

Erschütterungstechnische Untersuchung

LH München, Allach-Untermenzing

Bebauungsplan Nr. 2146

„Kirschgelände“

Bericht Nr. 710-5126-ER

im Auftrag der

[REDACTED]

[REDACTED]

München, im April 2022

MÖHLER+PARTNER
 **INGENIEURE AG**

BERATUNG IN SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK
MÜNCHEN | AUGSBURG | BAMBERG

Erschütterungstechnische Untersuchung

Landeshauptstadt München, Allach-Untermenzing
Bebauungsplan Nr. 2146
„Kirschgelände“

Bericht-Nr.: 700-5126-ER

Datum: 08.04.2022

Auftraggeber:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

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
info@mopa.de

Bearbeiter:

[REDACTED]
[REDACTED]

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	7
2. Örtliche Gegebenheiten	7
3. Grundlagen.....	8
3.1 Erschütterungen.....	8
3.2 Sekundärluftschall.....	10
4. Betriebsprogramm.....	12
5. Durchführung der Messung	12
5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung	12
5.2 Messgeräte.....	13
5.3 Ankopplung der Messpunkte.....	14
6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen	14
7. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls	16
7.1 Erschütterungen.....	16
7.2 Sekundärluftschall.....	17
7.3 Fazit und Lösungsmöglichkeiten	17
8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan.....	19
8.1 Satzung	19
8.2 Begründung.....	20
9. Anlagen	21

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Anhaltswerte zur Beurteilung der Immissionen von Erschütterungen nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [3]	9
Tabelle 2:	Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)].....	10
Tabelle 3:	Belegungsprogramm der Bahnstrecken (Prognose 2030)	12
Tabelle 4:	Dokumentation zur Lage der Messpunkte.....	13
Tabelle 5:	Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit	13
Tabelle 6:	Prognostizierte höchste KB_{Fm} - Wert bzw. KB_{Fr} - Werte tags / nachts auf den Geschosdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten.....	15
Tabelle 7:	Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten.....	16

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Mindestabstände Erschütterungsschutz in Bezug auf den B-Plan-Entwurf [13].....	18
---------------------	--	----

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), 14. Mai 1990 in der aktuellen Fassung
- [2] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [3] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, September 2010
- [5] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005
- [6] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998, geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)
- [7] Beiblatt 1 zu DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, März 1997
- [8] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- [9] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [10] Ortsbesichtigung und Messungen, 09.11.2017
- [11] Schreiben der DB-Netz AG, Zugzahlen zu den Gleisen mit den Streckennummern 5501, 5523 und 5544 vom 04.11.2020
- [12] Bebauungsplan Nr. 893 der Landeshauptstadt München, Allacher, Kirsch-, Esmarsch-, Hintermeierstraße und Bahnlinie München-Ingolstadt, 21.11.1972, letzte rechtskräftige Änderung 28.2.2011
- [13] Entwurf Bebauungsplan Nr. 2146 „Kirschgelände“, Stand: März 2022, übermittelt per E-Mail am 10.3.2022
- [14] Entwurf DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Januar 2022
- [15] VDI 3837, Erschütterungen in der Umgebung von oberirdische Schienenverkehrswegen, Januar 2013

Zusammenfassung:

In der vorliegenden Untersuchung wurde für das Kirschgelände in München – Allach die Immissionssituation bezüglich Erschütterungen und Sekundärluftschall ermittelt und beurteilt. Das Plangebiet ist den Einwirkungen der DB-Bahnlinie München – Treuchtlingen ausgesetzt.

An geplanten Baukörpern in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) kann eine erhebliche Belästigung ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen erst ab einem Mindestabstand für nachts schutzbedürftige Räume (Wohn-, Schlaf-, Kinderzimmer von Wohnnutzungen) von ca. 38 m und für den Tagzeitraum schutzbedürftige Räume (Büroräume) von ca. 20 m zur nächstgelegenen Gleisachse der Bahnlinie ausgeschlossen werden. Bei einer anderweitigen Realisierung der Gebäude als in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) liegt der erforderliche Mindestabstand bei 120 m.

Es wird daher festgesetzt, dass in den betroffenen Baugebieten bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen im Nahbereich der Bahnstrecken sowie darüber hinaus in baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw., die ggf. auch in anderen Baufeldern liegen) bei Unterschreitung des Mindestabstände zum nächstgelegenen Durchfahrtgleis eine Prüfung der zum Genehmigungszeitpunkt vorherrschenden Erschütterungssituation (bauspezifischer Nachweis) vorgenommen werden muss. Erforderlichenfalls sind technische bzw. konstruktive Maßnahmen (z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen) vorzusehen, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen.

Die Prognoseberechnungen liegen auf der sicheren Seite, so dass im Rahmen einer Prüfung der zum Genehmigungszeitpunkt vorherrschenden Erschütterungssituation (bauspezifischer Nachweis) ggf. geringere Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen nachgewiesen werden können.

1. Aufgabenstellung

Die [REDACTED] plant die städtebauliche Entwicklung von Wohnnutzungen auf den Grundstücken südlich vom Oertelplatz im München-Allach.

Das Plangebiet befindet sich angrenzend an den Bahnstrecken München – Treuchtlingen (DB-Streckennummer 5501), München Laim – Obermenzing (DB-Streckennummer 5544), München Laim - Münch. Nord Rbf (DB-Streckennummer 5523). Daher ist mit nennenswerten Einwirkungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall des oberirdischen Schienenverkehrs zu rechnen. Im Rahmen von Messungen sollen die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen ermittelt und anhand der einschlägigen Regelwerke beurteilt werden. Als Ergebnis der Untersuchung sollen etwaige Planungsrestriktionen und erforderliche Maßnahmen aus Sicht des Immissionsschutzes für die weitere Planung und für weitere Verfahren (Wettbewerb, B-Plan-Verfahren usw.) ausgearbeitet werden.

