

**Schwingungstechnischer Bericht Nr. 380.2**  
**„Gleisschleife Gehrenseestraße“**

<b>Thema:</b>	<p>Umbau der Straßenbahngleise der Linien M5 und M17 in der Wartenberger Straße von Hauptstraße bis Paul-Koenig-Straße (einschließlich der Gleisschleife Gehrenseestraße) in Berlin Lichtenberg OT Alt-Hohenschönhausen</p> <p>Einfluss der Baumaßnahme auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in schutzbedürftigen Räumen des ev. Gemeindehauses Malchower Weg 2 (Einwirkungen auf Menschen und auf das Gebäude)</p>															
<b>Auftraggeber:</b>	<p>Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH Greifswalder Straße 80 A 10405 Berlin</p> <p>Tel. +49 (30) 42106-365</p>															
<b>Ortstermine:</b>	<p>Mittwoch, d. 10. Juni 2009 Dienstag, d. 16. Juni 2009 (Messungen im Gemeindehaus) Dienstag, d. 11. Juni 2013 Mittwoch, d. 12. Juni 2013 (Messung der Emissionsspektren)</p>															
<b>Anmerkung:</b>	<p>Der Bericht umfasst insgesamt 28 Seiten.</p> <table><tr><td>Text</td><td>Seiten</td><td>1</td><td>bis</td><td>19</td></tr><tr><td>Tabellen</td><td>Seiten</td><td>T 01</td><td>bis</td><td>T 06</td></tr><tr><td>Anhang</td><td>Seiten</td><td>A 01</td><td>und</td><td>A 03</td></tr></table> <p>Der Bericht soll nur in Gänze an Dritte weitergegeben werden. Ein auszugsweises Zitieren ist mit dem Verfasser abzustimmen.</p>	Text	Seiten	1	bis	19	Tabellen	Seiten	T 01	bis	T 06	Anhang	Seiten	A 01	und	A 03
Text	Seiten	1	bis	19												
Tabellen	Seiten	T 01	bis	T 06												
Anhang	Seiten	A 01	und	A 03												

Berlin-Charlottenburg,  
im März 2014



Dipl.-Ing. C. Imelmann

## **Inhaltsverzeichnis**

0	Vorbemerkung .....	3
1	Zusammenfassung .....	4
2	Beschreibung der Baumaßnahme aus schwingungstechnischer Sicht, Aufgabenstellung .....	5
3	Verwendete Unterlagen .....	7
4	Erläuterungen zu Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen .....	8
	4.1 Grundlagen und Begriffe .....	8
	4.2 Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten .....	9
5	Regelwerk .....	10
	5.1 Regelungen für den Neubau einer Strecke .....	11
	5.2 Regelungen für den Umbau einer Strecke .....	13
6	Durchführung der Untersuchung .....	14
7	Prognoseverfahren .....	15
	7.1 Grundlagen .....	15
	7.2 Schwingungstechnische Berechnungen .....	17
8	Beurteilung der Ergebnisse .....	18

## **Verzeichnis der Tabellen**

Tabelle 1	Mindestabstände zwischen Gebäuden und Gleisachsen ohne und mit Baumaßnahme (Bestand und Planung) .....	T 01
Tabelle 2.1	Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A .....	T 02
Tabelle 2.2	Schwingungs-Emissionsspektrum GT auf NBS-G / NBS-A .....	T 03
Tabelle 3	Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau .....	T 04
Tabelle 4.1	Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Haus Malchower Weg 2 (ev. Gemeindehaus) Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (stadteinwärts) .....	T 05
Tabelle 4.2	Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Haus Malchower Weg 2 (ev. Gemeindehaus) Straßenbahnverkehr auf Gleis 2 (stadtauswärts) .....	T 06

## **Anhang**

Anhang 1	Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude .....	A 01
----------	--	------

## **0 Vorbemerkung**

Die vorliegende Schwingungstechnische Untersuchung ergänzt die Schalltechnische Untersuchung des Unterzeichners zu diesem Vorhaben (Schalltechnischer Bericht Nr. 379.4 „Gleisschleife Gehrenseestraße“). Beide Untersuchungen basieren auf dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.

Gegenstand der Schalltechnischen Untersuchung sind die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen des Straßenbahn- und Straßenbaus auf die Luftschallimmissionen im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme. Die Untersuchung wird im Hinblick auf die Frage durchgeführt, ob die Baumaßnahme zu Betroffenheiten führt und sich hieraus Anspruchsberechtigung auf passive Schallschutzmaßnahmen dem Grunde nach ergibt.

Gegenstand der Schwingungstechnischen Untersuchung sind die Auswirkungen des Umbaus der Straßenbahnstrecke auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in schutzbedürftigen Räumen des benachbarten denkmalgeschützten ev. Gemeindehauses Malchower Weg 2. Bei dieser Untersuchung steht die Frage im Vordergrund, ob die neuen Gleise der Straßenbahn mit zusätzlichen technischen Maßnahmen zur Minderung des Schwingungseintrages in den Boden ausgerüstet werden müssen, um in diesem Gebäude eine Überschreitung der zum Schutz von Menschen formulierten Anhalts- und Immissionsrichtwerte des Regelwerks auszuschließen. Erschütterungseinwirkungen im Hinblick auf Gebäudeschäden werden im Anhang angesprochen.

Das Vorhaben wird im Schalltechnischen Bericht ausführlich beschrieben und anhand eines Lageplans verdeutlicht. Die Angaben werden hier nicht wiederholt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Erschütterungen aus dem Bus- und Schwerlastverkehr in straßennahen Gebäuden aller Erfahrung nach höher sind als die Erschütterungen aus dem Straßenbahnverkehr und dass die geplanten Maßnahmen des Straßenbaus zu einer deutlichen Minderung dieser Erschütterungsmissionen führen. Die Verbesserung ist im geplanten Einsatz einer ebenen Asphaltdecke anstelle der bisherigen Betondecke begründet. Sie ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

## **1 Zusammenfassung**

Die anlässlich der Grunderneuerung der Straßenbahn-Nordsüdtangente im Bauabschnitt 2.2 Wartenberger Straße von Hauptstraße bis Paul-Koenig-Straße vorgesehene Begradigung der Trasse beeinflusst durch Abstandsänderungen sowie durch Einsatz einer Gleisbauart mit verbesserten schwingungstechnischen Eigenschaften die Höhe der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden. Von der Gleisbaumaßnahme ist das denkmalgeschützte Gemeindehaus der Evangelischen Kirchengemeinde Berlin-Hohenschönhausen Malchower Weg 2 insofern besonders betroffen, als die Gleise der Straßenbahn bis auf einen Mindestabstand von 8,90 m an das Gebäude heranrücken werden.

Grundsätzlich führen Abstandsverminderungen infolge von Horizontalverschiebungen der Gleise zu einem Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden. Die Verbesserung der Oberbauart durch die dem Stand der Technik entsprechende Bauart NBS wirkt gegenläufig und führt zu einer Abnahme der Immissionen.

Die vorliegende Untersuchung prognostiziert und bewertet die künftigen Schwingungseinwirkungen aus dem Straßenbahnverkehr auf das denkmalgeschützte Gemeindehaus Malchower Weg 2. Eine Berücksichtigung von anderen Objekten ist nicht erforderlich, da diese in so großer Entfernung von den Gleisanlagen der Straßenbahn liegen, dass die eintretenden Abstandsverminderungen marginal sind, oder es tritt eine Vergrößerung des Abstands ein.

Die entsprechenden Immissionsberechnungen werden auf der Basis aktuell gemessener Emissionsspektren nach einem Rechenverfahren auf Vorschlag der Deutschen Bahn AG unter Annahme eines „Worst Case“ durchgeführt. Dieses Verfahren ist gängig und führt zu Ergebnissen auf der sicheren Seite. Zur Bewertung der Erschütterungsmissionen werden die Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden und DIN 4150-3 für Einwirkungen auf bauliche Anlagen herangezogen. Sekundärluftschallimmissionen werden unter Anwendung derselben Immissionsrichtwerte bewertet, die auch der Verkehrswegeschallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV zugrunde liegen.

Die Ergebnisse zeichnen folgendes Bild:

- Die prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärke für den Beurteilungszeitraum tags liegt mit dem maximal zu erwartenden Wert  $KB_{FT_r}(\text{tags}) = 0,21$  innerhalb der für Wohnungen und vergleichbar genutzten Räume geltenden gebietsabhängigen Spanne gemäß DIN 4150-2 von  $A_r = 0,07$  (gültig in besonders schutzbedürftigen Sondergebieten) bis  $A_r = 0,3$  (gültig in Industriegebieten). Der Anhaltswert für Wohnungen und vergleichbar genutzte Räume in Wohngebieten  $A_r = 0,1$  wird überschritten. Dies ist aus gutachtlicher Sicht jedoch unbedenklich, da das untersuchte Gebäude solche Räume nicht aufweist und die Nutzung als Gemeindehaus unter dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegenüber Erschütterungseinwirkungen etwas geringer einzustufen ist als eine Wohnnutzung.
- Der prognostizierte Beurteilungspegel für den Sekundärluftschall erfüllt mit dem maximal zu erwartenden Wert  $L_r(\text{tags}) = 41 \text{ dB(A)}$  die für Konferenz-, Vortrags- und Büroräume aus der 24. BImSchV abgeleitete Anforderung von  $45 \text{ dB(A)}$ . Dieses Ergebnis ist also ebenfalls unbedenklich.
- Die prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke liegt mit dem Wert  $KB_{F_{\max}} = 0,54$  deutlich unter den Anhaltswerten zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke gemäß DIN 4150-3, die ein Wertenniveau kennzeichnen, bei dessen Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswerts (z.B. Auftreten von Rissen oder Vergrößerung vorhandener Risse) nicht entstehen.

