

Schwingungstechnischer Bericht Nr. 820.1 **„Straßenbahn-Neubaustrecke Adlershof II“**

Thema:	Geplante Neubaustrecke der Straßenbahn von Karl-Ziegler-Straße bis Sterndamm in Berlin Treptow-Köpenick OT Adlershof und OT Johannisthal (Neubaustrecke Adlershof II) Einfluss der Baumaßnahme auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden												
Auftraggeber:	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) über SGT-Plan GmbH Storkower Straße 207b 10369 Berlin Telefon (030) 201 7706-0												
letzte Ortstermine:	Sonntag, d. 5. Februar 2017 Dienstag, d. 21. Februar 2017 Stichtag für den Planabgleich der Gebäude ist der 21. Februar 2017.												
Anmerkung:	Der Bericht umfasst insgesamt 34 Seiten. Er enthält einen Anhang. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%;">Text</td> <td style="width: 10%;">Seiten</td> <td style="width: 10%;">1 bis</td> <td style="width: 30%;">23</td> </tr> <tr> <td>Tabellen</td> <td>Seiten</td> <td>T 1 bis</td> <td>T 6</td> </tr> <tr> <td>Bild</td> <td>Seite</td> <td>B 1</td> <td></td> </tr> </table> Anhang 1 4 Seiten Der Bericht soll nur in Gänze an Dritte weitergegeben werden. Ein auszugsweises Zitieren ist mit dem Verfasser abzustimmen.	Text	Seiten	1 bis	23	Tabellen	Seiten	T 1 bis	T 6	Bild	Seite	B 1	
Text	Seiten	1 bis	23										
Tabellen	Seiten	T 1 bis	T 6										
Bild	Seite	B 1											

Berlin-Charlottenburg
 im März 2018

Christian Imelmann

Dipl.-Ing. C. Imelmann

Inhalt Text

0	Vorbemerkung	3
1	Zusammenfassung	4
2	Beschreibung der Baumaßnahme aus schwingungstechnischer Sicht, Aufgabenstellung	6
3	Verwendete Unterlagen	7
4	Erläuterungen zu Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen	7
	4.1 Grundlagen und Begriffe	7
	4.2 Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten	9
5	Regelwerk	10
6	Durchführung der Untersuchung	15
7	Berechnungsverfahren	16
	7.1 Grundlagen	16
	7.2 Schwingungstechnische Berechnungen	17
8	Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen	20
9	Minderung des Schwingungseintrags in den Baugrund	22

Tabellen und Bilder

Tabelle 1	Untersuchte Gebäude und deren Mindestabstände zu den Gleisen	T 1
Tabelle 2	Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A	T 2
Tabelle 3	Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau	T 3
Tabelle 4	Beispielhafte Berechnung der Erschütterungs- und Sekundärluftschall- immissionen für das Gebäude Groß-Berliner Damm 59 bei Straßenbahnverkehr auf dem Gleis in Richtung S+R Schöneweide	T 4
Tabelle 5 (Blatt 1)	Ergebnisse und Beurteilung der Schwingungstechnischen Berechnungen für Gebäude in den BPlangebieten XV-55a-1 und XV-55a-1-2	T 5
Tabelle 5 (Blatt 2)	Ergebnisse und Beurteilung der Schwingungstechnischen Berechnungen für Gebäude am Groß-Berliner Damm von Segelfliegerdamm bis Sterndamm	T 6
Bild 1	Prinzipdarstellung Leichtes Masse-Feder-System - LMFS	B 1

Anhang

Anhang 1	Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen für das Baufeld MK1 des BPlans XV-67a	A1 / 1 ff
----------	---	-----------

0 Vorbemerkung

Die vorliegende Schwingungstechnische Untersuchung ergänzt die Schalltechnische Untersuchung des Unterzeichners zu diesem Vorhaben (Schalltechnischer Bericht Nr. 819 „Straßenbahn-Neubaustrecke Adlershof II“). Beide Untersuchungen basieren auf dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.

Gegenstand der Schalltechnischen Untersuchung sind die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen des Straßenbahnbaus auf die Luftschallimmissionen im Wirkungsbereich der Neubaustrecke. Die Untersuchung wird im Hinblick auf die Frage durchgeführt, ob der künftige Straßenbahnverkehr zu Immissionsgrenzwertüberschreitungen führt und sich hieraus Anspruchsberechtigung auf passive Schallschutzmaßnahmen dem Grunde nach ergibt.

Gegenstand der Schwingungstechnischen Untersuchung sind die Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen vom Straßenbahnverkehr in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen benachbarter Gebäude. 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 das Einhalten der geltenden Anhalts- und Richtwerte zu gewährleisten.

Der Betrieb der geplanten Neubaustrecke Adlershof II erfordert den Bau einer zusätzlichen Zufahrt zur Wendeschleife am S-Bahnhof Adlershof. Der entsprechende zweigleisige Abzweig ist aus planrechtlicher Sicht Teil der Neubaustrecke. Die Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in der möglichen Bebauung auf dem angrenzenden Grundstück Rudower Chaussee 2 Ecke Wagner-Régeny-Straße wird in Anhang 1 gesondert durchgeführt.

1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht befasst sich mit der Ermittlung und Beurteilung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in bestehenden und geplanten Wohnhäusern an der geplanten Neubaustrecke der Straßenbahn Adlershof II. Die Neubaustrecke beginnt am nordwestlichen Rand der Haltestelle Karl-Ziegler-Straße (in Höhe des „Studentendorfes Adlershof“, Haus 3) und endet an der Einmündung in die in Mittellage verschobene Trasse der Straßenbahn im Sterndamm (in Höhe des Hauses Sterndamm 7-13 ungerade, hier Hausnummer 11). Die Schalltechnischen Lagepläne Bild 1 (Blatt 1 bis 6) des Schalltechnischen Berichts Nr. 819 zeigen den Verlauf der Neubaustrecke.

Das wesentliche Merkmal der geplanten Strecke ist aus schwingungstechnischer Sicht der Einsatz des „Neuen Berliner Straßenbahngleises – NBS“ als Regeloberbau. Das NBS weist positive schwingungstechnische Eigenschaften auf.

Die entsprechenden Immissionsberechnungen werden auf der Basis vorliegender 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.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmisionen erfolgt auf Grundlage der Regelungen gemäß DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“. Sekundärluftschallimmissionen werden unter Anwendung derselben Immissionsrichtwerte beurteilt, die auch der Verkehrswegschallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV zugrunde liegen.

Die Untersuchung kommt zu folgendem Ergebnis:

- In den bestehenden Wohnhäusern am Groß-Berliner Damm und am Sterndamm sind durch den Straßenbahnverkehr auf der Neubaustrecke keine Überschreitungen der Anhaltswerte für Erschütterungen oder der Immissionsrichtwerte für Sekundärluftschall zu besorgen. Dort ist es also nicht erforderlich, über den Einsatz des NBS hinaus zusätzliche technische Maßnahmen zur Minderung der Immissionen vorzusehen.

- In den geplanten oder bestehenden Wohnhäusern im Geltungsbereich des Bebauungsplans XV-55a-1 auf der Ostseite der Trasse sind ebenfalls keine Überschreitungen zu erwarten. Lediglich in der nordwestlichen Randbebauung des Baufeldes MI kann eine geringe Überschreitung des Immissionsrichtwertes für Sekundärluftschall 30 dB(A) nachts nicht ausgeschlossen werden. Dies ist aber unbedenklich, da in diesem Bereich des Baufeldes eine gewerbliche Nutzung vorgesehen ist, für die der Beurteilungszeitraum nachts nicht maßgeblich ist (Innovations- und Besucherzentrum des geplanten Projekts „Future Living Berlin“).
- In den geplanten Wohnhäusern im Geltungsbereich des Bebauungsplans XV-55a-1-2 auf der Westseite der Trasse sind keine Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für Sekundärluftschall zu besorgen. Allerdings werden in den Baufeldern WA 2 und WA 3 die Erschütterungs-Anhaltswerte in den geplanten Gebäuden nahe der Trasse möglicherweise nur knapp eingehalten oder geringfügig überschritten, zumindest kann dies nicht ausgeschlossen werden. An den geplanten Objekten im Baufeld WA 1 sind aufgrund des größeren Abstands von der geplanten Trasse keine Immissionskonflikte zu besorgen.

Die möglichen Überschreitungen der Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in den Baufeldern WA 2 und WA 3 des Bebauungsplans XV-55a-1-2 machen den Einsatz einer geeigneten technischen Maßnahme zur Minderung des Schwingungseintrags von den Gleisen in den Baugrund erforderlich.

Grundsätzlich geeignet ist ein sogenanntes „Leichtes Masse-Feder-System – LMFS“. Bei diesem System wird der Gleiskörper durch vollflächig verlegte, elastische Boden- und Seitenmatten vom Baugrund entkoppelt. Zur Sicherung der Wirksamkeit sind die Komponenten des Systems unter Berücksichtigung der Planumsimpedanz geeignet zu dimensionieren. Hierzu formuliert die vorliegende Untersuchung entsprechende Eckwerte.

