

Auftraggeber: BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Partner
Beratende Ingenieure mbB
Döhrbruch 103
30559 Hannover

Objekt: Straßenbahn in Berlin
Projekt Turmstraße

Titel: **Schwingungs- und Schalltechnische
Untersuchung**
Teil 2:
Schwingungsimmissionen der Straßen-
bahn

Auftrag Nr.: S 01.1508.16/2

Datum: 30.03.2017

Umfang: 24 Textseiten
27 Anlagen

INHALT

1	AUFGABENSTELLUNG	S.	4
2	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	S.	4
2.1	Planunterlagen	S.	4
2.2	Gleisoberbau	S.	4
2.3	Fahrzeug	S.	7
2.4	Fahrplandaten	S.	7
2.5	Fahrzeuggeschwindigkeit	S.	7
2.6	Gebietsausweisung	S.	7
2.7	Gebäudestruktur	S.	7
3	IMMISSIONSKENNWERTE	S.	8
3.1	Erschütterungen	S.	8
3.2	Körperschall	S.	8
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	S.	9
4.1	Erschütterungsimmissionen	S.	9
4.1.1	Neubaustrecke	S.	9
4.1.2	Umbauabschnitt	S.	11
4.2	Körperschallimmissionen	S.	12
4.2.1	Neubaustrecke	S.	12
4.2.2	Umbauabschnitt	S.	14
5	PROGNOSE	S.	15
5.1	Vorbemerkung	S.	15
5.2	Prognosemodell	S.	15
5.3	Eingabedaten	S.	18
5.3.1	Emissionspegel	S.	18
5.3.2	Entfernungseinfluss	S.	20
5.3.3	Gebäudeeinfluss	S.	20
5.3.4	Umwandlungsmaß	S.	21
5.4	Ergebnisse	S.	22
6	BEURTEILUNG	S.	22

7	MASSNAHMEN	S. 23
8	ANLAGEN	S. 24
9	ÄNDERUNGSINDEX	S. 24

1 AUFGABENSTELLUNG

Das Ingenieurbüro BPR wurde von der Stadt Berlin mit der Durchführung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung für das Projekt Straßenbahn zwischen Hauptbahnhof und dem U-Bahnhof Turmstraße beauftragt. Im Zusammenhang mit der Genehmigungsplanung sind umfangreiche Schwingungs- und Schalltechnische Untersuchungen durchzuführen. Hiermit wurde die I.B.U. GmbH beauftragt. Der vorliegende Teil 2 der Gesamtbearbeitung beschäftigt sich mit den Schwingungsimmissionen des Straßenbahnverkehrs.

Die weiteren Teile der Gesamtbearbeitung gliedern sich wie folgt:

- Teil 1: Luftschallimmissionen des Straßen- und Straßenbahnverkehrs
- Teil 3: Luftschallimmissionen der Bautätigkeiten
- Teil 4: Schwingungsimmissionen der Bautätigkeiten

2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

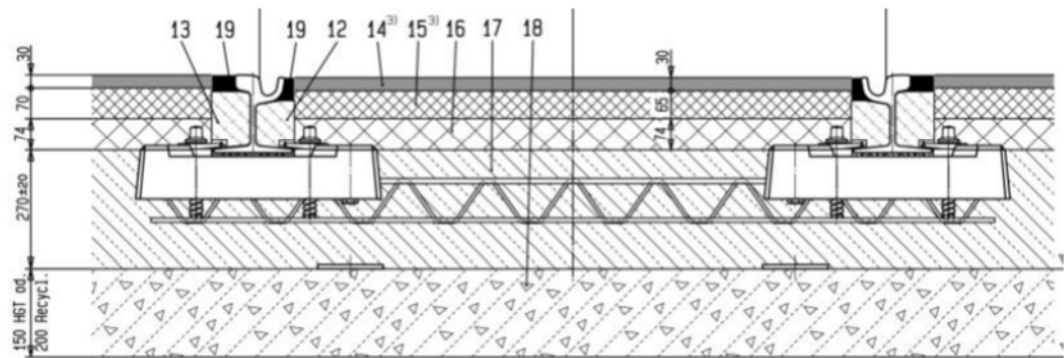
2.1 Planunterlagen

Die Schwingungstechnische Untersuchung basiert auf folgenden Unterlagen:

- Übersichtskarte vom 07.10.2014 (Anlage 1.1 – Übersichtskarte Los 2a.pdf) im Maßstab 1:10000
- Lagepläne vom 30.01.2017 im Maßstab 1:500 als pdf-Files wie folgt:
 - S5_LB_T_21.pdf
 - S5_LB_T_22.pdf
 - S5_LB_T_23.pdf
 - S5_LB_T_24.pdf
 - S5_LB_T_25.pdf
- Baunutzungsplan Geoportal Berlin vom 28.08.2017
- Fotos der Ortsbesichtigung vom 02.05.2016

