


Nr.	Seite	Art der Änderung	Datum	bearbeitet	aufgestellt

Ort	Berlin Pankow – Lichtenberg				
Bauteil	Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis Weißenseer Weg				
Planfeststellung		Schwingungstechnischer Bericht			
 BVG	BERLINER VERKEHRSBETRIEBE (BVG) Bereich Infrastruktur <i>Infrastrukturmanagement Omnibus & Straßenbahn</i>		Unterlage:	10.2	
			Seiten:	31	
		Pläne:	--		
		Anlagen:	--		
Bauherr/Antragsteller: Berlin, Betriebsleiter: Berlin, Anhörungsbehörde: Die Unterlage hat vom ____ 2 ____ bis zum ____ 2 ____ öffentlich ausgelegen. Berlin, ____ 2 ____			Planfeststellungsbehörde: Berlin, ____ 2 ____		

Schwingungstechnischer Bericht Nr. 695.2

Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg

Thema:	<p>Erneuerung der Straßenbahnstrecke der Linien M5 und M6 in Verbindung mit dem Bau eines besonderen Bahnkörpers in der Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg in den Bezirken Pankow OT Prenzlauer Berg und Lichtenberg OT Fennpfuhl</p> <p>Einfluss der Baumaßnahme auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Wohnhäusern</p>								
Auftraggeber:	<p>SGT-Plan GmbH Invalidenstraße 34 D - 10115 Berlin</p> <p>Telefon +49 30 55608540</p>								
Ortstermin:	<p>Mittwoch, d. 10. April 2019</p>								
Anmerkung:	<p>Der Bericht umfasst insgesamt 31 Seiten.</p> <table><tr><td>Text</td><td>Seiten</td><td>1 bis</td><td>21</td></tr><tr><td>Tabellen</td><td>Seiten</td><td>T 1 bis</td><td>T 10</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	21	Tabellen	Seiten	T 1 bis	T 10
Text	Seiten	1 bis	21						
Tabellen	Seiten	T 1 bis	T 10						

Berlin-Charlottenburg,
im April 2019



Dipl.-Ing. C. Imelmann

Inhaltsverzeichnis

0	Vorbemerkung	3
1	Zusammenfassung	3
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 Kriterien der wesentlichen Erhöhung	16
6	Durchführung der Untersuchung.....	17
7	Berechnungsverfahren	17
	7.1 Grundlagen.....	17
	7.2 Schwingungstechnische Berechnungen.....	19
8	Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen	21

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Gebäude im Einwirkungsbereich des Vorhabens und deren Abstände zu den Gleisen	T 1
Tabelle 2	Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A und anderen Fahrbahnarten	T 2
Tabelle 3	Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau	T 3
Tabelle 4.1	Analyse der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Bestand) Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (entferntes Gleis, Fahrtrichtung stadteinwärts)	T 4
Tabelle 4.2	dito, Gleis 2 (benachbartes Gleis, Fahrtrichtung stadtauswärts)	T 5
Tabelle 4.3	Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Planung) Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (entferntes Gleis, Fahrtrichtung stadteinwärts)	T 6
Tabelle 4.4	dito, Gleis 2 (benachbartes Gleis, Fahrtrichtung stadtauswärts)	T 7
Tabelle 5	Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen	T 8-10

0 Vorbemerkung

Die vorliegende Schwingungstechnische Untersuchung ergänzt die Schalltechnische Untersuchung des Unterzeichners zu diesem Vorhaben (Schalltechnischer Bericht Nr. 694.2 „Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg“). 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 Immissionsgrenzwertüberschreitungen führt und sich hieraus Anspruchsberechtigungen auf passive Schallschutzmaßnahmen dem Grunde nach ergeben.

Gegenstand der Schwingungstechnischen Untersuchung sind die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme auf die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen 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 eine wesentliche Erhöhung der bisherigen Immissionen (der Vorbelastung) auszuschließen beziehungsweise das Einhalten der geltenden Immissionswerte zu gewährleisten.

Das Vorhaben wird im Schalltechnischen Bericht ausführlich beschrieben und anhand eines Schalltechnischen Lageplans verdeutlicht (dort Bild 1 Blatt 1 bis 4). Die Angaben werden hier nicht wiederholt. Es wird empfohlen, den Schalltechnischen Lageplan auch beim Studium des vorliegenden Berichts heranzuziehen.

1 Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die grundhafte Erneuerung der Straßenbahnstrecke der Linien M5 und M6 in der Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg (etwa in

Höhe des Hauses Hohenschönhauser Str. 24) in den Bezirken Pankow OT Prenzlauer Berg und Lichtenberg OT Fennpfuhl. Die vorgesehenen Maßnahmen des Gleisbaus beeinflussen durch Veränderungen von Gleislage und Gleisbauart („Fahrbahnart“) die Höhe der vom Straßenbahnverkehr hervorgerufenen Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden.

Als Fahrbahnart soll das „Neue Berliner Straßenbahngleis“ (NBS) eingesetzt werden. Es wird im Bereich der besonderen Bahnkörper mit einer Rasen- oder Schottereindeckung versehen und in den straßenbündigen Abschnitten mit einer Asphalt- oder Pflastereindeckung. Das NBS ersetzt die bestehenden Rahmengleise mit Asphaltdeckenschluss sowie die offenen Querschwellengleise im Bereich der östlichen Baugrenze.

Grundsätzlich führen Abstandsverminderungen infolge von Horizontalverschiebungen der Gleise zu einem Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden. Die Verbesserung der Fahrbahnart 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 Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen zu prognostizieren und mit den gegenwärtigen Immissionen (der Vorbelastung) zu vergleichen.

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.

Zur Bewertung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen werden die Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 herangezogen. Sekundärluftschallimmissionen werden unter Anwendung derselben Immissionsrichtwerte bewertet, die auch der Verkehrswegeschallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV zugrunde liegen.

Die Ergebnisse dokumentieren, dass an keinem Wohnhaus im Einwirkungsbereich des Vorhabens ein Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen eintritt. Vielmehr tritt durchweg eine vorhabensbedingte Verbesserung der Immissionsverhältnisse ein.

Angesichts dieses Ergebnisses ist es nicht erforderlich, technische Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungsmissionen vorzusehen, die über den Einsatz des Neuen Berliner Straßenbahngleises NBS hinausgehen.

2 Beschreibung der Baumaßnahme aus schwingungstechnischer Sicht, Aufgabenstellung

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die grundhafte Erneuerung der Straßenbahnstrecke der Linien M5 und M6 in der Oderbruchstraße / Hohenschönhauser Straße von Landsberger Allee bis westl. Weißenseer Weg (etwa in Höhe des Hauses Hohenschönhauser Str. 24) in den Bezirken Pankow OT Prenzlauer Berg und Lichtenberg OT Fennpfuhl. Die vorgesehenen Maßnahmen des Gleisbaus beeinflussen durch Veränderungen von Gleislage und Gleisbauart („Fahrbahnart“) die Höhe der vom Straßenbahnverkehr hervorgerufenen Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden.

Die Veränderungen der Gleislage beeinflussen die Abstände zwischen den Gleisachsen und der Randbebauung. Die Mindestabstände in Bestand und Planung, die Abstandsänderungen sowie die Fahrbahnarten in Höhe des jeweils betrachteten Wohnhauses sind in Tabelle 1 dieses Berichts zusammengefasst.

