



IMMISSIONSSCHUTZTECHNISCHES GUTACHTEN

Erschütterungsschutz

Bebauungsplan Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" der Stadt
Wolfratshausen

Messung, Prognose und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Lage: Stadt Wolfratshausen
Landkreis Bad Tölz - Wolfratshausen
Regierungsbezirk Oberbayern

Auftraggeber: Stadt Wolfratshausen
Marienplatz 1
82515 Wolfratshausen

Projekt Nr.: WFH-7313-02 / 7313-02_E01.0
Umfang: 19 Seiten
Datum: 12.06.2025

Projektbearbeitung:
M. Eng. Florian Huber

Qualitätssicherung:
Dipl.-Phys. Dörte Bange

Urheberrecht: Jede Art der Weitergabe, Vervielfältigung und Veröffentlichung – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung der Verfasser gestattet. Dieses Dokument wurde ausschließlich für den beschriebenen Zweck, das genannte Objekt und den Auftraggeber erstellt. Eine weitergehende Verwendung oder Übertragung auf andere Objekte ist ausgeschlossen. Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten.



Inhalt

1	Ausgangssituation	3
1.1	Planungswille der Stadt Wolfratshausen	3
1.2	Ortslage und Nachbarschaft.....	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen	6
3.1	Allgemeine Beurteilungsgrundlagen.....	6
3.2	Einstufung der Schutzbedürftigkeit	7
3.3	Subjektive Wahrnehmung	7
3.4	Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall.....	8
4	Erschütterungsmessungen.....	9
4.1	Messpunkt	9
4.2	Messdurchführung	10
4.3	Auswertung der Messergebnisse.....	11
5	Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen und des sekundären Luftschalls	12
5.1	Vorgehensweise	12
5.2	Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren	12
5.3	Prognose des sekundären Luftschalls.....	14
6	Immissionsschutzfachliche Beurteilung.....	15
7	Zitierte Unterlagen	18
7.1	Literatur zum Lärmimmissionsschutz.....	18
7.2	Projektspezifische Unterlagen	18
8	Anhang Verkehrsbelastung Jahr 2030	19



1 Ausgangssituation

1.1 Planungswille der Stadt Wolfratshausen

Die Stadt Wolfratshausen plant die Aufstellung des Bebauungsplan Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" auf der südöstlichen Teilfläche des Grundstücks Fl. Nr. 234/2 der Gemarkung Weidach in 82515 Wolfratshausen (vgl. Abbildung 1). Der Geltungsbereich sieht ein einzelnes Baufenster vor, innerhalb dessen Wohnbebauung mit einer Wandhöhe von bis zu 10,0 m zugelassen werden soll. Die Art der baulichen Nutzung wird als allgemeines Wohngebiet gemäß § 4 BauNVO festgesetzt. Die Erschließung erfolgt von Westen über den dort verlaufenden Gipsenweg.



Abbildung 1: Bebauungsplan Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" der Stadt Wolfratshausen /14/



1.2 Ortslage und Nachbarschaft

Das Plangebiet liegt im Norden von Wolfratshausen und wird in Richtung Osten durch die S-Bahnlinie 7 begrenzt, an die wiederum östlich Grünflächen und Wohnbebauung anschließen (vgl. Abbildung 2). Richtung Süden und Westen grenzt ebenfalls Wohnbebauung an den Geltungsbereich an. Auf der derzeit noch unbebauten Wiese im nördlichen Anschluss ist die Aufstellung des Bebauungsplan Nr. 87 "Demenzzentrum" der Stadt Wolfratshausen /13/ beabsichtigt, der dort die Errichtung einer entsprechenden Einrichtung vorsieht.



Abbildung 2: Luftbild mit Kennzeichnung des Geltungsbereichs /11/



2 Aufgabenstellung

Ziel der Begutachtung zum Erschütterungsschutz ist es, die durch den Schienenverkehr auf der "S-Bahnlinie 7 – München / Bahnstrecke 5507" verursachten Erschütterungen nach den diesbezüglich einschlägigen Richtlinien und Regelwerken während repräsentativer Zeiträume messtechnisch/seismologisch festzustellen und zu dokumentieren.