2 Beschreibung der Baumaßnahme aus schwingungstechnischer Sicht, Aufgabenstellung

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die geplante Neubaustrecke der Straßenbahn Adlershof II zwischen der derzeitigen Endstelle Karl-Ziegler-Straße und der in die Mittellage verschobenen Trasse im Sterndamm im Bezirk Treptow-Köpenick OT Adlershof und OT Johannisthal. Das Vorhaben wird im Schalltechnischen Bericht Nr. 819 ausführlich beschrieben und anhand von Lageplänen verdeutlicht. Dies betrifft auch die Angaben zum vorgesehenen Straßenbahn-Betriebsprogramm der BVG.

Als Regeloberbau soll das „Neue Berliner Straßenbahngleis – NBS“ mit Raseneindeckung (begrünter Bahnkörper mit hoch liegender Vegetationsebene) eingesetzt werden. An Haltestellen, Überfahrten, Querungen und im Bereich der Zwischenendstelle ist eine Asphalt- beziehungsweise Pflastereindeckung vorgesehen. Vor der Feuerwache Johannisthal (Groß-Berliner Damm 18) und an stark befahrenen Knotenpunkten ist der Einsatz von Gleistragplatten (Beton) geplant.

Das NBS besteht aus Rillenschienen mit elastischer Schienenfußummantelung oder elastischen Stützpunktlagern auf einer Betontragschicht mit eingegossenen, vorher justierten Zweiblockschwellen. Diese Oberbauart wurde in Zusammenarbeit zwischen den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) und der Industrie entwickelt und hat sich seit 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 nachgewiesenen positiven schwingungstechnischen Eigenschaften werden maßgeblich durch die Elastizität der Schienenlagerung in Verbindung mit der hohen Impedanz der Betonplatte bestimmt. Ähnliches gilt für Gleistragplatten.

Die Aufgabe der Schwingungstechnischen Untersuchung besteht nun darin, im Vorfeld der Baumaßnahme die zukünftigen Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in bestehenden oder geplanten Wohnhäusern zu prognostizieren und unter Anwendung der geltenden Anhaltswerte für Erschütterungsmissionen sowie

der Immissionsrichtwerte für Sekundärluftschallimmissionen zu beurteilen. Sofern hierbei Überschreitungen der Anhalts- oder Immissionsrichtwerte zu besorgen sind, resultiert aus dem Ergebnis der Untersuchung das Erfordernis, besondere technische Schutzvorkehrungen im Gleisbereich vorzusehen, um das zulässige Immissionsniveau einzuhalten.

3 *Verwendete Unterlagen*

Es wird auf die Zusammenstellung in Kapitel 3 des Schalltechnischen Berichts 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, berichtigt Februar 1999)
- /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 *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 wahrnehm-

baren 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 bei 0,1 mm/s übersteigt. Die Schwingungen können insbesondere dann zu Belästigungen führen, wenn 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 Erschütterungsimmissionen 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. das bekannte Gläserklirren als Folgeeffekt). 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 Schienenwegen 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 Baugrundschnitten),
- 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

Der Neubau einer Straßenbahnstrecke liegt 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 Sekundärluftschallimmissionen nicht angesprochen werden, fehlt im Verkehrsbereich die Rechtsgrundlage für den Erlass einer der 16. BImSchV entsprechenden Rechtsverordnung. Daher fehlt bei den Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen eine verbindliche Festlegung

- von Grenzwerten sowie von Verfahren zur Ermittlung der Immissionen in Gebäuden, die anhand dieser Grenzwerte zu beurteilen wären,
- 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 beurteilungstechnischen Fragen Ersatzlösungen eingeführt. Die Regelungen für den Neubau einer Strecke werden nachfolgend vorgestellt und im Rahmen der vorliegenden Untersuchung angewendet.

a) Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in „Wohnungen und vergleichbar genutzten“ Räumen ist die DIN 4150-2 als Äußerung einschlägigen Sachverständes heranzuziehen. In dieser Norm sind bestimmte Anhaltswerte A_u , A_o und A_r definiert, mit denen die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} beziehungsweise die Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTf} (tags) und KB_{FTf} (nachts) zu vergleichen sind. Die Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Für Gebäude, die keine Wohnungen oder vergleichbar genutzte Räume aufweisen, sind keine Anhaltswerte festgelegt.

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
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)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

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.

Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (Tabelle 1 aus DIN 4150-2 ohne Berücksichtigung von Sonderregelungen für Schienenwege des ÖPNV)

Die Beurteilung erfolgt anhand folgender Kriterien:

- Ist KB_{Fmax} kleiner / gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als A_u und kleiner / gleich dem (oberen) Anhaltswert A_o , ist die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTf} erforderlich. Solange KB_{FTf} den (Beurteilungs-)Anhaltswert A_r nicht überschreitet, ist die Anforderung der Norm ebenfalls eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten.

Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten Sonderregelungen. Die DIN 4150-2 erläutert hierzu (Anhang D, zu 6.5.3), dass die Möglichkeiten zur Verminderung von Schwingungsemissionen von Schienenwegen zwar begrenzt seien, verweist aber beim innerstädtischen ÖPNV auf positive Erfahrungen mit Maßnahmen im Bereich der Schienenlagerung.

Die Sonderregelungen betreffen das Verfahren der Beurteilung, die Bedeutung der Anhaltswerte A_o sowie die Höhe der Anhaltswerte A_u und A_r :

- Die Beurteilung erfolgt nur anhand der Anhaltswerte A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Beide Anhaltswerte werden um den Faktor 1,5 angehoben.
- Die Anhaltswerte A_o tags bleiben bei der Beurteilung unberücksichtigt. Der Anhaltswert $A_o = 0,6$ nachts sollte gebietsunabhängig durch einzelne KB_{Fmax} nicht überschritten werden.

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 Beurteilung 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_{Fmax} 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_{FTr} eine Rolle).
- Bei besonders schutzbedürftigen Einwirkungsorten liegt der untere Anhaltswert nachts $A_u = 0,1$ in Höhe der Fühlschwelle ($KB = 0,1$ bzw. $v = 0,1$ mm/s). Hiernach dürfen auch bei größter Immissionsempfindlichkeit der Einwirkungsorte Erschütterungen (gerade) spürbar 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) („Schienenbonus“) Rechnung getragen werden soll, ist nicht abschließend geklärt. 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.

c) Kritik an den Regelungen gemäß DIN 4150-2

Die nachfolgende Tabelle fasst wesentliche Merkmale der Beurteilung und Wahrnehmung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen zusammen. Der Hauptunterschied ist die enge Abstufung der Erschütterungs-Anhaltswerte nach der Art des Gebiets, während die Sekundärluftschallimmissionen gebietsunabhängig beurteilt werden.

Eine Ähnlichkeit besteht insofern, als die Wahrnehmung beider Effekte oft durch andere Einflüsse überlagert wird.

	Erschütterungsimmissionen	Sekundärluftschallimmissionen
Gebietseinstufung	Anhaltswerte abhängig von der Art des Gebiets	Richtwerte unabhängig von der Art des Gebiets
Raumnutzung	Anhaltswerte nur für Wohnungen	Richtwerte unterschiedlich, je nach Raumnutzung
Wahrnehmung	oft durch Folgeeffekte wie das Klirren von Gläsern usw. überlagert	oft durch den Luftschalleintrag durch die Fenster überlagert

Aus Sicht des Unterzeichners sind die Regelungen zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen kritisch zu hinterfragen. Dies betrifft die Gebietsabhängigkeit und der Höhe der Anhaltswerte:

- Gebietsabhängigkeit der Erschütterungs-Anhaltswerte

Erschütterungen, Sekundärer Luftschall und Primärer Luftschall (Luftschalleintrag durch die Fenster) treten ausschließlich innerhalb eines Gebäudes auf, ähnlich den Geräuschen aus haustechnischen Anlagen. Es besteht also keinerlei Bezug zum Wohnumfeld, der die Festlegung gebietsabhängiger Immissionswerte rechtfertigen würde.

Daher erscheint die Abhängigkeit der Erschütterungs-Anhaltswerte von der Art des Gebiets nicht sachgerecht. Dies gilt insbesondere, da sie im Gegensatz zur gebietsunabhängigen Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen, des Luftschalleintrags durch die Fenster und anderer Regelungen aus dem Bereich des baulichen Schallschutzes steht.

- Höhe der Erschütterungs-Anhaltswerte

Da die Wahrnehmung von Erschütterungen oft durch das Auftreten von Folgeeffekten bestimmt wird und diese selbst bei geringsten Erschütterungen auftreten können, erscheint die Festlegung von Anhaltswerten, die in Größenordnung der Fühlschwelle oder knapp darüber liegen, nicht realistisch und steht im Gegensatz zu den Immissionsrichtwerten für Sekundärluftschall und den Luftschalleintrag durch die Fenster, die sich an einer Zumutbarkeitsschwelle orientieren.