Anmerkung:

Die Festlegungen gemäß DIN 4150 gelten nur für Gebäude mit Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Daher gelten die Angaben für das Einkaufszentrum „Landsberger Spitze“ (u. a. mit Ladengeschäften, Büros und Arztpraxen) nur der zusätzlichen Information.

Mehr als unerhebliche Abstandsreduzierungen (zu verstehen als sichtbare Gleisverschiebungen über etwa 1 m oder Abstandsreduzierungen um mehr als 5 % des ursprünglichen Abstands) ergeben sich für das Einkaufszentrum sowie die Wohnhäuser Landsberger Allee 133-139 und Oderbruchstraße 20-34.

Mehr als unerhebliche Abstandsvergrößerungen resultieren für zehn Häuser:

Hohenschönhauser Str. 1-8
Judith-Auer-Str. 8
Maiglöckchenstr. 38-44
Oderbruchstr. 21-27
Oderbruchstr. 13-19

Hohenschönhauser Str. 9-16
Hohenschönhauser Str. 20-23
Oderbruchstr. 29-35
Oleanderstr. 20-26
Oderbruchstr. 5-11

Als Fahrbahnart soll das „Neue Berliner Straßenbahngleis“ (NBS) eingesetzt werden. Es wird im Bereich der besonderen Bahnkörper mit einer Rasen- oder Schotter-eindeckung versehen und in den straßenbündigen Abschnitten mit einer Asphalt- oder Pflastereindeckung. Das NBS ersetzt die bestehenden Rahmgleise mit Asphaltdeckenschluss sowie die offenen Querschwellengleise im Bereich der östlichen Baugrenze.

Das NBS besteht aus Rillenschienen mit elastischer Schienenfußummantelung oder elastischen Stützpunktlagern auf einer Betontragschicht mit eingegossenen, vorher justierten Zweiblockschwellen. Die Oberbauart NBS wurde in Zusammenarbeit zwischen den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) und der Industrie entwickelt und hat sich seit über 15 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.

Grundsätzlich führen Abstandsverminderungen infolge von Horizontalverschiebungen der Gleise zu einem Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in benachbarten Gebäuden. Die Verbesserung der Fahrbahnart 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 Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen zu prognostizieren und mit den gegenwärtigen Immissionen (der Vorbelastung) zu vergleichen. Das Ergebnis

- dient entweder dem Nachweis, dass Menschen in Gebäuden künftig keinen spürbar stärkeren Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen aus dem Straßenbahnverkehr im Sinne einer wesentlichen Erhöhung ausgesetzt sein werden,
- oder begründet das Erfordernis, im Gleisbereich besondere technische Schutzvorkehrungen einzusetzen, um das zulässige Immissionsniveau nicht zu überschreiten.

3 *Verwendete Unterlagen*

Es wird auf die Zusammenstellung in Kapitel 2 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/ DIN 4150-3, Ausgabe:2016-12 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 bei 0,1 mm/s 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 K_B , die aus dem gleichenden 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 Erschütterungsmissionen auftreten können, sogar bei solchen, die unterhalb der Fühlschwelle liegen. Sie sind aber im Regelfall auch leicht zu beseitigen, etwa durch ein geringfügiges Verschieben der Gläser zur Vergrößerung ihres Abstands.

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 Radlauflächen 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 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 Luftschallabstrahlung innerhalb von Räumen infolge 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 fehlen bei den Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen verbindliche Festlegungen

- 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. Sie werden nachfolgend vorgestellt und im Rahmen der vorliegenden Untersuchung angewendet.

5.1 Regelungen für den Neubau einer Strecke

Die Regelungen für den Neubau einer Strecke gelten auch für einen erheblichen baulichen Eingriff in eine bestehende Strecke, sofern eine vorgeschaltete Untersuchung zu dem Ergebnis führt, dass aus der geplanten Baumaßnahme eine wesentliche Erhöhung der Immissionen resultiert. Die entsprechenden Kriterien sind in Kap. 5.2 dieses Berichts beschrieben.

a) Beurteilung von Erschütterungsmissionen

Zur Beurteilung von Erschütterungsmissionen in „Wohnungen und vergleichbar genutzten“ Räumen ist die DIN 4150-2 als Äußerung einschlägigen Sachverständigen heranzuziehen. In dieser Norm sind bestimmte Anhaltswerte A_u , A_o und A_r definiert, mit denen die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ beziehungsweise die Beurteilungs-Schwingstärken $KB_{F_{Tr}}$ (tags) und $KB_{F_{Tr}}$ (nachts) 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.

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 $KB_{F_{max}}$ kleiner / gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten.
- Ist $KB_{F_{max}}$ größer als A_u und kleiner / gleich dem (oberen) Anhaltswert A_o , ist die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ erforderlich. Solange $KB_{F_{Tr}}$ den (Beurteilungs-)Anhaltswert A_r nicht überschreitet, ist die Anforderung der Norm ebenfalls eingehalten.
- Ist $KB_{F_{max}}$ 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 der 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 $KB_{F_{max}}$) und A_r (für $KB_{F_{Tr}}$). 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 $KB_{F_{max}}$ 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 $KB_{F_{max}}$ 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).
- 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 bei den Sekundärschallimmissionen den Besonderheiten des Schienenverkehrs in Analogie zu den früheren 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.

	Erschütterungsimmisionen	Sekundärluftschallimmissionen
Gebietseinstufung	Anhaltswerte abhängig von der Art des Gebiets	Richtwerte unabhängig von der Art des Gebiets
Raumnutzung	Anhaltswerte nur für Wohnungen	Richtwerte abhängig von der 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.

5.2 Kriterien der wesentlichen Erhöhung

Nach der Fertigstellung der baulichen Maßnahme (Prognose Planung) darf keine wesentliche Erhöhung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen gegenüber der Vorbelastung (Analyse Bestand) auftreten.

a) Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Unter einer wesentlichen Erhöhung der Erschütterungsimmissionen wird eine Zunahme der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTF} um mindestens 25 % der Vorbelastung verstanden. Dabei wird eine prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} = 0,4$ noch als zumutbar angesehen.

b) Beurteilung von Sekundärluftschallimmissionen

Eine wesentliche Erhöhung des A-Bewerteten Sekundärluftschallpegels kann analog zu den Regelungen der Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV mit einer Differenz der Beurteilungspegel größer als 2,0 dB(A) begründet werden. 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

Gemäß den Regelungen für den Umbau einer Straßenbahnstrecke werden in der vorliegenden Untersuchung die Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen für die Vergleichsfälle ohne Baumaßnahme (Analyse Bestand) und mit Baumaßnahme (Prognose Planung) ermittelt und unter Anwendung der Kriterien der wesentlichen Erhöhung miteinander verglichen. Die Ermittlung der Immissionen erfolgt auf rechnerischem Wege unter Anwendung eines Verfahrens gemäß Vorschlag der Deutschen Bahn AG /1/.