Über eine Umrechnung der gewonnenen Messdaten auf die zu erwartenden Beurteilungsschwingstärken innerhalb des geplanten Gebäudes und einen Vergleich mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 für die Erschütterungsbeurteilung soll der Nachweis geführt werden, dass keine Verletzungen des Anspruchs auf Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zu befürchten sind. Zudem werden die zu erwartenden Beurteilungspegel aus sekundärem Luftschall berechnet und immissionsschutzfachlich bewertet.



3 Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen

3.1 Allgemeine Beurteilungsgrundlagen

Als Grundlage für die Beurteilung von durch den Schienenverkehr verursachten Erschütterungen wird üblicherweise die Norm DIN 4150-2 /2/ herangezogen, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt. Die Norm nennt Anforderungen und Anhaltswerte, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen, Büros und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden. Als Beurteilungsgrößen dienen gemäß Nr. 6 der Norm die maximale bewertete Schwingstärke $K_{B_{\max}}$ und, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke $K_{B_{\text{Tr}}}$, welche aus dem Taktmaximal-Effektivwert $K_{B_{\text{Trm}}}$ berechnet wird.

Die Beurteilungsgrößen werden mit den Anhaltswerten A nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 verglichen, welche je nach Gebietseinstufung unterschiedlich strenge Anforderungen stellen:

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 /2/)							
Zeile	Einwirkungsort	Tagzeit 6:00 bis 22:00 Uhr			Nachtzeit 22:00 bis 6:00 Uhr		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,6*	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,6*	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reine Wohngebiete § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,6*	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	0,6*	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.							

A_u :..... unterer Anhaltswert

A_o : oberer Anhaltswert (* zur Nachtzeit gem. Nr. 6.5.3.5 der DIN 4150-2)

A_r : Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken



Die Beurteilung von Erschütterungen durch Schienenverkehr erfolgt gemäß Nr. 6.5.3.1 der Norm anhand der Kriterien A_U bzw. A_r . Zunächst ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} durch Messung und/oder Prognose zu ermitteln und mit dem unteren Anhaltswert A_U zu vergleichen:

- Für $KB_{Fmax} \leq A_U$ sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Andernfalls ist die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen:

- Für $KB_{FTr} \leq A_r$ sind die Anforderungen der Norm eingehalten,
- für $KB_{FTr} > A_r$ sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

In Nr. 6.5.3.5 der Norm wird auf die spezielle Bedeutung des oberen Anhaltswerts A_o bei Erschütterungen durch Schienenverkehr eingegangen. Demnach ist bei einer seltenen Überschreitung $KB_{Fmax} > A_o$ die Ursache emissionsseitig, also bei der entsprechenden Zugeinheit, zu erforschen und möglichst rasch zu beheben. Die Frage, ob die Anforderungen der Norm eingehalten sind, ist in diesem Fall nicht grundsätzlich zu verneinen.

3.2 Einstufung der Schutzbedürftigkeit

Der untersuchungsgegenständliche Bebauungsplan Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" der Stadt Wolfratshausen weist das Planungsgrundstück als allgemeines Wohngebiet (WA) aus. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der geplanten Wohnnutzung erfolgt daher als allgemeines Wohngebiet bzw. nach **Zeile 4** der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1).

3.3 Subjektive Wahrnehmung

Zur Veranschaulichung der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungen wird auf die VDI-Richtlinie 2057 Blatt 3 /9/ verwiesen, welche den Wertebereich der bewerteten Schwingstärke KB_F in folgender Weise der Empfindung von Erschütterungen gegenübergestellt:

Subjektive Wahrnehmung der bewerteten Schwingstärke	
KB_F -Wert	Beschreibung der Wahrnehmung
0,0 bis 0,1	nicht spürbar
ca. 0,1	Fühlschwelle
0,1 bis 0,4	gerade spürbar
0,4 bis 1,6	gut spürbar
1,6 bis 6,3	stark spürbar
über 6,3	sehr stark spürbar

Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen in etwa bei $KB_F = 0,1$. KB_F -Werte kleiner als 0,1 sind im Allgemeinen nicht wahrnehmbar und werden bei Immissionsmessungen im Auswerteverfahren der DIN 4150-2 mit Null gleichgesetzt.