Der Unterzeichner plädiert dafür, die bisherigen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen – angelehnt an die Regelungen für die Sekundärluftschallimmissionen – durch eine gebietsunabhängige Zumutbarkeitsschwelle zu ersetzen. Dies bedeutet aber auch, dass moderate Überschreitungen der Anhaltswerte in Wohngebieten und bei besonders schutzbedürftigen Anlagen gemäß DIN 4150-2, Tabelle 1, Zeilen 4 und 5 nicht überbewertet werden sollten.

In diesem Zusammenhang wird schließlich darauf hingewiesen, dass die Erschütterungsimmissionen vom Straßenbahnverkehr in der Regel niedriger sind als die Erschütterungsimmissionen vom Schwerlast- und Busverkehr auf öffentlichen Straßen, die – im Gegensatz zu den Erschütterungsimmissionen vom Straßenbahnverkehr – beim Bau einer Straße nur in Sonderfällen Gegenstand einer Schwingungstechnischen Untersuchung sind. Auch dies spricht gegen eine allzu strenge Beurteilung der Erschütterungsimmissionen vom Straßenbahnverkehr.

6 Durchführung der Untersuchung

Im Zentrum der Schwingungstechnischen Untersuchung stehen die rechnerische Ermittlung

- der maximalen bewerteten Schwingstärken $KB_{F_{max}}$ und der Beurteilungsschwingstärken $KB_{F_{Tr}}$ (tags) und $KB_{F_{Tr}}$ (nachts),
- der maximalen A-Bewerteten Sekundärluftschallpegel $L_{A_{max}}$ und der Beurteilungspegel L_r (tags) und L_r (nachts)

beim künftigen Straßenbahnverkehr auf der Neubaustrecke. Die Berechnung erfolgt unter einem Worst Case-Ansatz für bestehende und geplante Wohnhäuser an der Neubaustrecke. Grundlage ist ein von der DB AG vorgeschlagenes Verfahren /1/. Die betrachteten Häuser sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Bewertung der Erschütterungsimmissionen erfolgt unter Anwendung der um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte A_u und A_r . Zur Verbesserung des Schutzniveaus wird abweichend von der Norm der um den Faktor 1,5 angehobene oberer Anhaltswert A_o (nachts) zusätzlich berücksichtigt.

Die Bewertung der Sekundärschallimmissionen erfolgt unter Anwendung der Immissionsrichtwerte 40 dB(A) tags und 30 dB(A) nachts.

7 Berechnungsverfahren

7.1 Grundlagen

Die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in den untersuchten Gebäuden ergeben sich aus den Emissionsspektren des Straßenbahnverkehrs, der Abstands- und Materialdämpfung im Boden sowie den Übertragungsfunktionen, die zur Charakterisierung der gebäudespezifischen Eigenschaften angesetzt werden und die Schwingungsweiterleitung vom Boden ins Fundament und vom Fundament zu den Geschossdecken beschreiben.

Die Emissionsspektren des Straßenbahnverkehrs wurden unter betriebsüblichen Bedingungen an einem neu gebauten NBS-Gleis im Bauabschnitt 2.1 der Straßenbahn-Nordsüdtangente zwischen den Haltestellen Rüdickenstraße und Arnimstraße gemessen. Nähere Einzelheiten zeigt Tabelle 2.

Anmerkungen:

- Der charakteristische Verlauf der Spektren mit einem ausgeprägten Maximum um 100 Hz spiegelt wider, dass beim Straßenbahnverkehr der Körperschalleintrag in der Regel eher zu Immissionskonflikten führt als die tieffrequenten Erschütterungen.
- Der Unterzeichner geht davon aus, dass die beim NBS gemessenen Emissionsspektren auch für Gleistragplatten herangezogen werden können. Zur Begründung wird erläutert, dass bei beiden System die Impedanz der Betonplatte einen maßgebenden Einfluss auf den Schwingungseintrag in den Baugrund hat.

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 jeweils betrachteten Gebäudes in seinen Einzelheiten nicht bekannt ist, wurden die Berechnungen einmal unter der Annahme durchgeführt, es handele sich um ein Gebäude mit Holzbalkendeckenaufbau, und ein

weiteres Mal unter der Annahme, es handele sich um ein Gebäude mit Betondeckenaufbau. Bei der Annahme von Holzbalkendecken werden die typischen Deckenresonanzfrequenzen 10 Hz, 12,5 Hz, 16 Hz und 20 Hz angesetzt, bei der Annahme von Betondecken die typischen Deckenresonanzfrequenzen 20 Hz, 25 Hz, 31,5 Hz und 40 Hz. 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. Durch diesen Worst Case-Ansatz liegen die Ergebnisse – unabhängig von den tatsächlichen Eigenschaften des betrachteten Gebäudes – auf der sicheren Seite.

Anmerkung:

- 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

Eine beispielhafte Berechnung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen ist in Tabelle 4 dokumentiert. Das Beispiel gilt für das Gebäude Groß-Berliner Damm 59 bei Straßenbahnverkehr auf dem Gleis in Richtung S+R Schönevide (nächstes Gleis). Der Mindestabstand des Hauses zu diesem Gleis beträgt 19 m, der Abstand zum Gleis in Gegenrichtung 21,80 m.

Die linke Seite der Tabelle zeigt die vollständige Einzelberechnung für die Übertragungsfunktion einer Betondecke gemäß Tabelle 3 mit einer typischen Deckenresonanzfrequenz von 25 Hz. Es ergeben sich

- die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} = 0,086$
- der maximale A-bewertete Sekundärluftschallpegel $L_{Amax} = 32,3 \text{ dB(A)}$.

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_{Fmax} und L_{Amax} finden sich in der Spalte für die Übertragungsfunktion ÜF 2 und in den Zeilen für die Deckenresonanzfrequenz $f = 25 \text{ Hz}$ 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_{Fmax} und die maximalen A-bewerteten Sekundärluftschallpegel L_{Amax} der folgenden Tabelle (ergänzt mit den Zahlen für das Gleis in Gegenrichtung).

	Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}	Maximaler A-bewerteter Sekundärluftschallpegel L_{Amax}
Gleis in Richtung	0,146	34,4 dB(A)
Gleis in Gegenrichtung	0,119	32,2 dB(A)

Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen - Maximalwerte.

Die Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTT} (tags) und KB_{FTT} (nachts) ergeben sich nach dem Taktmaximalverfahren aus den Höchstwerten KB_{Fmax} unter Berücksichtigung der Zugzahlen N_T (tags) und N_N (nachts) und unter Ansatz einer fiktiven Vorbeifahrtzeitdauer von 30 s.

Hierbei gelten die Beziehungen

$$KB_{FTr,tags} = KB_{Fmax} \sqrt{\frac{N_T \cdot 30}{16 \cdot 60 \cdot 60}} \quad \text{und} \quad KB_{FTr,nachts} = KB_{Fmax} \sqrt{\frac{N_N \cdot 30}{8 \cdot 60 \cdot 60}} .$$

Die entsprechenden Ausdrücke zur Berechnung der Beurteilungspegel lauten

$$L_{r,tags} = L_{Amax} + 10 \log \frac{N_T \cdot 30}{16 \cdot 60 \cdot 60} \text{ dB(A)} \dots \text{und} \dots L_{r,nachts} = L_{Amax} + 10 \log \frac{N_N \cdot 30}{8 \cdot 60 \cdot 60} \text{ dB(A)} .$$

Bei zweigleisigen Strecken müssen die Immissionen beider Gleise energetisch addiert werden. Mit künftig $N_T = 168$ Zugfahrten tags und $N_N = 42$ Fahrten nachts je Richtung (Summe der Linien M17, 61, 63) ergeben sich schließlich die Beurteilungsgrößen der folgenden Tabelle.

	Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}		Beurteilungspegel L_r	
	tags	nachts	tags	nachts
Gleis in Richtung	0,043	0,031	23,8 dB(A)	20,8 dB(A)
Gleis in Gegenrichtung	0,035	0,025	21,6 dB(A)	18,6 dB(A)
beide Gleise	0,056	0,039	25,9 dB(A)	22,9 dB(A)

Die Beurteilung der Ergebnisse wird im folgenden Kapitel erläutert.

