

Möhler + Partner Ingenieure GmbH - Landaubogen 10 - D-81373 München

Orleanshöfe GmbH & Co. KG  
Orleansplatz 9  
81667 München

BERATUNG  
PLANUNG  
MESSUNG  
GUTACHTEN

Immissionsschutz  
Verkehrslärmschutz  
Bau- und Raumakustik  
Thermische Bauphysik  
Erschütterungsschutz  
Psychoakustik  
Luftthygiene

Landaubogen 10  
D-81373 München  
T + 49 89 544 217 - 0  
F + 49 89 544 217 - 99  
www.mopa.de  
info@mopa.de

Ust.-IDN r.: DE 272461848  
Steuer-Nr.: 143/163/69724

Stadtparkasse München  
IBAN:  
DE50 7015 0000 0902 2049 99  
BIC: SSKMDEM M

HypoVereinsbank München  
IBAN:  
DE09 7002 0270 6890 2270 72  
BIC: HYVEDEM XXX

GmbH, Sitz München,  
Amtsgericht München, HRB 287 169  
Geschäftsführung:  
Rudolf Liegl, Christian Eulitz,  
Britt Schuurs, Robert Wolff  
Prokura:  
Hans Högg, Manfred Liepert

Messstelle nach §§ 28, 29b BImSchG auf dem  
Gebiet der Geräusche und Erschütterungen.  
VM PA-Schallschutzprüfstelle für Güterprüfungen  
nach DIN 4109. Schallschutz im Hochbau.  
Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige  
für Schallschutz im Verkehrs- und Städtebau,  
für Schallimmissionsschutz und auf dem Gebiet  
der Bauakustik.

Von der DAkkS auf den Gebieten  
Schallschutz, Erschütterungsschutz und Bahnakustik  
akkreditierte Prüflaboratorien nach  
DIN EN ISO/IEC 17025 für den in der Urkunden-  
anlage D-FL-19432-01-00 festgelegtem Umfang.

**Beiblatt zum Erschütterungsgutachten, Landeshauptstadt München,  
Bebauungsplan Nr. 1956a, Wohn- und Büroquartier „Orleanshöfe“**

Sehr geehrte Damen und Herren,

das Erschütterungsgutachten zum o.g. B-Plan wurde mit dem Datum 23.8.23 erstellt.  
Zu diesem Zeitpunkt wurde hinsichtlich des Neubaus der 2. S-Bahn-Stammstrecke auf  
folgende Quellen Bezug genommen:

- Planfeststellungsbeschluss, Neubau einer 2. S-Bahn-Stammstrecke München,  
Planfeststellungsabschnitt (PFA) 3neu, München Ost, Bereich westliches  
Isarufer bis östlich S-Bahnhof Leuchtenbergring mit Haltepunkt Ostbahnhof  
(tief), Eisenbahn-Bundesamt, 25.04.2016
- Planänderungsbescheid zur 1. Änderung des Planfeststellungsbeschlusses PFA  
3neu der 2. S-Bahn-Stammstrecke vom 25.04.2016, Az.: 611pps/001-  
2300#004, Eisenbahn-Bundesamt, 21.12.2021

Zwischenzeitlich existiert der Planfeststellungsbeschluss PFA 3 Ost der 2. S-Bahn-  
Stammstrecke München (Bereich westliches Isarufer bis Bf Mü Leuchtenbergring) Az.  
651pps/002-2019#002 vom 31.10.2023. Nach Durchsicht dieses  
Planfeststellungsbeschlusses ergibt sich fachlich keine Notwendigkeit einer Änderung  
des Erschütterungsgutachtens.

Mit freundlichen Grüßen

Möhler + Partner Ingenieure GmbH

# Erschütterungstechnisches Gutachten

Landeshauptstadt München

Bebauungsplan Nr. 1956a

Wohn- und Büroquartier „Orleanshöfe“

Bericht Nr. 700-5697-ERSCH

im Auftrag der

Orleanshöfe GmbH & Co. KG

81667 München

München, im August 2023

## Erschütterungstechnisches Gutachten

Landeshauptstadt München  
Bebauungsplan Nr. 1956a  
Wohn- und Büroquartier „Orleanshöfe“

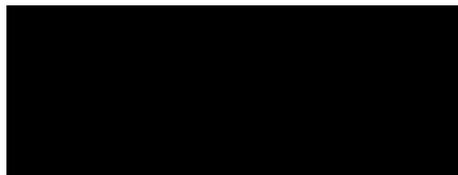
**Bericht-Nr.:** 700-5697-ERSCH

**Datum:** 23.08.2023

**Auftraggeber:** Orleanshöfe GmbH & Co. KG  
Orleansplatz 9  
81667 München

**Auftragnehmer:** Möhler + Partner Ingenieure AG  
Beratung in Schallschutz + Bauphysik  
Landaubogen 10  
D-81373 München  
T + 49 89 544 217 - 0  
F + 49 89 544 217 - 99  
[www.mopa.de](http://www.mopa.de)  
[info@mopa.de](mailto:info@mopa.de)

**Bearbeiter:**



## Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung .....	8
2. Örtliche Gegebenheiten .....	9
3. Grundlagen.....	9
3.1 Erschütterungen.....	9
3.2 Sekundärluftschall.....	11
4. Betriebsprogramm.....	13
4.1 Gleisanlagen Ostbahnhof.....	13
5. Durchführung der Messungen.....	14
5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung.....	14
5.2 Messgeräte.....	16
5.3 Ankopplung der Messpunkte.....	16
6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen .....	16
7. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls .....	19
7.1 Erschütterungen.....	19
7.1.1 DB-Bahnstrecke.....	19
7.1.2 Straßenbahn .....	20
7.2 Sekundärluftschall.....	20
7.2.1 DB-Bahnstrecke.....	20
7.2.2 Straßenbahn .....	20
7.3 Fazit und Lösungsmöglichkeiten .....	21
8. Textvorschlag für den Bebauungsplan .....	22
8.1 Satzung .....	22
8.2 Begründung.....	22
8.3 Umweltbericht Mensch .....	23
9. Anlagen .....	24

## Abbildungsverzeichnis:

<b>Abbildung 1:</b> Lageplan – B-Plan-Entwurf [25].....	8
---	---

## Tabellenverzeichnis:

<b>Tabelle 1:</b> Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3].....	10
<b>Tabelle 2:</b> Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)].....	12
<b>Tabelle 3:</b> Belegungsprogramm der DB-Bahnstrecke (Prognose 2030) .....	14
<b>Tabelle 4:</b> Dokumentation zur Lage der Messpunkte.....	15
<b>Tabelle 5:</b> Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit .....	15
<b>Tabelle 6:</b> Prognostizierte höchste $KB_{Fm}$ - Wert bzw. $KB_{Fr}$ - Werte tags / nachts auf den Geschossdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten.....	18
<b>Tabelle 7:</b> Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten.....	18

## Grundlagenverzeichnis:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist
- [2] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Dezember 2022
- [3] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2012
- [5] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, September 2010
- [6] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005
- [7] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)
- [8] Beiblatt 1 zu DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, März 1997
- [9] Richtlinie – Erschütterungen und Sekundärer Luftschall – Grundlagen des Oberbaus. Bau-technik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik (820.2050), DB Netz AG, 01.01.2017
- [10] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- [11] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [12] Handbuch Gleis, Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit, Bernhard Lichtberger, Tetzlaff Verlag, 2. Auflage, 2004
- [13] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist
- [14] Ortsbesichtigungen und Messung am 18.07.2018
- [15] Zugzahlen München Ostbahnhof Strecken 5547, 5551, 5550, 5553, 5603, 5510, 5600, 5554, 5610 für Schall03[neu], DB Netz AG, NL Süd NSV, Stand: Mai 2021

- [16] Schall- und Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, Friedrich Krüger, 2006
- [17] Internetauftritt der Münchener Verkehrsgesellschaft mbH, link: <http://www.mvv-muenchen.de> (Abfragedatum: 13.06.2022)
- [18] Flächennutzungsplan München, link: <http://www.fnp-muenchen.de> (Abfragedatum: 13.06.2022), Stand: April 2022
- [19] Entwurf Bebauungsplan Nr. 1956a, Dragomir Stadtplanung, übermittelt durch Höcker Project Managers GmbH am 17.08.2023
- [20] Erschütterungstechnische Untersuchung, Bebauungsplan Nr. 1956 „Haidenauplatz“, Projekt Nr. 16967, Obermeyer Planen + Beraten GmbH, 21.10.2008
- [21] Planfeststellungsbeschluss, Neubau einer 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Planfeststellungsabschnitt (PFA) 3neu, München Ost, Bereich westliches Isarufer bis östlich S-Bahnhof Leuchtenbergring mit Haltepunkt Ostbahnhof (tief), Eisenbahn-Bundesamt, 25.04.2016
- [22] Planänderungsbescheid zur 1. Änderung des Planfeststellungsbeschlusses PFA 3neu der 2. S-Bahn-Stammstrecke vom 25.04.2016, Az.: 611pps/001-2300#004, Eisenbahn-Bundesamt, 21.12.2021
- [23] Lageplan BV Orleanshöfe München (mit Verlauf der Gleise der 2. S-Bahn-Stammstrecke), ILF Consulting Engineers, Vorabzug vom 11.4.2022

### Zusammenfassung:

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Einwirkungen aus Erschütterungen und dem daraus entstehenden sekundären Luftschall ausgehend von den Gleisanlagen am Ostbahnhof und der Straßenbahnstrecke auf der Orleansstraße gemessen, prognostiziert und beurteilt. Dabei wurden auch die Planungen zur 2. -Bahn-Stammstrecke berücksichtigt.