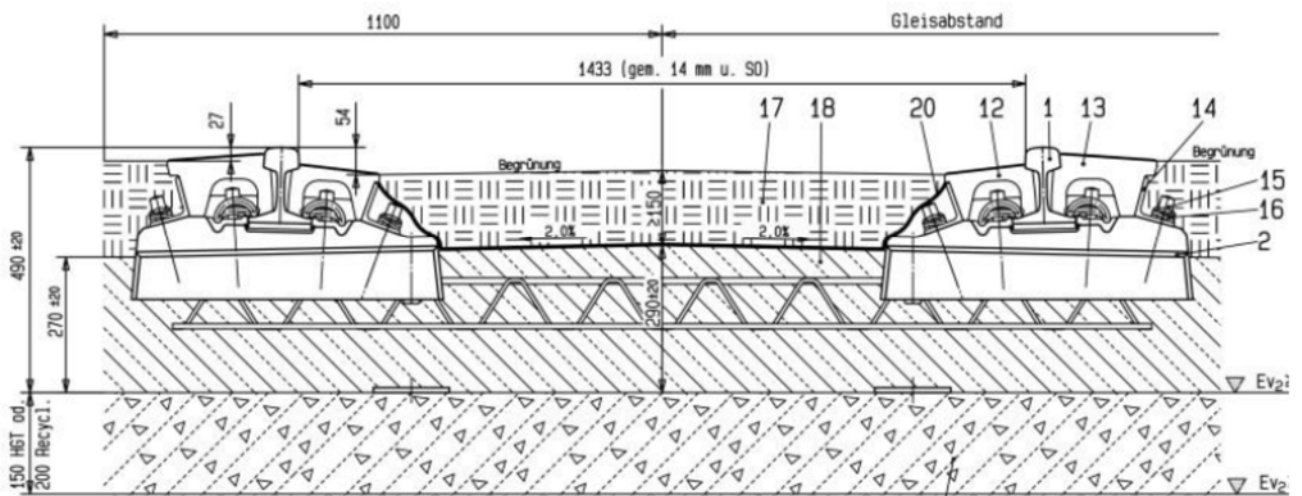
2.2 Gleisoberbau

Für den Oberbau der geplanten Gleisanlage sind die Regeloberbauten der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), wie sie in Bild 1 + 2 dargestellt sind, vorgesehen. Die bereits in der Invalidenstraße vorhandene Gleisanlage ist mit dem Oberbau entsprechend Bild 1 ausgestattet.



19	Bituminöser Verguss	ZTV Fug-StB 01
18	Recyclingtragschicht oder	ZTV SoB-StB 04/07, RuA-StB 01
	HGT	ZTV Beton-StB 07
17	Beton	DIN 1045-2/DIN EN 206-1
16	Asphalttragschicht AC 22 TS	ZTV Asphalt-StB 07/13
15	Asphaltbinder AC 16 BS ³⁾	ZTV Asphalt-StB 07/13
	stetig gestuft	
14	Gussasphalt MA 5 S ³⁾	ZTV Asphalt-StB 07/13
13	2 Kammerfüllprofil außen	
12	2 Kammerfüllprofil innen	
11	2 Aufstandsblech	Blech EN 10029-10Ax150
10	2 Justiervorrichtung M20 ²⁾	Rail.One
9	4 Schwellenschraube Ss23	46 20-210-0005
8	4 Klemmprofil	Rail.One
7	4 Unterlegscheibe Uls7	46 20-220-0012
6	2 Spurprofil, ohne Langloch (fester Stützpunkt)	Rail.One
5	2 Spurprofil, mit Langloch (einstellbarer Stützpunkt)	Rail.One
4	4 Kunststoffschraubdübel Sdü 26	46 20-220-0026
3	2 Fußmantel mit Einfederung	Rail.One
2	1 Zweiblockschwelle TB/ZB-1435	Rail.One
1	2 Rillenschiene 59R2	46 10-110-0001
Teil	Stück	Benennung
		Zchnng.Nr./Norm-Kurzbez.

Bild 1: Oberbau straßenbündiger Bahnkörper



21	Verschlusspfropfen	
20	Vlies	wasserdurchl., verrottungsfest
19	Recyclingtragschicht oder HGT	ZTV SoB-StB 04, RuA-StB ZTV Beton-StB 07, TP Beton-StB
18	Beton	DIN 1045-2/DIN EN 206-1
17	Mutterboden	
16	Federring Fe6	46 20-220-0002
15	Schwellenschraube Ss8 -140	46 20-210-0008
14	Winkel	EN 10056-1-L80x80
13	Füllprofil außen	
12	Füllprofil innen	
11	Aufstandsblech	Blech EN 10029-10Ax150
10	Justiervorrichtung M20 1)	Rail.One
9	Hochelastische Zwischenlage 160x129x12	Federkonstante c= 25kN/mm
8	Zwischenlage 686a	46 20-220-0014
7	Winkelführungsplatte Wfp21K-12	VOSSLOH
6	Spannklemme Sk121	VOSSLOH
5	Unterlegscheibe Uls7	46 20-220-0012
4	Kunststoffschraubdübel Sdü26	46 20-220-0026
3	Schwellenschraube Ss35	
2	Zweiblockschwelle TB/ZB.1 1435 W125-GG	Rail.One
1	Fahrschiene 49E1	46 10-110-0003
Teil	Stück	Benennung
		Zchnng.Nr./Norm-Kurzbez.

Bild 2: Oberbau Rasengleis

Eingesetzt werden Standardschienenbefestigungen. In Bereichen in denen die prognostizierten Schwingungsimmissionen zu hoch sind, sind elastische Oberbauvarianten entsprechend DIN 45673-Mechanische Schwingungen-Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenverkehrswegen – Teil 1: Begriffe, Klassifizierung, Prüfverfahren-von August 2010 vorzusehen.

2.3 Fahrzeug

Auf der Strecke werden die bei den Berliner Verkehrsbetrieben vorhandenen Niederflurfahrzeuge der Länge 40 m verkehren.