8 Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen

Die Ergebnisse der Schwingungstechnischen Untersuchung sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Der Inhalt der Spalten ist wie folgt:

Spalten 1 bis 7:	Allgemeine Angaben zum betrachteten Gebäude, Eingangsgrößen der Berechnung.
Spalten 8 bis 10:	Maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax} und Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} tags und nachts für jedes Gleis und in der Summe (Zeile „ Σ “).
Spalten 11 bis 16:	Gebietseinstufung und geltende Anhaltswerte für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen (MI für Mischgebiet, WA für Wohngebiet).
Spalten 17 bis 21:	Vergleich der KB_{Fmax} und der KB_{FTr} mit den Anhaltswerten tags und nachts. Die Einträge „-“ und „>“ bedeuten: <ul style="list-style-type: none">- der Vergleich KB_{FTr} mit A_r ist nicht erforderlich, da KB_{Fmax} kleiner / gleich A_u ist.> KB_{Fmax} ist größer A_u, also muss KB_{FTr} mit A_r verglichen werdenÜ KB_{Fmax} überschreitet A_o bzw. KB_{FTr} überschreitet A_r.
Spalten 22 bis 24:	Maximale A-bewertete Sekundärluftschallpegel L_{Amax} und Beurteilungspegel L_r tags und nachts für jedes Gleis und in der Summe (Zeile „ Σ “).
Spalten 25 und 26:	Vergleich der L_r mit den Immissionsrichtwerten 40 dB(A) tags beziehungsweise 30 dB(A) nachts.

Die Untersuchung kommt zu folgendem Ergebnis:

- Tabelle 5, Blatt 2: In den bestehenden Wohnhäusern am Groß-Berliner Damm und am Sterndamm sind durch den Straßenbahnverkehr auf der Neubaustrecke keine Überschreitungen der Anhaltswerte für Erschütterungen oder der Immissionsrichtwerte für Sekundärluftschall zu besorgen. Dort ist es also nicht erforderlich, über den Einsatz des NBS hinaus zusätzliche technische Maßnahmen zur Minderung der Immissionen vorzusehen.

- Tabelle 5, Blatt 1 (oberer Teil): In den geplanten oder bestehenden Wohnhäusern im Geltungsbereich des Bebauungsplans XV-55a-1 auf der Ostseite der Trasse sind ebenfalls keine Immissionskonflikte zu erwarten. Lediglich in der nordwestlichen Randbebauung des Baufeldes MI kann eine geringe Überschreitung des Immissionsrichtwertes für Sekundärluftschall 30 dB(A) nachts nicht ausgeschlossen werden. Dies ist aber unbedenklich, da in diesem Bereich des Baufeldes eine gewerbliche Nutzung vorgesehen ist, für die der Beurteilungszeitraum nachts nicht maßgeblich ist (Innovations- und Besucherzentrum des geplanten Projekts „Future Living Berlin“).
- Tabelle 5, Blatt 1 (unterer Teil): In den geplanten Wohnhäusern im Geltungsbereich des Bebauungsplans XV-55a-1-2 auf der Westseite der Trasse sind keine Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für Sekundärluftschall zu besorgen. Allerdings werden in den Baufeldern WA 2 und WA 3 die Erschütterungs-Anhaltswerte in den geplanten Gebäuden nahe der Trasse möglicherweise nur knapp eingehalten oder geringfügig überschritten, zumindest kann dies nicht ausgeschlossen werden. An den geplanten Objekten im Baufeld WA 1 sind aufgrund des größeren Abstands von der geplanten Trasse keine Immissionskonflikte zu besorgen.

9 Minderung des Schwingungseintrags in den Baugrund

Die möglichen Überschreitungen der Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterung in den Baufeldern WA 2 und WA 3 des Bebauungsplans XV-55a-1-2 machen den Einsatz einer geeigneten technischen Maßnahme zur Minderung des Schwingungseintrags von den Gleisen in den Baugrund erforderlich.

Grundsätzlich geeignet ist ein sogenanntes „Leichtes Masse-Feder-System – LMFS“. Bei diesem System wird der Gleiskörper durch vollflächig verlegte, elastische Boden- und Seitenmatten vom Baugrund entkoppelt. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die Einfügungsdämmung eines entsprechend aufgebauten Versuchsgleises in der Herzbergstraße in Berlin Lichtenberg wurde mit positivem Ergebnis gemessen.

Die Wirksamkeit wird im wesentlichen durch die Eigenfrequenz bestimmt, die sich in erster Näherung aus der schwingenden Masse und Steifigkeit der elastischen Zwischenlage ergibt. Unterhalb der Eigenfrequenz tritt keine Minderung des Schwingungseintrags ein, bei der Resonanzfrequenz kann der Schwingungseintrag verstärkt werden, oberhalb der Resonanzfrequenz wird der Schwingungseintrag gemindert. Die Resonanzfrequenz des LMFS sollte also tiefer sein als die Eigenfrequenzen der Geschossdecken des zu schützenden Gebäudes, andernfalls tritt keine Minderung der Erschütterungsimmissionen, eventuell sogar eine Verschlechterung ein.

Aus der durchgeführten Prognoserechnung ergibt sich, dass eine Überschreitung der Erschütterungs-Anhaltswerte insbesondere dann zu besorgen ist, wenn die Gebäude-Eigenfrequenzen oberhalb von 31,5 Hz liegen. Hieraus ergibt sich die Forderung, dass die Resonanzfrequenz des LMFS möglichst nicht höher als 20 Hz sein sollte. Durch entsprechende Dämpfung des Systems sollte die Resonanzüberhöhung minimiert werden.

Die Einfügungsdämmung (Pegelminderung ΔL) sollte sich an folgenden Zielwerten orientieren. Hierbei bestehen Spielräume, die zusätzlich angegebenen, niedrigeren Werte sollten aber nicht unterschritten werden.

F / Hz	ΔL / dB Zielwert	ΔL / dB nicht unterschreiten
31,5	3	0
40	6	3
50	9	6
63	12	9

Der Einsatz des LMFS sollte bei beiden Richtungsgleisen auf einer Länge von 210 m erfolgen (beginnend am Z-Überweg im Zuge des Alexander-von-Humboldt-Weges bei Strecken-km ca. 10+190 und endend bei Strecken-km ca. 10+400).

Zur Sicherung der Wirksamkeit sind die Komponenten des Systems unter Berücksichtigung der genannten Eckwerte, der Planumsimpedanz sowie der Interaktionen zwischen Untergrund und Oberbau in ihren Einzelheiten zu dimensionieren.

Gebäude in den BPlangebieten XV-55a-1 und XB-55a-1-2

Objekt	Gleis	Mindestabstand
XV-55a-1: WA 9A Haus 3	Gleis 1	14,70 m
	Gleis 2	17,70 m
XV-55a-1: WA 5 Haus 2	Gleis 1	21,90 m
	Gleis 2	24,80 m
XV-55a-1: WA 5 Haus 1	Gleis 1	22,70 m
	Gleis 2	25,50 m
XV-55a-1: WA 4 Haus 3	Gleis 1	21,70 m
	Gleis 2	24,50 m
XV-55a-1: WA 4 Haus 2	Gleis 1	21,70 m
	Gleis 2	24,50 m
XV-55a-1: WA 4 Haus 1	Gleis 1	30,40 m
	Gleis 2	33,20 m
XV-55a-1: WA 1 Haus 3	Gleis 1	22,10 m
	Gleis 2	24,90 m
XV-55a-1: WA 1 Haus 2	Gleis 1	22,10 m
	Gleis 2	24,90 m
XV-55a-1: WA 1 Haus 1	Gleis 1	21,10 m
	Gleis 2	24,10 m
XV-55a-1: MI Häuser NN	Gleis 1	10,80 m
	Gleis 2	13,60 m

Objekt	Gleis	Mindestabstand
XV-55a-1-2: WA 3 Haus 1	Gleis 1	14,90 m
	Gleis 2	12,10 m
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 11	Gleis 1	16,30 m
	Gleis 2	13,50 m
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 13	Gleis 1	15,50 m
	Gleis 2	12,60 m
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 17	Gleis 1	16,50 m
	Gleis 2	13,70 m
XV-55a-1-2: WA 1 Haus 18	Gleis 1	31,50 m
	Gleis 2	28,70 m

Gebäude am Groß-Berliner Damm von Segelfliegerdamm bis Sterndamm

Objekt	Gleis	Mindestabstand
Groß-Berliner Damm 59	Gleis 1	19,00 m
	Gleis 2	21,80 m
Groß-Berliner Damm 55 / 57	Gleis 1	21,00 m
	Gleis 2	23,80 m
Groß-Berliner Damm 51 / 53	Gleis 1	23,80 m
	Gleis 2	26,60 m
Groß-Berliner Damm 47 / 49	Gleis 1	30,90 m
	Gleis 2	33,70 m
Groß-Berliner Damm 43 / 45	Gleis 1	24,00 m
	Gleis 2	26,80 m
Groß-Berliner Damm 39 / 41	Gleis 1	20,90 m
	Gleis 2	23,70 m
Groß-Berliner Damm 37	Gleis 1	27,20 m
	Gleis 2	30,00 m
Groß-Berliner Damm 27 / 29	Gleis 1	19,10 m
	Gleis 2	21,90 m
Groß-Berliner Damm 3 - 15 (ungerade)	Gleis 1	16,10 m
	Gleis 2	19,00 m
Sterndamm 15 / 17	Gleis 1	25,80 m
	Gleis 2	28,70 m
Sterndamm 7 / 9 / 11 / 13	Gleis 1	21,80 m
	Gleis 2	24,60 m

