# Erschütterungstechnische Untersuchung

Große Kreisstadt Dachau

Bebauungsplan Nr. 144/08

"Ehemalige MD-Papierfabrik"

Bericht Nr. 070-6355-02

im Auftrag der

Großen Kreisstadt Dachau

85208 Dachau

Augsburg, im Juni 2020



### Erschütterungstechnische Untersuchung

Stadt Dachau

Bebauungsplan Nr. 144/08 "Ehemalige MD-Papierfabrik"

**Bericht-Nr.**: 070-6355-02

Dieser Bericht ersetzt den Bericht 070-6355-01 vom 27.05.2020

**Datum:** 27.05.2020

Auftraggeber: Große Kreisstadt Dachau

Postfach 18 69 85208 Dachau

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: M.Eng. David Eckert

M.Sc. Martin Crljenkovic Dipl.-Ing. Manfred Liepert

## Inhaltsverzeichnis:

Inhaltsverzeichnis:	3
Abbildungsverzeichnis:	5
Tabellenverzeichnis:	6
Grundlagenverzeichnis:	7
Zusammenfassung:	8
1. Aufgabenstellung	9
2. Örtliche Gegebenheiten	9
3. Belegungsprogramm	11
4. Grundlagen	12
4.1 Erschütterungen	12 13 14
4.2 Sekundärluftschall	
5. Messungen	17
<ul><li>5.1 Messzeit</li><li>5.1.1 Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)</li><li>5.1.2 Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)</li></ul>	17
5.2 Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)	17
5.3 Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)	
5.4 Messgeräte	
5.6 Messunsicherheit	22
6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen	22
6.1 Schwingungsanregung	22
6.2 Einleitung der Erschütterungen vom Erdreich in das Gebäude	23
6.3 Erschütterungsausbreitung innerhalb des Gebäudes	23
7. Prognoseberechnungen	24
7.1 Erschütterungsimmissionen	24
7.2 Prognose des sekundären Luftschalls	25
8. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls	26

8.1 Baukörper im WA (5)	26
8.2 Baukörper im MU 1(6)	27
8.3 Baukörper im MU 2	29
9. Mögliche Maßnahmen	30
9.1 Emissionsort	30
9.2 Transmissionsbereich	30
9.3 Immissionsort	31
10. Vorschlag für weiteres Vorgehen	31
11. Textvorschlag für den Bebauungsplan	32
12. Anlagen	33
Anlage 1.1 – 1.2: Verkehrsmengen der DB AG, Prognose 2030	1
Anlage 2.1 – 2.2: Maximale Max-Hold-Terzschnellespektren der Zugvorbeifahrten Messpunkten	

# Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Vorentwurf des Bebauungsplans Nr. 144/08 "Ehemalige MD-Papierfabrik"10
Abbildung 2:	Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150-2 für häufige Einwirkungen
Abbildung 3:	Übersichtslageplan mit Darstellung der Messpunkte bei der Messkampagne 118
Abbildung 4:	Übersichtslageplan mit Darstellung der Messpunkte bei der Messkampagne 220
Abbildung 5:	Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für WA (5)
Abbildung 6:	Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für MU 1(6)
Abbildung 7:	Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für MU 229

# Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Belegungsprogramm auf den jeweiligen Bahnstrecken für die Prognose 203011
Tabelle 2:	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach Tab. 1 der DIN 4150-2 (Auszug)14
Tabelle 3:	Immissionsrichtwerte "Innen" nach TA Lärm15
Tabelle 4:	Dokumentation der Messpunkte während der Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)
Tabelle 5:	Anzahl der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrgeschwindigkeit während der Messkampagne 119
Tabelle 6:	Dokumentation der Messpunkte während der Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)
Tabelle 7:	Anzahl der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrgeschwindigkeit während der Messkampagne 120
Tabelle 8:	Prognostizierte maximale $\overline{KB_{FTm,j}}$ – Werte auf den Geschossdecken eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen24
Tabelle 9:	Prognostizierte maximale Geräuschspitzen $\overline{L_{A,\max}}$ des sekundären Luftschalls [dB(A)] in Räumen eines fiktiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen

### Grundlagenverzeichnis:

[1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBI. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBI. I S. 432) geändert worden ist

Seite 7 von 33

- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BlmSchG, 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 Geräuschimmissionen 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] Verkehrsdaten Prognose 2030 gem. neuer Schall03 für die Strecken 5501, 5502 und 5544 in Dachau, DB Umwelt, Stand: August 2019
- [13] Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 144/08 "Ehemalige MD-Papierfabrik", bgsm Architekten Stadtplaner, lohrer hochrein Landschaftsarchitekten Stadtplaner, Vorentwurf Stand 10.01.2020

### Zusammenfassung:

Die große Kreisstadt Dachau beabsichtigt für das Gelände der ehemaligen MD-Papierfabrik in unmittelbarer Nähe der Innenstadt Dachau einen Bebauungsplan mit integriertem Grünordnungsplan aufzustellen. Das Plangebiet sieht dabei als Art der baulichen Nutzungen allgemeine Wohngebiete (WA), urbane Gebiete (MU) sowie Sondergebiete für den großflächigen Einzelhandel und Wohnen (SO) nach BauNVO vor.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe des Plangebiets zu bestehenden Bahnlinien der DB AG wurden messtechnische Untersuchungen durchgeführt, um die ermittelten Beurteilungsgrößen für die Erschütterungen und Sekundärluftschall nach den entsprechenden Regelwerken zu beurteilen.

Die Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass relevante Immissionen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall ausschließlich für die Baukörper im WA (5), MU 1(6) und MU 2 nicht auszuschließen sind. Die übrigen Baukörper in den allgemeinen Wohngebieten (WA (1.1) bis (4)), urbanen Gebieten (MU 1(1) bis 1(5)) bzw. Sondergebieten befinden sich in einem Abstand von mindestens 65 m zur nächstgelegenen Gleisachse, so dass keine erheblichen Belästigungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall zu erwarten sind.

Im Weiteren wurden mögliche Schutzmaßnahmen betrachtet, um die entsprechenden Anforderungen einzuhalten.