Im Zentrum der Untersuchung steht also die Berechnung

- der maximalen bewerteten Schwingstärken $KB_{F_{max}}$ sowie der hieraus unter Berücksichtigung des Betriebsprogramms berechneten Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} für tags und nachts,
- der maximalen A-bewerteten Sekundärluftschallpegel $L_{A_{max}}$ sowie der Beurteilungspegel L_r für tags und nachts.

Das Berechnungsverfahren für die beiden Vergleichsfälle ohne und mit Baumaßnahme ist identisch. Die Berechnungen werden unter einem Worst Case-Ansatz durchgeführt.

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 im Bauabschnitt 2.1 der Straßenbahn-Nordsüdtangente zwischen den Haltestellen Rüdickenstraße und Arnimstraße gemessen. Nähere Einzelheiten zeigt Tabelle 2.

Anmerkung:

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.

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. Bei einem Wechsel der Fahrbahnart vor einem Gebäude genügt es, den Einfluss der emissionsintensiveren Fahrbahnart zu untersuchen.

7.2 Schwingungstechnische Berechnungen

Die Berechnung der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen sind beispielhaft für das Wohnhaus Oderbruchstr. 20-34 in den Tabellen 4.1 bis 4.4 dokumentiert. Die nachfolgende Beschreibung gilt für die Prognose der Immissionen vom benachbarten Gleis 2 (Richtung stadtauswärts) für den Fall mit Baumaßnahme (Tabelle 4.4, Prognose Planung)

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 $KB_{F_{max}} = 0,172$
- der maximale A-bewertete Sekundärluftschallpegel $L_{A_{max}} = 39,2 \text{ dB(A)}$.

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 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} wie folgt (ergänzt um die Ergebnisse für Gleis 1 gemäß Tabelle 4.3).

<u>Prognose Planung</u>	maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}	maximaler A-bewerteter Sekundärluftschallpegel L_{Amax}
Gleis 1	0,175	36,1 dB(A)
Gleis 2	0,298	41,2 dB(A)

Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen - Maximalwerte.

Die Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTr} (tags) und KB_{FTr} (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

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

Bei zweigleisigen Strecken müssen die Immissionen beider Gleise energetisch addiert werden. Mit $N_T = 363$ Zugfahrten tags und $N_N = 65$ Fahrten nachts je Richtung ergeben sich schließlich die Beurteilungsgrößen der folgenden Tabelle.

<u>Prognose Planung</u>	Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}		Beurteilungspegel L_r	
	tags	nachts	tags	nachts
Gleis 1	0,076	0,046	28,9 dB(A)	24,4 dB(A)
Gleis 2	0,130	0,078	34,0 dB(A)	29,5 dB(A)
beide Gleise	0,150	0,090	35,1 dB(A)	30,7 dB(A)

Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen - Beurteilungswerte.

Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel zusammengefasst und erläutert.

8 Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen

Die Ergebnisse der Schwingungstechnischen Untersuchung sind in Tabelle 5 dokumentiert.

Der Inhalt der Spalten ist wie folgt:

Spalten 1 bis 8:	Allgemeine Angaben zum betrachteten Gebäude und den benachbarten Gleisen (Abstände, Oberbau, Zugzahlen).
Spalten 11, 12, 13:	Maximale bewertete Schwingstärken $KB_{F_{max}}$ und Beurteilungs-Schwingstärken $KB_{F_{Tr}}$ tags und nachts für jedes Gleis und in der Summe (Zeile „ Σ “).
Spalten 11a, 12a, 13a:	Vergleich der resultierenden maximalen bewerteten Schwingstärken $KB_{F_{max}}$ und der Beurteilungs-Schwingstärken $KB_{F_{Tr}}$ in Bestand und Planung
Spalten 21, 22, 23:	Maximale A-bewertete Sekundärluftschallpegel $L_{A_{max}}$ und Beurteilungspegel L_r tags und nachts für jedes Gleis und in der Summe (Zeile „ Σ “).
Spalten 21a, 22a, 23a:	Vergleich der maximalen A-bewerteten Sekundärluftschallpegel $L_{A_{max}}$ und der Beurteilungspegel L_r in Bestand und Planung.

Die Ergebnisse dokumentieren, dass an keinem Wohnhaus im Einwirkungsbereich des Vorhabens ein Anstieg der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen eintritt. Es tritt also durchweg eine vorhabensbedingte Verbesserung der Immissionsverhältnisse ein.

Für das betrachtete Einkaufszentrum Landsberger Spitze gelten nur die Ergebnisse für den Beurteilungszeitraum tags. Der ausgewiesene Anstieg des $KB_{F_{max}}$ -Wertes um 2% ist nicht relevant, da tags nur die Veränderung der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ maßgeblich ist. Sowohl dieser Wert als auch die Sekundärluftschallimmissionen nehmen ab.

Angesichts dieses Ergebnisses ist es nicht erforderlich, technische Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungsimmissionen vorzusehen, die über den Einsatz des Neuen Berliner Straßenbahngleises NBS hinausgehen.

Die Schwingungstechnische Untersuchung ist mit dieser Aussage beendet.

1	2	3	Bestand		Planung		8	9
			4	5	6	7		
Haus Nr.	Nutzung (Gebietseinstufung)	Gleis	min. Abstand Haus Gleisachse	Fahrbah- nart	min. Abstand Haus Gleisachse	Fahrbah- nart	Abstands- änderung (absolut)	Abstands- änderung (relativ)
Landsberger Spitze	Büros, Praxen, Läden (MK)	Gleis 1	14,83 m	R	13,00 m	NBS-P / NBS-G	-1,83 m	-12,3 %
		Gleis 2	11,84 m	R	9,73 m	NBS-A	-2,11 m	-17,8 %
Landsberger Allee 133-139	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	23,95 m	R	22,81 m	NBS-G	-1,15 m	-4,8 %
		Gleis 2	20,96 m	R	18,85 m	NBS-A	-2,11 m	-10,1 %
Oderbruchstraße 20-34	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	17,79 m	R	17,12 m	NBS-G	-0,67 m	-3,7 %
		Gleis 2	14,76 m	R	12,54 m	NBS-A	-2,22 m	-15,0 %
Hohenschönhauser Str. 1-8	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	31,00 m	R	32,52 m	NBS-G	1,53 m	4,9 %
		Gleis 2	28,09 m	R	29,73 m	NBS-G	1,64 m	5,8 %
Hohenschönhauser Str. 9-16	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	16,60 m	R	18,24 m	NBS-G	1,64 m	9,9 %
		Gleis 2	13,68 m	R	15,43 m	NBS-G	1,75 m	12,8 %
Judith-Auer-Str. 8	Seniorenheim (SO)	Gleis 1	27,58 m	R	31,65 m	NBS-So	4,08 m	14,8 %
		Gleis 2	24,69 m	R	28,85 m	NBS-So	4,16 m	16,8 %
Hohenschönhauser Str. 20-23	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	36,93 m	R	40,74 m	NBS-G	3,81 m	10,3 %
		Gleis 2	34,05 m	R	37,86 m	NBS-G	3,81 m	11,2 %
Hohenschönhauser Str. 24-26	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	45,77 m	So	45,93 m	NBS-G	0,16 m	0,3 %
		Gleis 2	42,78 m	So	42,84 m	NBS-G	0,05 m	0,1 %
Hohenschönhauser Str. 68-69	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	45,34 m	R / So	45,30 m	NBS-G	-0,04 m	-0,1 %
		Gleis 2	48,46 m	R / So	48,41 m	NBS-G	-0,05 m	-0,1 %
Hohenschönhauser Str. 70-71	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	44,33 m	R	43,29 m	NBS-G	-1,04 m	-2,4 %
		Gleis 2	47,34 m	R	46,31 m	NBS-G	-1,03 m	-2,2 %
Maiglöckchenstr. 38-44	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	23,42 m	R	24,35 m	NBS-A / NBS-G	0,93 m	4,0 %
		Gleis 2	26,42 m	R	28,63 m	NBS-A	2,20 m	8,3 %
Oderbruchstr. 29-35	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	22,00 m	R	23,09 m	NBS-G	1,09 m	5,0 %
		Gleis 2	24,98 m	R	27,10 m	NBS-A	2,11 m	8,5 %
Oderbruchstr. 21-27	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	21,02 m	R	22,12 m	NBS-G	1,10 m	5,2 %
		Gleis 2	24,01 m	R	26,12 m	NBS-A	2,11 m	8,8 %
Oleanderstr. 20-26	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	13,29 m	R	14,48 m	NBS-G	1,19 m	9,0 %
		Gleis 2	16,28 m	R	18,39 m	NBS-A	2,11 m	13,0 %
Oderbruchstr. 13-19	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	12,17 m	R	14,10 m	NBS-G	1,93 m	15,9 %
		Gleis 2	15,16 m	R	17,27 m	NBS-A	2,11 m	13,9 %
Oderbruchstr. 5-11	Wohnhaus (WA)	Gleis 1	11,38 m	R	13,48 m	NBS-P	2,11 m	18,5 %
		Gleis 2	14,36 m	R	16,48 m	NBS-A	2,11 m	14,7 %