Objekt	Gleis	Mindestabstand
Groß-Berliner Damm 32 - 38 (gerade)	Gleis 1	20,80 m
	Gleis 2	18,00 m
Groß-Berliner Damm 40 / 42 / 44	Gleis 1	20,80 m
	Gleis 2	18,00 m
Groß-Berliner Damm 52 / 54 / 56	Gleis 1	20,90 m
	Gleis 2	18,10 m
Groß-Berliner Damm 62 - 70 (gerade)	Gleis 1	27,50 m
	Gleis 2	24,70 m

Tabelle 1
Untersuchte Gebäude und deren Mindestabstände zu den Gleisen

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 $5 \cdot 10^{-8}$ 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	-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	

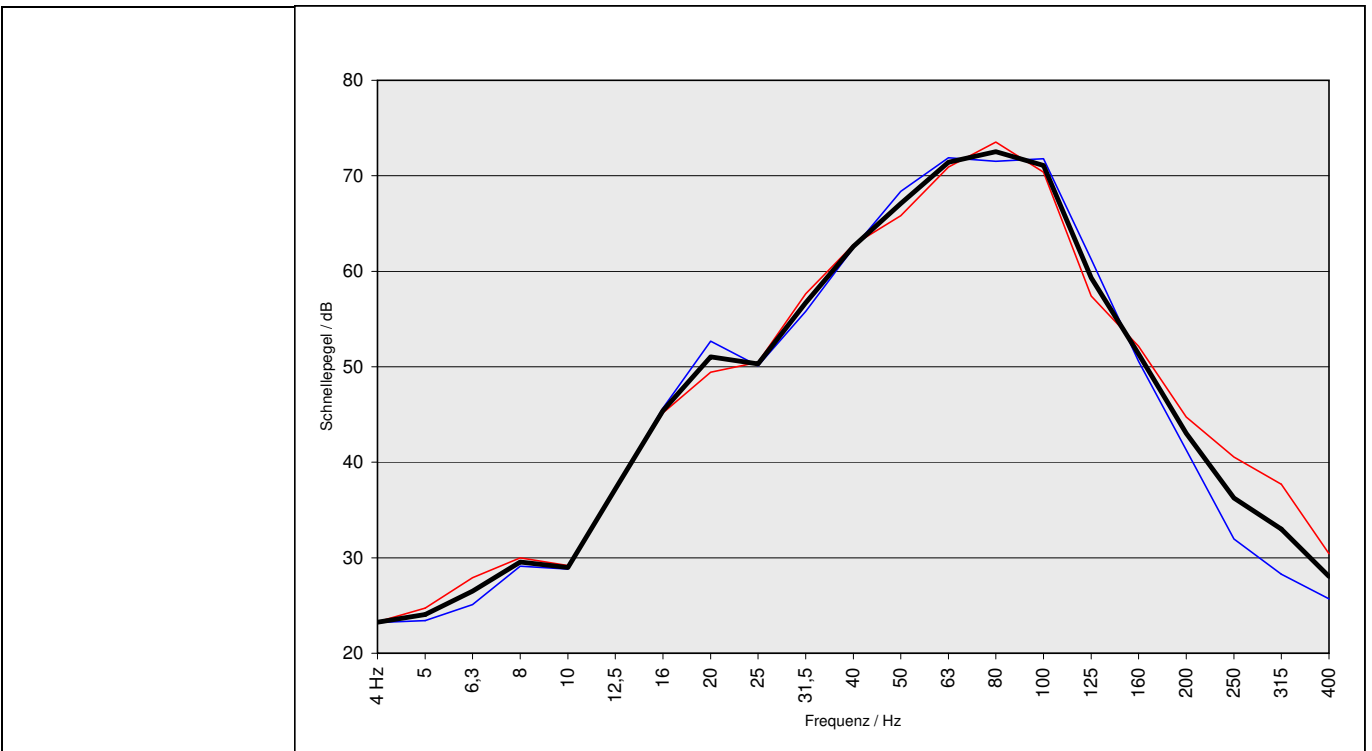


Tabelle 2
 Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A

		$f / f_0 = \text{Verhältnis der betrachteten Frequenz zur Resonanzfrequenz der Decke}$																									
		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
Beton	¹⁾	-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
Holz	²⁾			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

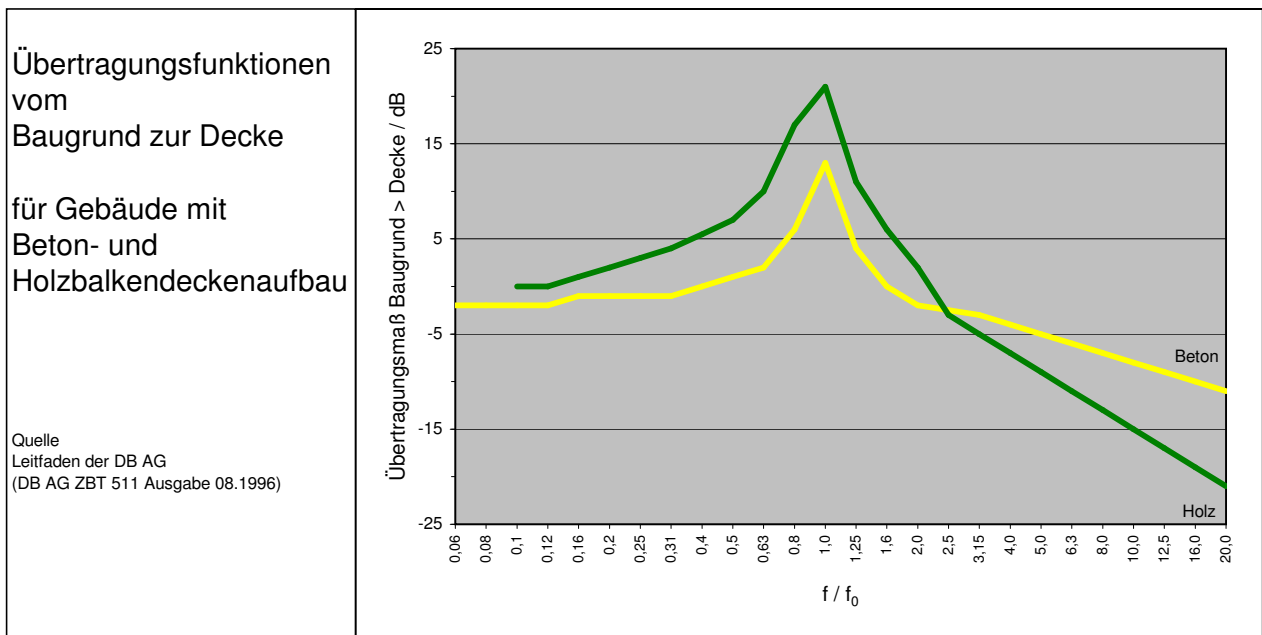


Tabelle 3
Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau

Kennziffer für die Übertragungsfunktion	
Beton (MW+Std --> 1/ MW --> 2 / MW-Std --> 3):	
Holz (2.OG --> 4 / 1. OG --> 5 / EG --> 6):	2
Resonanzfrequenz d. Decke (f = 10 Hz ... 40 Hz)	25 Hz

Kennziffer für Fahrzeuge / Fahrbahn	
Flexity / NBS --> 1 GT / NBS --> 2	
Flexity + GT / NBS --> 3 Flexity / Rahmengleis --> 10	1
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	19,00 m

Erschütterungsprognose / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum Flexity / NBS
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	23,2	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	
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	-6,0	-6,0	-6,0	-8,3	-8,3	-12,0	-12,0	-14,3	-14,3	-14,3	
4) LG	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	1,0	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	
5) LvR	22,2	23,1	25,5	28,6	23,0	32,2	41,4	48,8	55,0	48,7	50,6	50,8	54,6	55,2	
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	17,5	19,5	23,0	26,8	21,8	31,4	40,9	48,5	54,8	48,6	50,5	50,8	54,6	55,2	61,2
8) KBFmax															0,086

KBFmax	0,086
---------------	--------------

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

f / Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ges.
1) LE	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	
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	-6,0	-8,3	-8,3	-12,0	-12,0	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3	
4) LG	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	
5) LvR	41,4	48,8	55,0	48,7	50,6	50,8	54,6	55,2	52,8	40,1	31,1	21,7	14,0	9,7	
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	-15,3	-1,7	10,3	9,3	16,0	20,6	28,4	32,7	33,7	24,0	17,7	10,8	5,4	3,1	
8) LAmix															32,3

LAmix	32,3 dB(A)
--------------	-------------------

Erschütterungsprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
10				0,038	0,055	0,051
12,5				0,056	0,064	0,055
16				0,097	0,080	0,059
20	0,199	0,080	0,042	0,140	0,101	0,063
25	0,210	0,086	0,035			
31,5	0,246	0,102	0,042			
40	0,327	0,146	0,060			
Spanne	0,035 .. 0,327			0,038 .. 0,140		
	0,080 .. 0,146			0,038 .. 0,140		

Sekundärluftschallprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
10				22,2	29,4	29,4
12,5				24,2	30,3	30,3
16				26,2	31,1	30,9
20	40,8	31,4	29,4	28,3	32,2	31,3
25	41,0	32,3	28,4			
31,5	41,4	33,2	25,9			
40	42,4	34,4	26,5			
Spanne	25,9 .. 42,4 dB(A)			22,2 .. 32,2 dB(A)		
	31,4 .. 34,4 dB(A)			22,2 .. 28,3 dB(A)		

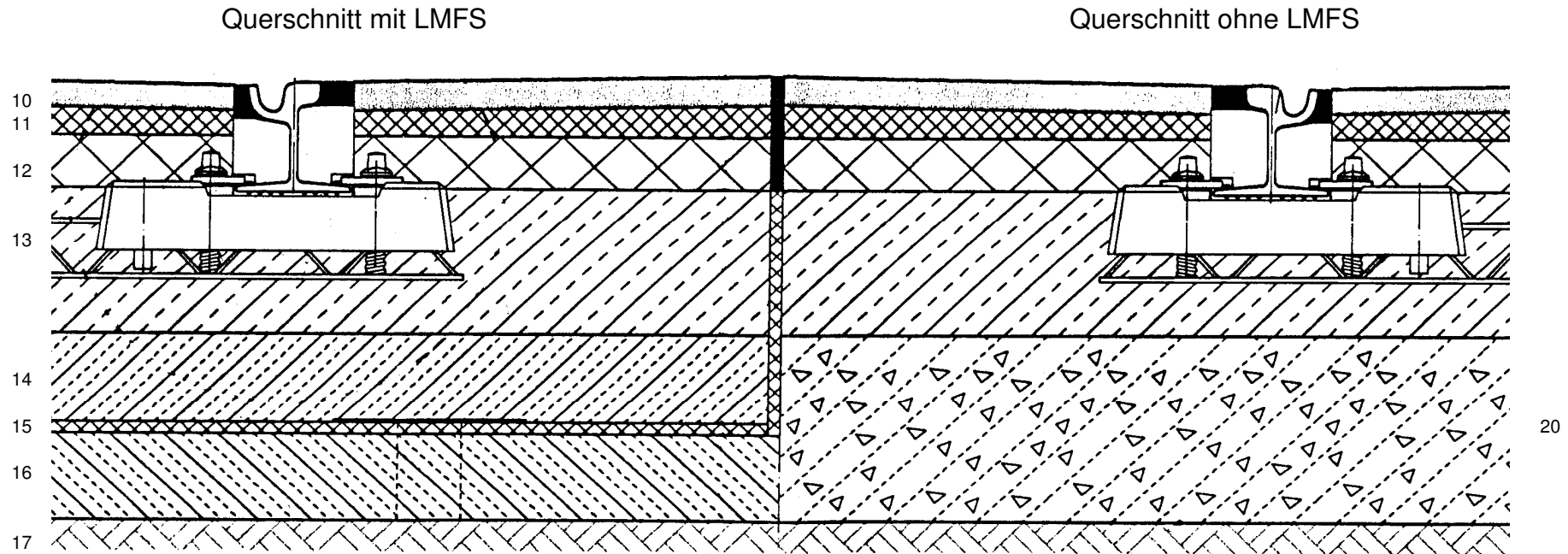
Tabelle 4
Beispielhafte Berechnung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen für das Gebäude Groß-Berliner Damm 59 bei Straßenbahnverkehr auf dem Gleis in Richtung S+R Schöneweide

1	2	3	4	5	6	7	Auswertung Erschütterungen														Auswertung Sekundärer Luftschall				
							8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Objekt	Gleis	Emissions-spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFTr tags	KBFTr nachts	Gebiet	Au tags	Ar tags	Ao nachts	Au nachts	Ar nachts	KBFmax <= Au tags	KBFTr <= Ar tags	KBFmax <= Ao nachts	KBFmax <= Au nachts	KBFTr <= Ar nachts	LA max	Lr tags	Lr nachts	Lr tags <= 40 dB(A)	Lr nachts <= 30 dB(A)
XV-55a-1: WA 9A Studentendorf, Haus 3	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	14,70 m	0,227	0,071	0,047	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	>	ok	ok	>	ok	38,6 dB(A)	28,6 dB(A)	25,0 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	17,70 m	0,165	0,052	0,035												35,6 dB(A)	25,6 dB(A)	22,0 dB(A)		
	Σ			380	84		0,227	0,088	0,059												38,6 dB(A)	30,3 dB(A)	26,8 dB(A)		
XV-55a-1: WA 5 Haus 2	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	21,90 m	0,119	0,037	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,1 dB(A)	22,1 dB(A)	18,5 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,80 m	0,103	0,032	0,021												30,1 dB(A)	20,1 dB(A)	16,5 dB(A)		
	Σ			380	84		0,119	0,049	0,033												32,1 dB(A)	24,2 dB(A)	20,6 dB(A)		
XV-55a-1: WA 5 Haus 1	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	22,70 m	0,114	0,036	0,024	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	31,5 dB(A)	21,5 dB(A)	17,9 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	25,50 m	0,099	0,031	0,021												29,6 dB(A)	19,6 dB(A)	16,0 dB(A)		
	Σ			380	84		0,114	0,047	0,032												31,5 dB(A)	23,6 dB(A)	20,1 dB(A)		
XV-55a-1: WA 4 Haus 3	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	21,70 m	0,120	0,038	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,2 dB(A)	22,2 dB(A)	18,6 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,50 m	0,104	0,033	0,022												30,3 dB(A)	20,3 dB(A)	16,7 dB(A)		
	Σ			380	84		0,120	0,050	0,033												32,2 dB(A)	24,3 dB(A)	20,8 dB(A)		
XV-55a-1: WA 4 Haus 2	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	21,70 m	0,120	0,038	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,2 dB(A)	22,2 dB(A)	18,6 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,50 m	0,104	0,033	0,022												30,3 dB(A)	20,3 dB(A)	16,7 dB(A)		
	Σ			380	84		0,120	0,050	0,033												32,2 dB(A)	24,3 dB(A)	20,8 dB(A)		
XV-55a-1: WA 4 Haus 1	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	30,40 m	0,081	0,026	0,017	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	26,8 dB(A)	16,8 dB(A)	13,2 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	33,20 m	0,074	0,023	0,015												25,3 dB(A)	15,3 dB(A)	11,7 dB(A)		
	Σ			380	84		0,081	0,035	0,023												26,8 dB(A)	19,1 dB(A)	15,5 dB(A)		
XV-55a-1: WA 1 Haus 3	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	22,10 m	0,117	0,037	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	31,9 dB(A)	21,9 dB(A)	18,3 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,90 m	0,102	0,032	0,021												30,0 dB(A)	20,0 dB(A)	16,4 dB(A)		
	Σ			380	84		0,117	0,049	0,033												31,9 dB(A)	24,0 dB(A)	20,5 dB(A)		
XV-55a-1: WA 1 Haus 2	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	22,10 m	0,117	0,037	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	31,9 dB(A)	21,9 dB(A)	18,3 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,90 m	0,102	0,032	0,021												30,0 dB(A)	20,0 dB(A)	16,4 dB(A)		
	Σ			380	84		0,117	0,049	0,033												31,9 dB(A)	24,0 dB(A)	20,5 dB(A)		
XV-55a-1: WA 1 Haus 1	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	21,10 m	0,124	0,039	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,7 dB(A)	22,7 dB(A)	19,1 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	24,10 m	0,106	0,033	0,022												30,5 dB(A)	20,5 dB(A)	16,9 dB(A)		
	Σ			380	84		0,124	0,051	0,034												32,7 dB(A)	24,7 dB(A)	21,2 dB(A)		
XV-55a-1: MI Komplex "Future Living"	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	10,80 m	0,386	0,122	0,081	MI	0,300	0,150	0,450	0,225	0,105	>	ok	ok	>	ok	43,6 dB(A)	33,6 dB(A)	30,0 dB(A)	ok	Ü
	2	Flexity / NBS		190	42	13,60 m	0,260	0,082	0,054												39,8 dB(A)	29,8 dB(A)	26,2 dB(A)		
	Σ			380	84		0,386	0,146	0,097												43,6 dB(A)	35,1 dB(A)	31,5 dB(A)		
XV-55a-1-2: WA 3 Haus 1	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	14,90 m	0,222	0,070	0,046	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	>	Ü	Ü	>	Ü	38,4 dB(A)	28,4 dB(A)	24,8 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	12,10 m	0,317	0,100	0,066												41,8 dB(A)	31,8 dB(A)	28,2 dB(A)		
	Σ			380	84		0,317	0,122	0,081												41,8 dB(A)	33,4 dB(A)	29,8 dB(A)		
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 11	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	16,30 m	0,190	0,060	0,040	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	>	ok	ok	>	ok	36,9 dB(A)	26,9 dB(A)	23,3 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	13,50 m	0,263	0,083	0,055												40,0 dB(A)	30,0 dB(A)	26,4 dB(A)		
	Σ			380	84		0,263	0,102	0,068												40,0 dB(A)	31,7 dB(A)	28,1 dB(A)		
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 13	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	15,50 m	0,207	0,065	0,043	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	>	Ü	ok	>	Ü	37,7 dB(A)	27,7 dB(A)	24,1 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	12,60 m	0,296	0,093	0,062												41,1 dB(A)	31,1 dB(A)	27,5 dB(A)		
	Σ			380	84		0,296	0,114	0,076												41,1 dB(A)	32,7 dB(A)	29,1 dB(A)		
XV-55a-1-2: WA 2 Haus 17	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	16,50 m	0,186	0,059	0,039	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	>	ok	ok	>	ok	36,7 dB(A)	26,7 dB(A)	23,1 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	13,70 m	0,256	0,081	0,054												39,7 dB(A)	29,7 dB(A)	26,1 dB(A)		
	Σ			380	84		0,256	0,100	0,066												39,7 dB(A)	31,4 dB(A)	27,9 dB(A)		
XV-55a-1-2: WA 1 Haus 18	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	190	42	31,50 m	0,078	0,025	0,016	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	26,2 dB(A)	16,2 dB(A)	12,6 dB(A)	ok	ok
	2	Flexity / NBS		190	42	28,70 m	0,087	0,027	0,018												27,7 dB(A)	17,7 dB(A)	14,1 dB(A)		
	Σ			380	84		0,087	0,037	0,024												27,7 dB(A)	20,0 dB(A)	16,4 dB(A)		