#### Die Untersuchung kommt zu folgendem Ergebnis:

Die Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen (Einwirkungen auf Menschen nach DIN 4150-2 [3]) und die Anforderungen an Sekundärluftschall für schutzbedürftige Aufenthaltsräume (Innenpegel nach TA Lärm [7] bzw. DIN 45680 [8]) werden überschritten. Daher kann eine erhebliche Belästigung durch sekundären Luftschall ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sind beim Neubau von Gebäuden erschütterungsmindernde Maßnahmen (z.B. elastische Gebäudelagerung) vorzusehen.

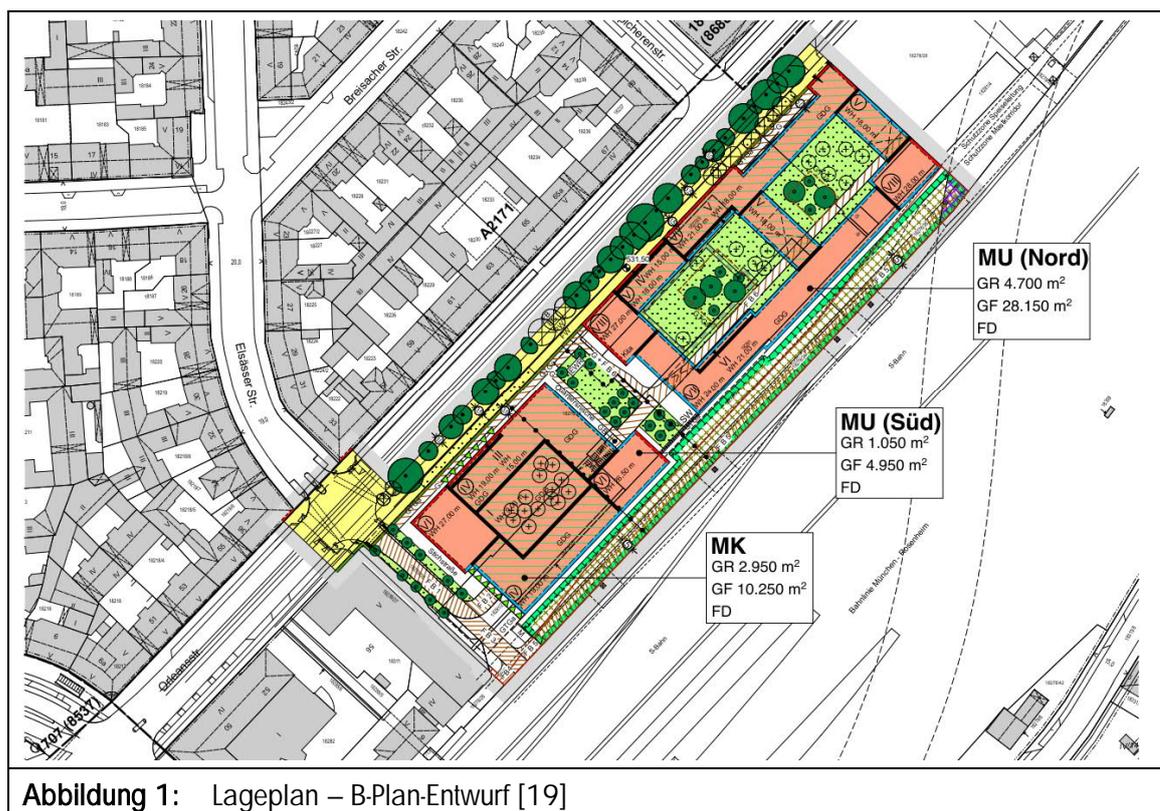
Für die textliche Fassung des Bebauungsplans wurden Formulierungsvorschläge für den Schallimmissionsschutz ausgearbeitet, so dass etwaige Lärmkonflikte planerisch gelöst und gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse hergestellt werden.

## 1. Aufgabenstellung

Die Orleanshöfe GmbH & Co. KG plant die städtebauliche Entwicklung von Wohn- und Gewerbebauungen (Büro, Verwaltung, Dienstleistung, Einzelhandel, Hotel) mit ergänzenden sozialen Infrastruktureinrichtungen (z.B. Kindertagesstätten) zwischen dem Ostbahnhof, der Orleansstraße und der Berg-am-Laim-Straße in München im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens. Aufgrund der Nähe zur Bahntrasse und Orleansstraße mit Straßenbahnverkehr können relevante Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden.

Für das Bauleitplanverfahren sind die auf das Plangebiet einwirkenden Erschütterungsimmissionen messtechnisch zu erheben bzw. zu prognostizieren und nach den einschlägigen Richtlinien zu beurteilen. Ggf. sind geeignete Maßnahmen vorzuschlagen, um auf Erschütterungskonflikte planerisch zu reagieren. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse sind notwendige textliche Formulierungen zum Erschütterungsschutz für den Bebauungsplan (Satzung und Begründung) auszuarbeiten.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG mit Schreiben vom 29.07.2021 von der Orleanshöfe GmbH & Co. KG beauftragt.



## 2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet befindet sich zwischen den südöstlich verlaufenden Gleisanlagen des Münchener Ostbahnhofs und der nordwestlich verlaufenden Orleansstraße. Für das Gebiet existiert kein Bebauungsplan; im Flächennutzungsplan [18] ist es überwiegend als Bahnfläche und im nördlichen Teil als Gemeinbedarfsfläche Verwaltung dargestellt.

Die Gleisanlagen am Ostbahnhof verlaufen in Nord-West-Richtung und sind auf Höhe des Plangebietes 18-gleisig ausgebaut. Im Regelbetrieb werden die beiden dem Plangebiet nächstgelegenen Gleise (1, 2) durch den Nahverkehr (S-Bahnen) genutzt. Die übrigen Gleise (7-11) fungieren für den Personen-Fernverkehr und -Regionalverkehr (ICE, RB, REGIO, Meridian) sowie für den Güterverkehr (Gleise 8-11). Auf Gleis 17 und 18 verkehren DB-Autozüge. Die Gleise bestehen aus herkömmlichem Schotteroberbau mit Betonschwellen. Etwaige Maßnahmen zum Erschütterungsschutz im Bereich der Gleiskörper und der Brücke über die Berg-am-Laim-Straße wurden nicht festgestellt. Die Straßenbahn-gleise verlaufen auf der Orleansstraße und Berg-am-Laim-Straße 2-gleisig. Etwaige Maßnahmen zum Erschütterungsschutz wurden ebenfalls nicht festgestellt.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten können den Lageplänen in Anlage 1 und der photographischen Dokumentation in Anlage 2 entnommen werden.

