

Lisa Zeitler
Gartenstraße 3
95463 BINDLACH

Messstelle n. § 29b BImSchG
VMPA-Prüfstelle n. DIN 4109

IBAS Ingenieurgesellschaft mbH
Nibelungenstraße 35
95444 Bayreuth

Telefon 09 21 - 75 74 30
Fax 09 21 - 75 74 34 3
info@ibas-mbh.de
www.ibas-mbh.de

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Datum

se/dn-24-14563-b02

30.05.2025

B-PLAN NR. 59 "RAMSENTHAL - AM SCHLEIMGRABEN", BINDLACH

Erschütterungstechnische Untersuchungen zum Schienenverkehr

Bericht-Nr.: 24-14563-b02

Auftraggeber: Lisa Zeitler
Gartenstraße 3
95463 BINDLACH

Bearbeitet von: Dr. G. Seidl
Dr. R. Wunderlich

Berichtsumfang: Gesamt 30 Seiten, davon
Textteil 23 Seiten
Anlagen 7 Seiten

Inhaltsübersicht

Seite

1.	Situation und Aufgabenstellung	3
2.	Grundlagen	4
	2.1 Unterlagen und Angaben	4
	2.2 Literatur	5
3.	Beurteilungsgrundlagen	6
	3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz	6
	3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall	8
4.	Durchführung der Erschütterungsmessungen	10
	4.1 Messmethodik	10
	4.2 Messzeit und Messort	11
	4.3 Messgeräte	14
	4.4 Zugzahlen	14
	4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten	15
5.	Messergebnisse	15
6.	Prognose der Schwingungsimmissionen	16
	6.1 Allgemeines	16
	6.2 KB-Werte	17
	6.3 Sekundärluftschallpegel	20
7.	Zusammenfassung	22

1. Situation und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Bindlach stellt aktuell den qualifizierten Bebauungsplan Nr. 59 "Ramsenthal - Am Schleimgraben" in Bindlach Ortsteil Ramsenthal auf /2.1.1/.

Derzeit ist das Gebiet laut Flächennutzungsplan als Dorfgebiet (MD) und "Grünflächen" dargestellt. Gemäß amtlicher Bekanntmachung der Gemeinde Bindlach von 08.09.2023 /2.1.2/ zur entsprechenden Änderung des Flächennutzungsplans soll eine Ausweitung des MD-Areals erfolgen. Laut aktueller Mitteilung /2.1.3/ soll das Areal zukünftig als **Mischgebiet** (MI) deklariert werden. Neben einem bereits bestehenden Wohnhaus sind zwei weitere geplante Wohnhäuser bzw. Lagerhallen /Garagen, etc. im Mischgebiets-Areal ins Auge gefasst.

Das Plangebiet liegt im Einwirkungsbereich der Staatsstraße St 2183. An der Nordostseite führt zudem mit geringem Abstand die Bahnlinie-Nr. 5051 "Bayreuth - Neuenmarkt-Wirsberg" vorbei, welche zu Schall- und Erschütterungsimmissionen in den geplanten Gebäuden führt.

Um möglichen Konflikten von der Lärmentwicklung her vorzubeugen und um den entsprechenden gesetzlichen Anforderungen zu genügen, ist aus Sicht der involvierten Fachbehörde die Erstellung eines schall- und erschütterungstechnischen B-Plan-Gutachtens mit Bewertung der jeweiligen Einwirkungen erforderlich. Die zugehörigen schalltechnischen Untersuchungen wurden im IBAS-Bericht 24.14563-b01, vom 05.05.2024 /2.1.4/ zusammengefasst.

Zur Bewertung der in den geplanten Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen aufgrund der Gleisanlagen sind von IBAS an zwei Messpunkten auf dem betroffenen Areal am 04.12.2024 Erschütterungs- / Schwingungsmessungen gemäß DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkung auf Menschen in Gebäuden /2.2.2/, in Verbindung mit DIN 45669-2 /2.2.4/ bzw. DIN 45672 /2.2.5,2.2.6,2.2.7/ durchgeführt worden /2.1.5/.

Der vorliegende Messbericht fasst die Untersuchungsergebnisse, die sich auf Basis der durchgeführten Erschütterungsmessungen für die v. g. Schutzwürdigkeit ergeben, zusammen.

2. Grundlagen

2.1 Unterlagen und Angaben

Folgende Unterlagen wurden den Untersuchungen zu Grunde gelegt.

- 2.1.1 Bebauungsplan Nr. 59 "Ramsenthal - Am Schleimgraben" im Bereich der Fl.Nr. 466, 468/2 (Teilfläche), 486/5, 486/6 (Teilfläche), 468/9, Gemarkung Ramsenthal, Vorentwurf vom 18.03.2024 zur frühzeitigen Beteiligung, per E-Mail am 26.07.2024;
- 2.1.2 Informationen zur Gemeinderatssitzung vom 18.09.2023, Internetauftritt der Gemeinde Bindlach;
- 2.1.3 Aussage des Auftraggebers zur Ausgangssituation für den Bebauungsplan, E-Mail vom 26.07.2024;
- 2.1.4 IBAS-Bericht Nr. 24.14563-b01, *"B-PLAN NR. 59 'RAMSENTHAL - AM SCHLEIMGRABEN', BINDLACH, Schalltechnische Untersuchungen im Rahmen des Bauleitplanverfahrens"*, vom 05.05.2025;
- 2.1.5 Ortstermin mit Durchführung von Erschütterungsmessungen, IBAS GmbH, vom 04.12.2024;
- 2.1.6 Zugzahlen Prognose 2030 für die Bahnstrecke 5051 im Bereich des Planvorhabens, Deutsche Bahn AG, per E-Mail vom 05.11.2024.

2.2 Literatur

Folgende Normen, Richtlinien und weiterführende Literatur wurden für die Bearbeitung herangezogen.