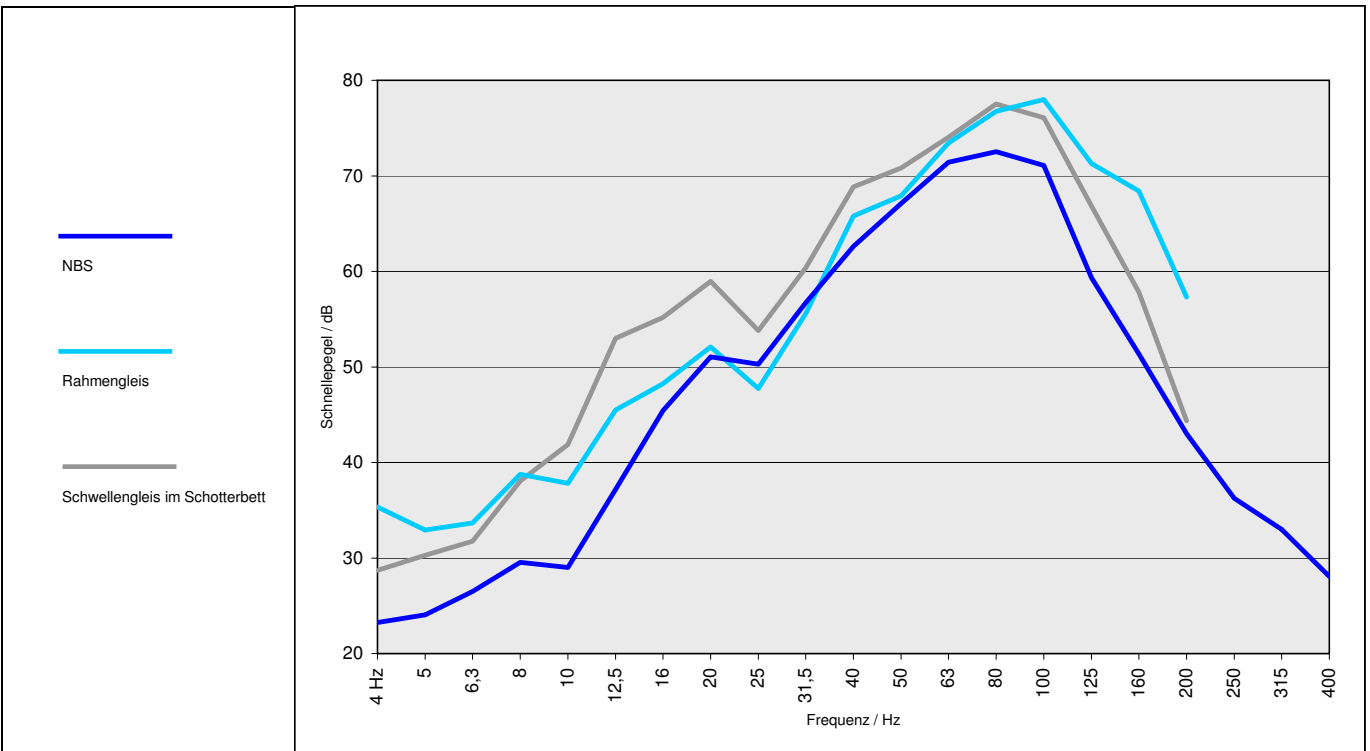
R	Rahmengleis
So	Schwellengleis im Schotterbett
NBS	Neues Berliner Straßenbahngleis
NBS-A	" Asphaltdeckenschluss
NBS-G	" Rasengleis
NBS-P	" gepflastert
NBS-So	" Schottergleis

Tabelle 1
Gebäude im Einwirkungsbereich des Vorhabens und deren Abstände zu den Gleisen

Schwingungs-Emissionsspektrum Flexity F3 / F8 auf NBS-G / NBS-A und anderen Fahrbahnarten

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 ⁻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	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	
mittl. Emissionsspektrum NBS					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	
mittl. Emissionsspektrum einged. So					28,7	30,3	31,8	38,0	41,9	53,0	55,2	59,0	53,8	60,4	68,8	70,8	74,0	77,5	76,1	66,8	57,8	44,4						
mittl. Emissionsspektrum Rahmengleis					35,4	32,9	33,7	38,8	37,8	45,5	48,3	52,1	47,7	55,6	65,8	67,9	73,4	76,8	78,0	71,3	68,4	57,3						



Hinweis: Zur Ermittlung der Emissionsspektren für das Rahmengleis und das Schwellengleis wurden Vergleichsmessungen an unterschiedlichen Oberbauformen aus den Jahren 1998 bis 2008 herangezogen.

