke verläuft in einem Bogen von West nach Süd mit Kurvenradien von mehr als 500 Metern. Die Gleise befinden sich gegenüber den geplanten Wohngebäuden auf gleicher Höhe über Normalnull. Zwischen der Schienenstrecke und dem Bauvorhaben ist jedoch ein bis zu 7 Meter hoher Erdwall vorhanden.

Während der Messungen wurden Ein- und Ausfahrten von Güterzügen in das südlich des Bauvorhabens gelegene Heizkraftwerk beobachtet. Diese erfolgen mit sehr geringer Geschwindigkeit, sodass deutlich geringere Erschütterungen registriert wurden als bei regulären Vorbeifahrten. Es ist nicht bekannt, ob diese Ein- und Ausfahrten in den Verkehrszahlen der Deutschen Bahn AG enthalten sind. Gegenüber der derzeitigen Streckenbelastung wird jedoch generell eine wesentliche Zunahme prognostiziert, sodass ggf. zusätzliche langsame Werksfahrten als erschütterungstechnisch nicht relevant angesehen werden können.

5 Durchführung der Messungen

5.1 Datum und Ort der Messungen

Die Messungen auf dem Gelände der geplanten Bebauung an der Neubruchstraße in Unterföhring erfolgten am 08.11.2023 im Zeitraum zwischen 10:30 Uhr und 16:30 Uhr. Das Gelände war zum Zeitpunkt der Messungen frei von bestehender Bebauung.

Die Erschütterungsimmissionen durch Zugverkehr wurden an insgesamt acht Messpunkten in zwei Messreihen (MP1.1 bis MP1.4 und MP2.1 bis MP2.4) messtechnisch erfasst. Alle Messpunkte sind in den Lageplan in Anlage 1 zu diesem Gutachten eingezeichnet.

5.2 Messverfahren

Die Messungen erfolgten nach DIN 45669-2 [6]. Es wurde das unbewertete Erschütterungssignal im Arbeitsfrequenzbereich zwischen 1 Hz und 315 Hz simultan an acht Messkanälen aufgezeichnet.

An den in Abschnitt 5.1 genannten Messpunkten wurden die durch den Bahnverkehr auftretenden Erschütterungen an der bestehenden Erdoberfläche mit Geophonen auf Erdspießen in vertikaler Schwingrichtung gemessen (siehe Fotodokumentation in Anlage 2).

Das verwendete Messsystem entspricht im maßgeblichen Frequenzbereich den Anforderungen nach DIN 45669-1 [4]. In Anlage 3 können die verwendeten Messgeräte und die Konfiguration des Messsystems dem Messprotokoll entnommen werden.

5.3 Messprogramm

Im Zeitraum der messtechnischen Untersuchung wurden auf dem betroffenen Grundstück insgesamt zehn reguläre Vorbeifahrten von Güterzügen, zwei langsame Güterzug-Vorbeifahrten sowie drei Ein- und zwei Ausfahrten zum/vom Gelände des Heizkraftwerkes aufgezeichnet. In Anlage 3 zu diesem Gutachten sind die Vorbeifahrten mit Uhrzeit dokumentiert.

5.4 Messpersonal

Die Messungen wurden von nachfolgend aufgeführtem Personal durchgeführt:

- Dipl.-Ing. (FH) Philipp Becker (Messingenieur)
- Dipl.-Chem. Julia Becker, B. Eng. (Messingenieurin)

6 Prognose

Nach DIN 4150-2 [1] sind Erschütterungseinwirkungen innerhalb eines Gebäudes auf der von den Erschütterungen am stärksten betroffenen Geschossdecke zu beurteilen. Daher wurden die im geplanten Bauvorhaben zu erwartenden Einwirkungen anhand der auf dem Baugrundstück im Erdreich erhaltenen Messergebnisse prognostiziert.

6.1 Erschütterungsanregung

An allen Messpunkten wurde je Zugvorbeifahrt das maximale Terz-Schnellepegelspektrum $L_{\text{Terz},F_{\text{max}},\text{hold}}$ ausgewertet. Erfahrungsgemäß korreliert das nach diesem Verfahren gewonnene Spektrum sehr gut mit den zu prognostizierenden $KB_{F_{\text{max}}}$ -Werten (vgl. [7] und [3]). Für die Prognose der Sekundärluftschallanregung wurde gemäß [8] das A-bewertete und über die geometrische Zugvorbeifahrt zeitlich gemittelte Terz-Schnellepegelspektrum $L_{\text{Terz},vA}$ bestimmt. Im vorliegenden Fall wurde vereinfachend ein Korrekturwert von -4 dB zwischen $L_{\text{Terz},F_{\text{max}},\text{hold}}$ und $L_{\text{Terz},vA}$ angesetzt.

Die Einzelvorbeifahrten wurden je Gleisbelegung gemittelt. Da sich für Ein- und Ausfahrten zum/vom Heizkraftwerk sowie für die Vorbeifahrten mit geringen Geschwindigkeiten deutlich niedrigere Terzschnellepegel ergeben, wurden diese von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Die messtechnisch ermittelten und für die Prognose herangezogenen Terzspektren sind in der Anlage 4 zu diesem Gutachten graphisch dargestellt. Die Ein- und Ausfahrten zum/vom Heizkraftwerk sind in der Anlage grau dargestellt, die Vorbeifahrten bei niedriger Geschwindigkeit strichliert.

6.2 Erschütterungsausbreitung

Die Prognose der zu erwartenden Erschütterungen erfolgt über die Annahme von idealisierten Übertragungsspektren auf den betrachteten Ausbreitungs- und Übertragungswegen nach den Ausführungen in [7] sowie nach VDI 3837 [3].

Bei der Prognose wurden folgende Übertragungswege berücksichtigt:

- Die Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich in das Fundament.
- Die Erschütterungsförderung im Gebäude vom Gebäudefundament auf die betroffene Geschossdecke.

Da die konkrete Bauweise der Mehrfamilienhäuser noch unbekannt ist, erfolgten sämtliche Berechnungen auf der sicheren Seite liegend für Gebäude mit Holzbalkendecken. Damit ist sichergestellt, dass auch bei einer Realisierung mit Betondecken die Anhaltswerte nach DIN 4150-2 eingehalten werden.

Aufgrund der Lage der Messpunkte unmittelbar im Bereich der zukünftigen Bebauung sind keine weiteren Korrekturen für die Ausbreitung im Erdreich zu berücksichtigen.

6.3 Erschütterungsimmissionen

Aus den für die Geschossdecken der zukünftigen Bebauung prognostizierten Schwingungsniveaus werden nach [3] mittels einer KB -Bewertung und einer energetischen Summierung der Terzbänder im Frequenzbereich zwischen 4 Hz und 80 Hz die beurteilungsrelevanten KB -Werte nach DIN 4150-2 [1] berechnet.

Dabei wurde je Gleisbelegung der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} (entspricht der gemittelten maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} der Einzelzugvorbeifahrten) ermittelt. Anhand eines Zuschlags (gemäß VDI 3837 [3] bei Holzbalkendecken $c_m = 1,7$) wurden die zu erwartenden maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} bei Einzelzugvorbeifahrten abgeschätzt (einzelne, aufgrund besonderer Umstände besonders erschütterungsintensive Ereignisse werden dabei nicht berücksichtigt).

Zur Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTr} sind die ermittelten Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} entsprechend der zu erwartenden Einwirkungszeiten in Bezug auf die Beurteilungszeiträume Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) zu gewichten.

Bei der Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr wird im Anhang A der DIN 4150-2 [1] empfohlen, die je Klasse prognostizierten Taktmaximal-Effektivwerte auf die jeweilige Anzahl an Zugvorbeifahrten zu beziehen.

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \cdot \sum_{i=1}^L M_i \cdot KB_{FTm,i}^2}$$

Dabei ist:

KB_{FTr}	Beurteilungs-Schwingstärke nach DIN 4150-2	[-]
N_r	Die Anzahl an 30-Sekunden-Takte im Beurteilungszeitraum: tags: $N_r = 1920$ (16 h / 30 s) nachts: $N_r = 960$ (8 h / 30 s)	[-]
L	Die Anzahl an unterschiedlichen Klassen (Zuggattungen)	[-]
$KB_{FTm,i}$	Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ nach DIN 4150-2 für die Klasse i	[-]
M_i	Die Anzahl der durch die Klasse i belegten Takte (Im vorliegenden Fall werden durch eine Zugvorbeifahrt zwei Takte belegt.)	[-]

Für die Prognose wurden die im Abschnitt 4 aufgeführten Zugzahlen zugrunde gelegt. Die so ermittelten Beurteilungsschwingstärken für die Beurteilungszeiträume Tag und Nacht sind mit den Anhaltswerten A_r nach DIN 4150-2 [1] zu vergleichen (siehe Abschnitt 3.1).

6.4 Sekundärluftschallimmissionen

Zwischen den prognostizierten Erschütterungseinwirkungen und dem Schalldruckpegel im Raum besteht ein Zusammenhang in Abhängigkeit der Abstrahl- und Absorptionsverhältnisse der Raumbegrenzungsflächen.

Nach [7] und [8] können die Sekundärluftschallimmissionen für übliche Wohnräume anhand von Regressionsgeraden abgeschätzt werden, welche im Rahmen von Erschütterungs- und Luftschallmessungen in betroffenen Wohngebäuden ermittelt wurden:

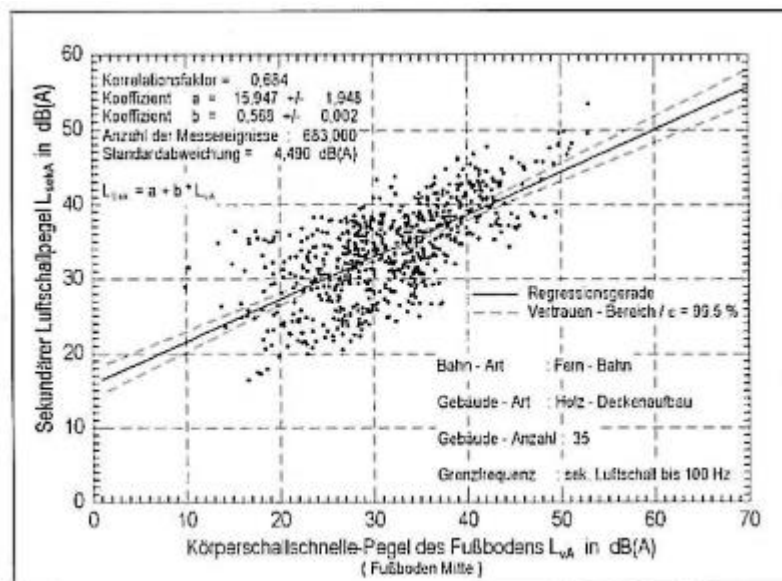


Abbildung 1: Sekundärer Luftschallpegel in Abhängigkeit vom Körperschall-Schnellepegel L_{vA} des Fußbodens mit Holzbalkendeckenaufbau beim Fernbahnbetrieb aus [8].