- 2.2.1 DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Dezember 2022;
- 2.2.2 DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999;
- 2.2.3 DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen, Juni 2020;
- 2.2.4 DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, Juni 2005;
- 2.2.5 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Teil 1: Messverfahren, Dezember 2009;
- 2.2.6 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Teil 1: Messverfahren, Berichtigung zu DIN 45672-1: 2009-12, August 2012;
- 2.2.7 DIN 45672-2, Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Teil 2: Auswerteverfahren, Juli 1995;
- 2.2.8 VDI-Richtlinie 2057, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Blatt 3: Beurteilung, Mai 1987;
- 2.2.9 VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1, Beurteilung von Arbeitsplatzlärm in der Nachbarschaft, September 1985;
- 2.2.10 Sechste AVwV vom 26.08.1998 zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm, GMBI. Nr. 26);
- 2.2.11 VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987;

- 2.2.12 VDI-Richtlinie 2038, Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Teil 3: Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung, November 2013;
- 2.2.13 G. Müller und M. Möser (Hrsg.), Taschenbuch der Technischen Akustik, Kapitel 17.3.3, Springer, Berlin, 2004;
- 2.2.14 Schall 03, Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege, Anlage 2 der 16. BImSchV, geändert am 18.12.2014;
- 2.2.15 DIN EN ISO 1683, Akustik – Bevorzugte Bezugswerte für Pegel in der Akustik und Schwingungstechnik, November 2008.

3. Beurteilungsgrundlagen

3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen ist die DIN 4150, Teil 2 /2.2.2/, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, anzuwenden.

Nach /2.2.2/ gelten in Abhängigkeit von der Gebietsausweisung folgende Anhaltswerte für die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} (A_u , A_o) und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} (A_r).

Tabelle 1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr nach DIN 4150, Teil 2

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 (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 (vergleiche 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 Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Ist die ermittelte maximale Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, eingehalten. Ist dies nicht der Fall, ist bei Erschütterungen durch Schienenverkehr die Beurteilungsschwingstärke mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Aufgrund der vorgesehenen Einstufung des Areals als Mischgebiet /2.1.3/, wird die Schutzwürdigkeit eines **Mischgebietes (MI)** für die Beurteilung herangezogen. Der entsprechende Bereich ist in Tabelle 1 grafisch hervorgehoben worden.

In den Erläuterungen zur DIN 4150, Teil 2 - Anhang D /2.2.2/, wird bezüglich der Spürbarkeitsschwelle von Erschütterungen auf Folgendes hingewiesen (vgl. /2.2.8/):

" *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 $KB = 0,2$. [...] **Erschütterungseinwirkungen um $KB = 0,3$ werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar [...] wahrgenommen.**"*

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Werten aus der DIN 4150-2 um Anhaltswerte handelt, die indikatorischen Charakter besitzen und keine Grenzwerte darstellen. Die für die Beurteilung zugrunde gelegte Schutzwürdigkeit entsprechend Zeile 3 in Tabelle 1 wird aus fachtechnischer Sicht als geeignet angesehen.

3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall

Die vom Schienenverkehr in den Untergrund eingeleiteten Schwingungen übertragen sich auf die Fundamente der Gebäude. Durch den in die Baukonstruktion eingetragenen Körperschall können in den Innenräumen, auch auf der schienenabgewandten Gebäudeseite, tieffrequente Geräusche entstehen. Für die Beurteilung dieser als "sekundärer Luftschall" bezeichneten Schallimmissionen wurden bisher noch keine Richtlinien oder Normen verbindlich eingeführt.

Hier werden hilfsweise verschiedene Richtlinien verwendet.

Neben der TA Lärm, die für Gewerbegeräusche gilt und für Sekundärschall bzw. für Körperschallübertragung in Wohnräumen keine Differenzierung nach der Gebietsausweisung vornimmt, kann die VDI-Richtlinie 2719 zur differenzierten Betrachtung herangezogen werden. Dies ist auch in dem relativ aktuellen Regelwerk zu Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik-Sekundärer Luftschall (VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.12/) so beschrieben.

Die VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen /2.2.11/, gibt für den Innenpegel die in nachstehender Tabelle aufgelisteten Pegel an.

Tabelle 2: Anhaltswerte für Innenschallpegel entsprechend der VDI-Richtlinie 2719

Raumart	A-bewertete	
	Mittelungspegel L_m dB	mittlere Maximal- pegel L_{max} dB
1 Schlafräume nachts		
1.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	25 bis 30	35 bis 40
1.2 in allen übrigen Gebieten	30 bis 35	40 bis 45
2 Wohnräume tagsüber		
2.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	30 bis 35	40 bis 45
2.2 in allen übrigen Gebieten	35 bis 40	45 bis 50

Im Folgenden werden die Werte der VDI-Richtlinie 2719 (vgl. auch VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.12/) zugrunde gelegt, die eine Differenzierung nach Gebietsausweisung vornimmt. Die zugehörigen Anhaltswerte sind in Tabelle 2 für eine Einstufung als ein **Mischgebiet** (s. o.) grafisch hervorgehoben worden.

Fachbehörden, wie z. B. das Bayerische Landesamt für Umwelt, empfehlen zur Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen die Mittelungspegel heranzuziehen. Bei mehr als 5 Vorbeifahrten während der Nachtzeit, wie dies im vorliegenden Fall gilt, soll zusätzlich das Maximalwert-Kriterium zur Anwendung kommen.

4. Durchführung der Erschütterungsmessungen

4.1 Messmethodik

Um die maximal zu erwartenden Schwingungsimmissionen auf die geplanten Gebäude zu ermitteln, wurden an zwei Messpunkten, MP1 und MP2, auf dem Areal an der Gartenstraße in Bindlach am 04.12.2024, über einen Zeitraum von ca. 3 h tagsüber, die Schwinggeschwindigkeiten der durch die Vorbeifahrten der Regionalbahnen und Güterzügen auf den Gleisen der Strecke 5051 (in beiden Richtungen) verursachten Erschütterungen gemessen /2.1.5/. Die Messpunkte wurden in Abständen von 30 (MP1) bzw. 70 m (MP2) von der Gleismitte gewählt.