2.4 Fahrplandaten

Die Anzahl der Fahrten (Tag/Nacht) wird wie folgt zusammengefasst:

Turmstraße / Alt Moabit:	192/48 Fahrten je Richtung
vorhandenes Gleis Invalidenstr.:	384/96 Fahrten
geplantes Gleis Invalidenstr.:	192/48 Fahrten

2.5 Fahrzeuggeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit der Straßenbahnen beträgt maximal 50 km/h.

2.6 Gebietsausweisung

Laut Baunutzungsplan ergeben sich folgende Gebietszuordnungen:

Invalidenstraße	→ gemischtes Gebiet (analog MI-Gebiet nach BauNVO)
Alt Moabit (nördlich)	→ gemischtes Gebiet (analog MI-Gebiet nach BauNVO)
Alt Moabit (südlich)	→ allgemeines Wohngebiet (analog WA-Gebiet nach BauNVO)
Rathenowstraße	→ gemischtes Gebiet (analog MI-Gebiet nach BauNVO)
Turmstraße	→ gemischtes Gebiet (analog MI-Gebiet nach BauNVO)

2.7 Gebäudestruktur

Aus der Fotodokumentation kann abgelesen werden, dass die direkt angrenzende Wohnbebauung vielfältig ist. Vorzufinden sind Altbauten in Massivbauweise mit Holzbalkendecken und neuere Gebäude mit Stahlbetondecken. Die unterschiedliche Gebäudestruktur wurde bei der Zuweisung der Eigenfrequenzen der Gebäudedecken (Tabelle 3) beachtet und beeinflusst die Schwingungsausbreitung im Gebäude.

3 IMMISSIONSKENNWERTE

3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungen werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 80 Hz in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten. Die zu messenden Erschütterungssignale sind die Schwinggeschwindigkeit \hat{v} (t) des angeregten Mediums in mm/s und die Erregerfrequenz f_e in Hz. Auf der Grundlage dieser Basiswerte werden die für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden maßgebenden Immissionsgrößen ermittelt. Hierbei handelt es sich um die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} in der Definition nach DIN 4150, Teil 2, von Juni 99 -Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden.

3.2 Körperschall

Als Körperschall werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen im Hörbereich in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten.

Die messbaren Körperschallsignale sind die Schwinggeschwindigkeit v des angeregten Mediums in mm/s und der vom Medium abgestrahlte Schallwechseldruck p in N/m² (Sekundärluftschall). Die zugehörigen Pegel werden als Körperschall-Schwingschnellepegel und Sekundärluftschall (Körperschall-Schalldruckpegel) in logarithmischer Form folgendermaßen ausgedrückt:

Körperschall-Schwingschnellepegel

Sekundärluftschall

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{v_0} \text{ (dB)} \quad (1)$$

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0} \text{ (dB)} \quad (2)$$

v : Effektivwert der Schwingschnelle in mm/s

p : Effektivwert des Schalldrucks in N/m²

$v_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ mm / s: Bezugsschwingschnelle

$p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ N / m²: Bezugsschalldruck

Der Sekundärluftschall wird als hörbarer Luftschall dem frequenzabhängigen menschlichen Hörvermögen mit der so genannten A-Bewertung nach DIN 45633 der Signale angepasst.

Summenpegel

Der Summenpegel ist der wirksame Pegel des Sekundärluftschalls und der Körperschall-Schwingschnelle. Für die Berechnung des Summenpegels sind der Schwingschnellepegel und

der Schalldruckpegel für den jeweils maßgebenden Frequenzbereich zu ermitteln. Der Summenpegel ergibt sich durch die logarithmische Addition der jeweiligen Terzpegelwerte nach folgender Funktion:

$$L_V; L_P = 10 \cdot \lg \sum_{f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1 L_{VT}; L_{PT}} \quad (\text{dB}; \text{dB(A)}) \quad (3)$$

f_{Tu} : unterste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

f_{To} : oberste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

$L_{VT}; L_{PT}$: Pegel der jeweiligen Terzmittenfrequenz

4 BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.1 Erschütterungsimmissionen

4.1.1 Neubaustrecke

Die Neubaustrecke erstreckt sich auf die Bereiche Alt-Moabit, Rathenowstraße und Turmstraße.

Für die Beurteilung der von Schienenverkehrswegen ausgehenden Erschütterungsimmissionen existiert kein rechtlich verbindliches Regelwerk. Üblicherweise werden die Erschütterungsimmissionen von Schienenverkehrswegen anhand der Regelungen der DIN 4150-Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden – beurteilt. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen sind die Kenngrößen

maximal bewertete Schwingstärke

und

Beurteilungs-Schwingstärke

zu ermitteln. Mit diesen Größen wird dann die Beurteilung wie folgt vorgenommen:

Grundsätzlich erfolgt die Beurteilung anhand der Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 1 der Norm. Im Rahmen von Prognosen erübrigt sich eine Beurteilung nach dem Anhaltswert A_0 .

- Für unterirdischen Schienenverkehr gelten die Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 1 der Norm.
- Für oberirdischen Schienenverkehr des ÖPNV (Straßen-, Stadt-, S- und U-Bahnen) gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte der Tabelle 1 der Norm.

- Für sonstigen oberirdischen Schienenverkehr gelten bei neu zu bauenden Strecken die Anhaltswerte der Tabelle 1 der Norm.
- Erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen sind nach Aussage der DIN 4150-2 in der Regel nicht zu erwarten, wenn die beschriebenen Anhaltswerte eingehalten werden

Die Tabelle 1 der DIN 4150-2 (Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen – hier Tabelle 1) wird wie folgt wiedergegeben:

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche 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 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.