Anhand der Anzahl der Zugvorbeifahrten und der Einwirkungszeit je Vorbeifahrt wird aus den prognostizierten mittleren Sekundärluftschallpegeln \bar{L}_{sekA} je Zuggattung unter Berücksichtigung der Beurteilungszeiträume gemäß TA Lärm [2] der Beurteilungspegel L_r gebildet.

$$L_r = 10 \cdot \lg \frac{1}{T_r} \cdot \sum_{i=1}^L T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{\text{sekA},i}}$$

Dabei ist:

L_r	A-bewerteter Beurteilungspegel in dB(A) gemäß der TA Lärm
T_r	Beurteilungszeit in h: tags 16 h und nachts 1 h
L	Die Anzahl an unterschiedlichen Klassen (Zuggattungen)
T_i	Einwirkzeit in h je Klasse (Anzahl der Züge im Beurteilungszeitraum x mittlere Einwirkzeit je Zugvorbeifahrt)
$L_{\text{sekA},i}$	Mittlerer A-bewerteter Sekundärluftschallpegel in dB(A) je Klasse

Im vorliegenden Fall wurde die mittlere Einwirkzeit je Vorbeifahrt mit 60 s abgeschätzt.

Die Abschätzung der regelmäßig zu erwartenden maximalen Sekundärluftschallpegel L_{sekA} bei Einzelzugvorbeifahrten erfolgt anhand eines pauschalen Zuschlags auf den mittleren Sekundärluftschallpegel \bar{L}_{sekA} in Anlehnung an VDI 3837 [3], welche zur Prognose der Erschütterungsimmersionen herangezogen wird. Entsprechend des dort beschriebenen Verfahrens kann der Zuschlag ΔL mit +3,5 dB angenommen werden. Die so ermittelten maximalen Sekundärluftschallpegel L_{sekA} werden als Vorbeifahrtpegel mit den hilfsweise zur Beurteilung herangezogenen zulässigen kurzzeitigen Geräuschspitzen gemäß TA Lärm [2] verglichen.

7 Prognoseergebnisse Erschütterungen

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der prognostizierten Erschütterungseinwirkungen auf den Geschossdecken der geplanten Bebauung zusammengefasst. Da für alle Messpunkte die Prognose zu einer Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4150-2 [1] bzw. nach TA Lärm [2] geführt hat, werden nachfolgend ausschließlich die Ergebnisse für den maßgeblichen Messpunkt dargestellt. Auf eine genauere Betrachtung der Messreihen in Hinblick der abstandsabhängigen Abnahme der Erschütterungen im Erdreich konnte verzichtet werden.

Es sind die Schwingstärken für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz dargestellt. Die Ergebnisse für alle Deckeneigenfrequenzen getrennt nach Gleisbelegung (Fahrtrichtung) sind in Anlage 5 dargestellt.

7.1 Maximale bewertete Schwingstärke

Tabelle 4: Prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} nach DIN 4150-2 [1] für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz

Messpunkt		maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} [-]	Anhaltswerte $A_u / A_o^{1)}$	
			Tag	Nacht
MP1.2	Haus 2, Südwestecke	bis 0,08	0,15 / 3	0,1 / 0,2

¹⁾ Der Anhaltswert A_o wird bei Schienenverkehr nachts nicht zur Beurteilung herangezogen. Liegen bei oberirdischen Strecken nachts jedoch einzelne KB_{Fmax} -Werte über $A_o = 0,6$, so ist gemäß DIN 4150-2 nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen.

7.2 Beurteilungsschwingstärke

Tabelle 5: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} nach DIN 4150-2 [1] für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz

Messpunkt		Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} [-]		Anhaltswerte $A_r^{0)}$	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht
MP1.2	Haus 2, Südwestecke	0,01	0,02	0,07	0,05

8 Prognoseergebnisse Sekundärluftschall

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der prognostizierten Sekundärluftschalleinwirkungen in den Wohnräumen der geplanten Bebauung für den der Zugstrecke nächstgelegenen Gebäudepunkt zusammengefasst. Es sind die Luftschallpegel für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz dargestellt. Die Ergebnisse für alle Deckeneigenfrequenzen getrennt nach Gleisbelegung (Fahrtrichtung) sind in Anlage 6 dargestellt.

8.1 Vorbeifahrtpegel

Tabelle 6: Prognostizierter Sekundärluftschallpegel während Vorbeifahrten für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz

Messpunkt		Sekundär- Luftschallpegel Zugvorbeifahrt L_{sekA} in dB(A)	zulässige kurzzeitige Geräuschspitzen gemäß TA Lärm in dB(A)	
			Tag	Nacht
MP1.2	Haus 2, Südwestecke	bis 29	45	35

8.2 Beurteilungspegel

Tabelle 7: Prognostizierter Beurteilungspegel L_r in Anlehnung an die TA Lärm [2] für die ungünstigste Deckeneigenfrequenz

Messpunkt		Beurteilungspegel L_r in dB(A)		Immissionsrichtwert gemäß TA Lärm in dB(A)	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht ¹⁾
MP1.2	Haus 2, Südwestecke	16	20	35	25

¹⁾ Gemäß TA Lärm ist nachts die lauteste volle Stunde zu berücksichtigen.

9 Prognosesicherheit

Die vorausgegangene Prognose wurde anhand messtechnisch ermittelter Übertragungsspektren und empirischer Korrelationen auf Basis der im Baugrund gemessenen Erschütterungseinwirkungen erstellt. Dabei treten entsprechende Unsicherheiten im Rahmen der Messdatenermittlung sowie bei der Annahme der Übertragungsfaktoren auf.

Im vorliegenden Fall ist davon auszugehen, dass aufgrund der gewählten Messmethode, der Messdauer und der Messpunktauswahl im Rahmen der Prognose für die Messdatenerfassung keine relevanten Unsicherheiten zu berücksichtigen sind. In Bezug auf die Übertragungsspektren und die Korrelation zwischen dem prognostizierten Schnellepegel und dem resultierenden Sekundärluftschallpegel sind gemäß [3] und [9] jeweils Standardabweichungen von 5 dB bis 6 dB zu erwarten. Für die prognostizierten Sekundärluftschallpegel ergibt sich somit eine resultierende Standardabweichung im Bereich von 8 dB.

Erfahrungsgemäß liegt die semiempirische Prognose auf der sicheren Seite, d. h. die herangezogenen Übertragungsspektren berücksichtigen das jeweils ungünstigste Übertragungsverhalten bei der ungünstigsten Bauteileigenfrequenz. Validierungsmessungen im fertigen Bauwerk haben wiederholt gezeigt, dass die tatsächlich auftretenden Immissionen eher geringer ausfallen als die prognostizierten Werte.

10 Beurteilung

Für die Beurteilung der Einwirkungen werden die Anhalts- bzw. Immissionsrichtwerte für Allgemeine Wohngebiete herangezogen.

In Bezug auf die Erschütterungseinwirkungen sind die unteren Anhaltswerte A_u (0,15 tags / 0,10 nachts) mit den maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} und ggf. die Anhaltswerte A_r (0,07 tags / 0,05 nachts) mit den Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} zu vergleichen.

Bei Sekundärluftschalleinwirkungen werden die Vorbeifahrtpegel L_{sekA} hilfsweise mit den zulässigen kurzzeitigen Geräuschspitzen gemäß TA Lärm [2] (45 dB(A) tags / 35 dB(A) nachts) und die Beurteilungspegel L_r mit den Immissionsrichtwerten gemäß TA Lärm [2] (35 dB(A) tags / 25 dB(A) nachts) verglichen. Konkrete baurechtliche Anforderungen in Bezug auf Sekundärluftschalleinwirkungen bestehen nicht.

10.1 Erschütterungen

Entsprechend der Prognoseergebnisse werden die unteren Anhaltswerte A_u von 0,15 tags und 0,10 nachts durch die zu erwartende maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} von bis zu 0,08 bei sämtlichen untersuchten Deckeneigenfrequenzen sicher eingehalten.

Die Anforderungen nach DIN 4150-2 [1] in Bezug auf Erschütterungseinwirkungen werden somit ohne erschütterungsschutztechnische Maßnahmen eingehalten.

Mit maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} von bis zu 0,08 sind Zugvorbeifahrten in der Regel nicht wahrnehmbar. Auch bei ruhigem Aufenthalt in Wohnbereichen oder bei konzentrierter Arbeit ist somit von keiner relevanten Störwirkung auszugehen.

Es sind somit keine erschütterungstechnischen Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungseinwirkungen im Plangebiet erforderlich.

10.2 Sekundärluftschall

Die Anforderungen an die Vorbeifahrtpegel L_{sekA} und die Beurteilungspegel L_r werden tags und nachts bei allen untersuchten Deckeneigenfrequenzen sicher eingehalten.

Es sind somit keine erschütterungstechnischen Maßnahmen zur Minderung des Sekundärluftschalls im Plangebiet erforderlich.

11 Zusammenfassung

Die Bayerische Hausbau Projektentwicklung GmbH plant die Errichtung von drei Mehrfamilienhäusern mit bis zu fünf Obergeschossen sowie einer gemeinsamen eingeschossigen Tiefgarage am südöstlichen Ende der Neubruchstraße in Unterföhring. Als Rechtsgrundlage zur geplanten Bebauung soll eine Änderung des bestehenden Bebauungsplans in Form eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans durchgeführt werden. Das Plangebiet soll als Allgemeines Wohngebiet ausgewiesen werden.

Das Bauvorhaben befindet sich etwa 80 Meter nördlich der Zugstrecke 5560 (München-Freimann – München-Johanniskirchen), welche im Regelfall ausschließlich von Güterzügen befahren wird. Östlich des Bauvorhabens verläuft in einem Abstand von mindestens 60 Metern die Zugstrecke 5556 (München-Johanniskirchen – Unterföhring), welche im Regelfall ausschließlich von S-Bahnen befahren wird. In Anlage 1 ist das Bauvorhaben im räumlichen Zusammenhang dargestellt.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sollte eine Erschütterungsprognose erstellt werden, in der die Erschütterungs- und Sekundärluftschalleinwirkungen auf die geplanten Wohngebäude untersucht werden. Die vorhandenen Erschütterungen durch den Bahnverkehr der Schienenstrecke 5560 wurden hierzu messtechnisch ermittelt und die Auswirkungen auf die geplanten Wohnhäuser mit einem Prognosemodell auf Basis empirisch ermittelter Übertragungsspektren prognostiziert und anhand der Anhaltswerte aus DIN 4150-2 [1] sowie in Anlehnung an die Immissionsrichtwerte der TA Lärm [2] beurteilt.

Die Untersuchungen kamen zu folgenden Ergebnissen:

Die Anforderungen nach DIN 4150-2 in Bezug auf Erschütterungseinwirkungen werden ohne erschütterungsschutztechnische Maßnahmen eingehalten (siehe Abschnitt 10.1).

In Bezug auf Sekundärluftschalleinwirkungen bestehen keine baurechtlich eingeführten Anforderungen. Die hilfsweise für eine Beurteilung herangezogenen Richtwerte gemäß TA Lärm werden tags und nachts sicher eingehalten (siehe Abschnitt 10.2). Es sind somit keine erschütterungstechnischen Maßnahmen zur Minderung des Sekundärluftschalls im Plangebiet erforderlich.