## 3. Grundlagen

### 3.1 Erschütterungen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke  $KB_f(t)$  bewertet. Das  $KB_f(t)$ -Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellessignals entstandene Signal. Nach DIN 45669 [6] ist das  $KB_f(t)$ -Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert. Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [3] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$
- Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$

Die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_f(t)$ , der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  berücksichtigt die Dauer und die Häufigkeit des Auftretens von Erschütterungen. Hinsichtlich der Dauer der Erschütterungsereignisse werden jeweils 30-s-Takte (Takt-maximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  wird nach der folgenden Gleichung gebildet:

$$KB_{FTr} = KB_{FIm} * (T_e/T_r)^{0,5}$$

Dabei ist:

- $T_r$  Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)
- $T_e$  Summe aller Taktzeiten, während derer Erschütterungen einwirken
- $KB_{FTm}$  Taktmaximal-Effektivwert

Der Taktmaximal-Effektivwert  $KB_{FTm}$  ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  nach Gleichung (3) der DIN 4150-2<sup>1</sup> [3]:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}{N}}$$

Die Beurteilung erfolgt nach der folgenden Vorgehensweise:

- Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner als der untere Anhaltswert  $A_u$ , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als der untere Anhaltswert  $A_u$  und kleiner als der obere Anhaltswert  $A_o$ , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der  $KB_{FT}$  kleiner als der Anhaltswert  $A$  ist.
- Ist der  $KB_{Fmax}$  größer als der obere Anhaltswert  $A_o$  bzw. der  $KB_{FT}$  größer als der Anhaltswert  $A_r$ , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und Gewerbegebieten gelten abhängig vom Einwirkungsort folgende Anhaltswerte A nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 [3].

<b>Tabelle 1:</b> Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3]							
Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Industriegebiete	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,2	5	0,10	0,15	0,3	0,07

<sup>1</sup> Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte  $KB_{FTm}$  werden Werte  $KB_{FTi} \leq 0,1$  mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl N ein.

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3]							
Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus oberirdischem Schienenverkehr gelten folgende Besonderheiten:

- Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{Fr}$  wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.
- Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne  $KB_{Fr}$  – Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über  $A_o = 0,6$ , so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z.B. Flachstellen an Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von  $KB_{Fr}$  zu berücksichtigen.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt nach DIN 4150-2 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

Der innerhalb eines Gebäudes auf Körperschallimmissionen zurückzuführende Luftschall durch Bauwerksschwingungen von Raumbegrenzungsflächen (Wände und vor allem Geschosdecken) wird als sekundärer Luftschall bezeichnet und als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen.

Bei der Beurteilung der sekundären Luftschallabstrahlung durch verkehrsbedingte Einwirkungen (z. B. Straßen- und Schienenverkehr) existieren keine spezifischen Regelungen mit einer Festlegung von Richtwerten. Es muss demnach auf Richtlinien aus anderen schalltechnischen Bereichen zurückgegriffen werden, die für die Körperschallübertragung innerhalb von Gebäuden oder tieffrequente Schallimmissionen Aussagen treffen.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist es in Bayern gängige Praxis, die Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall nach der TA Lärm [7] bzw. der DIN 45680 [8] durchzuführen (diese

Richtlinien regeln generell die Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden bzw. tieffrequente Geräusche durch gewerbliche Anlagen). Im vorliegenden Fall werden für das geplante Bauvorhaben ebenfalls diese Werte angesetzt.

Die genannten Immissionsrichtwerte gelten gebietsunabhängig für schutzbedürftige Räume:

<b>Tabelle 2:</b> Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)]		
Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel $L_m$	Maximalpegel $L_{max}$
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	35	45
Nachts (22.00 – 6.00 Uhr)	25	35

Die Anforderungen der Richtlinie gelten demnach als erfüllt, wenn der Mittelungspegel des sekundären Luftschalls im Zeitraum Tag (6.00 – 22.00 Uhr) 35 dB(A) und im Zeitraum Nacht (22.00 – 6.00 Uhr) 25 dB(A) nicht überschreitet. Es soll zudem vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen (hier der mittlere Maximalpegel bei der Zugvorbeifahrt) den Richtwert um mehr als 10 dB(A) überschreiten.

Durch die Schwingungsanregung der Wände und vor allem Geschossdecken wird sekundärer Luftschall durch die Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt. Zwischen der Schwingschnelle in den Raumbegrenzungsflächen, den jeweiligen Abstrahl- und Absorptionsverhältnissen im Raum und den daraus resultierenden Schalldruckpegeln im Raum besteht ein direkter Zusammenhang.

Ein allgemein gültiges Berechnungsverfahren kann jedoch aufgrund des sehr komplexen Wirkungsgefüges der o. g. Zusammenhänge im hier bestimmenden Frequenzbereich unter 100 Hz nicht angegeben werden.

Aufgrund von Erfahrungen kann der sekundäre Luftschall in guter Näherung nach der folgenden Formel abgeschätzt werden [10]:

$$L_{pA}(f_T) = L_{vA}(f_T) + 10 \log 4 S/A(f_T) + 10 \log \sigma(f_T)$$

Dabei bedeuten:

$L_{pA}(f_T)$  Terzpegel des A-bewerteten Schalldrucks im Raum

$L_{vA}(f_T)$  Terzpegel der A-bewerteten Schwingschnelle der Raumbegrenzungsflächen, bezogen auf  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s

S Größe der schwingerregten Fläche in  $m^2$

A ( $f_T$ ) äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in  $m^2$

$\sigma(f_T)$  Abstrahlgrad

$f_T$  Terzmittenfrequenz

Für eine genauere Betrachtung des sekundären Luftschalls müsste die mittlere Schnellepegelverteilung aller abstrahlenden Flächen mit den zugehörigen Abstrahlgraden und den äquivalenten Absorptionsgraden bekannt sein. Aufgrund von Erfahrungswerten für raumakustische Verhältnisse in Wohnräumen und mit Wohnräumen vergleichbar ausgestatteten Räumen können zur Abschätzung folgende Werte für  $S$ ,  $A$  und  $\sigma$  angesetzt werden.

$S$	$\approx 2 \times \text{Grundrissfläche } G$
$A$	$\approx 0,8 \times \text{Grundrissfläche } G$
$\sigma$ (fT)	= 1 für Frequenzen $> f_g$ . Für tiefere Frequenzen als die Grenzfrequenz $f_g$ erfolgt eine Absenkung

Diese Korrektur wird terzweise zu den Prognosespektren der Erschütterungsimmissionen addiert. Die so ermittelten sekundären Luftschallpegel stellen mittlere Maximalpegel  $L_{\max}$  während der Zugvorbeifahrten dar. Die Berechnung erfolgt im Frequenzbereich von 16 Hz bis 315 Hz.

Durch den Ansatz der oben genannten Parameter ergeben sich in der Regel etwas zu hohe Pegel, die somit aber auf der „sicheren Seite“ liegen. Für die Detailschärfe einer Voruntersuchung oder eines Bebauungsplans stellt dieser Ansatz erfahrungsgemäß eine praktikable Voreinschätzung dar.

#### 4. Betriebsprogramm

##### 4.1 Gleisanlagen Ostbahnhof

Für die einzelnen Bahnstrecken am Ostbahnhof wurde eine Prognose für das Jahr 2030 zugrunde gelegt [15]. Die Zugzahlen berücksichtigen bereits mögliche zukünftige Taktverdichtungen. Eine relevante bauliche Änderung der Bahnstrecken im Bereich des Plangebietes ist derzeit nicht absehbar. Die Aufteilung der Zugmengenangaben auf die Gleise sowie die Streckengeschwindigkeiten wurden ebenfalls entsprechend der Prognoseangaben für das Jahr 2030 [15] berücksichtigt.

Die Straßenbahnmengen wurden den aktuellen Fahrplänen [17] entnommen. Taktverdichtungen sind derzeit nicht absehbar, so dass angenommen wurde, dass die Verkehrsmengen auch für das Prognosejahr 2030/2035 gelten.

Das Betriebsprogramm geht deutlich über das vor Ort gemessene Zugaufkommen hinaus. Deshalb müssen die Messwerte auf das zukünftige Zugaufkommen hochgerechnet werden. Das Hauptaugenmerk ist vor allem auf die Vorbeifahrten auf dem nächstgelegenen und zum Messzeitpunkt befahrenen Gleise 1 und 2 sowie auf die Straßenbahnen gerichtet.