An den Messpunkten erfolgte die Aufzeichnung der Messsignale mittels einer manuellen Steuerung, was während des Messzeitraums eine eindeutige Zuordnung der von den Geräten registrierten Erschütterungen zu den Zügen erlaubte. Außerdem führte jedes der Messsysteme durchgängig eine Hintergrundaufzeichnung durch, bei der innerhalb eines jeden 30-sekündigen Zeitintervalls die maximalen Absolutwerte der Schwinggeschwindigkeiten in allen drei Raumrichtungen gespeichert wurden.

Während der einzelnen Zugvorbeifahrten ist jeweils ein Zeitintervall im Bereich der maximalen Erschütterungseinwirkung aufgezeichnet worden. Anschließend erfolgte eine spektrale Auftrennung der Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Signale über ein Terzfilter im Frequenzbereich von 3,15 Hz bis 250 Hz gemäß DIN 45672-2 /2.2.7/.

Aus den gefilterten Zeitverläufen der einzelnen Frequenzen wurde der gleitende Effektivwert mit der Zeitkonstante "Fast" (125 ms) gebildet und das Maximum dieses Effektivwert-Zeitverlaufes innerhalb des entsprechenden Messzeitraumes bestimmt. Somit wurde für jede einzelne registrierte Zugvorbeifahrt ein sog. Max-Hold-Terzspektrum im Frequenzbereich zwischen 3,15 Hz und 250 Hz berechnet.

Da erfahrungsgemäß "am Messort Boden die Werte für die drei Schwingungsrichtungen nahe beieinander liegen" /2.2.13/, wurde bei der Auswertung im Hinblick auf die Einleitung und Ausbreitung von durch Schienenverkehr induzierten Schwingungen innerhalb von Gebäuden ausschließlich die vertikale Schwingungsrichtung (z) untersucht.

Die Messpunkte MP1 und MP2 wurden jeweils als nächste Einwirkungspunkte der Erschütterungen auf die beiden geplanten Gebäude gewählt. Aufgrund der ausbreitungsbedingten Abnahme der Erschütterungen /2.2.1/ und der verhältnismäßig großen Entfernung zu den Gleisanlagen wurden im Folgenden die am näher an der Bahnstrecke liegenden Messpunkt MP1 (Entfernung: ca. 30 m) gewonnenen Messergebnisse zur Bewertung herangezogen. Der weiter vom Gleis entfernte Messpunkt MP2 (Entfernung: ca. 70 m) dient zu einer ggf. erforderlichen Absicherung der Messergebnisse und wird im Folgenden nicht im Detail für die Prognose ausgewertet.

4.2 Messzeit und Messort

Während des Messtermins am 04.12.2024 /2.1.5/ wurden auf dem betroffenen Gelände an den Messpunkten MP1 und MP2 Schwingungsmesssysteme (IBAS-interne Bezeichnungen: "MR121" und "MR162") installiert, die von der Bahnstrecke (Mitte) jeweils ca. 30 m (MP1) und 70 m (MP2) entfernt sind.

Die Lage der Messpunkte kann dem in der Anlage 1 enthaltenen Lageplan entnommen werden /2.1.1/. Die Messung fand am 04.12.2024, von ca. 10:00 Uhr (Messbeginn) bis ca. 13:00 Uhr (Messende), statt /2.1.5/.

An den Messpunkten MP1 und MP2 wurden die Schwingungsmessgeräte MR121 (MP1) und MR162 (MP2) entsprechend der DIN 45669-2 /2.2.4/ mittels Erdspießen an das Erdreich angekoppelt (vgl. Abbildungen 1 und 2). Die Ausrichtung der Achsen der Schwingungsaufnehmer in Bezug auf die Bahngleise erfolgte entsprechend der DIN 45672-1 /2.2.5/. Der Untergrund besteht an diesen Stellen aus gewachsenem Boden.



Abbildung 1: Installation des Schwingungsmesssystems MR121 auf einem Erdspieß am MP1 während des Messtermins vom 04.12.2024 (Entfernung vom Gleis: ca. 30 m)



Abbildung 2: Installation des Schwingungsmesssystems MR162 auf einem Erdspieß am MP2 während des Messtermins vom 04.12.2024 (Entfernung zur Gleismitte: ca. 70 m; MP1 im Hintergrund)

4.3 Messgeräte

Für die Messungen wurden die folgenden Messgeräte des Herstellers SYSCOM eingesetzt, wobei von den Datenrecordern des Typs MR 3000C sowohl die vertikale (z) als auch die horizontalen Schwingungsrichtungen (x und y) erfasst werden.

Tabelle 3: Verwendete Messgeräte

Gerät	Hersteller	Typ	Seriennummern
Datenrekorder	SYSCOM	MR3000C	20290040 (MR121) 24110070 (MR162)

Die SYSCOM-Messsysteme und die Software für die Datenerfassung und Auswertung erfüllen die Anforderungen an Klasse - 1 - Geräte, gemäß den allgemeinen Anforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.1) und den Einzelanforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.2.1 bis Abs. 5.2.5) /2.2.3/. Die Auswertung erfolgte unter anderem mittels der Auswertesoftware MEDA.¹

Die grundsätzliche Funktionsweise der Messkette vor Ort wurde über eine Klopfprüfung gemäß DIN 45669-2 /2.2.4/ getestet.

4.4 Zugzahlen

Die Bahnlinie-Nr. 5051 "Bayreuth – Neuenmarkt-Wirsberg" führt an der Nordostseite des B-Plan-Gebietes vorbei. Bezüglich der Verkehrsstärke wurden für das Prognosejahr 2030 die folgenden Werte von der DB AG /2.1.6/ angegeben.