Für die weitere Behandlung des Erschütterungsschutzes wird auf der Grundlage von weitergehenden baudynamischen Untersuchungen im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens vorgeschlagen, das Erfordernis von konstruktiven und technischen Maßnahmen an den Baukörpern im WA (5), MU 1(6) bzw. MU 2 weiter zu konkretisieren.

Für die Begründung und Satzung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans wurden entsprechende Textbausteine erarbeitet.

### 1. Aufgabenstellung

Die große Kreisstadt Dachau beabsichtigt für das Gelände der ehemaligen MD-Papierfabrik in unmittelbarer Nähe zur Innenstadt einen Bebauungsplan mit integriertem Grünordnungsplan aufzustellen.

Das Plangebiet sieht dabei als Art der baulichen Nutzungen allgemeine Wohngebiete (WA), urbane Gebiete (MU) sowie Sondergebiete für den großflächigen Einzelhandel und Wohnen (SO) nach BauNVO [4] vor.

Das Plangebiet grenzt dabei unmittelbar an Bahnlinien der DB AG für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und Schienengüter- und Schienenpersonenverkehr an.

In einer erschütterungstechnischen Untersuchung sind für die Bauleitplanung die Belange aus dem Betrieb der Bahnlinien der DB AG für das Plangebiet zu klären. Auf der Grundlage messtechnischer Untersuchungen werden die zukünftig zu erwartenden Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen prognostiziert und beurteilt. Gegebenenfalls werden notwendige Schutzmaßnahmen aufgezeigt.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse sind notwendige textliche Formulierungen für den Bebauungsplan (Satzung und Begründung) auszuarbeiten.

Mit der Durchführung der Untersuchungen wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 03.03.2020 von der Großen Kreisstadt Dachau beauftragt.

#### 2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet befindet sich unmittelbar westlich der Bahntrasse München – Pfaffenhofen an der Ilm (Strecke 5501) sowie den S-Bahnlinien München – Altomünster (Strecke 5502) und München – Petershausen (Strecke 5544). Die S-Bahnlinie München – Altomünster zweigt nördlich der Ostenstraße in Richtung Nordwesten ab und teilt somit den nördlichen Bereich des Plangebietes (MU 2 sowie die Fläche für Versorgungsanlagen) vom übrigen Plangebiet.

Im Norden begrenzt zwischen der "Freisinger Straße" und der Bahnstrecken 5501 und 5544 die "Erich-Ollenhauer-Straße" das Plangebiet. An der nordwestlichen Grenze des Plangebiets verläuft die "Konrad-Adenauer-Straße" bzw. südwestlich die "Ludwig-Thoma-Straße". Die "Ostenstraße" teilt das südliche (WA (1.1) bis WA (5)) vom nördlichen Plangebiet (MU 1(1) bis MU 1(6)), MU 2 sowie SO (1) und SO (2).

Die Bahnstrecken 5501 und 5544 verlaufen im Bereich des Plangebiets in einer Dammlage von ca. 2 bis 3 m. Die Bahnstrecke 5502 verläuft bei der Parallellage zu den Bahnstrecken 5501 und 5504 ebenfalls in Dammlage und nähert sich nach dem Abzweig nach Nordwesten der Geländegleichlage an. Im Bereich von Bahn-km 0,81 der Strecke 5502 befindet sich eine Weichenverbindung zwischen den Richtungsgleisen der Strecke 5502 und 5544, in welcher der Richtungsbetrieb in einen Linienbetrieb übergeht. Im Bereich von Bahn-km 0,91 der Strecke 5502 befindet sich die Eisenbahnüberführung über die Ostenstraße, die in Massivbauweise ausgeführt ist. Im Bereich von Bahn-km 1,30

der Strecke 5502 befindet sich der Bahnübergang über die Freisinger Straße. Beim Gleisoberbau der Streckengleise handelt es sich um einen herkömmlichen Schotteroberbau mit Schwellen. Etwaige Maßnahmen zum Erschütterungsschutz im Bereich der Gleisanlagen sind nicht vorhanden.

In nachfolgendem Vorentwurf zum Bebauungsplan sind das Plangebiet mit den Baukörpern und deren Art der baulichen Nutzung nach BauNVO [4] sowie die bestehenden Bahnlinien dargestellt.

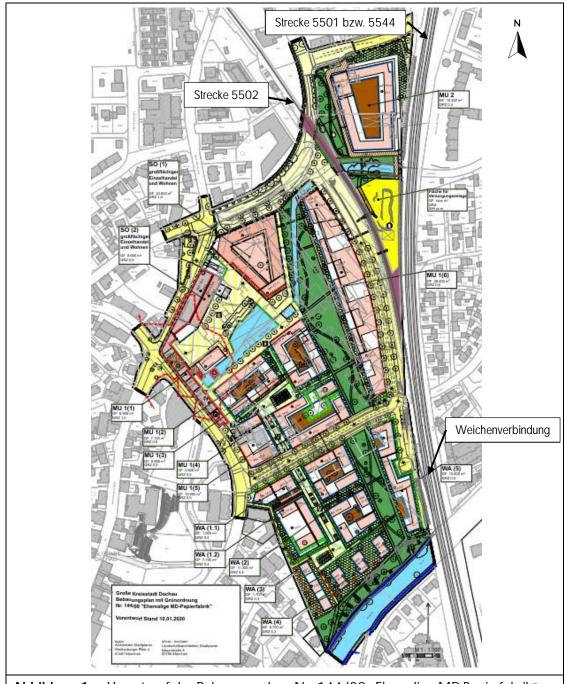


Abbildung 1: Vorentwurf des Bebauungsplans Nr. 144/08 "Ehemalige MD-Papierfabrik"

Bericht 070-6355-02

Innerhalb des Plangebiets befinden sich der unter Denkmalschutz stehende winkelförmige Gebäudezug entlang der "Ludwig-Thoma-Straße" und "Konrad-Adenauer-Straße" sowie östlich davon das frühere Werksmuseum und das Wasserkraftwerk.