3.4 Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall

Werden durch Schienenverkehrserschütterungen im Inneren von Gebäuden Raumbegrenzungsflächen wie Wände und Decken in Schwingung versetzt, können Schallwellen im hörbaren Frequenzbereich abgestrahlt werden. Diese Geräuscheinwirkungen bezeichnet man als sekundären Luftschall. Sie sind grundsätzlich von Primärschalleinwirkungen, welche von der Geräuscentwicklung oberirdischer Schienenfahrzeuge ausgehen und unmittelbar als Luftschall übertragen werden, zu unterscheiden.

Für die Beurteilung von durch Schienenverkehrserschütterungen hervorgerufenen Einwirkungen durch sekundären Luftschall bestehen keine einschlägigen Rechtsvorschriften, Normen oder unmittelbar anwendbare technische Regelwerke.

Die Richtlinie Ril 820.250 der Deutschen Bahn /6/ verweist diesbezüglich auf die gängige Verwaltungspraxis, nach der zur Bestimmung von zulässigen Innenraumpegeln aus verkehrsinduzierten Geräuschen auf die 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) /8/ zurückgegriffen werden kann. Aus den in der 24. BImSchV genannten Berechnungsgrundlagen, welche der Bestimmung der erforderlichen Luftschalldämmung der Außenbauteile in Abhängigkeit des Außenlärmpegels dienen, lassen sich die zumutbaren Innenraumpegel für schutzbedürftige Wohn- und Schlafräume wie folgt ableiten:

Zulässige Innenpegel (Mittelungspegel über den Beurteilungszeitraum) $L_{i,zul}$ [dB(A)]	
Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)	$L_{i,zul}$
Wohnräume	40
Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)	$L_{i,zul}$
Schlafräume	30

Anders als z.B. in den Beurteilungsrichtlinien der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1) wird nicht zwischen unterschiedlichen Gebietszuordnungen hinsichtlich der baulichen Nutzung unterschieden.

Analog zur Betrachtung der primären Luftschalleinwirkungen aus Schienenverkehr, welche z.B. beim Neubau von Verkehrswegen den Anforderungen der 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) /7/ unterliegen, erfolgt ausschließlich eine Beurteilung anhand von über den Beurteilungszeitraum gemittelten Beurteilungspegeln, nicht jedoch von kurzzeitig auftretenden Spitzenpegeln.



4 Erschütterungsmessungen

4.1 Messpunkt

Entsprechend den vorliegenden Planunterlagen /14/ wird die nächstgelegene Baugrenze des Geltungsbereichs in einer Entfernung von ca. 12 m zur Gleisachse des nächstgelegenen Durchfahrtsgleises (Bahnstrecke 5507) zu liegen kommen.

Entsprechend wurde zur Erfassung der durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungseinwirkungen auf das Planungsgrundstück eine Freifeldmessung an einem geeigneten Messpunkt (Nordostecke der Baugrenze) durchgeführt. Die Positionierung des Messpunkts kann der Abbildung 3 entnommen werden.



Abbildung 3: Lageplan /14/ mit Kennzeichnung des Messpunktes MP



4.2 Messdurchführung

- **Tag und Uhrzeit der Messung**

Messbeginn: Mittwoch, 23.04.2025 um 11:20 Uhr

Messende: Mittwoch, 23.04.2025 um 13:10 Uhr

- **Messpersonal**

M. Eng. Florian Huber (Hoock & Partner Sachverständige)

- **Messtechnik**

- o Schwinggeschwindigkeitssensor nach DIN 45669-1 /3/:
Sinus Messtechnik Typ 902102.6, Ser.Nr. 0507073
- o Messgerät (A/D-Wandlung und digitale Aufzeichnung):
Sinus Messtechnik Typ Soundbook MK2/8B-G, Ser.Nr. 07156
- o Mess- und Auswerteprogramm (Software):
Sinus Messtechnik SAMURAI Version 3.2.1

- **Messverfahren**

Am ausgewählten Messpunkt wurde das 1D-Seismometer mit einer Erdschraube im Boden verankert.