Zusammengefasst lässt sich aus den Ergebnissen der durchgeführten Immissionsprognose nicht das Erfordernis ableiten, die neuen Gleise der Straßenbahn in Höhe des ev. Gemeindehauses Malchower Weg 2 mit zusätzlichen technischen Maßnahmen zur Minderung des Schwingungseintrages in den Boden auszurüsten.

## **2 Beschreibung der Baumaßnahme aus schwingungstechnischer Sicht, Aufgabenstellung**

Die anlässlich der Grunderneuerung der Straßenbahn-Nordsüdtangente im Bauabschnitt 2.2 Wartenberger Straße von Hauptstraße bis Paul-Koenig-Straße vorgesehene Begradigung der Trasse beeinflusst durch Abstandsänderungen sowie

durch Einsatz einer Gleisbauart mit verbesserten schwingungstechnischen Eigenschaften die Höhe der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden.

Einen Überblick über die auftretenden Abstände und Abstandsänderungen bei Gebäuden innerhalb des Bauabschnitts zeigen die Zeilen 1 bis 11 von Tabelle 1. Die dort ausgewiesenen Werte dokumentieren, dass eine nennenswerte Abstandsverminderung nur für das Gemeindehaus der evangelischen Kirchengemeinde Berlin-Hohenschönhausen Malchower Weg 2 eintreten wird, an das die Gleise der Straßenbahn infolge der Baumaßnahme bis auf 8,90 m heranrücken werden. Alle anderen Objekte liegen in so großer Entfernung, dass die eintretenden Abstandsverminderungen marginal sind, oder es tritt eine Vergrößerung des Abstands ein.

Anmerkung:

Der seit 1925 als Gemeindehaus genutzte Fachwerkbau Malchower Weg 2 wurde 1913/14 als Stehbierhalle des ehem. Restaurants zum Lindengarten errichtet (Schankbetrieb bis 1950). Eine umfassende Sanierung erfolgte 1997-98. Das Gebäude unterliegt als Baudenkmal dem Denkmalschutzgesetz Berlin und ist nachrichtlich in die Denkmalliste eingetragen. Angesichts der ursprünglichen Nutzung drängt sich keine besonders ausgeprägte Empfindlichkeit gegenüber Erschütterungen auf.

Der künftige Mindestabstand des Gemeindehauses liegt mit 8,90 m in einem durchaus nicht unüblichen Rahmen, wie es die in den Zeilen 12 bis 14 von Tabelle 1 zum Vergleich aufgeführten Abstände belegen. Diese Abstände gelten für Baudenkmale des Denkmalbereiches Dorfkern Hohenschönhausen, die in unmittelbarer Nachbarschaft des Bauvorhabens liegen, aber von der Baumaßnahme selbst nicht betroffen sind.

Als Regeloberbau ist bei den künftigen Gleisen der Straßenbahn die Bauart „Neues Berliner Straßenbahngleis“ (NBS) vorgesehen. Das NBS besteht aus Rillenschienen mit elastischer Schienenfußummantelung oder elastischen Stützpunktlagern auf einer Betontragschicht mit eingegossenen, vorher justierten Zweiblockschwellen. Das NBS kann mit einer Asphalt- oder Schottereindeckung versehen oder als Grünes Gleis ausgeführt werden. Die Oberbauart NBS wurde in Zusammenarbeit zwischen den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) und der Industrie entwickelt und hat

sich seit über zehn Jahren bei Neubau- und Sanierungsstrecken bewährt. Jeweils an die spezifischen Gegebenheiten der Verkehrsbetriebe angepasst, wird das NBS unter dem Namen „Rheda City“ im In- und Ausland eingesetzt. Die positiven schwingungstechnischen Eigenschaften werden maßgeblich durch die Elastizität der Schienenlagerung in Verbindung mit der hohen Impedanz der Betonplatte bestimmt.

Grundsätzlich führen Abstandsverminderungen infolge von Horizontalverschiebungen der Gleise zu einem Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden. Die Verbesserung der Oberbauart durch den Einbau einer dem Stand der Technik entsprechenden Konstruktion wirkt gegenläufig und führt zu einer Abnahme der Immissionen.

Aufgabe der Schwingungstechnischen Untersuchung ist es nun, im Vorfeld der Baumaßnahme die zukünftigen Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in Gebäuden mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen zu prognostizieren und gegebenenfalls mit den ursprünglichen Immissionen (der Vorbelastung) zu vergleichen. Dies ermöglicht den Nachweis, dass Menschen in Gebäuden künftig keinen spürbar stärkeren Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen aus dem Straßenbahnverkehr im Sinne einer wesentlichen Erhöhung ausgesetzt sein werden beziehungsweise dass die geltenden Anhalts- oder Immissionsrichtwerte eingehalten werden, oder führt zu dem Ergebnis, dass besondere technische Schutzvorkehrungen im Gleisbereich erforderlich sind, um ein zulässiges Immissionsniveau nicht zu überschreiten. Dies gilt auch für Schwingungseinwirkungen auf das Gebäude.

Angesichts der bisherigen und künftigen Abstände sowie der auftretenden Abstandsänderungen besteht aus gutachtlicher Sicht Untersuchungsbedarf ausschließlich für das denkmalgeschützte ev. Gemeindehaus Malchower Weg 2. Eine Berücksichtigung der anderen, wesentlich weiter entfernten Objekte ist nicht erforderlich.

### **3    *Verwendete Unterlagen***

Es wird auf die Zusammenstellung in Kapitel 2 des Schalltechnischen Berichts Nr. 379.4 verwiesen.

Zusätzlich wurden herangezogen:

- /1/ Körperschall- und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer: Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen, Deutsche Bahn AG, ZBT 511 München (Ausgabe August 1996)
- /2/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013
- /3/ DIN 4150-2, Ausgabe:1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- /4/ DIN 4150-3, Ausgabe:1999-02 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

#### **4 Erläuterungen zu Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen**

##### **4.1 Grundlagen und Begriffe**

Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen (unter dem Oberbegriff Schwingungsmissionen) haben ihre Ursache im wesentlichen in dynamischen Erregerkräften in der Kontaktzone zwischen den Rädern des fahrendes Zuges und der Schiene. Die Schwingungen werden über den Oberbau und den Unterbau in den Boden übertragen, breiten sich dort in Wellenform aus und werden über die Fundamente in benachbarte Gebäude eingeleitet. Dort können sie zu wahrnehmbaren Bewegungen der Geschossdecken (Erschütterungen) und zu Schwingungen der Raumbegrenzungsflächen führen, die ihrerseits wieder als Schall abgestrahlt werden (Sekundärer Luftschall).

Erschütterungen bezeichnen tieffrequente Schwingungen eines Gebäudes, die der Mensch mit seinem ganzen Körper wahrnehmen kann, sofern die auftretende Schwinggeschwindigkeit die sog. Fühlschwelle um 0,1 mm/s liegt übersteigt. Die Schwingungen können insbesondere dann zu Belästigungen führen, wenn die Geschossdecken in Resonanz angeregt werden, woraus eine deutliche Verstärkung der Schwingungen resultiert. Je nach Aufbau und Spannweite der Decken liegt der Hauptfrequenzbereich zwischen 10 Hz und 40 Hz. Zur Kennzeichnung der Erschütterungsmissionen dient die bewertete Schwingstärke KB, die aus dem gleitenden Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals abgeleitet wird.

Anmerkung:

Im Zusammenhang mit den Erschütterungen können gewisse Erscheinungen auftreten, die oft störender sind als die Erschütterungen selbst (z.B. Gläserklirren). Es ist allerdings nicht möglich, hieraus einen Rückschluss auf die Höhe der Erschütterungen zu ziehen, da diese Effekte bereits bei den geringsten Erschütterungsimmissionen auftreten können, sogar bei solchen, die unterhalb der Fühlschwelle liegen. Sie sind aber im Regelfall auch leicht zu beseitigen, etwa durch geringfügiges Verschieben der Gläser an einen anderen Platz.

Sekundärer Luftschall entsteht durch Körperschallabstrahlung von Decken und Wänden und kann innerhalb von Gebäuden in der Nachbarschaft von Bahntrassen hörbar sein. Die sekundären Luftschallimmissionen treten meist im Frequenzbereich um 80 Hz auf und werden als dumpfes Grollen wahrgenommen. Zur Kennzeichnung dient der A-bewertete Beurteilungspegel  $L_r$  in dB(A).

Anmerkung:

Bei oberirdischem Schienenverkehr wird der Sekundärluftschall in den Räumen auf der Seite des Schienenweges meist durch den Luftschalleintrag durch die Fenster überlagert, so dass er (wenn er überhaupt als solcher zu hören ist) weniger störend empfunden wird und mit einfachen Mitteln auch nicht gezielt zu messen ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Fenster nur eine geringe Schalldämmung aufweisen und der Schienenweg sehr nah ist. Dieser „primäre“ Luftschall ist Gegenstand der Schalltechnischen Untersuchung auf Grundlage der Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV.

#### **4.2 Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten**

Die Stärke der auftretenden Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen wird maßgeblich bestimmt

- durch Art und Zustand von Fahrzeugen und Gleisen, insbesondere durch den Zustand der Kontaktflächen von Rad und Schiene,
- durch den Oberbau, Unterbau und den Untergrund,
- durch den Abstand zwischen dem Gleis und dem Gebäude mit schutzbedürftiger Nutzung,
- durch das Übertragungsverhalten des Bodens (Materialdämpfung),
- durch gebäudespezifische Übertragungsfaktoren,
- durch die Fahrgeschwindigkeit.

Da Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen zumeist mit Resonanzeffekten verbunden sind, ist nach Erfahrungen des Unterzeichners die Fahrgeschwindigkeit von geringerem Einfluss als bei den Luftschallimmissionen.