*Tabelle 4: Verkehrszahlen Schienenverkehr **Strecke 5051**, Prognose 2030*

Tag	Anzahl		Zugart / Traktion
	Tag	Nacht	
2		2	GZ-V
31		5	RB/RE-V
48		6	RV/RE-V

¹ Wölfel Messsysteme GmbH, Version 2022.

In der vorgenannten und den folgenden Tabellen bedeuten:

- GZ: Güterzug;
- RB/RE: Regionalzug;
- V: Diesellok.

4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten

Während der gesamten Messzeit wurden an den Messpunkten ca. 10 Vorbeifahrten von Regionalbahnen erfasst, welche zugeordnet und ausgewertet wurden.

Für die auf Maximalwerten beruhenden Berechnungen (L_{max}) wurden die energetischen Mittelwerte gebildet. Die Bestimmung der Beurteilungsschwingstärke (KB_{FTT}) erfolgte durch energetische Mittelung sämtlicher Zugvorbeifahrten.

Da während der Messzeit auf dem Gleis keine Güterzüge fahren, werden im Folgenden die Spektren der Güterzüge durch eine auf früheren Messungen in vergleichbaren Projekten ermittelte Korrektur der Messwerte genähert.

5. Messergebnisse

In den Anlagen 2 sind die während des Messtermins aufgezeichneten, maßgeblichen (vgl. Kap. 4.1) vertikalen, effektiven Schwinggeschwindigkeiten mit der Zeitbewertung "Fast", als Max-Hold-Terzspektrum für eine Bezugsschnelle von $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s /2.2.15/, dargestellt.

Die Spektren zeigen zunächst beim Übergang vom MP1 zum MP2 erwartungsgemäß eine frequenzabhängige entfernungsbedingte Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeiten /2.2.1/.

Außerdem weisen die mittleren Spektren ausgeprägte Maxima in den 12,5 ... 16-Hz-Terzen auf.

6. Prognose der Schwingungsmissionen

6.1 Allgemeines

Aufgrund der komplexen Ausbreitungsverhältnisse von Erschütterungen bzw. Schwingungen kann es bei den gemessenen bzw. abgeschätzten bahnbezogenen Emissionswerten durch Verstärkungserscheinungen (z. B. durch Resonanzen) zu Störungen empfindlicher Nutzungen kommen. Dies ist entscheidend von der Gebäudekonstruktion abhängig.

Allgemeine Rechenverfahren, die als Basis zur Prognose von Schwingungsmissionen herangezogen werden können, existieren nicht. Als Grundlage der Prognoseberechnungen wurden deshalb Erfahrungswerte aus statistischen Untersuchungen des schwingungstechnischen Verhaltens von Gebäuden angesetzt.

Bei der Prognose der Schwingungsmissionen wurde die Reaktion des Gebäudes auf die einwirkenden Erschütterungen betrachtet. Hierzu sind Annahmen über das Schwingungsverhalten der einzelnen Bauteile erforderlich. Im Einzelnen wurden Korrekturen für

- den Übergang Erdreich-Fundament,
- die Erschütterungsübertragung im Gebäude,
- die Übertragung auf die Geschossdecken,
- das Schwingverhalten schwimmender Estriche,

berücksichtigt.

Die Korrekturwerte wurden frequenzabhängig zu den ermittelten Schnellepegeln addiert.

6.2 KB-Werte

Zur Prognose der KB-Werte wurden die Spektren der am gleisnahen Messpunkt MP1 (Entfernung: ca. 30 m) gemessenen Schwinggeschwindigkeiten herangezogen, energetisch gemittelt (vgl. Kap. 4.1) und unter Berücksichtigung der Reaktion des Gebäudes auf die einwirkenden Erschütterungen, die auf den Fußböden aufgrund der Zugvorbeifahrten zu erwartenden Taktmaximalwerte KB_{FTi} bzw. maximalen Schwingstärken KB_{Fmax} bestimmt.

Da auf Höhe des Messpunkts MP1 die derart ermittelten KB_{Fmax} -Werte im relevanten Frequenzbereich den unteren Anhaltswert von $A_u = 0,2$ tags bzw. $A_u = 0,15$ nachts für Mischgebiete (vgl. Kap. 3.1) teilweise überschreiten, wurde für das im Bereich des Messpunkts MP1 geplante Gebäude, unter Zugrundlegung der aktuellen Frequentierung durch die Züge (vgl. Kap. 4.4), aus den KB_{FTi} -Werten für die Tag- und Nachtzeiten gemäß DIN 4150-2 /2.2.1/ die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} gebildet, die als Beurteilungsgröße dient (auf Höhe des MP2 gelten entsprechend geringere Werte).

Unter Berücksichtigung typischer Eigenfrequenzen von Decken in Massivbauweise (grafisch markiert) sind auf Höhe des Messpunkts MP1 höchstens die in den folgenden Tabellen aufgeführten effektiven KB_{FT} -Werte aufgrund der Vorbeifahrten der Züge zu erwarten. Da der geplante Estrichaufbau erst im Zuge der Detailplanung endgültig festgelegt wird, stellen die in den nachfolgenden Tabellen angeführten Berechnungsergebnisse die Werte dar, die sich im ungünstigsten Fall ergeben.

Es werden zunächst die sich **nachts** ergebenden KB-Werte wiedergegeben.