Zwischen den geschlossenen Bebauungsriegeln entlang den Bahnlinien und der "Kalanderhalle" ist ein fünfeckiger Baukörper (sog. Pentagon) als SO (1) mit Einzelhandel und Wohnen vorgesehen. Den nördlichen Bereich der geschlossenen Bebauungsriegel entlang den Bahnlinien schließt ein bis zu 29 m hoher Baukörper (sog. Kontorhaus) ab. Weitere höhentechnisch auffällige Baukörper im Plangebiet bilden der südliche Bebauungsriegel des Pentagons mit bis zu 23 m und der nordwestliche Baukörper im MU 2 mit bis zu 22 m.

### 3. Belegungsprogramm

Die Belegungsprogramme auf den Strecken 5501, 5502 und 5544 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 <sub>max</sub> im Streckenab- schnitt	Fahrzeug- länge bis [m]	
	Tag	Nacht		0 11	
Strecke 5501 Ab	schnitt Dachau Ba	hnhof - Röhrmoos E	Bereich Erich Ollenha	uer Str.	
SGV	27	26	120	700	
SPNV-ET	48	6	160	140	
SPNV-E	32	4	160	210	
SPFV	84	7	200	400	
Gesamt	191	43			
Strecke 5502 Ab	schnitt Dachau Bh	f. – Dachau Stadt E	Bereich Erich Ollenha	auer Str.	
S-Bahn	48 9 70 140				
Strecke 5544 Abschnitt Dachau Bhf. – Herbertshausen Bereich Erich Ollenhauer Str.					
S-Bahn	84	18	120	140	
Gesamt	323	70			

SGV: Schienengüterverkehr; SPNV-ET: Schienenpersonennahverkehr (Triebwagen); SPNV-E: Schienenpersonennahverkehr (lokbespannt); 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<sub>r</sub>(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<sub>Fmax</sub>
Die maximale bewertete Schwingstärke KB<sub>Fmax</sub> ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke KB<sub>F</sub>(t), der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

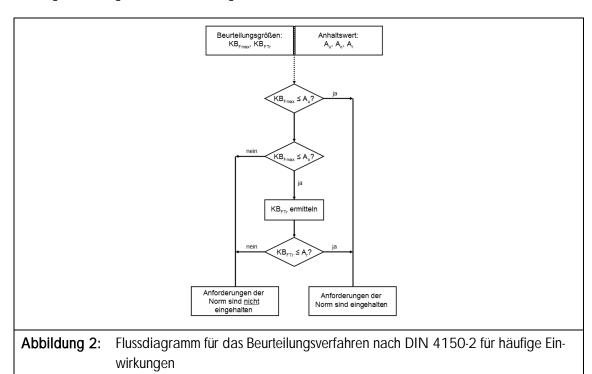
Beurteilungs-Schwingstärke KB<sub>FTr</sub>

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB<sub>FTr</sub> 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<sub>Fmax</sub> kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A<sub>u</sub>, dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist der KB<sub>rmax</sub> größer als der (obere) Anhaltswert A<sub>o</sub>, dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.
- Ist KB<sub>Fmax</sub> größer als der untere Anhaltswert und kleiner als der obere Anhaltswert A<sub>o</sub>, gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der KB<sub>FTr</sub> kleiner als der Anhaltswert A<sub>r</sub> ist.
- Ist der KB<sub>FT</sub> größer als der Anhaltswert A<sub>F</sub>, gilt die Anforderung der Norm als nicht eingehalten.

#### 4.1.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

Der Vorentwurf des Bebauungsplans der Stadt Dachau [13] sieht als Art der baulichen Nutzungen allgemeine Wohngebiete (WA), urbane Gebiete (MU) sowie Sondergebiete für den großflächigen Einzelhandel und Wohnen (SO) nach BauNVO [4] vor.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gelten für allgemeine Wohngebiete bzw. Misch-/Kerngebiete, deren Art der baulichen Nutzung mit urbanen Gebieten (MU) bzw. auch den geplanten Sondergebieten mit Wohnen (SO) vergleichbar ist, die nachfolgend dargestellten Anhaltswerte A nach Tabelle 1 DIN 4150, Teil 2 [6].

Tabelle 2	2: Anhaltswerte zur Beurteilun DIN 4150-2 (Auszug)	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach Tab. 1 der DIN 4150-2 (Auszug)					
Zeile Einwirkungsort Tags Nach			Nachts				
		A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	$\mathbf{A}_{r}$	$A_{u}$	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
3	u.a. Misch-/Kerngebiet	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	u.a. allgemeines Wohngebiet	0,15	3	0,07	0,10	0,2	0,05

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

- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Auund Ar-Werte, wobei bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten die Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 eingehalten werden sollten.
- Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB<sub>FTr</sub> 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<sub>FTI</sub> − Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über Ao = 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<sub>FTI</sub> zu berücksichtigen.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit von Erschütterungseinwirkungen gibt nach DIN 4150-2 [6] die Größe KB<sub>Fmax</sub>:

"... 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 [2] (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:

Tabelle 3: Immissionsrichtv	Immissionsrichtwerte "Innen" nach TA Lärm				
Beurteilungszeitraum Mittelungspegel L <sub>m</sub> [dB(A)] Maximalpegel L <sub>max</sub> [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]:

$$L_{pA}\left(f_{\scriptscriptstyle T}\right) = L_{\scriptscriptstyle VA}\left(f_{\scriptscriptstyle T}\right) + 10 \log 4 \text{ S/A } (f_{\scriptscriptstyle T}) + 10 \log \sigma \left(f_{\scriptscriptstyle T}\right)$$

#### Dabei bedeuten:

- L<sub>pA</sub> (f<sub>T</sub>) Terzpegel des A-bewerteten Schalldrucks im Raum
- L<sub>vA</sub> (f<sub>7</sub>) Terzpegel der A-bewerteten Schwingschnelle der Raumbegrenzungsflächen, bezogen auf 5\*10<sup>8</sup> m/s
- S Größe der schwingerregten Fläche in m²
- A (f<sub>T</sub>) äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m<sup>2</sup>
- σ (f<sub>1</sub>) Abstrahlgrad
- $f_{\scriptscriptstyle T}$  Terzmittenfrequenz

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

- S ≈ 2 x Grundrissfläche G
- A ≈ 0,8 x Grundrissfläche G
- $\sigma$  (f<sub>1</sub>) = 1 für Frequenzen > f<sub>g</sub>. Für tiefere Frequenzen als die Grenzfrequenz f<sub>g</sub> 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.

