

Erschütterungstechnische Untersuchung

Bebauungsplan „Altes Postareal“

Stadthägerstraße in Augsburg

Bericht Nr. 070-6588-03

im Auftrag der

KLAUS Wohnbau GmbH

86163 Augsburg

Augsburg, im März 2021

Erschütterungstechnische Untersuchung

Bebauungsplan „Altes Postareal“
Stadthändlerstraße in Augsburg

Bericht-Nr.: 070-6588-03

Dieser Bericht ersetzt den Bericht 070-6588-02 vom 11.02.2021

Datum: 10.03.2021

Auftraggeber: KLAUS Wohnbau GmbH
Schwangastraße 29
D-86163 Augsburg

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Prinzstraße 49
D-86153 Augsburg
T + 49 821 455 497 - 0
F + 49 821 455 497 - 29
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter:



Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	7
2. Örtliche Gegebenheiten	8
3. Belegungsprogramm	9
4. Grundlagen.....	10
4.1 Erschütterungen.....	10
4.1.1 Beurteilungsgrößen.....	10
4.1.2 Beurteilungsverfahren.....	11
4.1.3 Anhaltswerte zur Beurteilung	12
4.2 Sekundärluftschall.....	13
5. Messungen.....	14
5.1 Messzeit.....	14
5.2 Messkampagne	15
5.3 Messgeräte.....	16
5.4 Ankopplung der Messaufnehmer.....	17
5.5 Messunsicherheit.....	17
6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen	18
6.1 Schwingungsanregung	18
6.2 Einleitung der Erschütterungen vom Erdreich in das Gebäude.....	18
6.3 Erschütterungsausbreitung innerhalb des Gebäudes.....	18
7. Prognoseberechnungen	20
7.1 Erschütterungsimmissionen	20
7.2 Prognose des sekundären Luftschalls.....	21
8. Bewertung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls	23
8.1 Baukörper im WA.....	23
9. Vorschlag für weiteres Vorgehen.....	24
10. Textvorschlag für den Bebauungsplan.....	26
11. Anlagen.....	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Städtebauliches Konzept, Ott Architekten [14].....	8
Abbildung 2:	Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150-2 für häufige Einwirkungen.....	11
Abbildung 3:	Übersichtslageplan mit Darstellung der Messpunkte bei der Messkampagne [13].....	15
Abbildung 4:	Prognostizierte KB_{Fr} – Werte nach DIN 4150-2 für verschiedene Deckenarten ...	21
Abbildung 5:	Prognostizierte Mittelungspegel des Sekundärluftschalls für Rohdecken	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Belegungsprogramm auf den jeweiligen Bahnstrecken für die Prognose 2030	9
Tabelle 2:	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach Tab. 1 der DIN 4150-2 (Auszug).....	12
Tabelle 3:	Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm.....	13
Tabelle 4:	Dokumentation der Messpunkte während der Messkampagne.....	15
Tabelle 5:	Anzahl der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrtgeschwindigkeit während der Messdurchführung.....	16
Tabelle 6:	Prognostizierte maximale $\overline{KB_{FTm,j}}$ – Werte auf den Geschosdecken eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen	20
Tabelle 7:	Prognostizierte maximale Geräuschspitzen $\overline{L_{A,max}}$ des sekundären Luftschalls [dB(A)] in Räumen eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen	21

Grundlagenverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 103 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG, 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)
- [3] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [4] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)
- [5] DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [6] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [7] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [8] DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, Juni 2005
- [9] DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft, März 1997
- [10] Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall; DB Netz AG, gültig ab 15.09.2017
- [11] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- [12] Verkehrsdatenmanagement Deutsche Bahn: Verkehrszahlen der Strecken 5300, 5302, 5305 und 5306 im Bereich Augsburg, Stadljägerstraße, Prognose 2030, (Berücksichtigung eines 100 %-igen Umrüstgrades von Graugussbremsen des Güterverkehrs auf leisere Verbundstoffsohlen); E-Mail vom 10.07.2019
- [13] Grundlagendaten (Kataster, Gebäude, Straßen- und Schienenachse), OpenRailwayMap.org und OpenStreetMap © OpenStreetMap und Mitwirkende, 31.12.2020
- [14] Lageplan mit Eigentumsverhältnissen. Ott Architekten, E-Mail KLAUS Wohnbau GmbH vom 03.12.2019
- [15] E-Mail und Telefonat zu möglichen Erschütterungsschutzmaßnahmen, KLAUS Wohnbau GmbH vom 25. und 29.01.2021

Zusammenfassung:

Die Klaus Wohnbau GmbH saniert das denkmalgeschützte ehemalige Telegraphen- und Fernsprechbezirksgebäude und plant, darin Wohnnutzung zu ermöglichen. Die geplante Wohnnutzung befindet sich in unmittelbarer Nähe zu bestehenden Schienenverkehrswegen der Bahnlinien der DB AG.

Durch den Betrieb des oberirdischen Schienenverkehrs können in Gebäuden in unmittelbarer Nähe zu den Verkehrswegen relevante Einwirkungen von Erschütterungen und sekundärem Luftschall nicht unmittelbar ausgeschlossen werden, die zu (erheblichen) Beeinträchtigungen der geplanten Nutzung führen können.

Die durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen kommen zu folgendem Ergebnis:

- Auf Basis der durchgeführten Referenzmessungen wurde prognostiziert, dass sich aufgrund der Nähe zur Bahnstrecke Immissionen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall nicht ausschließen lassen, die in vereinzelt Fällen mitunter gut spürbar und hörbar sein können.

Entsprechende Anforderungen an den Erschütterungsschutz werden jedoch aufgrund der Häufigkeit des Auftretens eingehalten, so dass keine erheblichen Belästigungen zu erwarten sind.

Die Anforderungen an den Schutz vor unzumutbaren Immissionen des sekundären Luftschalls werden ebenfalls erfüllt.

Aufgrund der wahrnehmbaren Erschütterung und des sekundär Luftschalles werden nach Rücksprache mit dem Auftraggeber, Maßnahmen im Zuge der Sanierung vorgeschlagen, um die Immissionen auf ein mögliches Minimalmaß zu reduzieren.

Es werden mögliche, i.d.R. verhältnismäßige Schutzmaßnahmen in Form einer seitlichen Abschirmung der südwestlichen bestehenden Fundamente der Bauteile 1 und 7 durch Elastomermatten, welche bis zu einer Tiefe von 1,65 m ab Oberkante Gelände eingebracht werden, vorgeschlagen.

- Ferner ist darauf zu achten, dass sowohl auf, als auch unterhalb der Geländeoberkante bautechnische Schwingungsbrücken (z.B. vorgelagerte Lichtschächte, asphaltierte Laufwege, etc.) gründlich vom Hauptbauwerk entkoppelt werden, falls diese signifikant näher in Richtung der Bahngleise der DB AG angeordnet werden sollen.

1. Aufgabenstellung

Die Stadt Augsburg plant zur Neuordnung des ehemaligen Postareals an der Stadthändlerstraße in Augsburg die Aufstellung eines Bebauungsplans. Dieser ersetzt die Bebauungspläne Nr. 421 und 421 A "Blumenstraße / Holzbach". Das denkmalgeschützte ehemalige Telegraphen- und Fernsprechbezirksgebäude wird saniert, damit hier Wohnungen entstehen können. Als Gebietsnutzung ist entsprechend „Allgemeines Wohngebiet“ vorgesehen. Es wurde bereits eine schalltechnische Untersuchung durchgeführt. Im Rahmen einer erschütterungstechnischen Untersuchung sind die Einwirkungen der angrenzenden Gleistrasse auf die geplante Wohnnutzung in dem ehemaligen Telegraphen- und Fernsprechbezirksgebäude zu ermitteln. Es sollen potentielle Konflikte mit der geplanten Wohnnutzung aufgezeigt und mögliche Erschütterungsschutzmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Mit der Durchführung der Untersuchungen wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 27.10.2020 von der KLAUS Wohnbau GmbH beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Die städtebauliche Entwicklungsfläche des alten Postareals befindet sich nördlich des Hauptbahnhofs unmittelbar an der Bahntrasse mit den Strecken 5300, 5302, 5305 und 5306. Das Gebiet ist umgeben von den Straßen Holzbachstraße, Badstraße, Langenmantelstraße und Klinkenberg.