Mit der Durchführung der Untersuchungen wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG von der [REDACTED] mit dem Schreiben vom 06.09.2017 beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Kirschgelände, im Folgenden Plangebiet genannt, befindet sich im Münchener Stadtteil Allach und wird im Norden von der Hintermeier Straße, im Südwesten von der Kirschstraße, im Nordwesten von der Esmarchstraße, im Osten von der Bahnlinie München – Treuchtlingen (DB-Strecken 5544, 5501 und 5523) und im Süden durch die Allacher Straße begrenzt.

Die Bahnlinie verläuft im Bereich des Plangebietes in Nord-Süd-Richtung (Nord – stadtauswärts, Süd – stadteinwärts) und ist auf Höhe des Plangebietes im Norden 6-gleisig und im südlichen Bereich 4-gleisig ausgebaut. Es wurde im vorliegenden Gutachten von einem 4-gleisigen Aufbau ausgegangen, um dem Durchfahrverkehr mit höheren Geschwindigkeiten Rechnung tragen zu können und entlang des Plangebiets dieselben Randbedingungen ansetzen zu können. Im Regelbetrieb werden die beiden westlichen Gleise vom S-Bahnverkehr genutzt und die übrigen Gleise fungieren als Durchgangsgleise für den Personen-Fernverkehr (ICE), Nahverkehr (RB) und den Güterverkehr. Die Gleise bestehen aus herkömmlichem Schotteroberbau mit Betonschwellen. Etwaige Maßnahmen zum Erschütterungsschutz im Bereich der Gleiskörper wurden nicht festgestellt.

Das Plangebiet mit ca. 13,9 ha umfasst insbesondere die Grundstücke mit den Flurnummern 562, 565, 565/22, 706/6, 739/4, 738, 738/7, 738/4, 738/3, 738/13, 739/3, 738/10, 738/11, 738/12, 565/23, 165/8, 565/1, 565/2. Das Plangebiet befindet sich im Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 893 [11] und setzt eine bauliche Nutzung von MI und GE fest. Das Plangebiet wird heute daher überwiegend gewerblich genutzt. Die Planungen sehen eine Wohnbauentwicklung vor.

Das Plangebiet und der weitere Umgriff sind im Wesentlichen eben. Die genauen örtlichen Gegebenheiten können den Lageplänen in Anlage 1 und der fotografischen 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 Schnellesignals entstandene Signal. Nach DIN 45669 ([4], [5]) ist das $KB_f(t)$ -Signal als der gleiche 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:

- 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 (Taktmaximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{fTr} wird nachfolgender Gleichung gebildet:

$$KB_{fTr} = KB_{fTm} * (T_e/T_r)^{0,5}$$

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 4150-2¹ [3] :

¹ 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.

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

Die Beurteilung erfolgt nachfolgender 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_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r ist.
- Ist der KB_{Fmax} größer als der obere Anhaltswert A_o bzw. der KB_{FTr} größer als der Anhaltswert A_r , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

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

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung der Immissionen von Erschütterungen nach Tabelle 1 der 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
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_{FTr} 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_{FTr} – 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_{Tr} zu berücksichtigen.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt nach DIN 4150-2 [3] 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 Geschossdecken) 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 [6] bzw. der DIN 45680 [7] 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:

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)]		
Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel L_m	Maximalpegel L_{max}
Tags (06.00 – 22.00 Uhr)	35	45
Nachts (22.00 – 06.00 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 der Geschossdecken wird sekundärer Luftschall durch die Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt. Zwischen der Schwingschnelle in den

Raubegrenzungsflächen, 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 nachfolgender Formel abgeschätzt werden [8]:

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

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 σ angesetzt werden.

$S \approx 2 \times$ Grundrissfläche G

$A \approx 0,8 \times$ Grundrissfläche G

$\sigma(f_T) = 1$ 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 eines Bebauungsplans stellt dieser Ansatz erfahrungsgemäß eine praktikable Voreinschätzung dar.

4. Betriebsprogramm

Für die Bahnstrecken (DB-Strecken 5544, 5501 und 5523) wurde eine Prognose für das Jahr 2030 im Bereich des Bahnhofs Allach der DB Netz AG [11] zugrunde gelegt. Das darin enthaltene Betriebsprogramm entspricht in etwa auch den vor Ort gemessenen Erschütterungsimmissionen. Die Zugzahlen sind Prognosezahlen für das Jahr 2030 und berücksichtigen bereits mögliche zukünftige Taktverdichtungen. Eine bauliche Änderung der Bahnstrecke im Bereich des Plangebietes ist derzeit nicht absehbar. Die Streckengeschwindigkeiten wurden ebenfalls entsprechend der Prognoseangaben für das Jahr 2030 [11] berücksichtigt.

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

Tabelle 3: Belegungsprogramm der Bahnstrecken (Prognose 2030)		
Fahrtrichtung	Anzahl Vorbeifahrten im Beurteilungszeitraum	
	Tag	Nacht
Gleis 1 (Bahnstrecke 5544 Richtung Süd)		
S-Bahn (SB)	68	12
Gleis 2 (Bahnstrecke 5544 Richtung Nord)		
S-Bahn (SB)	68	12
Gleis 3 bis 6 (Bahnstrecke 5501 und 5523, Richtung Süd und Nord)		
Güterzüge (GZ)	36	18
Regionalzüge (RE, RB)	80	10
ICE	84	7

Die beiden dem Plangebiet nächstgelegenen Gleise 1 und 2 werden von der Bahnstrecke 5544 mit S-Bahnverkehr genutzt. Die dahinterliegenden Gleise werden durch den Güter-, Fern- und Regionalverkehr genutzt.

