



IMMISSIONSSCHUTZTECHNISCHES GUTACHTEN Erschütterungsschutz

Errichtung einer Einrichtung für Demenzpflege auf dem Grundstück
Fl.Nr. 306 an der Kleinfeldstraße 5 in 93083 Obertraubling

Messung, Prognose und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen
durch Schienenverkehr

Lage: Gemeinde Obertraubling
Landkreis Regensburg
Regierungsbezirk Oberpfalz

Auftraggeber: Andreas Frieser
Benzstraße 3
93053 Regensburg

Projekt Nr.: OBT-5497-02 / 5497-02_E01.docx
Umfang: 22 Seiten
Datum: 16.07.2021

Projektbearbeitung:
B. Eng. Daniel Landgraf

Projektleitung:
Dipl.-Ing. Fabian Bräu

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	Vorhaben.....	3
1.2	Ortslage und Nachbarschaft.....	4
1.3	Bauplanungsrechtliche Situation	5
2	Aufgabenstellung	6
3	Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen.....	7
3.1	Allgemeine Beurteilungsgrundlagen.....	7
3.2	Einstufung der Schutzbedürftigkeit	8
3.3	Subjektive Wahrnehmung	8
3.4	Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall.....	9
4	Erschütterungsmessungen.....	10
4.1	Messpunkt	10
4.2	Messdurchführung	11
4.3	Auswertung der Messergebnisse.....	12
5	Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen.....	13
5.1	Vorgehensweise	13
5.2	Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren	14
5.3	Prognose des sekundären Luftschalls	16
6	Immissionsschutzfachliche Beurteilung.....	17
6.1	Bewertung der Prognoseergebnisse	17
6.2	Maßnahmen zum Erschütterungsschutz.....	20
7	Zitierte Unterlagen	21
7.1	Literatur zu Erschütterungen.....	21
7.2	Projektspezifische Unterlagen	21
8	Anhang.....	22
8.1	Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030	22
8.2	Messergebnisse.....	22



1 Ausgangssituation

1.1 Vorhaben

Der Auftraggeber plant gemäß /11/ den Neubau einer Einrichtung für Demenzzpflege auf dem Grundstück Fl.Nr. 306 an der Kleinfeldstraße 5 in 93083 Obertraubling. Das bestehende Gebäude soll im Zuge des Neubaus abgebrochen werden.

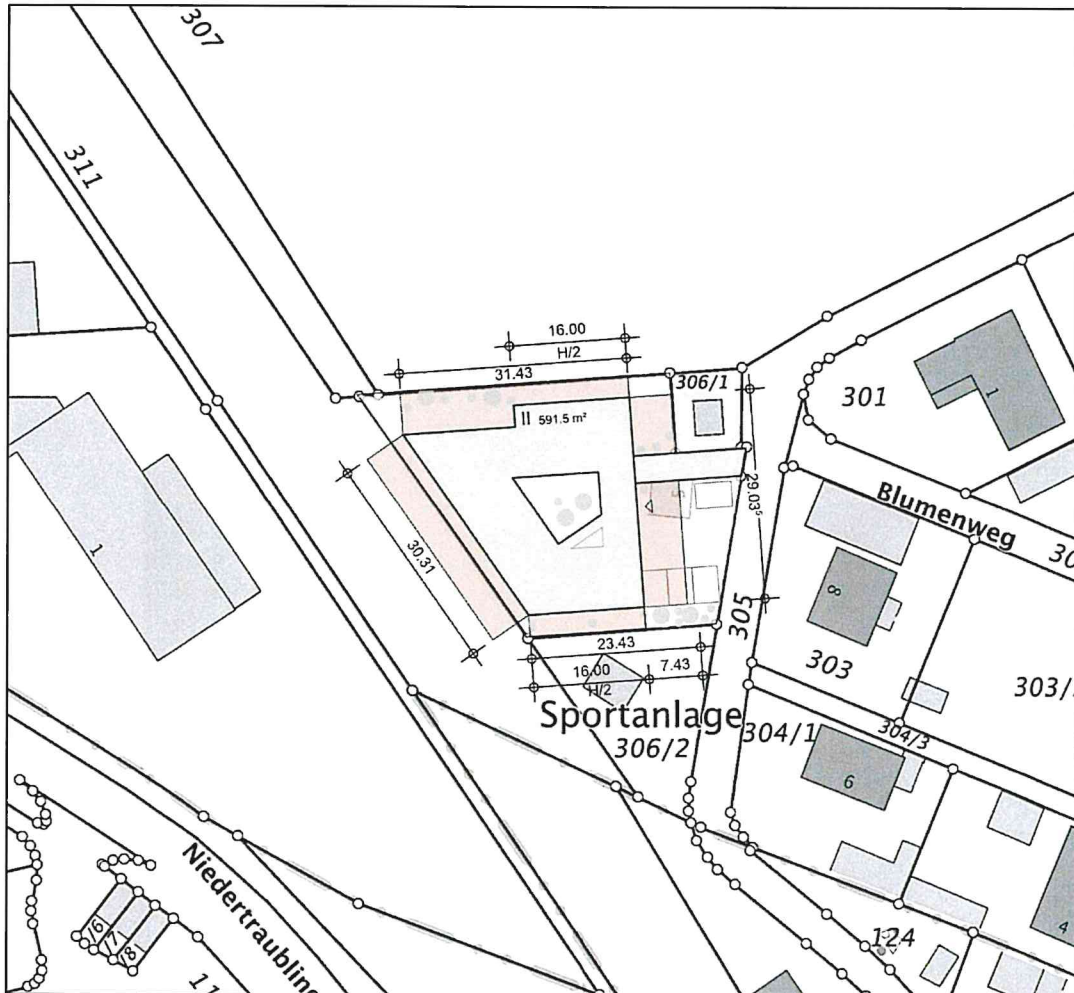
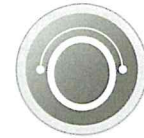