In dem Bereich des Allgemeinen Wohngebiets mit dem ehemaligen Telegraphen- und Fernsprechamt plant die Firma KLAUS Wohnbau GmbH den Bau von Wohnungen.

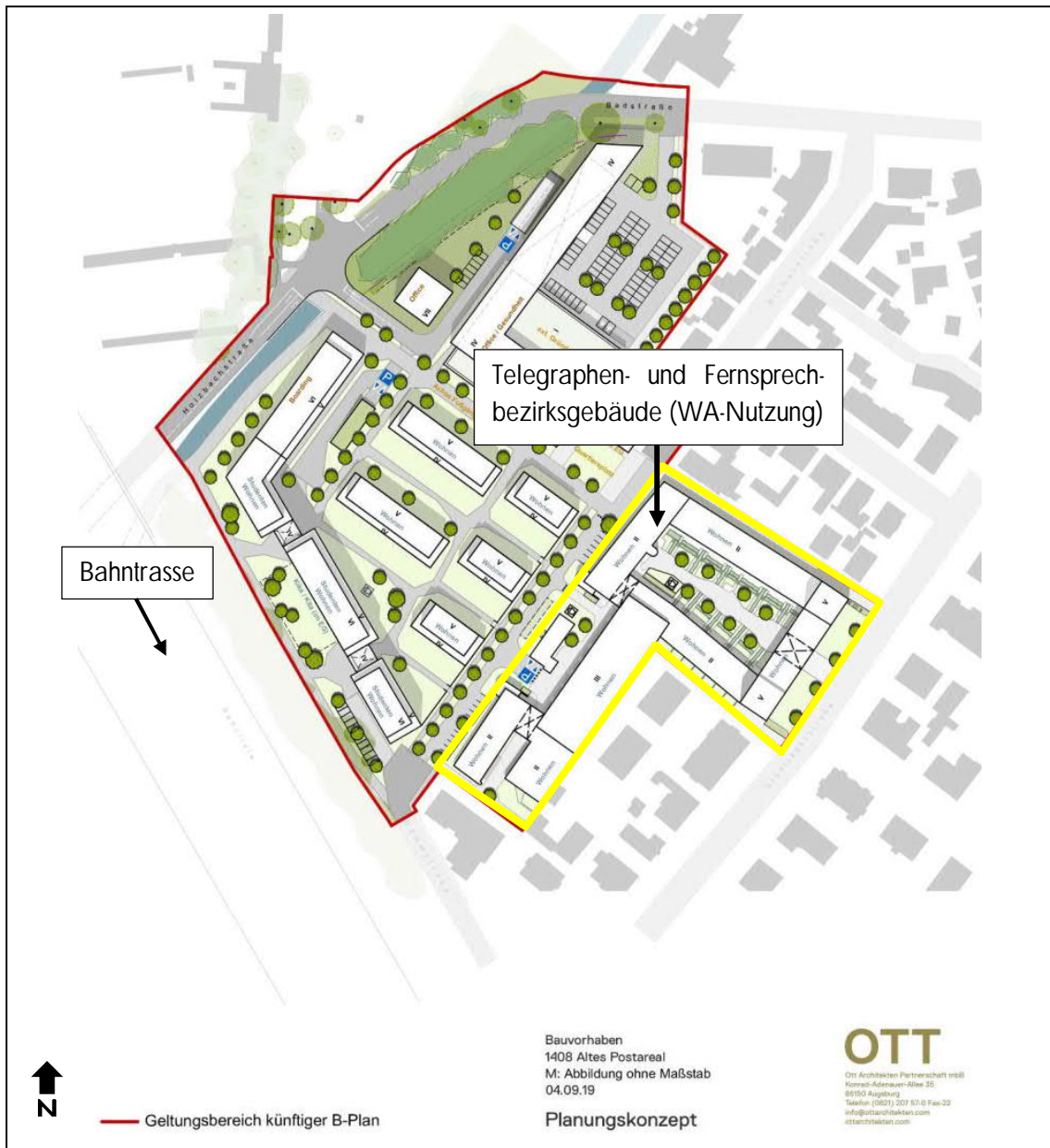


Abbildung 1: Städtebauliches Konzept, Ott Architekten [14]

3. Belegungsprogramm

Die Belegungsprogramme auf den Strecken 5300, 5302, 5305 und 5306 wurden den Verkehrsmengendaten der DB AG [12] entnommen und sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die ausführliche Darstellung der Verkehrsmengen kann der Anlage 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Belegungsprogramm auf den jeweiligen Bahnstrecken für die Prognose 2030				
Zuggattung	Anzahl Züge		v_{max} im Streckenabschnitt	Fahrzeuglänge bis [m]
	Tag	Nacht		
Strecke 5300 Abschnitt Augsburg Hbf – Augsburg Oberhausen, Bereich Stadtjägerstraße				
SGV	53	37	100	734
SPNV-ET	108	17	100	135
SPNV-E	18	2	100	151
SPFV	19	2	100	346
Gesamt	198	58		
Strecke 5302 Abschnitt Augsburg Hbf – Augsburg Oberhausen, Bereich Stadtjägerstraße				
SGV	19	17	100	734
SPNV-ET	18	0	100	102
SPNV-E	17	1	100	151
SPFV	91	7	100	452
Gesamt	145	25		
Strecke 5305 Abschnitt Augsburg Hbf – Augsburg Rbf Mitte, Bereich Stadtjägerstraße				
SGV	19	11	40	734
Strecke 5306 Abschnitt Augsburg Hbf – Augsburg Oberhausen, Bereich Stadtjägerstraße				
SGV	25	17	60	734
SPNV-ET	82	8	60	68
Gesamt	107	25		

SGV: Schienengüterverkehr; SPNV-ET: Schienenpersonennahverkehr (Triebwagen); SPNV-E: Schienenpersonennahverkehr (lokbetrieben); SPFV: Schienenpersonenfernverkehr

4. Grundlagen

4.1 Erschütterungen

Durch die Körperschallübertragung bzw. -anregung der Geschossdecken können in Gebäuden Erschütterungen fühlbar wahrgenommen werden.

Bei der Beurteilung von Erschütterungen existieren im Gegensatz zur Beurteilung von primärem Luftschall zurzeit keine gesetzlichen Regelungen. Art und Grad der individuellen Beeinträchtigung durch Erschütterungen hängen vom Ausmaß der Erschütterungsbelastung und verschiedenster situativer Faktoren ab.

Beispielhaft seien genannt:

- Stärke der Schwingungen (Schwingstärke, KB-Wert),
- Einwirkungsdauer,
- Häufigkeit des Auftretens,
- Art der Erschütterungsquelle (Sichtkontakt, Hörkontakt, ...),
- Wohlbefinden der Personen,
- Grad der Gewöhnung.

Die in der Norm DIN 4150 festgelegten Beurteilungsverfahren haben den Zweck, die oben genannten Einflüsse bestmöglich zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall erfolgt die Beurteilung der Erschütterungen gemäß dem Teil 2 dieser Normenreihe: „Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ [6]. Die Beurteilungsgröße für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden ist dabei die bewertete Schwingstärke KB.