Nach VDI 3837 [3] sind für S-Bahnstrecken relevante Erschütterungseinwirkungen bis zu einem Abstand von 40 Metern zum Gleis zu erwarten. Dieser Abstand wird im vorliegenden Fall zur Schienenstrecke 5556 deutlich überschritten. Zudem ergaben messtechnische Untersuchungen der Müller-BBM Industry Solutions GmbH im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Nr. 92/21 „Neues Mitterfeld“ an dieser Schienenstrecke unmittelbar nördlich des vorliegenden Bauvorhabens keine relevanten Erschütterungseinwirkungen. Auf eine Untersuchung der Schienenstrecke 5556 wurde daher verzichtet.

Dieses Gutachten umfasst 22 Seiten Text sowie 6 Anlagen (23 Seiten). Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen Genehmigung der Verfasser.



Dipl.-Ing. (FH) Philipp Becker

*Prüfer des Gutachtens und
fachlich verantwortlich*



Dipl.-Chem. Julia Becker, B. Eng.

Erstellerin des Gutachtens

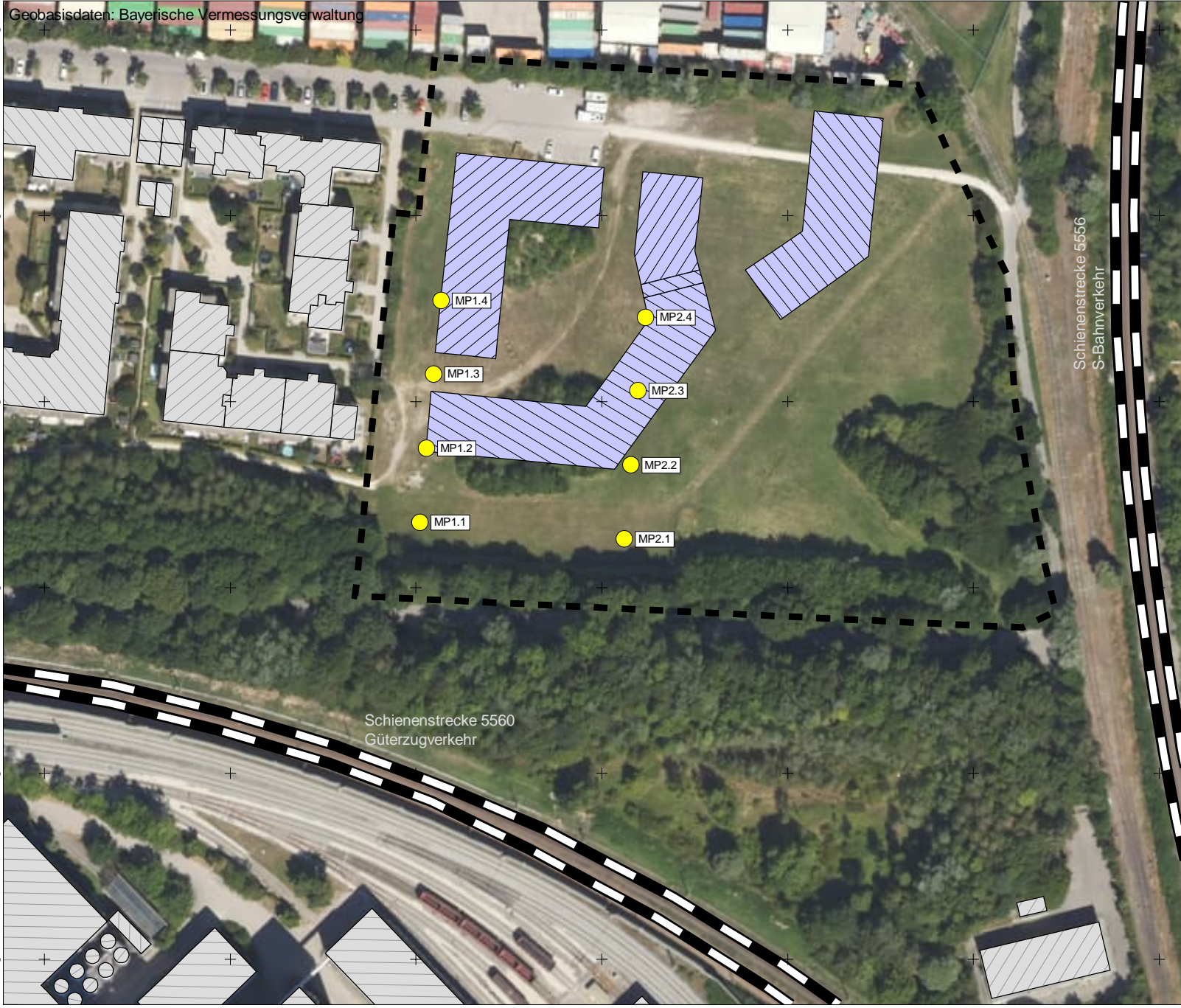
Anlagen

Anlage 1 (1 Seite)	Lageplan der geplanten Situation
Anlage 2 (6 Seiten)	Fotodokumentation der Messung
Anlage 3 (2 Seiten)	Messprotokoll
Anlage 4 (8 Seiten)	Terzspektren der gemessenen Erschütterungsimmissionen
Anlage 5 (3 Seiten)	Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen gemäß DIN 4150-2
Anlage 6 (3 Seiten)	Prognoseergebnisse Sekundärluftschall

Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503) zuletzt geändert durch Bekanntmachung des BMUB vom 1. Juni 2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) in Kraft getreten am 9. Juni 2017 – TA Lärm, 2017.
- [3] VDI 3837:2013-01, Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren.
- [4] DIN 45669-1:2020-06, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen.
- [5] VDI 2719:1987-08, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen. Fachbereich Lärminderung.
- [6] DIN 45669-2:2005-06, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren.
- [7] DB Netz AG, Richtlinie 820.2050 – Erschütterungen und sekundärer Luftschall, 2017.
- [8] *Said, A.; Grütz, H.-P.; Garburg, R.*: Prognose von sekundärem Luftschall bei Schienenverkehr. *In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung* (2006), Bd. 53 Nr. 1 - Januar, S. 12-18.
- [9] *Rutishauser, G.*, Vibrations of traffic, from the source to the recipient the problem of resonances. *In: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (Hrsg.): Fortschritte der Akustik - DAGA, Strasbourg, 2004, S. 1083-1084.*

Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung



Bebauungsplan Nr. 72c "Neubuchstraße" Unterführung

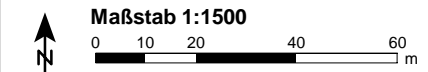
Datum: 18.12.2024

Übersichtsplan

Darstellung der Erschütterungsquellen
und der Messpunkte

Zeichenerklärung:

- Schiene
- Hauptgebäude
- Bauvorhaben
- Messpunkt
- Geltungsbereich Bauungsplan



Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 1: Einfahrt Güterzug in HKW
Die Schienenstrecke 5560 verläuft vor dem Einfahrtgleis.



Abbildung 2: Erdwall zwischen Plangebiet und Schienenstrecke 5560
MP1.1 befindet sich unmittelbar am Fuß des Walls.

Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 3: Blick von Messpunkt MP1.1 Richtung Norden



Abbildung 4: Messpunkt MP1.1

Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 5: Messpunkt MP1.2



Abbildung 6: Messpunkt MP1.3

Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 7: Messpunkt MP1.4



Abbildung 8: Messpunkt MP2.1

Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 9: Messpunkt MP2.2



Abbildung 10: Messpunkt MP2.3

Fotodokumentation

Lage der Messpunkte und der Schienenstrecke 5560



Abbildung 11: Messpunkt MP2.4

Messprotokoll

Beobachtungen und Ereignisse während der Messdurchführung

Datum der Messung: 08.11.2023
 Beobachtungsort: Bahndamm
 Protokollant: jb

Uhrzeit	Notiz/Anmerkung
10:27	Start Messungen
10:36	S-Bahn nach Norden
10:44	S-Bahn nach Süden
10:47	GZ Einfahrt in HKW
10:56	S-Bahn nach Norden
11:04	GZ nach Westen, Lok + 18 Wagen
11:06	GZ Ausfahrt aus HKW mit Stopp
11:08	2 Loks Ausfahrt aus HKW
11:17	S-Bahn nach Norden
11:22	S-Bahn nach Süden
11:32	GZ nach Osten, Lok + 28 Wagen (hörbare Flachstelle)
11:39	GZ Einfahrt in HKW, 2 Loks + 19 Wagen
12:20	GZ Einfahrt in HKW, Lok + 3 Wagen (Kesselwagen), langsame Fahrt
12:25	GZ nach Westen, Lok + 30 Wagen (Container)
12:38	Lok Ausfahrt aus HKW; Rangierfahrten innerhalb des Werkes hinter Lärmschutzwand
13:00	GZ nach Westen, Lok + 31 Wagen (Container)
	GZ nach Osten, Lok + 11 Wagen (Kohle) + 11 Wagen (Flachwagen)
13:40	GZ nach Westen, Lok + 5 Wagen (Kesselwagen)
13:41	Lok nach Westen
13:44	GZ nach Westen, Lok + 18 Wagen (Container)
13:59	GZ nach Westen, Lok + 1 Wagen (Instandhaltung DB Netz)
14:22	GZ nach Westen, Lok + 12 Wagen (Autotransport) + 5 Wagen (gedeckte Wagen)
14:39	GZ nach Osten, 2 Loks + 30 Wagen (Container)
14:48	GZ nach Osten, Lok + 16 Wagen (Container), langsame Fahrt
15:04	GZ nach Osten, Lok + 30 Wagen, langsame Fahrt mit Stopp
16:21	2 Loks Einfahrt in HKW; nur MP1.1 und MP1.2

Protokoll Ende

Messprotokoll

Konfiguration Messsystem

Datum der Messung: 08.11.2023
Messleiter: pb/jb

Anmerkungen:

Messung: alle
Beginn: 10:30 Uhr
Ende: 16:30 Uhr

Datenerfassungsgerät: Wölfel WMS-USB16D (S.-Nr. 180BF68)
Messlaptop: Terra 1220370 (S.-Nr. R4241150)
Messsoftware: Wölfel MEDA 8.1 (S.-Nr. S08/599-1)