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

		$f / f_0 = \text{Verhältnis der betrachteten Frequenz zur Resonanzfrequenz der Decke}$																									
		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

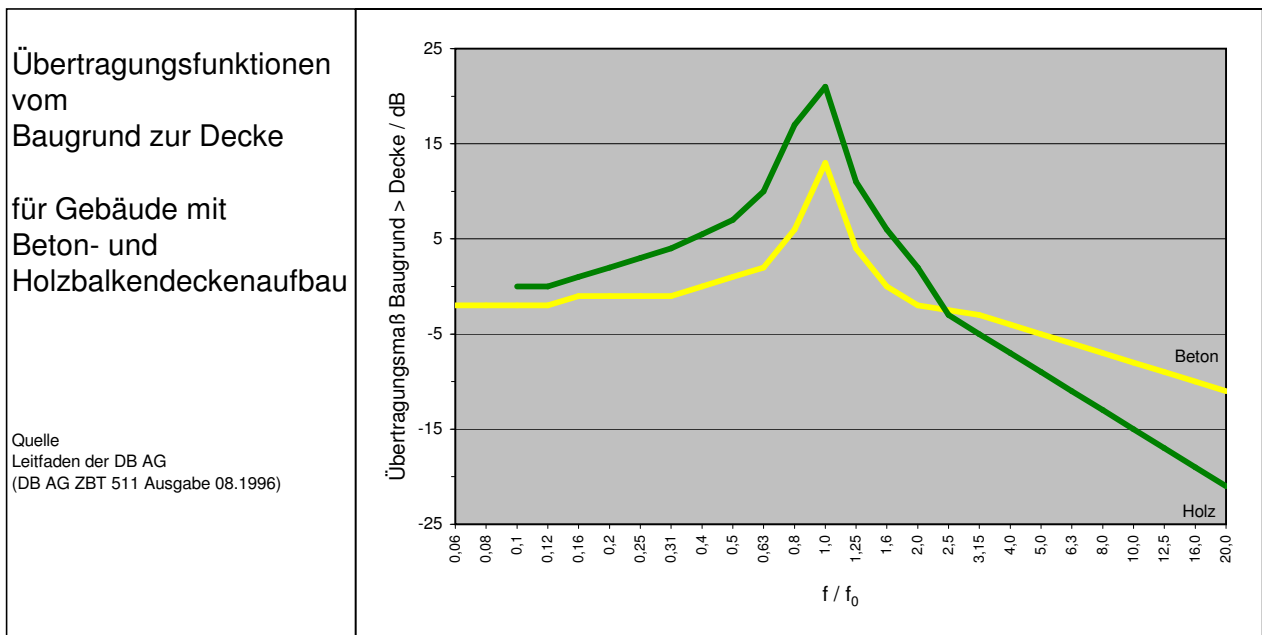


Tabelle 3
Übertragungsfunktionen für Gebäude mit Holz- und Betondeckenaufbau

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	
Flexity Schwellengleis --> 8 Flexity / Rahmengleis --> 10	10
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	17,79 m

Erschütterungsanalyse / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum Flexity / Rahmengleis
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	35,4	32,9	33,7	38,8	37,8	45,5	48,3	52,1	47,7	55,6	65,8	67,9	73,4	76,8	
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	-5,6	-5,6	-5,6	-7,6	-7,6	-11,1	-11,1	-13,2	-13,2	-13,2	
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	34,4	31,9	32,7	37,8	32,3	41,0	44,7	50,5	53,1	48,5	54,7	52,7	57,7	60,6	
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	29,6	28,4	30,1	36,0	31,1	40,2	44,2	50,1	52,9	48,3	54,6	52,7	57,7	60,5	64,2
8) KBFmax															0,121

KBFmax	0,121
---------------	--------------

Sekundärluftschallanalyse / 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	48,3	52,1	47,7	55,6	65,8	67,9	73,4	76,8	78,0	71,3	68,4	57,3	0,0	0,0	
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	-5,6	-7,6	-7,6	-11,1	-11,1	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	
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	44,7	50,5	53,1	48,5	54,7	52,7	57,7	60,6	60,8	53,1	49,2	37,1			
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	-12,0	0,0	8,4	9,1	20,1	22,5	31,5	38,1	41,7	37,0	35,8	26,2			
8) LAmx															40,1

LAmx	40,1 dB(A)
-------------	-------------------

Erschütterungsanalyse / Mehrfachberechnung						
---	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				0,073	0,088	0,081
12,5				0,105	0,104	0,088
16				0,144	0,120	0,092
20	0,298	0,117	0,068	0,181	0,144	0,099
25	0,302	0,121	0,049			
31,5	0,361	0,142	0,058			
40	0,498	0,227	0,092			
Spanne	0,049 .. 0,498			0,073 .. 0,181		
	0,117 .. 0,227			0,073 .. 0,181		

Sekundärluftschallanalyse / Mehrfachberechnung						
---	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				29,2	37,1	37,1
12,5				31,2	38,1	38,1
16				33,2	38,9	38,9
20	48,8	39,1	37,7	35,2	39,7	39,4
25	49,2	40,1	37,5			
31,5	49,6	41,0	36,0			
40	50,2	41,9	35,3			
Spanne	35,3 .. 50,2 dB(A)			29,2 .. 39,7 dB(A)		
	39,1 .. 41,9 dB(A)			29,2 .. 35,2 dB(A)		

Tabelle 4.1
 Analyse der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Bestand)
 Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (entferntes Gleis, Fahrtrichtung stadteinwärts)

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	
Flexity Schwellengleis --> 8 Flexity / Rahmengleis --> 10	10
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	14,76 m

Erschütterungsanalyse / Einzelberechnung		
Zeile 1:	LE	Emissionsspektrum Flexity / Rahmengleis
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	35,4	32,9	33,7	38,8	37,8	45,5	48,3	52,1	47,7	55,6	65,8	67,9	73,4	76,8	
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	-4,3	-4,3	-4,3	-5,9	-5,9	-8,5	-8,5	-10,1	-10,1	-10,1	
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	34,4	31,9	32,7	37,8	33,6	42,2	46,0	52,3	54,9	51,1	57,3	55,8	60,8	63,6	
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	29,6	28,4	30,1	36,0	32,4	41,5	45,5	51,9	54,7	50,9	57,2	55,7	60,8	63,6	67,0
8) KBFmax															0,168

KBFmax	0,168
---------------	--------------

Sekundärluftschallanalyse / 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	48,3	52,1	47,7	55,6	65,8	67,9	73,4	76,8	78,0	71,3	68,4	57,3	0,0	0,0	
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	-4,3	-5,9	-5,9	-8,5	-8,5	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	-10,1	
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	46,0	52,3	54,9	51,1	57,3	55,8	60,8	63,6	63,9	56,2	52,3	40,2			
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	-10,7	1,8	10,2	11,7	22,7	25,6	34,6	41,1	44,8	40,1	38,9	29,3			
8) LAmx															43,2

LAmx	43,2 dB(A)
-------------	-------------------

Erschütterungsanalyse / Mehrfachberechnung						
---	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				0,088	0,121	0,114
12,5				0,129	0,140	0,123
16				0,176	0,161	0,129
20	0,412	0,160	0,095	0,229	0,196	0,138
25	0,422	0,168	0,068			
31,5	0,503	0,198	0,080			
40	0,689	0,312	0,127			
Spanne	0,068 .. 0,689			0,088 .. 0,229		
	0,160 .. 0,312			0,088 .. 0,229		

Sekundärluftschallanalyse / Mehrfachberechnung						
---	--	--	--	--	--	--

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				32,2	40,2	40,2
12,5				34,2	41,1	41,1
16				36,2	42,0	41,9
20	51,9	42,2	40,8	38,3	42,8	42,4
25	52,3	43,2	40,6			
31,5	52,6	44,1	39,1			
40	53,3	45,0	38,4			
Spanne	38,4 .. 53,3 dB(A)			32,2 .. 42,8 dB(A)		
	42,2 .. 45,0 dB(A)			32,2 .. 38,3 dB(A)		