Bei der bewerteten Schwingstärke $KB_f(t)$ -Wert gemäß DIN 4150 Teil 2 handelt es sich um eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe für die Erschütterungen. Zur Beurteilung der Erschütterungen wird sowohl die bauliche Nutzung der Umgebung, der so genannte Einwirkungsort, als auch der Tageszeitraum (Tag/Nacht) berücksichtigt. Die Norm trägt damit dem Effekt Rechnung, dass bei gleicher Erschütterungsintensität der Grad der Belästigung z.B. in Wohngebieten oder Krankenhäusern höher eingeschätzt wird als in Gewerbe- oder Industriegebieten.

4.1.1 Beurteilungsgrößen

Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [6] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke KB_{fmax}

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.

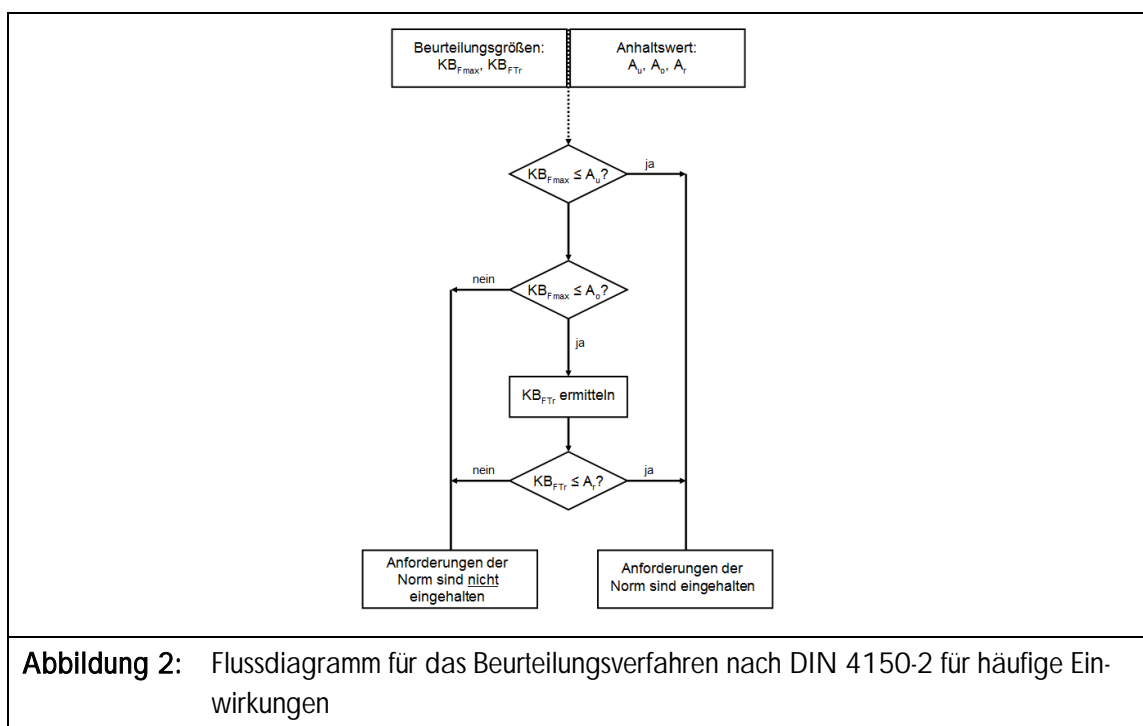
- Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTT}

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

4.1.2 Beurteilungsverfahren

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen selten auftretenden kurzzeitigen bzw. häufigen Einwirkungen, wobei beim Schienenverkehr grundsätzlich von häufigen Einwirkungen auszugehen ist.

Die Beurteilung nach DIN 4150-2 [6] erfolgt für häufige Einwirkungen nach dem im nachfolgenden Flussdiagramm dargestellten Beurteilungsschema:



Demnach ergeben sich folgende Beurteilungsgrundsätze:

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist der KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der untere Anhaltswert und kleiner als der obere Anhaltswert A_o , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der KB_{FTT} kleiner als der Anhaltswert A_r ist.
- Ist der KB_{FTT} größer als der Anhaltswert A_r , gilt die Anforderung der Norm als nicht eingehalten.

4.1.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

Für die Sanierung des denkmalgeschützten ehemaligen Telegraphen- und Fernsprechbezirksgebäudes und dessen Umnutzung in Wohnräume ist als Art der baulichen Nutzung allgemeines Wohngebiet (WA) nach BauNVO [4] vorgesehen.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gelten für allgemeine Wohngebiete die nachfolgend dargestellten Anhaltswerte A nach Tabelle 1 DIN 4150, Teil 2 [6].

Tabelle 2: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach Tab. 1 der DIN 4150-2 (Auszug)							
Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,10	0,2	0,05

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

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

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit von Erschütterungseinwirkungen gibt nach DIN 4150-2 [6] 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...“

4.2 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 Aussagen treffen.

Im Rahmen von Bauleit- oder Genehmigungsplanungen ist es in Bayern gängige Praxis, die Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall nach der TA Lärm [1] (bzw. auch des Beiblatts 1 zur DIN 45680 [9]) durchzuführen (diese Richtlinie regelt generell die Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden durch gewerbliche Anlagen). Im vorliegenden Fall werden für das Plangebiet ebenfalls diese Werte angesetzt. Die genannten Immissionsrichtwerte gelten gebietsunabhängig für schutzbedürftige Räume:

Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel L_m [dB(A)]	Maximalpegel L_{max} [dB(A)]
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	35	45
Nachts (22.00 – 6.00 Uhr)	25	35

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

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

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

Aufgrund von Erfahrungen kann der sekundäre Luftschall in guter Näherung nach folgender Formel abgeschätzt werden [11]:

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

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 $\overline{L_{A,max}}$ während der Zugvorbeifahrten dar. Die Berechnung erfolgt im Frequenzbereich von 16 Hz bis 315 Hz. Das Ergebnis wird für die jeweils ungünstigste Raumsituation in Zusammenwirken mit den höchsten auftretenden Schwingungsamplituden des o.g. Frequenzbereichs dargestellt.

Durch den Ansatz der oben genannten Parameter ergeben sich in der Regel etwas zu hohe Pegel, die somit aber zugunsten künftiger Anwohner auf der „sicheren Seite“ liegen.

5. Messungen

Zur Ermittlung der Beurteilungsgrößen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall aufgrund des oberirdischen Schienenverkehrs wurde im Plangebiet eine Messung durchgeführt.

5.1 Messzeit

Datum: 24.11.2020, 08.00 Uhr - 11:30 Uhr

Messpersonal:



Witterung: bedeckt, windstill

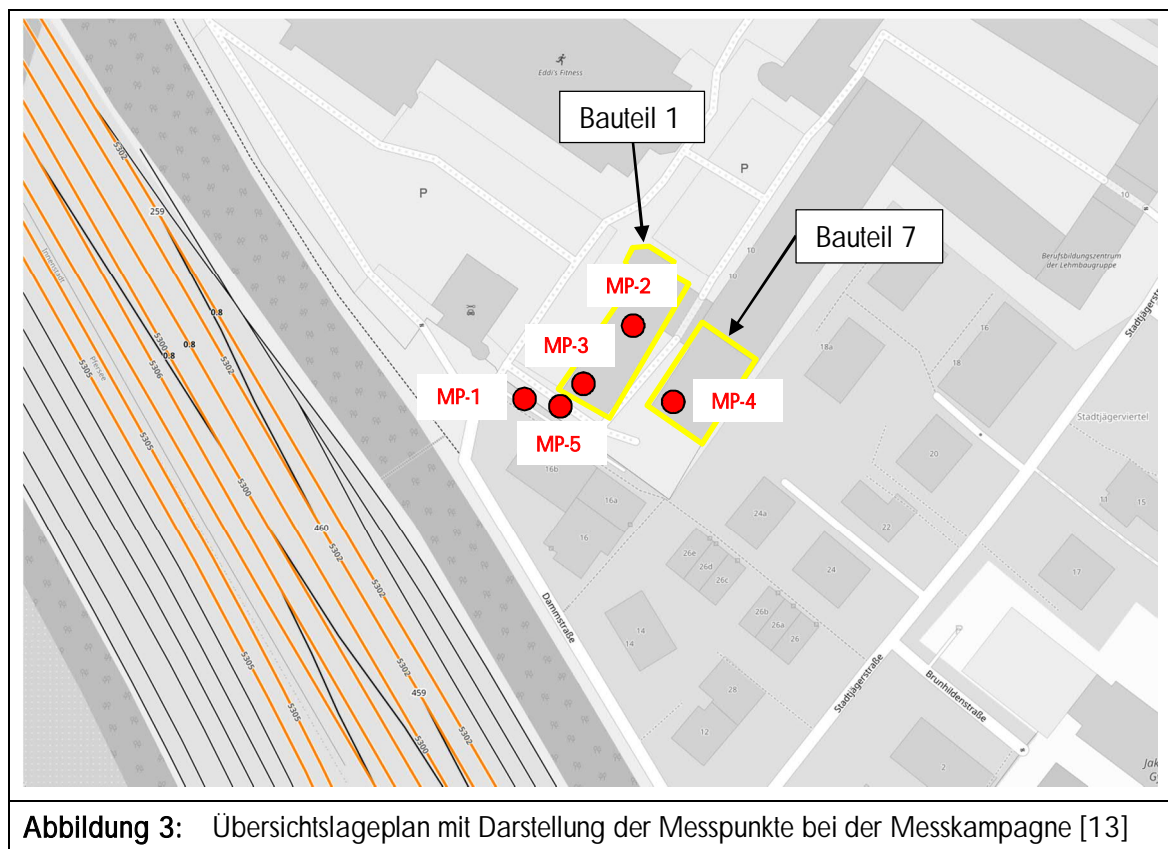
5.2 Messkampagne

Die Messungen wurden im Freifeld und in den beiden südwestlichen Bestandsgebäuden mit den Bezeichnungen Bauteil 1 und Bauteil 7 durchgeführt, wobei sich die Installation der Messpunkte an der Lage der Baukörper zur Erschütterungsquelle sowie den örtlichen Gegebenheiten orientierte.

Die Lage und der horizontale Abstand der Messpunkte zur nächstgelegenen Gleisachse sind in nachfolgender Tabelle beschrieben:

Messpunkt	Ankopplung, Lage des Messpunkts	Horizontaler Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse ca. [m]
MP-1	Freifeld mit Erdspieß	50
MP-2	Bauteil 1 - Untergeschoss mit Messteller	75
MP-3	Bauteil 1 – Erdgeschoss mit Messteller	59
MP-4	Bauteil 7 – Erdgeschoss mit Messteller	75
MP-5	Außenbereich vor Bauteil 1 - Messteller	54

Die Lage der installierten Messpunkte ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dokumentiert.



In der nachfolgenden Tabelle sind die Anzahl der verwertbaren Vorbeifahrten und die erfasste mittlere Vorbeifahrtsgeschwindigkeit während der Messzeit dokumentiert.

Im Messzeitraum wurden keine Anhaltswerte festgestellt, dass der Betrieb auf den Schienenwegen vom üblich durchgeführten Regelverkehr abweicht. Es kann insofern davon ausgegangen werden, dass die erfassten Parameter der Vorbeifahrten den Regelzustand wiedergeben.

Tabelle 5: Anzahl der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrtsgeschwindigkeit während der Messdurchführung			
Strecke	Zuggattung	Anzahl der erfassten Vorbeifahrten	mittlere Geschwindigkeit
5300	SPNV	17	40 km/h
	SGV	2	46 km/h
	SPFV	0	-
5302	SPNV	13	53 km/h
	SGV	2	59 km/h
	SPFV	11	55 km/h

5.3 Messgeräte

Für die Messungen und Auswertungen wurden folgende Geräte verwendet:

- Seismometer der Fa. SINUS Messtechnik GmbH, Model 902102.6,
- Messdatenerfassung und –konditionierung mit MEDA der Fa. Wölfel
- Signalanalyse Software MEDA der Fa. Wölfel
- Radarpistole

Die verwendeten Messgeräte wurden vor der Messung auf ihre einwandfreie Funktion überprüft. Die Messgeräte sind Bestandteil des unter D-PL-19432-01-00 nach DIN EN ISO/EC 17025:2005 von der DAkkS akkreditierten Prüflaboratoriums der Möhler + Partner Ingenieure AG. In diesem Rahmen werden die Messgeräte regelmäßig überwacht und auf nationale Normale zurückgeführt.

Vor der Messung wurden die Messkanäle abgeglichen und die Messkette durch Abklopfen der Messaufnehmer für den Messeinsatz auf eine Funktionskontrolle überprüft. Das Einlesen der Kanäle erfolgte simultan. Zu Beginn und nach der 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 und weitere Besonderheiten (z. B. Flachstellen, Fahrgeschwindigkeiten usw.) notiert.

5.4 Ankopplung der Messaufnehmer

Die Ankopplung der Geophone an der Geländeoberfläche erfolgte für Messpunkt 1 über einen Erdspeiß mit einer Länge von $l = 0,5$ m und X-förmigen Querschnitt entsprechend den Anforderungen der DIN 45669-2 [8]. Der Aufnehmer wurde mit dem Erdspeiß mittels eines Adapters verschraubt. Der Erdspeiß wurde in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen des Speißes beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz des Erdspeißes wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspeiß-Achse geachtet. Die weiteren Geophone der Messpunkte 2 bis 5 wurden über sogenannte Messteller auf dem vorhandenen ebenen Betonfundament lotrecht positioniert.

Zur Vermeidung von störenden niederfrequenten Windanregungen wurden die Sensoren an den jeweiligen Messpunkten abgedeckt.

5.5 Messunsicherheit

Messunsicherheiten bei den Erschütterungsmessungen können durch mögliche Störeinflüsse auftreten, z.B.

- Zusätzliche Schwingungen, deren Einwirkung auf das Messobjekt nicht oder nur sekundär Gegenstand der Mess- und Beurteilungsaufgabe ist (z. B. hausinterne Vorgänge o. ä.)
- Störsignale, die neben der Eingangsgröße unmittelbar auf den Schwingungsmesser wirken (z. B. elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder)
- Rückwirkungen des Schwingungsmessers auf das Messobjekt

Schwingungen, die nicht Gegenstand der Mess- und Beurteilungsaufgabe waren, wurden anhand des Messprotokolls bei der Auswertung ausgeblendet und somit nicht berücksichtigt. Anhand der durchgeführten Nullmessungen wurde festgestellt, dass etwaige Störeinflüsse durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder soweit vermindert werden konnten, dass sie auf das Messergebnis keinen relevanten Einfluss hatten. Rückwirkungen des Schwingungsmessers auf das Messobjekt konnten aufgrund der geringen Masse des Messaufnehmers gegenüber der Masse des Messobjekts ausgeschlossen werden.

6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen

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

6.1 Schwingungsanregung

An den jeweiligen 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 für die jeweiligen Schichten (z.B. getrennt nach Richtungsgleis Fahrtrichtung) energetisch gemittelt.

Die Abbildung in der Anlage 2 zeigt die während der Messung höchsten aufgetretenen Terzschnellespektren aus den gemittelten Max-Hold-Terzschnellen bezogen auf die ermittelten Vorbeifahrten auf den nächstgelegenen Richtungsgleisen der für die Beurteilung relevanten Zuggattungen, hier am Messpunkt MP-5.