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 wurden im Plangebiet Messungen südlich und nördlich der Ostenstraße durchgeführt.

#### 5.1 Messzeit

### 5.1.1 Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)

Datum: 02.04.2020

Uhrzeit: 09:30 Uhr bis 13:30 Uhr

Messpersonal: M.Eng. David Eckert

M.Sc. Martin Crljenkovic

Witterung: trocken und sonnig, windstill

### 5.1.2 Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)

Datum: 17.04.2020

Uhrzeit: 10:30 Uhr bis 14:00 Uhr

Messpersonal: M.Eng. David Eckert

M.Sc. Martin Crljenkovic

Witterung: trocken und sonnig, windstill

## 5.2 Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)

Die Messungen nördlich der Ostenstraße wurden für den Bereich der Teilfläche MU 2 im Freifeld durchgeführt, wobei sich die Installation der Messpunkte an der Lage der geplanten Baukörper zur Erschütterungsquelle sowie den örtlichen Gegebenheiten orientierte.

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

Tabelle 4:	Dokumentation der Messpunkte während der Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße)				
Messpunkt Ankopplung, Lage des Messpunkts Horizontaler Abstand zu gelegenen Gleisachse o					
MP-1	Freifeld	16			
MP-2	Freifeld	30			
MP-3	Freifeld	16			
MP-4	Freifeld	30			
MP-5	Freifeld	16			
MP-6	Freifeld	30			

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



Abbildung 3: Übersichtslageplan mit Darstellung der Messpunkte bei der Messkampagne 1

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

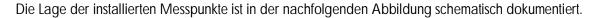
Tabelle 5:		der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrgeschwindignend der Messkampagne 1			
Strecke	Zuggattung	Anzahl der erfassten Vorbeifahrten	mittlere Geschwindigkeit		
5501	SPNV	16	100 km/h		
	SGV	12	100 km/h		
	SPFV	9	160 km/h		
5544	S-Bahn	11	98 km/h		

### 5.3 Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)

Die Messungen südlich der Ostenstraße wurden für den Bereich der Teilfläche WA (5) im Freifeld durchgeführt, wobei sich die Installation der Messpunkte ebenfalls an der Lage der geplanten Baukörper zur Erschütterungsquelle sowie den örtlichen Gegebenheiten orientierte.

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

Tabelle 6:	Dokumentation der Messpunkte während der Messkampagne 2 (südlich der Ostenstraße)				
Messpunkt	Ankopplung, Lage des Messpunkts	Horizontaler Abstand zur nächst- gelegenen Gleisachse ca. [m]			
MP-7	Freifeld	16			
MP-8	Freifeld	32			
MP-9	Freifeld	16			
MP-10	Freifeld	32			
MP-11	Freifeld	16			
MP-12	Freifeld	32			
MP-13	Freifeld	16			
MP-14	Freifeld	32			



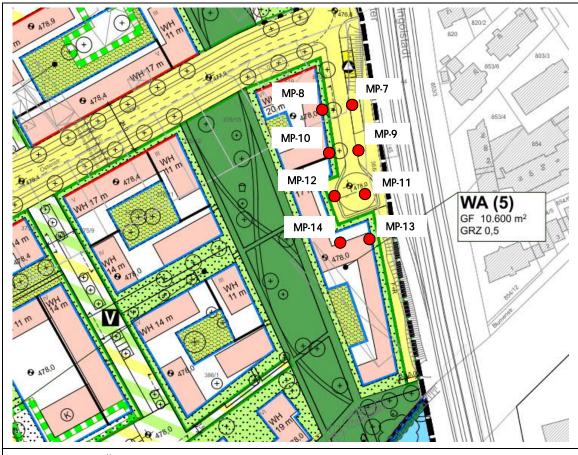


Abbildung 4: Übersichtslageplan mit Darstellung der Messpunkte bei der Messkampagne 2

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

Tabelle 7:	Anzahl der verwertbaren Zugvorbeifahrten und mittlere Vorbeifahrgeschwindigkeit während der Messkampagne 1				
Strecke	ecke Zuggattung Anzahl der erfassten mittlere Geschwing Vorbeifahrten				
5501	SPNV	10	ca. 40 km/h		
	SGV		-		
	SPFV	8	ca. 45 km/h		
5502/5544	S-Bahn	17	85 km/h		

Anmerkung: Am Messtag wurde eine Stellwerksstörung für den Streckenabschnitt südlich von Dachau gemeldet. Insofern wurde der Güterverkehr auf der Strecke 5501 eingestellt. Die Vorbeifahrten des Schienenpersonenverkehrs fanden mit deutlich verringerter Geschwindigkeit statt. Für die weitergehenden Prognoseberechnungen wurde eine entsprechende Geschwindigkeitskorrektur [10] bzw. Referenzen aus der Messkampagne 1 (nördlich der Ostenstraße) berücksichtigt.

#### 5.4 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.

#### 5.5 Ankopplung der Messaufnehmer

Die Ankopplung der Geophone an der Geländeoberfläche erfolgte über Erdspieße mit einer Länge von I = 0,5 m und X-förmigen Querschnitt entsprechend den Anforderungen der DIN 45669-2 [8]. Die Aufnehmer wurden mit dem Erdspieß mittels eines Adapters verschraubt. Die Erdspieße wurden in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen der Spieße beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz der Erdspieße wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspieß-Achse geachtet.

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

#### 5.6 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 Fahrtrichtung) energetisch gemittelt.

Die Abbildungen in der Anlage 2 zeigen die höchsten Terzschnellespektren aus den gemittelten Terzschnellen bezogen auf die ermittelten Vorbeifahrten auf den nächstgelegenen Richtungsgleisen der für die Beurteilung relevanten Zuggattungen. Die höchsten festgestellten Max-Hold-Spektren sind für die Messung 1 - Nord – MU 2 in 16 m und 30 m Abstand und gleichermaßen für die Messung 2 - Süd – WA (5) in 16 m und 32 m Abstand dargestellt.