Zur Minderung von Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen sind über die regelmäßige Wartung der Rad-Schiene-Kontaktzone hinaus (Schleifen der Schienenoberfläche, Bearbeitung unrunder Räder)

- bauliche Maßnahmen im Bereich der Schienen- und Oberbaulagerung (z.B. Unterschottermatten, Elastische Schienen-Stützpunktlager, Kontinuierliche elastische Schienenlagerungen, Masse-Feder-Systeme, Elastische Lagerungen von Schwellen),
- Maßnahmen am Ausbreitungsweg (z.B. Abschirmmatten in Baugrundschnitzen),
- Maßnahmen bei der Gebäudegründung und -konstruktion (z.B. Versteifung von Decken, Abfederung ganzer Gebäude)

möglich und im Einzelfall hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nachgewiesen, teilweise aber mit großem baulichen und finanziellen Aufwand verbunden.

Grundsätzlich gilt, dass moderne Fahrzeuge mit wirksamer Primärfederung und guten Radlaufflächen zu deutlich geringeren Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen führen können als Fahrzeuge ohne Primärfederung. Dasselbe gilt für neu verlegte Gleise im Vergleich zu alten. Die Verbesserung bleibt aber nur bei sehr guter Gleis- und Radpflege dauerhaft erhalten.

## **5 Regelwerk**

Die geplante Baumaßnahme liegt als erheblicher baulicher Eingriff im Geltungsbereich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen und Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Zu den Immissionen im Sinne des Gesetzes gehören Geräusche (hier zu verstehen als sekundäre Luftschallabstrahlung innerhalb von Räumen infolge von Körperschalleinleitung) und Erschütterungen.

Da allerdings in der Verordnungsermächtigung des § 43 Abs. 1 BImSchG, welche die Grundlage für die 16. BImSchV darstellt, Erschütterungs- und Sekundärluft-

schallimmissionen nicht angesprochen werden, fehlt im Verkehrsbereich die Rechtsgrundlage für den Erlass einer der 16. BImSchV entsprechenden Rechtsverordnung. Dies betrifft insbesondere

- das Fehlen einer Festlegung von Grenzwerten und der Verfahren zur Ermittlung der Emissionen und Immissionen,
- das Fehlen einer Festlegung von Kriterien, wann ein erheblicher baulicher Eingriff zu einer wesentlichen Erhöhung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen führt, woraus das Erfordernis von entsprechenden Vorsorgemaßnahmen abgeleitet werden könnte.

In der Praxis sind bis zur endgültigen Klärung der rechtlichen und bewertungstechnischen Fragen Ersatzlösungen eingeführt. Sie werden nachfolgend vorgestellt und im Rahmen der vorliegenden Untersuchung angewendet.

## **5.1 Regelungen für den Neubau einer Strecke**

### *a) Beurteilung von Erschütterungsmissionen*

Zur Beurteilung von Erschütterungsmissionen in „Wohnungen und vergleichbar genutzten“ Räumen ist die DIN 4150-2 als Äußerung einschlägigen Sachverständigen heranzuziehen. Hiernach gelten für oberirdische Schienenwege des ÖPNV bestimmte Anhaltswerte  $A_u$ ,  $A_o$  und  $A_r$ , mit denen die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  beziehungsweise die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT}$  zu vergleichen sind. Die Werte sind in der umseitigen Tabelle zusammengefasst. Für Gebäude, die keine Wohnungen oder vergleichbar genutzte Räume enthalten, sind keine Anhaltswerte festgelegt. Dies betrifft insbesondere die Kategorie der Konferenz-, Vortrags- und Büroräume, die für die Nutzung eines Gemeindehauses charakteristisch sind.

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien  $A_u$ ,  $A_o$  und  $A_r$ :

- Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert  $A_u$ , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als  $A_u$ , ist die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT}$  erforderlich. Ist  $KB_{FT}$  nicht größer als der Anhaltswert  $A_r$ , dann sind die Anforderungen ebenfalls eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax}$  im Beurteilungszeitraum nachts größer als der (obere) Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten.

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,6	-	0,3	0,45	0,6	0,22
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,45	-	0,22	0,3	0,6	0,15
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,3	-	0,15	0,22	0,45	0,1
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,22	-	0,1	0,15	0,3	0,07
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,15	-	0,07	0,15	0,22	0,07

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung – BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter der Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Im Anhang erläutert die Norm, dass die Möglichkeiten zur Verminderung von Schwingungsemissionen von Schienenwegen begrenzt seien. Sie verweist für innerstädtischen ÖPNV allerdings auf positive Erfahrungen mit Maßnahmen im Bereich der Schienenlagerung.

#### Anmerkungen:

- Die Bezeichnung „Anhaltswert“ anstelle von „Richtwert“ oder „Grenzwert“ stellt klar, dass es sich um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Darüber hinaus soll sie die vergleichsweise große Unsicherheit bei der Ermittlung von Erschütterungsimmissionen und der Bewertung ihrer Wirkung auf den Menschen widerspiegeln. In diesem Zusammenhang wird auch auf die in Nummer 5.4 und Tabelle 3 der DIN 4150-2 angesprochene Unsicherheitsmarge von 15 % verwiesen.
- Die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  hängt nur von der Höhe der Erschütterungsimmissionen während der Zugvorbeifahrten und nicht von deren Häufigkeit ab. Solange der untere Anhaltswert  $A_u$  eingehalten wird, kommt es bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen also nicht auf die Zugzahlen an (diese spielen erst bei der Diskussion der Beurteilungs-Schwingstärken  $KB_{F_{Tr}}$  eine Rolle).
- Die Festlegungen gemäß Nummer 6.5.3.5 der DIN 4150-2 für die Prognosebeurteilung beim Schienenverkehr nachts bleiben unberücksichtigt (abweichende Bedeutung des oberen Anhaltswertes  $A_o$ ). Statt dessen werden in Analogie zu Nummer 6.5.3.3 die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerten  $A_o$  gemäß Tabelle 1, Zeilen 3 bis 5 herangezogen.

- Auch bei besonders schutzbedürftigen Einwirkungsorten gemäß Zeilen 4 und 5 liegt der untere Anhaltswert nachts  $A_v = 0,15$  über der Föhlschwelle ( $KB = 0,1$ ). Hiernach dürfen auch bei größter Immissionsempfindlichkeit der Einwirkungsorte Erschütterungen aus dem Straßenbahnverkehr fühlbar sein; die oft erhobene Forderung nach absoluter Nichtwahrnehmbarkeit ist aus dem Regelwerk nicht begründbar.

#### b) *Beurteilung von Sekundärluftschallimmissionen*

Die Beurteilungspegel in Wohn- und Schlafräumen werden in Ermangelung rechtlich verbindlicher Grenzwerte hilfsweise mit denselben Immissionsrichtwerten verglichen, die auch der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV zugrunde liegen. Diese Immissionsrichtwerte ergeben sich unter Anwendung eines Zuschlages von 3 dB(A) aus den Korrektursummanden D zur Berücksichtigung der Raumnutzung gemäß Tabelle 1 dieser Verordnung und betragen in Wohnräumen 40 dB(A) tags und in Schlafräumen 30 dB(A) nachts. Bei weniger schutzbedürftigen Räumen wie z. B. Vortrags- und Arbeitsräumen steigen die Immissionsrichtwerte je nach Raumnutzung auf 45 dB(A) tags beziehungsweise 50 dB(A) tags. Die Anforderungen bezüglich der Sekundärluftschallimmissionen beschränken sich also nicht auf Wohnräume und vergleichbar genutzte Räume.

#### Anmerkung:

Die Frage, ob auch bei den Sekundärschallimmissionen den Besonderheiten des Schienenverkehrs in Analogie zu den Regelungen der 16. BImSchV durch einen Abschlag von 5 dB(A) Rechnung getragen werden soll, ist umstritten („Schienenbonus“). In der vorliegenden Untersuchung wird der Abschlag berücksichtigt, da aus Sicht des Unterzeichners die Ergebnisse der interdisziplinären Feldstudie zur Einführung des Schienenbonus' vom Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre in weitgehend gleicher Weise sowohl für den primären als auch für den sekundären Luftschall gelten und keine gesicherten, einen neuen Kenntnisstand wiedergebende Forschungsergebnisse vorliegen, die gegen eine Berücksichtigung dieses Abschlages sprächen.

### **5.2 Regelungen für den Umbau einer Strecke**

Nach der Fertigstellung der baulichen Maßnahme darf keine wesentliche Erhöhung der Erschütterungs- und Körperschallimmissionen gegenüber der Vorbelastung auftreten.

#### *a) Beurteilung von Erschütterungsimmissionen*

Unter einer wesentlichen Erhöhung der Erschütterungsimmissionen wird eine Zunahme der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  beziehungsweise der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTT}$  um mindestens 25 % der Vorbelastung verstanden. Erschütterungsimmissionen unterhalb der Zumutbarkeitsschwelle  $KB_{F_{max}} = 0,4$  werden als zulässig betrachtet. Bei einer wesentlichen Erhöhung sind – wie oben beschrieben – die Anhaltswerte  $A_u$ ,  $A_o$  und  $A_r$  für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen an oberirdischen Schienenwegen des ÖPNV gemäß DIN 4150-2 heranzuziehen.

#### *b) Beurteilung von Sekundärluftschallimmissionen*

Eine wesentliche Erhöhung des A-bewerteten Sekundärluftschallpegels wird analog zu den Regelungen der Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV durch eine Differenz der Beurteilungspegel von mindestens 2,1 dB(A) definiert. Liegt eine wesentliche Erhöhung vor, sind die Beurteilungspegel in schutzbedürftigen Räumen – in Ermangelung rechtlich verbindlicher Grenzwerte – hilfsweise mit denselben Immissionsrichtwerten zu vergleichen, die auch der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV zugrunde liegen.

### **6 Durchführung der Untersuchung**

Da die Straßenbahntrasse infolge der Baumaßnahme relativ nahe an das Gemeindehaus heranrückt, geht die Untersuchung davon aus, dass die Bedingungen für eine wesentliche Erhöhung der Immissionen von vornherein erfüllt sind. Die Untersuchung wird also durchgeführt, als handele es sich um den Neubau einer Straßenbahnstrecke. Damit gelten die Regelungen gemäß Kapitel 5.1 dieses Berichts; eine vorgeschaltete Untersuchung auf wesentliche Erhöhung wird nicht durchgeführt.