Tabelle 5 (Blatt 1 von 2)
Ergebnisse und Beurteilung der Schwingungstechnischen Berechnungen für Gebäude in den BPlangebieten XV-55a-1 und XV-55a-1-2

1	2	3	4	5	6	7	Auswertung Erschütterungen															Auswertung Sekundärer Luftschall				
							8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Objekt	Gleis	Emissions- spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFT _r tags	KBFT _r nachts	Gebiet	Au tags	Ar tags	Ao nachts	Au nachts	Ar nachts	KBFmax ≤ Au tags	KBFT _r ≤ Ar tags	KBFmax ≤ Ao nachts	KBFmax ≤ Au nachts	KBFT _r ≤ Ar nachts	LA max	Lr tags	Lr nachts	Lr tags ≤ 40 dB(A)	Lr nachts ≤ 30 dB(A)	
Groß-Berliner Damm 59	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	19,00 m	0,146	0,043	0,031	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	34,4 dB(A)	23,8 dB(A)	20,8 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	21,80 m	0,119	0,035	0,025												32,2 dB(A)	21,6 dB(A)	18,6 dB(A)			
	Σ			336	84		0,146	0,056	0,039												34,4 dB(A)	25,9 dB(A)	22,9 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 55 / 57	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	21,00 m	0,124	0,037	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,8 dB(A)	22,2 dB(A)	19,2 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	23,80 m	0,108	0,032	0,023												30,7 dB(A)	20,1 dB(A)	17,1 dB(A)			
	Σ			336	84		0,124	0,049	0,034												32,8 dB(A)	24,3 dB(A)	21,3 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 51 / 53	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	23,80 m	0,108	0,032	0,023	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	30,7 dB(A)	20,1 dB(A)	17,1 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	26,60 m	0,095	0,028	0,020												28,9 dB(A)	18,3 dB(A)	15,3 dB(A)			
	Σ			336	84		0,108	0,042	0,030												30,7 dB(A)	22,3 dB(A)	19,3 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 47 / 49	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	30,90 m	0,080	0,024	0,017	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	26,5 dB(A)	15,9 dB(A)	12,9 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	33,70 m	0,073	0,021	0,015												25,1 dB(A)	14,5 dB(A)	11,5 dB(A)			
	Σ			336	84		0,080	0,032	0,023												26,5 dB(A)	18,3 dB(A)	15,3 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 43 / 45	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	24,00 m	0,107	0,032	0,022	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	30,6 dB(A)	20,0 dB(A)	17,0 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	26,80 m	0,094	0,028	0,020												28,8 dB(A)	18,2 dB(A)	15,2 dB(A)			
	Σ			336	84		0,107	0,042	0,030												30,6 dB(A)	22,2 dB(A)	19,2 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 39 / 41	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	20,90 m	0,125	0,037	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,9 dB(A)	22,3 dB(A)	19,3 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	23,70 m	0,108	0,032	0,023												30,8 dB(A)	20,2 dB(A)	17,2 dB(A)			
	Σ			336	84		0,125	0,049	0,035												32,9 dB(A)	24,4 dB(A)	21,4 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 37	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	27,20 m	0,092	0,027	0,019	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	28,6 dB(A)	18,0 dB(A)	15,0 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	30,00 m	0,083	0,024	0,017												27,0 dB(A)	16,4 dB(A)	13,4 dB(A)			
	Σ			336	84		0,092	0,037	0,026												28,6 dB(A)	20,3 dB(A)	17,3 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 27 / 29	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	19,10 m	0,145	0,043	0,030	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	34,3 dB(A)	23,7 dB(A)	20,7 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	21,90 m	0,119	0,035	0,025												32,1 dB(A)	21,5 dB(A)	18,5 dB(A)			
	Σ			336	84		0,145	0,055	0,039												34,3 dB(A)	25,8 dB(A)	22,8 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 3 - 15 (ungerade)	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	16,10 m	0,194	0,057	0,041	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	>	ok	37,1 dB(A)	26,5 dB(A)	23,5 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	19,00 m	0,146	0,043	0,031												34,4 dB(A)	23,8 dB(A)	20,8 dB(A)			
	Σ			336	84		0,194	0,072	0,051												37,1 dB(A)	28,4 dB(A)	25,4 dB(A)			
Stern- damm 15 / 17	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	25,80 m	0,098	0,029	0,021	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	29,4 dB(A)	18,8 dB(A)	15,8 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	28,70 m	0,087	0,026	0,018												27,7 dB(A)	17,1 dB(A)	14,1 dB(A)			
	Σ			336	84		0,098	0,039	0,027												29,4 dB(A)	21,1 dB(A)	18,1 dB(A)			
Stern- damm 7 / 9 / 11 / 13	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	21,80 m	0,119	0,035	0,025	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	32,2 dB(A)	21,6 dB(A)	18,6 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	24,60 m	0,104	0,031	0,022												30,2 dB(A)	19,6 dB(A)	16,6 dB(A)			
	Σ			336	84		0,119	0,047	0,033												32,2 dB(A)	23,7 dB(A)	20,7 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 32 - 38 (gerade)	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	20,80 m	0,126	0,037	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	>	ok	32,9 dB(A)	22,3 dB(A)	19,3 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	18,00 m	0,161	0,048	0,034												35,3 dB(A)	24,7 dB(A)	21,7 dB(A)			
	Σ			336	84		0,161	0,060	0,043												35,3 dB(A)	26,7 dB(A)	23,7 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 40 / 42 / 44	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	20,80 m	0,126	0,037	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	>	ok	32,9 dB(A)	22,3 dB(A)	19,3 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	18,00 m	0,161	0,048	0,034												35,3 dB(A)	24,7 dB(A)	21,7 dB(A)			
	Σ			336	84		0,161	0,060	0,043												35,3 dB(A)	26,7 dB(A)	23,7 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 52 / 54 / 56	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	20,90 m	0,125	0,037	0,026	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	>	ok	32,9 dB(A)	22,3 dB(A)	19,3 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	18,10 m	0,159	0,047	0,033												35,2 dB(A)	24,6 dB(A)	21,6 dB(A)			
	Σ			336	84		0,159	0,060	0,042												35,2 dB(A)	26,6 dB(A)	23,6 dB(A)			
Groß-Berliner Damm 62 - 70 (gerade)	1	Flexity / NBS	M17, 61, 63	168	42	27,50 m	0,091	0,027	0,019	WA	0,225	0,105	0,300	0,150	0,075	ok	-	ok	ok	-	28,4 dB(A)	17,8 dB(A)	14,8 dB(A)	ok	ok	
	2	Flexity / NBS		168	42	24,70 m	0,103	0,030	0,022												30,1 dB(A)	19,5 dB(A)	16,5 dB(A)			
	Σ			336	84		0,103	0,041	0,029												30,1 dB(A)	21,8 dB(A)	18,8 dB(A)			

Tabelle 5 (Blatt 2 von 2)
Ergebnisse und Beurteilung der Schwingungstechnischen Berechnungen für Gebäude am Groß-Berliner Damm von Segelfliegerdamm bis Sterndamm



- 10 Gußasphalt
- 11 Asphaltbinder
- 12 Asphalttragschicht
- 13 Beton
- 14 Unterbeton
- 15 Elastische Matte
- 16 Sauberkeitsschicht
- 17 Erdplanum

20 Recyclingtragschicht

Bild 1
Prinzipdarstellung Leichtes Masse-Feder-System - LMFS

Anhang 1: Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen für das Baufeld MK1 des BPlans XV-67a

Der geplante zweigleisige Abzweig von der bestehenden Strecke in der Rudower Chaussee zur Wendeschleife am S-Bahnhof Adlershof grenzt an die räumlichen Geltungsbereiche der Bebauungspläne XV-51a (MK4 mit einem jüngst errichteten Bürohaus) und XV-67a (MK1, derzeit unbebaut).