### 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,  $\eta$  = 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<sub>Fmax</sub> - Werte (KB<sub>FTm,j</sub> - Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren kann innerhalb des geplanten Bauvorhabens zu den unten aufgelisteten mittleren  $\overline{KB_{FTm,j}}$  - Werten (entsprechend einem mittleren  $KB_{Fmax}$  – Wert) bzw.  $KB_{FTr}$  – 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 ergebenden prognostizierten maximalen  $\overline{\mathit{KB}_{\mathit{FTm},j}}$  – Werte sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 8:	Prognostizierte maximale $\overline{KB_{FTm,j}}$ – Werte auf den Geschossdecken eines fik-				
	tiven Gebäudes anhand der messtechnischen Untersuchungen				
Messpunkt		maximaler $\overline{\mathit{KB}_{\mathit{FTm},j}}$ – Wert			
	Strecke 5502/5544		Strecke 5501		
	S-Bahn	SGV	SPFV	SPNV	
Nördliches Pla	ngebiet (MU nach BauN)	VO)			
MP-1	0,07	0,10	0,13	0,08	
MP-2	0,04	0,08	0,10	0,06	
MP-3	0,08	0,10	0,14	0,10	
MP-4	0,04	0,06	0,09	0,07	
MP-5	0,10	0,13	0,09	0,07	
MP-6	0,04	0,06	0,08	0,05	
Südliches Plan	gebiet (WA nach BauNV	O)			
MP-7	<u>0,27</u>	<u>0,29</u>	<u>0,38</u>	<u>0,26</u>	
MP-8	0,10	<u>0,19</u>	<u>0,25</u>	<u>0,13</u>	
MP-9	<u>0,31</u>	<u>0,19</u>	<u>0,25</u>	<u>0,21</u>	
MP-10	0,12	<u>0,16</u>	<u>0,21</u>	<u>0,11</u>	
MP-11	<u>0,42</u>	<u>0,17</u>	<u>0,23</u>	<u>0,18</u>	
MP-12	<u>0,16</u>	<u>0,11</u>	<u>0,14</u>	<u>0,15</u>	
MP-13	<u>0,44</u>	<u>0,18</u>	<u>0,24</u>	<u>0,23</u>	
MP-14	<u>0,19</u>	<u>0,15</u>	<u>0,20</u>	<u>0,17</u>	

Fettdruck: Überschreitung des unteren Anhaltswerts A., der DIN 4150-2 nachts

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

Bei regelmäßigen maximalen  $\overline{\mathit{KB}_{\mathit{FTm},j}}$  – Werten > 0,2 ergeben sich insbesondere auch Beurteilungs-Schwingstärken  $\mathsf{KB}_{\mathsf{FTr}}$ , die oberhalb der heranzuziehenden Anhaltswerte A, liegen.

### 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 9:	Prognostizierte maxima [dB(A)] in Räumen eine suchungen										
Messpunkt	maximale Geräuschspitzen $\overline{L_{A,\mathrm{max}}}$ des sekundären Luftschalls										
	Strecke 5502/5544		Strecke 5501								
	S-Bahn	SGV	SPFV	SPNV							
Nördliches Pla	ngebiet (MU nach BauN)	/O)									
MP-1	32	35	28	27							
MP-2	27	28	24	23							
MP-3	34	33	27	28							
MP-4	23	26	18	19							
MP-5	34	<u>37</u>	27	31							
MP-6	25	26	20	21							
Südliches Plan	gebiet (WA nach BauNV	O)									
MP-7	<u>42</u>	<u>40</u>	<u>43</u>	44							
MP-8	31	30	32	34							
MP-9	42	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>							
MP-10	35	34	34	32							
MP-11	<u>43</u>	<u>41</u>	<u>39</u>	<u>38</u>							
MP-12	<u>37</u>	<u>36</u>	35	34							
MP-13	43	<u>41</u>	<u>41</u>	42							
MP-14	<u>40</u>	<u>38</u>	<u>36</u>	<u>38</u>							

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

#### 8. Beurteilung 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 ausschließlich für die Baukörper im WA (5), MU 1(6) und MU 2 nicht auszuschließen. Die übrigen Baukörper in den allgemeinen Wohngebieten (WA (1.1) bis (4)), urbanen Gebieten (MU 1(1) bis 1(5)) bzw. Sondergebieten befinden sich in einem Abstand von mindestens 65 m zur nächstgelegenen Gleisachse, so dass keine erheblichen Belästigungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall zu erwarten sind.

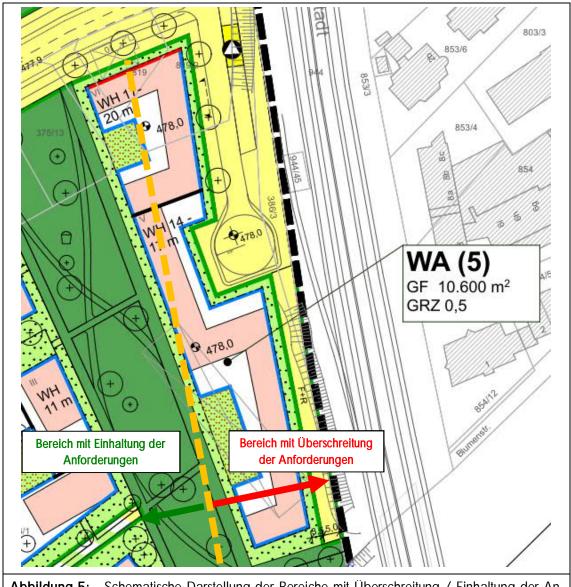
### 8.1 Baukörper im WA (5)

Die Baukörper im WA (5) befinden sich in einem Abstand von  $d \ge 20$  m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5502 bzw. 5544 und einem Abstand von  $d \ge 32$  m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5501. Im Bereich der geplanten Baukörper befindet sich eine lokale Störquelle in Form einer Weichenverbindung zwischen den Streckengleisen 5502/5504 mit dem Wechsel des Richtungs- zum Linienbetrieb.