Die Lage der einzelnen Bahnstrecken, der Gleisanlagen und der Straßenbahnen im Bereich des Plangebietes ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Die angesetzten Zugmengen sind in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

<b>Tabelle 3:</b> Belegungsprogramm der DB-Bahnstrecke (Prognose 2030)		
Fahrtrichtung	Anzahl Vorbeifahrten im Beurteilungszeitraum	
	Tag	Nacht
<i>Bahnstrecke 5510 (München – Rosenheim)</i>		
RB / RE / IC / EC	159	25
GZ / AZ / NZ	29	16
<i>Bahnstrecken 5550, 5551, 5553, 5554, 5603 (S-Bahn-Stammstrecke)</i>		
S-Bahn	1.541	292
GZ	4	0
<i>Bahnstrecke 5600 (München – Simbach)</i>		
RB / RE / IC	60	12
GZ / AZ / NZ	23	12
<i>Bahnstrecke 5610 (München-Ost Pbf – Rbf)</i>		
GZ	8	4
<i>Bahnstrecke 5547</i>		
GZ	4	2
<i>Straßenbahnen (St. Emeran – St. Veit, beide Richtungen)</i>		
Tram	186	32

## 5. Durchführung der Messungen

### 5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung

Es wurde an ausgewählten Messpunkten in verschiedenen Abständen zu den DB-Gleisanlagen am Ostbahnhof Bahnstrecke gemessen. Entlang der Straßenbahnstrecke konnte aufgrund der gewerblichen Nutzung des Plangebietes und aufgrund des Verkehrs nur an einem Messpunkt gemessen werden. Bei der Wahl der Messorte wurde darauf geachtet, dass die Gleise ebenerdig und nicht in Kurvenlage verlaufen und Vorbeifahrten der maßgebenden S-Bahnen und Straßenbahnen am nächstgelegenen Gleis gemessen werden können. Die Messungen fanden am 18.07.2018 in der Zeit von 7:00 bis 13:00 Uhr statt [14].

Für die messtechnische Ermittlung von erforderlichen Abständen zum Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall der Gleisanlagen des Ostbahnhofs wurde eine Messpunktreihe mit unterschiedlichen orthogonalen Abständen zu den Gleisen am Ostbahnhof angeordnet, sog. Messquerschnitt (1 Querschnitt mit 4 Messpunkten und 1 zusätzlicher Messpunkt). Am Messquerschnitt wird anschließend eine Verlaufsfunktion der Erschütterungs- und Sekundärluftschalleinwirkungen durch eine Regressionsfunktion ermittelt, sog. Abklingfunktion. Auf Basis der gemessenen Abklingfunktion können

die Zahlenwerte an zusätzlichen Einzelmesspunkten (Verdichtungsstützpunkte) abgeglichen und die erforderlichen Abstände bestimmt werden.

Die Dokumentation zur Lage der Messpunkte ist in folgender Tabelle sowie im Lageplan in Anlage 1 und in der photographischen Dokumentation in Anlage 2 dargestellt. Die Auswertung der Messungen erfolgt bezüglich der Gleisachse; die globalen Abstandsangaben beziehen sich auf die Mitte des Gleises (Gleisachse von Gleis 1).

<b>Tabelle 4:</b> Dokumentation zur Lage der Messpunkte			
Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	~ Abstand Gleisachse zur nächstgelegenen gemessenen Durchgangsgleises (Gleis 1) [m]
MP 1	Geländeoberfläche	vertikal	4
MP 2	Geländeoberfläche	vertikal	8
MP 3	Geländeoberfläche	vertikal	16
MP 4	Geländeoberfläche	vertikal	30
MP 5	Geländeoberfläche	vertikal	8
MP 6 (Tram)	Geländeoberfläche	vertikal	6

In der nachfolgenden Tabelle ist die Anzahl der messtechnisch erfassten verwertbaren Vorbeifahrten während der Messzeit am Messquerschnitt aufgelistet. Zum Messzeitpunkt war das Planungsgebiet weitestgehend frei von Störeinflüssen (Fremdbelastung, meteorologische Einflüsse, kein Bodenfrost usw.).

<b>Tabelle 5:</b> Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit			
Fahrzeugklasse	Zugart	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl gemessener Vorbeifahrten
Nahverkehr	S-Bahn	ca. 0 – 60	14
Nahverkehr	RE, RB	ca. 50	10
Güterverkehr	GZ	ca. 50	3
Straßenbahn	Tram	ca. 20 – 60	11

Die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge nach subjektiver Einschätzung des Messpersonals den zulässigen Geschwindigkeiten im Bahnhofsbereich, so dass keine Geschwindigkeitskorrektur vorgenommen wurde.

## 5.2 Messgeräte

Für die Messungen und Auswertungen wurden folgende Geräte verwendet:

- Geeichtes Mehrkanal-Messsystem Soundbook der Fa. Sinus Messtechnik GmbH
- Beschleunigungsaufnehmer der Fa. Sinus Messtechnik GmbH, Typ ICP Seismometer-V\_315
- Signalanalyse Software [REDACTED]
- Kalibrator, [REDACTED]

Das Gerät zur Messdatenerfassung und –konditionierung sowie die Geschwindigkeitssaufnehmer werden zu den vorgeschriebenen Zeitintervallen in einem Prüflabor kalibriert. Vor der Messdurchführung wurden die Geschwindigkeitssaufnehmer nachkalibriert.

Vor jeder Messung wurden die Messkanäle abgeglichen. Das Einlesen der Kanäle erfolgte simultan. Zu Beginn und nach jeder Messreihe wurden Nullmessungen zur Betrachtung des Störeinflusses durchgeführt.

Die Erschütterungssignale wurden über die beschriebene Messkette synchron aufgenommen und auf Datenträger gespeichert. Parallel zur Messwert-Aufzeichnung wurden die Zuggattung, das Gleis, die Geschwindigkeit und weitere Besonderheiten (z.B. Flachstellen, wechselnde Fahrgeschwindigkeiten, Überschneidungen usw.) notiert.

## 5.3 Ankopplung der Messpunkte

Die Ankopplung der Beschleunigungsaufnehmer auf der Geländeoberfläche erfolgte über Erdspeie mit einer Länge von  $l = 0,5$  m und X-förmigen Querschnitt entsprechend den Anforderungen der DIN 45669-2 [6]. Die Aufnehmer wurden mit dem Erdspeie mittels eines Adapters verschraubt. Die Erdspeie wurden in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen der Speie beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz der Erdspeie wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspeie-Achse geachtet.

## 6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen

Folgende Annahmen werden für eine Abschätzung der zu erwartenden Deckenschwingungen und der daraus resultierenden KB-Werte sowie dem prognostizierten Sekundärluftschall getroffen:

*Anregung:*

An den Messpunkten wurde für jede Zugvorbeifahrt das sog. Max-Hold-Terzspektrum mit der Zeitbewertung „FAST“ im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz ausgewertet. In einem weiteren Schritt wurden die Spektren an jedem Messpunkt energetisch gemittelt. Anlage 3 zeigt die gemittelten Terzpegelschnellespektren an den einzelnen Messpunkten.

### *Ausbreitung der Erschütterungen im Erdreich:*

Die Ausbreitung der Erschütterungen des oberirdischen Schienenverkehrs an der Erdoberfläche (Rayleighwelle) ist in Festkörperstrukturen, wie zum Beispiel bei gebundenen Asphaltdecken, gegenüber dem natürlichen Baugrund (rollige Böden) deutlich erhöht. Die Messungen wurden auf unbefestigten Wiesen durchgeführt (vgl. Anlage 2).

### *Einleitung der Erschütterungen vom Erdreich in das Gebäude:*

Für die Übertragung der Schwingungen vom Erdreich in das Gebäude sind die dynamischen Eigenschaften der Empfängerstruktur und die Rückwirkung des angrenzenden Bodens bestimmend. Für eine Vorabschätzung ist die Überhöhung der Schwingungen beim Übergang vom Erdreich in das Gebäude abhängig von der Gebäudemasse und der Frequenz [11]. Entsprechend wird die Abnahme der Schnellepegel frequenz- und gebäudemasseabhängig angesetzt.

### *Erschütterungsausbreitung innerhalb des Gebäudes:*

Die Anregung des Gebäudefundaments wird i. d. R. mit überhöhten Schwingschnellen in den Geschossdecken beantwortet. Die durch Resonanz bei den Eigenfrequenzen der Decken auftretenden Vergrößerungsfaktoren erreichen erfahrungsgemäß Werte von 3 bis 8, entsprechend einer Erhöhung der Schnellepegel um 10 bis 18 dB. Die Eigenfrequenzen von Beton-Rohdecken können i. d. R. im Bereich von 15 bis 40 Hz liegen. Die jeweiligen Berechnungen wurden für Rohdecken-Eigenfrequenzen bis ca. 40 Hz durchgeführt, wobei jeweils die Decken-Eigenfrequenz auf die Bodenresonanz gelegt wurde. Es ergeben sich somit über den oben dargestellten Frequenzbereich die höchsten Immissionen. Als Verstärkungsfaktor wurde 8 (= 18 dB) gewählt. Die Vergrößerungs-Faktoren für die anderen Frequenzen können aus dem Zusammenhang für die Vergrößerungsfunktion eines Ein-Massen-Schwingers

$$V = [(1 + (2D\eta)^2) / ((1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2)]^{0.5}$$

mit  $D$  = Dämpfungsmaß und  $\eta$  = Erregerfrequenz / Eigenfrequenz

ermittelt werden. Als Dämpfungsmaß wurde ein Erfahrungswert  $D = 0,065$  angesetzt.