Während der Messung wurde der zeitliche Verlauf der nach DIN 45669-1 /3/ frequenzbewerteten Schwinggeschwindigkeit in vertikaler Raumrichtung erfasst und digital gespeichert. Die Frequenzspektren der Erschütterungen wurden alle 120 ms in Terzbändern zwischen 0,5 Hz und 80 Hz gemessen und dokumentiert. Zur Beweissicherung erfolgte eine digitale Aufzeichnung der unbewerteten Schwinggeschwindigkeitssignale mit einer Abtastrate von 400 Hz und einer Auflösung von 24 Bits per Sample. Zur weiteren Beweissicherung wurde eine digitale Videoaufzeichnung mit einer Auflösung von 320×240 Pixel und einer Bildrate von 2 Bildern pro Sekunde vorgenommen.



4.3 Auswertung der Messergebnisse

Über die Messzeit mit einer Dauer von 1:50 h wurden zehn für die Auswertung relevante Zugvorbeifahrten erfasst, welche ausschließlich aus S-Bahnen bestanden.

Die höchste bewertete Schwingstärke betrug $KB_{Fmax} = 0,076$.

Für jede Vorbeifahrt werden die in Terzen gemessenen Schwingstärken mittels dem Max-Hold-Verfahren ausgewertet. Durch energetische Mittelung dieser Schwingstärken der Zugvorbeifahrten errechnen sich die Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} für die erfassten Zugklassen. Diese und die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} für die jeweils maßgebliche Zugvorbeifahrt sind in folgender Tabelle aufgelistet:

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und gemittelter Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}						
Messort	Messzeitraum	Messdauer	Zugklasse	Vorbeifahrten	KB_{FTm}	KB_{Fmax}
MP	23.04.2025 11:20 bis 13:10 Uhr	1:50 h	S	10	0,048	0,076

S:.....S-Bahn, Traktion mit Elektrotriebzug

KB_{Fmax} :.....maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTm} :energetisch gemittelter Taktmaximal-Effektivwert

Einen Überblick über die Frequenzzusammensetzung der energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} der erfassten Zugklassen gibt die folgende Tabelle:

Terzspektrum des energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerts KB_{FTm}														
Zug- klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]													
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
S	9E-04	1E-03	0,001	1E-03	0,001	0,001	0,001	0,009	0,017	0,022	0,021	0,012	0,022	0,019

S:.....S-Bahn, Traktion mit Elektrotriebzug



5 Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen und des sekundären Luftschalls

5.1 Vorgehensweise

Auf Grundlage der Messergebnisse erfolgt eine Prognose der in den Obergeschossen des geplanten Wohnbaukörpers zu erwartenden Schwingstärken. Beim Übergang von Erschütterungen vom Erdreich auf das Fundament eines Gebäudes findet in der Regel eine frequenzabhängige Abschwächung statt, die in erster Näherung vom Wellenwiderstand des Bodens und von der Gebäudemasse abhängt. Bei der Weiterleitung der Erschütterungen im Gebäude vom Fundament über Wände und Decken können Resonanzüberhöhungen auftreten, welche die Erschütterungen schmalbandig verstärken. Von Bedeutung sind hierbei in erster Linie Anregungen im Resonanzbereich der Geschossdecken. Diese Resonanzüberhöhungen hängen vom Material, von den strukturellen Eigenschaften und von den Auflagerbedingungen der jeweiligen Geschossdecke ab. Eine Prognose der Schwingungsübertragung vom Erdreich auf die oberen Geschossdecken ist dementsprechend komplex und ohne Kenntnis der genauen Objektplanung stets mit Unsicherheiten behaftet /1, 5/.