Bandbreite: 1024 Hz

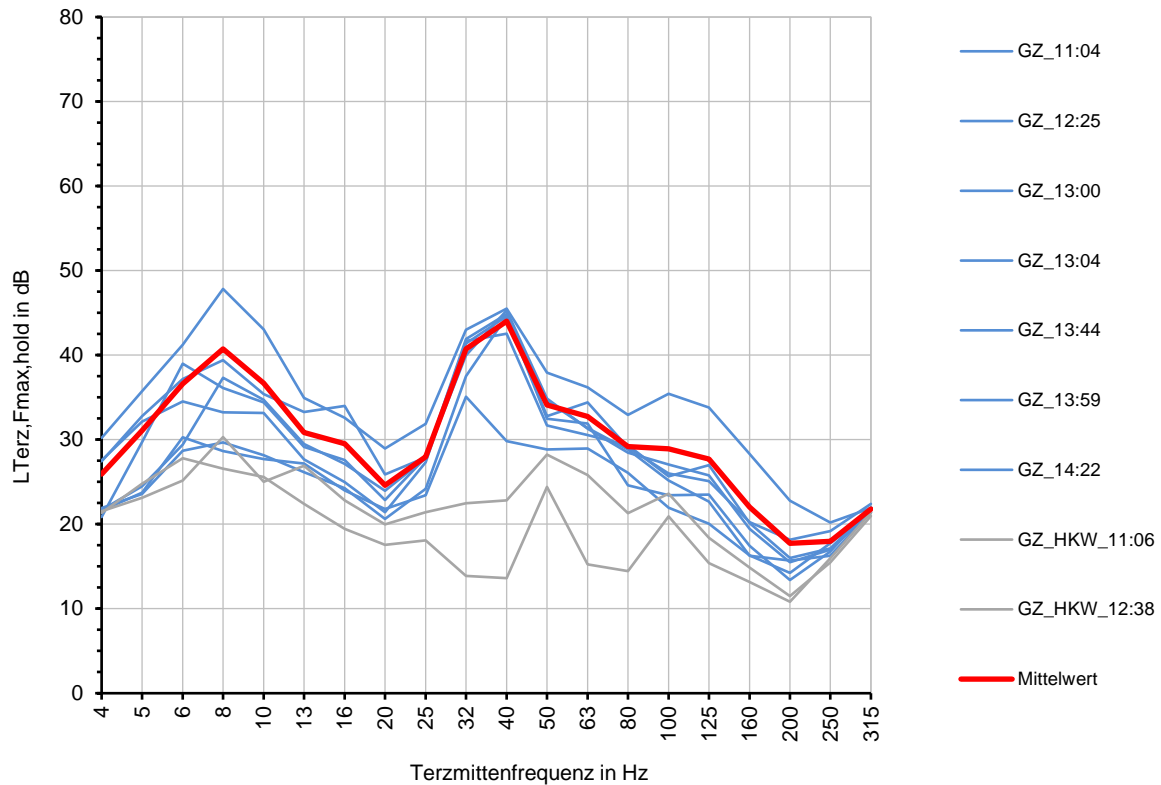
Datenverarbeitung: Frequenzgangkorrektur für erweiterten Messbereich bis 1 Hz
Bandbegrenzung 1 Hz bis 315 Hz mittels digitalem Bandpass

Kanal	Messpunkt	Bezeichnung	Messrichtung	Schwingungsmesser	Kal.-faktor in EU/V	Ankoppelung	Ser.-Nr. Adapter	Ser.-Nr. Kabel	Klopfest	Grundrauschen
1	MP1.1	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-01	35,30	Erdspieß	427	407	i. O.	i. O.
2	MP1.2	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-02	35,68	Erdspieß	452	406	i. O.	i. O.
3	MP1.3	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-03	35,79	Erdspieß	428	339	i. O.	i. O.
4	MP1.4	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-04	34,80	Erdspieß	424	404	i. O.	i. O.
5	MP2.1	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-05	35,75	Erdspieß	453	405	i. O.	i. O.
6	MP2.2	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-06	35,62	Erdspieß	431	340	i. O.	i. O.
7	MP2.3	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-09	35,43	Erdspieß	455	433	i. O.	i. O.
8	MP2.4	Freifeld, siehe Lageplan	z	SM6-1D-V-10	35,08	Erdspieß	430	076	i. O.	i. O.

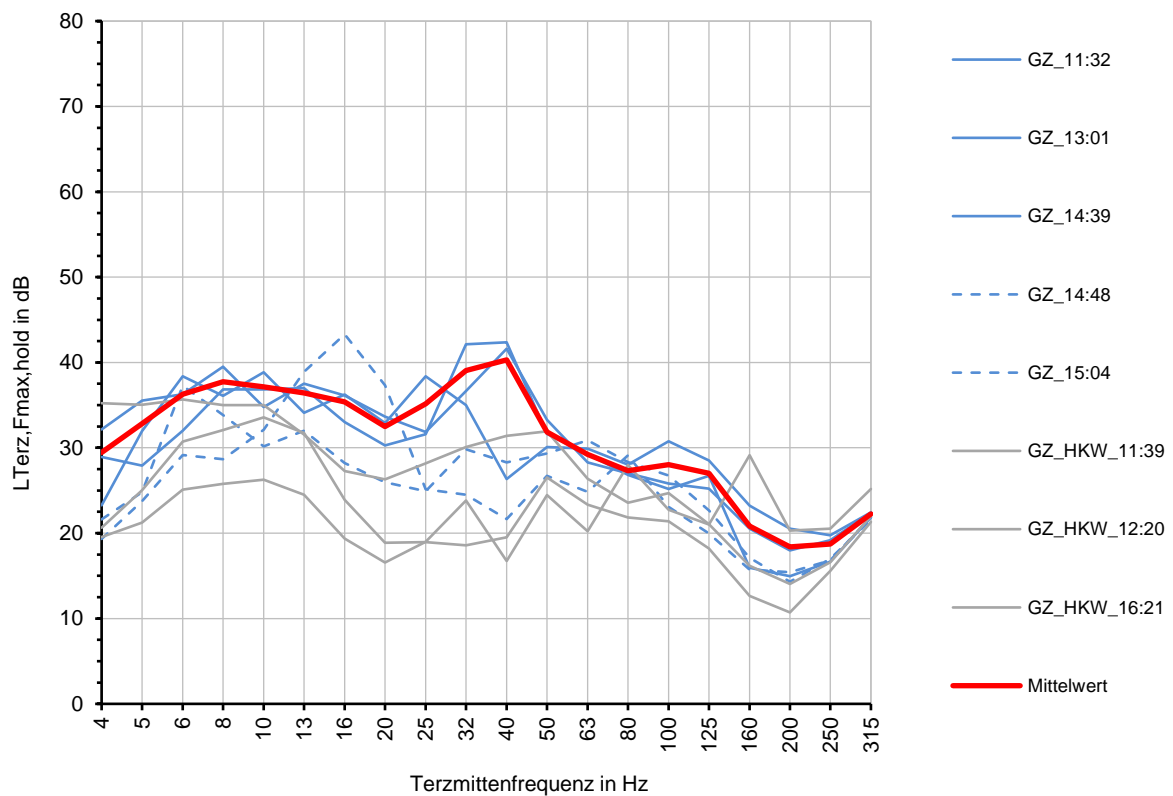
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$

MP1.1 - Gleis 1



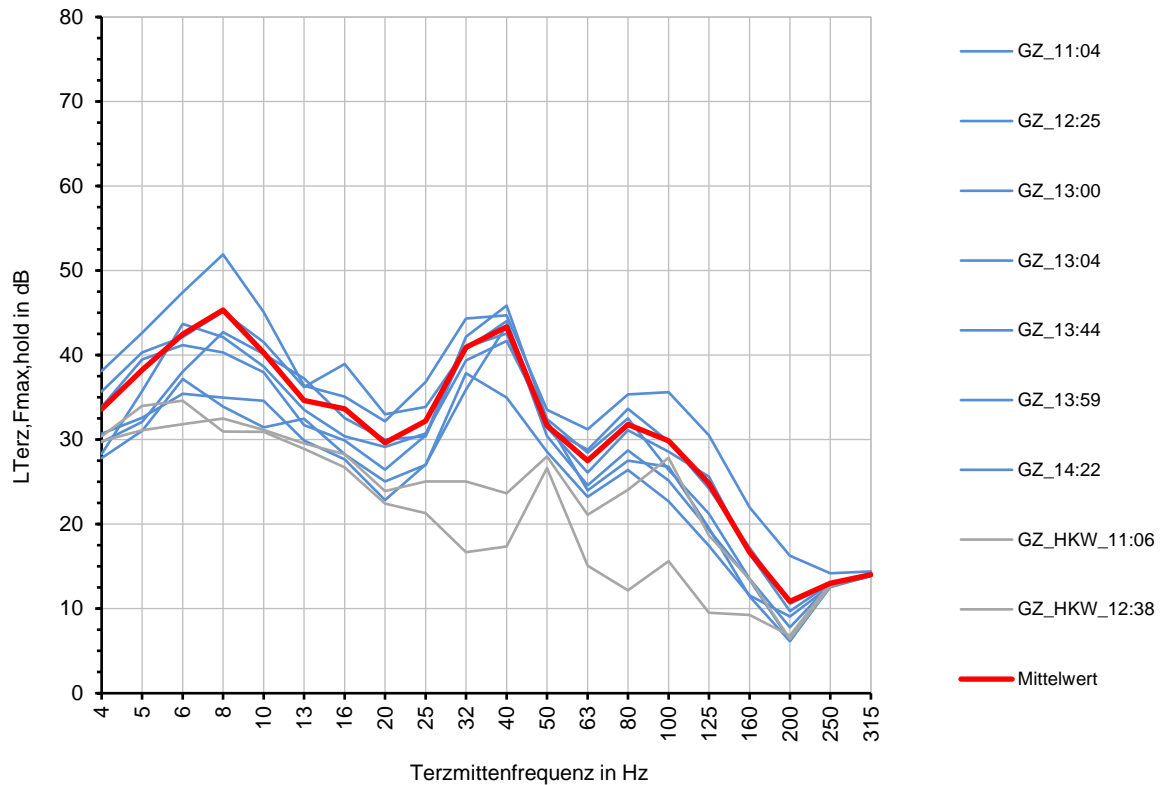
MP1.1 - Gleis 2



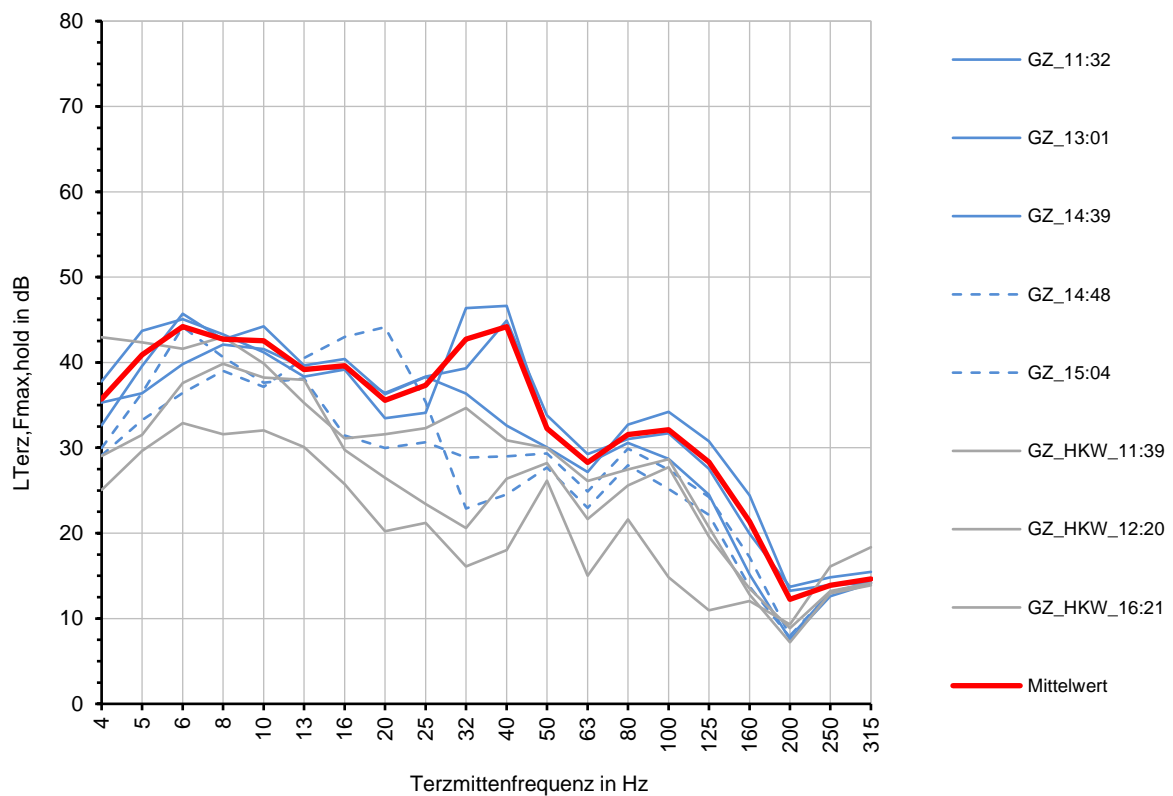
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$