Die Schwingungen des schwimmenden Estrichs bzw. des Gesamtdeckenaufbaus werden ebenfalls durch ein Massen-Schwinger-Modell angenähert. Typische Estrich-Eigenfrequenzen liegen im Bereich 50 bis 80 Hz. Die resultierenden Deckenschwingungen werden einer Frequenzbewertung (KB-Filterung) unterzogen und energetisch summiert. Die ermittelten KB-Werte sind aufgrund der Auswertung von Max-Hold-Spektren in Näherung als je Richtung gemittelte  $KB_{F_{\max}}$ -Werte ( $KB_{F_{\text{tm}}}$ -Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren führt zu dem unten aufgelisteten höchsten  $KB_{F_{\text{tm}}}$ -Wert für Rohdecken mit Eigenfrequenzen bis 40 Hz bzw. unter der Annahme des Einbaus eines schwimmenden Estrichs für Rohdecken mit Estrich und Estrich Eigenfrequenzen von  $f_0 \approx 50 - 80$  Hz für die fiktiven Plangebäude. Bei den prognostizierten Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen wird jeweils von bzgl. der Bahnstrecke ungehinderter Ausbreitung ausgegangen, d. h. die prognostizierten Werte gelten nur bei baulicher Entkopplung.

<b>Tabelle 6:</b> Prognostizierte höchste $KB_{F_{Tm}}$ - Wert bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werte tags / nachts auf den Geschossdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	$KB_{F_{Tm}}$ – Wert	$KB_{F_{Tr}}$ – Wert	
			tags	nachts
MP 1	4	<b>0,76</b>	<b>0,55</b>	<b>0,33</b>
MP 2	8	<b>0,32</b>	<b>0,23</b>	<b>0,14</b>
MP 3	16	<b>0,18</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>
MP 4	30	<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b>0,10</b>
MP 5	8	<b>0,34</b>	<b>0,25</b>	<b>0,15</b>
MP 6 (Tram)	6	<b>0,26</b>	0,06	0,04

**Fett:** Überschreitung  $A_v$  bzw.  $A_r$ -Kriterium für Misch-/Kerngebiete

*Anmerkung: Die Tabellenwerte gelten für Rohdecken mit schwimmendem Estrich, ohne schwimmenden Estrich sind ca. 20 % geringere Werte zu erwarten.*

<b>Tabelle 7:</b> Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 1	4	<b>53,9</b>	<b>51,1</b>	<b>46,5</b>
MP 2	8	<b>46,3</b>	<b>43,6</b>	<b>39,0</b>
MP 3	16	<b>39,1</b>	<b>36,3</b>	<b>31,7</b>
MP 4	30	<b>43,4</b>	<b>40,6</b>	<b>36,0</b>
MP 5	8	<b>47,0</b>	<b>44,2</b>	<b>39,6</b>
MP 6 (Tram)	6	<b>45,5</b>	21,4	17,1

**Fett:** Überschreitung der Anforderungen für Wohnnutzungen

## 7. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls

Die Beurteilung der auf Erschütterungen und Sekundärluftschall zurückzuführenden Immissions-Situation erfolgte auf Grundlage der aus den Messdaten berechneten Mittelwerte. Aufgrund der Größe des Plangebietes entlang den untersuchten Zugstrecken können die Immissionen einzelner Zugvorbeifahrten in anderen Bereichen des Plangebietes (z. B. aufgrund des Bodenuntergrundes, der variierenden Geschwindigkeiten und der sich ändernden Gleislage) von den gemessenen Mittelwerten abweichen.

Die Aussagen beziehen sich auf die vorliegenden Unterlagen, die im Lageplan angegebene Lage der geplanten Baukörper zu den oberirdischen Schienenwegen, die vorliegenden Zugzahlen und -gattungen, Geschwindigkeiten und pauschale Ansätze für die Reaktion eines Gebäudes in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) auf eine Schwingungsanregung.

Die Messungen enthalten erhöhte Prognoseunsicherheiten durch eine künftige Ankopplung auf ggf. befestigten Gelände (öffentliche Verkehrsfläche zw. Bahn und Plangebäuden) sowie die bisher nicht absehbare Bauausführung der Gebäude, so dass im Einzelfall auch deutlich günstigere Erschütterungswerte nicht auszuschließen sind.

Für die Beurteilung der Gesamtsituation müssen sowohl die Erschütterungen als auch der sekundäre Luftschall die entsprechenden Anhalts- und Richtwerte einhalten. Bei der Beurteilung des Plangebietes wird von einem Mischgebiet (MI) bzw. Kerngebiet (MK) gemäß BauNVO [13] ausgegangen.

### 7.1 Erschütterungen

#### 7.1.1 DB-Bahnstrecke

Ein Vergleich der ermittelten  $KB_{F_{tm}}$ -Werte von 0,18 (MP 3) bis 0,76 (MP 1) mit dem unteren Anhaltswert  $A_u$  für Mischgebiete (0,2/0,15 tags/nachts) zeigt, dass an allen Messpunkten das  $A_u$ -Kriterium nachts überschritten wird, wobei auch die Fühlbarkeitsschwelle von  $KB \geq 0,1$  ebenfalls z.T. deutlich überschritten wurde. Deshalb wird zur Beurteilung der Situation die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{F_{tr}}$  herangezogen: Die Bewertung der prognostizierten Beurteilungs-Schwingstärken ( $KB_{F_{tr}} = 0,13/0,08$  bis 0,55/0,33 Tag/Nacht gem. Tabelle 6) zeigt, dass die Anhaltswerte  $A_r$  für Mischgebiete (0,1/0,07 tags/nachts) an allen Messpunkten im Tag- und Nachtzeitraum überschritten werden.

Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion (Abklingfunktion) über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung einer MI-Nutzung bzw. baulich daran gekoppelten Gebäuden /Bauteilen) zur Einhaltung der Erschütterungsimmissionen ca. 40 m zur nächstgelegenen Gleisachse.

### 7.1.2 Straßenbahn

Ein Vergleich des ermittelten  $KB_{F_{tm}}$  –Werts von 0,26 mit dem unteren Anhaltswert  $A_u$  für Mischgebiete (0,2/0,15 tags/nachts) zeigt, dass am Messpunkt MP 6 das  $A_u$  – Kriterium tags und nachts überschritten wird, wobei auch die Fühlbarkeitsschwelle von  $KB \geq 0,1$  ebenfalls überschritten wurde. Deshalb wird zur Beurteilung der Situation die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{F_{tr}}$  herangezogen: Die Bewertung der prognostizierten Beurteilungs-Schwingstärke ( $KB_{F_{tr}} = 0,06/0,04$  Tag/Nacht gem. Tabelle 6) zeigt, dass die Anhaltswerte  $A_r$  für Mischgebiete (0,1/0,07 tags/nachts) am Messpunkt MP 6 im Tag- und Nachtzeitraum eingehalten werden.

## 7.2 Sekundärluftschall

### 7.2.1 DB-Bahnstrecke

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen an den Messpunkten bis zu  $L_{Amax} = 54$  dB(A) (MP 1) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu  $L_{A,m}$  bis 51/47 dB(A) tags/nachts (ebenfalls MP 1). Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls überschreiten somit an allen Messpunkten die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) tags/nachts. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden ebenfalls an allen Messpunkten überschritten.

Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung von nachts schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen nach DIN 4109 (Wohn- und Schlafräume) bzw. baulich daran gekoppelten Bauteilen zur Einhaltung der Sekundärluftschallimmissionen ca. 80 m zur nächstgelegenen Gleisachse der Bahnstrecke (Durchfahrtsgleis).

### 7.2.2 Straßenbahn

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen am Messpunkt MP 6 bis zu  $L_{Amax} = 46$  dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu  $L_{A,m}$  bis 22/17 dB(A) tags/nachts. Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls halten somit die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) tags/nachts ein. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden um bis 1/11 dB(A) Tag/Nacht überschritten.

Ein Messquerschnitt mit mehreren Messpunkten in verschiedenen Abständen zur Straßenbahn konnte vor Ort aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht gemessen werden. Erfahrungsgemäß beträgt der erforderliche Mindestabstand bei vergleichbaren Straßenbahnstrecken etwa 30-35 m zum nächstgelegenen Gleis.