Tabelle 4.2
 Analyse der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Bestand)
 Straßenbahnverkehr auf Gleis 2 (benachbartes Gleis, Fahrtrichtung stadtauswärts)

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	
Flexity Schwellengleis --> 8 Flexity / Rahmengleis --> 10	1
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	17,12 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	-5,3	-5,3	-5,3	-7,3	-7,3	-10,6	-10,6	-12,6	-12,6	-12,6	
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	23,7	32,9	42,1	49,8	56,0	50,1	52,0	52,5	56,4	57,0	
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	22,5	32,1	41,6	49,5	55,8	50,0	51,9	52,5	56,3	56,9	62,7
8) KBFmax															0,102

KBFmax	0,102
---------------	--------------

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	-5,3	-7,3	-7,3	-10,6	-10,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	-12,6	
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	42,1	49,8	56,0	50,1	52,0	52,5	56,4	57,0	54,5	41,8	32,8	23,5	15,7	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	-14,6	-0,7	11,3	10,7	17,4	22,3	30,2	34,5	35,4	25,7	19,4	12,6	7,1	4,8	
8) LAmx															34,1

LAmx	34,1 dB(A)
-------------	-------------------

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

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
10				0,044	0,066	0,062
12,5				0,063	0,076	0,066
16				0,108	0,094	0,070
20	0,236	0,095	0,050	0,159	0,119	0,076
25	0,250	0,102	0,041			
31,5	0,295	0,122	0,050			
40	0,392	0,175	0,072			
Spanne	0,041 .. 0,392			0,044 .. 0,159		
	0,095 .. 0,175			0,044 .. 0,159		

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

f / Hz:	ÜF: Beton			Holz		
10				23,9	31,1	31,1
12,5				25,9	32,0	32,0
16				27,9	32,9	32,6
20	42,5	33,1	31,1	30,0	33,9	33,0
25	42,7	34,1	30,1			
31,5	43,1	34,9	27,6			
40	44,1	36,1	28,2			
Spanne	27,6 .. 44,1 dB(A)			23,9 .. 33,9 dB(A)		
	33,1 .. 36,1 dB(A)			23,9 .. 30,0 dB(A)		

Tabelle 4.3
Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Planung)
Straßenbahnverkehr auf Gleis 1 (entferntes Gleis, Fahrtrichtung stadteinwärts)

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	
Flexity Schwellengleis --> 8 Flexity / Rahmengleis --> 10	1
Abstand Bezugspunkt / Gleisachse	12,54 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	-3,1	-3,1	-3,1	-4,3	-4,3	-6,2	-6,2	-7,4	-7,4	-7,4	
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	25,9	35,1	44,3	52,8	59,0	54,5	56,4	57,7	61,5	62,1	
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	17,5	19,5	23,0	26,8	24,7	34,3	43,8	52,4	58,8	54,3	56,3	57,6	61,5	62,1	67,2
8) KBFmax															0,172

KBFmax	0,172
---------------	--------------

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	-3,1	-4,3	-4,3	-6,2	-6,2	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	
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	44,3	52,8	59,0	54,5	56,4	57,7	61,5	62,1	59,7	46,9	37,9	28,6	20,8	16,6	
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	-12,4	2,3	14,3	15,1	21,8	27,5	35,3	39,6	40,6	30,8	24,5	17,7	12,2	10,0	
8) LAmix															39,2

LAmix	39,2 dB(A)
--------------	-------------------

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

f / Hz:	ÜF: Beton			ÜF: Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				0,069	0,114	0,110
12,5				0,097	0,130	0,117
16				0,155	0,156	0,124
20	0,401	0,158	0,086	0,235	0,196	0,132
25	0,428	0,172	0,069			
31,5	0,508	0,209	0,085			
40	0,675	0,298	0,123			
Spanne	0,069 .. 0,675			0,069 .. 0,235		
	0,158 .. 0,298			0,069 .. 0,235		

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

f / Hz:	ÜF: Beton			ÜF: Holz		
	1	2	3	4	5	6
10				29,0	36,3	36,2
12,5				31,0	37,2	37,1
16				33,1	38,0	37,8
20	47,6	38,3	36,2	35,1	39,1	38,2
25	47,8	39,2	35,2			
31,5	48,3	40,0	32,7			
40	49,2	41,2	33,2			
Spanne	32,7 .. 49,2 dB(A)			29,0 .. 39,1 dB(A)		
	38,3 .. 41,2 dB(A)			29,0 .. 35,1 dB(A)		

Tabelle 4.4
Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallmissionen im Wohnhaus Oderbruchstraße 20-34 (Planung)
Straßenbahnverkehr auf Gleis 2 (benachbartes Gleis, Fahrtrichtung stadtauswärts)