Abbildung 1: Lageplan mit Einzeichnung des geplanten Gebäudes /11/

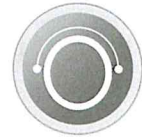


1.2 Ortslage und Nachbarschaft

Das Plangebiet liegt im Nordwesten des Ortsteils Niedertraubling der Gemeinde Obertraubling und wird in Richtung Westen von der zweigleisigen, elektrifizierten Bahnstrecke 5500 (Regensburg – München) begrenzt. Südlich und östlich des Planungsgrundstücks kommen weitere Wohnnutzungen zu liegen. Im Norden der Planung befindet sich eine landwirtschaftliche Nutzfläche, die weiter nördlich durch die Bahnstrecke 5830 (Obertraubling – Passau) begrenzt wird.



Abbildung 2: Luftbild mit Kennzeichnung des Planungsgrundstücks /16/



1.3 Bauplanungsrechtliche Situation

Das Planungsgrundstück liegt gemäß den Auskünften der Gemeinde Obertraubling /14/ nicht im Geltungsbereich eines rechtskräftigen Bebauungsplans. Im Flächennutzungsplan der Gemeinde Obertraubling /12/ wird das Planungsgrundstück als Außenbereich und die umliegende Wohnbebauung als allgemeines Wohngebiet dargestellt (vgl. Abbildung 3).