Erfahrungsgemäß verursachen diese lokalen Störquellen höhere Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen. Im vorliegenden Fall ergeben sich dabei an den Messpunkten MP-11 bis MP-14 tendenziell höhere Immissionen gegenüber den Messpunkten MP-7 bis MP-11.

Anhand der vorliegenden Messergebnisse ist erst bei einem Abstand von ca. 50 m zur nächstgelegenen Gleisachse zu erwarten, dass die Anforderungen für allgemeine Wohngebiete (WA) verlässlich eingehalten werden können.

Auf Basis dieser Prognoseergebnisse sind in nachfolgender Abbildung schematisch die jeweiligen Bereiche mit einer Überschreitung bzw. der Einhaltung der entsprechenden Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall dargestellt.



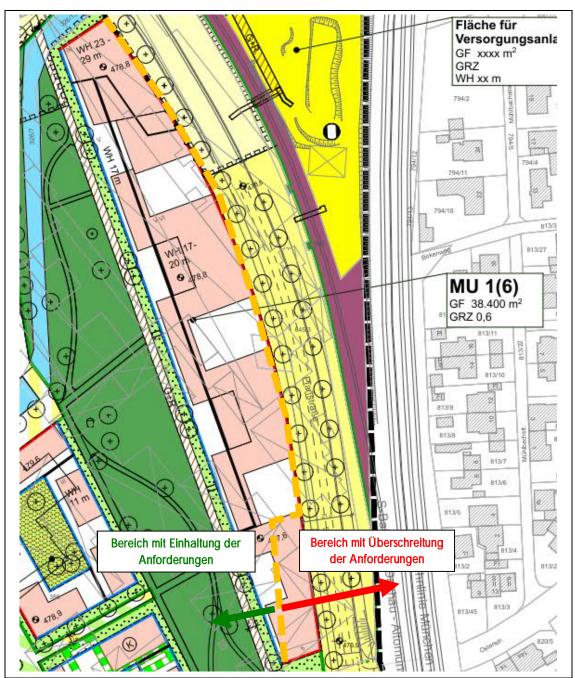
**Abbildung 5:** Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für WA (5)

### 8.2 Baukörper im MU 1(6)

Die Baukörper im MU 1(6) befinden sich in einem Abstand von  $d \ge 32$  m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5502/5544 und einem Abstand von  $d \ge 45$  m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5501. Im Bereich der geplanten Baukörper befindet sich die Eisenbahnüberführung über die Ostenstraße.

Erfahrungsgemäß sind im Bereich von Eisenbahnüberführungen lokale Störquellen nicht vollständig auszuschließen, weshalb erst bei einem Abstand von ca. 50 m zur nächstgelegenen Gleisachse verlässlich von einer Einhaltung der Anforderungen für urbane Gebiete (MU) ausgegangen werden kann.

Auf Basis dieser Prognoseergebnisse sind in nachfolgender Abbildung schematisch die jeweiligen Bereiche mit einer Überschreitung bzw. der Einhaltung der entsprechenden Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall dargestellt.



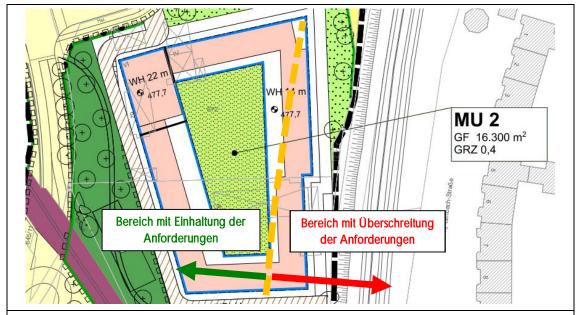
**Abbildung 6:** Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für MU 1(6)

Die Baukörper im MU 2 befinden sich in einem Abstand von  $d \ge 22$  m zur nächstgelegenen Gleisachse des Streckengleises 5544 und einem Abstand von  $d \ge 30$  m zur nächstgelegenen Gleisachse der Streckengleise 5501, die östlich des Plangebiets verlaufen. Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen zeigen, dass grundsätzlich die Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall eingehalten sind.

Anmerkung: Die messtechnischen Untersuchungen südlich und nördlich der Ostenstraße zeigten jedoch deutlich Unterschiede in der Höhe der jeweiligen Beurteilungsgrößen. Ursächlich hierfür könnten insbesondere auch die zum Zeitpunkt der Messungen vorhandenen örtlichen Gegebenheiten sein. Am nördlichen Messquerschnitt war dabei der Mutterboden im Gegensatz zum südlichen Messquerschnitt noch nicht abgetragen und führte möglicherweise zu geringeren Freifeldpegeln. Vorsorglich und erfahrungsgemäß werden demzufolge weitergehende erschütterungstechnische Untersuchungen für Baukörper bis zu einem Abstand von 40 m zur nächstgelegenen Gleisachse vorgeschlagen, um verlässlich die Einhaltung der Anforderungen für urbane Gebiete (MU) zu gewährleisten.

Der Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse des Streckengleises 5502 beträgt d  $\geq$  30 m. Im Bereich der geplanten Baukörper befindet sich der Bahnübergang "Freisinger Straße" in einem Abstand von d  $\geq$  45 m zu den geplanten Baukörpern. Erfahrungsgemäß sind im Bereich von Bahnübergangen lokale Störquellen nicht auszuschließen. Im vorliegenden Fall ist abstandsbedingt eine Einhaltung der Anforderungen für urbane Gebiete (MU) zu erwarten.

Auf Basis dieser Prognoseergebnisse sind in nachfolgender Abbildung schematisch die jeweiligen Bereiche mit einer Überschreitung bzw. der Einhaltung der entsprechenden Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall dargestellt.



**Abbildung 7:** Schematische Darstellung der Bereiche mit Überschreitung / Einhaltung der Anforderungen für MU 2

### 9. Mögliche Maßnahmen

Die Prognoseergebnisse anhand der durchgeführten messtechnischen Untersuchungen ergaben, dass für das Plangebiet teilweise bis zu einem Abstand von ca. 50 m zur nächstgelegenen Gleisachse der Durchgangsgleise die entsprechenden Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall nicht eingehalten werden.