5. Durchführung der Messung

5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung

Es wurde an ausgewählten Messpunkten in verschiedenen Abständen zur Bahnstrecke gemessen [10]. Die Messungen fanden am 09.11.2017 in der Zeit von 12:00 bis 14:00 Uhr statt. Für die messtechnische Ermittlung von erforderlichen Abständen zum Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall wurde eine Messpunktreihe mit unterschiedlichen orthogonalen Abständen zur Bahntrasse angeordnet, sog. Messquerschnitt (1 Querschnitt mit 3 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 4 sowie in den Abbildungen 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).

Tabelle 4: Dokumentation zur Lage der Messpunkte			
Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	Abstand zur Gleisachse ca. [m]
MP 1	Geländeoberfläche	vertikal	11
MP 2	Geländeoberfläche	vertikal	25
MP 3	Geländeoberfläche	vertikal	38
MP 4	Geländeoberfläche	vertikal	11

In der nachfolgenden Tabelle 5 ist die Anzahl der messtechnisch erfassten verwertbaren Vorbeifahrten während der Messzeit am Messquerschnitt aufgelistet. Zum Messzeitpunkt war das Planungsgebiet weitestgehend frei von Störeinträgen (Fremdbelastung, meteorologische Einflüsse, kein Bodenfrost usw.).

Tabelle 5: Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit			
Fahrzeugklasse	Zugart	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl gemessener Vorbeifahrten
Nahverkehr	S-Bahn	120	9
Nahverkehr	RE, RB	160	5
Fernverkehr	ICE	200	6
Güterverkehr	GZ	100	4

Die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge konnten wegen unzureichenden Sichtverhältnissen nicht ermittelt werden, entsprachen jedoch nach subjektiver Einschätzung des Messpersonals den zulässigen Geschwindigkeiten, 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 Samurai
- Kalibrator, VC 10 der Fa. Metra

Das Gerät zur Messdatenerfassung und –konditionierung sowie die Beschleunigungsaufnehmer wurden im Juli 2017 in einem Prüflabor kalibriert. Vor der Messdurchführung wurden die Beschleunigungsaufnehmer 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 Erdspieße mit einer Länge von $l = 0,5$ m und X-förmigen Querschnitt entsprechend den Anforderungen der DIN 45669-2 [5]. Die Aufnehmer wurden mit dem Erdspieß mittels eines Adapters verschraubt. Die Erdspieße wurden in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen der Spieße beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz der Erdspieße wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspieß-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 einige maßgebende gemittelte Terzpegelschnellespektren an den einzelnen Messpunkten.

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 [9]. 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 Vergrößerungsfaktoren 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 η = 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 ($KB_{F_{\min}}$ - Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren führt zu den unten aufgelisteten höchsten $KB_{F_{\min}}$ - Werten 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 Plangebäude. Ausgehend von den Terzschnellespektren (Anlage 3) ergeben sich bei der Prognoseabschätzung als Erschütterungsimmisionen des Durchgangsverkehrs:

Tabelle 6: Prognostizierte höchste $KB_{F_{\min}}$ - Wert bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werte tags / nachts auf den Geschossdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten				
Messpunkt	Abstand zur Gleisachse ca. [m]	$KB_{F_{\min}}$ - Wert	$KB_{F_{Tr}}$ - Wert	
			tags	nachts
MP 1	11	0,78	0,22	0,13
MP 2	25	0,24	0,07	0,04
MP 3	38	0,14	0,03	0,02
MP 4	11	0,24	0,07	0,04

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

Tabelle 7: Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 1	11	51,5	36,2	31,5
MP 2	25	40,5	25,3	20,4
MP 3	38	33,1	19,2	14,2
MP 4	11	40,6	26,4	21,6

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. Die Immissionen einzelner Zugvorbeifahrten können jedoch deutlich (z.B. bei schadhafte Zugmaterial) von diesen Mittelwerten abweichen.

Die Aussagen beziehen sich auf die vorliegenden Unterlagen, die derzeitige Höhenentwicklung und Untergrundsituation im Plangebiet sowie des oberirdischen Schienenweges, 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 die Ankopplung auf dem zum Teil befestigten Gelände sowie die bisher nicht absehbare Bauausführung der Gebäude, so dass im Einzelfall auch deutlich günstigere Erschütterungswerte nicht auszuschließen sind. Bei der Ermittlung der Schwingungen an den Gebäuden wurde auf der sicheren Seite liegend eine Planbebauung bestehend aus Einfamilienhäusern, die erschütterungstechnisch den ungünstigsten Fall darstellen, angenommen.

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 Allgemeinen Wohngebiet (WA) gemäß §4 BauNVO ausgegangen.

7.1 Erschütterungen

Ein Vergleich der ermittelten $KB_{F_{tm}}$ –Werte von 0,14 (MP 3) bis 0,78 (MP 1) mit dem unteren Anhaltswert A_u (0,15/0,1 tags/nachts) zeigt, dass an den Messpunkten MP1, MP2 und MP3 tags und sowie allen Messpunkten nachts das A_u – Kriterium überschritten wird, wobei auch die Fühlbarkeitschwelle von $KB \geq 0,1$ überschritten wird.

Deshalb wird zur Beurteilung der Situation die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} herangezogen: Die Bewertung der prognostizierten Beurteilungs-Schwingstärken ($KB_{FTr} = 0,03/0,02$ bis $0,23/0,13$ Tag/Nacht gem. Tab. 6) zeigt, dass die Anhaltswerte A_r für Wohngebiete ($0,07/0,05$ tags/nachts) lediglich an den Messpunkten MP2, MP3 und MP4 eingehalten werden. Gemäß der DIN 4150-2 [5] kann der KB_{FTr} -Wert den A_o -Wert nachts in seltenen Fällen überschreiten, sofern der KB_{FTr} -Wert eingehalten wird.