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmission

Das Beurteilungsverfahren der Norm wird -angepasst an die speziellen Belange des ÖPNV's- wie folgt erläutert.

Für die Beurteilung ist zunächst die maximale Bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax}) heranzuziehen und mit dem 1,5fachen Anhaltswert A_u zu vergleichen:

$$KB_{Fmax} \leq 1,5 \cdot A_u \rightarrow \text{Anforderung der Norm eingehalten}$$

Liegt KB_{Fmax} über $1,5 \cdot A_u$, so ist die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln. Für Schienenwege kann KB_{FTr} unter Verwendung des auf die einzelnen Gleise bezogenen Takt-maximal-Effektivwertes (KB_{FTm}) nach folgender Funktion berechnet werden:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^g N_{ei} \cdot KB_{FTm,i}^2} \quad (4)$$

N_r : Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum

tags: $N_r = 1920$

nachts: $N_r = 960$

N_{ei} : Anzahl der Fahrten auf Gleis i im jeweiligen Beurteilungszeitraum
(Hinweis: Für Stadtbahnen gilt, dass die Erschütterungseinwirkungszeit einer Vorbeifahrt kleiner als 30 Sekunden ist).

g : Anzahl der Gleise

Für die Beurteilung der Erschütterungen in **Wohngebäuden** gilt jetzt:

$$KB_{FTr} \leq 1,5 \cdot A_r \quad \rightarrow \text{Anforderung der Norm eingehalten.}$$

Die in der DIN 4150/2 festgelegten Anhaltswerte für Wohnungen zur Tagzeit können als Orientierungswerte für die Beurteilung gewerblich genutzter Räume herangezogen werden, wobei die Empfindlichkeit der Nutzung zu bedenken ist.

Für die Beurteilung der vom Schienenverkehr ausgehenden und in Wohnungen auftretenden Erschütterungsimmissionen ist die Einhaltung der Immissionswerte (Anhaltswerte) entsprechend DIN 4150-2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden) nachzuweisen. Damit ist sichergestellt, dass die Einwirkungen auf Gebäude entsprechend DIN 4150-3 nicht schädlich sind. Hier kann ein weiterer Nachweis entfallen.

4.1.2 Umbauabschnitt

Der Umbaubereich betrifft nur die Invalidenstraße. Dort befindet sich bereits eine eingleisige Gleisanlage, die um ein zweites Gleis erweitert wird. Zudem werden Gleisabzweige im Bereich Invalidenstraße / Clara-Jaschke-Straße und Invalidenstraße / Alt Moabit angeordnet.

Durch die vorhandenen Gleisanlagen werden bereits Schwingungsemissionen erzeugt, die zu entsprechenden Erschütterungsimmissionen in der Anliegerbebauung führen. Allgemein wird eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen in Form der Beurteilungs-Schwingstärke von Schienenwegen um bis zu 25 % durch Umbauplanungen als zulässig angesehen. Insofern kann eine Beurteilung unabhängig von den Regelungen der DIN 4150 – 2 wie folgt erfolgen:

$$\Delta K_{B_{FT}} \geq 25 \%$$

→ Schutzmaßnahme erforderlich

Im Falle der Zunahme der Erschütterungsimmissionen um mindestens 25 % gelten die für den Neubaubereich beschriebenen Bestimmungen nach Abschn. 4.1.1.

4.2 Körperschallimmissionen

4.2.1 Neubaustrecke

Die Neubaustrecke erstreckt sich auf die Bereiche Alt-Moabit, Rathenowstraße und Turmstraße.

Für die Beurteilung der von Schienenverkehrswegen ausgehenden Körperschallimmissionen existiert kein rechtlich verbindliches Regelwerk. Auch in technischen Regelwerken wie beispielsweise DIN-Normen werden keine Regularien getroffen.

Bei bisherigen Planungen von Straßenbahnstrecken wurde in den letzten Jahren die Beurteilung der Körperschallimmissionen bei vielen Projekten anhand von mittleren Maximalpegeln vorgenommen. Als Orientierungswert zur Beurteilung der ermittelten Pegel wurden Anhaltswerte der Tabelle 6 der VDI-Richtlinie 2719 – Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987 – herangezogen. In Tabelle 2 sind die entsprechenden Werte wiedergegeben. Es handelt sich hierbei um zulässige Innenraumpegel, die bei Straßenbahnplanungen in der Vergangenheit für Schlafräume mit 40 dB(A) festgelegt wurden.

Raumart	mittlere Maximalpegel L_{\max} dB(A)
Schlafräume nachts in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten in allen übrigen Gebieten	35 bis 40 40 bis 45
Wohnräume tagsüber in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten in allen übrigen Gebieten	40 bis 45 45 bis 50
Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen Aulen Büros für mehrere Personen Großraumbüros, Gaststätten, Schalterräume, Läden	40 bis 50 45 bis 55 50 bis 60

Tabelle 2: Anhaltswerte für zulässige Innenpegel nach VDI 2719

Inzwischen hat der 7. Senat des Bundesverwaltungsgerichts zu einer Eisenbahnplanung (BVerwG 7 A 14.09) u.a. folgende Festlegungen zur Beurteilung der Körperschallimmissionen (Sekundärluftschall) getroffen:

Ein spezielles Regelwerk zur Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle beim sekundären Luftschall gibt es bislang nicht. Zur Schließung dieser Lücke ist auf Regelungen zurückzugreifen, die auf von der Immissionscharakteristik vergleichbare Sachlagen zugeschnitten sind. Dabei ist in erster Linie dem Umstand Rechnung zu tragen, dass es sich bei dem hier auftretenden sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt. Das legt eine Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) nahe (vgl. auch VGH Mannheim, Urteil vom 8. Februar 2007 – 5 S 2224/05 – ESVGH 57, 148 <168ff.>=juris Rn. 121 ff.; Geiger, in Ziekow, Praxis des Fachplanungsrechts, 2004, 2. Kap. Rn 336).