Im vorliegenden Fall erfolgt die Berechnung der Schwingungsübertragung anhand des in der VDI-Richtlinie 3837 /10/ beschriebenen spektralen Prognoseverfahrens, welches den Ausbreitungsweg von schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen in Teilsysteme mit unabhängigen Übertragungsfunktionen zerlegt. Für die Prognose des Übergangs der Erschütterungen vom Erdreich auf die oberen Geschossdecken wird auf die Planungsempfehlung in /6/ zurückgegriffen, welche Angaben zu empirisch ermittelten gebäude-spezifischen Übertragungsfaktoren für Wohnhäuser enthält. Diese Faktoren berücksichtigen in Abhängigkeit der Bauweise der Geschossdecken (hier: Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken) eine mögliche Resonanzüberhöhung mit Terzmittelfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz.

5.2 Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren

Die am Messpunkt ermittelte maximale bewertete Schwingstärke $K_{B_{\text{max}}} = 0,076$ (vgl. Kapitel 4.3) unterschreitet den zur Nachtzeit geltenden unteren Anhaltswert $A_u = 0,1$ nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1). Dennoch kann aufgrund einer möglichen Verstärkung durch Resonanzüberhöhungen nicht ausgeschlossen werden, dass in den Obergeschossen des zu errichtenden Baukörpers der untere Anhaltswert überschritten wird. Dem Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 folgend ist in diesem Fall die Beurteilungs-Schwingstärke $K_{B_{\text{Fr}}}$ zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen (vgl. Kapitel 3.1).

Unter Beachtung der frequenzabhängigen Übertragung der Erschütterungen vom Freifeld auf das Fundament und in weiterer Folge auf die oberen Geschossdecken wird zunächst der an einem Einwirkungsort im Gebäudeinneren zu erwartende Taktmaximal-Effektivwert $K_{B_{\text{FM},P}}$ getrennt für die erfassten Zugklassen prognostiziert. Darauf aufbauend wird anhand der Verkehrszahlen für Jahr 2030 /12/ die Beurteilungsschwingstärke $K_{B_{\text{Fr}}}$ getrennt für die Tag- und Nachtzeit bestimmt.



Gemäß den Angaben der Deutschen Bahn sollen auf der Bahnstrecke 5507 im Untersuchungsbereich zukünftig ausschließlich S-Bahnen verkehren. Insgesamt ist in einem Zeitraum von 24 h mit 93 Zugvorbeifahrten zur Tagzeit und 15 Vorbeifahrten zur Nachtzeit zu rechnen (vgl. Kapitel 8).

In der folgenden Tabelle sind die prognostizierten bewerteten Schwingstärken in Abhängigkeit vom Deckenaufbau und der berücksichtigten Deckenresonanzfrequenz zusammengefasst. Angegeben sind jeweils der Prognosewert des Taktmaximal-Effektivwerts $KB_{FTm,P}$ sowie die resultierenden Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,T}$ für die Tag- und Nachtzeit auf Basis der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030.

Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärke KB_F					
				Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030				93	15
Variante	Deckenaufbau	f_0 [Hz]	S $KB_{FTm,P}$	$KB_{FT,T}$	$KB_{FT,N}$
MP1-B-8	Betondecke	8	0,032	0,007	0,004
MP1-B-10		10	0,034	0,007	0,004
MP1-B-12,5		12,5	0,037	0,008	0,005
MP1-B-16		16	0,044	0,010	0,005
MP1-B-20		20	0,064	0,014	0,008
MP1-B-25		25	0,082	0,018	0,010
MP1-B-32		31,5	0,085	0,019	0,011
MP1-B-40		40	0,084	0,018	0,010
MP1-B-50		50	0,070	0,015	0,009
MP1-B-63		62,5	0,083	0,018	0,010
MP1-B-80		80	0,077	0,017	0,010
MP-H-8	Holzbalkendecke	8	0,031	0,007	0,004
MP-H-10		10	0,033	0,007	0,004
MP-H-12,5		12,5	0,039	0,009	0,005
MP-H-16		16	0,051	0,011	0,006
MP-H-20		20	0,076	0,017	0,010
MP-H-25		25	0,093	0,021	0,012
MP-H-31,5		31,5	0,095	0,021	0,012
MP-H-40		40	0,096	0,021	0,012
MP-H-50		50	0,086	0,019	0,011
MP-H-62,5		62,5	0,096	0,021	0,012
MP-H-80		80	0,090	0,020	0,011