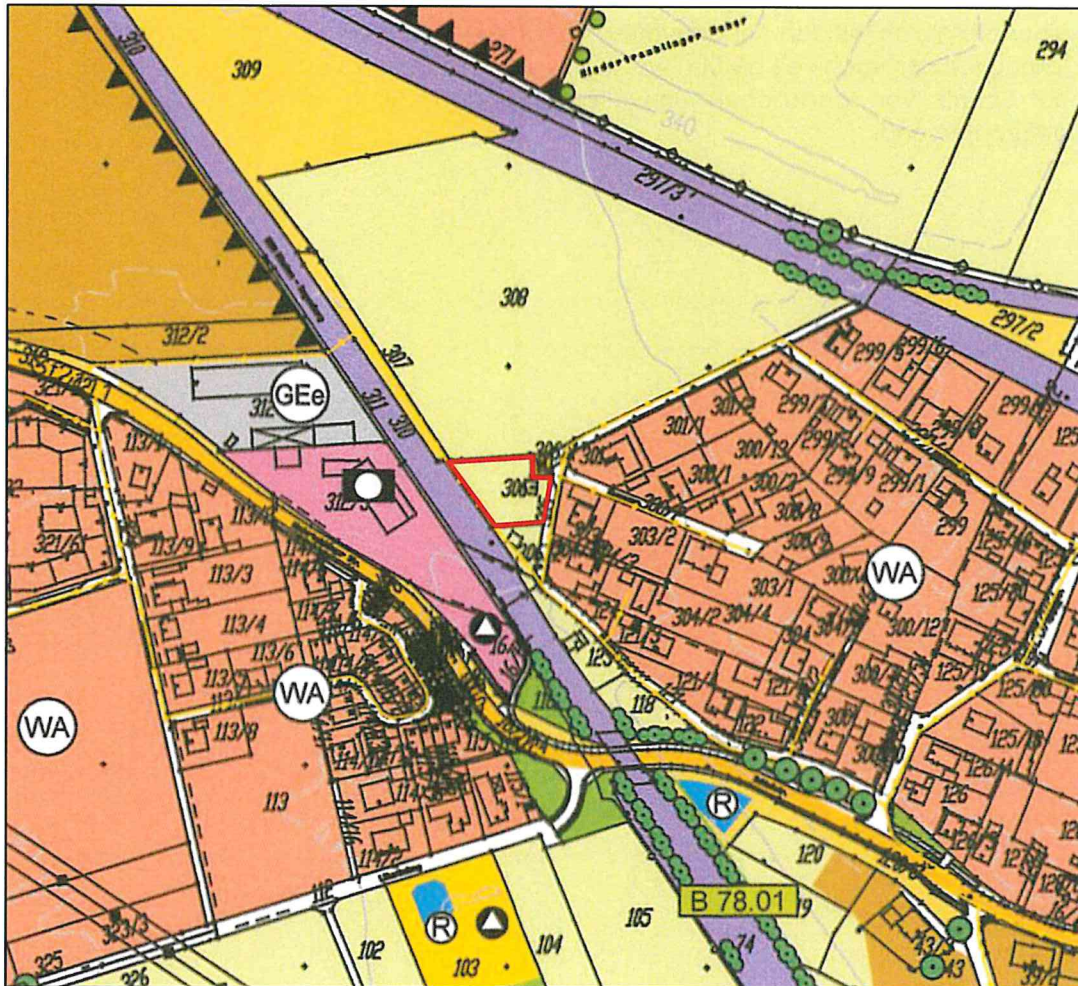


Abbildung 3: Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Obertraubling /12/



2 Aufgabenstellung

Ziel der Begutachtung zum Erschütterungsschutz ist es, die durch den Schienenverkehr auf der angrenzenden Bahnstrecke 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.



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 KB_{Fmax} und, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{Ftr} , welche aus dem Taktmaximal-Effektivwert KB_{Ftm} 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)							
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 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
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. reines Wohngebiet § 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 Gebieteinteilung 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

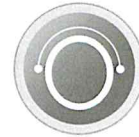
Für das Planungsgrundstück existiert kein qualifizierter Bebauungsplan, welcher die Zuordnung der neu entstehenden Einwirkungsorte zu einer Nutzungsart nach BauNVO verbindlich regeln würde. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der geplanten Wohnnutzung erfolgt in Abstimmung mit dem Landratsamt Regensburg /13/ abweichend von der Darstellung im Flächennutzungsplan als allgemeines Wohngebiet (WA) bzw. nach **Zeile 4** der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1), da dies die tatsächlich vorhandene Nutzungsstruktur darstellt.

3.3 Subjektive Wahrnehmung

Zur Veranschaulichung der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungen wird auf die Richtlinie VDI 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 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 dem vorliegenden Planentwurf /11/ wird die Westfassade des geplanten Wohnbaukörpers in einer Entfernung von ca. 9 m zur Gleisachse des nächstgelegenen Durchfahrtsgleises (Bahnstrecke 5500) zu liegen kommen. Entsprechend wurde zur Erfassung der durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungseinwirkungen auf das Plangebiet eine Freifeldmessung an einem geeigneten Messpunkt durchgeführt. Die Positionierung des Messpunkts kann der Abbildung 4 entnommen werden.