Zu Recht setzt die Beklagte den in der Tabelle 1 der Anlage zur 24. BImSchV (Berechnung der erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maße) aufgeführten „Korrektursummand D in dB zur Berücksichtigung der Raumnutzung“ nicht mit dem grundsätzlich einzuhaltenden Innengeräuschpegel gleich. Denn dieser ergibt sich erst durch die Hinzurechnung eines weiteren Korrekturwerts von 3 dB(A), der die unterschiedliche Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtetem Schall gegenüber diffusen Schallfeldern berücksichtigt (siehe BRDrucks 463/96 S. 16; BRDrucks 463/96 S. 4 f.; 7).

Auch die Anwendung eines Schienenbonus, der in Höhe von 5 dB(A) vor dem Vergleich mit dem höchstzulässigen Innengeräuschpegel von den zu ermittelnden Luftschallpegeln abgesetzt wird (siehe Keil/Koch/Garburg, Schutz vor Lärm und Erschütterungen, in: Fendrich, Handbuch Eisenbahninfrastruktur, 2007, S 804), ist von Rechts wegen nicht zu beanstanden.

Unter Berücksichtigung des Urteils des Bundesverwaltungsgerichts wären Schallimmissionen aus Körperschallübertragungen in Höhe von 35 dB(A) als Beurteilungspegel (Dauergeräuschpegel) und damit deutlich höhere Maximal-Schallpegel als die VDI 2719 (Maximalpegel) vorgibt in Schlafräumen zulässig. Inzwischen hat der Gesetzgeber den Schienenbonus für Eisenbahnplanungen abgeschafft. Insofern wäre im Sinne des Urteils des Bundesverwaltungsgerichts immer noch ein Beurteilungspegel in Höhe von 30 dB(A) für Schlafräume zulässig.

Aus Sicht I.B.U. ist das Beurteilungskriterium der 24. BImSchV nicht sachgerecht. Bei dieser Beurteilung bleibt unberücksichtigt, dass Körperschall aus Straßenbahnverkehr tieffrequent und relativ frequenzbegrenzt ist. Außerdem wird der Körperschall von allen Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt, so dass eine eindeutige Geräuschquellenzuordnung, wie beim über Fenster einwirkenden Luftschall, nicht möglich ist. Insgesamt gesehen werden A-bewertete Schallpegel des Körperschalls als unangenehmer empfunden als vergleichbare Luftschallpegel. Die Vorbeifahrzeiten der Straßenbahn sind außerdem sehr kurz, so dass die Beurteilungspegel im Vergleich zum Maximalpegel sehr gering sind. Zudem besteht für den Anwohner eines Gebäudes grundsätzlich die Möglichkeit, sich mit relativ geringem Aufwand (Einbau von Schallschutzfenstern), auch nachträglich, vor dem Luftschall zu schützen. Eine derartige wirtschaftlich noch darstellbare Möglichkeit besteht hinsichtlich der nachträglichen Anordnung von Körperschallschutzmaßnahmen nicht. Daher wird empfohlen, die Beurteilung in der gleichen Weise wie bei anderen Straßenbahnprojekten anhand der mittleren Maximalpegel und den zulässigen Innenraumpegeln nach VDI 2719 vorzunehmen.

4.2.2 Umbauabschnitt

Der Umbaubereich betrifft nur die Invalidenstraße. Dort ist durch die bestehende Gleisanlage eine Vorbelastung vorhanden.

Es ist im Rahmen von Umbaumaßnahmen üblich, Vorsorge dafür zu tragen, dass bei einer bereits vorhandenen Vorbelastung **keine wesentliche Verschlechterung** des Immissionsstatus eintritt.

Für den Körperschall kann dann in Anlehnung an die Bestimmungen der 16. BImSchV festgelegt werden, dass eine Erhöhung des Sekundärschalls um mind. 3 dB(A) als wesentliche Änderung anzusehen ist. Die Beurteilung kann also wie folgt erfolgen:

$$\Delta L_p \geq 3 \text{ dB(A)}$$

→ Schutzmaßnahmen erforderlich

$$\text{für } \Delta L_p = L_p (\text{Prognose}) - L_p (\text{Bestand})$$

Im Falle der Zunahme der Körperschallimmissionen um mindestens 3 dB(A) gelten die für den Neubaubereich beschriebenen Bestimmungen nach Abschn. 4.2.1.

5 PROGNOSE

5.1 Vorbemerkung

Für die Vorausbestimmung der von oberirdischen Straßenbahnstrecken ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsmissionen existiert bis heute kein rein analytisches Verfahren. Die Immissionsprognose kann daher nur auf der Basis von bereits durchgeführten umfangreichen Messungen im Einflussbereich von oberirdischen Stadt- bzw. Straßenbahnen (Datenfundus) oder konkret im Projekt durchgeführter Messungen erfolgen.