S:.....S-Bahn (Elektro-Triebzug)

f_0 : Resonanzfrequenz (Terzmittelfrequenz)

$KB_{FTm,P}$: Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke, Prognosewert

$KB_{FT,T}$: Beurteilungs-Schwingstärke, Tagzeit

$KB_{FT,N}$: Beurteilungs-Schwingstärke, Nachtzeit



5.3 Prognose des sekundären Luftschalls

Zur Ermittlung der zu erwartenden Immissionen durch sekundären Luftschall wird auf die in Abhängigkeit der möglichen Überhöhungen durch Deckenresonanzen prognostizierten Werte der Schwinggeschwindigkeit zurückgegriffen, vgl. Kapitel 5.2. Darauf aufbauend wird der jeweilige A-bewertete sekundäre Luftschallpegel $L_{sek,A}$ für eine Zugvorbeifahrt gemäß den in /6/ angegebenen Berechnungsvorschriften ermittelt. In weiterer Folge werden in Abhängigkeit der zur Tag- und Nachtzeit im Prognosejahr 2030 zu erwartenden Zugzahlen die Beurteilungspegel $L_{m,Tag}$ und $L_{m,Nacht}$ für die entsprechenden Beurteilungszeiträume gebildet.

Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls					
				Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030				93	15
Variante	Decken-aufbau	f_0 [Hz]	S $L_{sek,A}$	$L_{m,Tag}$	$L_{m,Nacht}$
MP1-B-8	Betondecke	8	32,7	19,5	14,6
MP1-B-10		10	32,7	19,6	14,7
MP1-B-12,5		12,5	33,0	19,9	15,0
MP1-B-16		16	33,5	20,3	15,4
MP1-B-20		20	34,0	20,8	15,9
MP1-B-25		25	34,8	21,7	16,8
MP1-B-32		31,5	35,4	22,3	17,4
MP1-B-40		40	36,1	23,0	18,0
MP1-B-50		50	36,7	23,6	18,7
MP1-B-63		62,5	38,8	25,7	20,8
MP1-B-80		80	39,9	26,7	21,8
MP-H-8	Holzbalken-decke	8	33,1	19,9	15,0
MP-H-10		10	33,1	19,9	15,0
MP-H-12,5		12,5	33,4	20,2	15,3
MP-H-16		16	33,7	20,5	15,6
MP-H-20		20	34,1	21,0	16,1
MP-H-25		25	34,8	21,6	16,7
MP-H-31,5		31,5	35,5	22,4	17,4
MP-H-40		40	36,2	23,1	18,2
MP-H-50		50	37,0	23,9	19,0
MP-H-62,5		62,5	38,4	25,3	20,4
MP-H-80		80	39,2	26,0	21,1

S:.....S-Bahn (Elektro-Triebzug)

f_0 : Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

$L_{sek,A}$: A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel

$L_{m,Tag}$: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

$L_{m,Nacht}$: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]



6 Immissionsschutzfachliche Beurteilung

Zur Beurteilung von Erschütterungen, die der Schienenverkehr auf der Bahnstrecke 5507 im Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" der Stadt Wolfratshausen auf dem Grundstück Fl. Nr. 234/2 der Gemarkung Weidach verursachen wird, wurden an einem Messpunkt in 12 m Entfernung zur nächstgelegenen Gleisachse Freifeld-Messungen der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ in vertikaler Raumrichtung durchgeführt (vgl. Kapitel 4).