Bericht 070-6355-02

In Folge dessen werden mögliche Schutzmaßnahmen bewertet, um die Erschütterungs- bzw. Sekundärluftschallimmissionen zu reduzieren.

Schutzmaßnahmen sind prinzipiell an drei Stellen möglich:

- im Gleisbereich (Emissionsort)
- im Erdreich (Transmissionsbereich)
- am Gebäude (Immissionsort)

#### 9.1 Emissionsort

Wirksame Maßnahmen zum Erschütterungsschutz (z. B. Schwellenbesohlung oder der Einbau einer Unterschottermatte auf verdichtetem Untergrund o. ä.) sind im vorliegenden Fall an der bestehenden oberirdischen Strecke nur mit unübersehbarem technischem, wirtschaftlichem und verfahrenstechnischem Aufwand durchführbar und werden deshalb im vorliegenden Fall nicht weiter verfolgt.

### 9.2 Transmissionsbereich

Im Transmissionsbereich ist prinzipiell folgende Maßnahme denkbar:

Herstellung eines Isolierschlitzes zwischen Gleisanlagen und Bauvorhaben

Die Wirksamkeit eines Isolierschlitzes ist mit Unsicherheiten verbunden, die auch bei sorgfältiger Planung nicht ausreichend begrenzt werden können. Insbesondere ist nicht auszuschließen, dass ein möglicher Isolierschlitz in tiefere Bodenschichten einbinden müsste und somit im Weiteren die Herstellung zu prüfen wäre.

In Folge dessen wird diese Maßnahme im vorliegenden Fall ebenfalls nicht weiter verfolgt.

#### 9.3 Immissionsort

Am Gebäude ist prinzipiell folgende Maßnahme denkbar:

### Elastische Lagerung des Gebäudes

Bei der elastischen Lagerung ist durch eine horizontale Schnittebene der Baukörper komplett vom Untergrund zu entkoppeln. Grundsätzlich gilt bei dieser Maßnahme, dass eine ausreichende quantitative Prognosesicherheit bei der Wirksamkeit dieser Maßnahme möglich ist und diese bereits häufig erprobt wurde.

Die Entkopplung der Baukörper vom Untergrund kann grundsätzlich in verschiedenen Ebenen (z. B. Fundamentbereich oder zwischen KG/EG) erfolgen und lässt eine relevante Reduzierung der Erschütterungsimmissionen erwarten.

Die notwendige Abstimmfrequenz und somit Wirksamkeit der elastischen Gebäudelagerung wäre in den weiteren Planungsstufen zu konkretisieren.

Neben der schwingungsentkoppelten Lagerung des Gebäudes sind zur Vermeidung von Körperschallbrücken grundsätzlich alle Durchdringungen im Bereich der Lagerebene (z. B. Wasser, Abwasser, Heizung, Fundamenterder etc.) ebenfalls schwingungsentkoppelt auszuführen.

### 10. Vorschlag für weiteres Vorgehen

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigten, dass die Einhaltung der Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall für einzelne Baukörper im Rahmen der Bauleitplanung nicht nachgewiesen werden konnte.

Auf der Grundlage von weitergehenden baudynamischen Untersuchungen kann im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens das Erfordernis von konstruktiven und technischen Maßnahmen an den Baukörpern im WA (5), MU 1(6) bzw. MU 2 konkretisiert werden.

Unabhängig von konkreten Umfang der notwendigen Maßnahmen werden entsprechende Festsetzungen für den Bebauungsplan vorgeschlagen.

### 11. Textvorschlag für den Bebauungsplan

Satzung (Festsetzungen)

- (1) Im Allgemeinen Wohngebiet (WA (5)) und urbanen Gebiet (MU 1(6) und MU 2) 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 (5)) und urbanen Gebiet (MU 1(6) und MU 2) 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<sub>A,m</sub> Tag/Nacht 35/25 dB(A) Maximalpegel L<sub>A,max</sub> Tag/Nacht 45/35 dB(A)

(3) Die Einhaltung der unter Absatz (1) und (2) gestellten Anforderungen ist durch erschütterungstechnische Untersuchungen im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens nachzuweisen.

## 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 nicht eingehalten werden und somit die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen bedingen.

Diese erschütterungstechnische Untersuchung umfasst 33 Seiten und 4 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

Augsburg, den 19.06.2020

Möhler + Partner Ingenieure AG

i.A. M.Eng. David Eckert

Ection)

ppa. Dipl.-Ing. Manfred Liepert

M. hight

12. Anlagen

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

Anlage 2.1 – 2.2: 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 33/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte Strecke 5501

gemäß an...
Strecke

Abschnitt Dachau Bahnhof - Röhrmoos Bereich Erich Ollenhauer Str. von\_km bis\_km 17.8 0

Prognose 2030

Daten nach Schall03 gültig ab 01/2015

Zugart-	Anzahl	Anzahl	v_max	Fahrzeugk	ategorien gen	n Schall03 ir	m Zugverban	d					
				Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug	
Traktion	Tag	Nacht	km/h	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl
GZ-E	24	23	100	7-Z5_A4	1	10-Z5	30	10-Z18	8				
GZ-E	3	3	120	7-Z5_A4	1	10-Z5	30	10-Z18	8				
RV-ET	48	6	160	5-Z5_A10	2								
RV-E	16	2	160	7-Z5_A4	1	9-Z5	5						
RV-E	16	2	160	7-Z5_A4	1	9-Z5	8						
ICE	17	3	200	1-V1	2	2-V1	12						
ICE	51	2	200	3-Z9_A52	1								
ICE	16	2	200	1-V1	2	2-V1	14						
	191	43	Summe beide	er Richtunge	en								

<sup>1.</sup> 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.