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 Wohnnutzungen bzw. baulich daran gekoppelten Bauteilen zur Einhaltung der Erschütterungsimmissionen ca. 20 m zur nächstgelegenen Gleisachse. Werden die Erschütterungen im Nachtzeitraum nicht als seltenes Ereignis erachtet, muss laut oben dargelegten Kriterien ein Mindestabstand von etwa 38 m nachts eingehalten werden und tagsüber ein Abstand von etwa 20 m.

7.2 Sekundärluftschall

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen an den Messpunkten bis zu $L_{Amax} = 52$ dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu $L_{A,m}$ bis 37/32 dB(A) tags/nachts.

Somit halten die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm tags und nachts (35/25 dB(A)) mit Ausnahme von Messpunkt MP 1 ein. Die prognostizierten Maximalpegel des Sekundärluftschalls überschreiten die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm (45/35 dB(A) Tag/Nacht) an den Messpunkten MP 1, 2 und 4 zum Teil deutlich.

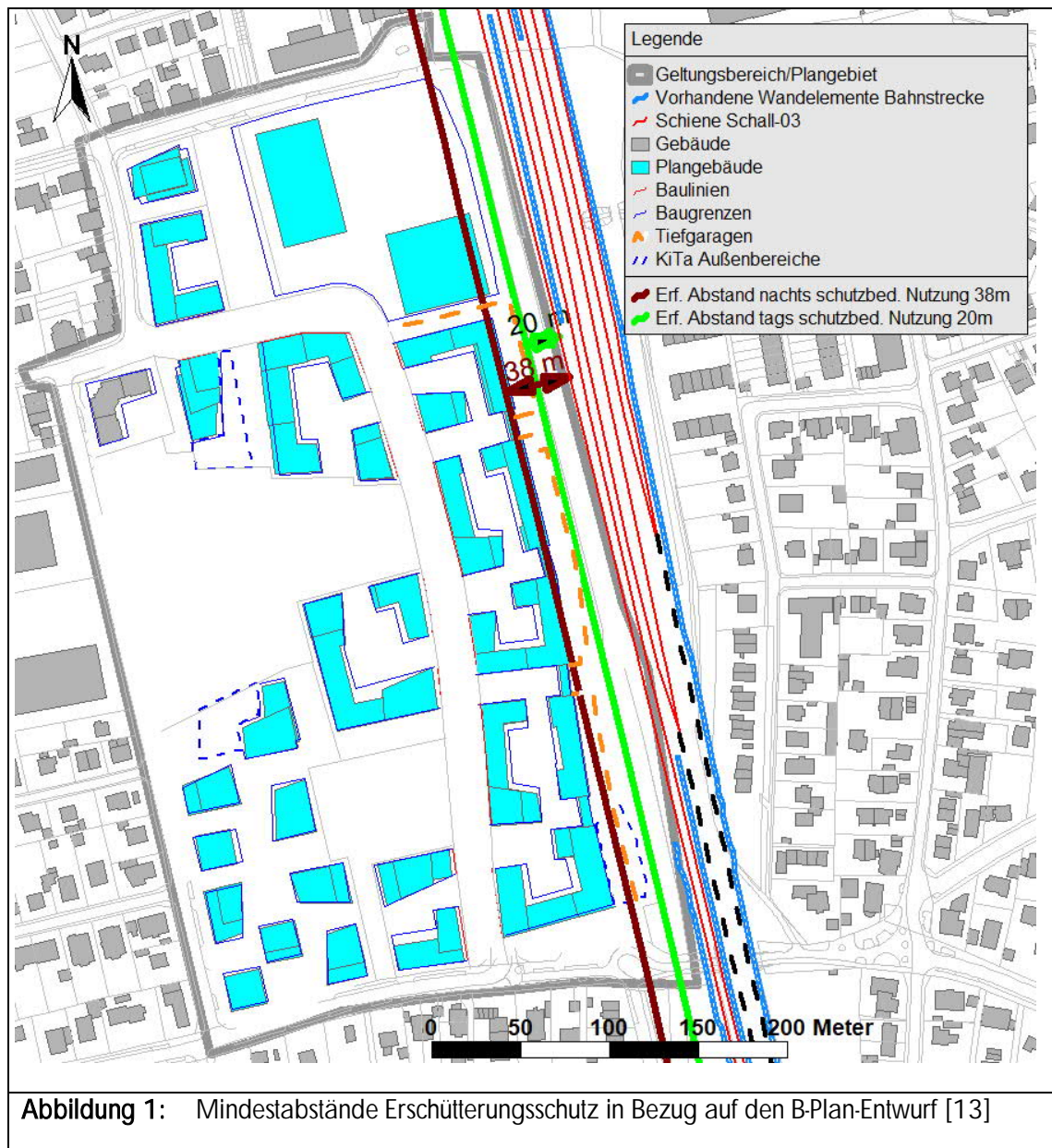
Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung von Wohnnutzungen bzw. baulich daran gekoppelten Bauteilen zur Einhaltung der Sekundärluftschallimmissionen tagsüber ca. 12 m und im Nachtzeitraum ca. 38 m zur nächstgelegenen Gleisachse der Bahnstrecke.

7.3 Fazit und Lösungsmöglichkeiten

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kann an geplanten Wohnbaukörpern eine erhebliche Belästigung zukünftiger Bewohner durch Erschütterungen und Sekundärluftschall ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen nicht zuverlässig ausgeschlossen werden. Der erforderliche Mindestabstand zur Einhaltung der zulässigen Werte beträgt für Wohnnutzungen ca. 38 m. Für ausschließlich tagsüber schutzbedürftige Nutzungen (Büro o.Ä.) ist ein Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse von 20 m ausreichend.

