

Erschütterungstechnische Untersuchung

Bebauungsplan Nr. 11-168

Hohenschönhauser Straße – Weißenseer Weg

Bericht Nr. 780-6534-ERSCH

im Auftrag der

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen

D-10707 Berlin

Berlin, im Juli 2022

Erschütterungstechnische Untersuchung

Bebauungsplan Nr. 11-168
Hohenschönhauser Straße – Weißenseer Weg

Bericht-Nr.: 780-6534-ERSCH

Datum: 13.07.2022

Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen
Wohnungsbauprojekte Äußere Stadt
Fehrbelliner Platz 4
D-10707 Berlin

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Fanny-Zobel-Str. 9
D-12435 Berlin
T + 49 30 814 54 21 - 0
F + 49 30 814 54 21 - 99
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter: B.Eng. T. Kleinert
M.Sc. C. Bews

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	9
2. Örtliche Gegebenheiten	9
3. Grundlagen.....	11
3.1 Erschütterungen.....	11
3.2 Sekundärluftschall.....	13
4. Betriebsprogramm.....	16
5. Messungen.....	16
5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung.....	16
5.2 Messgeräte.....	18
5.3 Ankopplung der Messpunkte.....	18
6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen	19
7. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls	22
7.1 Erschütterungen.....	22
7.2 Sekundärluftschall.....	24
7.3 Gleisverschiebung der zukünftigen Trassierung entlang der Hohenschönhauser Straße.....	26
7.4 Fazit und Lösungsmöglichkeiten	29
8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan.....	30
8.1 Satzung	30
8.2 Begründung.....	30
9. Anlagen	32

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Plangebiet und Untersuchungsbereich [19].....	10
Abbildung 2:	Regressionsfunktion (Abklingfunktion) Messquerschnitt 2 (Kreuzungsbereich) ...	23
Abbildung 3:	Abstände zur Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4150-2.....	24
Abbildung 4:	Abstände zur Einhaltung des Maximalpegelkriteriums der TA Lärm (nachts).....	26
Abbildung 5:	Emissionsspektren mit (blau) und ohne (rot) NBS.....	27

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [4].....	12
Tabelle 2:	Immissionsrichtwerte 24.BImSchV [dB(A)].....	13
Tabelle 3:	Anhaltswerte „Innen“ nach VDI 2719 [dB(A)].....	14
Tabelle 4:	Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)].....	14
Tabelle 5:	Belegungsprogramm der Trambahnlinien.....	16
Tabelle 6:	Dokumentation zur Lage der Messpunkte Hohenschönhauser Straße/ Messquerschnitt 1.....	17
Tabelle 7:	Dokumentation zur Lage der Messpunkte Kreuzung/ Messquerschnitt 2.....	17
Tabelle 8:	Dokumentation zur Lage der Messpunkte Weißenseer Weg/ Messquerschnitt 3.....	17
Tabelle 9:	Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit.....	18
Tabelle 10:	Prognostizierte höchste $KB_{F_{Tr}}$ - Wert bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werte tags / nachts verursacht durch die Tramstrecke auf den Geschossdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten.....	20
Tabelle 11:	Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls verursacht durch die Tramstrecken in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten 21.....	21
Tabelle 12:	Prognostizierte höchste $KB_{F_{Tr}}$ - Wert bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werte tags / nachts an den Messpunkten 1 und 2 mit NBS und Gleisverschiebung.....	28
Tabelle 13:	Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls an den Messpunkten 1 und 2 mit NBS und Gleisverschiebung.....	28

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist)
- [2] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. November 2020 (BGBl. I S. 2334) geändert worden ist
- [3] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [4] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [5] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [6] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen, Juni 2020
- [7] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005
- [8] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV); Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 4. Februar 1997 (BGBl. I S. 172, 1253), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. September 1997 (BGBl. I S. 2329) geändert worden ist
- [9] VDI 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987
- [10] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)
- [11] Beiblatt 1 zu DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, März 1997
- [12] Richtlinie – Erschütterungen und Sekundärer Luftschall – Grundlagen des Oberbaus. Bau-technik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik (820.2050), DB Netz AG, 15.09.2017
- [13] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996

- [14] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [15] Handbuch Gleis, Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit, Bernhard Lichtberger, Tetzlaff Verlag, 2. Auflage, 2004
- [16] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist)
- [17] Lageplan Vorzugsvariante (Variante 3); Verkehrsuntersuchung Knotenpunkt Weißenseer Weg/Konrad-Wolf-Straße/ Hohenschönhauser Straße; VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH, 06.12.2017
- [18] Berliner Verkehrsbetriebe: Lageplan zur Planfeststellung nach Ausbau Teilstrecke Hohenschönhauser Straße
- [19] Entwurf Bebauungsplan 11-168 für das Gelände zwischen südlicher Grenze der Kleingartenanlage „Langes Höhe“, Weißenseer Weg, Hohenschönhauser Straße, westlicher Grenze des Flurstücks 4026, Flur 214 (Stichstraße Hohenschönhauser Straße), südlicher Grenze des Flurstücks 4025, Flur 214 (Verbindungsweg Hohenschönhauser Straße) und Bezirksgrenze im Bezirk Lichtenberg, Ortsteile Fennpfuhl und Alt-Hohenschönhausen; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Stand: 24.05.2022
- [20] Flächennutzungsplan der Stadt Berlin https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=fnp_ak@senstadt – Stand Januar 2021
- [21] Ortstermin und Messung, 05.07.2021
- [22] Zugzahlen der Traminien M5, M6, M13 und 16, übermittelt per Email von Hr. Döge (BVG) am 03.08.2021
- [23] Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-Bericht) zum Planfeststellungsverfahren zur Eneuerung der Straßenbahnanlagen der Linie M5 und M6 Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße in Berlin-Pankow / Lichtenberg; Fugmann Janotta Partner Landschaftsarchitekten / Stadplaner bdla vom August 2020
- [24] Lageplan Vorzugsvariante (Variante 3) zur Verkehrsuntersuchung Knotenpunkt Weißenseer Weg/Konrad-Wolf-Straße/ Hohenschönhauser Straße, VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH vom 06.12.2017
- [25] Schwingungstechnischer Bericht Nr. 695.2 Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg; Dipl.-Ing. Christian Imelmann vom 16 April 2019
- [26] Abgeordnetenhaus Berlin, 18. Wahlperiode, Drucksache 18/3365 vom 25.01.2021 Mitteilung: „Lärminderung Straßenbahn – Leise Gleise bauen Drucksachen 18/2338 und 18/2097“ vom 25.01.2021

Zusammenfassung:

Das Referat Wohnungsbauprojekte – äußere Stadt der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen plant im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens die Entwicklung von überwiegend Wohnbebauung und einem urbanen Gebiet auf einem ca. 6,42 Hektar großen Grundstück an der Hohenschönhauser Straße 76, 76a und 77 sowie entlang des Weißenseer Wegs 76 im Bezirk Lichtenberg in Berlin. Das Plangebiet wird östlich durch die Tramlinien M13 entlang des Weißenseer Wegs und südlich durch die Tramlinien M5 und M6 entlang der Hohenschönhauser Straße begrenzt.

Im Rahmen einer erschütterungstechnischen Untersuchung wurden die Erschütterungen gemessen sowie für das Vorhaben prognostiziert und beurteilt. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Erschütterungen:

Die Unterschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Wohngebäude lassen keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen entlang der Hohenschönhauser Straße und des Weißenseer Wegs erwarten. Im Kreuzungsbereich können Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN-4150-2 für Wohngebäude unterhalb eines Abstandes zur Kreuzungsmitte von 64m nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Sekundärluftschall:

Überschreitungen der Anforderungen an Sekundärluftschall (Maximalpegel) für schutzbedürftige Aufenthaltsräume (Innenpegel nach TA Lärm bzw. DIN 45680) im Nachtzeitraum können im Kreuzungsbereich an der Baugrenze nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Eine Neubewertung sollte durch erschütterungstechnische Messungen in der Baugrube bzw. in vorgezogenen Untergründerkundungen vorgenommen werden.

Fazit:

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kann an geplanten Baukörpern eine erhebliche Belästigung in künftigen Schlafräumen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen im Kreuzungsbereich Hohenschönhauser Straße / Weißenseer Weg nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, sofern Gebäude mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen von Wohnungen den Abstand von 64 m zur Mitte des nächstgelegenen Gleises im Kreuzungsbereich nicht einhalten. Der kürzeste Abstand zu den geplanten Baugrenzen beträgt 56 m.

Dieser Abstand kann im vorliegenden Fall nicht eingehalten werden. Somit müssen bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen sowie an baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (wie zum Beispiel Nebengebäude, Fahrwege usw.) technische bzw. konstruktive Maßnahmen, z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen, vorgesehen werden, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen.

Erschütterungen und damit einhergehend der sekundäre Luftschall nehmen erfahrungsgemäß in den oberen Geschossdecken eines Gebäudes zu. Allerdings zeigen praktische Messungen, dass mit der Zunahme der Stockwerke eine daraus resultierende Zunahme der Baumasse unter Umstände eine

hemmende Wirkung hat. Aus gutachterlicher Sicht sollte aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse eine Neubewertung durch erschütterungstechnische Messungen in der Baugrube bzw. in vorgezogenen Untergrunderkundungen vorgenommen werden, da die aktuellen Untergrundverhältnisse (Fremdkörper bzw. bauliche Verbindungen im Untergrund) bei der Durchführung der Messung nicht bekannt sind.

Erfahrungsgemäß können bei einer Messung in der Baugrube mit relativ ungestörten Ausbreitungsbedingungen geringere mittlere Maximalpegel prognostiziert bzw. gemessen werden.

In Kapitel 7.3 wurden die Auswirkungen des Kreuzungsumbaus beschrieben und analysiert. Durch den Austausch der alten Gleisanlagen gegen ein NBS (Neues Berliner Straßenbahngleis) können die Anforderungen an den Erschütterungsschutz und die Anforderungen an den sekundären Luftschall im gesamten Plangebiet zuverlässig eingehalten werden. Weitergehende Maßnahmen bei der Realisierung des Kreuzungsumbaus sind dahingehend nicht notwendig.

1. Aufgabenstellung

Das Referat Wohnungsbauprojekte – äußere Stadt der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen plant im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens die Entwicklung von überwiegend Wohnbebauung und einem urbanen Gebiet auf einem ca. 6,42 Hektar großen Grundstück an der Hohenschönhauser Straße 76, 76a und 77 sowie entlang des Weißenseer Wegs 76 im Bezirk Lichtenberg in Berlin. An der südlichen Grundstücksgrenze entlang der Hohenschönhauser Straße verlaufen die Tramlinien M5 und M6. Entlang des Weißenseer Wegs an der östlichen Grundstücksgrenze verkehrt die Tramlinie M13. Aus dem Süden kommend biegt die Tramlinie 16 in die Konrad-Wolf-Straße ab. Aufgrund der unmittelbaren Nähe zu den tangierenden Tramlinien können Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Im Rahmen einer erschütterungstechnischen Untersuchung sind die auf das Plangebiet einwirkenden Erschütterungen aus dem Schienenverkehr messtechnisch zu erfassen und nach den einschlägigen Regelwerken zu beurteilen. Als Ergebnis der Untersuchung sollen etwaige Planungsrestriktionen und erforderliche Maßnahmen aus Sicht des Erschütterungs-Immissionsschutzes aufgezeigt werden.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 18.06.2021 von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet befindet sich im Bezirk Lichtenberg in Berlin und umfasst die Fluren 214 und 213 mit den dazugehörigen Flurstücken 4018, 4025, 4028, 4029, 4022, 4026, 4027, 4038, 4039, 4057, 4058, 4059, 4060, 4061, 4062, 4063, 4064, 4065, 4066; 9009, 9010 und 9011.