Tabelle 5: Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} auf Höhe des MP1 nachts

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
	11 bis 14	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
	14 bis 18	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
	18 bis 22	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
	22 bis 28	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
	28 bis 36	0,00	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
	36 bis 45	0,00	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,05
	45 bis 56	0,01	0,04	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,11
	56 bis 71	0,01	0,02	0,05	0,12	0,04	0,01	0,01	0,12
Maximum		0,01	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03

Tabelle 6: Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} auf Höhe des MP1 tags

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
	11 bis 14	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
	14 bis 18	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03
	18 bis 22	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
	22 bis 28	0,00	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03
	28 bis 36	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03
	36 bis 45	0,00	0,07	0,06	0,04	0,01	0,00	0,00	0,07
	45 bis 56	0,01	0,05	0,15	0,07	0,03	0,01	0,01	0,15
	56 bis 71	0,01	0,03	0,07	0,16	0,05	0,01	0,01	0,16
Maximum		0,01	0,07	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03

Wir nehmen im Folgenden einen für Häuser in Massivbauweise typischen Bereich der Rohdeckeneigenfrequenzen von 11 ... 36 Hz an (in Tab. 5 und 6 grafisch hervorgehoben). Wie den Kombinationen der in den obenstehenden Tabellen aufgelisteten Rohdecken- und Estricheigenfrequenzen zu entnehmen ist, wird von den Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,r}$ für die aktuelle Frequentierung durch die Züge der zugehörige Anhaltswert **nachts** von $A_r = 0,07$ für Einwirkungsorte, deren Schutzwürdigkeit vergleichbar zu einem Mischgebiet angenommen werden kann, auf Höhe des Messpunkts MP1 für übliche Estricheigenfrequenzen im Bereich von 63 ... 80 Hz und gängige Rohdeckeneigenfrequenzen ≤ 36 Hz **sicher eingehalten** (s. Tab. 5).

Tagsüber können $KB_{FT,r}$ -Werte erwartet werden, die den zugehörigen Anhaltswert für Mischgebiete von $A_r = 0,1$ im gleichen o. g. relevanten Frequenzbereich (grafisch markiert) auf Höhe des Messpunkts MP1 für Estricheigenfrequenzen von 50 ... 80 Hz und Rohdeckeneigenfrequenzen im Bereich von 11 ... 36 Hz ebenfalls **sicher einhalten** (s. Tab. 6).

Erst recht werden auch auf Höhe des weiter von den Gleisen entfernten Messpunkts MP2 die Vorgaben der DIN 4150-2 bzgl. der in Mischgebieten zulässigen Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden /2.2.1/ tags und nachts sicher eingehalten.

Im Hinblick auf den Erschütterungsschutz sind damit besondere erschütterungstechnische Maßnahmen, wie z. B. ein Einbau einer elastischen Lagerung für die auf Höhe der Messpunkte MP1 und MP2 geplanten Gebäude nicht erforderlich.

6.3 Sekundärluftschallpegel

Die über die Fundamente in das Gebäude eingeleiteten Schwingungen können von den Raumbegrenzungsflächen (insbesondere von den Geschossdecken) abgestrahlt und von den Bewohnern als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen werden.

Zur Bestimmung der Spitzenpegel des sekundären Luftschalls L_{\max} aufgrund der Anregung der Decken wurden die am Messpunkt MP1 aufgezeichneten, hochaufgelösten Zeitverläufe der Zugvorbeifahrten herangezogen - die auch der Bestimmung der KB-Werte zugrunde liegen - und energetisch gemittelt. Zur Berechnung der Mittelungspegel L_m wurden zudem die energieäquivalenten Mittelwerte der einzelnen maßgeblichen Zugvorbeifahrten gebildet.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der in der Baukonstruktion auftretenden Schwingschnelle und dem abgestrahlten Sekundärluftschallpegel /2.2.12/. Ausgehend von den ermittelten Körperschallschnellepegeln und Erfahrungswerten zu den raumakustischen Verhältnissen in Wohnräumen, können die durch sekundäre Luftschallabstrahlung verursachten Schalldruckpegel berechnet werden.

Entsprechend der VDI-Richtlinie 2719 wurden zur Bestimmung der mittleren Sekundärschallspitzenpegel L_{\max} jeweils die Mittelungspegel der gemessenen Max-Hold-Schwinggeschwindigkeiten verwendet. Die sich daraus für typische Rohdeckeneigenfrequenzen in Massivbauweise (im Bereich von 11 - 36 Hz, in Tab. 5 und 6 grafisch hervorgehoben) auf Höhe des Messpunkts MP1 ergebenden mittleren Maximalpegel L_{\max} und Mittelungspegel L_m des Sekundärschalls sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 7: **Mittlere Sekundärschallmaximalpegel L_{max} für Roheckeneigenfrequenzen 11 ... 36 Hz im Vergleich mit den Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 auf Höhe des MP1**

Bereich Messpunkt	L_{max} [dB(A)]	zulässig gem. VDI 2719	
		Tag	Nacht
MP1	34 ... 39	45 ... 50	40 ... 45

Tabelle 8: **Prognostizierte Mittelungspegel L_m für den sekundären Luftschall und Rohdeckeneigenfrequenzen 11 ... 36 Hz auf Höhe des MP1**

Bereich Messpunkt	Zeitraum	L_m [dB(A)]	zulässig gem. VDI 2719
MP1	Tag	11 ... 16	35 ... 40
	Nacht	9 ... 14	30 ... 35

Beim Vergleich der prognostizierten Sekundärschallpegel mit den Werten der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 /2.2.11, 2.2.12/ erkennt man, dass die Anforderungen für Mischgebiete an die Spitzenpegel L_{max} im Bereich des Messpunkts MP1 sowohl zur Tag- als auch zur Nachtzeit eingehalten werden (vgl. Tab. 7).

Auch die Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 /2.2.11, 2.2.12/ an die mittleren Sekundärschallpegel L_m für Mischgebiete können auf Höhe des Messpunkts MP1 zur Tag- und Nachtzeit **sicher eingehalten** werden (vgl. Tab. 8).

Dementsprechend werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 /2.2.11, 2.2.12/ bzgl. der in Mischgebieten zulässigen mittleren Maximalpegel L_{max} und Mittelungspegel L_m des Sekundärschalls am Tag und in der Nacht im Bereich des MP2 sicher eingehalten.