Folgende Abbildung verdeutlicht die erforderlichen Mindestabstände zum Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall. Können die Abstände nicht eingehalten werden, werden vorbehaltlich einer weiteren messtechnischen Prüfung der Erschütterungssituation zum Genehmigungszeitpunkt (bauspezifischer Nachweis) 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, notwendig, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen. Diese Maßnahmen führen zu bautechnischen Zwängen, die vorab schwer kalkulierbar und erfahrungsgemäß mit erheblichem wirtschaftlichem Aufwand verbunden sein können.



© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

In den Teilbaugebieten WA 4 (1) bis WA 4 (5) sowie auf der Gemeinbedarfsfläche entlang der Bahnstrecke werden die Mindestabstände der Plan- und Nebengebäude (Tiefgaragen) zur nächstgelegenen Gleisachse unterschritten, so dass technische bzw. konstruktive Maßnahmen, z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen, erforderlich werden.

Die ermittelten Abstände ergeben sich aus pauschalen Ansätzen für die Reaktion eines Gebäudes in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) auf eine Schwingungsanregung. Bei einer anderweitigen Bauweise (z.B. Leicht- oder Holzbauweise) kann es jedoch auch zu höheren Erschütterungseinwirkungen und somit größeren Mindestabständen kommen, die weitergehende technische bzw. konstruktive Maßnahmen erfordern, um die Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen sicherzustellen. Nach dem aktuellen Entwurf der DIN 4150-1:2022-01 [14] sind Konflikte im Rahmen der Beurteilung nach DIN 4150-2 [3] ab einem Abstand zur Bahn von 60 m bei Eisenbahnen und von 40 m bei S-Bahnen ausgeschlossen. Auch die VDI 3837 [15] nennt einen Abstand von 60 m für Vollbahnen. Diese Abstandsangaben beziehen sich nur auf die Erschütterungen und nicht auf den sekundären Luftschall, der erfahrungsgemäß ca. doppelt so große Abstände zur Einhaltung der Innenraumpegel nach TA Lärm [6] erfordert. Daher sollten im Falle einer Abweichung von der konventionellen Bauweise (kein Massivbau mit Stahlbetondecken) erschütterungsmindernde Maßnahmen bzw. ein erschütterungstechnischer Nachweis für Abstände von bis zu 120 m zur nächstgelegenen Gleisachse vorgesehen werden. Davon betroffen sind die Allgemeinen Wohngebiete WA 3, WA 4(1) bis 4(5) und WA 5.

8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan

8.1 Satzung

- (1) In den Allgemeinen Wohngebieten WA 4 (1) bis WA 4 (5) sowie in der GB Erziehung (im Falle der Errichtung einer Hausmeisterwohnung o.Ä. mit nachts schutzbedürftigen Räumen) und in den baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw., die ggf. auch in anderen Baufeldern liegen) sind schutzbedürftige Aufenthaltsräume 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 Allgemeine Wohngebiete eingehalten werden.
- (2) In den Allgemeinen Wohngebieten WA 4 (1) bis WA 4 (5) sowie in der GB Erziehung (im Falle der Errichtung einer Hausmeisterwohnung o.Ä. mit nachts schutzbedürftigen Räumen) und in den baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw., die ggf. auch in anderen Baufeldern liegen) sind für schutzbedürftige Aufenthaltsräume 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) Bei einer anderweitigen Realisierung der Gebäude als in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) sind in den Allgemeinen Wohngebieten WA 3, WA 4(1) bis 4(5) und WA 5 sowie in der GB Erziehung schutzbedürftige Aufenthaltsräume durch tech-

nische bzw. konstruktive Maßnahmen so zu schützen, dass die vorgegebenen Anforderungen (Absätze (1) und (2)) an den Erschütterungs- bzw. Sekundärluftschallschutz gem. DIN 4150-2 Teil 2, Ausgabe Juni 1999 für Allgemeine Wohngebiete und TA Lärm, Abschnitt 6.2 i.d.F. vom August 1998 eingehalten werden.

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

8.2 Begründung

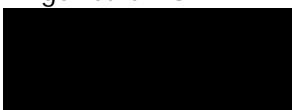
Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den Bahngleisen der Bahnstrecken mit den Streckennummern 5544, 5501 und 5523 in München-Allach wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen im Rahmen eines erschütterungstechnischen Gutachtens untersucht (Gutachten der Möhler + Partner Ingenieure AG von April 2022) 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 38 m zum nächstgelegenen Durchfahrtgleis liegt. Bei einer anderweitigen Realisierung der Gebäude als in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) liegt der erforderliche Mindestabstand bei 120 m. Die erforderlichen Abstände zu den Baufeldern werden nicht eingehalten. Im Zuge der Bauausführung ist auf die Immissionen entsprechend zu reagieren. Deshalb wird festgesetzt, dass in den betroffenen Baugebieten bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen im Nahbereich der Bahnstrecken sowie darüber hinaus in baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw., die ggf. auch in anderen Baufeldern liegen) bei Unterschreitung des Mindestabstände zum nächstgelegenen Durchfahrtgleis eine Prüfung der zum Genehmigungszeitpunkt vorherrschenden Erschütterungssituation (bauspezifischer Nachweis) vorgenommen werden muss. Erforderlichenfalls sind technische bzw. konstruktive Maßnahmen (z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen) vorzusehen, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen.