An der südlichen Plangebietsgrenze verlaufen entlang der Hohenschönhauser Straße die Straßenbahnlinien M5 und M6. In einem Abstand von ca. 50m zum Kreuzungsbereich Hohenschönhauser Straße/ Weißenseer Weg/ Konrad-Wolf-Straße befindet sich die Haltestelle „Hohenschönhauser Straße“. Entlang der östlichen Gebietsgrenze verläuft der Weißenseer Weg mit der Tramlinie M13. Aus dem Süden kommend biegt die Tramlinie 16 in die Konrad-Wolf-Straße ab. Derzeit befindet sich auf dem Plangebiet ein Parkplatz mit Grünstreifen. Die zukünftigen Baugrenzen sollen in einem Abstand von ca. 36m zur Tramlinie entlang der Hohenschönhauser Straße und in einem Abstand von ca. 26m zur Tramlinie entlang des Weißenseer Wegs festgesetzt werden. Der nachfolgenden Abbildung sind die Planungsgrenzen des zukünftigen Bebauungsplans zu entnehmen:

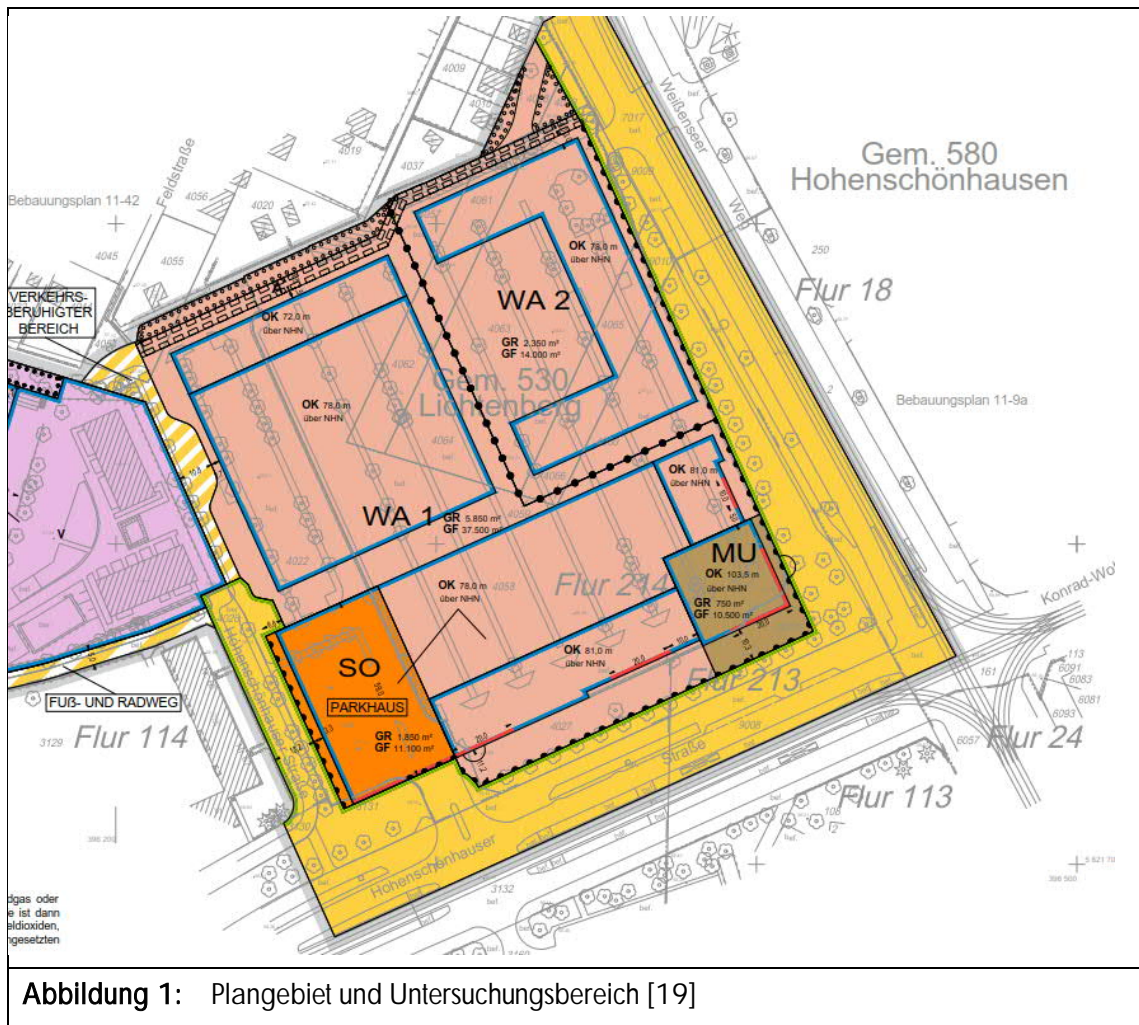


Abbildung 1: Plangebiet und Untersuchungsbereich [19]

Das Plangebiet und der weitere Umgriff sind im Wesentlichen eben. Die genauen örtlichen Gegebenheiten können den Übersichtslageplänen (Anlage 1) entnommen werden.

3. Grundlagen

3.1 Erschütterungen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke $KB_f(t)$ bewertet. Das $KB_f(t)$ -Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellessignals entstandene Signal. Nach DIN 45669 [7] ist das $KB_f(t)$ -Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert. Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [4] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}
- Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}

Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_f(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

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

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird nach folgender Gleichung gebildet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} * (T_e/T_r)^{0,5}$$

Dabei ist:

- T_r Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)
- T_e Summe aller Taktzeiten, während derer Erschütterungen einwirken
- KB_{FTm} Taktmaximal-Effektivwert

Der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte KB_{FTi} nach Gleichung (3) der DIN 4150-2¹ [4]:

¹ Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} werden Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl N ein.

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

Die Beurteilung erfolgt nach folgender Vorgehensweise:

- Ist KB_{Fmax} kleiner als der untere Anhaltswert A_u , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der untere Anhaltswert A_u und kleiner als der obere Anhaltswert A_o , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der KB_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r ist.
- Ist der KB_{Fmax} größer als der obere Anhaltswert A_o bzw. der KB_{FTr} größer als der Anhaltswert A_r , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und Gewerbegebieten gelten abhängig vom Einwirkungsort folgende Anhaltswerte A nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 [4].

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [4]							
Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Industriegebiete	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,2	5	0,10	0,15	0,3	0,07
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Für das vorliegende Vorhaben werden die Werte der Zeile 4 Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete und im Kreuzungsbereich die Werte der Zeile 3 Misch-, Kerngebiet für das ausgewiesene MU herangezogen.

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen anhand der Vorgaben aus der DIN 4150-2 [4] aus oberirdischen Schienenverkehr gelten folgende Besonderheiten:

- Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.

- Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FTI} – Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über $A_0 = 0,6$, so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z.B. Flachstellen an Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von KB_{FTI} zu berücksichtigen.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt nach DIN 4150-2 die Größe KB_{rmax} :

„... Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB = 0,1$ und $KB = 0,2$. In der Umgebungssituation „Wohnung“ werden auch bereits gerade spürbare Erschütterungen als störend empfunden. Erschütterungseinwirkungen um $KB = 0,3$ werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und entsprechend stark störend wahrgenommen...“

3.2 Sekundärluftschall

Der innerhalb eines Gebäudes auf Körperschallimmissionen zurückzuführende Luftschall durch Bauwerksschwingungen von Raumbegrenzungsflächen (Wände und vor allem Geschossdecken) wird als sekundärer Luftschall bezeichnet und als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls aus Schienenverkehr fehlen gesetzliche Regeln und Grenzwerte. Im Vergleich zum üblichen Verkehrslärm handelt es sich beim sekundären Luftschall um ein Geräusch, das von allen Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt wird, nicht richtungsorientiert hörbar ist und sich mit dem vorhandenen Grundgeräusch (Ruhegeräuschpegel) überdeckt, d. h. nur in den tiefen Frequenzen z. T. dazu beiträgt.

Bis zur Festlegung gesetzlich verbindlicher Grenzwerte kommen als Zumutbarkeitsschwellen für die Beurteilung des sekundären Luftschalls die aus den Vorgaben der 24. BImSchV [8] vom Februar 1997 ableitbaren Richtwerte in Betracht, da sie ein für die Beurteilung von Verkehrslärm in Innenräumen geschaffenes Regelwerk ist.

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte 24.BImSchV [dB(A)]		
Beurteilungszeitraum	Nutzung	Mittelungspegel L_m
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	Wohnräume	40
Nachts (22.00 – 6.00 Uhr)	Schlafräume	30
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	Büroräume	45

Eine weitere Beurteilungsgrundlage bildet die Richtlinie VDI 2719 „Schalldämmung von Fenstern und Zusatzeinrichtungen“ [9] zur Beurteilung von Sekundärluftschallpegeln. Hierin werden in Abhängigkeit von der Raumnutzung Anhaltswerte für Innenschallpegel genannt, auf deren Grundlage das notwendige Schalldämm-Maß für die Fenster errechnet werden kann. Vor dem Hintergrund, dass der von den Raumbegrenzungsflächen abgestrahlte Sekundärluftschall nicht lauter sein soll als der von

außen anliegende und durch die Fenster direkt eindringende Luftschall, können die Anhaltswerte der Tabelle 6 der VDI 2719 für die Beurteilung von Sekundärluftschallpegeln herangezogen werden.

Tabelle 3: Anhaltswerte „Innen“ nach VDI 2719 [dB(A)]		
Raumart	Mittelungspegel L_m	Maximalpegel L_{max}
1. Schlafräume Nachts (22.00 – 6.00 Uhr) für		
1.1 WR/WA	25 bis 30	35 bis 40
1.2 in allen übrigen Gebieten	30 bis 35	40 bis 45
2. Wohnräume Tags (6.00 – 22.00 Uhr) für		
2.1 WR/WA	30 bis 35	40 bis 45
2.2 in allen übrigen Gebieten	35 bis 40	45 bis 50
3. Kommunikations- u. Arbeitsräume:		
3.1 Unterrichtsräume, Arztpraxen etc.	30 bis 40	40 bis 50
3.2 Büros für mehrere Personen	35 bis 45	45 bis 55
3.3 Großraumbüros, Gaststätten, Läden	40 bis 50	50 bis 60

Der Systematik der VDI 2719 [9] ist zu entnehmen, dass die Anhaltswerte im Rahmen einer Bandbreite angegeben werden. Aus gutachterlicher Sicht sollte daher als Mindestanforderung für einen Neubau die untere Grenze zur Beurteilung herangezogen werden.

Im Rahmen der Bauleitplanung steht als Rechtsgrundlage für die Beurteilung von Lärmsituationen das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zur Verfügung. Dem Entsprechend kann die Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall auch nach der TA Lärm [10] bzw. der DIN 45680 [11] durchgeführt werden (diese Richtlinien regeln generell die Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden bzw. tieffrequente Geräusche durch gewerbliche Anlagen). Die genannten Immissionsrichtwerte gelten gebietsunabhängig für schutzbedürftige Räume:

Tabelle 4: Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)]		
Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel L_m	Maximalpegel L_{max}
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) überschreitet.

In der vorliegenden Untersuchung wird zur Beurteilung des sekundären Luftschalls im Rahmen der Bauleitplanung auf das Innenraumschutzziel der TA Lärm für Wohnnutzungen abgezielt

Durch die Schwingungsanregung der Wände und vor allem der Geschosdecken 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 [13]:

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

Dabei bedeuten:

$L_{pA}(f_i)$ Terzpegel des A-bewerteten Schalldrucks im Raum

$L_{vA}(f_i)$ 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_i) äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m^2

$\sigma(f_i)$ Abstrahlgrad

f_i 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

$\sigma(f_i)$ = 1 für Frequenzen $> f_g$. Für tiefere Frequenzen als die Grenzfrequenz f_g erfolgt eine Absenkung

Diese Korrektur wird terzweise zu den Prognosespektren der Erschütterungsimmissionen addiert. Die so ermittelten sekundären Luftschallpegel stellen mittlere Maximalpegel L_{max} während der Zugvorbeifahrten dar. Die Berechnung erfolgt im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz.

Durch den Ansatz der oben genannten Parameter ergeben sich in der Regel etwas zu hohe Pegel, die somit aber auf der „sicheren Seite“ liegen. Für die Detailschärfe einer Voruntersuchung oder eines Bebauungsplans stellt dieser Ansatz erfahrungsgemäß eine praktikable Voreinschätzung dar.

4. Betriebsprogramm

Für die Tramstrecken wurden die aktuellen Zugzahlen zugrunde gelegt [22]. Die Streckengeschwindigkeiten entsprechen den tatsächlich vor Ort gemessenen Geschwindigkeiten. Die Lage der einzelnen Gleisanlagen im Bereich des Plangebietes ist aus Anlage 1 ersichtlich. Die angesetzten Zugmengen sind in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Trambahnlinie	Anzahl Vorbeifahrten im Beurteilungszeitraum	
	Tag	Nacht
M5/M6 (Summe aller Vorbeifahrten)	636	132
M13/ 16 (Summe aller Vorbeifahrten)	370	66

5. Messungen

5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung

Es wurde an ausgewählten Messpunkten mit unterschiedlichen Messquerschnitten in verschiedenen Abständen zu den Tramstrecken und dem Kreuzungsbereich gemessen. Bei der Wahl der Messorte wurde darauf geachtet, dass die Gleise ebenerdig und nicht in Kurvenlage verlaufen und Vorbeifahrten der maßgebenden Züge am nächstgelegenen Gleis gemessen werden können. Die Messungen fanden am 05.07.2021 in der Zeit von 08:00 bis 14:00 Uhr statt [20].

Für die messtechnische Ermittlung von erforderlichen Abständen zum Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall der Gleisanlagen wurden drei Messpunktzeilen mit unterschiedlichen orthogonalen Abständen zu den Gleisen angeordnet, sog. Messquerschnitte (3 Querschnitte mit 2-3 Messpunkten). Im Bereich der Kreuzung konnte durch das Messpersonal eine erhöhte Erschütterungsemission aufgrund von Stoßstellen (Übergang zwischen zwei Trassierungen) festgestellt werden. Daher wurde vor Ort entschieden, einen zusätzlichen Messquerschnitt diagonal zur Kreuzungsmitte zu wählen. Am Messquerschnitt wird die Abnahme der Erschütterungen- und Sekundärluftschalleinwirkungen durch eine Regressionsfunktion ermittelt, sog. Abklingfunktion und anschließend eine Verlaufsfunktion ermittelt. Auf Basis der gemessenen Abklingfunktion können die Zahlenwerte an zusätzlichen Einzelmesspunkten (Verdichtungsstützpunkte) abgeglichen und die erforderlichen Mindestabstände bestimmt werden.

Die Dokumentation zur Lage der Messpunkte und Messquerschnitte ist in folgenden Tabellen sowie im Lageplan in Anlage 1 und in der fotografischen Dokumentation in Anlage 2 dargestellt. Die Auswertung der Messungen erfolgt bezüglich der Gleisachse; die globalen Abstandsangaben beziehen sich auf die Mitte des nächstgelegenen Gleises (Gleisachse von Gleis 1).