Auch im Hinblick auf die Einhaltung der Anhaltswerte für zulässige mittlere Maximalpegel L_{max} des Sekundärschalls, gemäß der VDI-Richtlinie 2719, sind daher für die auf Höhe der Messpunkte MP1 und MP2 geplanten Gebäude erschütterungsmindernde Maßnahmen, wie z. B. ein Einbau einer elastischen Lagerung, nicht erforderlich.

7. Zusammenfassung

Die Gemeinde Bindlach stellt aktuell den qualifizierten Bebauungsplan Nr. 59 "Ramsenthal - Am Schleimgraben" in Bindlach Ortsteil Ramsenthal auf. Laut aktueller Mitteilung soll das Areal zukünftig als **Mischgebiet** deklariert werden. Neben einem bereits bestehenden Wohnhaus sind auf dem betroffenen Gelände zwei weitere geplante Wohnhäuser bzw. Lagerhallen / Garagen, etc. ins Auge gefasst.

An der Nordostseite führt u. A. mit geringem Abstand die Bahnlinie-Nr. 5051 "Bayreuth - Neuenmarkt-Wirsberg" vorbei, welche zu Schall- und Erschütterungsimmissionen in den geplanten Gebäuden führen.

Zur Dokumentation und Bewertung der in den künftigen Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen aufgrund des Zugverkehrs sind von IBAS Erschütterungs- / Schwingungsmessungen u. A. gemäß DIN 4150-2 durchgeführt worden. Die Schwingungsmessungen erfolgten an 2 Messpunkten MP1 und MP2 auf dem betroffenen Gelände am 04.12.2024.

Dabei hat sich gezeigt, dass die auf den Fußböden in den geplanten Gebäuden zu erwartenden Schwingungen die normativen Vorgaben gemäß DIN 4150-2 für Mischgebiete im Bereich der Messpunkte MP1/MP2 im relevanten Frequenzbereich tags und nachts **sicher einhalten**.

Auch die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 bzgl. der mittleren Maximalpegel L_{\max} für Mischgebiete tags und nachts werden in der auf Höhe der Messpunkte MP1 bzw. MP2 geplanten Bebauung **eingehalten**. Ebenso können die Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 bzgl. der Mittelungspegel L_m des Sekundärschalls in den in den Bereichen der Messpunkte MP1 und MP2 geplanten Gebäuden am Tag und in der Nacht **eingehalten** werden.

Insgesamt sind daher für die auf Höhe der Messpunkte MP1 und MP2 geplanten Gebäude besondere erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen, wie z.B. der Einbau einer elastischen Lagerung, nicht erforderlich.

IBAS GmbH



Dr. rer. nat. R. Wunderlich



Dr. rer. nat. G. Seidl

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die IBAS Ingenieurgesellschaft mbH. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.