Da das Gebäude keine Wohnungen und demnach keine Räume enthält, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden, erfolgt die Untersuchung nur für den Beurteilungszeitraum tags.

Im Zentrum der Schwingungstechnischen Untersuchung stehen also die rechnerische Prognose

- der maximalen bewerteten Schwingstärken  $KB_{Fmax}$  sowie der hieraus unter Berücksichtigung des Betriebsprogramms berechneten Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  (tags),
- der maximalen A-bewerteten Sekundärluftschallpegel  $L_{Amax}$  und der Beurteilungspegel  $L_r$  (tags)

sowie der Vergleich der prognostizierten Kennwerte mit den geltenden Anhalts- und Immissionsrichtwerten des Regelwerks.

Die Prognoserechnung erfolgt nach dem in /1/ von der DB AG beschriebenen Verfahren.

## **7 Prognoseverfahren**

### **7.1 Grundlagen**

Die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in dem untersuchten Gebäude ergeben sich aus den Emissionsspektren des Straßenbahnverkehrs, der Abstands- und Materialdämpfung im Boden sowie den Übertragungsfunktionen, welche die Schwingungsweiterleitung vom Boden ins Fundament und vom Fundament zu den Geschossdecken beschreiben.

Die Emissions-Terzpegelspektren der dort eingesetzten Straßenbahnfahrzeuge der Baureihen Flexity und GT wurden unter betriebsüblichen Bedingungen an dem neu gebauten NBS-Gleis des benachbarten Bauabschnitt 2.1 der Straßenbahn-Nordsüdtangente zwischen den Haltestellen Rüdickenstraße und Arnimstraße gemessen. Nähere Einzelheiten zeigen die Tabellen 2.1 und 2.2. Da sich die Emis-

sionsspektren beider Fahrzeugtypen nur relativ wenig unterscheiden, wurden in jedem Terzband die jeweiligen Höchstwerte ermittelt und der Prognose zugrunde gelegt.

Anmerkung:

Der charakteristische Verlauf der Spektren mit einem ausgeprägten Maximum um 80 Hz deutet an, dass beim Straßenbahnverkehr der Körperschalleintrag eher zu Immissionskonflikten führen kann als die tieffrequenten Erschütterungen.

Die Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Beton- und Holzbalkendeckenaufbau sind dem Leitfaden /1/ entnommen. Die beiden unter realen Verhältnissen maßgeblichen Übertragungsfunktionen für Betondecken und Holzbalkendecken sind in Tabelle 3 dargestellt.

Da der Deckenaufbau des untersuchten Gebäudes in seinen Einzelheiten nicht bekannt ist, wurden die Berechnungen sowohl unter der Annahme, es handele sich um ein Gebäude mit Holzbalkendeckenaufbau und den typischen Deckenresonanzfrequenzen 10 Hz, 12,5 Hz, 16 Hz und 20 Hz, als auch für ein Gebäude mit Betondeckenaufbau und den typischen Deckenresonanzfrequenzen 20 Hz, 25 Hz, 31,5 Hz und 40 Hz durchgeführt. Durch Variation der Deckenresonanzfrequenzen werden die Ergebnisse in Form einer Spanne ermittelt. Für die Beurteilung der Immissionen werden die Höchstwerte aus den beiden Berechnungsvarianten „Holz“ und „Beton“ herangezogen. Hierdurch liegen die Ergebnisse – unabhängig von den tatsächlichen Eigenschaften des untersuchten Gebäudes – auf der sicheren Seite.

Anmerkungen:

- Orientierende Schwingungsmessungen innerhalb des Gebäudes lieferten im Hinblick auf den Deckenaufbau, die auftretenden Resonanzfrequenzen und die Ermittlung von realen Übertragungsfunktionen kein eindeutiges Ergebnis. Daher war es aus Sicht des Unterzeichners nicht zu vertreten, mit dem Ziel einer (vermeintlich) höheren Genauigkeit eine objektspezifische Prognose unter Ansatz realer Übertragungsfunktionen anstelle des oben beschriebenen allgemeinen Ansatzes unter Anwendung einer Variationsrechnung durchzuführen.
- Überschreiten die Ergebnisse der Variationsrechnung die zur Beurteilung herangezogenen Immissionswerte, bedeutet das nicht, dass in dem betrachteten Gebäude auch tatsächlich Überschreitungen auftreten. Es bedeutet nur, dass in ungünstigsten Fällen Überschreitungen nicht ausgeschlossen werden können.

Für die Abstands- und Materialdämpfung wird gemäß dem Leitfaden /1/ eine frequenzabhängig abgestufte Pegelminderung zwischen 0 dB und 11,4 dB je Entfernungsverdopplung angesetzt. Wegen der Anwendung des Taktmaximalverfahrens auf Basis einer Taktdauer von 30 s gehen nur die Mindestentfernungen zwischen den Gebäuden und den Gleisachsen in die Berechnung ein.

## 7.2 Schwingungstechnische Berechnungen

Die Prognosen der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen vom Straßenbahnverkehr auf den Gleisen 1 und 2 sind in den Tabellen 4.1 und 4.2 dokumentiert. Gleis 1 in Richtung stadteinwärts liegt näher am Haus, so dass sich wegen des geringeren Abstands höhere Immissionen ergeben als bei Gleis 2.

Die linke Seite der Tabelle zeigt die vollständige Einzelberechnung für die Übertragungsfunktion einer Holzbalkendecke gemäß Tabelle 3 mit einer typischen Deckenresonanzfrequenz von 16 Hz. Bei Gleis 1 Hierbei ergeben sich

- die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}} = 0,256$
- der maximale A-bewertete Sekundärluftschallpegel  $L_{A_{max}} = 40,8 \text{ dB(A)}$ .

Die Ergebnisse der Mehrfachberechnung bei Variation der Übertragungsfunktionen und Deckenresonanzfrequenzen zeigt die rechte Seite der Tabelle in Form einer Matrix. Die oben genannten Werte von  $KB_{F_{max}}$  und  $L_{A_{max}}$  finden sich in der Spalte für die Übertragungsfunktion ÜF 4 und in den Zeilen für die Deckenresonanzfrequenz  $f = 16 \text{ Hz}$  wieder.

Die unterhalb der Matrix angegebenen Spannen gelten bei Berücksichtigung aller in /1/ dokumentierten Übertragungsfunktionen für Beton- und Holzbalkendecken (graue Zahlen) beziehungsweise bei Konzentration auf die unter realen Verhältnissen maßgeblichen Funktionen (schwarze Zahlen). Zieht man nun die Höchstwerte aus den realen Spannen für die Beurteilung der Immissionsverhältnisse heran und lässt den Deckenaufbau unberücksichtigt, ergeben sich die maximalen bewerteten Schwingstärken  $KB_{F_{max}}$  und die maximalen A-bewerteten Sekundärluftschallpegel  $L_{A_{max}}$  der folgenden Tabelle.

	maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax}$	maximaler A-bewerteter Sekundärluftschallpegel $L_{Amax}$
Prognose Gleis 1	0,541	49,1 dB(A)
Prognose Gleis 2	0,270	42,5 dB(A)

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  (tags) ergibt sich nach dem Taktmaximalverfahren unter Ansatz einer fiktiven Vorbeifahrtdauer von 30 s aus dem Höchstwert  $KB_{Fmax}$  unter Berücksichtigung der Zugzahlen  $N_T$  (tags). Hierbei gilt die Beziehung

$$KB_{FTr, tags} = KB_{Fmax} \sqrt{\frac{N_T \cdot 30}{16 \cdot 60 \cdot 60}}$$

Der analoge Ausdrücke zur Berechnung der Sekundärschall-Beurteilungspegel lautet

$$L_{r, tags} = L_{Amax} + 10 \log \frac{N_T \cdot 30}{16 \cdot 60 \cdot 60} \text{ dB(A)}$$

Die Berechnungen werden für beide Gleise getrennt durchgeführt. Abschließend werden die Immissionen von beiden Gleisen energetisch addiert.

Mit  $N_T = 232$  Vorbeifahrten der Straßenbahnlinien M5 und M17 je Richtung tags ergeben sich schließlich die resultierenden Beurteilungsgrößen wie folgt:

	Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FTr}$ (tags)	Beurteilungspegel $L_r$ (tags)
Prognose Planung Gl. 1	0,188	39,9 dB(A)
Prognose Planung Gl. 2	0,094	33,3 dB(A)
Prognose Planung beide Gleise	0,210	40,8 dB(A)

## 8 Beurteilung der Ergebnisse

Aus den unter Annahme eines „Worst Case“ vorgenommenen Immissionsprognosen resultieren die maximal zu erwartende Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  (tags) = 0,21 und der maximal zu erwartende Beurteilungspegel  $L_r$  (tags) = 41 dB(A).

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  (tags) liegt damit innerhalb der für Wohnungen und vergleichbar genutzten Räume geltenden gebietsabhängigen Spanne gemäß DIN 4150-2 von  $A_r = 0,07$  (gültig in besonders schutzbedürftigen Sondergebieten) bis  $A_r = 0,3$  (gültig in Industriegebieten). Die maximale prognostizierte Schwingstärke wäre bei Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen innerhalb eines Industrie- und Gewerbegebietes zulässig. In Gebieten mit höherer Immissionsempfindlichkeit (Mischgebieten, allgemeinen Wohngebieten, Sondergebieten) könnte allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass die Anforderungen verletzt werden.

Da das untersuchte Gebäude keine Wohnungen und vergleichbar genutzte Räume aufweist und die Nutzung als Gemeindehaus unter dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegenüber Erschütterungseinwirkungen etwas geringer einzustufen ist als eine Wohnnutzung, ist das Ergebnis der Erschütterungsprognose aus gutachtlicher Sicht unbedenklich.