Tabelle 6: Dokumentation zur Lage der Messpunkte Hohenschönhauser Straße/ Messquerschnitt 1			
Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	~ Abstand Gleisachse zur nächstgelegenen gemessenen Durchgangsgleises (Gleis 1) [m]
MP 1	Geländeoberfläche	vertikal	16
MP 2	Geländeoberfläche	vertikal	32

Tabelle 7: Dokumentation zur Lage der Messpunkte Kreuzung/ Messquerschnitt 2			
Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	~ Abstand Gleisachse zur nächstgelegenen gemessenen Durchgangsgleises (Kreuzung) [m]
MP 3	Geländeoberfläche	vertikal	38
MP 4	Geländeoberfläche	vertikal	72

Tabelle 8: Dokumentation zur Lage der Messpunkte Weißenseer Weg/ Messquerschnitt 3			
Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	~ Abstand Gleisachse zur nächstgelegenen gemessenen Durchgangsgleises (Gleis 1) [m]
MP 5	Geländeoberfläche	vertikal	11
MP 6	Geländeoberfläche	vertikal	28
MP 7	Geländeoberfläche	vertikal	47

In der nachfolgenden Tabelle ist die Anzahl der messtechnisch erfassten verwertbaren Vorbeifahrten während der Messzeit je Messquerschnitt aufgelistet. Zum Messzeitpunkt war das Planungsgebiet weitestgehend frei von Störeinflüssen (Fremdbelastung, meteorologische Einflüsse, kein Bodenfrost usw.). Die gemessenen Geschwindigkeiten sind gemittelte Durchschnittsgeschwindigkeiten und entsprechen den vor Ort vorgefundenen Verhältnissen. Entlang der Hohenschönhauser Straße konnten die Tramvorbeifahrten aufgrund der Haltestelle „Hohenschönhauser Str.“ nur mit geringen Ein- und Ausfahrtgeschwindigkeiten von durchschnittlich 20 km/h gemessen werden. Gemäß der Neuplanung des Kreuzungsbereichs [24] wird die Haltestelle „Hohenschönhauser Str.“ an derselben Stelle wie im Bestand situiert. Daher ist davon auszugehen, dass entlang Hohenschönhauser Straße auf Höhe des Plangebietes keine wesentlichen Geschwindigkeitsänderungen zukünftig zu erwarten sind.

Die vor Ort vorgefundenen Oberbauformen sind entlang des Weißenseer Weges und im Bereich der Haltestelle „Hohenschönhauser Straße“ Gleis im Schotterbett. Im Kreuzungsbereich sind Straßenbündige Bahnkörper und feste Fahrbahnen verbaut.

Messquerschnitt	Fahrzeugklasse	Zugart	Durchschnittsgeschwindigkeit in [km/h]	Anzahl gemessener Vorbeifahrten
MQ1	Niederflurstraßenbahn	Tram	20	28
MQ2	Niederflurstraßenbahn	Tram	24	49
MQ3	Niederflurstraßenbahn	Tram	30	23

5.2 Messgeräte

Für die Messungen und Auswertungen wurden folgende Geräte verwendet:

- Mehrkanal-Messsystem Soundbook der Fa. Sinus Messtechnik GmbH
- Schwinggeschwindigkeitssaufnehmer der Fa. Sinus Messtechnik GmbH, Typ ICP Seismometer-V_315
- Signalanalyse Software Samurai
- Kalibrator, VC 10 der Fa. Metra
- Bushnell Radarpistole

Das Gerät zur Messdatenerfassung und –konditionierung sowie die Schwinggeschwindigkeitssaufnehmer werden zu den vorgeschriebenen Zeitintervallen in einem Prüflabor kalibriert. Vor der Messdurchführung wurden die Geschwindigkeitssaufnehmer nachkalibriert.

Vor jeder Messung wurden die Messkanäle abgeglichen. Das Einlesen der Kanäle erfolgte simultan. Zu Beginn und nach jeder Messreihe wurden Nullmessungen zur Betrachtung des Störeinflusses durchgeführt.

Die Erschütterungssignale wurden über die beschriebene Messkette synchron aufgenommen und auf Datenträger gespeichert. Parallel zur Messwert-Aufzeichnung wurden die Zuggattung, das Gleis, die Geschwindigkeit und weitere Besonderheiten (z.B. Flachstellen, wechselnde Fahrgeschwindigkeiten, Überschneidungen usw.) notiert.

5.3 Ankopplung der Messpunkte

Die Ankopplung der Geschwindigkeitssaufnehmer auf der Geländeoberfläche erfolgte für die Messpunkte 1 bis 7 über Erdspeife mit einer Länge von $l = 0,5$ m entsprechend den Anforderungen der

DIN 45669-2 [7]. Die Aufnehmer wurden mit dem Erdspieß mittels eines Adapters verschraubt. Die Erdspieße wurden in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen der Spieße beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz der Erdspieße wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspieß-Achse geachtet.

6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen

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

Anregung:

An den Messpunkten wurde für jede Zugvorbeifahrt das sog. Max-Hold-Terzspektrum mit der Zeitbewertung „FAST“ im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz ausgewertet. In einem weiteren Schritt wurden die Spektren an jedem Messpunkt energetisch gemittelt. Anlage 3 zeigt die gemittelten Terzpegelschnellespektren an den einzelnen Messpunkten.

Ausbreitung der Erschütterungen im Erdreich:

Die Ausbreitung der Erschütterungen des oberirdischen Schienenverkehrs an der Erdoberfläche (Rayleighwelle) ist in Festkörperstrukturen, wie zum Beispiel bei gebundenen Asphaltdecken, gegenüber dem natürlichen Baugrund (rollige Böden) deutlich erhöht. Die Messungen wurden auf befestigten Grünstreifen (vgl. Anlage 2) durchgeführt.

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 Bedämpfung der Schwingungen beim Übergang vom Erdreich in das Gebäude abhängig von der Gebäudemasse und der Frequenz [14]. Entsprechend wird die Abnahme der Schnellepegel frequenz- und gebäudemasseabhängig angesetzt.

Erschütterungsausbreitung innerhalb des Gebäudes:

Die Anregung des Gebäudefundaments wird i. d. R. mit überhöhten Schwingschnellen in den Geschossdecken beantwortet. Die durch Resonanz bei den Eigenfrequenzen der Decken auftretenden Vergrößerungsfaktoren erreichen erfahrungsgemäß Werte von 3 bis 8, entsprechend einer Erhöhung der Schnellepegel um 10 bis 18 dB. Die Eigenfrequenzen von Beton-Rohdecken können i. d. R. im Bereich von 15 bis 40 Hz liegen. Die jeweiligen Berechnungen wurden für Rohdecken-Eigenfrequenzen bis ca. 40 Hz durchgeführt, wobei jeweils die Decken-Eigenfrequenz auf die Bodenresonanz gelegt wurde. Es ergeben sich somit über den oben dargestellten Frequenzbereich die höchsten Immissionen. Als Verstärkungsfaktor wurde 8 (= 18 dB) gewählt. Die Vergrößerungs-Faktoren für die anderen Frequenzen können aus dem Zusammenhang für die Vergrößerungsfunktion eines Ein-Massen-Schwingers

$$V = [(1 + (2D\eta)^2) / ((1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2)]^{0.5}$$

mit D = Dämpfungsmaß und η = Erregerfrequenz / Eigenfrequenz

ermittelt werden. Als Dämpfungsmaß wurde ein Erfahrungswert $D = 0,065$ angesetzt.

Die Schwingungen des schwimmenden Estrichs bzw. des Gesamtdeckenaufbaus werden ebenfalls durch ein Massen-Schwinger-Modell angenähert. Typische Estrich-Eigenfrequenzen liegen im Bereich 50 bis 80 Hz. Die resultierenden Deckenschwingungen werden einer Frequenzbewertung (KB-Filterung) unterzogen und energetisch summiert. Die ermittelten KB-Werte sind aufgrund der Auswertung von Max-Hold-Spektren in Näherung als je Richtung gemittelte $KB_{F_{max}}$ -Werte ($KB_{F_{Tm}}$ -Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren führt zu dem unten aufgelisteten höchsten $KB_{F_{Tm}}$ -Wert für Rohdecken mit Eigenfrequenzen bis 40 Hz bzw. unter der Annahme des Einbaus eines schwimmenden Estrichs für Rohdecken mit Estrich und Estrich Eigenfrequenzen von $f_0 \approx 50 - 80$ Hz für die fiktiven Plangebäude. Bei den prognostizierten Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen wird jeweils von bzgl. der Bahnstrecke ungehinderter Ausbreitung ausgegangen, d. h. die prognostizierten Werte gelten nur bei baulicher Entkopplung.

Tabelle 10: Prognostizierte höchste $KB_{F_{Tm}}$ - Wert bzw. $KB_{F_{Tr}}$ - Werte tags / nachts verursacht durch die Tramstrecke auf den Geschossdecken von künftigen Gebäuden an den Messpunkten				
<i>MQ1 (Hohenschönhauser Straße)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	$KB_{F_{Tm}}$ – Wert	$KB_{F_{Tr}}$ – Wert	
			tags	nachts
MP 1	16	0,56	0,26	0,17
MP 2	32	0,08	≤ 0,05	≤ 0,05
<i>MQ2 (Kreuzung)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	$KB_{F_{Tm}}$ – Wert	$KB_{F_{Tr}}$ – Wert	
			tags	nachts
MP 3	38	0,44	0,32	0,20
MP 4	72	0,07	≤ 0,05	≤ 0,05
<i>MQ3 (Weißenseer Weg)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	$KB_{F_{Tm}}$ – Wert	$KB_{F_{Tr}}$ – Wert	
			tags	nachts
MP 5	11	0,25	0,08	0,06
MP 6	28	0,06	≤ 0,05	≤ 0,05
MP 7	47	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05

Fett: Überschreitung A_v bzw. A_s -Kriterium für Mischgebiete

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

Tabelle 11: Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls verursacht durch die Tramstrecken in Räumen fiktiver Gebäude an den Messpunkten				
<i>MQ1 (Hohenschönhauser Straße)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 1	16	52,0	41,0	37,0
MP 2	32	34,0	23,0	< 20
<i>MQ2 (Kreuzung)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 3	38	48,1	40,5	36,5
MP 4	72	31,1	23,6	< 20
<i>MQ3 (Weißenseer Weg)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 5	11	45,0	29,6	27,7
MP 6	28	31,3	< 20	< 20
MP 7	47	23,8	< 20	< 20

Fett: Überschreitung der Anforderungen für Wohnnutzungen

7. Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls

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

Die Aussagen beziehen sich auf die vorliegenden Unterlagen, die zum Zeitpunkt der Messungen vorhandenen örtlichen Gegebenheiten im Ausbreitungsweg sowie des oberirdischen Schienenweges, die vorliegenden Zugzahlen und -gattungen, Geschwindigkeiten und pauschale Ansätze für die Reaktion eines Gebäudes in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) auf eine Schwingungsanregung.

Für die Beurteilung der Gesamtsituation müssen sowohl die Erschütterungen als auch der sekundäre Luftschall die entsprechenden Anhalts- und Richtwerte einhalten. Bei der Beurteilung der Einwirkungen auf das Bauvorhaben werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 [4] für ein Allgemeines Wohngebiet (WA) bzw. die gebietsunabhängigen Immissionsrichtwerte „Innen“ der TA Lärm [10] herangezogen.

7.1 Erschütterungen

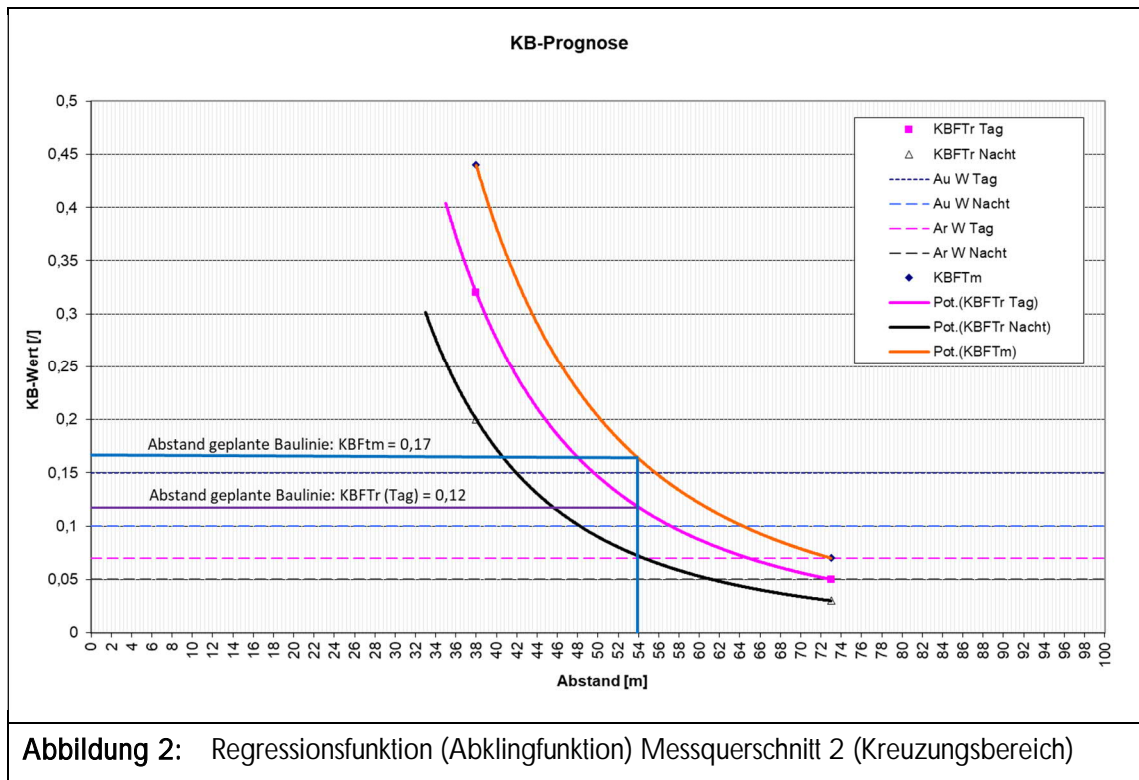
7.1.1 Messquerschnitt 1 (Hohenschönhauser Straße)

Ein Vergleich der ermittelten mittleren $KB_{F_{Tm}}$ –Werte von 0,08 im Bereich des Bauvorhabens (siehe MP 2) mit dem unteren Anhaltswert A_u (0,15/0,1 tags/nachts) zeigt, dass das A_u – Kriterium zuverlässig eingehalten wird.

Hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmbarkeit wird die Fühlbarkeitsschwelle gemäß VDI 2057 Blatt 3 nicht überschritten. Die Unterschreitungen der Anhaltswerte lassen somit ohne weitergehende Schutzmaßnahmen am Baukörper bereits keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen innerhalb des Bauvorhabens erwarten.

7.1.2 Messquerschnitt 2 (Kreuzungsbereich)

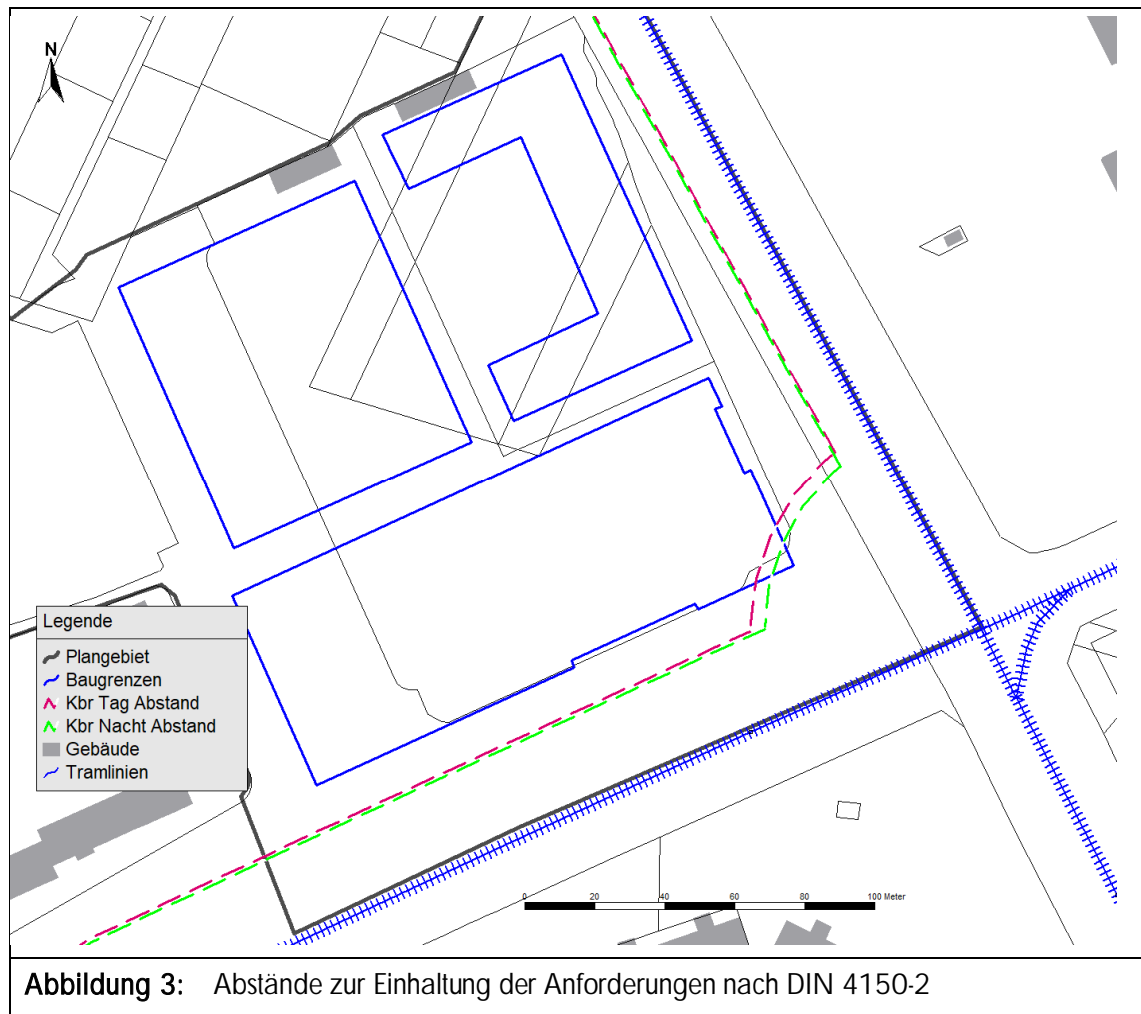
Ein Vergleich der ermittelten mittleren $KB_{F_{Tm}}$ –Werte von 0,07 im Bereich des Bauvorhabens (siehe MP 4) mit dem unteren Anhaltswert A_u (0,15/0,1 tags/nachts) zeigt, dass das A_u – Kriterium ab einem Abstand von 64m im Nachtzeitraum zuverlässig eingehalten wird. Die Baugrenze aus dem Bebauungsplanentwurf liegt in einem Abstand von 56m zur Mitte des Kreuzungsbereichs. Bei einem Abstand von 56m resultiert ein $KB_{F_{Tm}}$ – Wert von 0,17 und die $KB_{F_{Tn}}$ Werte von 0,12/0,07 tags/nachts. Werden die Mischgebietswerte für das geplante MU herangezogen so ist mit dem unteren Anhaltswert A_u (0,2/0,15 tags/nachts) lediglich der Nachtzeitraum von Erschütterungseinwirkungen betroffen. Weiterhin zeigt sich, dass die Beurteilungswerte $KB_{F_{Tn}}$ im Tagzeitraum nicht eingehalten werden können und im Nachtzeitraum gerade so eingehalten werden. Anhand der Ermittlung der Regressionsgerade ist daher nicht auszuschließen, dass spürbare Erschütterungsimmissionen in zur Kreuzung nahegelegenen Gebäude auftreten können:



7.1.3 Messquerschnitt 3 (Weißenseer Weg)

Ein Vergleich der ermittelten mittleren KB_{FTm} –Werte von 0,06 im Bereich des Bauvorhabens (siehe MP 6) mit dem unteren Anhaltswert A_u (0,15/0,1 tags/nachts) zeigt, dass das A_u – Kriterium an der Baugrenze des zukünftigen Bebauungsplans eingehalten wird. Somit sind entlang des Weißenseer Weges ohne weitergehende Schutzmaßnahmen am Baukörper bereits keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen innerhalb des Bauvorhabens zu erwarten.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 auf Basis der Ermittlung der Regressionsgeraden:



7.2 Sekundärluftschall

7.2.1 Messquerschnitt 1 (Hohenschönhauser Straße)

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen am Messpunkt MP 2 bis zu $L_{Amax} = 34$ dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu $L_{A,m}$ bis 25/20 dB(A) tags/nachts. Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls halten somit die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) Tag/Nacht ein. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden am Messpunkt 2 ebenfalls eingehalten.

Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion (Abklingfunktion) über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung einer WA-Nutzung bzw. baulich daran gekoppelten Gebäuden /Bauteilen ca. 30 m zur nächstgelegenen Gleisachse.

7.2.2 Messquerschnitt 2 (Kreuzungsbereich)

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen am Messpunkt MP 2 bis zu $L_{Amax} = 34$ dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu $L_{A,m}$ 25/20 dB(A) tags/nachts. Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls halten somit die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) Tag/Nacht ein. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden am Messpunkt 4 ebenfalls eingehalten.

Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion (Abklingfunktion) über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung einer WA-Nutzung bzw. baulich daran gekoppelten Gebäuden /Bauteilen ca. 56 m zur nächstgelegenen Gleisachse.

Dieser Abstand wird an den Baugrenzen des zukünftigen Bebauungsplans knapp unterschritten, sodass nicht grundsätzlich auszuschließen ist, dass im Grenzbereich der Bebauung das Maximalpegelkriterium der TA Lärm im Nachtzeitraum überschritten wird.

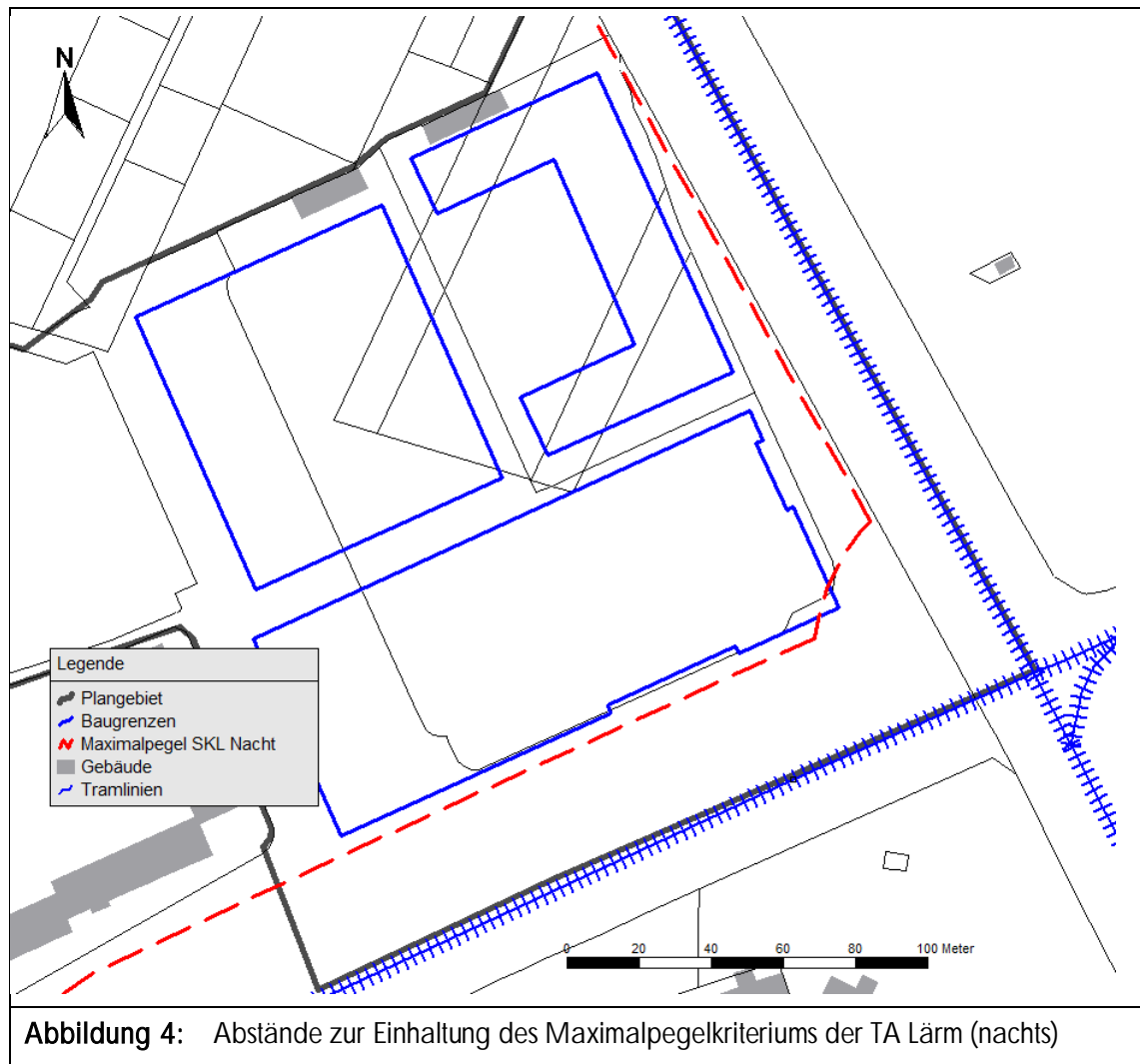
7.2.3 Messquerschnitt 3 (Weißenseer Weg)

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen am Messpunkt MP 6 bis zu $L_{Amax} = 31$ dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu $L_{A,m}$ bis 20/20 dB(A) tags/nachts. Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls halten somit die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) Tag/Nacht ein. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden am Messpunkt 6 ebenfalls eingehalten.

Die Ermittlung des erforderlichen Mindestabstands erfolgte auf Basis einer Regressionsfunktion (Abklingfunktion) über die verschiedenen Messpunktabstände. Demnach beträgt der erforderliche Mindestabstand für die Gebäude zur Errichtung einer WA-Nutzung bzw. baulich daran gekoppelten Gebäuden /Bauteilen ca. 22 m zur nächstgelegenen Gleisachse.

Dieser Abstand wird an den Baugrenzen des zukünftigen Bebauungsplans unterschritten, sodass keine erheblichen Belästigungen in zukünftigen Schlafräumen im Plangebiet zu erwarten sind.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Mindestabstände zur Einhaltung Maximalpegelkriteriums der TA Lärm im Nachtzeitraum (22-6 Uhr) auf Basis der Ermittlung der Regressionsgeraden:



7.3 Gleisverschiebung der zukünftigen Trassierung entlang der Hohenschönhauser Straße

Im Bereich der Trassierung der Hohenschönhauser Straße planen die Berliner Verkehrsbetriebe eine Erneuerung der Straßenbahnanlagen der Linie M5 und M6 von der Landsberger Allee bis zum Weißenseer Weg. Für das Vorhaben wird ein Planfeststellungsverfahren mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung [23] durchgeführt. Zusätzlich gibt es auf Höhe des zukünftigen Geltungsbereich des B-Plan Nr. 11-168 entlang der Haltestelle Hohenschönhauser Straße / Weißenseer Weg auf Grundlage der Verkehrsuntersuchung Knotenpunkt Weißenseer Weg/Konrad-Wolf-Straße/Hohenschönhauser Straße [24] eine Vorzugsvariante zur Ertüchtigung der Leistungsfähigkeit der Kreuzung. Die Verkehrsuntersuchung hat indes keinen direkten Zusammenhang mit der Planfeststellung des Neubaus der Trassierung bis auf Höhe der Haltestelle Hohenschönhauser Straße / Weißenseer Weg.