Abbildung 4: Lageplan mit Kennzeichnung des Messpunkts MP



4.2 Messdurchführung

- **Tag und Uhrzeit der Messung**

Messbeginn: Donnerstag, 22.04.2021, 10:15 Uhr

Messende:..... Donnerstag, 22.04.2021, 13:45 Uhr

- **Messpersonal**

B. Eng. Daniel Landgraf (Hook & Partner Sachverständige)

- **Messtechnik**

Schwinggeschwindigkeitssensor nach DIN 45669-1 /3/:

Sinus Messtechnik 3D-Seismometer Typ 902220.3, Ser.Nr. 0503579

Messgerät (A/D-Wandlung und digitale Aufzeichnung):

Sinus Messtechnik Typ Soundbook MK2/8B-G, Ser.Nr. 07156

Mess- und Auswerteprogramm (Software): Sinus Messtechnik SAMURAI Version 3.0.1

- **Messverfahren**

Am ausgewählten Messpunkt wurde das Seismometer mit einer dreibeinigen Ankopplungsvorrichtung gemäß Nr. 5.3.3 der DIN 45669-2 /4/ aufgestellt und mit einem Erdspeiß im Erdreich verankert.

Während der Messung wurde der zeitliche Verlauf der nach DIN 45669-1 /3/ frequenzbewerteten Schwinggeschwindigkeit in vertikaler Raumrichtung (z-Komponente) 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.



Abbildung 5: Messaufbau mit Seismometer



4.3 Auswertung der Messergebnisse

Über die Messzeit mit einer Dauer von 3 h 30 min wurden 16 für die Auswertung relevante Zugvorbeifahrten auf der Gleisstrecke erfasst, darunter Personenzüge des Regionalverkehrs und Güterzüge.

Die höchste bewertete Schwingstärke wurde während der Vorbeifahrt eines Güterzugs gemessen und betrug $KB_{Fmax} = 0,493$.

Durch energetische Mittelung der gemessenen 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. Dabei wurden alle Vorbeifahrten der Personenzüge gemittelt und zu "RV" zusammengefasst.

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und gemittelter Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}						
Messort	Messzeitraum	Messdauer	Zugklasse	Vorbeifahrten	KB_{Fmax}	KB_{FTm}
MP	22.04.2021 10:15 bis 13:45 Uhr	3 h 30 min	GZ-E	3	0,493	0,353
			RV	13	0,338	0,169

GZ-E:.....Güterzug, Traktion mit Elektrolok

RV:Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder 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-Mittelfrequenz [Hz]													
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
GZ-E	1E-03	5E-03	0,008	4E-02	0,103	0,102	0,082	0,081	0,067	0,049	0,276	0,062	0,027	0,013
RV	7E-04	1E-03	2E-03	7E-03	4E-02	0,041	0,039	0,056	0,076	0,036	0,075	0,082	0,035	0,015

GZ-E:.....Güterzug, Traktion mit Elektrolok

RV:Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder Elektrotriebzug

Die frequenzabhängigen KB_F -Werte der einzelnen erfassten Zugvorbeifahrten sind im Anhang in Kapitel 8.2 angegeben.



5 Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen

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 stets mit Unsicherheiten behaftet /1, 5/.

Im vorliegenden Fall erfolgte 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 wurde auf die Planungsempfehlung in /6/ zurückgegriffen, welche Angaben zu empirisch ermittelten gebäudespezifischen Übertragungsfaktoren enthält. Diese Faktoren berücksichtigen in Abhängigkeit der Bauweise der Geschossdecken (hier: Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken) eine mögliche Resonanzüberhöhung mit Terzmittenfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz.



5.2 Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren

Die am Messpunkt ermittelte maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}} = 0,493$ (vgl. Kapitel 4.3) überschreitet den zur Nachtzeit geltenden unteren Anhaltswert $A_u = 0,15$ nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2, liegt jedoch noch unter dem für Schienenverkehr zu berücksichtigenden gebietsunabhängigen oberen Anhaltswert $A_o = 0,6$ (vgl. Kapitel 3.1). Aufgrund möglicher Resonanzanregungen kann bei der Weiterleitung im Gebäude eine weitere Überhöhung nicht ausgeschlossen werden. Dem Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 folgend ist daher die Beurteilungsschwingstärke KB_{Fr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Unter Beachtung der frequenzabhängigen Übertragung der Erschütterungen vom Freifeld auf das Fundament und in weiterer Folge auf die oberen Geschossdecken (vgl. Kapitel 5.1) wurde zunächst der an einem Einwirkungsort im Gebäudeinneren zu erwartende Taktmaximal-Effektivwert $KB_{F_{tm,P}}$ getrennt für die erfassten Zugklassen prognostiziert. Darauf aufbauend wurde anhand der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030 /15/ die Beurteilungsschwingstärke KB_{Fr} getrennt für die Tag- und Nachtzeit bestimmt.