5.2 Prognosemodell

Für die geplante Neubaustrecke erfolgt die Prognose der Schwingungsmissionen auf der Basis vorhandener Erkenntnisse über die Emissionen der Straßenbahn sowie der Schwingungsausbreitung im Gelände und innerhalb von Gebäuden entsprechend Richtlinie VDI 3837 – Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – spektrales Prognoseverfahren – von Januar 2013. Das Prognosemodell ergibt sich wie folgt:

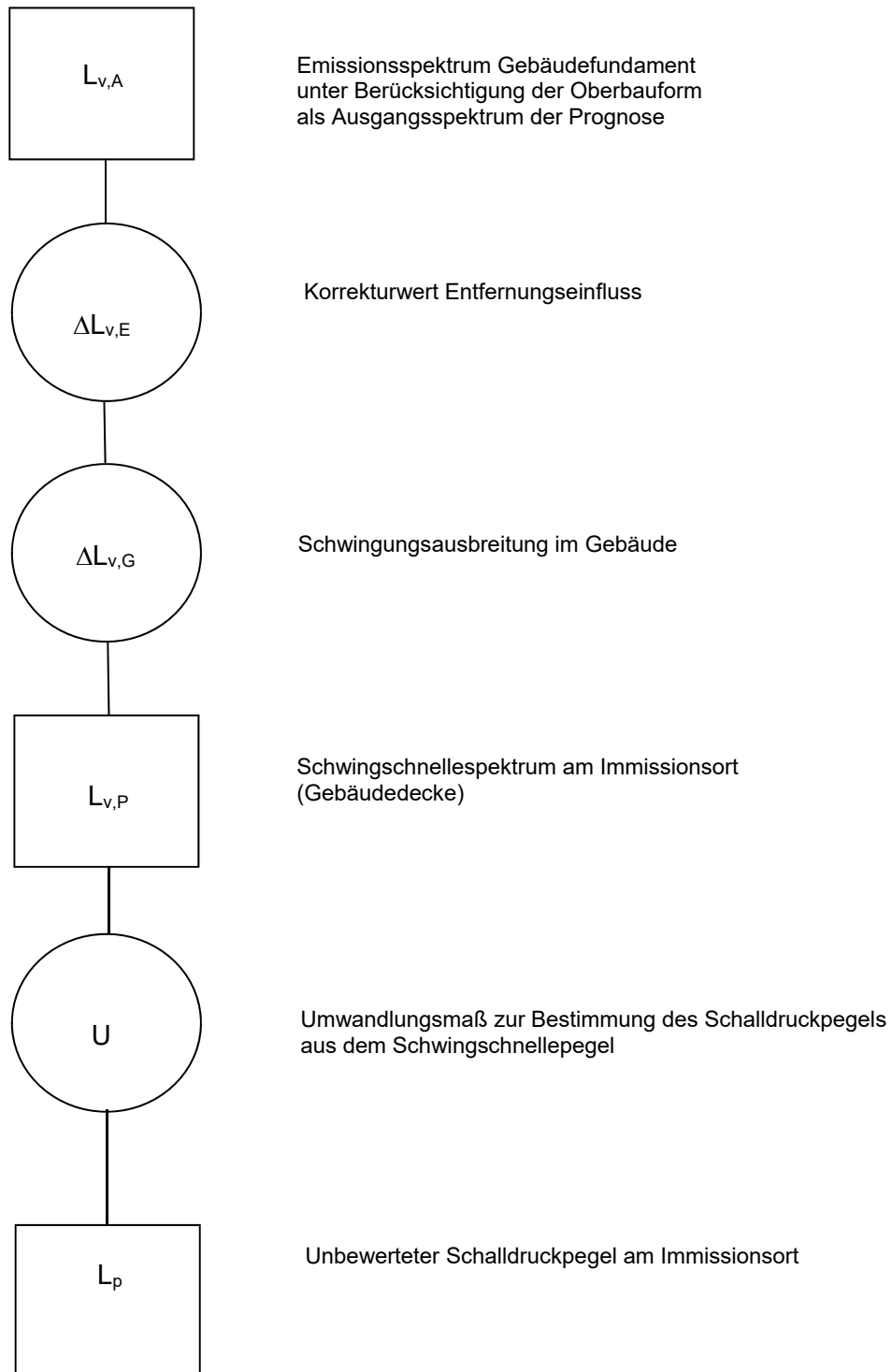


Bild 3: Prognosemodell

Erschütterungsimmissionen

Aus der Immissionsprognose ergibt sich der Schwinggeschwindigkeitspegel des betrachteten Deckenfeldes. Aus diesem Wert lässt sich dann der Taktmaximal-Effektivwert (KB_{FTm}) der bewerteten Schwingstärke wie folgt bestimmen:

$$KB_{FTm} \approx K_b \cdot v_0 \cdot 10^{L'_v/20} \quad (5)$$

K_b : Empirisch ermittelter Korrekturwert für folgende, den Schienenverkehr betreffende Rechenmodi

- Anpassung " L_v " an " v "
- Bestimmung von " KB_F " aus " v "

hier: $K_b = 1$

$$v_0 = 5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

L'_v : Schwingschnellepegel für den Frequenzbereich $f_T = 4\text{-}80$ Hz

Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke (KB_{FTm}) als Prognosewert. Aus KB_{FTm} wird unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungs-Schwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich zu:

$$KB_{Fmax} \approx 2 \cdot KB_{FTm} \text{ (maximale Bewertete Schwingstärke)} \quad (6)$$