- 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. -Zeilennummer in Tabelle Beiblatt 1 \_Achszahl (bei Tfz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

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

Legende Traktionsarten:

Zugarten:

- E = Bespannung mit E-Lok - V = Bespannung mit Diesellok - ET, - VT = Elektro - / Dieseltriebzug GZ = Güterzug RV = Regionalzug S = Elektrotriebzug der S-Bahn ... IC = Intercityzug (auch Railjet) ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV NZ = Nachtreisezun

NZ = Nachtreisezug AZ = Saison- oder Ausflugszug

D = sonstiger Fernreisezug, auch Dritte LR, LICE = Leerreisezug

emäß aktueller Reka ntgabe der Zugzahlenprognose 2030 (KW 33/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte

Strecke 5502

Abschnitt Dachau Bhf. - Dachau Stadt Erich Ollenhauerstr.

von\_km bis\_km

0,2 Prognose 2030

Daten nach Schall03 gültig ab 01/2015

Zugart-	Anzahl	Anzahl	v_max	Fahrzeugka	ategorien gen	Schall03 ii	m Zugverband						
				Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug	
Traktion	Tag	Nacht	km/h	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl
S-Bahn	48	9	70	5-Z5_A10	2								
	48	9	Summe beide	er Richtunge	n								

#### Erläuterungen und Legende

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.

- 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. -Zeilennummer in Tabelle Beiblatt 1 \_Achszahl (bei Tfz, E- und V-Triebzügen-außer bei HGV)

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

Traktionsarten: - E = Bespannung mit E-Lok

- V = Bespannung mit Diesellok - VT = Elektro- / Dieseltriebzug GZ = Güterzug RV = Regionalzug

Zugarten:

S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...

S = Elektrotrebzug der S-Bahn ...

[C = Intercityzug (auch Ralljet)

[CE, 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 33/2019) des Bundes ergeben sich folgende Werte **Strecke** 5544

Abschnitt Dachau Bhf. - Herbertshausen Bereich Erich Ollenhauer Str. bis\_km von\_km 18

Prognose 2030

Daten nach Schall03 gültig ab 01/2015

Zugart-	Anzahl	Anzahl	v_max	Fahrzeugka	ategorien gen	n Schall03 ii	m Zugverband	1					
				Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug		Fahrzeug	
Traktion	Tag	Nacht	km/h	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl
S	84	18	120	5-Z5_A10	2								
	84	18	Summe beid	er Richtunge	n								

#### Erläuterungen und Legende

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.

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

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

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

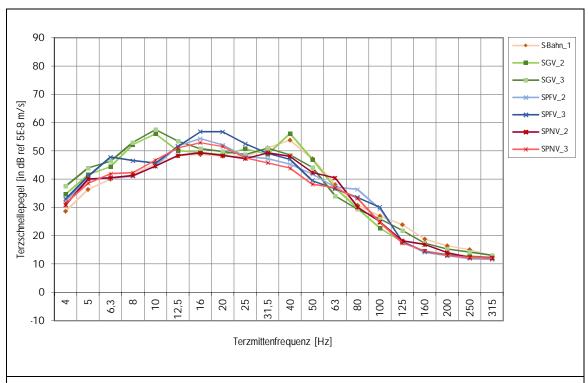
Legende Traktionsarten:

Zugarten:

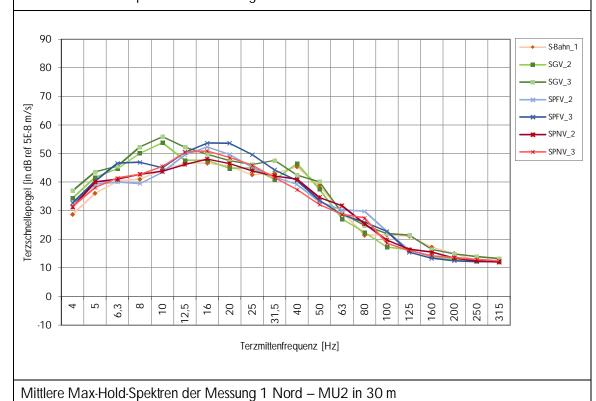
- E = Bespannung mit E-Lok
- V = Bespannung mit Diesellok
- ET, - VT = Elektro- / Dieseltriebzug
GZ - Güterzug
RV = Regionalzug
S = Elektrotriebzug der S-Bahn ...
IC = Intercityzug (auch Railjet)
ICE, TGV = Elektrotriebzug des HGV
NZ = Nachtreisezug
AZ = Saison- oder Ausflugszug
D = sonstiger Fermeisezug, auch Dritte
LR, LICE = Leerreisezug

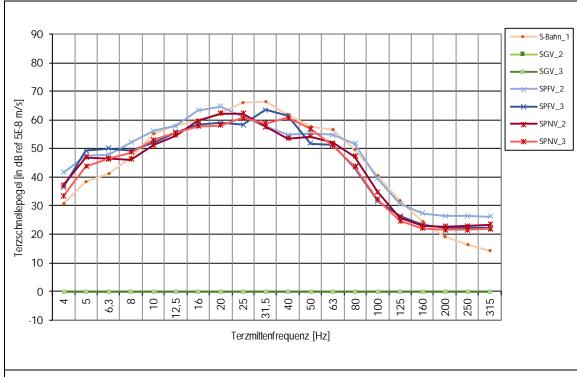
Anlage 2.1 – 2.2: Maximale Max-Hold-Terzschnellespektren der Zugvorbeifahrten an den Messpunkten

Anlage 2.1

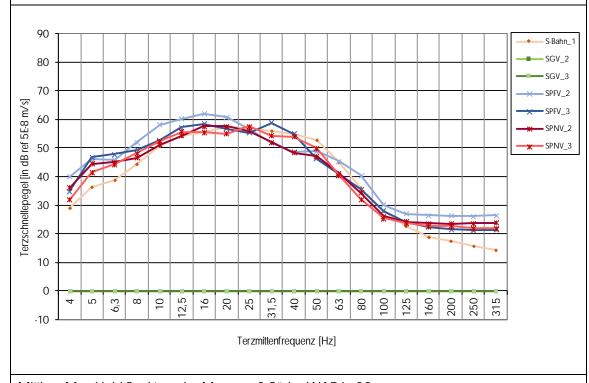


Mittlere Max-Hold-Spektren der Messung 1 Nord – MU2 in 16 m





### Mittlere Max-Hold-Spektren der Messung 2 Süd – WA5 in 16 m



Mittlere Max-Hold-Spektren der Messung 2 Süd – WA5 in 32 m