Dieses Gutachten umfasst 21 Seiten und 3 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 08. April 2022

Möhler + Partner
Ingenieure AG



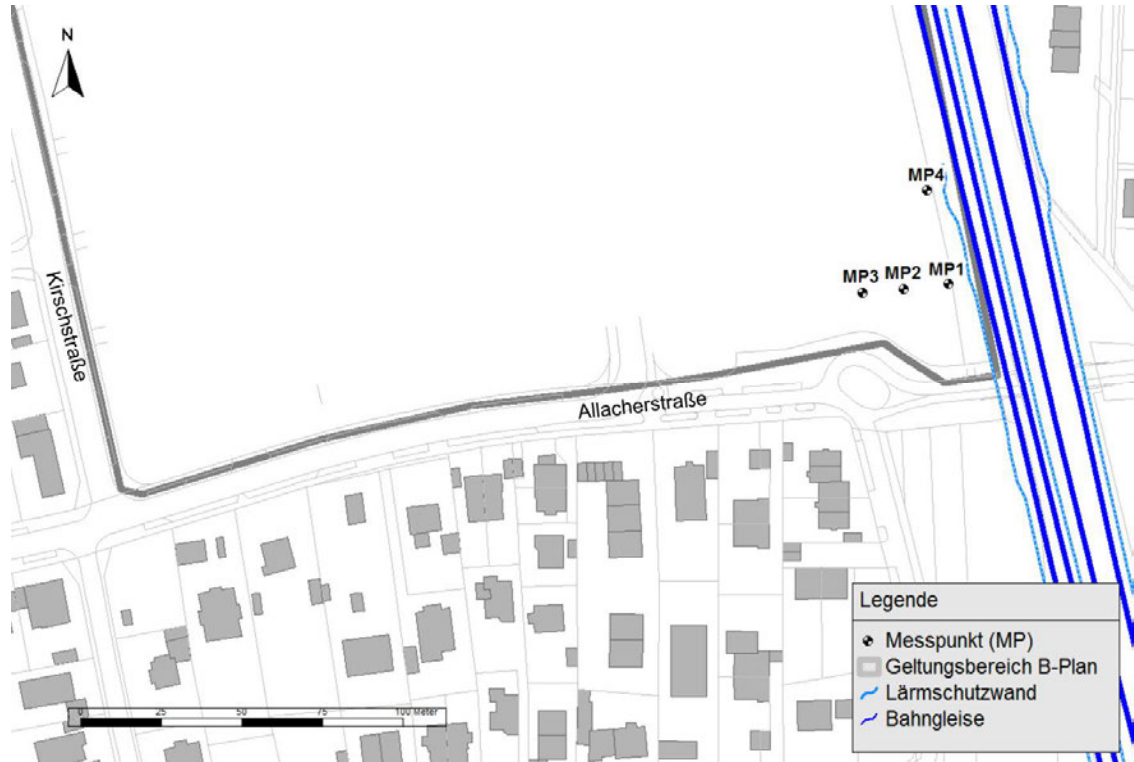
9. Anlagen

Anlage 1: Lageplan mit Messpunkten

Anlage 2: Fotografische Dokumentation

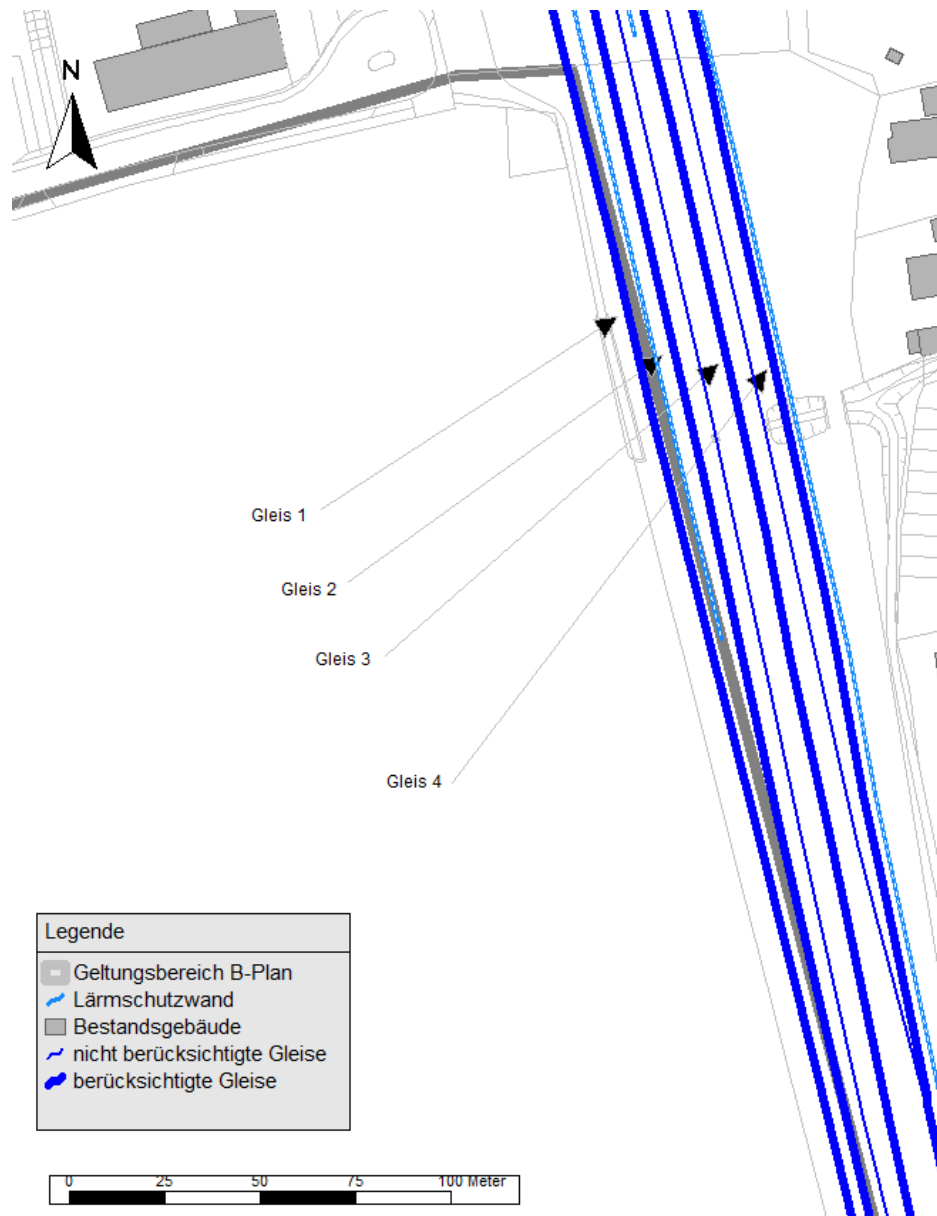
Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