Die im Gebäudeinneren zu erwartenden Schwingstärken wurden auf Grundlage der Messergebnisse mittels einer Modellrechnung prognostiziert, welche die frequenzabhängige Schwingungsübertragung vom Freifeld auf die oberen Geschossdecken berücksichtigt. Mögliche Resonanzüberhöhungen der Geschossdecken gingen als Varianten mit Terzmittenfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz in die Berechnung ein (vgl. Kapitel 5.2).

Zur Überprüfung der Anforderungen der Norm DIN 4150-2 /2/, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt, wurden die auf Basis der Verkehrszahlen für das Jahr 2030 ermittelten Prognosewerte der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für die Tagzeit mit den in Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerten A_r für Einwirkungsorte mit der Schutzbedürftigkeit eines allgemeinen Wohngebiets verglichen (vgl. Beurteilungsübersicht I auf der folgenden Seite).

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Bedingung $KB_{FTr} < A_r$ zur Tag- und Nachtzeit bei allen Prognosevarianten erfüllt wird. Dies bedeutet, dass die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 zum Schutz vor Erschütterungen eingehalten werden können.

Für jede der in Abhängigkeit möglicher Deckenresonanzüberhöhungen ermittelten Berechnungsvarianten wurde zudem die Geräuschbelastung durch sekundären Luftschall prognostiziert (vgl. Kapitel 5.3). Im Ergebnis werden die aus den Vorgaben der 24. BImSchV /8/ abgeleiteten zulässigen Innenpegel (vgl. Kapitel 3.4) von den ermittelten Beurteilungspegeln für sekundären Luftschall tagsüber und nachts deutlich unterschritten (vgl. Beurteilungsübersicht II).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass im Inneren des geplanten Baukörpers bei fachgerechter Bauausführung in Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken – unter der Annahme einer gleichbleibenden Schwingungsausbreitung über das Plangebiet und unter der Voraussetzung einer ausreichenden Ankopplung des Schwingungssensors an den Boden – keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen bzw. durch sekundären Luftschall aufgrund des Schienenverkehrs auf der angrenzenden Bahnstrecke zu erwarten sind.



Beurteilungsübersicht I: Vergleich der Beurteilungs-Schwingstärken mit den Anhaltswerten nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2

Bauweise mit Geschossdecken aus Beton								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FTr,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FTr,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-B-8	0,007	0,07	10%	Ja	0,004	0,05	8%	Ja
MP-B-10	0,007		11%	Ja	0,004		9%	Ja
MP-B-12,5	0,008		12%	Ja	0,005		9%	Ja
MP-B-16	0,010		14%	Ja	0,005		11%	Ja
MP-B-20	0,014		20%	Ja	0,008		16%	Ja
MP-B-25	0,018		26%	Ja	0,010		20%	Ja
MP-B-31,5	0,019		27%	Ja	0,011		21%	Ja
MP-B-40	0,018		26%	Ja	0,010		21%	Ja
MP-B-50	0,015		22%	Ja	0,009		18%	Ja
MP-B-62,5	0,018		26%	Ja	0,010		21%	Ja
MP-B-80	0,017		24%	Ja	0,010		19%	Ja

Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FTr,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FTr,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-B-8	0,007	0,07	10%	Ja	0,004	0,05	8%	Ja
MP-B-10	0,007		10%	Ja	0,004		8%	Ja
MP-B-12,5	0,009		12%	Ja	0,005		10%	Ja
MP-B-16	0,011		16%	Ja	0,006		13%	Ja
MP-B-20	0,017		24%	Ja	0,010		19%	Ja
MP-B-25	0,021		29%	Ja	0,012		23%	Ja
MP-B-31,5	0,021		30%	Ja	0,012		24%	Ja
MP-B-40	0,021		30%	Ja	0,012		24%	Ja
MP-B-50	0,019		27%	Ja	0,011		22%	Ja
MP-B-62,5	0,021		30%	Ja	0,012		24%	Ja
MP-B-80	0,020		28%	Ja	0,011		23%	Ja