B-Plan Ramsenthal - Am Schleimgraben, Bindlach

Schwingungsmessungen vom 04.12.2024

Effektive lineare Schnellepegel (rms) re. 5⁻⁸ m/s

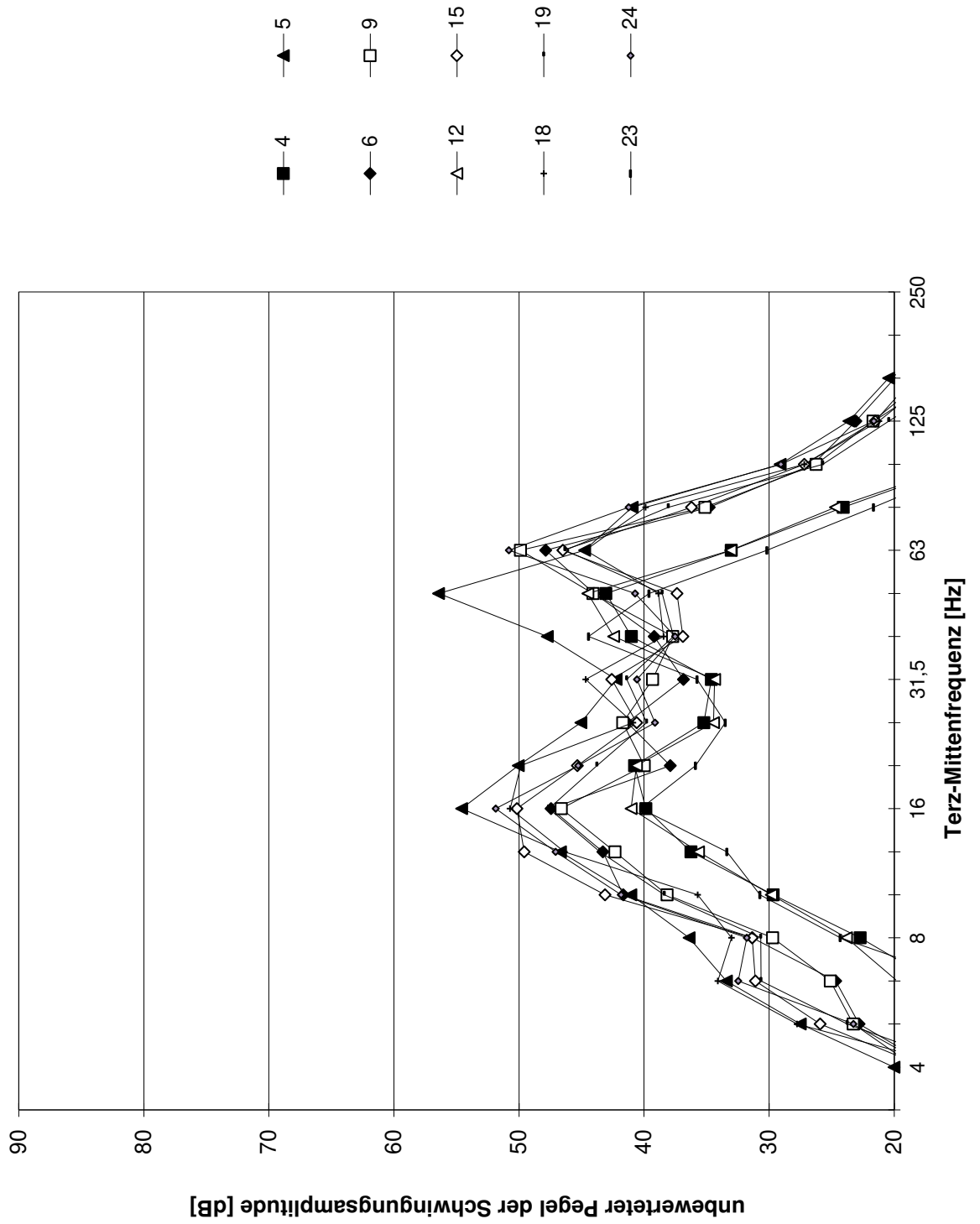
Maximale effektive vertikale Schnellepegel am MP1/MR121 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
4	5,7	7,0	11,3	16,8	22,7	29,7	36,2	39,9	40,8	35,2	34,6	41,0	43,0	33,0	24,1	14,5	15,0	14,9	8,3	7,2	48,3
5	9,3	20,0	27,5	33,4	36,4	41,1	46,7	54,6	50,1	45,1	42,2	47,7	56,4	44,8	41,0	29,1	23,6	20,5	13,0	15,2	60,2
6	10,9	16,9	22,8	24,7	31,4	41,7	43,3	47,4	37,9	41,3	36,9	39,2	44,0	47,9	34,8	26,5	23,1	20,0	11,7	12,4	53,4
9	8,9	17,1	23,3	25,1	29,7	38,2	42,3	46,6	40,0	41,7	39,3	37,7	44,1	49,9	35,1	26,2	21,7	17,5	11,6	15,1	53,8
12	7,6	12,6	15,2	19,7	23,8	29,8	35,6	41,0	40,6	34,4	34,4	42,4	44,5	33,1	24,7	14,7	11,4	8,3	2,4	7,7	49,2
15	5,5	17,5	25,9	31,1	31,4	43,1	49,6	50,2	45,3	40,6	42,6	36,9	37,4	46,5	36,2	27,2	21,5	18,5	10,6	12,6	55,3
18	7,9	15,0	27,8	34,1	33,0	35,7	46,4	50,7	49,9	40,9	44,7	38,4	38,9	44,7	39,9	27,2	21,2	17,0	10,6	11,9	55,6
19	5,8	14,3	23,7	30,6	30,7	38,4	43,5	47,6	43,8	39,8	41,4	37,6	38,5	46,3	38,0	25,7	20,4	14,9	9,9	9,2	53
23	3,3	5,1	7,5	14,4	24,3	30,7	33,4	40,3	35,9	33,5	35,8	44,4	39,6	30,2	21,6	13,5	10,6	9,5	4,1	4,5	47,9
24	9,3	18,3	23,3	32,5	31,8	41,8	47,1	51,9	45,3	39,1	40,6	37,5	40,7	50,8	41,2	29,1	21,6	16,3	11,6	9,7	56,3

- 4: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 10:27:18
- 5: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 10:39:56
- 6: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 10:52:16
- 9: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 11:07:53
- 12: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 11:17:19
- 15: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 11:26:21
- 18: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 11:56:33
- 19: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 12:09:37
- 23: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 12:23:02
- 24: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP1, Gerät MR121, Regionalbahn, 04.12.2024 12:42:53

Auftrag: 24-14563-b02 Anlage: 2.1
 Projekt: B-Plan Ramsenthal
 Schwingungsmessungen
 Ort: Bindlach