Körperschallimmissionen

Aus der Immissionsprognose ergibt sich der Schwinggeschwindigkeitspegel des betrachteten Deckenfeldes. Aus dem Schwinggeschwindigkeitspegel lässt sich der im Raum aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) abschätzen. Hierzu lässt sich ein beispielsweise aus Messung ermitteltes Umwandlungsmaß verwenden. Alternativ kann der Sekundärluftschall nach Rechenfunktion (siehe A. Said, H.-P. Grütz, R. Garburg: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung Januar 2006/ 53. Jahrgang Seite 12 ff) wie folgt abgeschätzt werden:

$$L_p = X \text{ [dB]} + y L_{v,p} \text{ [dB]}$$

mit x: Festwert in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart
 mit y: Faktor in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart
 jeweils im Frequenzbereich 25 – 80 Hz.

Bei Verwendung dieser Rechenfunktion wird das Umwandlungsmaß nicht ausgewiesen, da der Schalldruckpegel direkt ermittelt wird. Aus den vorbewerteten Prognosewerten des Schalldrucks wird dann der bewertete Summenschallpegel wie folgt ermittelt:

$$L_{pA_m} = 10 \lg \sum_{i=f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1(L_{pm,T} + K_A)} \text{ dB(A)} \quad (7)$$

f_{Tu} , f_{To} : untere bzw. obere Terzmittenfrequenz des maßgebenden Frequenzbereiches

$L_{pm,T}$: Schalldruckpegel bei der entsprechenden Terzmittenfrequenz

K_A : A-Bewertung entsprechend DIN 45634

Da die Prognose auf energetischen Mittelwerten (L_{pA_m}) basiert, entsprechen die Ergebnisse der Berechnung der Körperschall-Schalldruckpegel dem zu erwartenden mittleren Maximalpegel.

Der Maximalwert ergibt sich zu:

$$L_{pA_{max}} \approx L_{pA_m} + K_{max} \text{ dB(A)} \quad (8)$$

hier: $K_{max} \approx 5 \text{ dB (A)}$

5.3 Eingabedaten

5.3.1 Emissionspegel

Den Basiswert der Immissionsprognose stellt das dem Fahrzeug zuzuordnende Emissionsspektrum dar. Eine messtechnische Erfassung des Emissionsspektrums in der Turmstraße war nicht möglich, da dort derzeit kein Straßenbahnbetrieb erfolgt. Ausgegangen wurde daher von einem messtechnisch andernorts am Gebäudfundament erfassten Emissionspegel des Fahrzeugtyps Bombardier Flexity. Dieses Spektrum gilt für Vorbeifahrtgeschwindigkeiten bis 50 km/h. Im Bereich von Weichen (Herzstücklückenüberfahrt) wurde das Emissionsspektrum, anhand der Ergebnisse einer Vergleichsmessung, angepasst. Die beiden verwendeten Spektren sind in Bild 4 wiedergegeben.