1	2	3	4	5	6	7	8	Auswertung Erschütterungen						Auswertung Sekundärer Luftschall						
								11	11a	12	12a	13	13a	21	21a	22	22a	23	23a	
Objekt	Szenario	Gleis	Emissions- spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFmax Änderung	KBFTTr tags	KBFTTr tags Änderung	KBFTTr nachts	KBFTTr nachts Änderung	LA max	LA max Differenz	Lr tags	Lr tags Differenz	Lr nachts	Lr nachts Differenz	
Landsberger Spitze (u. a. Ladengeschäfte, Büros, Arztpraxen)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	14,83 m	0,309		0,135				44,9 dB(A)		37,7 dB(A)				
		2	R		363	65	11,84 m	0,455		0,198				48,6 dB(A)		41,4 dB(A)				
		Σ			726	130		0,455		0,239				48,6 dB(A)		42,9 dB(A)				
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	13,00 m	0,281		0,122				40,6 dB(A)		33,4 dB(A)				
2	NBS	363	65		9,73 m	0,463		0,201				45,3 dB(A)		38,1 dB(A)						
Σ		726	130			0,463	2%	0,235	-2%			45,3 dB(A)	-3,3 dB(A)	39,3 dB(A)	-3,6 dB(A)					
Landsbg. Allee 133-139 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	23,95 m	0,137		0,060		0,036		37,0 dB(A)		29,8 dB(A)		25,3 dB(A)		
		2	R		363	65	20,96 m	0,172		0,075		0,045		39,2 dB(A)		32,0 dB(A)		27,5 dB(A)		
		Σ			726	130		0,172		0,096		0,057		39,2 dB(A)		34,0 dB(A)		29,6 dB(A)		
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	22,81 m	0,113		0,049		0,029		31,4 dB(A)		24,2 dB(A)		19,7 dB(A)		
2	NBS	363	65		18,85 m	0,148		0,065		0,039		34,5 dB(A)		27,3 dB(A)		22,8 dB(A)				
Σ		726	130			0,148	-14%	0,081	-15%	0,049	-15%	34,5 dB(A)	-4,7 dB(A)	29,0 dB(A)	-5,0 dB(A)	24,5 dB(A)	-5,0 dB(A)			
Oderbruchstr. 20-34 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	17,79 m	0,227		0,099		0,059		41,9 dB(A)		34,7 dB(A)		30,2 dB(A)		
		2	R		363	65	14,76 m	0,312		0,136		0,081		45,0 dB(A)		37,8 dB(A)		33,3 dB(A)		
		Σ			726	130		0,312		0,168		0,100		45,0 dB(A)		39,5 dB(A)		35,0 dB(A)		
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	17,12 m	0,175		0,076		0,046		36,1 dB(A)		28,9 dB(A)		24,4 dB(A)		
2	NBS	363	65		12,54 m	0,298		0,130		0,078		41,2 dB(A)		34,0 dB(A)		29,5 dB(A)				
Σ		726	130			0,298	-4%	0,150	-10%	0,090	-10%	41,2 dB(A)	-3,8 dB(A)	35,1 dB(A)	-4,4 dB(A)	30,7 dB(A)	-4,4 dB(A)			
Hohenschönhauser Str. 1-8 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	31,00 m	0,095		0,041		0,025		32,8 dB(A)		25,6 dB(A)		21,1 dB(A)		
		2	R		363	65	28,09 m	0,106		0,046		0,028		34,4 dB(A)		27,2 dB(A)		22,7 dB(A)		
		Σ			726	130		0,106		0,062		0,037		34,4 dB(A)		29,4 dB(A)		25,0 dB(A)		
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	32,52 m	0,076		0,033		0,020		25,7 dB(A)		18,5 dB(A)		14,0 dB(A)		
2	NBS	363	65		29,73 m	0,083		0,036		0,022		27,1 dB(A)		19,9 dB(A)		15,4 dB(A)				
Σ		726	130			0,083	-21%	0,049	-21%	0,029	-21%	27,1 dB(A)	-7,3 dB(A)	22,2 dB(A)	-7,2 dB(A)	17,8 dB(A)	-7,2 dB(A)			
Hohenschönhauser Str. 9-16 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	16,60 m	0,255		0,111		0,066		43,0 dB(A)		35,8 dB(A)		31,3 dB(A)		
		2	R		363	65	13,68 m	0,355		0,155		0,092		46,2 dB(A)		39,0 dB(A)		34,5 dB(A)		
		Σ			726	130		0,355		0,190		0,114		46,2 dB(A)		40,7 dB(A)		36,2 dB(A)		
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	18,24 m	0,157		0,068		0,041		35,1 dB(A)		27,9 dB(A)		23,4 dB(A)		
2	NBS	363	65		15,43 m	0,209		0,091		0,054		37,8 dB(A)		30,6 dB(A)		26,1 dB(A)				
Σ		726	130			0,209	-41%	0,114	-40%	0,068	-40%	37,8 dB(A)	-8,4 dB(A)	32,4 dB(A)	-8,2 dB(A)	28,0 dB(A)	-8,2 dB(A)			
Judith-Auer-Str. 8 (Seniorenheim)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	27,58 m	0,108		0,047		0,028		34,7 dB(A)		27,5 dB(A)		23,0 dB(A)		
		2	R		363	65	24,69 m	0,130		0,057		0,034		36,5 dB(A)		29,3 dB(A)		24,8 dB(A)		
		Σ			726	130		0,130		0,074		0,044		36,5 dB(A)		31,5 dB(A)		27,0 dB(A)		
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	31,65 m	0,078		0,034		0,020		26,1 dB(A)		18,9 dB(A)		14,4 dB(A)		
2	NBS	363	65		28,85 m	0,086		0,038		0,022		27,6 dB(A)		20,4 dB(A)		15,9 dB(A)				
Σ		726	130			0,086	-34%	0,051	-31%	0,030	-31%	27,6 dB(A)	-8,9 dB(A)	22,7 dB(A)	-8,8 dB(A)	18,2 dB(A)	-8,8 dB(A)			

Tabelle 5 (Blatt 1 von 3)
Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen

1	2	3	4	5	6	7	8	Auswertung Erschütterungen						Auswertung Sekundärer Luftschall					
								11	11a	12	12a	13	13a	21	21a	22	22a	23	23a
Objekt	Szenario	Gleis	Emissions- spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFmax Änderung	KBFT _r tags	KBFT _r tags Änderung	KBFT _r nachts	KBFT _r nachts Änderung	LA max	LA max Differenz	L _r tags	L _r tags Differenz	L _r nachts	L _r nachts Differenz
Hohenschönhauser Str. 20-23 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	36,93 m	0,079		0,034		0,020		29,9 dB(A)		22,7 dB(A)		18,2 dB(A)	
		2	R		363	65	34,05 m	0,086		0,037		0,022		31,3 dB(A)		24,1 dB(A)		19,6 dB(A)	
		Σ			726	130		0,086		0,051		0,030		31,3 dB(A)		26,4 dB(A)		22,0 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	40,74 m	0,059		0,026		0,015		22,0 dB(A)		14,8 dB(A)		10,3 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	37,86 m	0,064		0,028		0,017		23,2 dB(A)		16,0 dB(A)		11,5 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,064	-26%	0,038	-25%	0,023	-25%	23,2 dB(A)	-8,1 dB(A)	18,4 dB(A)	-8,0 dB(A)	14,0 dB(A)	-8,0 dB(A)
Hohenschönhauser Str. 24-26 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	So	M5, M6	363	65	45,77 m	0,133		0,058		0,035		25,2 dB(A)		18,0 dB(A)		13,5 dB(A)	
		2	So		363	65	42,78 m	0,143		0,062		0,037		26,3 dB(A)		19,1 dB(A)		14,6 dB(A)	
		Σ			726	130		0,143		0,085		0,051		26,3 dB(A)		21,6 dB(A)		17,1 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	45,93 m	0,052		0,023		0,013		20,1 dB(A)		12,9 dB(A)		8,4 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	42,84 m	0,056		0,024		0,015		21,2 dB(A)		14,0 dB(A)		9,5 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,056	-61%	0,033	-61%	0,020	-61%	21,2 dB(A)	-5,1 dB(A)	16,5 dB(A)	-5,1 dB(A)	12,0 dB(A)	-5,1 dB(A)
Hohenschönhauser Str. 68-69 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	Max (R / So)	M5, M6	363	65	45,34 m	0,135		0,059		0,035		25,4 dB(A)		18,2 dB(A)		13,7 dB(A)	
		2	Max (R / So)		363	65	48,46 m	0,126		0,055		0,033		24,3 dB(A)		17,1 dB(A)		12,6 dB(A)	
		Σ			726	130		0,135		0,080		0,048		25,4 dB(A)		20,7 dB(A)		16,2 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	45,30 m	0,053		0,023		0,014		20,3 dB(A)		13,1 dB(A)		8,6 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	48,41 m	0,049		0,021		0,013		19,3 dB(A)		12,1 dB(A)		7,6 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,053	-61%	0,031	-61%	0,019	-61%	20,3 dB(A)	-5,1 dB(A)	15,6 dB(A)	-5,1 dB(A)	11,1 dB(A)	-5,1 dB(A)
Hohenschönhauser Str. 70-71 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	44,33 m	0,065		0,028		0,017		27,0 dB(A)		19,8 dB(A)		15,3 dB(A)	
		2	R		363	65	47,34 m	0,061		0,026		0,016		25,9 dB(A)		18,7 dB(A)		14,2 dB(A)	
		Σ			726	130		0,065		0,039		0,023		27,0 dB(A)		22,3 dB(A)		17,8 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	43,29 m	0,055		0,024		0,014		21,1 dB(A)		13,9 dB(A)		9,4 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	46,31 m	0,051		0,022		0,013		20,0 dB(A)		12,8 dB(A)		8,3 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,055	-15%	0,033	-15%	0,020	-15%	21,1 dB(A)	-5,9 dB(A)	16,4 dB(A)	-5,9 dB(A)	11,9 dB(A)	-5,9 dB(A)
Maiglöckchenstr. 38-44 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	23,42 m	0,143		0,062		0,037		37,4 dB(A)		30,2 dB(A)		25,7 dB(A)	
		2	R		363	65	26,42 m	0,116		0,051		0,030		35,4 dB(A)		28,2 dB(A)		23,7 dB(A)	
		Σ			726	130		0,143		0,080		0,048		37,4 dB(A)		32,3 dB(A)		27,8 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	24,35 m	0,105		0,046		0,027		30,4 dB(A)		23,2 dB(A)		18,7 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	28,63 m	0,087		0,038		0,023		27,7 dB(A)		20,5 dB(A)		16,0 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,105	-26%	0,059	-26%	0,035	-26%	30,4 dB(A)	-7,0 dB(A)	25,0 dB(A)	-7,3 dB(A)	20,6 dB(A)	-7,3 dB(A)
Oderbruchstr. 29-35 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	22,00 m	0,158		0,069		0,041		38,4 dB(A)		31,2 dB(A)		26,7 dB(A)	
		2	R		363	65	24,98 m	0,128		0,056		0,033		36,3 dB(A)		29,1 dB(A)		24,6 dB(A)	
		Σ			726	130		0,158		0,089		0,053		38,4 dB(A)		33,3 dB(A)		28,8 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	23,09 m	0,111		0,048		0,029		31,2 dB(A)		24,0 dB(A)		19,5 dB(A)	
	2	NBS	M5, M6	363	65	27,10 m	0,093		0,040		0,024		28,6 dB(A)		21,4 dB(A)		16,9 dB(A)		
	Σ			M5, M6	726	130		0,111	-30%	0,063	-29%	0,038	-29%	31,2 dB(A)	-7,2 dB(A)	25,9 dB(A)	-7,4 dB(A)	21,4 dB(A)	-7,4 dB(A)