Das Bürohaus auf MK4 ist vom Bauende des neuen Abzweigs ca. 55 m entfernt. Der Mindestabstand zwischen dem Baufeld MK1 und dem Bauanfang des Abzweigs in der Rudower Chaussee beträgt 20,85 m, der Mindestabstand zum Gleis in Gegenrichtung 24,20 m. Aufgrund der Abstandsverhältnisse genügt es, die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in der möglichen Bebauung auf dem näheren gelegenen Baufeld MK1 des Bebauungsplans XV-67a zu untersuchen.

Die Vorgehensweise der Prognose entspricht in allen Einzelheiten der Untersuchung im Hauptteil dieses Berichts. Die Berechnungen sind in den Tabellen 1.1, 1.2 und 2 dieses Anhangs dokumentiert (vgl. die entsprechenden Tabellen 4 und 5 im Hauptteil des Berichts).

Die Ergebnisse weisen nach, dass die geltenden Anhalts- und Richtwerte des Regelwerks durch die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen vom künftigen Straßenbahnverkehr auf dem zweigleisigen Abzweig in der möglichen Bebauung auf dem Baufeld MK1 des Bebauungsplans XV-67a sowie in der vorhandenen Bebauung auf dem Baufeld MK4 des Bebauungsplans XV-51a nicht überschritten werden.

Kennziffer für die Übertragungsfunktion	
Beton (MW+Std --> 1/ MW --> 2 / MW-Std --> 3):	
Holz (2.OG --> 4 / 1. OG --> 5 / EG --> 6):	2
Resonanzfrequenz d. Decke (f = 10 Hz ... 40 Hz)	25 Hz

Kennziffer für Fahrzeuge / Fahrbahn	
Flexity / NBS --> 1 GT / NBS --> 2	
Flexity + GT / NBS --> 3 Flexity / Rahmengleis --> 10	1
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	20,85 m

Erschütterungsprognose / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum Flexity / NBS
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	23,2	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	
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	-6,7	-6,7	-6,7	-9,2	-9,2	-13,3	-13,3	-15,8	-15,8	-15,8	
4) LG	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	1,0	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	
5) LvR	22,2	23,1	25,5	28,6	22,3	31,5	40,8	47,9	54,1	47,4	49,3	49,3	53,1	53,7	
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	17,5	19,5	23,0	26,8	21,2	30,7	40,3	47,6	53,9	47,3	49,2	49,2	53,1	53,7	59,9
8) KBFmax															0,074

KBFmax	0,074
---------------	--------------

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

f / Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ges.
1) LE	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	
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	-6,7	-9,2	-9,2	-13,3	-13,3	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8	
4) LG	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	
5) LvR	40,8	47,9	54,1	47,4	49,3	49,3	53,1	53,7	51,3	38,5	29,5	20,2	12,4	8,2	
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	-15,9	-2,6	9,4	8,0	14,7	19,1	26,9	31,2	32,2	22,4	16,1	9,3	3,8	1,6	
8) LAmix															30,8

LAmix	30,8 dB(A)
--------------	-------------------

Erschütterungsprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3			4 5 6		
	Beton			Holz		
10				0,034	0,047	0,043
12,5				0,050	0,055	0,046
16				0,088	0,070	0,050
20	0,171	0,070	0,036	0,126	0,088	0,054
25	0,180	0,074	0,030			
31,5	0,210	0,087	0,036			
40	0,278	0,125	0,052			
Spanne	0,030 .. 0,278			0,034 .. 0,126		
	0,070 .. 0,125			0,034 .. 0,126		

Sekundärluftschallprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1 2 3			4 5 6		
	Beton			Holz		
10				20,7	27,9	27,9
12,5				22,7	28,8	28,7
16				24,7	29,6	29,4
20	39,3	29,9	27,9	26,8	30,7	29,8
25	39,5	30,8	26,8			
31,5	39,9	31,7	24,4			
40	40,9	32,9	25,0			
Spanne	24,4 .. 40,9 dB(A)			20,7 .. 30,7 dB(A)		
	29,9 .. 32,9 dB(A)			20,7 .. 26,8 dB(A)		

Kennziffer für die Übertragungsfunktion	
Beton (MW+Std --> 1/ MW --> 2 / MW-Std --> 3):	
Holz (2.OG --> 4 / 1. OG --> 5 / EG --> 6):	2
Resonanzfrequenz d. Decke (f = 10 Hz ... 40 Hz)	25 Hz

Kennziffer für Fahrzeuge / Fahrbahn	
Flexity / NBS --> 1 GT / NBS --> 2	
Flexity + GT / NBS --> 3 Flexity / Rahmengleis --> 10	1
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	24,20 m

Erschütterungsprognose / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum Flexity / NBS
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	23,2	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	
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	-7,7	-7,7	-7,7	-10,6	-10,6	-15,4	-15,4	-18,3	-18,3	-18,3	
4) LG	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	1,0	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	
5) LvR	22,2	23,1	25,5	28,6	21,3	30,5	39,7	46,5	52,7	45,3	47,2	46,8	50,6	51,2	
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	17,5	19,5	23,0	26,8	20,1	29,7	39,2	46,1	52,5	45,2	47,1	46,8	50,6	51,2	57,8
8) KBFmax															0,059

KBFmax	0,059
---------------	--------------

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	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	
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	-7,7	-10,6	-10,6	-15,4	-15,4	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	
4) LG	2,0	6,0	13,0	4,0	0,0	-2,0	-2,5	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	
5) LvR	39,7	46,5	52,7	45,3	47,2	46,8	50,6	51,2	48,8	36,1	27,1	17,8	10,0	5,7	
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	-17,0	-4,0	8,0	5,9	12,6	16,6	24,4	28,7	29,7	20,0	13,7	6,9	1,4	-0,9	
8) LAmx															28,4

LAmx	28,4 dB(A)
-------------	-------------------

Erschütterungsprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1	2	3	4	5	6
10	Beton			Holz		
12,5				0,029	0,037	0,033
16				0,042	0,043	0,035
20				0,076	0,056	0,038
25	0,135	0,056	0,028	0,106	0,071	0,042
31,5	0,141	0,059	0,024			
40	0,163	0,067	0,028			
	0,215	0,097	0,040			
Spanne	0,024 .. 0,215			0,029 .. 0,106		
	0,056 .. 0,097			0,029 .. 0,106		

Sekundärluftschallprognose / Mehrfachberechnung						
--	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF:					
	1	2	3	4	5	6
10	Beton			Holz		
12,5				18,2	25,4	25,4
16				20,2	26,3	26,3
20				22,3	27,2	26,9
25	36,8	27,4	25,4	24,4	28,2	27,3
31,5	37,0	28,4	24,4			
40	37,5	29,2	21,9			
	38,5	30,5	22,5			
Spanne	21,9 .. 38,5 dB(A)			18,2 .. 28,2 dB(A)		
	27,4 .. 30,5 dB(A)			18,2 .. 24,4 dB(A)		

							Auswertung Erschütterungen											Auswertung Sekundärer Luftschall							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Objekt	Gleis	Emissions- spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFT _r tags	KBFT _r nachts	Gebiet	Au tags	Ar tags	Ao nachts	Au nachts	Ar nachts	KBFmax ≤ Au tags	KBFT _r ≤ Ar tags	KBFmax ≤ Ao nachts	KBFT _r ≤ Au nachts	KBFT _r ≤ Ar nachts	LA max	Lr tags	Lr nachts	Lr tags ≤ 40 dB(A)	Lr nachts ≤ 30 dB(A)
BPlan XV-67a MK1 Rudower Chaussee 2	4 / 6 5 / 7 Σ	Flexity / NBS Flexity / NBS	M17, 61, 63	190 190 380	42 42 84	20,85 m 24,20 m	0,125 0,097 0,125	0,039 0,031 0,050	0,026 0,020 0,033	MK	0,300	0,150	0,450	0,225	0,105	ok	-	ok	ok	-	32,9 dB(A) 30,5 dB(A) 32,9 dB(A)	22,9 dB(A) 20,5 dB(A) 24,8 dB(A)	19,3 dB(A) 16,9 dB(A) 21,3 dB(A)	ok	ok