Anhand der Neuplanung der Kreuzung [24] ist ersichtlich, dass die zukünftige Trassierung der Haltestelle um bis zu 4,4m an das Plangebiet heranrückt. Durch das Heranrücken eines Durchgangsgleises an das Planvorhaben ist zunächst davon auszugehen, dass es zu Erhöhungen der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen kommt. Jedoch kann eine Ertüchtigung der Fahrbahnart kann unter

Umständen ebenfalls zu einer Reduzierung der Immissionen führen, da die Gleise nach dem aktuellen Stand der Technik verbaut werden.

Gemäß der Planfeststellung ([23], [25]) der BVG zum Neubau der Straßenbahnanlagen der Linien M5 und M6 und einer Mitteilung der Senatskanzlei vom 20.01.2021 [26] sind bei Neubauprojekten der BVG als Fahrbahnart das sog. „Neue Berliner Straßenbahngleis“ (NBS) einzusetzen. Dieses besteht aus Rillenschienen mit elastischer Schienenfußummantelung oder elastischen Stützpunktlagern auf einer Betontragschicht mit eingegossenen, vorher justierten Zweiblockschwellen. Diesem System wurde eine positive schwingungstechnische Eigenschaft in der schwingungstechnischen Untersuchung zum Planfeststellungsverfahren [25] nachgewiesen.

In der Mitteilung der Senatskanzlei vom 20.01.2021 führt die BVG zum Thema Oberbauformen auf, dass bei Neubauprojekten nur noch „elastische Oberbauformen nach dem neuesten Stand der Technik“ zum Einsatz kommen. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass bei der geplanten Ertüchtigung des Kreuzungsknotenpunktes Weißenseer Weg/ Hohenschönhauser Straße das o.g. NBS-System zum Einsatz kommt.

Für die erschütterungstechnische Beurteilung werden daher die Erkenntnisse und die Messergebnisse der Messungen aus dem Planfeststellungsverfahren für die weitere Beurteilung auf die durchgeführten Messungen übertragen. Nachfolgendes Spektrum zeigt die gemessenen Emissionsspektren am Messpunkt 1 und 2 im Vergleich zu den zu erwartenden Emissionsspektren bei Einsatz des „NBS“:

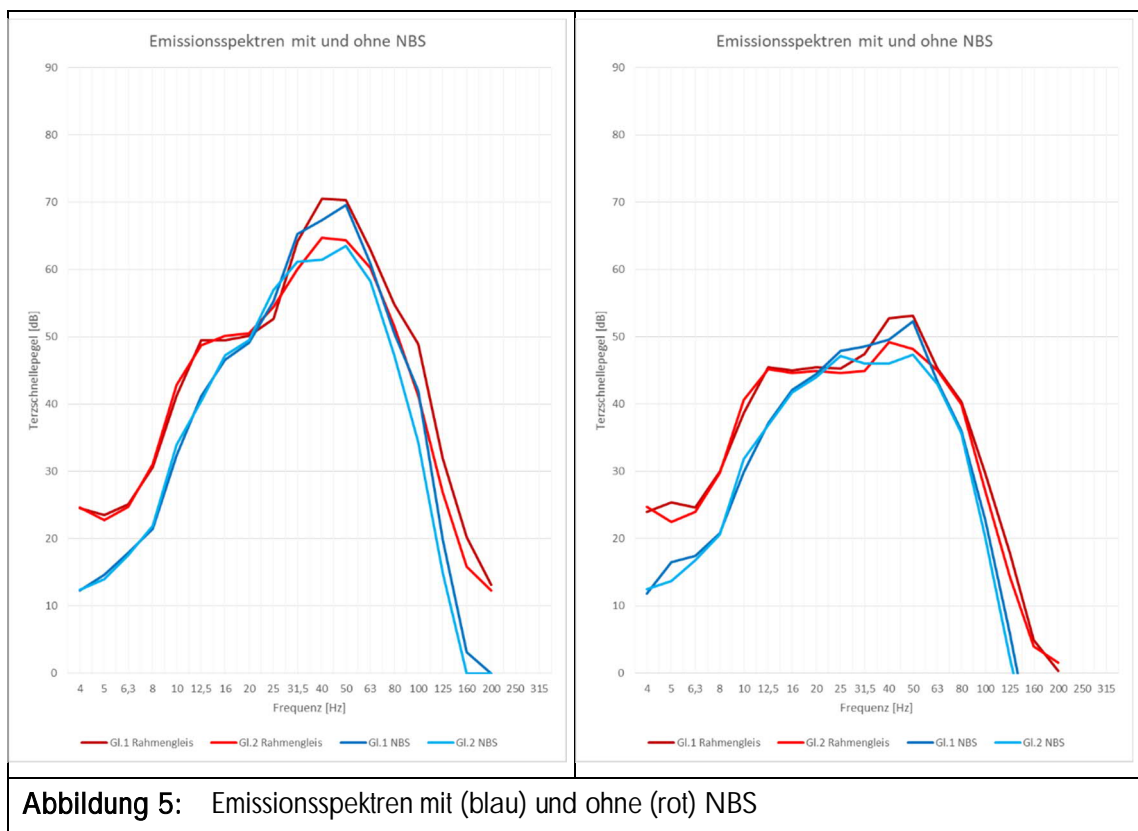


Abbildung 5: Emissionsspektren mit (blau) und ohne (rot) NBS

Auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse und auf Basis der durchgeführten Messungen wurde daher eine Betrachtung der Gleisverschiebung unter Berücksichtigung eines NBS durchgeführt.

Nachfolgende Tabellen zeigen die prognostizierten KB_{FTm} - Wert bzw. KB_{FTr} - Werte tags / nachts und Sekundärluftschallpegel aufgrund der Gleisverschiebung am Messquerschnitt 1 (MP1 und MP2):

Tabelle 12: Prognostizierte höchste KB_{FTm} - Wert bzw. KB_{FTr} - Werte tags / nachts an den Messpunkten 1 und 2 mit NBS und Gleisverschiebung				
<i>MQ1 (Hohenschönhauser Straße)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	KB_{FTm} – Wert	KB_{FTr} – Wert	
			tags	nachts
MP 1	12	0,55	0,25	0,16
MP 2	28	0,06	≤ 0,05	≤ 0,05

Tabelle 13: Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen und Mittelungspegel des Sekundärluftschalls an den Messpunkten 1 und 2 mit NBS und Gleisverschiebung				
<i>MQ1 (Hohenschönhauser Straße)</i>				
Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 1) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 1	16	50,8	39,2	35,4
MP 2	32	33,2	22,2	< 20

Es zeigt sich, dass nach dem Kreuzungsumbau unter Berücksichtigung der Erneuerung der Gleise nach dem Stand der Technik die ermittelten mittleren KB_{FTm} –Werte von 0,06 im Bereich des Bauvorhabens (siehe MP 2) das A_u – Kriterium zuverlässig einhalten.

Die prognostizierten mittleren Maximalpegel betragen am Messpunkt MP 2 bis zu $L_{A,max} = 33$ dB(A) und die Mittelungspegel des Sekundärluftschalls betragen bis zu $L_{A,m}$ bis 23/<20 dB(A) tags/nachts. Die prognostizierten Mittelungspegel des Sekundärluftschalls halten somit die Innenraumrichtwerte gemäß TA Lärm von 35/25 dB(A) Tag/Nacht ein. Die Maximalpegel (Kriterium = 45/35 dB(A) Tag/Nacht) werden am Messpunkt 2 ebenfalls eingehalten.

Hierin ist ersichtlich, dass es durch die Neugestaltung des Kreuzungsbereichs und einer Verschiebung der Trassierung an das Plangebiet des zukünftigen B-Plan Nr. 11-168 voraussichtlich zu keinen wesentlichen Änderungen der Erschütterungssituation kommt. Voraussetzung dabei ist jedoch die Verwendung des NBS.

7.4 Fazit und Lösungsmöglichkeiten

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kann an geplanten Baukörpern eine erhebliche Belästigung in künftigen Schlafräumen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall ohne Schutz- bzw. Kompensationsmaßnahmen im Kreuzungsbereich Hohenschönhauser Straße / Weißenseer Weg nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, sofern Gebäude mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen von Wohnungen den Abstand von 64 m zur Mitte des nächstgelegenen Gleises im Kreuzungsbereich nicht einhalten. Der kürzeste Abstand zu den geplanten Baugrenzen beträgt 56 m.

Dieser Abstand kann im vorliegenden Fall nicht eingehalten werden. Somit müssen bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen sowie an baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (wie zum Beispiel Nebengebäude, Fahrwege usw.) technische bzw. konstruktive Maßnahmen, z.B. (teil-)elastische Gebäudelagerungen, vorgesehen werden, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen.

Bei der elastischen Lagerung wird der Baukörper durch eine horizontale Schnittebene (Deckenanschluss der Außenwände zwischen Kellergeschoss und Erdgeschoss) komplett vom Untergrund entkoppelt. Neben der schwingungsentkoppelten Lagerung des Gebäudes sind zur Vermeidung von Körperschallbrücken grundsätzlich alle Durchdringungen im Bereich der Lagerebene (z.B. Treppen, Wasser, Abwasser, Heizung, etc.) ebenfalls schwingungsentkoppelt auszuführen. Diese Maßnahmen führen auf der einen Seite zu bautechnischen Zwängen, die vorab schwer kalkulierbar und erfahrungsgemäß mit erheblichem wirtschaftlichem Aufwand verbunden sein können. Auf der anderen Seite gilt bei dieser Maßnahme, dass eine ausreichende quantitative Prognosesicherheit bei der Wirksamkeit dieser Maßnahme möglich ist und diese Maßnahme bereits häufig erprobt wurde. Hierzu gibt es jedoch keine gesetzlichen Verpflichtungen, sodass die Entscheidung über die erschütterungsmindernde Maßnahme dem Bauherrn obliegt.

Diskussion weiterer potentiell möglicher Maßnahmen:

Maßnahmen im Erdreich (Transmissionsbereich zwischen Quelle und Immissionsort): Prinzipiell wäre die Herstellung eines Isolierschlitzes zwischen Bahnstrecke und Baukörper denkbar. Generell gilt, dass die Wirksamkeit eines Isolierschlitzes mit Unsicherheiten verbunden ist, die auch bei sorgfältiger Planung nicht ausreichend begrenzt werden können. Insbesondere ist nicht auszuschließen, dass ein möglicher Isolierschlitz auch in das Grundwasser einbinden müsste und somit zum einen die Wirksamkeit verringert wäre als auch im Weiteren die technische Durchführbarkeit aufgrund der örtlichen Gegebenheiten geprüft werden müsste. Zudem ist zu erwarten, dass mit dieser Maßnahme nicht die notwendige Reduzierung der Erschütterungsmissionen erzielt werden kann, um die entsprechenden Anforderungen einzuhalten. Schutzmaßnahmen im Transmissionsbereich führen meist nur zu geringeren Immissionen unmittelbar hinter der Abschirmeinrichtung. Großflächige Abschirmwirkungen können nicht erreicht werden. Insofern sind Maßnahmen im Erdreich im vorliegenden Fall nicht empfehlenswert.

In den aus Abbildung 2 und 3 markierten Bereichen innerhalb der Baugrenzen besteht aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse ein Risiko, dass die Anhaltswerte für Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen überschritten werden. Bei der aktuellen Messung liegt eine gewisse Prognoseunsicherheit vor, da aktuell nicht bekannt ist inwiefern es durch Fremdkörper bzw. bauliche Verbindungen im

Untergrund zu möglicherweise erhöhten Erschütterungsimmissionen kommt. Daher wird vorgeschlagen, dass nach dem Aushub der Baugrube erneute Erschütterungsmessungen mit relativ ungestörten Ausbreitungsbedingungen durchgeführt werden. Erfahrungsgemäß können bei einer Messung in der Baugrube geringere mittlere Maximalpegel prognostiziert bzw. gemessen werden.

8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan

8.1 Satzung

- (1) Bei der Errichtung von Gebäuden mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen von Wohnungen entlang der südöstlichen Ecke der Bebauungsgrenzen sowie in baulich daran gekoppelten Gebäuden sind hinsichtlich der Erschütterungen und der sekundären Luftschallimmissionen des Trambetriebs technische bzw. konstruktive Vorkehrungen vorzusehen, so dass die gemäß DIN 4150-2 und TA Lärm, Abschnitt 6.2 i.d.F. vom August 1998 vorgegebenen Anforderungen für Erschütterungen und Körperschallübertragungen eingehalten werden.
- (2) Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes müssen bauliche Anlagen bis zu einem Abstand von 64 m zur Mitte der nächstgelegenen Gleiskreuzung Weißenseer Weg / Hohenschönhauser Straße schwingungstechnisch abgekoppelt von den bestehenden Anlagen der Tram errichtet werden. Es können auch Maßnahmen gleicher Wirkung getroffen werden.
- (3) Die Einhaltung der gestellten Anforderungen der Absätze 1 und 2 ist durch ein erschütterungstechnisches Gutachten im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens nachzuweisen.