Gemäß den Angaben der Deutschen Bahn sollen auf der Bahnstrecke 5500 im Untersuchungsbereich zukünftig Güterzüge, Züge des Regionalverkehrs und ICEs verkehren. Insgesamt ist in einem Zeitraum von 24 Stunden mit 129 Zugvorbeifahrten zur Tagzeit (davon 29 Güterzüge) und 29 Vorbeifahrten zur Nachtzeit (davon 13 Güterzüge) zu rechnen (vgl. Kapitel 8.1). Abweichend von der schalltechnischen Begutachtung (Projekt Nr. OBT-5497-01) werden im vorliegenden Fall dabei nicht die Zugzahlen für den Ist-Zustand, sondern für das Prognosejahr 2030 herangezogen.

Da auf der gemessenen Strecke derzeit noch keine ICEs verkehren, wird für die Prognose zur Sicherheit angenommen, dass sie ein ähnliches Schwingungsverhalten wie die gemessenen Güterzüge aufweisen. Weiterhin werden auch in der Prognoseberechnung alle Personenzüge des Regionalverkehrs zusammengefasst.

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

Unter Berücksichtigung der Häufigkeit der beiden Zugklassen ergeben sich im Gebäudeinneren die höchsten Beurteilungsschwingstärken tags und nachts für eine Bauweise mit Betondecken bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz (Variante MP-B-40). Für eine Bauweise mit Holzbalkendecken ergeben sich die höchsten Beurteilungsstärken tags und nachts bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 10$ Hz (Variante MP-H-10).



Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärken KB_f						Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030						129	29
Variante	Deckenaufbau	f_0 [Hz]	GZ-E $KB_{FTM,P}$	RV $KB_{FTM,P}$	$KB_{FTT,T}$	$KB_{FTT,N}$	
MP-B-8	Beton- decke	8	0,396	0,144	0,076	0,052	
MP-B-10		10	0,664	0,248	0,129	0,088	
MP-B-12,5		12,5	0,684	0,285	0,135	0,092	
MP-B-16		16	0,615	0,294	0,124	0,085	
MP-B-20		20	0,515	0,323	0,111	0,075	
MP-B-25		25	0,446	0,329	0,101	0,068	
MP-B-31,5		31,5	0,501	0,238	0,101	0,069	
MP-B-40		40	0,856	0,292	0,164	0,113	
MP-B-50		50	0,530	0,302	0,111	0,076	
MP-B-62,5		62,5	0,382	0,221	0,080	0,055	
MP-B-80		80	0,336	0,175	0,069	0,047	
MP-H-8		Holz- balken- decke	8	0,604	0,186	0,115	0,079
MP-H-10	10		1,132	0,401	0,218	0,150	
MP-H-12,5	12,5		0,967	0,398	0,190	0,130	
MP-H-16	16		0,732	0,357	0,148	0,101	
MP-H-20	20		0,627	0,381	0,134	0,091	
MP-H-25	25		0,569	0,379	0,125	0,085	
MP-H-31,5	31,5		0,609	0,290	0,123	0,084	
MP-H-40	40		0,922	0,336	0,178	0,122	
MP-H-50	50		0,651	0,345	0,134	0,091	
MP-H-62,5	62,5		0,506	0,274	0,105	0,071	
MP-H-80	80		0,444	0,226	0,091	0,062	

GZ-E:.....Güterzug, Traktion mit Elektrolok + ICE

RV:Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder Elektrotriebzug

f_0 :Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

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

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

$KB_{FTT,N}$: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 jeweils der resultierende A-bewertete sekundäre Luftschallpegel $L_{\text{sek,A}}$ 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 $L_{\text{m,Tag}}$ und $L_{\text{m,Nacht}}$ für die entsprechenden Beurteilungszeiträume gebildet.

Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					129	30
Variante	Deckenaufbau	f_0 [Hz]	GZ-E $L_{\text{sek,A}}$	RV $L_{\text{sek,A}}$	$L_{\text{m,Tag}}$	$L_{\text{m,Nacht}}$
MP-B-8	Betondecke	8	38,4	35,4	25,4	22,0
MP-B-10		10	38,5	35,9	25,6	22,2
MP-B-12,5		12,5	39,0	36,1	26,0	22,7
MP-B-16		16	39,9	36,7	26,8	23,5
MP-B-20		20	40,1	37,6	27,3	23,9
MP-B-25		25	40,8	38,2	27,9	24,5
MP-B-31,5		31,5	42,6	38,8	29,3	25,9
MP-B-40		40	45,8	40,9	32,2	28,9
MP-B-50		50	43,7	42,5	31,4	28,0
MP-B-62,5		62,5	42,2	41,6	30,2	26,7
MP-B-80		80	41,4	40,3	29,1	25,7
MP-H-8	Holzbalkendecke	8	37,0	35,1	24,4	21,0
MP-H-10		10	37,2	35,2	24,6	21,1
MP-H-12,5		12,5	37,8	35,6	25,1	21,7
MP-H-16		16	38,5	36,2	25,8	22,3
MP-H-20		20	39,4	37,0	26,6	23,2
MP-H-25		25	40,5	37,9	27,6	24,2
MP-H-31,5		31,5	41,6	38,6	28,6	25,2
MP-H-40		40	43,7	40,1	30,5	27,1
MP-H-50		50	42,5	41,2	30,1	26,7
MP-H-62,5		62,5	41,6	40,7	29,4	26,0
MP-H-80		80	41,0	40,0	28,8	25,3

GZ-E:.....Güterzug, Traktion mit Elektrolok + ICE

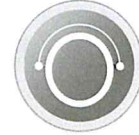
RV:Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder Elektrotriebzug

f_0 :Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

$L_{\text{sek,A}}$ A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel

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

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



6 Immissionsschutzfachliche Beurteilung

6.1 Bewertung der Prognoseergebnisse

Zur Beurteilung von Erschütterungen, die der Schienenverkehr auf der Bahnstrecke 5500 in der gemäß /11/ geplanten Einrichtung für Demenzpflege auf dem Grundstück Fl.Nr. 306 an der Kleinfeldstraße 5 in 93083 Obertraubling verursachen wird, wurden an einem Messpunkt in 9 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 Terzmittelfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz in die Berechnung ein (vgl. Kapitel 5).

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 Prognosejahr 2030 ermittelten Prognosewerte der Beurteilungsschwingstärke KB_{Fr} für die Tag- und Nachtzeit 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).

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Bedingung $KB_{Fr} \leq A_r$ zur Tag- und zur Nachtzeit (vgl. Kapitel 3) lediglich bei den Prognosevarianten mit einer Deckenresonanzfrequenz von 80 Hz bei Betondecken erfüllt wird. Bei den verbleibenden Resonanzfrequenzen der Geschossdecken hingegen kann der Anhaltswert zur Tag- und Nachtzeit nicht eingehalten werden. Dies bedeutet, dass eine Verletzung der geltenden Anforderungen zum Schutz vor Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden kann.

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 zur Tagzeit um mindestens 7 dB(A) und zur Nachtzeit um mindestens 1 dB(A) unterschritten (vgl. Beurteilungsübersicht II).

Um einen ausreichenden Schutz vor Erschütterungsimmissionen zu gewährleisten, wird empfohlen, die Auflagen gemäß Kapitel 6.2 in die Genehmigung des Bauvorhabens aufzunehmen.



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	0,076	0,07	109%	Nein	0,052	0,05	105%	Nein
MP-B-10	0,129		184%	Nein	0,088		176%	Nein
MP-B-12,5	0,135		192%	Nein	0,092		184%	Nein
MP-B-16	0,124		177%	Nein	0,085		169%	Nein
MP-B-20	0,111		158%	Nein	0,075		151%	Nein
MP-B-25	0,101		145%	Nein	0,068		137%	Nein
MP-B-31,5	0,101		144%	Nein	0,069		138%	Nein
MP-B-40	0,164		235%	Nein	0,113		225%	Nein
MP-B-50	0,111		159%	Nein	0,076		151%	Nein
MP-B-62,5	0,080		115%	Nein	0,055		109%	Nein
MP-B-80	0,069		99%	Ja	0,047		94%	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-H-8	0,115	0,07	164%	Nein	0,079	0,05	158%	Nein
MP-H-10	0,218		312%	Nein	0,150		299%	Nein
MP-H-12,5	0,190		272%	Nein	0,130		260%	Nein
MP-H-16	0,148		212%	Nein	0,101		202%	Nein
MP-H-20	0,134		191%	Nein	0,091		182%	Nein
MP-H-25	0,125		178%	Nein	0,085		169%	Nein
MP-H-31,5	0,123		175%	Nein	0,084		167%	Nein
MP-H-40	0,178		255%	Nein	0,122		244%	Nein
MP-H-50	0,134		192%	Nein	0,091		183%	Nein
MP-H-62,5	0,105		150%	Nein	0,071		143%	Nein
MP-H-80	0,091		129%	Nein	0,062		124%	Nein