### 7.3 Fazit und Lösungsmöglichkeiten

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kann an geplanten Baukörpern eine erhebliche Belästigung zukünftiger Bewohner durch Erschütterungen und Sekundärluftschall ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden, sofern Gebäude mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen von Wohnungen ein Mindestabstand von 80 m zur Mitte des nächstgelegenen Durchfahrtsgleises der Bahnstrecken (Ostbahnhof) und von 30 m zur Mitte des nächstgelegenen Trambahngleises nicht einhalten.

Dieser Abstand kann im vorliegenden Fall nicht eingehalten werden. Somit müssen bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen sowie an baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (wie zum Beispiel auch Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw.) technische bzw. konstruktive Maßnahmen, z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen, vorgesehen werden, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen. Bei der elastischen Lagerung wird der Baukörper durch eine horizontale Schnittebene komplett vom Untergrund entkoppelt. Neben der schwingungsentkoppelten Lagerung des Gebäudes sind zur Vermeidung von Körperschallbrücken grundsätzlich alle Durchdringungen im Bereich der Lager Ebene (z.B. Aufzüge, Treppen, Wasser, Abwasser, Heizung, etc.) ebenfalls schwingungsentkoppelt auszuführen. Diese Maßnahmen führen auf der einen Seite zu bautechnischen Zwängen, die vorab schwer kalkulierbar und erfahrungsgemäß mit erheblichem wirtschaftlichem Aufwand verbunden sein können. Auf der anderen Seite gilt bei dieser Maßnahme, dass eine ausreichende quantitative Prognosesicherheit bei der Wirksamkeit dieser Maßnahme möglich ist und diese Maßnahme bereits häufig erprobt wurde.

#### Diskussion weiterer potentiell möglicher Maßnahmen:

- Maßnahmen im Gleisbereich: Wirksame Maßnahmen zum Erschütterungsschutz (z.B. Einbau einer Unterschottermatte, Masse-Feder-Systeme, elastische Schwellenlagerung o.Ä.) sind im vorliegenden Fall an den bestehenden oberirdischen Bahnstrecken nur mit unübersehbaren, technischen, wirtschaftlichen und verwaltungstechnischen Aufwand durchführbar. Hierzu wären im ersten Schritt die Möglichkeiten einer Kooperation seitens der DB-Netz AG zu prüfen. Unter dem Aspekt einer zeitlich und wirtschaftlich eigenständigen Lösung der Konfliktsituation sind deshalb Maßnahmen im Gleisbereich keine umsetzbare Lösung. Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens können zudem Maßnahmen außerhalb des Geltungsbereiches nicht rechtssicher festgesetzt werden.
- Maßnahmen im Erdreich (Transmissionsbereich zwischen Quelle und Immissionsort): Prinzipiell wäre die Herstellung eines Isolierschlitzes zwischen Bahnstrecke und Baukörper denkbar. Generell gilt, dass die Wirksamkeit eines Isolierschlitzes mit Unsicherheiten verbunden ist, die auch bei sorgfältiger Planung nicht ausreichend begrenzt werden können. Insbesondere ist nicht auszuschließen, dass ein möglicher Isolierschlitz auch in das Grundwasser einbinden müsste und somit zum einen die Wirksamkeit verringert, wäre als auch im Weiteren die technische Durchführbarkeit aufgrund der örtlichen Gegebenheiten geprüft werden müsste. Zudem ist zu erwarten, dass mit dieser Maßnahme nicht die notwendige Reduzierung der Erschütterungsmissionen erzielt werden kann, um die entsprechenden Anforderungen

einzuhalten. Schutzmaßnahmen im Transmissionsbereich führen meist nur zu geringeren Immissionen unmittelbar hinter der Abschirmeinrichtung. Großflächige Abschirmwirkungen können nicht erreicht werden. Insofern sind Maßnahmen im Erdreich im vorliegenden Fall nicht empfehlenswert.

#### Hinweis zur geplanten 2. S-Bahn-Stammstrecke:

Die geplante 2. S-Bahn-Stammstrecke im München führt zu keiner Verschlechterung der Ergebnisse bzw. zu keinen weiteren Erkenntnissen, sofern keine bauliche Kopplung zum S-Bahn-Tunnel erfolgt. Im Planfeststellungsbeschluss ([21], [22]) ist festgehalten, dass an der 2. Stammstrecke Erschütterungsmaßnahmen in Form von elastischer Lagerung des Oberbaus an beiden Gleisen erforderlich sind, um die Entwicklung am Haidenauplatz und entlang der Orleansstraße zu ermöglichen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die 2. Stammstrecke nur unwesentlich zur Erschütterungs- und Sekundärluftschallsituation beiträgt.

## 8. Textvorschlag für den Bebauungsplan

### 8.1 Satzung

- (1) Schutzbedürftige Aufenthaltsräume sind durch technische bzw. konstruktive Maßnahmen so zu schützen, dass hinsichtlich der Erschütterungseinwirkungen des Bahnbetriebs die maßgeblichen Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2, Ausgabe Juni 1999 für Kerngebiete eingehalten werden.
- (2) Für schutzbedürftige Aufenthaltsräume sind hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen des Bahnbetriebs technische bzw. konstruktive Maßnahmen vorzusehen, so dass die gemäß TA Lärm, Abschnitt 6.2 i.d.F. vom August 1998 vorgegebenen Anforderungen für Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden bzw. Körperschallübertragungen eingehalten werden.

Dabei muss der Sekundärluftschall einen Beurteilungspegel von  $L_{Afm} \leq 35/25$  dB Tag/Nacht und einen mittleren Maximalpegel von  $L_{Afm} \leq 45/35$  dB Tag/Nacht einhalten.

- (3) Die Einhaltung der in den Absätzen (1) und (2) gestellten Anforderungen ist durch ein erschütterungstechnisches Gutachten im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens nachzuweisen.

### 8.2 Begründung

Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den Bahngleisen des Ostbahnhofs und der Straßenbahn auf der Orleansstraße wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen im Rahmen eines erschütterungstechnischen Gutachtens untersucht (Gutachten der Möhler + Partner Ingenieure AG von August 2023). Hierbei wurden die Einwirkungen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall gemessen und für das Planvorhaben prognostiziert.

Die Prognosen auf Basis von Erschütterungsmessungen im freien Feld zeigen, dass im gesamten Plangebiet der Mindestabstand für Gebäude in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen von Wohnnutzungen bei 80 m zum nächstgelegenen Durchfahrtgleis (Ostbahnhof) und von 30 m zur Mitte des nächstgelegenen Trambahngleises liegt. Somit werden die Erschütterungsanforderungen im gesamten Plangebiet überschritten. Im Zuge der Bauausführung ist auf die Immissionen entsprechend zu reagieren. Deshalb wird festgesetzt, dass bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen sowie in baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw.) technische bzw. konstruktive Maßnahmen (z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen) vorzusehen sind, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen. Dies gilt auch bei einer anderweitigen Realisierung der Gebäude als in konventioneller Bauweise (Leichtbau, Holzbau).

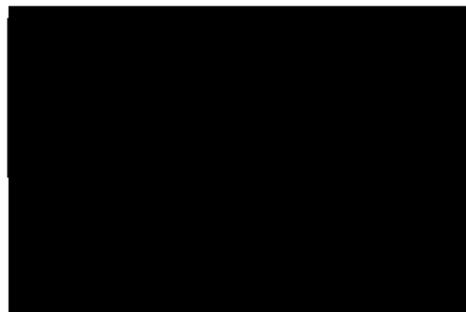
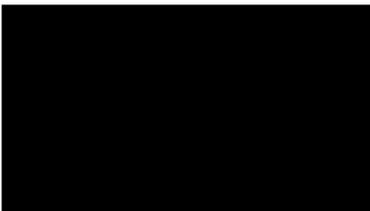
### 8.3 Umweltbericht Mensch

Östlich des Plangebietes befinden sich die DB-Gleisanlagen des Münchner Ostbahnhofs (DB-Bahnstrecke München – Rosenheim). Zusätzlich verläuft die Straßenbahnlinie entlang der nordwestlichen und nordöstlichen Grenze des Plangebietes auf der Orleansstraße. Von den Gleisanlagen gehen Erschütterungen aus. Die auf das Plangebiet einwirkenden Erschütterungen und der sekundäre Luftschall wurden im Rahmen eines Gutachtens zur Umweltverträglichkeit (Möhler + Partner Ingenieure AG, August 2023) untersucht. Relevante Auswirkungen der Planung auf die Nachbarschaft können ausgeschlossen werden, da es infolge der Planung zu keiner Änderung des Bahn- und Straßenbahnbetriebes kommt.