8.2 Begründung

Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den Tramgleisen der Linien M5, M6, M13 und 16 im Bereich der Hohenschönhauser Straße und des Weißenseer Wegs in Berlin wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen im Rahmen eines erschütterungstechnischen Gutachtens untersucht (Gutachten der Möhler + Partner Ingenieure AG von Juli 2022) Hierbei wurden die Einwirkungen durch Erschütterungen und Sekundärluftschall gemessen und für das Planvorhaben prognostiziert.

Die Prognosen auf Basis von Erschütterungsmessungen im freien Feld zeigen, dass entlang der Hohenschönhauser Straße und des Weißenseer Wegs der Mindestabstand zur Einhaltung der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls an den Baufeldern zum nächstgelegenen Durchfahrtgleis eingehalten wird.

Im Kreuzungsbereich konnten aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse erhöhte Erschütterungsimmissionen und Sekundärluftschallpegel festgestellt werden. Im Zuge der Bauausführung ist auf die Immissionen entsprechend zu reagieren. Deshalb wird festgesetzt, dass in den betroffenen Bereichen (südöstliches Plangebiet) bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen im Nahbereich der

Kreuzung sowie darüber hinaus in baulich daran gekoppelten Gebäuden und Bauteilen (z.B. Tiefgaragen/-einfahrten, Nebengebäude, Fahrwege usw., die ggf. auch in anderen Baufeldern liegen) bei Unterschreitung des Mindestabstandes von 64 m zum nächstgelegenen Gleis im Kreuzungsbereich eine Prüfung der zum Genehmigungszeitpunkt vorherrschenden Erschütterungssituation (bauspezifischer Nachweis) vorgenommen werden muss. Erforderlichenfalls sind technische bzw. konstruktive Maßnahmen vorzusehen, die eine Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sicherstellen.

Dieses Gutachten umfasst 32 Seiten und 3 Anlagen.

Berlin, den 13. Juli 2022

Möhler + Partner
Ingenieure AG



i.V. B.Eng. T. Kleinert



i. V. M.Sc. C. Bews

9. Anlagen

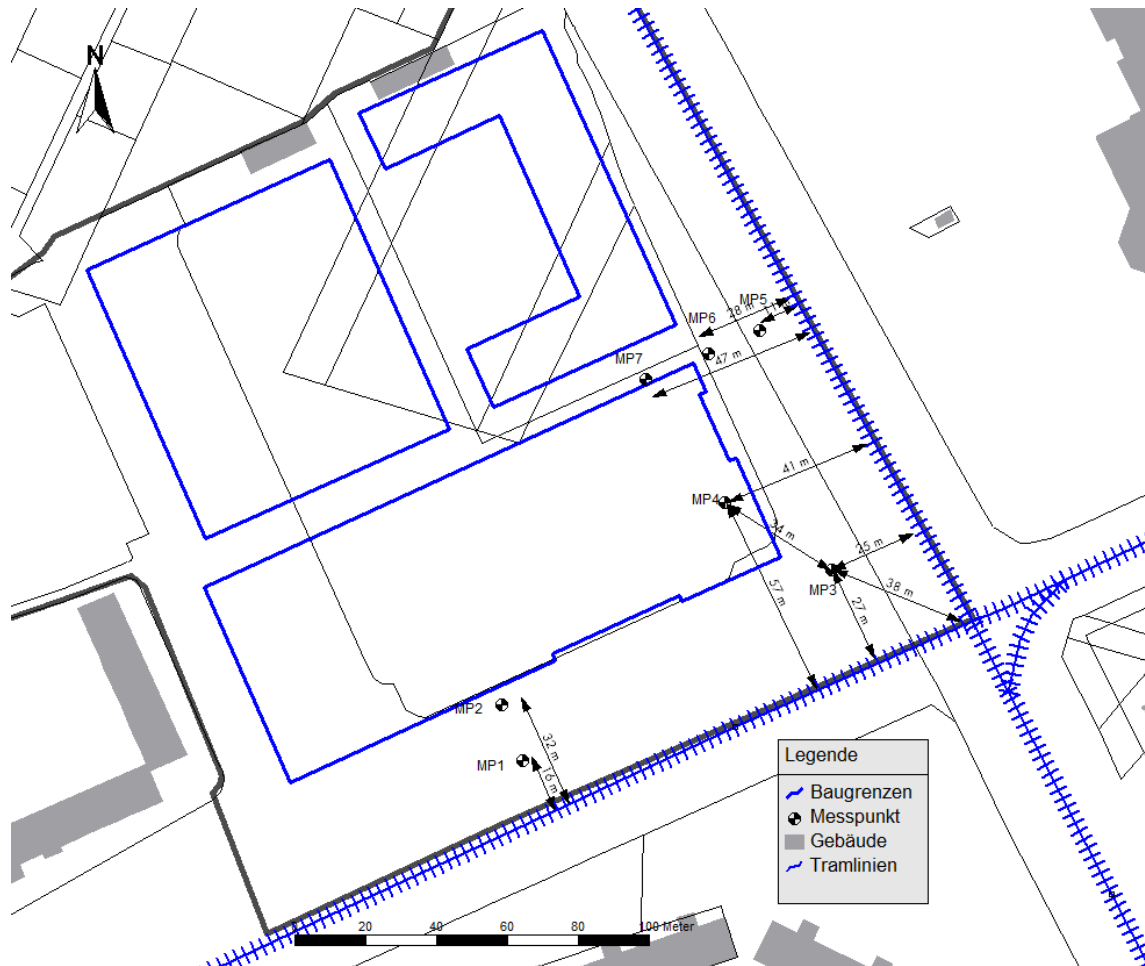
Anlage 1: Lageplan mit Messpunkten

Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messpunkte

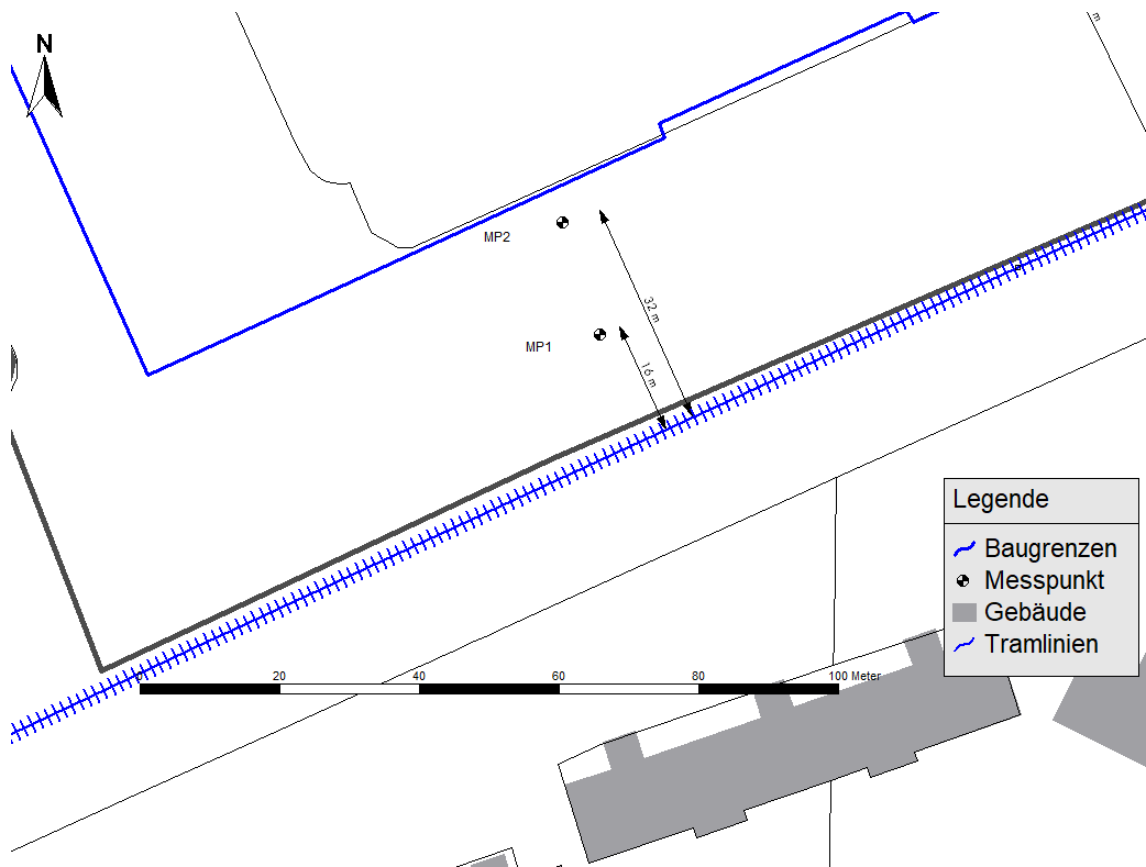
Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

Anlage 1: Lageplan mit Messpunkten

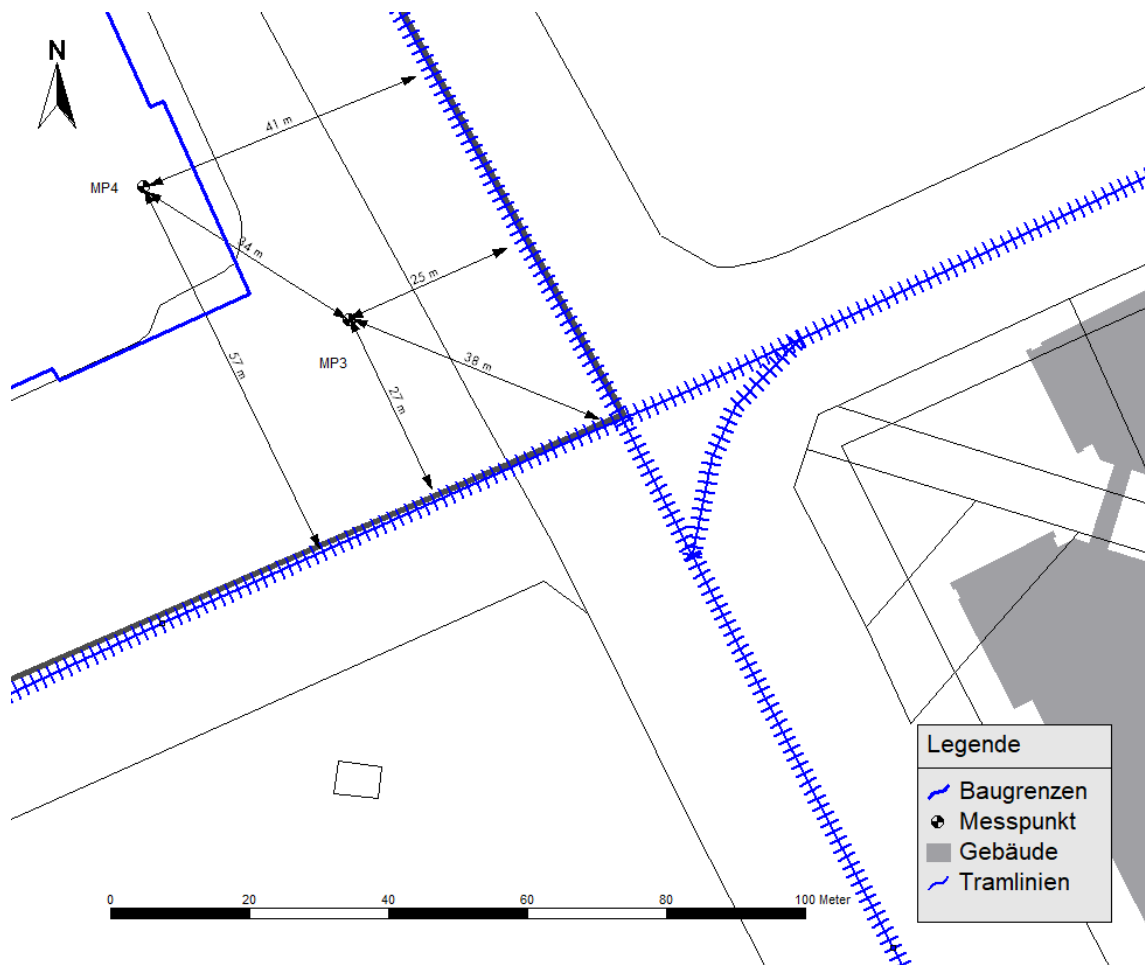
Übersichtslageplan:



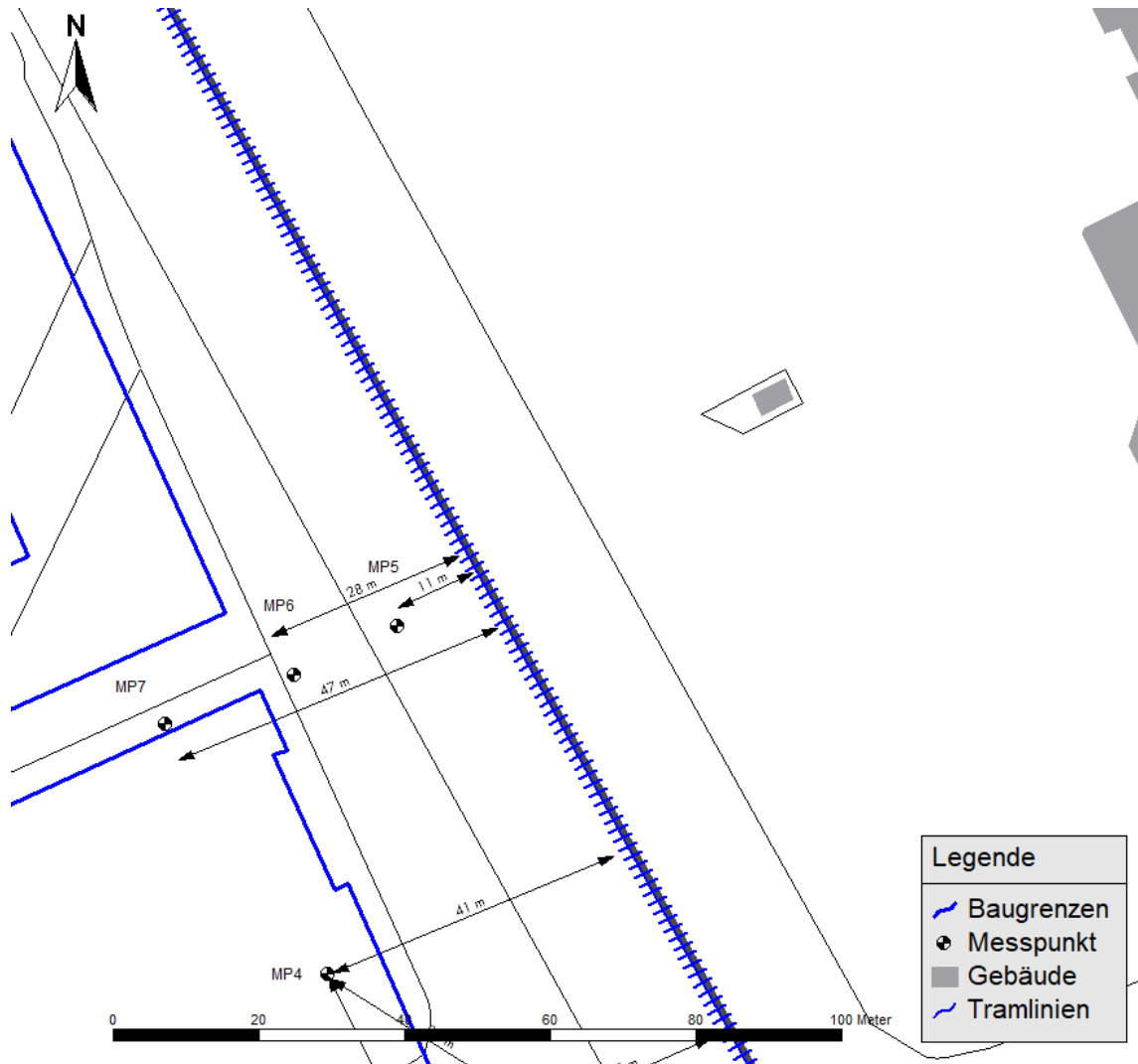
Lageplan Messquerschnitt 1 (Hohenschönhauser Straße):



Lageplan Messquerschnitt 2 (Kreuzungsbereich):

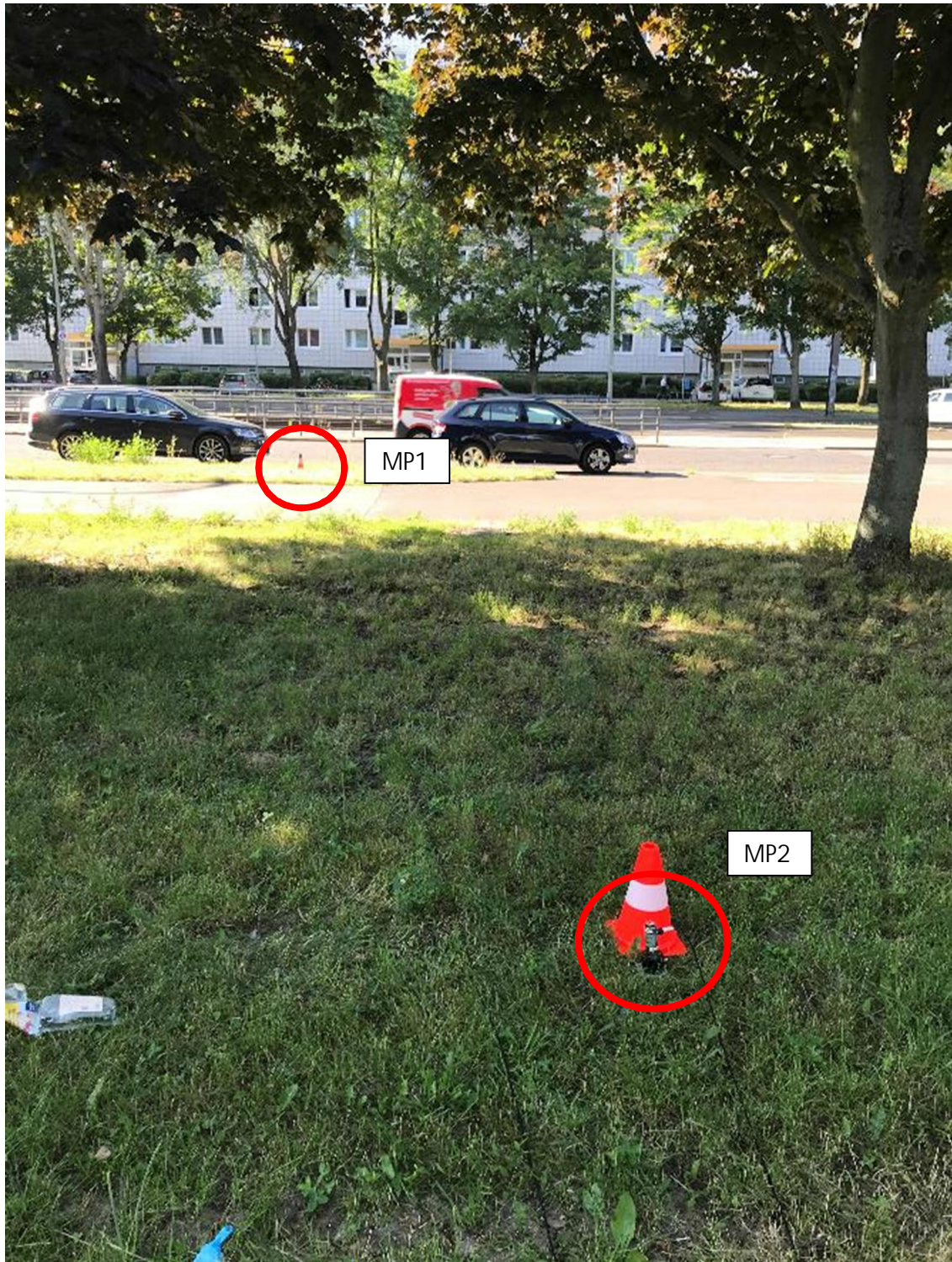


Lageplan Messquerschnitt 3 (Weißenseer Weg):



Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messpunkte

Messpunkt MP 1 und 2:



Messpunkt MP 3



Messpunkt MP 4



Messpunkt MP 5 und 6

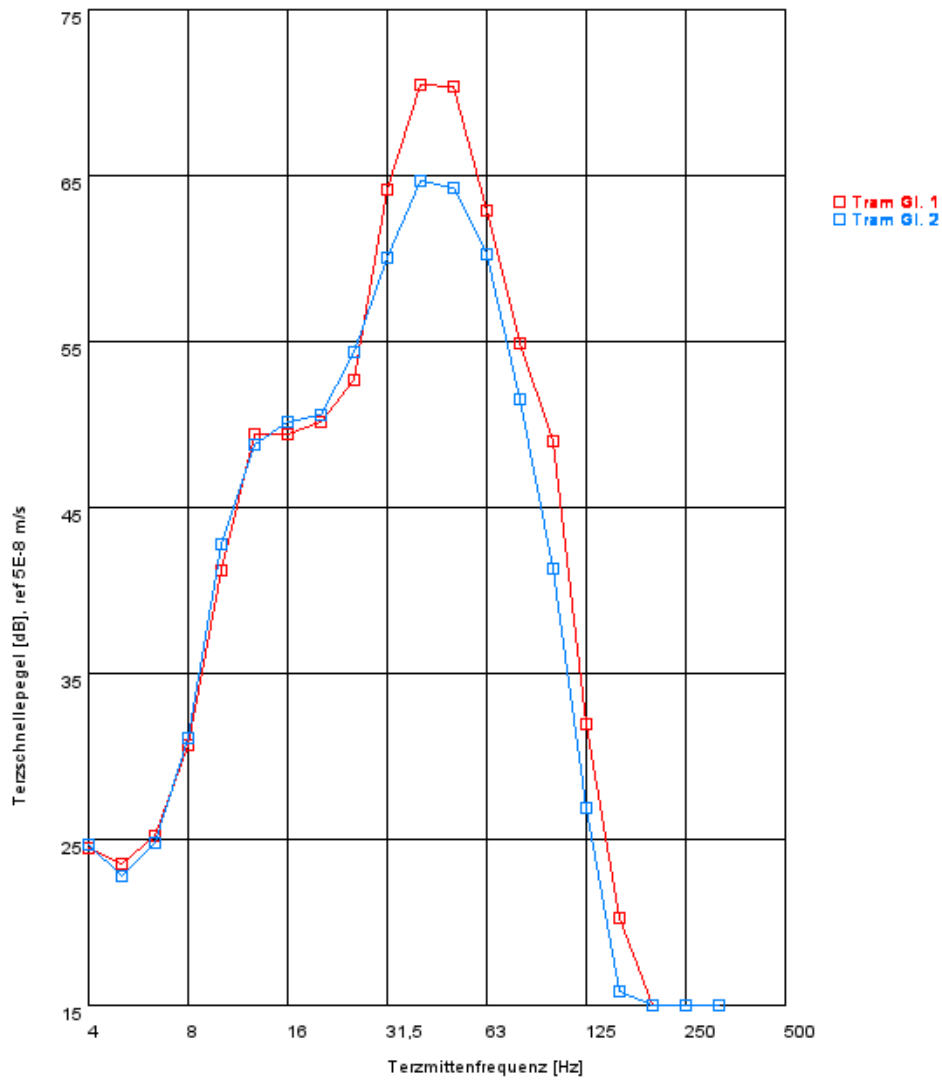


Messpunkt MP 7

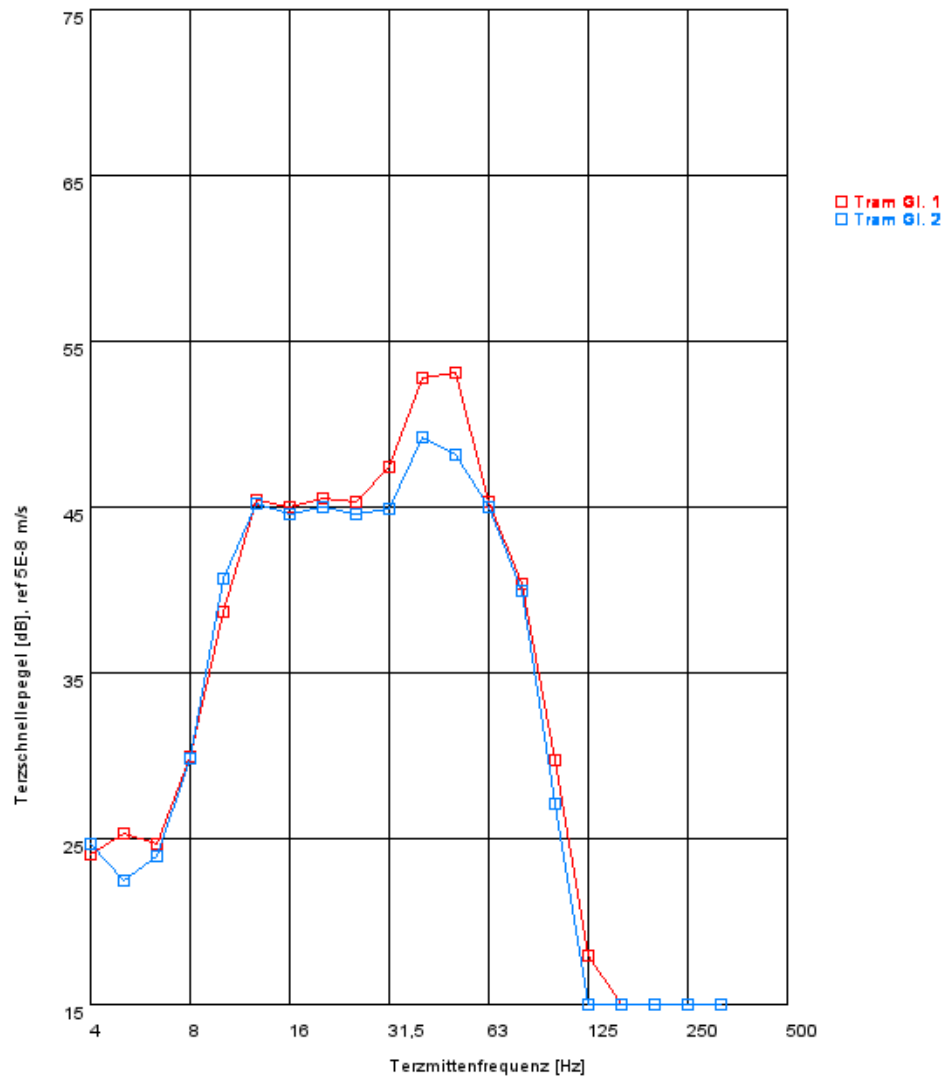


Anlage 3: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

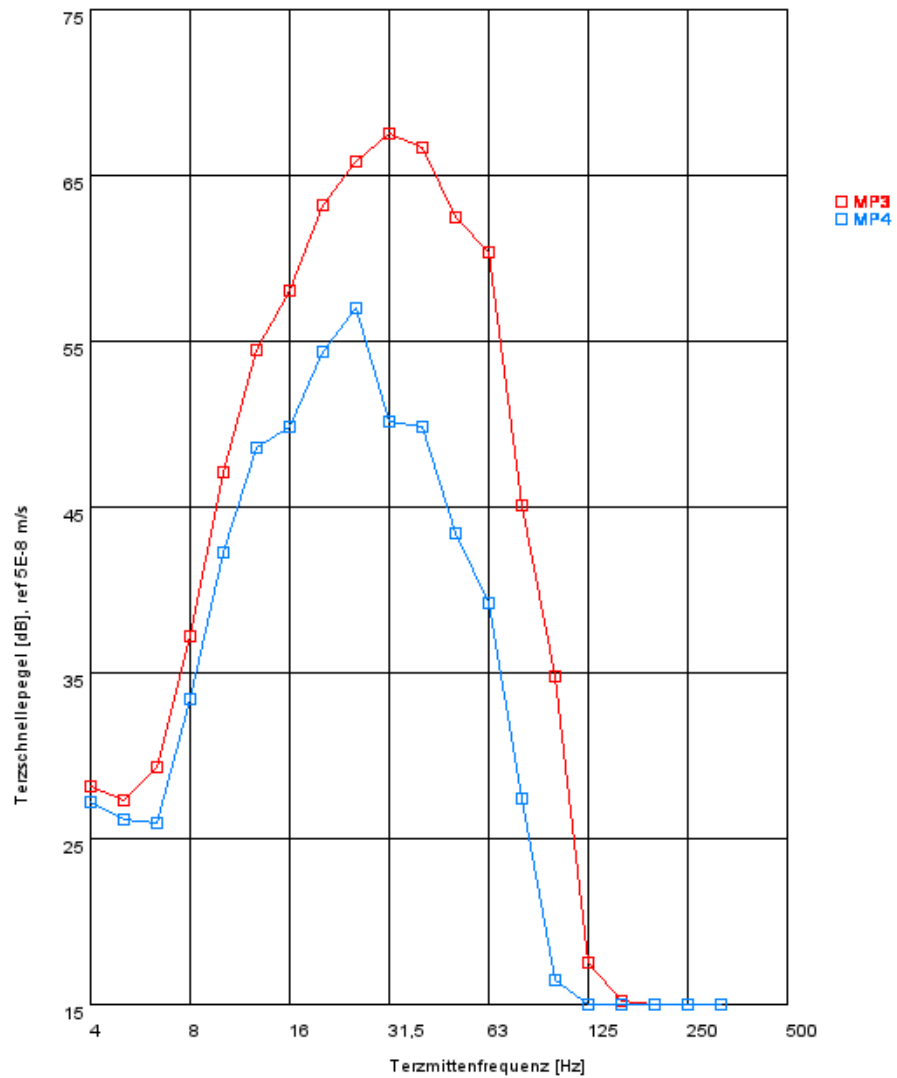
Messpunkt 1:



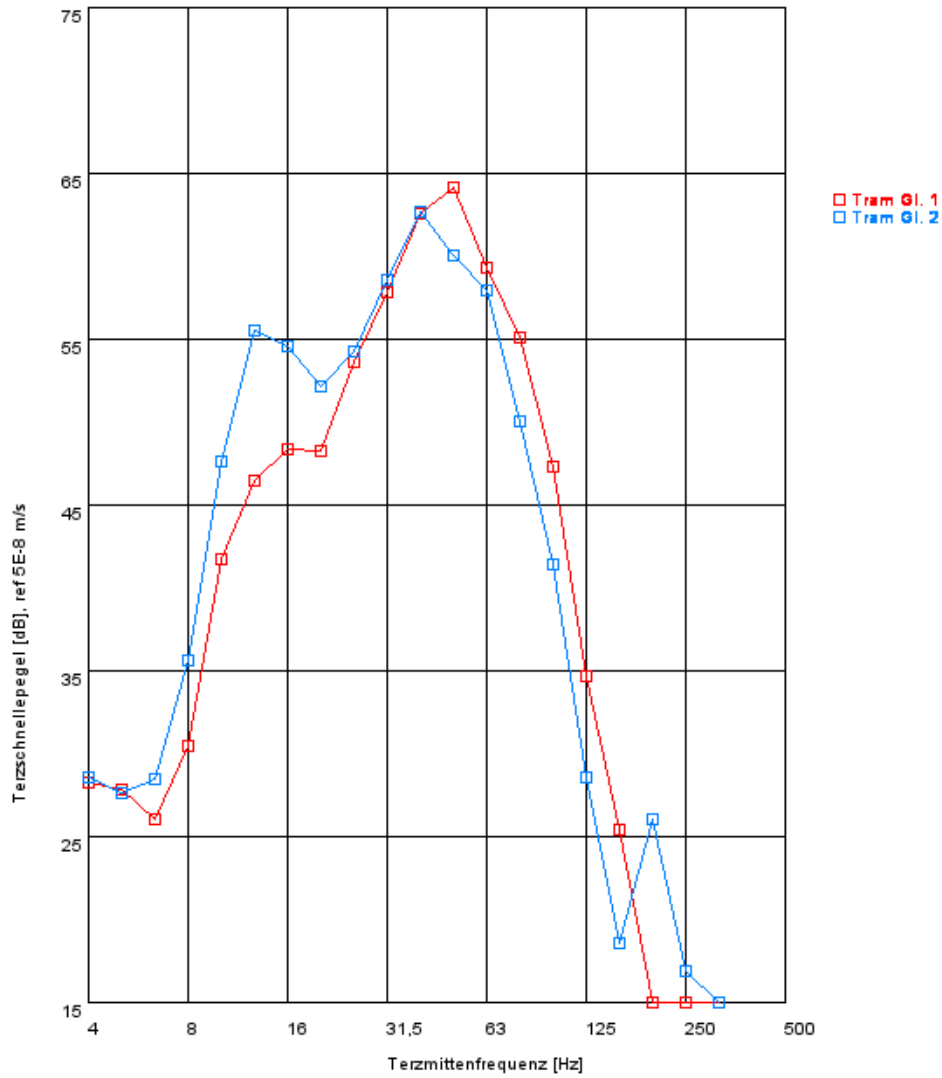
Messpunkt 2:



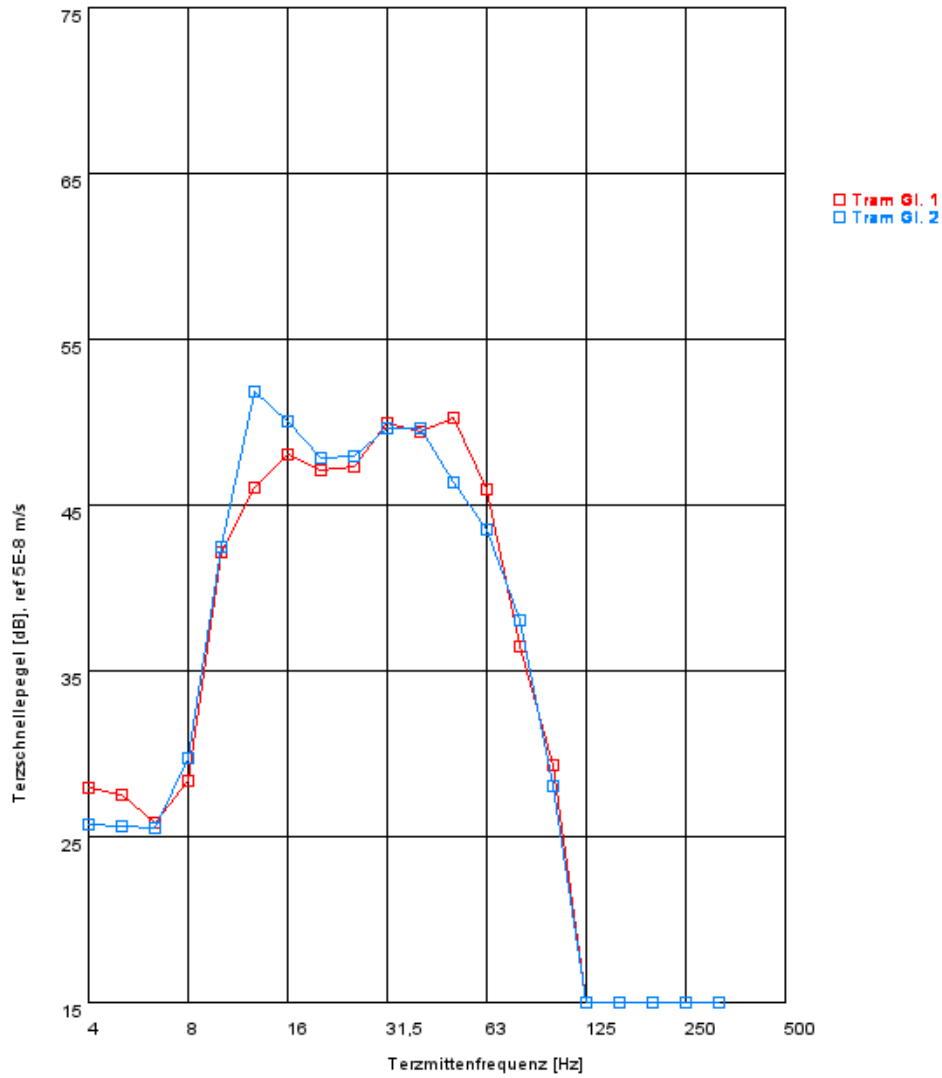
Messpunkt 3 und 4:



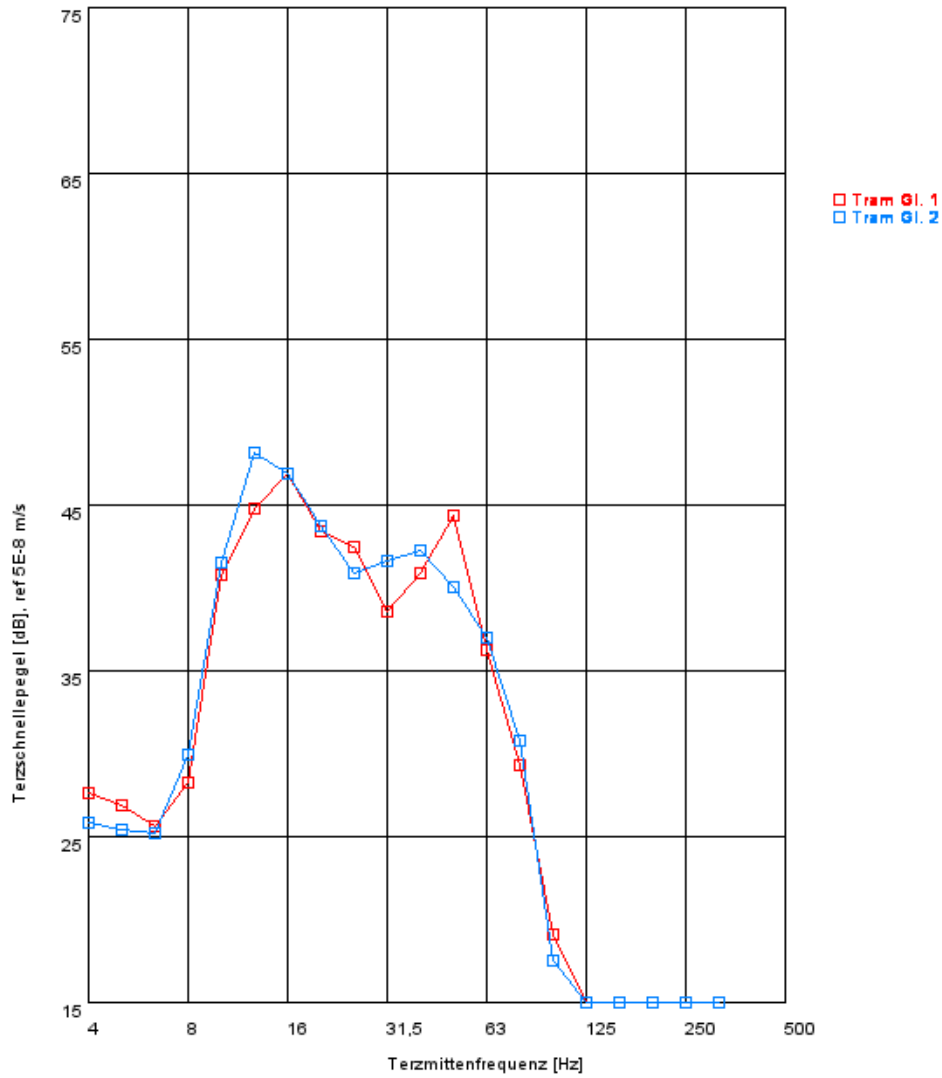
Messpunkt 5:



Messpunkt 6:



Messpunkt 7:



Dateiname: Ber_780-6534-ERSCH_B-Plan-Nr.-11-168-Hohenschönhauser-
Straße_14-06-22.docx
Verzeichnis: C:\Users\kleinert\Documents
Vorlage: C:\Users\kleinert\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Titel: Schalltechnische Untersuchung
Thema:
Autor: moehleru
Stichwörter:
Kommentar:
Erstelldatum: 31.08.2021 13:10:00
Änderung Nummer: 19
Letztes Speicherdatum: 13.07.2022 15:51:00
Zuletzt gespeichert von: Till Kleinert
Letztes Druckdatum: 13.07.2022 15:55:00
Nach letztem vollständigen Druck
Anzahl Seiten: 47
Anzahl Wörter: 8.242 (ca.)
Anzahl Zeichen: 51.927 (ca.)