Der prognostizierte Höchstwert des Beurteilungspegels für den Sekundärluftschall  $L_r$  (tags) erfüllt die Anforderungen, die für Konferenz-, Vortrags- und Büroräume gelten. Dieses Ergebnis ist also ebenfalls unbedenklich.

Zusammengefasst lässt sich aus den Ergebnissen der durchgeführten Immissionsprognose nicht das Erfordernis ableiten, die neuen Gleise der Straßenbahn in Höhe des ev. Gemeindehauses Malchower Weg 2 mit zusätzlichen technischen Maßnahmen zur Minderung des Schwingungseintrages in den Boden auszurüsten.

Die Schwingungstechnische Untersuchung ist mit diesem Hinweis beendet.

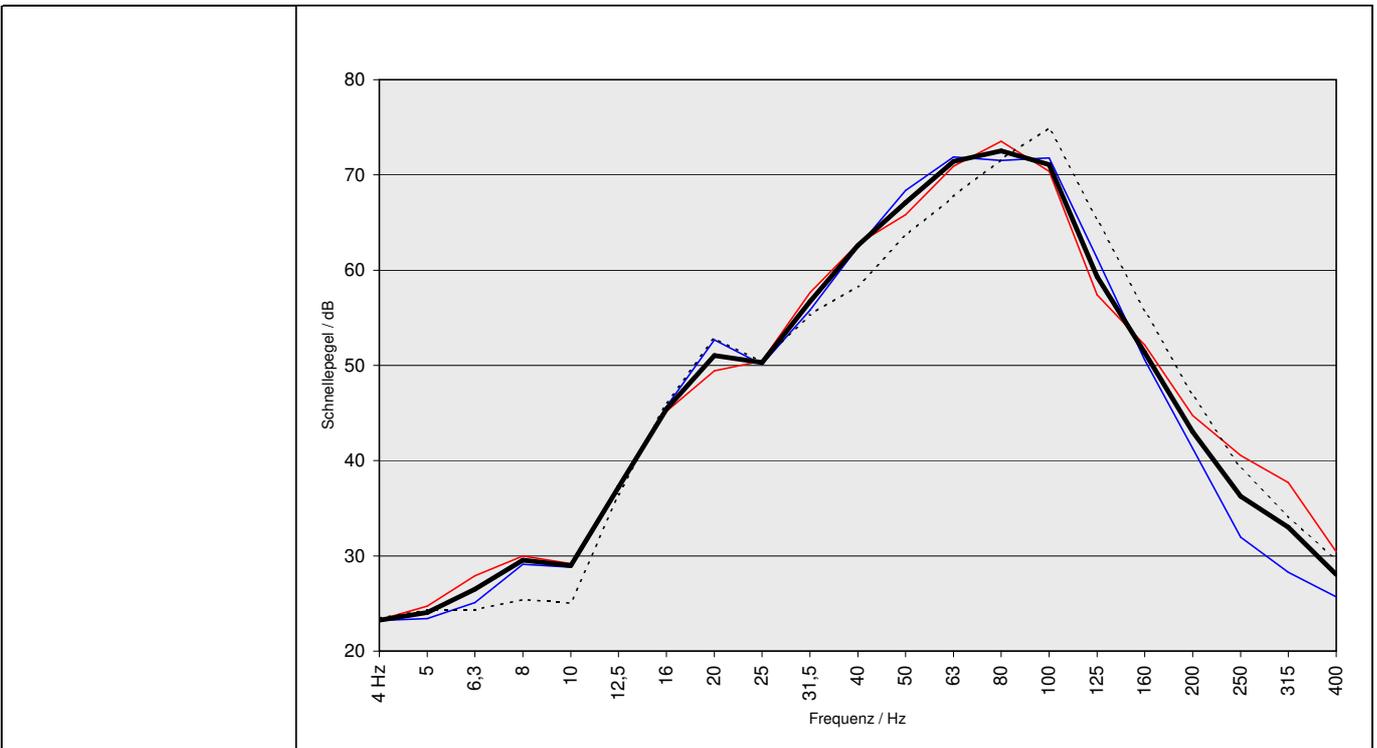
lfd. Nr.	Adresse	Gleis	Gleisachsabstand		Änderung		Bemerkungen
			Bestand	Planung	absolut	relativ	
1	Wartenberger Straße 10	Stammgleis M5, M17 > Nord	49,70 m	48,50 m	-1,20 m	-2,4 %	
2	Wartenberger Straße 24	Stammgleis M5, M17 > Nord	24,70 m	47,60 m	22,90 m	92,7 %	
3	Paul-Koenig-Straße 79	Stammgleis M5, M17 > Süd	23,00 m	22,70 m	-0,30 m	-1,3 %	
4	Titastraße 7 / 8	Wendes Schleife	31,60 m	32,30 m	0,70 m	2,2 %	
5	Titastraße 5 / 6	Wendes Schleife	37,60 m	36,30 m	-1,30 m	-3,5 %	
6	Titastraße 3 / 4	Wendes Schleife	42,20 m	40,60 m	-1,60 m	-3,8 %	
7	Titastraße 1A	Wendes Schleife	44,10 m	42,60 m	-1,50 m	-3,4 %	
8	Malchower Weg 8	Wendes Schleife	45,20 m	47,40 m	2,20 m	4,9 %	
9	Malchower Weg 6A	Wendes Schleife	9,00 m	13,40 m	4,40 m	48,9 %	
10	Malchower Weg 2 (Baudenkmal 1913-14, ev. Gemeindehaus)	Stammgleis M5, M17 > Süd	34,60 m	8,90 m	-25,70 m	-74,3 %	
11	Seefelder Str. 50	Stammgleis M5 > Süd (Bestand) Stammgleis M5, M17 > Süd (Planung)	83,00 m	83,20 m	0,20 m	0,2 %	
12	Baudenkmal Taborkirche 13. Jh. (Hauptstraße 42)	Stammgleis M5, 27 > West	11,20 m	-	-	-	außerhalb des Bauabschnitts, nur zum Vergleich
13	Baudenkmal Taborkirche 13. Jh. / Einfriedung (Hauptstraße 42)	Stammgleis M5 > West (Weiche)	6,90 m	-	-	-	außerhalb des Bauabschnitts, nur zum Vergleich
14	Baudenkmal Dorfschule um 1890 (Hauptstraße 43)	Stammgleis M5, 27 > West	6,70 m	-	-	-	außerhalb des Bauabschnitts, nur zum Vergleich

Tabelle 1  
Mindestabstände zwischen Gebäuden und Gleisachsen ohne und mit Baumaßnahme (Bestand und Planung)

Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A

Messort	Straßenbahn-Nordsüd-Tangente M5 / M17, Bauabschnitt 2.1, zw. Hst. Rüdickenstraße und Arnimstraße in Höhe Z-Überweg bei km 0+604,520 bis 0+616,290
Gleis Oberbau	Gleis 1 (in Richtung stadteinwärts) W 49 NBS-A 75 mit Anschraubschiene, unmittelbar angrenzend W 49 NBS-G 75
Sensoren Abstand Messort - Gleisachse Datum	Zwei Geophone mit vertikaler Wirkungsrichtung mittels Vorrichtungen gemäß DIN 45669-2 auf Gehwegplatten ca. 6,50 m (Kanal A) und 9,30 m (Kanal B) 12. Juni 2013