6.2 Einleitung der Erschütterungen vom Erdreich in das Gebäude

Für die Übertragung der Schwingungen vom Erdreich in das Gebäude sind die dynamischen Eigenschaften der Empfängerstruktur und die Rückwirkung des angrenzenden Bodens bestimmend. Für eine Vorabschätzung ist die Überhöhung der Schwingungen beim Übergang vom Erdreich in das Gebäude abhängig von der Gebäudemasse und der Frequenz [3].

Entsprechend wird die Abnahme der Schnellepegel frequenz- und gebäudemasseabhängig angesetzt.

6.3 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 im Bereich von 15 bis 40 Hz (i. d. R. jedoch zwischen 20 bis 30 Hz) liegen. Die jeweiligen Berechnungen wurden demzufolge für Decken-Eigenfrequenzen von ca. 15 Hz 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 Vergrößerungsfaktor wurde 8 (=18 dB) gewählt. Die Vergrößerungs-Faktoren für die anderen Frequenzen können aus dem Zusammenhang für die Vergrößerungsfunktion eines Ein-Massen-Schwingers ermittelt werden:

$$V = [(1 + (2D\eta)^2) / ((1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2)]^{0,5}$$

mit:

D = Dämpfungsmaß, η = Erregerfrequenz / Eigenfrequenz

Die Schwingungen eines 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 Schichtung gemittelte $KB_{F_{max}}$ - Werte ($KB_{F_{Tm,j}}$ - Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren kann innerhalb des geplanten Bauvorhabens zu den unten aufgelisteten mittleren $\overline{KB_{F_{Tm,j}}}$ - Werten (entsprechend einem mittleren $KB_{F_{max}}$ - Wert) bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werten im Beurteilungszeitraum tags / nachts für Rohdecken mit Eigenfrequenzen bis 40 Hz bzw. unter der Annahme des Einbaus eines Estrichs für Rohdecken mit Estrich und Estrich Eigenfrequenzen von $f_0 \approx 50 - 80$ Hz führen.

7. Prognoseberechnungen

Die Prognoseberechnungen für die Einwirkungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall sind nachfolgend dargestellt.

7.1 Erschütterungsimmissionen

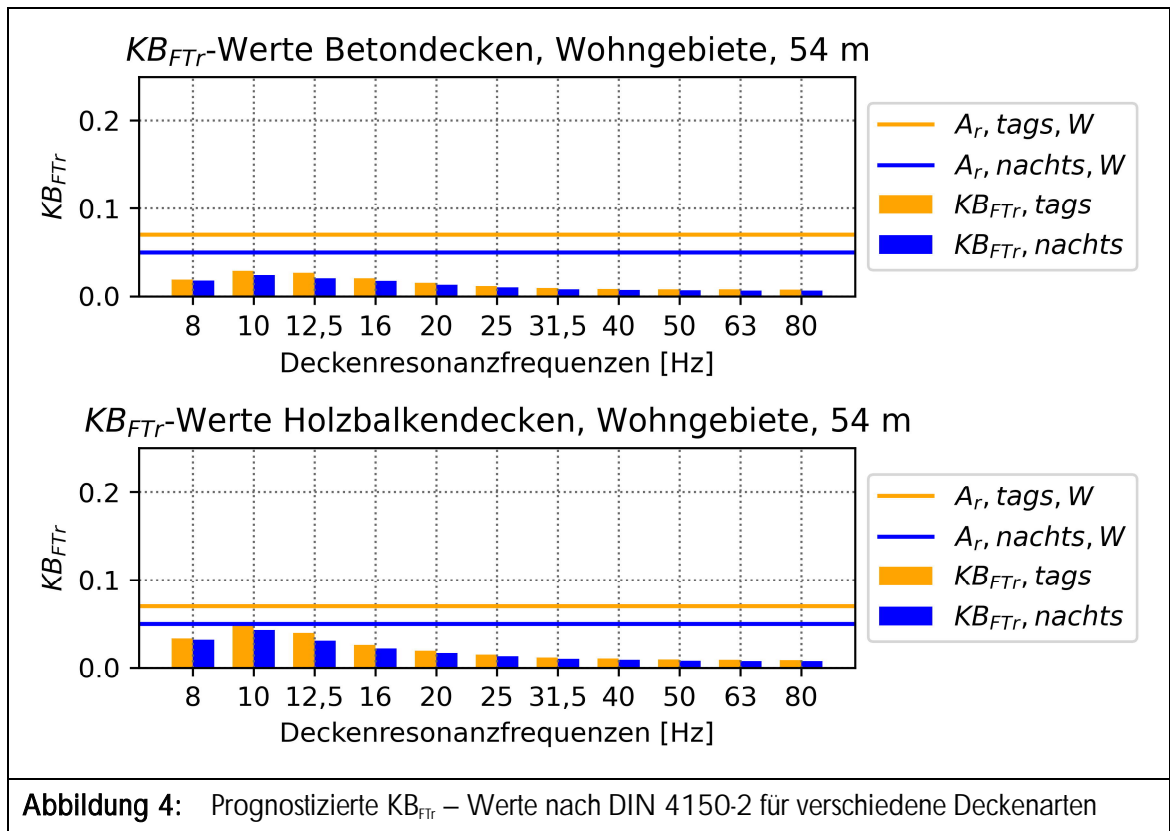
Die sich anhand der erfassten Messdaten ergebenden prognostizierten maximalen $\overline{KB}_{FTm,j}$ – Werte sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6: Prognostizierte maximale $\overline{KB}_{FTm,j}$ – Werte auf den Geschossdecken eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen			
Messpunkt	maximaler $\overline{KB}_{FTm,j}$ – Wert		
	Strecke 5300/5302		
	SGV	SPFV	SPNV
MP-5	0,20	0,14	0,12

Felldruck: Überschreitung des unteren Anhaltswerts A_u der DIN 4150-2 nachts

Fett-/Kursivdruck: Überschreitung des unteren Anhaltswerts A_u der DIN 4150-2 tags und nachts

Auf Basis der erhaltenen Messdaten ergeben sich die in folgender Abbildung dargestellten prognostizierten KB_{Fr} – Werte nach DIN 4150-2 für verschiedene Deckenarten und Resonanzfrequenzen.



7.2 Prognose des sekundären Luftschalls

Die Berechnungen des sekundären Luftschalls führen zu den unten aufgelisteten maximalen Geräuschspitzen $\overline{L_{A,max}}$ an den jeweiligen Messpunkten:

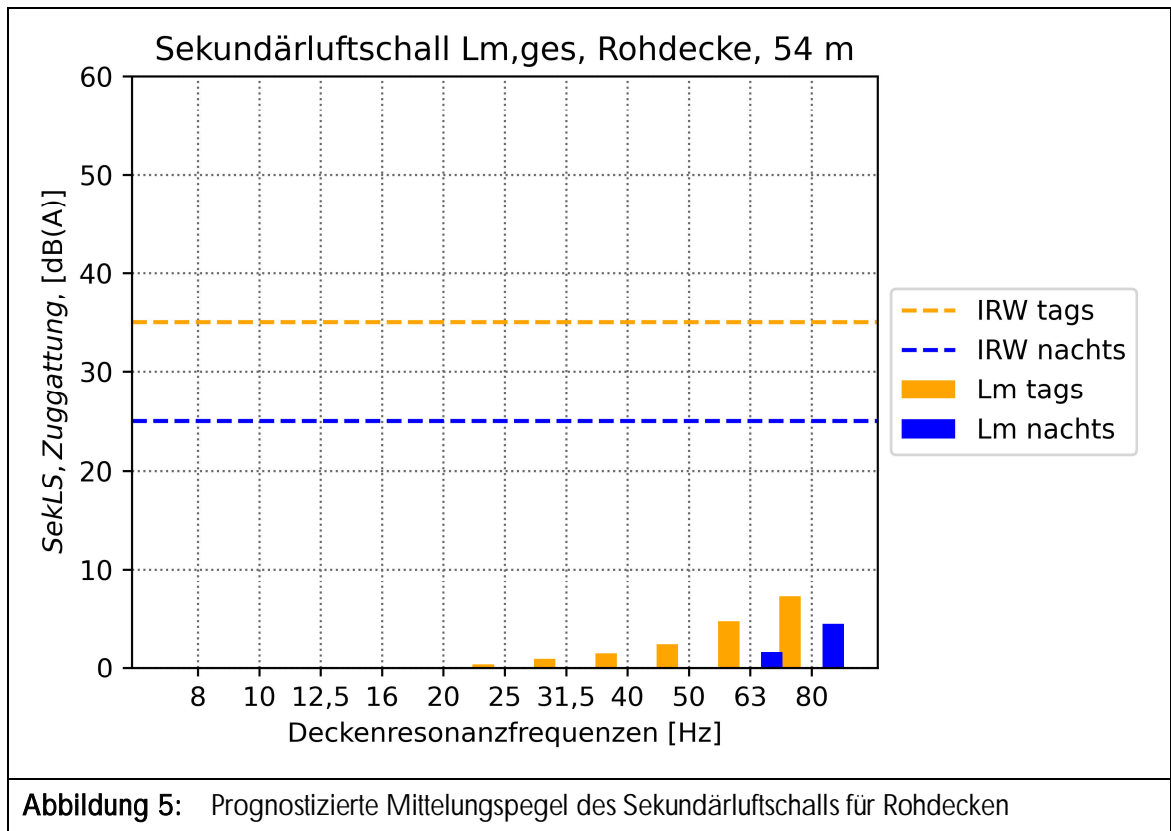
Tabelle 7: Prognostizierte maximale Geräuschspitzen $\overline{L_{A,max}}$ des sekundären Luftschalls [dB(A)] in Räumen eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen

Messpunkt	maximale Geräuschspitzen $\overline{L_{A,max}}$ des sekundären Luftschalls		
	Strecke 5300/5302		
	SGV	SPFV	SPNV
MP-5	25	23	20

Fettdruck: Überschreitung der Anforderungen der TA Lärm im Beurteilungszeitraum nachts

Fett-/Kursivdruck: Überschreitung der Anforderungen der TA Lärm im Beurteilungszeitraum tags und nachts

Es ergeben sich folgende prognostizierte Mittelungspegel des Sekundärluftschalls für Rohdecken nach folgender Abbildung.



8. Bewertung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls

Die Beurteilung der auf Erschütterungen zurückzuführenden Immissions-Situation erfolgt auf Grundlage der aus den Messdaten berechneten Mittelwerte. Die Immissionen einzelner Züge können jedoch deutlich (z. B. bei schadhaftem Zugmaterial) von diesen Mittelwerten abweichen.

Die Aussagen beziehen sich auf die durchgeführten messtechnischen Untersuchungen und die zu diesem Zeitpunkt vorgelegenen örtlichen Gegebenheiten, die Unterlagen zum Belegungsprogramm und zur geplanten baulichen Nutzung sowie pauschale Ansätze zur Berechnung der Reaktion eines Gebäudes in Massivbauweise auf Schwingungsanregung.

Dabei sind anhand der durchgeführten messtechnischen Untersuchungen relevante Immissionen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall für die Baukörper im Plangebiet nicht auszuschließen.

8.1 Baukörper im WA

Die Baukörper im WA befinden sich in einem Abstand von $d \geq 54$ m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5302 und 5300.

Die Beurteilung wird anhand der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [6] für Wohngebiete – siehe Tabelle 2 in Kapitel 4.1.3 – durchgeführt:

- Ein Vergleich der prognostizierten $KB_{Fm,j}$ - Werte aus der Tabelle 6 mit den unteren Anhaltswerten A_u (0,15/0,10 tags/nachts) zeigt, dass das A_u - Kriterium tags eingehalten, jedoch nachts nicht eingehalten wird.
- Aufgrund der Häufigkeit der Zugvorbeifahren halten die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken von $KB_{Fr} = 0,03/0,02$ tags/nachts nach Abbildung 4 die heranzuziehenden Anhaltswerte A_r (0,07/0,05 tags/nachts) ein, so dass keine erheblichen Belästigungen im Sinne der DIN 4150-2 auftreten werden.

Hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmung ist davon auszugehen, dass etwaige Vorbeifahrten bei ruhigem Aufenthalt in Wohnungen subjektiv gut spürbar und demzufolge auch entsprechend störend wirken können.

Die Anforderungen der DIN 4150-2 an den Erschütterungsschutz werden jedoch für alle Baukörper eingehalten.

Die Beurteilung des Sekundärluftschalls erfolgt anhand der Immissionsrichtwerte „Innen“ der TA Lärm, die in der Tabelle 3 im Kapitel 4.2 dargestellt sind:

- Ausgehend von den prognostizierten Maximalpegel $\overline{L_{A,max}}$ von bis zu 25 dB(A) tags/nachts aus der Tabelle 7 werden die Anforderungen der TA Lärm [1] eingehalten, jedoch sind diese vom menschlichen Gehör wahrnehmbar.

- Aufgrund der Häufigkeit der Zugvorbeifahrten unterschreiten die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls von $L_m = < 10 \text{ dB(A)}$ nach Abbildung 5 die Immissionsrichtwerte „Innen“ sowohl tags als auch nachts.

9. Vorschlag für weiteres Vorgehen

Nach Kapitel 8 werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 eingehalten und die Anforderungen an den Sekundärluftschalls anhand der Immissionsrichtwerte „Innen“ der TA Lärm erfüllt. Jedoch kann es hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmung bei etwaigen Vorbeifahrten und ruhigem Aufenthalt in Wohnungen zu gut spürbaren und demzufolge auch entsprechend störend wirkenden Erschütterungen kommen. Außerdem können die prognostizierten Maximalpegel $\overline{L_{A,max}}$ von bis zu 25 dB(A) tags/nachts des Sekundärluftschalls vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden.

Aufgrund der wahrnehmbaren Erschütterung und des sekundär Luftschalles werden nach Rücksprache mit dem Auftraggeber, Maßnahmen im Zuge der Sanierung vorgeschlagen, um die Immissionen auf ein mögliches Minimalmaß zu reduzieren [15].

Die Errichtung und Instandhaltung eines offenen Erdschlitzes erscheint aufgrund der innerstädtischen Lage weder praktikabel noch technisch umsetzbar.

Als eine praktikable Lösung, welche sich in den Bauablauf einbinden lässt, wäre eine seitliche Abschirmung der südwestlichen bestehenden Fundamente der Bauteile 1 und 7 durch Elastomermatten. Diese müssten bei Bauteil 1 im Bestand bis zu einer Tiefe von 0,75 m und für Bauteil 7 bis zu einer Tiefe von 1,65 m ab Oberkante Gelände eingebracht werden.

Durch eine seitliche Abschirmung der Fundamente durch Elastomermatten kann im vorliegenden Fall eine Abminderung um bis zu 6 dB, im ungünstigen Fall jedoch auch deutlich weniger erwartet werden, wobei dies allerdings mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist, d.h. der Erfolg der Maßnahmen ist unsicher.

Es wird deshalb vorgeschlagen, eine baubegleitende Erschütterungsmessung unmittelbar nach Fertigstellung der Fundamentbereiche durchzuführen.