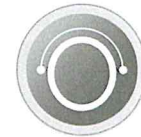
VarianteBerechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

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

kAusschöpfung 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	25,4	40	-14,6	22,0	30	-8,0
MP-B-10	25,6		-14,4	22,2		-7,8
MP-B-12,5	26,0		-14,0	22,7		-7,3
MP-B-16	26,8		-13,2	23,5		-6,5
MP-B-20	27,3		-12,7	23,9		-6,1
MP-B-25	27,9		-12,1	24,5		-5,5
MP-B-31,5	29,3		-10,7	25,9		-4,1
MP-B-40	32,2		-7,8	28,9		-1,1
MP-B-50	31,4		-8,6	28,0		-2,0
MP-B-62,5	30,2		-9,8	26,7		-3,3
MP-B-80	29,1		-10,9	25,7		-4,3

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-H-8	24,4	40	-15,6	21,0	30	-9,0
MP-H-10	24,6		-15,4	21,1		-8,9
MP-H-12,5	25,1		-14,9	21,7		-8,3
MP-H-16	25,8		-14,2	22,3		-7,7
MP-H-20	26,6		-13,4	23,2		-6,8
MP-H-25	27,6		-12,4	24,2		-5,8
MP-H-31,5	28,6		-11,4	25,2		-4,8
MP-H-40	30,5		-9,5	27,1		-2,9
MP-H-50	30,1		-9,9	26,7		-3,3
MP-H-62,5	29,4		-10,6	26,0		-4,0
MP-H-80	28,8		-11,2	25,3		-4,7

VarianteBerechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

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

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

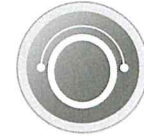
L_{i,zul}zulässiger Innenpegel [dB(A)]



6.2 Maßnahmen zum Erschütterungsschutz

Um in Anbetracht der Prognoseergebnisse für den auf dem Grundstück Fl.Nr. 306 der Gemarkung Obertraubling geplanten Baukörper eine Einhaltung der Anforderungen nach Tabelle 1 Zeile 4 der DIN 4150-2 gewährleisten zu können, wird empfohlen, die folgende Maßnahme zum Erschütterungsschutz sinngemäß in der Baugenehmigung zu verankern:

1. Für das Gebäude ist eine elastische Gebäudelagerung vorzusehen, durch die sichergestellt wird, dass die Anforderungen nach Tabelle 1 Zeile 4 der DIN 4150-2 nachweislich eingehalten werden.



7 Zitierte Unterlagen

7.1 Literatur zu Erschütterungen

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. Bauvorlage "Neubau einer Einrichtung für Demenzzpflege Kleinfeldstraße 5 Niedertraubling", Planunterlagen (Lageplan, Grundrisse, Schnitte) vom 20.10.2019, AIS Gesellschaft für Architektur mbH, Regensburg
12. Auszug aus dem Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan der Gemeinde Obertraubling, Stand: 21.09.2012
13. Informationen zur bauplanungsrechtlichen Situation im Untersuchungsbereich, Telefonat vom 08.07.2020, Teilnehmer: Hr. Mehrl (Landratsamt Regensburg), Hr. Huber (Hoock & Partner Sachverständige)
14. Informationen zur bauplanungsrechtlichen Situation im Untersuchungsbereich, Telefonat vom 14.07.2020, Teilnehmer: Hr. Mayer (Gemeinde Obertraubling), Hr. Huber (Hoock & Partner Sachverständige)
15. Verkehrsdaten Prognose 2030 gemäß "Schall 03" für die Strecke 5500, Abschnitt Obertraubling - Köfering, erhalten per E-Mail am 20.07.2020 von der Deutschen Bahn AG (Fr. Ebel)
16. BayernAtlas, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, online abgerufen am 07.07.2021, www.geoportal.bayern.de/bayernatlas