Maximale effektive vertikale Schnellepegel am MP1/MR121 auf Erdspeiß



B-Plan Ramsenthal - Am Schleimgraben, Bindlach

Schwingungsmessungen vom 04.12.2024

Effektive lineare Schnellepegel (rms) re. 5⁻⁸ m/s

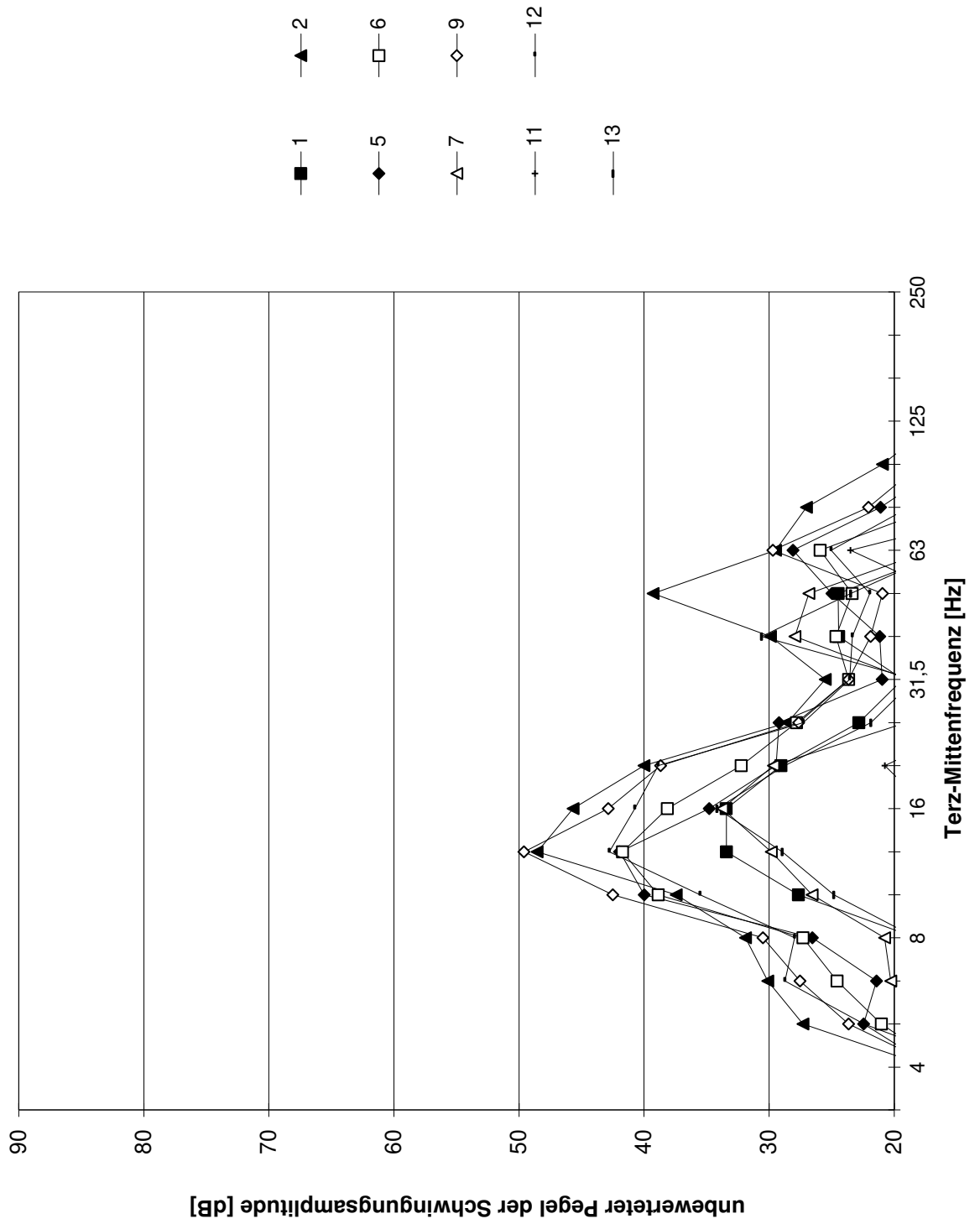
Maximale effektive vertikale Schnellepegel am MP2/MR162 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
1	0,3	5,5	10,3	14,9	18,3	27,7	33,4	33,4	29,1	22,8	19,3	24,4	24,5	15,5	12,1	6,0	5,9	6,0	8,7	4,9	38,3
2	10,2	17,1	27,3	30,1	31,9	37,4	48,5	45,7	40,0	28,5	25,5	29,9	39,3	29,5	27,0	20,9	16,5	10,5	11,4	9,3	51,4
5	9,6	16,9	22,4	21,4	26,5	40,0	42,0	34,8	29,4	29,2	21,0	21,1	25,0	28,1	21,1	15,9	14,3	8,2	6,9	8,2	45,1
6	8,2	15,9	21,0	24,6	27,3	38,9	41,7	38,1	32,2	27,8	23,7	24,7	23,4	25,9	16,7	13,5	12,8	8,2	9,2	9,3	45,3
7	7,9	14,9	17,4	20,3	20,8	26,6	29,8	33,8	29,7	19,1	18,9	27,9	26,8	17,1	17,2	10,8	8,5	6,8	3,8	4,8	38,1
9	5,2	16,5	23,6	27,5	30,5	42,5	49,6	42,9	38,7	27,6	23,7	21,9	20,9	29,7	22,1	17,9	13,1	9,2	8,3	8,5	51,5
11	-400	-400	17,9	16,2	15,0	16,5	17,7	17,3	20,7	13,5	13,7	10,9	16,0	23,5	9,9	6,0	6,2	5,1	3,2	3,4	28,8
12	2,7	13,2	22,4	28,7	28,0	35,5	42,8	40,7	38,9	27,3	23,5	23,3	22,0	25,1	18,8	15,5	12,8	9,4	7,6	5,6	46,6
13	0,6	2,7	4,8	12,5	18,3	24,8	29,0	34,2	28,8	21,9	18,3	30,6	23,5	15,9	7,7	4,2	4,0	3,0	3,4	4,9	37,9

- 1: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 10:27:12
- 2: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 10:39:38
- 5: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 10:51:48
- 6: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 11:07:29
- 7: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 11:16:31
- 9: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 11:25:47
- 11: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 11:37:33
- 12: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 12:09:24
- 13: Vertikale Schwinggeschwindigkeit auf Erdspieß, MP2, Gerät MR162, Regionalbahn, 04.12.2024 12:22:24

Auftrag: 24-14563-b02 Anlage: 2.3
 Projekt: B-Plan Ramsenthal
 Schwingungsmessungen
 Ort: Bindlach

Maximale effektive vertikale Schnellepegel am MP2/MR162 auf Erdspeiß



B-Plan Ramsenthal - Am Schleimgraben, Bindlach

Schwingungsmessungen vom 04.12.2024

Effektive lineare Schnellepegel (rms) re. 5^{-8} m/s

Mittel maximale effektive Schnellepegel auf Erdspieß am MP1/MR121 und MP2/MR162

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP1	7,9	16,1	23,9	29,9	31,3	39,2	44,8	49,3	45,2	40,4	40,5	41,9	47,6	46,4	37,2	26	20,7	17	10,3	11,7	54,8
MP2	6,5	14,3	21,8	25,2	27	37,1	43,8	39,7	35,3	26,2	22	26,3	30,6	25,9	20,5	15,3	12,1	7,9	7,8	7,1	46,6

MP1: Mittel vertikale Schwinggeschwindigkeiten auf Erdspieß, MP1/MR121, 04.12.2024

MP2: Mittel vertikale Schwinggeschwindigkeiten auf Erdspieß, MP2/MR162, 04.12.2024

Auftrag: 24-14563-b02 Anlage: 2.5
 Projekt: B-Plan Ramsenthal
 Schwingungsmessungen
 Ort: Bindlach

Mittel maximale effektive Schnellepegel auf Erdspeiß am MP1/MR121 und MP2/MR162