Anlage 1: Lagepläne

Übersichtslageplan mit Messpunkten

© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

Lageplan Gleise



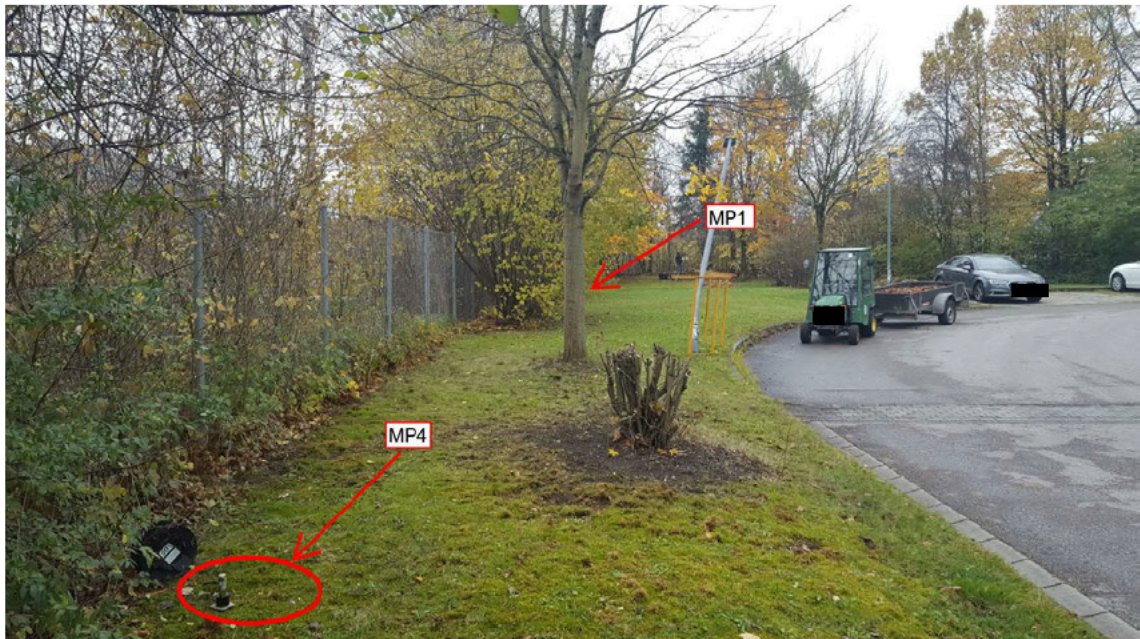
© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