Fahrt					Terzpegelspektrum der Schwinggeschwindigkeit in dB (re 5 * 10 <sup>-8</sup> m/s) - Vertikalkomponente																					Σ	
interne Nr.	Fahrzeug	Zeit	Fahrt-richtung	Mess-abstnd	4 Hz	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400		
205	F8	12:35	einw.	6,50m	22,1	22,5	25,2	25,8	25,3	39,0	46,5	49,7	53,7	60,0	67,8	66,7	71,5	73,6	69,7	59,5	53,2	45,6	39,7	37,5	27,5	77,8	
209	F8	12:47	einw.	6,50m	22,4	26,0	43,7	46,2	49,4	48,1	54,8	55,7	55,5	65,8	66,4	80,7	88,7	92,8	83,3	71,3	72,5	61,3	60,5	57,5	55,7	94,8	
213	F8	12:56	einw.	6,50m	27,7	31,2	31,8	26,4	28,7	38,5	46,7	53,7	51,7	60,8	64,3	70,8	78,6	82,4	82,1	72,3	63,2	55,9	49,4	42,0	34,8	86,5	
216	F8	13:07	einw.	6,50m	23,3	23,3	24,4	27,9	29,0	36,2	43,2	51,1	52,6	59,1	66,3	66,5	72,5	74,7	80,9	62,0	54,9	48,9	43,4	40,4	31,1	82,6	
221	F8	13:15	einw.	6,50m	23,8	22,0	25,0	30,9	30,9	34,1	44,6	51,8	52,8	61,1	65,0	65,7	70,5	69,7	67,2	55,2	49,7	45,1	39,9	38,6	31,5	75,4	
225	F8	13:26	einw.	6,50m	22,7	22,1	22,5	29,5	30,9	36,3	44,4	51,1	49,6	59,2	63,9	64,2	70,3	69,2	68,8	54,5	47,7	42,6	38,4	37,1	31,1	75,2	
229	F3	13:37	einw.	6,50m	22,0	24,5	25,0	25,9	23,4	38,6	47,2	47,2	53,4	58,3	68,7	71,8	72,5	77,5	67,8	56,0	52,8	42,2	40,3	37,0	29,0	80,2	
233	F8	13:46	einw.	6,50m	22,2	26,1	25,6	27,4	27,4	38,2	45,6	51,1	50,2	59,7	62,9	67,6	70,3	75,5	70,7	55,7	50,7	43,8	40,1	39,0	30,2	78,3	
Mittelwert 6,50m					23,3	24,7	27,9	30,0	30,6	38,6	46,6	51,4	52,4	60,5	65,7	69,2	74,4	76,9	73,8	60,8	55,6	48,2	44,0	41,1	33,9	81,3	
Korrektur 6,50m > 8,00m					0,0	0,0	0,0	0,0	-1,4	-1,4	-1,4	-2,0	-2,0	-2,9	-2,9	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4		
Mittelwert 8,00m					23,3	24,7	27,9	30,0	29,2	37,2	45,2	49,4	50,5	57,6	62,8	65,8	70,9	73,5	70,4	57,4	52,1	44,7	40,6	37,7	30,4	77,3	
205	F8	12:35	einw.	9,30m	22,0	22,2	26,9	26,0	27,0	39,0	45,8	49,6	49,0	54,0	62,7	64,6	67,7	67,1	64,6	54,9	44,3	34,3	25,6	22,8	22,0	72,9	
209	F8	12:47	einw.	9,30m	22,2	22,8	29,7	35,4	29,5	35,7	48,4	56,9	51,8	57,2	62,7	74,4	80,0	80,8	76,5	63,4	60,8	49,3	38,2	32,7	27,7	84,8	
213	F8	12:56	einw.	9,30m	22,0	22,1	22,9	27,8	27,7	35,6	43,5	52,2	49,7	55,9	59,5	67,8	72,3	73,7	76,4	65,9	50,4	43,1	33,1	29,4	24,1	79,8	
216	F8	13:07	einw.	9,30m	23,9	22,0	22,8	30,1	27,6	35,1	41,5	52,2	48,7	52,2	59,2	63,0	67,3	65,7	73,9	60,7	46,8	42,8	30,4	26,0	22,4	75,8	
221	F8	13:15	einw.	9,30m	22,5	22,1	25,5	29,6	29,0	33,1	43,2	51,6	49,8	54,1	58,8	63,2	67,0	64,7	65,0	57,7	45,5	35,8	27,9	23,8	23,2	71,8	
225	F8	13:26	einw.	9,30m	22,0	22,1	24,6	28,3	28,5	35,1	43,1	52,2	47,2	51,8	58,3	61,8	67,3	63,6	67,3	57,8	45,4	34,7	28,4	25,2	22,1	72,1	
229	F3	13:37	einw.	9,30m	22,0	24,2	24,1	27,8	25,8	37,9	47,2	44,9	45,8	50,7	62,2	66,9	67,4	68,1	62,4	53,9	45,4	34,6	25,7	22,8	22,0	73,2	
233	F8	13:46	einw.	9,30m	29,1	29,6	24,4	27,9	27,1	37,8	44,3	50,3	47,5	53,6	59,1	65,4	66,3	68,5	68,4	55,8	46,1	35,8	26,4	23,6	22,0	73,7	
Mittelwert 9,30m					23,2	23,4	25,1	29,1	27,8	36,2	44,6	51,2	48,7	53,7	60,3	65,9	69,4	69,0	69,3	58,8	48,1	38,8	29,5	25,8	23,2	75,5	
Korrektur 9,30m > 8,00m					0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	2,1	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Mittelwert 8,00m					23,2	23,4	25,1	29,1	28,8	37,2	45,7	52,7	50,1	55,8	62,4	68,4	71,9	71,5	71,8	61,3	50,6	41,3	31,9	28,3	25,7	77,4	
mittleres Emissionsspektrum					23,2	24,1	26,5	29,6	29,0	37,2	45,4	51,1	50,3	56,7	62,6	67,1	71,4	72,5	71,1	59,3	51,3	43,0	36,3	33,0	28,1	77,3	



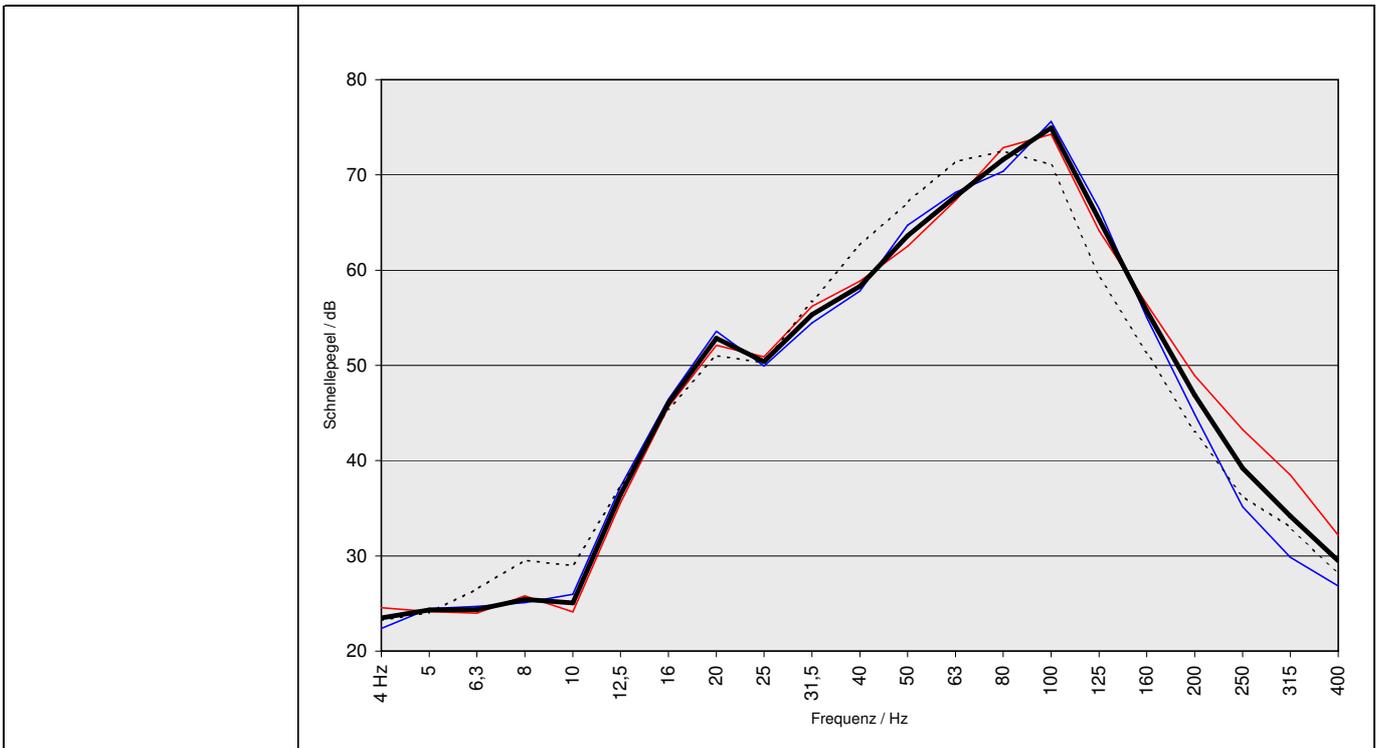
Das mittlere Emissionsspektrum der GT-Fahrzeuge ist strichliert eingetragen

Tabelle 2.1  
Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A

**Schwingungs-Emissionsspektrum GT auf NBS-G / NBS-A**

Messort	Straßenbahn-Nordsüd-Tangente M5 / M17, Bauabschnitt 2.1, zw. Hst. Rüdickenstraße und Arnimstraße in Höhe Z-Überweg bei km 0+604,520 bis 0+616,290
Gleis Oberbau	Gleis 1 (in Richtung stadteinwärts) W 49 NBS-A 75 mit Anschraubschiene, unmittelbar angrenzend W 49 NBS-G 75
Sensoren Abstand Messort - Gleisachse Datum	Zwei Geophone mit vertikaler Wirkungsrichtung mittels Vorrichtungen gemäß DIN 45669-2 auf Gehwegplatten ca. 6,50 m (Kanal A) und 9,30 m (Kanal B) 12. Juni 2013