Tabelle 5 (Blatt 2 von 3)
Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen

1	2	3	4	5	6	7	8	Auswertung Erschütterungen						Auswertung Sekundärer Luftschall					
								11	11a	12	12a	13	13a	21	21a	22	22a	23	23a
Objekt	Szenario	Gleis	Emissions- spektrum	Linien	Anzahl Züge tags	Anzahl Züge nachts	Abstand Haus Gleisachse	KBFmax	KBFmax Änderung	KBFT _r tags	KBFT _r tags Änderung	KBFT _r nachts	KBFT _r nachts Änderung	LA max	LA max Differenz	L _r tags	L _r tags Differenz	L _r nachts	L _r nachts Differenz
Oderbruchstr. 21-27 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	21,02 m	0,171		0,074		0,045		39,2 dB(A)		32,0 dB(A)		27,5 dB(A)	
		2	R		363	65	24,01 m	0,137		0,059		0,036		37,0 dB(A)		29,8 dB(A)		25,3 dB(A)	
		Σ			726	130		0,171		0,095		0,057		39,2 dB(A)		34,0 dB(A)		29,6 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	22,12 m	0,117		0,051		0,030		31,9 dB(A)		24,7 dB(A)		20,2 dB(A)	
	2	NBS	363	65	26,12 m	0,097		0,042		0,025		0,025		29,2 dB(A)		22,0 dB(A)		17,5 dB(A)	
	Σ			726	130		0,117	-32%	0,066	-31%	0,040	-31%	31,9 dB(A)	-7,3 dB(A)	26,5 dB(A)	-7,5 dB(A)	22,1 dB(A)	-7,5 dB(A)	
Oleanderstr. 20-26 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	13,29 m	0,373		0,162		0,097		46,7 dB(A)		39,5 dB(A)		35,0 dB(A)	
		2	R		363	65	16,28 m	0,264		0,115		0,069		43,4 dB(A)		36,2 dB(A)		31,7 dB(A)	
		Σ			726	130		0,373		0,199		0,119		46,7 dB(A)		41,1 dB(A)		36,7 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	14,48 m	0,233		0,101		0,061		38,8 dB(A)		31,6 dB(A)		27,1 dB(A)	
	2	NBS	363	65	18,39 m	0,155		0,067		0,040		0,040		34,9 dB(A)		27,7 dB(A)		23,2 dB(A)	
	Σ			726	130		0,233	-38%	0,122	-39%	0,073	-39%	38,8 dB(A)	-7,9 dB(A)	33,1 dB(A)	-8,1 dB(A)	28,6 dB(A)	-8,1 dB(A)	
Oderbruchstr. 13-19 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	12,17 m	0,434		0,189		0,113		48,1 dB(A)		40,9 dB(A)		36,4 dB(A)	
		2	R		363	65	15,16 m	0,298		0,130		0,078		44,5 dB(A)		37,3 dB(A)		32,8 dB(A)	
		Σ			726	130		0,434		0,229		0,137		48,1 dB(A)		42,4 dB(A)		38,0 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	14,10 m	0,244		0,106		0,063		39,3 dB(A)		32,1 dB(A)		27,6 dB(A)	
	2	NBS	363	65	17,27 m	0,172		0,075		0,045		0,045		36,0 dB(A)		28,8 dB(A)		24,3 dB(A)	
	Σ			726	130		0,244	-44%	0,130	-43%	0,078	-43%	39,3 dB(A)	-8,8 dB(A)	33,7 dB(A)	-8,7 dB(A)	29,3 dB(A)	-8,7 dB(A)	
Oderbruchstr. 5-11 (Wohnhaus)	Analyse Bestand	1	R	M5, M6	363	65	11,38 m	0,487		0,212		0,127		49,2 dB(A)		42,0 dB(A)		37,5 dB(A)	
		2	R		363	65	14,36 m	0,327		0,142		0,085		45,4 dB(A)		38,2 dB(A)		33,7 dB(A)	
		Σ			726	130		0,487		0,255		0,153		49,2 dB(A)		43,5 dB(A)		39,0 dB(A)	
	Prognose Planung	1	NBS	M5, M6	363	65	13,48 m	0,264		0,115		0,069		40,0 dB(A)		32,8 dB(A)		28,3 dB(A)	
	2	NBS	363	65	16,48 m	0,187		0,081		0,049		0,049		36,7 dB(A)		29,5 dB(A)		25,0 dB(A)	
	Σ			726	130		0,264	-46%	0,140	-45%	0,084	-45%	40,0 dB(A)	-9,2 dB(A)	34,4 dB(A)	-9,0 dB(A)	30,0 dB(A)	-9,0 dB(A)	

Legende Emissionsspektren:	
R	Rahmengleis
So	Schwellengleise im Schotterbett
NBS	Neues Berliner Straßenbahngleis

Tabelle 5 (Blatt 3 von 3)
Ergebnisse der Schwingungstechnischen Berechnungen