MP1.2 - Gleis 1



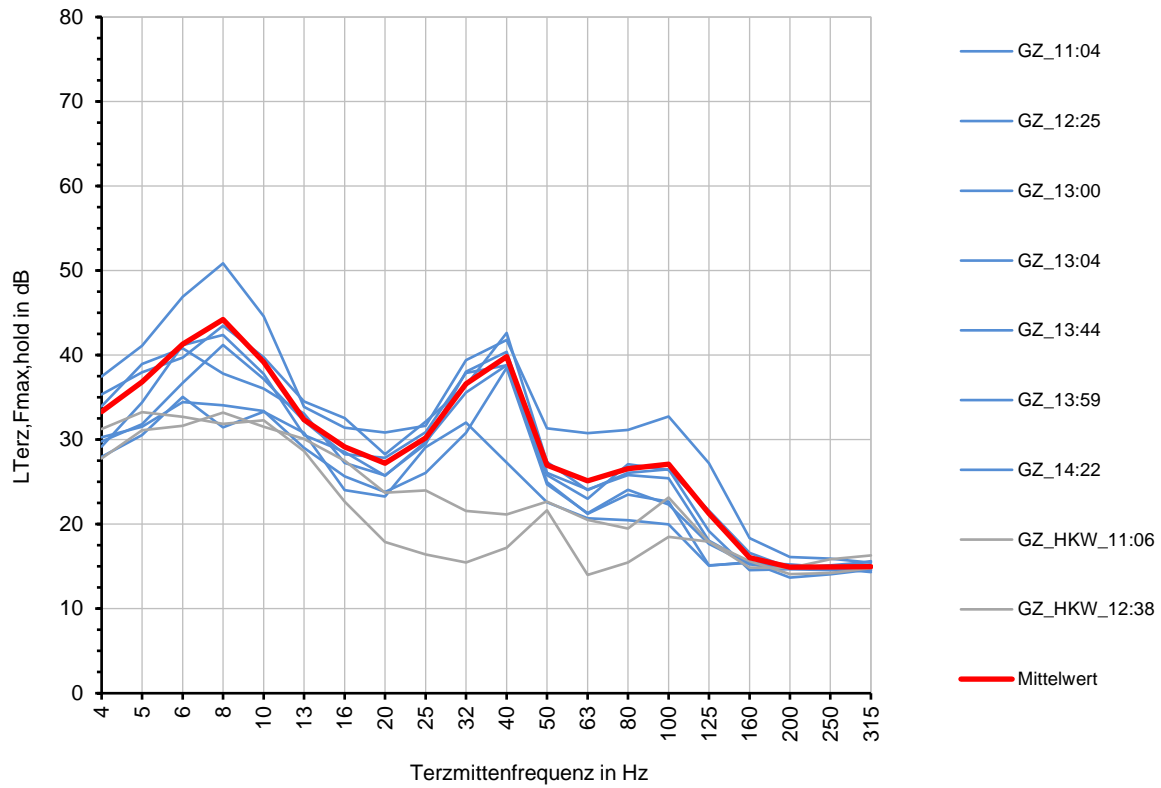
MP1.2 - Gleis 2



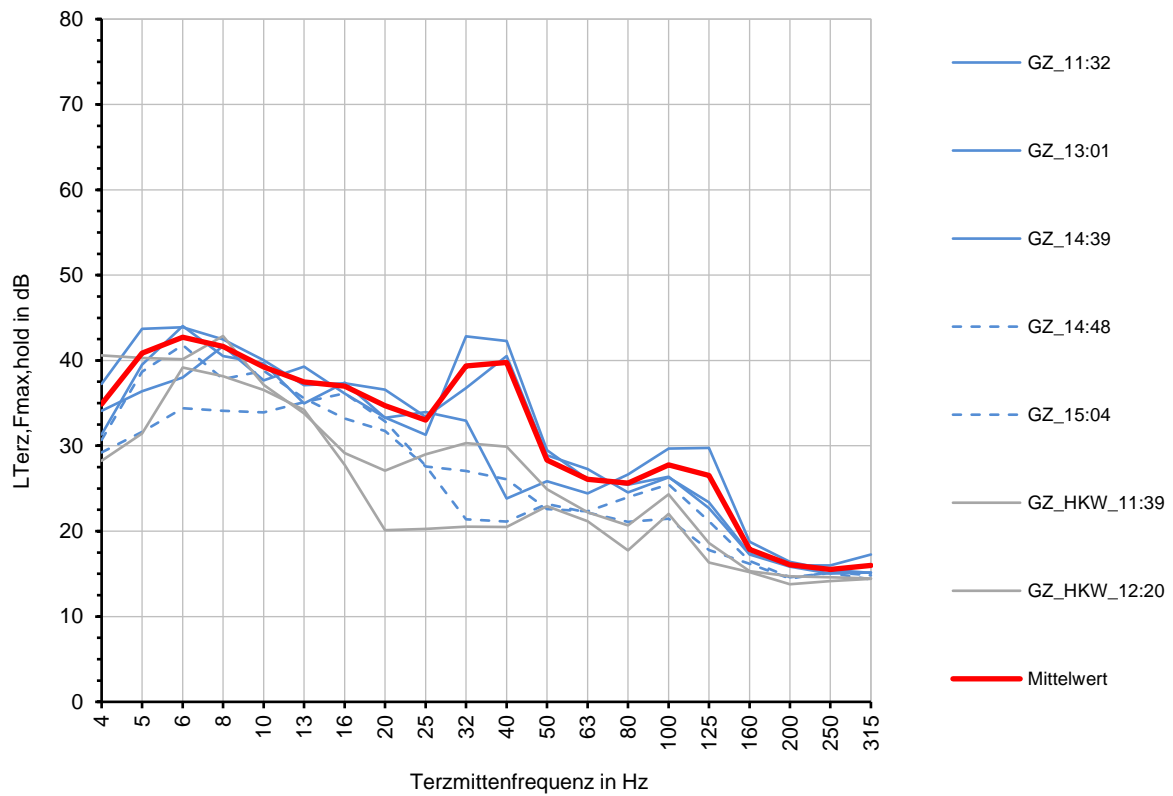
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$