Fahrt					Terzpegelspektrum der Schwinggeschwindigkeit in dB (re 5 * 10 <sup>-8</sup> m/s) - Vertikalkomponente																							Σ
interne Nr.	Fahrzeug	Zeit	Fahrt-richtung	Mess-abstbd	4 Hz	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400			
201	GT	12:29	einw.	6,50m	23,9	22,0	22,3	22,8	24,1	33,8	44,6	53,0	53,0	63,6	62,3	65,7	74,7	79,6	83,3	76,6	68,7	66,6	53,3	45,6	44,1	86,0		
207	GT	12:39	einw.	6,50m	23,6	22,5	29,8	30,7	30,3	41,6	52,3	60,3	68,7	65,4	73,9	78,2	86,8	84,0	83,5	75,3	68,8	63,2	59,1	48,8	44,6	90,4		
210	GT	12:49	einw.	6,50m	26,2	22,4	22,3	24,9	24,6	36,5	45,9	51,4	49,0	56,8	57,7	62,7	66,2	73,3	77,9	67,9	61,3	50,7	42,6	38,5	31,3	79,9		
218	GT	13:10	einw.	6,50m	23,0	22,2	23,4	22,6	23,4	32,7	42,9	52,3	50,6	55,8	58,7	61,9	66,1	72,4	71,8	58,8	51,9	43,9	39,6	38,7	30,1	76,1		
227	GT	13:29	einw.	6,50m	24,3	32,0	23,2	26,5	26,4	36,3	49,5	53,8	50,8	57,2	58,0	62,4	66,0	74,0	79,0	67,9	58,4	50,1	49,3	42,4	36,5	80,8		
230	GT	13:38	einw.	6,50m	23,1	22,4	24,0	25,3	24,6	42,0	48,2	53,6	49,1	57,0	59,7	66,0	68,1	74,2	71,4	63,5	54,9	44,4	41,2	39,1	30,4	77,4		
238	GT	13:58	einw.	6,50m	27,8	25,6	22,9	27,7	25,7	36,3	46,1	54,3	49,0	57,8	61,8	64,6	67,4	76,6	76,7	62,9	54,9	47,6	41,9	40,4	32,0	80,2		
Mittelwert 6,50m					24,6	24,2	24,0	25,8	25,6	37,0	47,1	54,1	52,9	59,1	61,7	65,9	70,8	76,3	77,7	67,6	59,9	52,4	46,7	41,9	35,6	81,6		
Korrektur 6,50m > 8,00m					0,0	0,0	0,0	0,0	-1,4	-1,4	-1,4	-2,0	-2,0	-2,9	-2,9	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4		
Mittelwert 8,00m					24,6	24,2	24,0	25,8	24,1	35,6	45,6	52,1	50,9	56,2	58,8	62,5	67,3	72,9	74,3	64,1	56,4	48,9	43,3	38,5	32,2		77,6	
201	GT	12:29	einw.	9,30m	22,0	25,0	22,2	22,5	23,9	33,8	43,7	50,0	50,5	55,2	56,8	61,6	67,9	68,3	76,8	71,0	55,2	51,2	38,4	29,4	26,4	78,9		
207	GT	12:39	einw.	9,30m	23,3	25,5	33,7	28,3	30,4	38,5	49,5	58,5	61,6	59,7	66,1	72,4	79,7	73,5	76,2	68,6	60,2	51,2	41,4	32,9	28,4	82,8		
210	GT	12:49	einw.	9,30m	22,0	22,9	24,1	23,3	24,5	36,1	44,6	49,3	43,9	50,0	53,4	59,4	62,2	66,9	74,1	63,7	51,6	39,9	31,7	26,5	23,1	75,6		
218	GT	13:10	einw.	9,30m	22,0	22,4	22,0	22,4	22,6	33,2	42,0	51,5	46,0	49,7	52,1	59,5	61,6	64,4	66,2	55,8	45,8	36,5	27,1	23,0	22,0	70,0		
227	GT	13:29	einw.	9,30m	22,1	27,9	23,4	27,9	26,7	35,0	47,0	51,9	47,4	52,2	52,9	59,6	62,1	67,9	75,6	65,7	54,5	42,2	35,0	29,7	24,9	77,0		
230	GT	13:38	einw.	9,30m	22,0	23,5	23,6	23,7	22,0	41,2	46,7	52,7	44,5	50,8	54,0	62,7	63,3	65,8	67,8	59,9	50,9	37,2	27,2	24,6	22,1	71,9		
238	GT	13:58	einw.	9,30m	23,3	24,1	23,8	27,5	24,3	35,9	44,2	51,1	45,5	49,0	54,7	60,4	62,8	68,4	75,0	63,2	49,6	38,4	27,9	25,6	23,3	76,5		
Mittelwert 9,30m					22,4	24,5	24,7	25,1	24,9	36,2	45,4	52,2	48,5	52,4	55,7	62,2	65,7	67,9	73,1	64,0	52,5	42,4	32,7	27,4	24,3		76,1	
Korrektur 9,30m > 8,00m					0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	2,1	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
Mittelwert 8,00m					22,4	24,5	24,7	25,1	26,0	37,3	46,4	53,6	49,9	54,5	57,8	64,7	68,2	70,4	75,6	66,5	55,0	44,9	35,1	29,9	26,8		78,0	
mittleres Emissionsspektrum					23,5	24,3	24,3	25,4	25,0	36,4	46,0	52,9	50,4	55,3	58,3	63,6	67,7	71,6	74,9	65,3	55,7	46,9	39,2	34,2	29,5		77,8	



Das mittlere Emissionsspektrum der Flexity-Fahrzeuge ist strichliert eingetragen

Tabelle 2.2  
Schwingungs-Emissionsspektrum GT auf NBS-G / NBS-A

		$f / f_0 = \text{Verhältnis der betrachteten Frequenz zur Resonanzfrequenz der Decke}$																									
		0,063	0,08	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
<b>Beton</b>	<sup>1)</sup>	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	1	2	6	13	4	0	-2	-2,5	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11
<b>Holz</b>	<sup>2)</sup>			0	0	1	2	3	4	5,5	7	10	17	21	11	6	2	-3	-5	-7	-9	-11	-13	-15	-17	-19	-21

- 1) Übertragungsmaß vom Baugrund zur Decke für Gebäude mit Betondeckenaufbau (Mittelwert in dB)  
2) dito für Gebäude mit Holzbalkendeckenaufbau

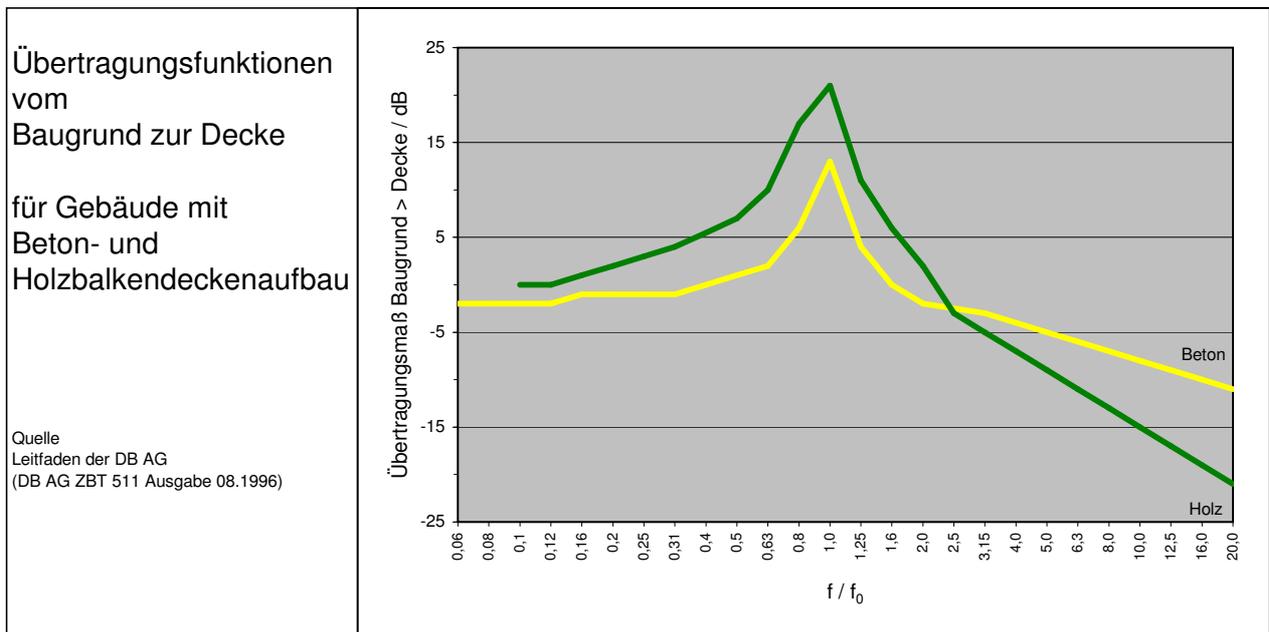


Tabelle 3  
Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau

<b>Kennziffer für die Übertragungsfunktion</b>	
Beton (MW+Std --> 1/ MW --> 2 / MW-Std --> 3):	
Holz (2.OG --> 4 / 1. OG --> 5 / EG --> 6):	<b>4</b>
<b>Resonanzfrequenz d. Decke (f = 10 Hz ... 40 Hz)</b>	<b>16 Hz</b>

<b>Kennziffer für Fahrzeuge / Fahrbahn</b>	
Flexity / NBS --> 1      GT / NBS --> 2	
Flexity + GT / NBS --> 3	<b>3</b>
<b>Abstand Bezugspunkt / Gleisachse</b>	<b>8,90 m</b>

Erschütterungsprognose / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum <span style="float:right">max (F,GT) / NBS</span>
Zeile 2:	LM	Einfügungsdämmung elastischer Lagerungen oder anderer dämmender Maßnahmen
Zeile 3:	LB	Entfernungsbedingte Pegelabnahme
Zeile 4:	LG	Übertragungsfunktion Gebäude außen --> innen
Zeile 5:	LvR	Pegel der Deckenschnelle im Raum
Zeile 6:	KB	KB-Bewertung
Zeile 7:	LvRKB	KB-bewerteter Pegel der Deckenschnelle
Zeile 8:	KBFmax	KB bewertete Deckenschnelle in mm/s (mittlerer Maximalwert)

f / Hz	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	ges.
1) LE	23,5	24,3	26,5	29,6	29,0	37,2	46,0	52,9	50,4	56,7	62,6	67,1	71,4	72,5	
2) LM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3) LB	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7	-0,7	-0,7	-1,0	-1,0	-1,5	-1,5	-1,8	-1,8	-1,8	
4) LG	3,0	4,0	5,5	7,0	10,0	17,0	21,0	11,0	6,0	2,0	-3,0	-5,0	-7,0	-9,0	
5) LvR	26,5	28,3	32,0	36,6	38,3	53,5	66,3	62,8	55,4	57,2	58,1	60,3	62,7	61,8	
6) KB	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	
7) LvRKB	21,8	24,8	29,5	34,8	37,1	52,7	65,8	62,5	55,2	57,1	58,0	60,3	62,6	61,7	70,7
8) KBFmax															0,256

<b>KBFmax</b>	<b>0,256</b>
---------------	--------------

Sekundärluftschallprognose / Einzelberechnung		
Zeile 6:	A	A-Bewertung
Zeile 7:	LvRA	A-bewerteter Pegel der Deckenschnelle
Zeile 8:	LAmx	A-bewerteter Schalldruckpegel

f / Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ges.
1) LE	46,0	52,9	50,4	56,7	62,6	67,1	71,4	72,5	74,9	65,3	55,7	46,9	39,2	34,2	
2) LM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3) LB	-0,7	-1,0	-1,0	-1,5	-1,5	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	
4) LG	21,0	11,0	6,0	2,0	-3,0	-5,0	-7,0	-9,0	-11,0	-13,0	-15,0	-17,0	-19,0	-21,0	
5) LvR	66,3	62,8	55,4	57,2	58,1	60,3	62,7	61,8	62,2	50,5	39,0	28,1	18,5	11,4	
6) A	-56,7	-50,5	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,2	-22,5	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	
7) LvRA	9,6	12,3	10,7	17,8	23,5	30,1	36,5	39,3	43,1	34,4	25,6	17,2	9,9	4,8	
8) LAmx															40,8