KB_{FTr,T}: Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Tagzeit

KB_{FTr,N}: Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Nachtzeit

A_r: Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken

k: Ausschöpfung des Anhaltswerts A_r durch die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} [%]



Beurteilungsübersicht II: Vergleich der Beurteilungspegel für sekundären Luftschall mit den aus der 24. BImSchV abgeleiteten zulässigen Innenraumpegeln [dB(A)]

Bauweise mit Geschossdecken aus Beton						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-B-8	19,5	40	-20,5	14,6	30	-15,4
MP-B-10	19,6		-20,4	14,7		-15,3
MP-B-12,5	19,9		-20,1	15,0		-15,0
MP-B-16	20,3		-19,7	15,4		-14,6
MP-B-20	20,8		-19,2	15,9		-14,1
MP-B-25	21,7		-18,3	16,8		-13,2
MP-B-31,5	22,3		-17,7	17,4		-12,6
MP-B-40	23,0		-17,0	18,0		-12,0
MP-B-50	23,6		-16,4	18,7		-11,3
MP-B-62,5	25,7		-14,3	20,8		-9,2
MP-B-80	26,7		-13,3	21,8		-8,2

Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-B-8	19,9	40	-20,1	15,0	30	-15,0
MP-B-10	19,9		-20,1	15,0		-15,0
MP-B-12,5	20,2		-19,8	15,3		-14,7
MP-B-16	20,5		-19,5	15,6		-14,4
MP-B-20	21,0		-19,0	16,1		-13,9
MP-B-25	21,6		-18,4	16,7		-13,3
MP-B-31,5	22,4		-17,6	17,4		-12,6
MP-B-40	23,1		-16,9	18,2		-11,8
MP-B-50	23,9		-16,1	19,0		-11,0
MP-B-62,5	25,3		-14,7	20,4		-9,6
MP-B-80	26,0		-14,0	21,1		-8,9

L_{m,Tag}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

L_{m,Nacht}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]

L_{i,zul}: zulässiger Innenpegel [dB(A)]

Einhaltung: Über-/Unterschreitung der zulässigen Innenpegel [dB(A)]



7 Zitierte Unterlagen

7.1 Literatur zum Lärmimmissionsschutz

1. DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, 2001
2. DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999
3. DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, 2019
4. DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, 2005
5. "Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs – Prognose und Schutzmaßnahmen", Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1995
6. Richtlinie 820.2050, "Erschütterungen und sekundärer Luftschall", DB Netz AG, 2017
7. Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12.06.1990
8. Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 04.02.1997
9. VDI-Richtlinie 2057 Blatt 3, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden, 2012
10. VDI-Richtlinie 3837, Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, 2013

7.2 Projektspezifische Unterlagen

11. Digitales Orthophoto mit Stand vom 18.10.2023, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 80538 München
12. Verkehrsdaten für die Bahnstrecke 5507 (Isartalbahn) München – Bichl, Abschnitt Icking bis Wolfratshausen Prognosejahr 2030), E-Mail vom 25.10.2023, Deutsche Bahn AG – Verkehrsdatenmanagement, Berlin
13. Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 87 "Demenzzentrum" der Stadt Wolfratshausen, Entwurf vom 10.02.2025, Planverfasser: Terrabiota Landschaftsarchitekten und Stadtplaner GmbH, 82319 Starnberg
14. Bebauungsplan Nr. 93 "Wohnen am Gipsenweg" der Stadt Wolfratshausen, Entwurf vom 07.05.2025, Planverfasser: Terrabiota Landschaftsarchitekten und Stadtplaner GmbH, 82319 Starnberg



8 Anhang Verkehrsbelastung Jahr 2030

Schienenverkehrsaufkommen auf der Bahnstrecke 5507 im Untersuchungsbereich im Jahr 2030 gemäß den Angaben der Deutschen Bahn /12/:

Zugart	Anzahl		V _{max}	Fahrzeugkategorien gem. Schall03 im Zugverband	
	Tag	Nacht		Fz_Kat	Anzahl
Traktion			km/h		
S	93	15	120	5-Z5-A12	2
Summe	93	15			