Vorschlag seitliche Gebäudeabschirmung (von innen nach außen):

- Fundament mit Perimeterdämmung etc.
- Elastomermatte ($d \geq 20 \text{ mm}$)
- Mechanischer Schutz (z.B. Noppenschutzfolie o. ä.)
- Isolierschicht ($d \geq 30 \text{ cm}$)
- anstehendes Erdreich

Die Auswahl einer Elastomermatte erfolgt in Abhängigkeit von den auftretenden Lasten (Erddruck o. ä.) vom jeweiligen Lagerhersteller. Als Anhaltswert ist für die Elastomermatten von einer dynamischen Steifigkeit $c_{\text{dyn}} \leq 55 \text{ MN/m}^3$ bei der im Mittel zu erwartenden Vorlast und einer Anregungsfrequenz von 12 Hz auszugehen.

Die Isolierschicht ist durch ein formstabiles Material mit möglichst hohem Luftvolumenanteil auszuführen (z.B. Verfüllung mit Material homogener Korngrößenverteilung). Als Füllmaterial kann hier beispielsweise grobkörniger Drainageschotter, Blähtongranulat o. ä. in Betracht gezogen werden. In diesem Zusammenhang sollte idealerweise auch ein Wechsel der Korngrößenverteilung der Isolierschicht in Bezug auf das umgebenden Erdreich angestrebt werden.

Ferner ist darauf zu achten, dass sowohl auf als auch unterhalb der Geländeoberkante bautechnische Schwingungsbrücken (z.B. weit vorgelagerte Lichtschächte, asphaltierte Laufwege, etc.) gründlich vom Hauptbauwerk entkoppelt werden.

Bemessungsgrundlage für die Ausschreibung (exemplarisch)

- Einbautiefe entsprechend Fundamenttiefe
- Einbaulänge ca. 2 x 15 m entlang der südwestlichen Stirnseiten der Gebäudeteile 1 und 7 sowie entlang der anschließenden Längsseiten bis zu ca. jeweils 5 m
- Erddruck mit Grundwasser bei 4,6 m unter GOK
- Betoniergeschwindigkeit $v=1,5\text{m/h}$, $T=15^\circ\text{C}$ → Betonierdruck ca. 42 kN/m²
- Typ Sylomer SR 42-25 der Fa. GETZNER, d=25 mm ggf. mit Lastverteilungsschicht auf der bahnseitigen Mattenseite
- Mechanischer Schutz (z.B. Noppenschutzfolie o. ä.) vor Elastomermatte
- Isolierschicht (d ≥ 30 cm)

Hinweis für das LV (soweit Ausschreibung des Materials erfolgt)

„Die Elastomerlagerung sollte möglichst weich dimensioniert werden und dabei entsprechend der Einbaulage aufgrund der Pressung durch Erd- und/oder Betonierdruck ausgelegt werden. Die Eignung des eingesetzten Elastomers ist durch den Hersteller oder Lieferanten nachzuweisen“.

10. Textvorschlag für den Bebauungsplan

Satzung (Festsetzungen)

- (1) Im Allgemeinen Wohngebiet (WA) ist durch geeignete technische bzw. konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass die Anforderungen der DIN 4150-2 (Erschütterungen im Bauwesen. Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999) eingehalten werden.
- (2) Im Allgemeinen Wohngebiet (WA) ist für Sekundärluftschallimmissionen durch geeignete technische bzw. konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass die Immissionsrichtwerte „Innen“ der TA Lärm, Abschnitt 6.2 i. d. F. vom August 1998 aus Körperschallübertragung in Gebäuden eingehalten werden.

Mittelungspegel $L_{A,m}$ Tag/Nacht 35/25 dB(A)

Maximalpegel $L_{A,max}$ Tag/Nacht 45/35 dB(A)

- (3) Zur Minimierung subjektiver Wahrnehmungen von Erschütterungsimmissionen und Körperschallübertragungen in den Gebäudeteilen 1 und 7 ist eine seitliche Abschirmung in Form einer Elastomermatte an den in folgender Abbildung grün gekennzeichneten Fundament- und Kellerbereichen auszuführen.*

*Hinweis: Diese Festsetzung wird vorgeschlagen, um die Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundären Luftschall auf ein Minimum zu reduzieren, obgleich die Anforderungen aus den Normen eingehalten werden.



Abbildung: Gekennzeichnete Bereiche für Erschütterungsschutzmaßnahme (grün)

Begründung

Aufgrund der räumlichen Nähe der geplanten Baufelder zu der oberirdischen Bahnlinien der DB AG wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen untersucht. Hierbei wurden die zukünftigen Einwirkungen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall prognostiziert und nach den einschlägigen Richtlinien und Normen beurteilt.

Die Untersuchungen auf Basis von Messungen im Plangebiet kommen zu dem Ergebnis, dass aufgrund des Abstands der geplanten Baukörper zu den Bahnanlagen die Anforderungen der DIN 4150-2 bzw. der TA Lärm eingehalten werden.

Trotz Einhaltung der Anforderungen an den Erschütterungsschutz kann es hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmung bei etwaigen Vorbeifahrten und ruhigem Aufenthalt in Wohnungen zu gut spürbaren und demzufolge auch entsprechend störend wirkenden Erschütterungen kommen. Außerdem können die prognostizierten Maximalpegel $\overline{L_{A,max}}$ von bis zu 25 dB(A) tags/nachts des Sekundärluftschalls vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden.

Aufgrund der wahrnehmbaren Erschütterung und des Sekundärluftschalls werden Maßnahmen getroffen um die Immissionen auf ein mögliches Minimalmaß zu reduzieren.

Es wird vorgeschlagen eine seitliche Abschirmung der südwestlichen bestehenden Fundamente der Bauteile 1 und 7 durch Elastormatten umzusetzen. Diese müssen bei Bauteil 1 im Bestand bis zu einer Tiefe von 0,75 m und für Bauteil 7 bis zu einer Tiefe von 1,65 m ab Oberkante Gelände eingebracht werden.

Die Auswahl einer Elastormatte erfolgt in Abhängigkeit von den auftretenden Lasten (Erddruck o. ä.) vom jeweiligen Lagerhersteller. Als Anhaltswert ist für die Elastormatten von einer dynamischen Steifigkeit $c_{dyn} \leq 55 \text{ MN/m}^3$ bei der im Mittel zu erwartenden Vorlast und einer Anregungsfrequenz von 12 Hz auszugehen.

Ferner ist darauf zu achten, dass sowohl auf als auch unterhalb der Geländeoberkante bautechnische Schwingungsbrücken (z.B. weit vorgelagerte Lichtschächte, asphaltierte Laufwege, etc.) gründlich vom Hauptbauwerk entkoppelt werden.

Diese erschütterungstechnische Untersuchung umfasst 29 Seiten und 2 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

Augsburg, den 10.03.2021

Möhler + Partner
Ingenieure AG



11. Anlagen

Anlage 1.1 – 1.2: Verkehrsmengen der DB AG, Prognose 2030

Anlage 2.1: Maximale Max-Hold-Terzschnellespektren der Zugvorbeifahrten an den Messpunkten

Anlage 1.1 – 1.2: Verkehrsmengen der DB AG, Prognose 2030

gemäß aktueller Bekanntgabe der Zugzahlenprognose 2030 (KW 12/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte

Strecke 5300

Abschnitt Augsburg Hbf - Augsburg Oberhausen

Bereich Augsburg Stadtfägerstraße

von_km 0,2 bis_km 1,2

VzG von km 0,7 bis km 1,2 = 150 km/h

Prognose 2030

Daten nach Schall03

Zugart	Anzahl		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband				Fahrzeugkategorie					
	Tag	Nacht		Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl		
Traktion													
GZ-E	51	34	100	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
GZ-E	2	3	100	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
RV-E	18	2	100	7-25_A4	1	9-Z5	5						
RV-ET	40	6	100	5-25_A10	1								
RV-ET	12	1	100	5-25_A10	2								
RV-ET	18	2	100	5-25_A16	1								
RV-VT	38	8	100	6-A8	3								
IC-E	3	0	100	7-25_A4	1	9-Z5	12						
ICE	16	2	100	3-29_A52	1								
	198	58	Summe beider Richtungen										

Erläuterungen und Legende

1. v_max abgeglichen mit VzG 2019

Bei Streckenneu- und Ausbauprojekten wird die jeweilige Fahrzeughöchstgeschwindigkeit angegeben. Der Abgleich mit den zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeiten erfolgt durch die Projektleitung.