MP1.3 - Gleis 1



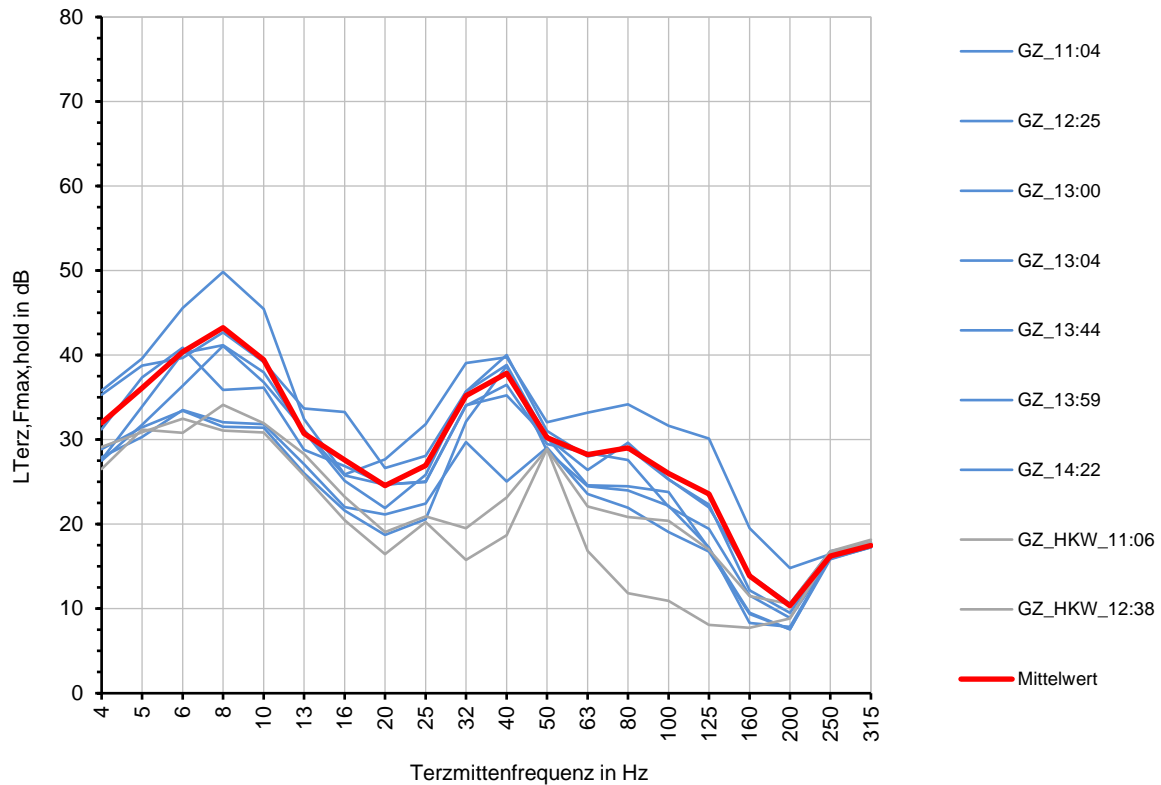
MP1.3 - Gleis 2



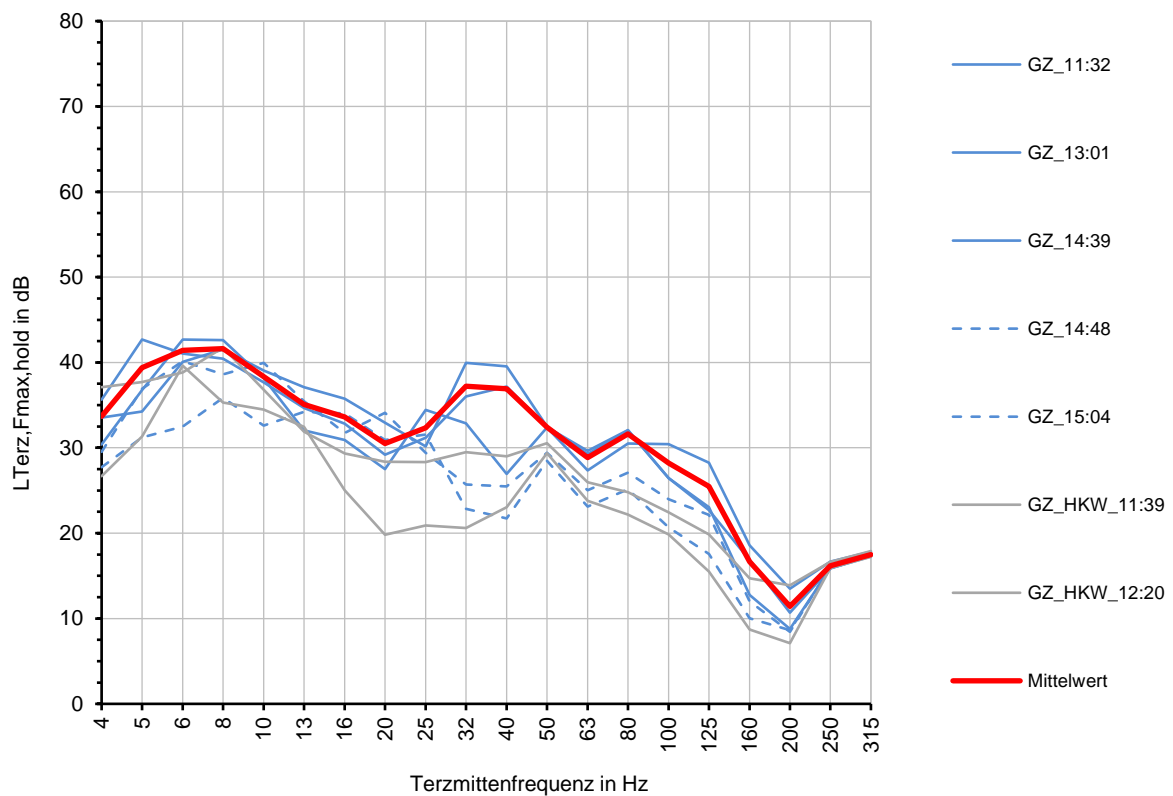
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{\text{Terz},F_{\text{max,hold}}}$

MP1.4 - Gleis 1



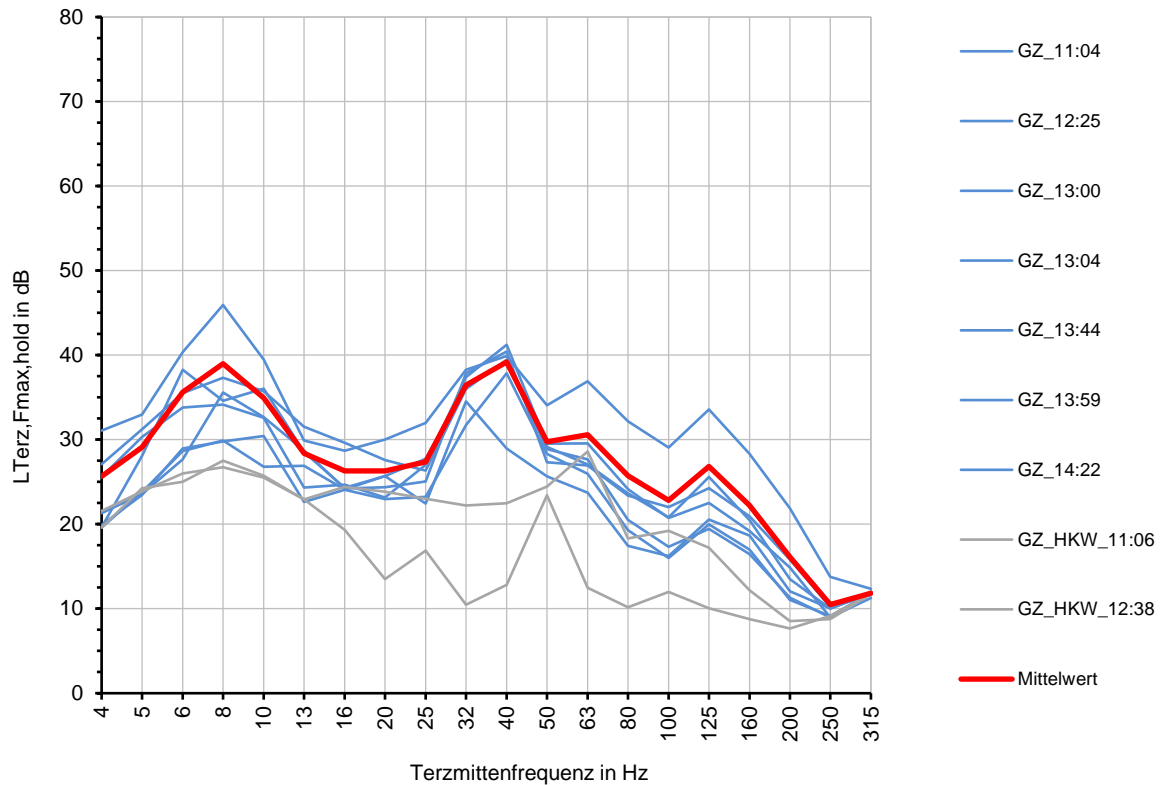
MP1.4 - Gleis 2



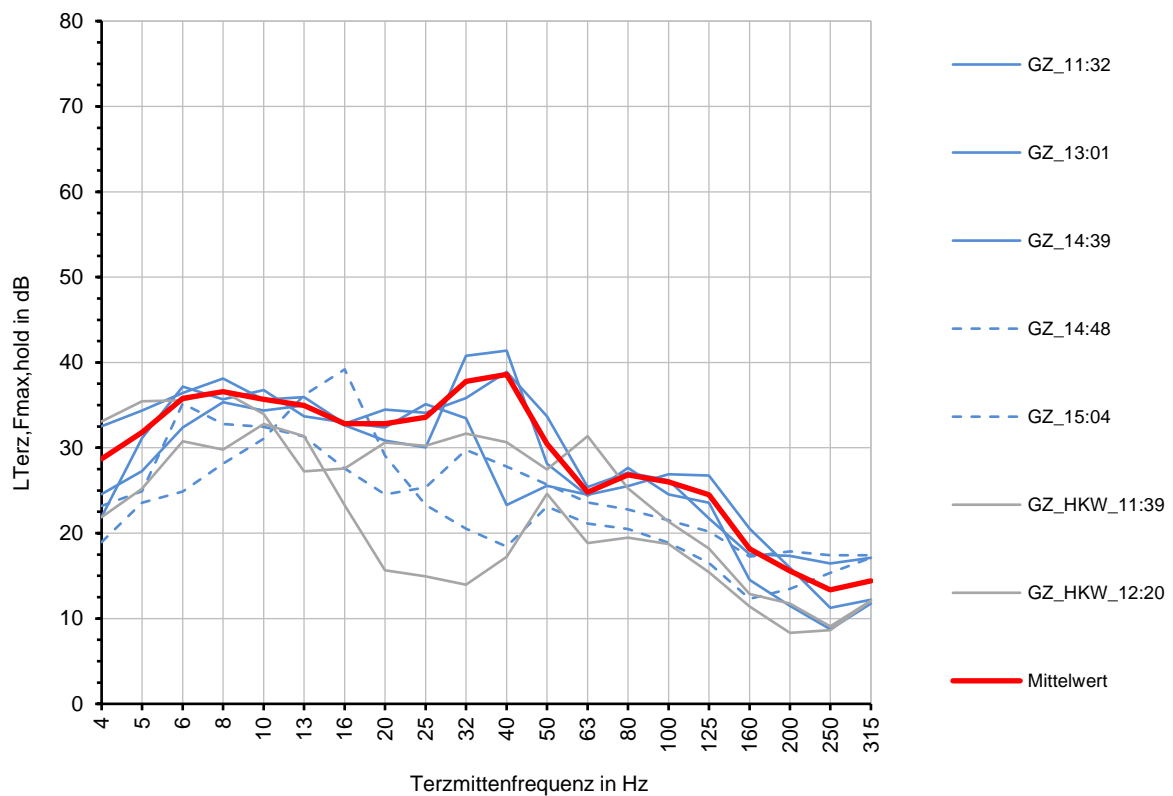
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$