8 Anhang

8.1 Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030

Schienenverkehrsaufkommen auf der Bahnstrecke 5500 im Untersuchungsbereich im Prognosejahr 2030 gemäß den Angaben der Deutschen Bahn /15/:

Strecke 5500, Prognosejahr 2030				
Zugtyp	Kürzel	$n_{i,Tag}$	$n_{i,Nacht}$	v_{max}
1. Güterzug, Traktion mit Elektrolok	GZ-E	29	13	100
2. Regionalbahn, Traktion mit Elektrolok	RB-E	20	6	140
3. Elektrotriebzug des Regionalverkehrs	RB-VT	26	4	140
4. Regionalzug, Traktion mit Elektrolok	RE-E	20	4	140
5. Intercity-Express (Elektrottriebzug des HGV)	ICE	34	2	140
Summe beider Richtungen		129	29	

8.2 Messergebnisse

Frequenzabhängige K_B -Werte der erfassten Zugvorbeifahrten, Strecken 5500																	
Nr.	Uhrzeit	Zug- klasse	Terz-Mittelfrequenz [Hz]														K_{BFTi}
			4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	62,5	80	
1	10:27:23	RV-ET	3E-4	4E-4	0,001	0,005	0,018	0,023	0,013	0,023	0,025	0,011	0,012	0,018	0,004	0,003	0,053
2	10:38:55	RV-ET	4E-4	5E-4	0,001	0,006	0,023	0,042	0,043	0,056	0,096	0,033	0,045	0,090	0,023	0,009	0,168
3	10:53:44	RV-ET	0,001	0,001	0,003	0,004	0,052	0,049	0,048	0,043	0,049	0,042	0,015	0,016	0,032	0,016	0,124
4	11:09:07	RV-ET	0,001	0,001	0,002	0,006	0,060	0,085	0,094	0,054	0,116	0,061	0,049	0,247	0,097	0,030	0,338
5	11:20:53	RV-ET	0,001	0,002	0,002	0,004	0,017	0,029	0,020	0,022	0,039	0,014	0,018	0,015	0,014	0,003	0,067
6	11:36:46	EV-ET	3E-4	0,001	0,001	0,010	0,031	0,021	0,022	0,045	0,058	0,053	0,102	0,043	0,013	0,011	0,151
7	11:49:06	GZ-E	0,001	0,006	0,010	0,061	0,122	0,048	0,041	0,037	0,059	0,050	0,092	0,026	0,009	0,012	0,199
8	12:00:18	RV-E	0,001	0,001	0,002	0,010	0,014	0,015	0,018	0,100	0,160	0,019	0,038	0,027	0,021	0,026	0,200
9	12:01:57	RV-ET	4E-4	0,001	0,002	0,008	0,046	0,043	0,043	0,028	0,049	0,022	0,015	0,013	0,036	0,008	0,107
10	12:10:01	GZ-E	0,001	0,003	0,008	0,028	0,067	0,123	0,065	0,074	0,060	0,048	0,224	0,057	0,017	0,012	0,300
11	12:21:02	RV-ET	3E-4	0,001	0,001	0,004	0,020	0,026	0,022	0,025	0,049	0,014	0,015	0,013	0,016	0,002	0,074
12	12:36:49	RV-ET	4E-4	0,001	0,001	0,008	0,029	0,035	0,027	0,041	0,044	0,032	0,114	0,082	0,014	0,011	0,166
13	12:41:49	GZ-E	0,002	0,006	0,007	0,025	0,113	0,118	0,121	0,112	0,080	0,048	0,413	0,088	0,043	0,016	0,493
14	12:52:22	RV-ET	5E-4	0,001	0,003	0,004	0,045	0,049	0,038	0,038	0,031	0,042	0,033	0,012	0,032	0,022	0,113
15	13:10:31	RV-E	0,001	0,002	0,003	0,009	0,041	0,044	0,028	0,120	0,105	0,057	0,205	0,080	0,035	0,015	0,289
16	13:20:41	RV-ET	5E-4	0,001	0,001	0,005	0,020	0,023	0,016	0,022	0,028	0,014	0,011	0,019	0,005	0,002	0,056

GZ-E: Güterzug, Traktion mit Elektrolok
RV-ET: Regionalzug, Elektrotriebzug
RV-E: Regionalzug, Traktion mit Elektrolok
 K_{BFTi} : Taktmaximalwert