2. Auf die in der Prognose 2030 ermittelten SGV -Zugzahlen hat das BMVI eine Grundlast aufgeschlagen, mit der Lokfahrten, Mess-, Baustellen-, Schwabwagen usw. abgebildet werden.

3. Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie setzt sich wie folgt zusammen:

Nr. der Fz-Kategorie - Variante bzw. -Zeilenummer in Tabelle Beiblatt 1_Achszahl (bei Ttz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

4. Für Brücken, schienengleiche BÜ und enge Gleisradian sind ggf. die entsprechenden Zuschläge zu berücksichtigen.

Legende

Traktionsarten:

- E = Bespannung mit E-Lok
- V = Bespannung mit Diesellok
- ET, -VT = Elektro- / Dieseltriebzug

Zugarten:

- GZ = Güterzug
- RV = Regionalzug
- S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...
- IC = Intercityzug (auch Railjet)
- ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV
- NZ = Nachtreisezug
- AZ = Saison- oder Ausflugszug
- D = sonstiger Fernreisezug, auch Dritte
- LR, LICE = Leerreisezug

gemäß aktueller Bekanntgabe der Zugzahlenprognose 2030 (KW 12/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte

Strecke 5302

Abschnitt Augsburg Hbf - Augsburg Oberhausen

Bereich Augsburg Stadtfägerstraße

von_km 0,2 bis_km 1,2

VzG von km 0,5 bis km 1,2 = 130 km/h

Prognose 2030

Daten nach Schall03

Zugart	Anzahl		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband				Fahrzeugkategorie					
	Tag	Nacht		Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl	Fahrzeugkategorie	Anzahl		
01-GZ-E	16	15	100	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
02-GZ-E	3	2	100	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
03-RV-ET	18	0	100	5-25_A12	1	9-Z5_A8	1						
04-RV-E	17	1	100	7-25_A4	1	9-Z5	5						
05-IC-E	25	5	100	7-25_A4	1	9-Z5	12						
06-ICE	15	1	100	1	2	2-V1	12						
07-ICE	45	1	100	3-Z11	2								
08-TGV	6	0	100	1	4	2-V2	14						
	145	25	Summe beider Richtungen										

Erläuterungen und Legende

1. v_max abgeglichen mit VzG 2019

Bei Streckenneu- und Ausbauprojekten wird die jeweilige Fahrzeughöchstgeschwindigkeit angegeben. Der Abgleich mit den zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeiten erfolgt durch die Projektleitung.

2. Auf die in der Prognose 2030 ermittelten SGV -Zugzahlen hat das BMVI eine Grundlast aufgeschlagen, mit der Lokfahrten, Mess-, Baustellen-, Schwabwagen usw. abgebildet werden.

3. Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie setzt sich wie folgt zusammen:

Nr. der Fz-Kategorie - Variante bzw. -Zeilenummer in Tabelle Beiblatt 1_Achszahl (bei Ttz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

4. Für Brücken, schienengleiche BÜ und enge Gleisradian sind ggf. die entsprechenden Zuschläge zu berücksichtigen.

Legende

Traktionsarten:

- E = Bespannung mit E-Lok
- V = Bespannung mit Diesellok
- ET, -VT = Elektro- / Dieseltriebzug

Zugarten:

- GZ = Güterzug
- RV = Regionalzug
- S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...
- IC = Intercityzug (auch Railjet)
- ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV
- NZ = Nachtreisezug
- AZ = Saison- oder Ausflugszug
- D = sonstiger Fernreisezug, auch Dritte
- LR, LICE = Leerreisezug

Strecke 5305

Abschnitt Augsburg Hbf - Augsburg Rbf Mitte
 Bereich Augsburg Stadtlägerstraße
 von_km 0,2 bis_km 1,2

Prognose 2030

Zugart	Anzahl		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband									
	Tag	Nacht		Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl
GZ-E	19	11	40	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
	19	11	Summe beider Richtungen										

Erläuterungen und Legende**1. v_max abgeglichen mit VzG 2019**

Bei **Streckenneu- und Ausbauprojekten** wird die jeweilige **Fahrzeughöchstgeschwindigkeit** angegeben. Der Abgleich mit den zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeiten erfolgt durch die Projektleitung.

2. Auf die in der Prognose 2030 ermittelten **SGV-Zugzahlen** hat das **BMVI** eine Grundlast aufgeschlagen, mit der **Lokfahrten, Mess-, Baustellen-, Schadwagen** usw. abgebildet werden.

3. Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie setzt sich wie folgt zusammen:
 Nr. der Fz-Kategorie-Variante bzw. -Zellennummer in Tabelle Beiblatt 1_Achszahl (bei Ttz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

4. Für **Brücken, schienengleiche BÜ und enge Gleisradien** sind ggf. die entsprechenden Zuschläge zu berücksichtigen.

Legende

Traktionsarten:
 - E = Spannung mit E-Lok
 - V = Spannung mit Diesellok
 - ET, - VT = Elektro- / Dieseltriebzug

Zugarten:
 GZ = Güterzug
 RV = Regionalzug
 S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...
 IC = Intercityzug (auch Rajjet)
 ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV
 NZ = Nachtreisezug
 AZ = Saison- oder Ausflugszug
 D = sonstiger Fernreisezug, auch Dritte
 LR, LICE = Leerreisezug

gemäß aktueller Bekanntgabe der Zugzahlenprognose 2030 (KW 12/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte

Strecke 5306

Abschnitt Augsburg Hbf - Augsburg Oberhausen
 Bereich Augsburg Stadtlägerstraße
 von_km 0,2 bis_km 1,2

Prognose 2030

Zugart	Anzahl		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband									
	Tag	Nacht		Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl	Fahrzeug kategorie	Anzahl
GZ-E	25	17	60	7-25_A4	1	10-25	30	10-Z18	8				
RE-ET	82	8	60	5-25-A10	1								
	107	25	Summe beider Richtungen										

Erläuterungen und Legende**1. v_max abgeglichen mit VzG 2019**

Bei **Streckenneu- und Ausbauprojekten** wird die jeweilige **Fahrzeughöchstgeschwindigkeit** angegeben. Der Abgleich mit den zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeiten erfolgt durch die Projektleitung.

2. Auf die in der Prognose 2030 ermittelten **SGV-Zugzahlen** hat das **BMVI** eine Grundlast aufgeschlagen, mit der **Lokfahrten, Mess-, Baustellen-, Schadwagen** usw. abgebildet werden.

3. Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie setzt sich wie folgt zusammen:
 Nr. der Fz-Kategorie-Variante bzw. -Zellennummer in Tabelle Beiblatt 1_Achszahl (bei Ttz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

4. Für **Brücken, schienengleiche BÜ und enge Gleisradien** sind ggf. die entsprechenden Zuschläge zu berücksichtigen.

Legende

Traktionsarten:
 - E = Spannung mit E-Lok
 - V = Spannung mit Diesellok
 - ET, - VT = Elektro- / Dieseltriebzug

Zugarten:
 GZ = Güterzug
 RV = Regionalzug
 S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...
 IC = Intercityzug (auch Rajjet)
 ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV
 NZ = Nachtreisezug
 AZ = Saison- oder Ausflugszug
 D = sonstiger Fernreisezug, auch Dritte
 LR, LICE = Leerreisezug

Anlage 2.1: Mittleres Max-Hold-Terzschnellespektrum der Zugvorbeifahrten am Messpunkt MP-5