MP2.1 - Gleis 1



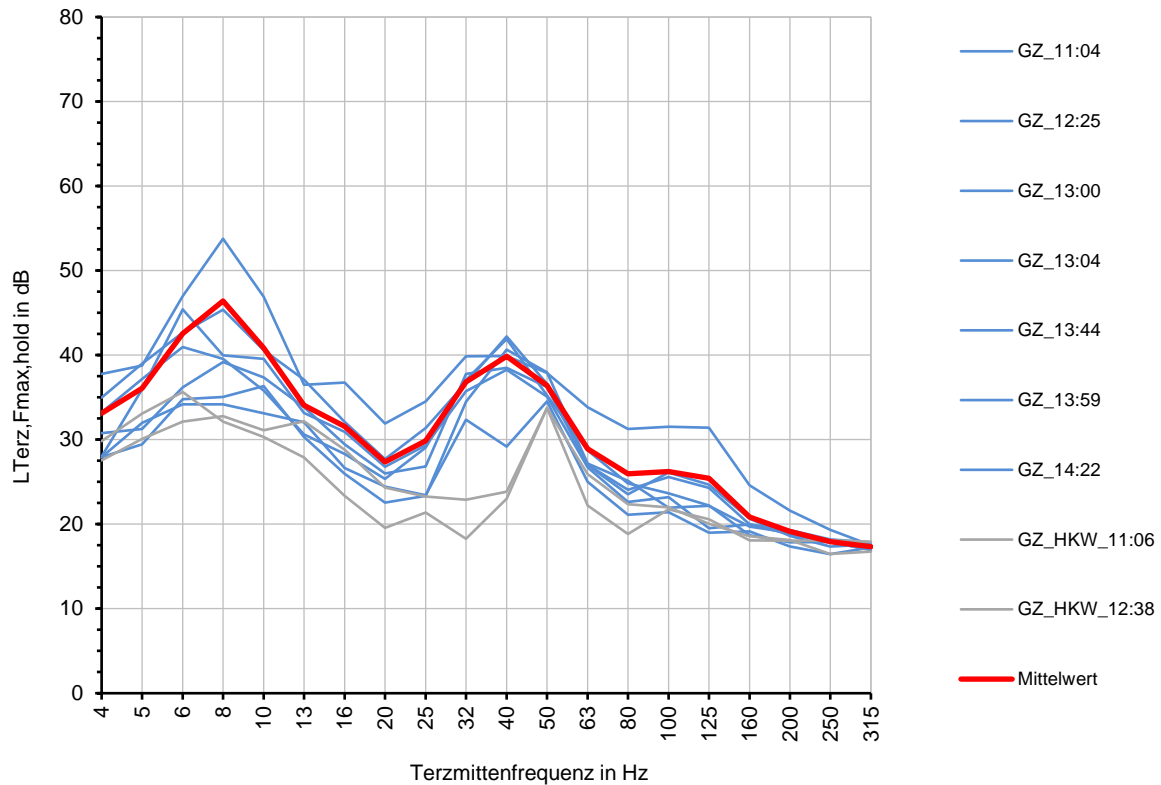
MP2.1 - Gleis 2



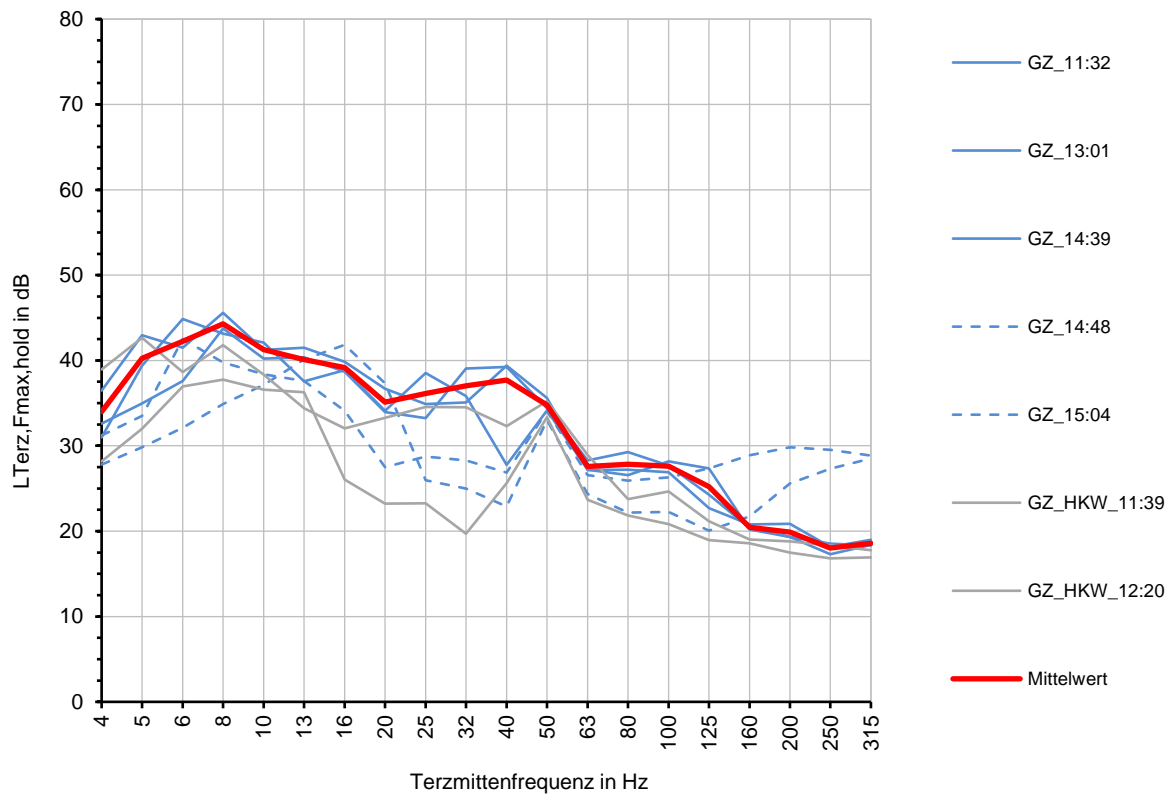
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$

MP2.2 - Gleis 1



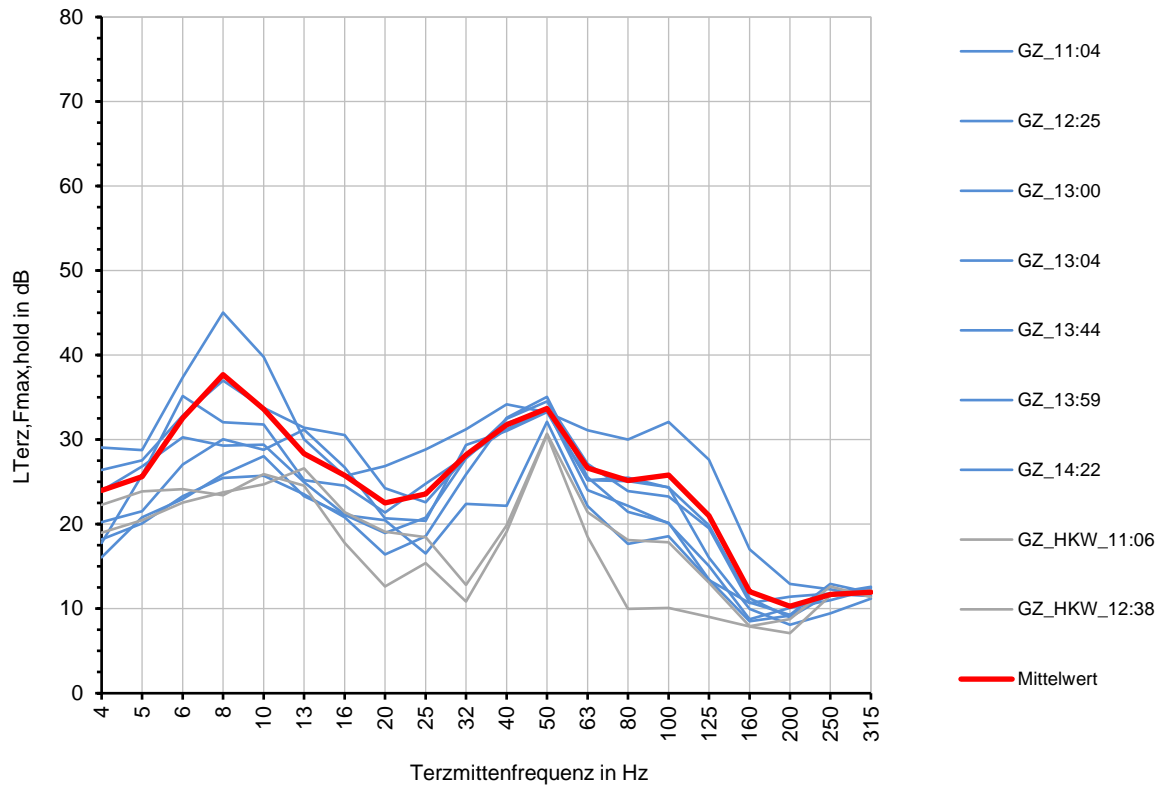
MP2.2 - Gleis 2



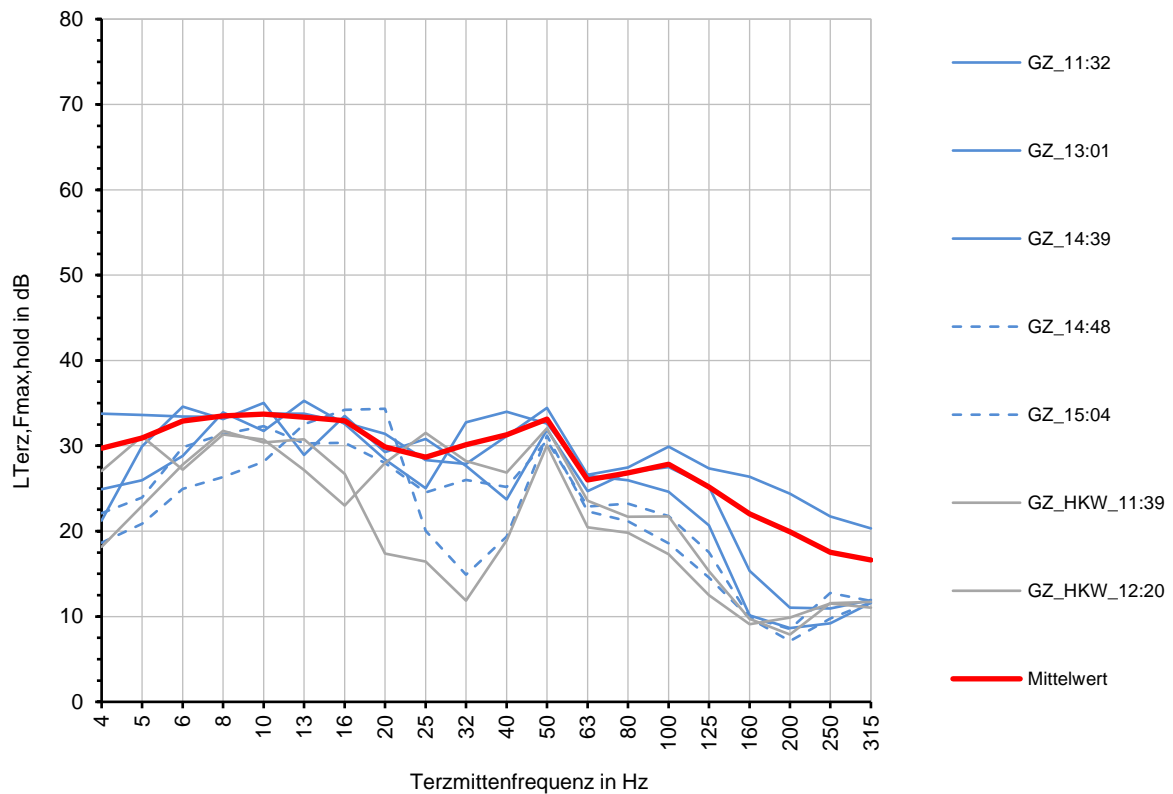
Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{\text{Terz},F_{\text{max}},\text{hold}}$