Dieses Gutachten umfasst 24 Seiten und 3 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 23. August 2023

Möhler + Partner  
Ingenieure AG



## 9. Anlagen

Anlage 1: Lageplan mit Messpunkten

Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messpunkte

Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren an den Durchgangsgleisen

Anlage 1: Lageplan mit Messpunkten



© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messpunkte

Messpunkte MP 1 und MP 2



© eigene Aufnahme

Messpunkt MP 5



© eigene Aufnahme

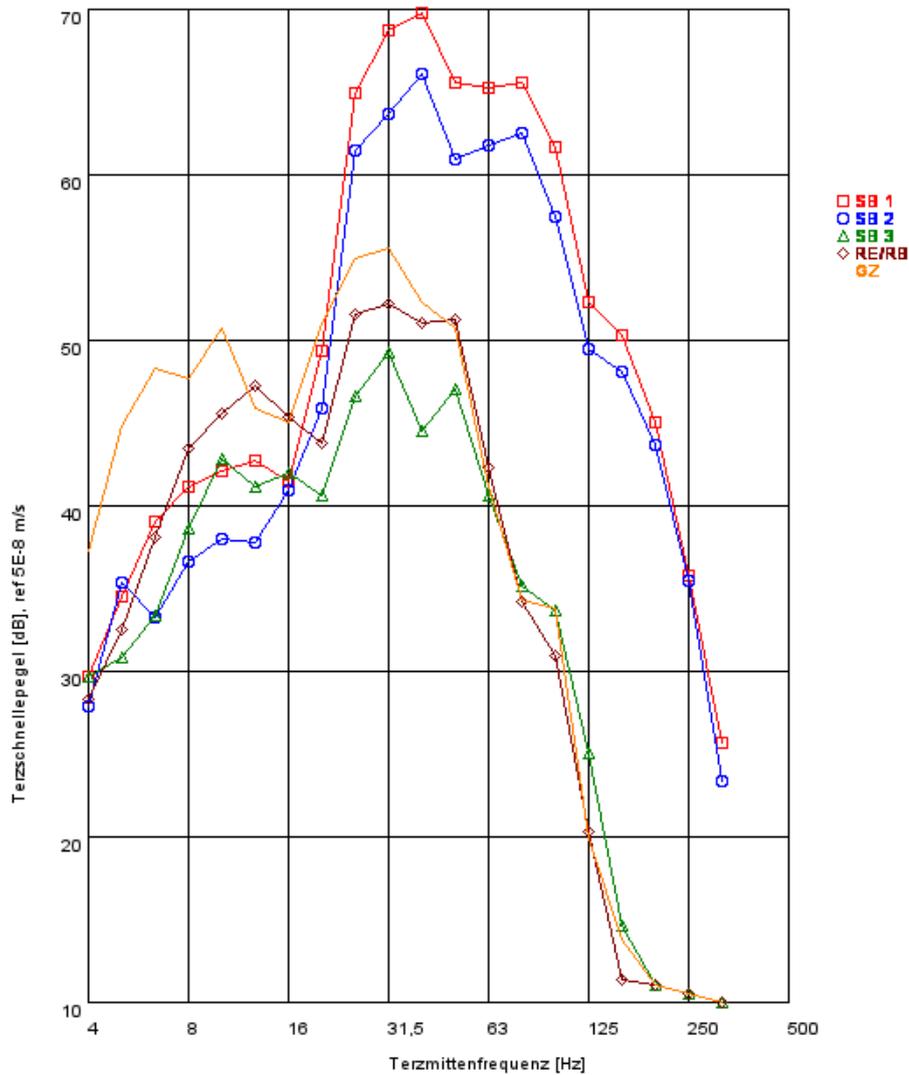
*Messpunkt MP 6*



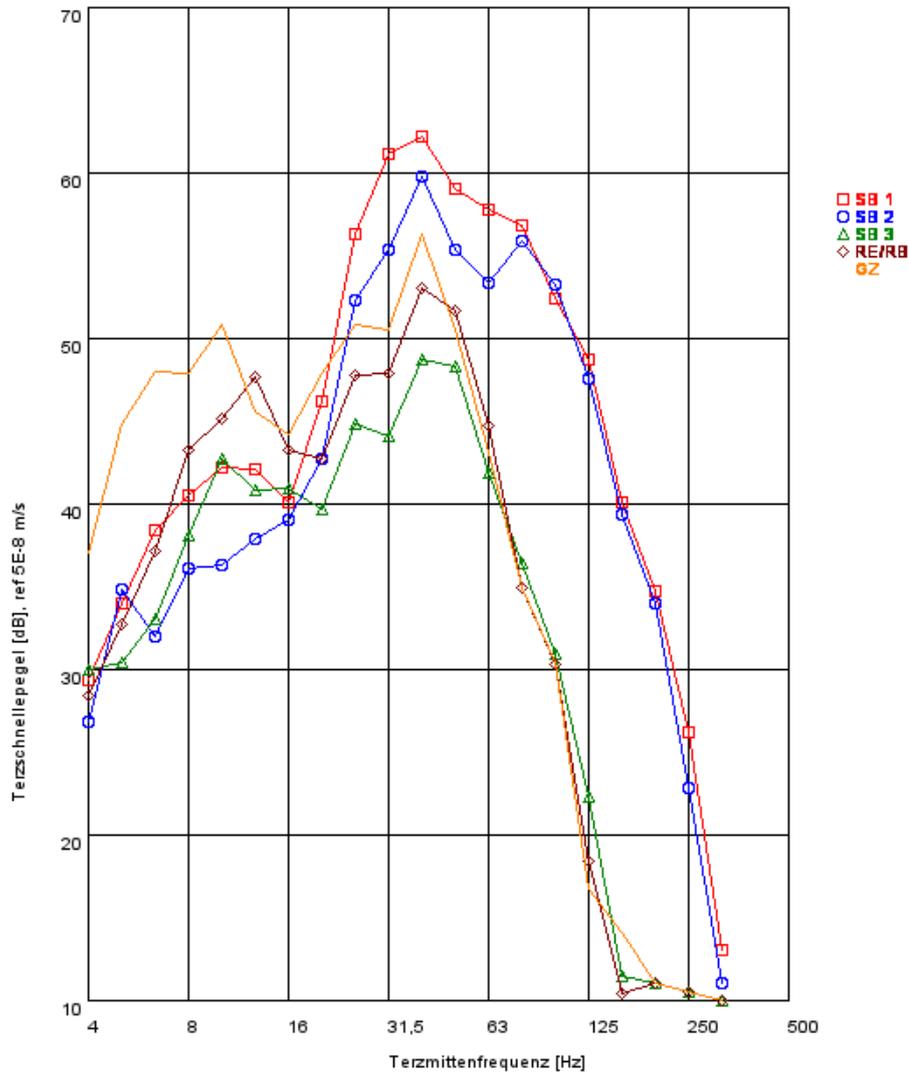
© eigene Aufnahme

## Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

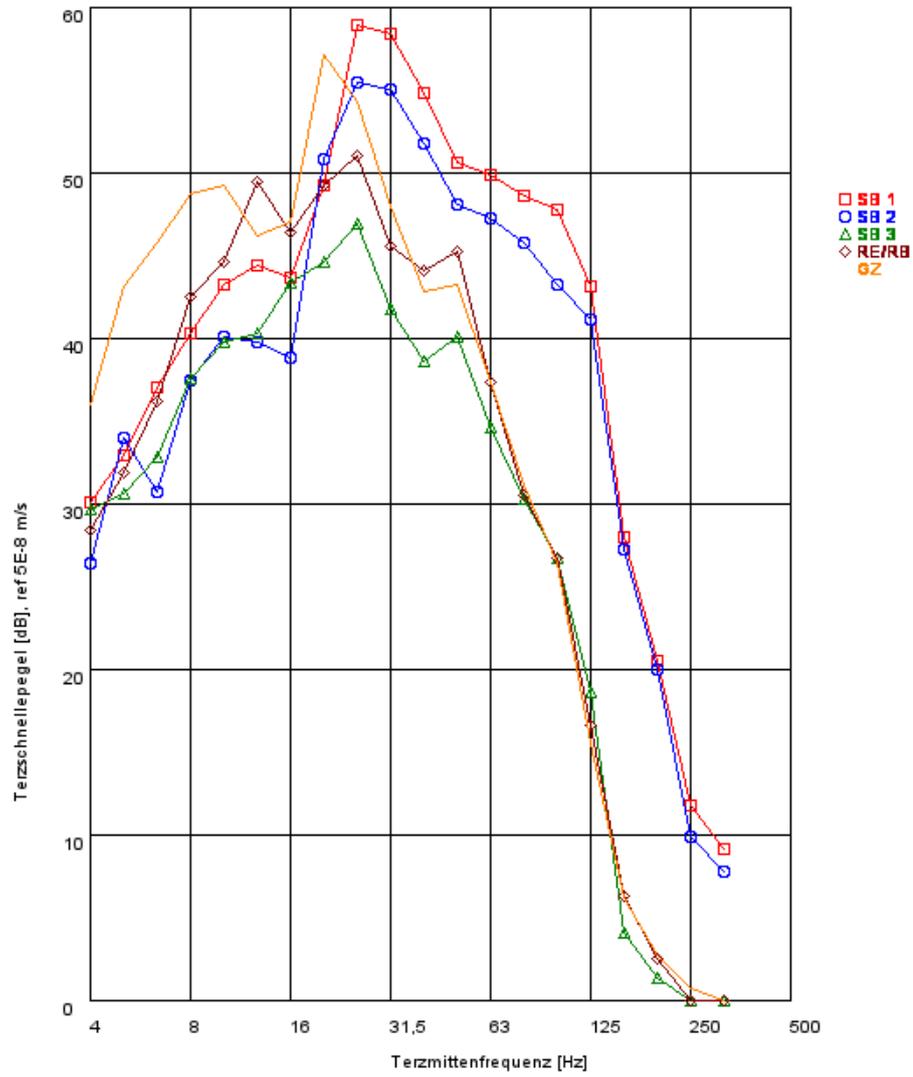
## Messpunkt MP 1



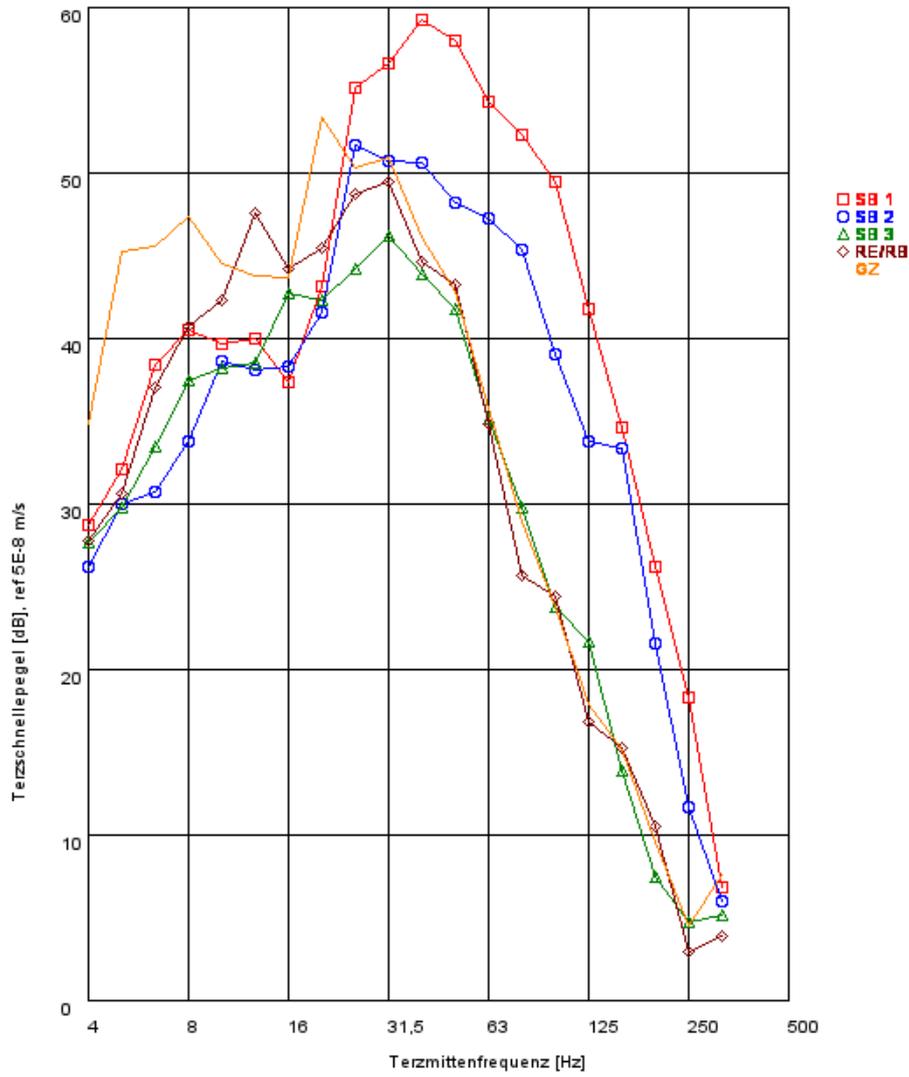
## Messpunkt MP 2



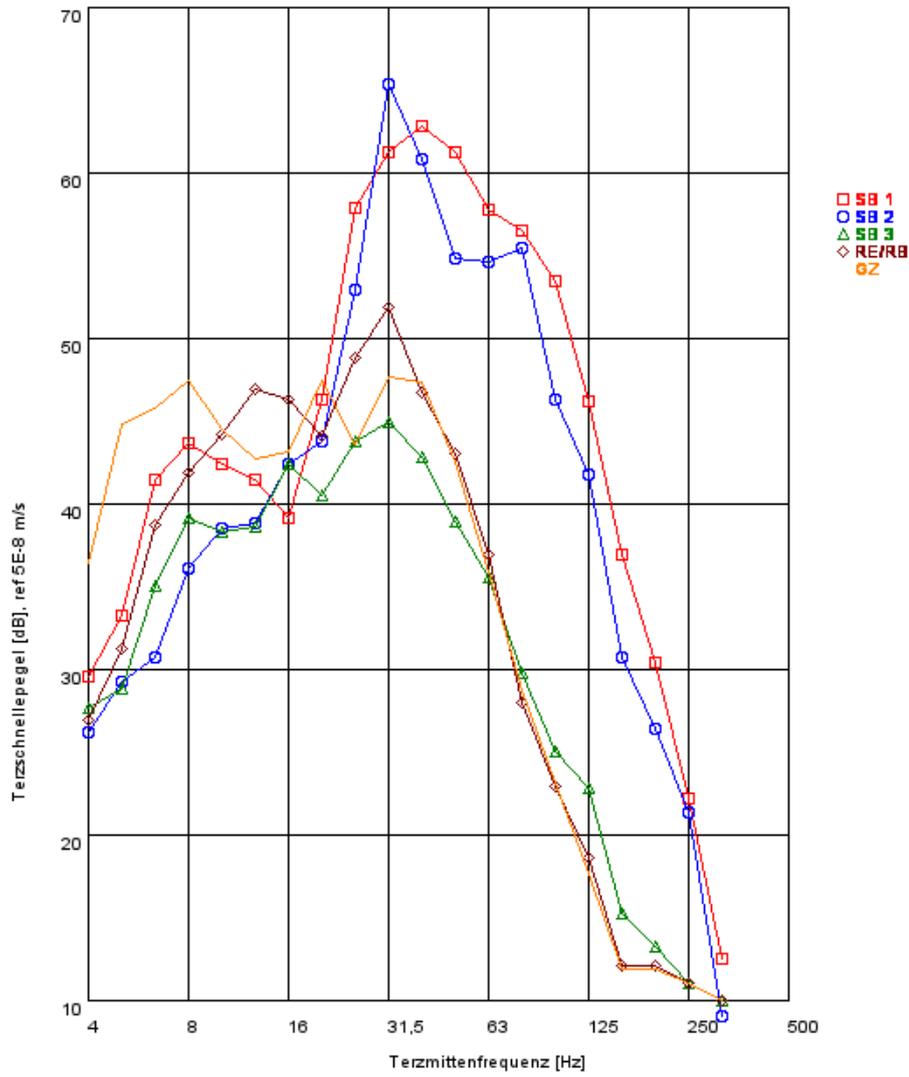
## Messpunkt MP 3



Messpunkt MP 4



Messpunkt MP 5



## Messpunkt MP 6