Anlage 2: Fotografische Dokumentation

Messpunkt 1 bis 3

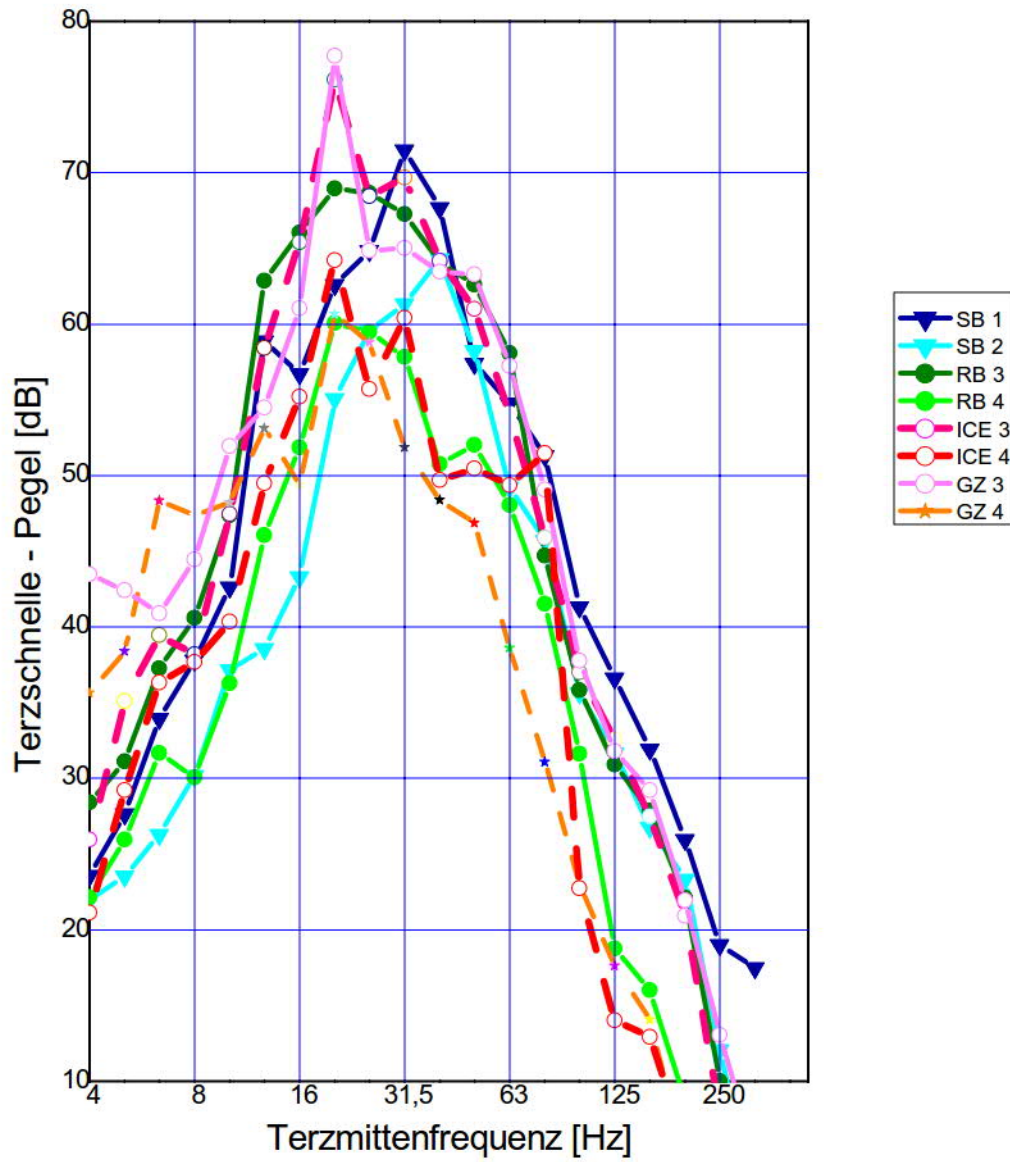


Messpunkt 4

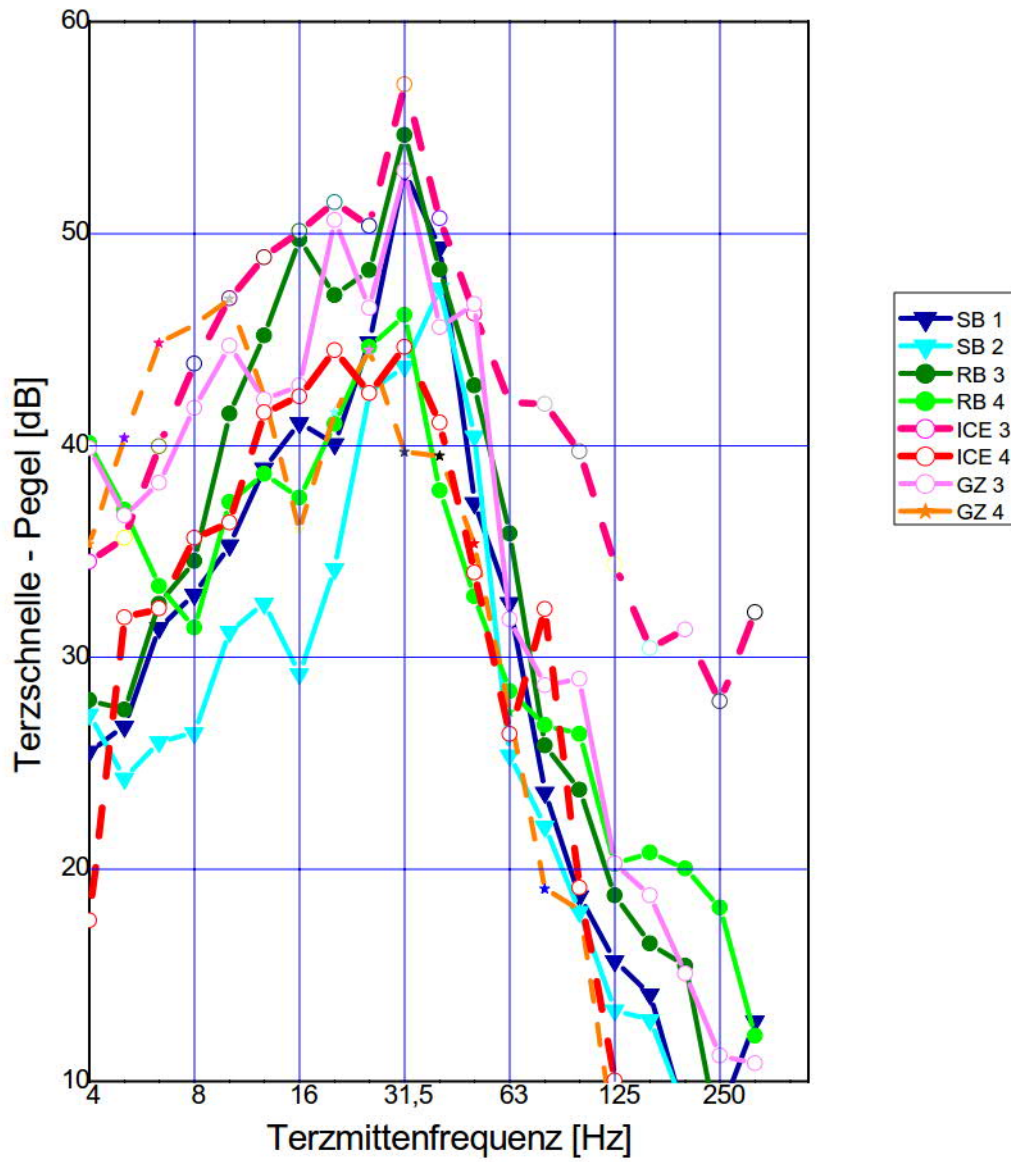


Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

Messpunkt MP 1



Messpunkt MP 3



Messpunkt MP 4