<b>LAmx</b>	<b>40,8 dB(A)</b>
-------------	-------------------

<b>Erschütterungsprognose / Mehrfachberechnung</b>						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3			4 5 6		
	Beton			Holz		
10				0,122	0,214	0,208
12,5				0,166	0,241	0,222
16				0,256	0,285	0,233
20	0,751	0,295	0,162	0,415	0,363	0,250
25	0,792	0,314	0,125			
31,5	0,934	0,383	0,154			
40	1,238	0,541	0,222			
<b>Spanne</b>	0,125 .. 1,238			0,122 .. 0,415		
	0,295 .. 0,541			0,122 .. 0,415		

<b>Sekundärluftschallprognose / Mehrfachberechnung</b>						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3			4 5 6		
	Beton			Holz		
10				36,8	44,4	44,4
12,5				38,8	45,3	45,3
16				40,8	46,2	46,1
20	56,0	46,4	44,8	42,8	46,9	46,4
25	56,3	47,3	44,5			
31,5	56,5	48,2	41,6			
40	57,4	49,1	41,2			
<b>Spanne</b>	41,2 .. 57,4 dB(A)			36,8 .. 46,9 dB(A)		
	46,4 .. 49,1 dB(A)			36,8 .. 42,8 dB(A)		

Tabelle 4.1  
Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallmissionen im Haus Malchower Weg 2 (ev. Gemeindehaus)  
Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (stadteinwärts)

<b>Kennziffer für die Übertragungsfunktion</b>	
Beton (MW+Std --> 1/ MW --> 2 / MW-Std --> 3):	
Holz (2.OG --> 4 / 1. OG --> 5 / EG --> 6):	<b>4</b>
<b>Resonanzfrequenz d. Decke (f = 10 Hz ... 40 Hz)</b>	<b>16 Hz</b>

<b>Kennziffer für Fahrzeuge / Fahrbahn</b>	
Flexity / NBS --> 1      GT / NBS --> 2	
Flexity + GT / NBS --> 3	<b>3</b>
<b>Abstand Bezugspunkt / Gleisachse</b>	<b>13,30 m</b>

Erschütterungsprognose / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum <span style="float:right">max (F,GT) / NBS</span>
Zeile 2:	LM	Einfügungsdämmung elastischer Lagerungen oder anderer dämmender Maßnahmen
Zeile 3:	LB	Entfernungsbedingte Pegelabnahme
Zeile 4:	LG	Übertragungsfunktion Gebäude außen --> innen
Zeile 5:	LvR	Pegel der Deckenschnelle im Raum
Zeile 6:	KB	KB-Bewertung
Zeile 7:	LvRKB	KB-bewerteter Pegel der Deckenschnelle
Zeile 8:	KBFmax	KB bewertete Deckenschnelle in mm/s (mittlerer Maximalwert)

f / Hz	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	ges.
1) LE	23,5	24,3	26,5	29,6	29,0	37,2	46,0	52,9	50,4	56,7	62,6	67,1	71,4	72,5	
2) LM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3) LB	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,5	-3,5	-3,5	-4,9	-4,9	-7,1	-7,1	-8,4	-8,4	-8,4	
4) LG	3,0	4,0	5,5	7,0	10,0	17,0	21,0	11,0	6,0	2,0	-3,0	-5,0	-7,0	-9,0	
5) LvR	26,5	28,3	32,0	36,6	35,5	50,7	63,5	59,0	51,6	51,6	52,5	53,7	56,0	55,1	
6) KB	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	
7) LvRKB	21,8	24,8	29,5	34,8	34,3	49,9	63,0	58,7	51,3	51,5	52,5	53,6	56,0	55,1	66,3
8) KBFmax															0,155

<b>KBFmax</b>	<b>0,155</b>
---------------	--------------

Sekundärluftschallprognose / Einzelberechnung		
Zeile 6:	A	A-Bewertung
Zeile 7:	LvRA	A-bewerteter Pegel der Deckenschnelle
Zeile 8:	LAmx	A-bewerteter Schalldruckpegel

f / Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ges.
1) LE	46,0	52,9	50,4	56,7	62,6	67,1	71,4	72,5	74,9	65,3	55,7	46,9	39,2	34,2	
2) LM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3) LB	-3,5	-4,9	-4,9	-7,1	-7,1	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	-8,4	
4) LG	21,0	11,0	6,0	2,0	-3,0	-5,0	-7,0	-9,0	-11,0	-13,0	-15,0	-17,0	-19,0	-21,0	
5) LvR	63,5	59,0	51,6	51,6	52,5	53,7	56,0	55,1	55,5	43,9	32,3	21,5	11,8	4,8	
6) A	-56,7	-50,5	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,2	-22,5	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	
7) LvRA	6,8	8,5	6,9	12,2	17,9	23,5	29,8	32,6	36,4	27,8	18,9	10,6	3,2	-1,8	
8) LAmx															34,1

<b>LAmx</b>	<b>34,1 dB(A)</b>
-------------	-------------------

<b>Erschütterungsprognose / Mehrfachberechnung</b>						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3 Beton			4 5 6 Holz		
10				0,065	0,104	0,099
12,5				0,092	0,118	0,105
16				0,155	0,145	0,112
20	0,375	0,151	0,080	0,249	0,188	0,121
25	0,391	0,157	0,063			
31,5	0,459	0,189	0,077			
40	0,610	0,270	0,111			
<b>Spanne</b>	0,063 .. 0,610			0,065 .. 0,249		
	0,151 .. 0,270			0,065 .. 0,249		

<b>Sekundärluftschallprognose / Mehrfachberechnung</b>						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3 Beton			4 5 6 Holz		
10				30,1	37,7	37,7
12,5				32,1	38,7	38,7
16				34,1	39,6	39,5
20	49,4	39,8	38,2	36,2	40,3	39,8
25	49,6	40,7	37,8			
31,5	49,9	41,6	35,0			
40	50,7	42,5	34,6			
<b>Spanne</b>	34,6 .. 50,7 dB(A)			30,1 .. 40,3 dB(A)		
	39,8 .. 42,5 dB(A)			30,1 .. 36,2 dB(A)		

Tabelle 4.2  
Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallmissionen im Haus Malchower Weg 2 (ev. Gemeindehaus)  
Straßenbahnverkehr auf Gleis 2 (stadtauswärts)

## **Anhang 1:**

### *Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude*

#### **1 Erschütterungseinwirkungen aus dem Straßenbahnverkehr**

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Gebäuden im Hinblick auf Gebäudeschäden gilt die DIN 4150-3. Diese Norm enthält unter anderem Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkungen von kurzzeitigen Erschütterungen. Sie sind nach der Gebäudeart (gewerblich genutzte Bauten, Wohngebäude, besonders empfindliche Bauten) gestaffelt und in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz *)	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40 (10)
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15 (5)
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8 (2,5)

\*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke (Spitzenwerte ohne Resonanzanfachung). Die Werte in Klammern gelten für Dauererschütterungen.

Die strengsten Anforderungen bei kurzzeitigen Erschütterungen gelten bei Anregung im Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 Hz. Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind Spitzenwerte der Schwinggeschwindigkeit von 3 mm/s zulässig.

Die Erschütterungs-Anhaltswerte gemäß obiger Tabelle sind Erfahrungswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswerts (z.B. Auftreten von Rissen oder Vergrößerung vorhandener Risse) nicht entstehen. Die Werte sind um ein Vielfaches größer als die Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gemäß DIN 4150-2 und sehr stark spürbar.

Werden die Anhaltswerte zur Beschreibung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden eingehalten – dies steht nach dem Ergebnis der durchgeführten Untersuchung außer Frage –, sind Gebäudeschäden durch direkte Erschütterungseinwirkung aus dem Straßenbahnverkehr also nicht zu erwarten. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass diese nicht ohne weiteres der dynamischen Belastung zugeordnet werden können und andere Ursachen hierfür maßgebend sind.

Indirekte Folgen aus Erschütterungen durch dynamisch bedingte Setzungen und Rutschungen können angesichts der Komplexität der Zusammenhänge nicht durch den Vergleich der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten mit entsprechenden Anhaltswerten beurteilt werden und sind nicht Gegenstand der DIN 4150-3. Aus Erfahrung ist aber davon auszugehen, dass aus dem Straßenbahnverkehr keine Setzungsschäden resultieren.

## **2      *Erschütterungseinwirkungen aus der Baumaßnahme***

Die Stärke von eventuell auftretenden Erschütterungen hängt unmittelbar von der Gestaltung und Durchführung des Bauablaufs ab. Dieser ist in seinen Einzelheiten noch nicht bekannt und nicht Gegenstand der Planfeststellung. Daher können an dieser Stelle nur einige Hinweise gegeben werden.

Um die Belastungen für Dritte so gering wie möglich zu halten, sind die Baumaßnahmen zügig abzuwickeln und Spielräume für beschleunigte Bauabläufe auszunutzen. Die bauausführenden Betriebe sind vertraglich zu verpflichten, schädliche Umwelteinwirkungen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, zu verhindern und unvermeidbare Belästigungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

Sollten in unmittelbarer Nähe des denkmalgeschützten ev. Gemeindehauses Malchower Weg 2 besonders erschütterungsintensive Baumaßnahmen oder besondere Eingriffe in den Baugrund erforderlich werden, sind vor deren Durchführung eine Beweissicherungsmaßnahme in Form einer Begutachtung des bestehenden Gebäudezustandes sowie gegebenenfalls das Setzen entsprechender Sicherungsmarken vorzunehmen. Dies hat von Amts wegen oder auf Antrag durch die Grundstückseigentümer zu geschehen. Die auftretenden Erschütterungen sind zu verfolgen. Erforderlichenfalls sind aus den Kontrollergebnissen geeignete Maßnahmen abzuleiten.

Es wird angeregt, dem Träger des Vorhabens dies im Planfeststellungsbeschluss als Nebenbestimmung aufzugeben.