MP2.3 - Gleis 1

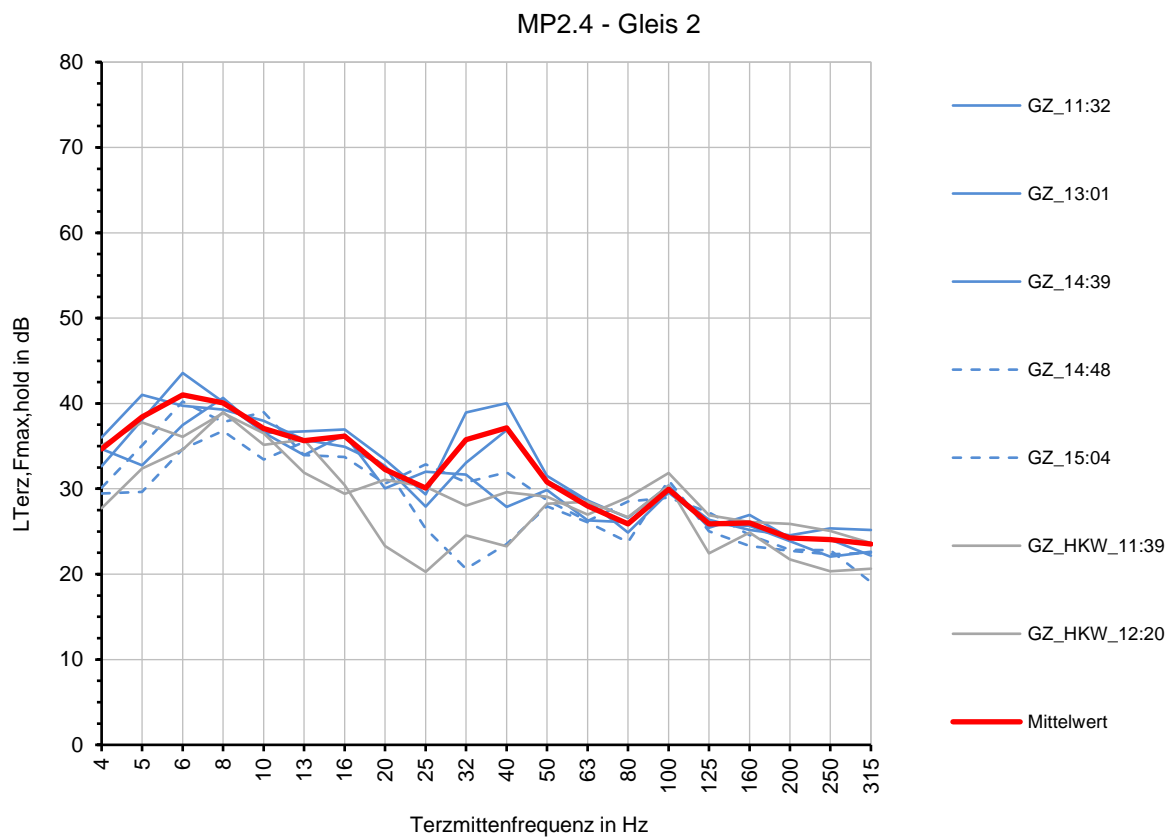
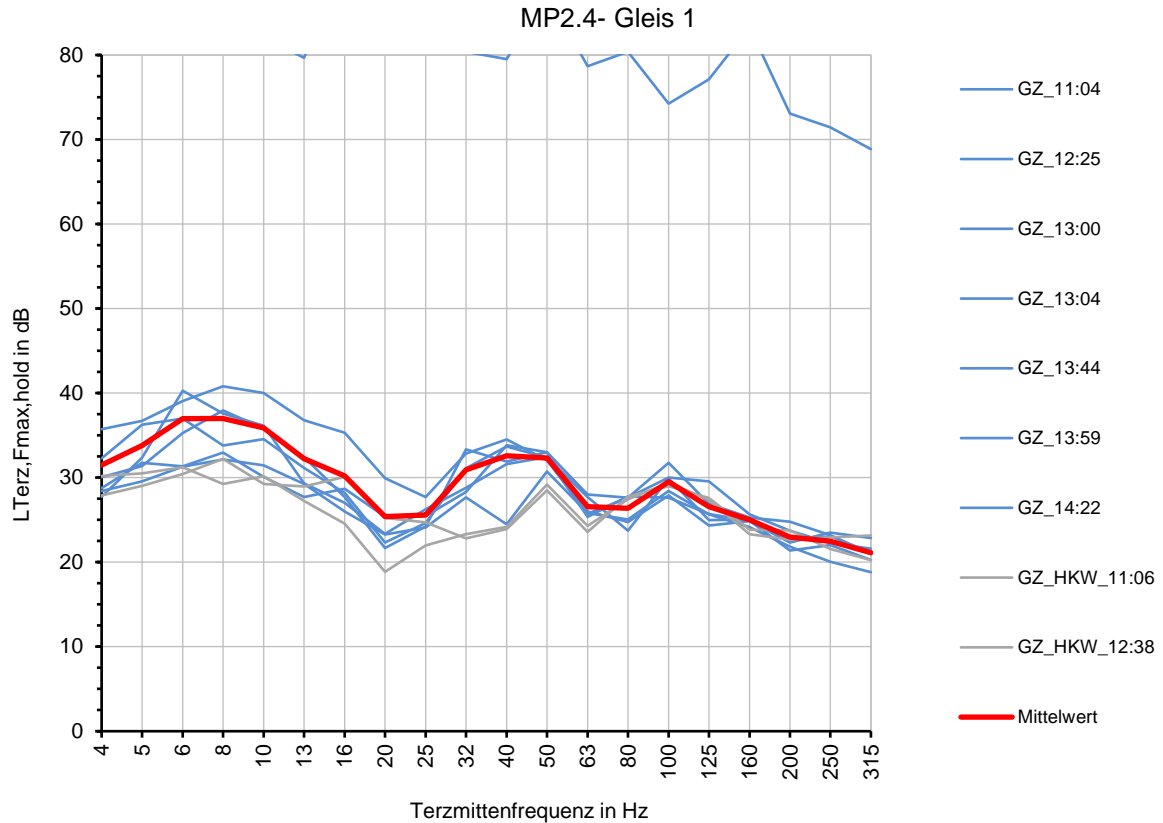


MP2.3 - Gleis 2



Immissionsspektren

Terzschnellepegel $L_{Terz,Fmax,hold}$



Erschütterungsprognose
Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen

Prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärken $KB_{FTR,i}$ je Zugtyp i in Abhängigkeit üblicher Bauteileigenfrequenzen im Beurteilungszeitraum Tag:

lfd. Nr.	Zugtyp	Gleis	$KB_{FTR,i,tags}$									
			Deckeneigenfrequenz in Hz									
			12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	
1	GZ	1	0,009	0,007	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,005	0,005	
2	GZ	2	0,012	0,010	0,008	0,007	0,008	0,009	0,007	0,006	0,005	
$KB_{FTR,tags}$			0,015	0,012	0,009	0,009	0,010	0,011	0,009	0,007	0,007	

Prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärken $KB_{FTR,i}$ je Zugtyp i in Abhängigkeit üblicher Bauteileigenfrequenzen im Beurteilungszeitraum Nacht:

lfd. Nr.	Zugtyp	Gleis	$KB_{FTR,i,nachts}$									
			Deckeneigenfrequenz in Hz									
			12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	
1	GZ	1	0,011	0,008	0,007	0,007	0,008	0,009	0,007	0,006	0,006	
2	GZ	2	0,015	0,012	0,009	0,009	0,010	0,010	0,008	0,007	0,006	
$KB_{FTR,nachts}$			0,018	0,015	0,012	0,012	0,013	0,014	0,011	0,009	0,009	

Erschütterungsprognose

Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gemäß DIN 4150-2:

Einwirkungsort	Tag			Nacht		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reines Wohngebiet BauNVO, § 3, Allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05

Der Anhaltswert A_o wird bei Schienenverkehr nachts nicht zur Beurteilung herangezogen. Liegen bei oberirdischen Strecken nachts jedoch einzelne KB_{Fmax} -Werte über $A_o = 0,6$ (bei unterirdischen Strecken über $A_o = 0,3$), so ist gemäß DIN 4150-2 nach der Ursache bei derentsprechenden Zugeinheit zu forschen.

Beurteilung der mittleren maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax}

Deckeneigenfrequenz in Hz	maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}		untere und obere Anhaltswerte ⁰⁾				Über- / Unterschreitung			
			A_u		A_o		A_u		A_o	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
12,5	0,08	0,15	0,10	3	0,2 (0,6)	-0,07	-0,02	-2,92	-0,12	
16	0,07					-0,08	-0,03	-2,93	-0,13	
20	0,05					-0,10	-0,05	-2,95	-0,15	
25	0,05					-0,10	-0,05	-2,95	-0,15	
31,5	0,05					-0,10	-0,05	-2,95	-0,15	
40	0,06					-0,09	-0,04	-2,94	-0,14	
50	0,04					-0,11	-0,06	-2,96	-0,16	
63	0,04					-0,11	-0,06	-2,96	-0,16	
80	0,03					-0,12	-0,07	-2,97	-0,17	

⁰⁾ Der obere Anhaltswert A_o wird bei Schienenverkehr nachts nicht zur Beurteilung herangezogen. Er wird jedoch informativ zur Beurteilung von Komfortansprüchen dargestellt. Bei Überschreitung des Wertes von 0,3 bei unterirdischen bzw. 0,6 bei oberirdischen Strecken ist jedoch gemäß DIN 4150-2 nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen.

Aufgrund der Überschreitung des unteren Anhaltswertes A_u der DIN 4150-2 durch die prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Beurteilung Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr}

Deckeneigenfrequenz in Hz	Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}		Anhaltswerte		Über- / Unterschreitung	
			A_r		A_r	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht
12,5	0,01	0,02	0,07	0,05	-0,06	-0,03
16	0,01	0,01			-0,06	-0,04
20	0,01	0,01			-0,06	-0,04
25	0,01	0,01			-0,06	-0,04
31,5	0,01	0,01			-0,06	-0,04
40	0,01	0,01			-0,06	-0,04
50	0,01	0,01			-0,06	-0,04
63	0,01	0,01			-0,06	-0,04
80	0,01	0,01			-0,06	-0,04

Erschütterungsprognose
Prognoseergebnisse Sekundärluftschallimmissionen

Prognostizierte Teilbeurteilungspegel $L_{r,i}$ je Zugtyp i in Abhängigkeit üblicher Bauteileigenfrequenzen im Beurteilungszeitraum Tag:

lfd. Nr.	Zugtyp	Gleis	$L_{r,i,tags}$ in dB(A)									
			Deckeneigenfrequenz in Hz									
			12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	
1	GZ	1	6,6	7,2	7,9	8,8	9,9	11,2	11,5	12,1	13,4	
2	GZ	2	6,8	7,4	8,2	9,2	10,2	11,5	11,7	12,3	13,4	
$L_{r,tags}$ in dB(A)			6,6	10,0	10,7	11,5	12,5	13,7	14,5	14,9	15,9	

Prognostizierte Teilbeurteilungspegel $L_{r,i}$ je Zugtyp i in Abhängigkeit üblicher Bauteileigenfrequenzen im Beurteilungszeitraum Nacht:

lfd. Nr.	Zugtyp	Gleis	$L_{r,i,nachts}$ in dB(A)									
			Deckeneigenfrequenz in Hz									
			12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	
1	GZ	1	10,5	11,1	11,8	12,8	13,8	15,1	15,4	16,0	17,3	
2	GZ	2	10,7	11,3	12,1	13,1	14,1	15,4	15,6	16,2	17,4	
$L_{r,nachts}$ in dB(A)			10,5	13,9	14,6	15,4	16,4	17,6	18,4	18,8	19,8	

Erschütterungsprognose Prognoseergebnisse Sekundärluftschallimmissionen

Immissionsrichtwerte für die Beurteilung von Sekundärluftschallimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen in Anlehnung an die TA Lärm

Immissionsrichtwerte L_r in dB(A)		zulässige Maximalpegel L_{AFmax} in dB(A)	
Tag	Nacht	Tag	Nacht
35	25	45	35

Beurteilung der Beurteilungspegel L_r

Deckeneigenfrequenz in Hz	Beurteilungspegel L_r in dB(A)		Immissionsrichtwerte in dB(A)		Über- / Unterschreitung in dB	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
12,5	7	10	35	25	-28	-15
16	10	14			-25	-11
20	11	15			-24	-10
25	12	15			-23	-10
31,5	13	16			-22	-9
40	14	18			-21	-7
50	14	18			-21	-7
63	15	19			-20	-6
80	16	20			-19	-5

Beurteilung der mittleren maximalen Vorbeifahrtpegel $L_{sek,A}$

Deckeneigenfrequenz in Hz	mittlere maximale Vorbeifahrtpegel $L_{sek,A}$ in dB(A)		zulässige Maximalpegel L_{AFmax} in dB(A)		Über- / Unterschreitung in dB	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
12,5	22		45	35	-23	-13
16	23				-22	-12
20	23				-22	-12
25	24				-21	-11
31,5	25				-20	-10
40	27				-18	-8
50	27				-18	-8
63	27				-18	-8
80	29				-16	-6