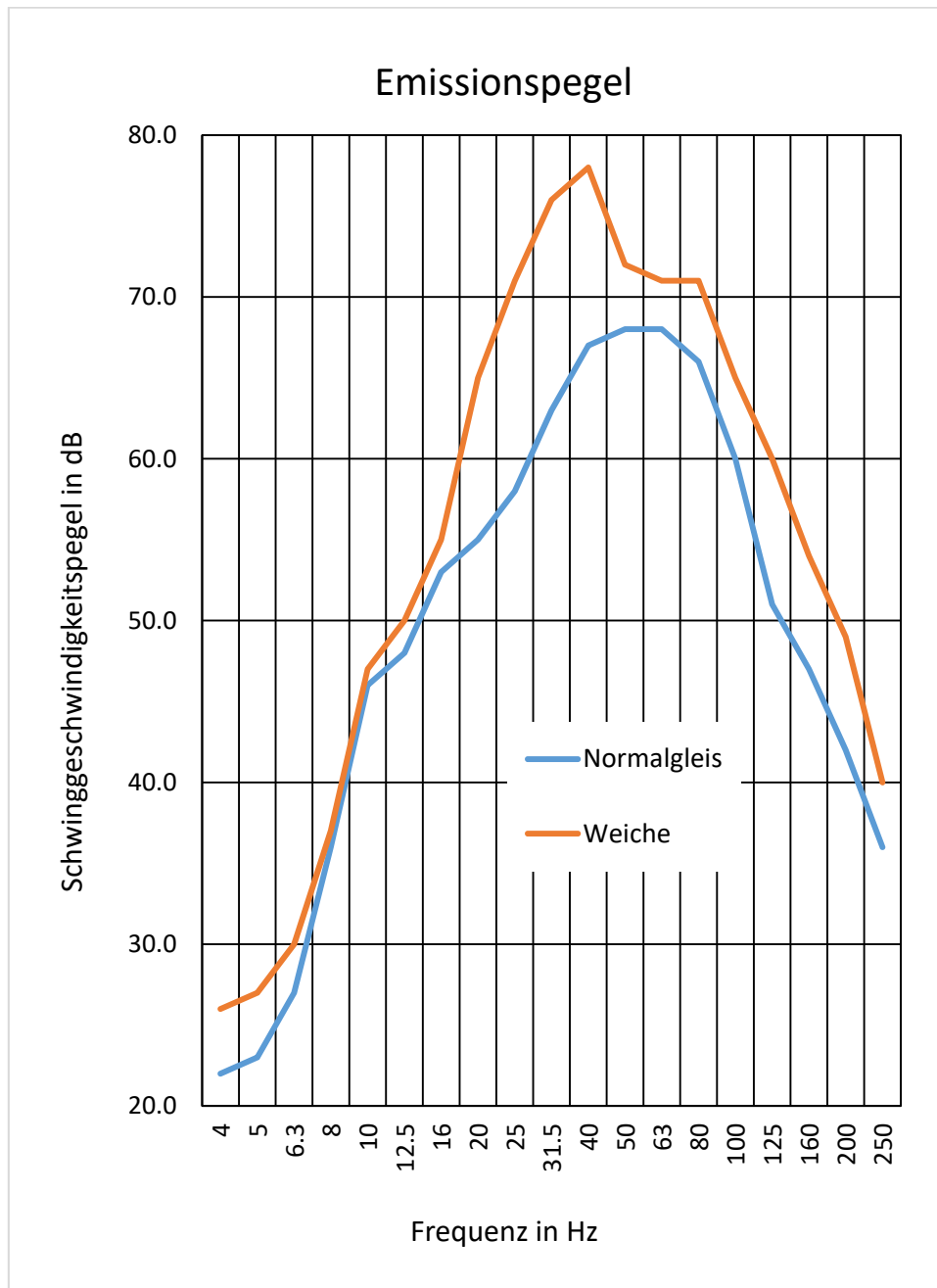


Bild 4: Emissionspegel am Gebäudefundament in 10 m Abstand

5.3.2 Entfernungseinfluss

Die unterschiedlichen Entfernungen zu den Gebäuden werden durch Berücksichtigung des Entfernungseinflusses erfasst. Hierzu wird eine Übertragungsfunktion (ΔL_{VE}) analog DIN 4150-Erschütterungen im Bauwesen-Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen – verwendet:

$$\Delta L_{VE} = \left(\frac{R}{R_1}\right)^{-n} e^{(-\alpha(R-R_1))}$$

- n: von der Wellenart, der Quellengeometrie und der Art der Schwingung abhängiger Exponent
- R: Gebäudeabstand zur Gleistrasse
- R₁: Standardabstand 10 m
- α : Abklingkoeffizient [m^{-1}]; $\alpha \approx 2 \pi D / \lambda$
- D: Dämpfungsgrad
- λ : maßgebende Wellenlänge; $\lambda = c/f$
- c: Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s]
- f: Frequenz [Hz]

Die Übertragungsfunktion wurde unter Berücksichtigung folgender Parameter errechnet:

n = 0,3

c = 160 m/s

D = 0,002 – 0,02, frequenzabhängig

Für die Gebäude ergeben sich unterschiedliche Abstände zur Strecke, so dass eine Vielzahl von Spektren des Entfernungseinflusses berücksichtigt wurde. Details können den Rechnerauszügen der Prognoseberechnung (Anlagen-Nr. 1) entnommen werden.

5.3.3 Gebäudeeinfluss

Für die Gebäude, für die eine Immissionsprognose durchgeführt wurde, wurden in Abhängigkeit von den Erkenntnissen der Ortsbesichtigung über die Gebäudestruktur jeweils 4 relevante Deckeneigenfrequenzen als Terzfrequenzen ausgewählt. In der Literatur (G. Müller und M. Möser (Hrsg.): Taschenbuch der Technischen Akustik, Springer Verlag Berlin, 3. Auflage 2004 – Diagramm in Abbildung 17.62) werden Differenzpegel für die Schwingungsausbreitung „Fundament – Gebäudedecke“ in Abhängigkeit vom Frequenzverhältnis beschrieben.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden nach der vorgenannten Rechenfunktion die Differenzpegel der Gebäudeübertragung (ΔL_G) ermittelt. Hierbei wurden die auf Basis von Erfahrungen eingeschätzten und in Tabelle 3 aufgelisteten Deckeneigenfrequenzen verwendet.

IO-Nummer	Gebäude	Deckeneigenfrequenz in Hz			
		f_{01}	f_{02}	f_{03}	f_{04}
1	Alt Moabit 125	16	20	25	31,5
2	Alt Moabit 10	12,5	25	31,5	40
3	Alt Moabit 12	10	12,5	16	20
4	Rathenower Straße 5	12,5	16	20	25
5	Rathenower Straße 9	12,5	16	20	25
6	Turmstraße 2	20	25	31,5	40
7	Turmstraße 4	10	12,5	16	20
8	Turmstraße 91	12,5	16	20	25
9	Turmstraße 8	20	25	31,5	40
10	Turmstraße 11	12,5	16	20	25
11	Turmstraße 15	20	25	31,5	40
12	Turmstraße 86	12,5	16	20	25
13	Turmstraße 18	12,5	16	20	25
14	Turmstraße 20	20	25	31,5	40
15	Turmstraße 21	12,5	16	20	25
16	Turmstraße 22	20	25	31,5	40
17	Lübecker Straße 1	20	25	31,5	40
18	Turmstraße 24	12,5	16	20	25
19	Turmstraße 32	20	25	31,5	40
20	Turmstraße 34	20	25	31,5	40

f_{01} bis f_{04} : relevante Deckeneigenfrequenzen der Gebäude

Tabelle 3: Deckeneigenfrequenzen der Immissionsprognose

5.3.4 Umwandlungsmaß

Wie schon unter Abschn. 5.2 erläutert wird für die Ermittlung des Sekundärluftschalls aus den Schwinggeschwindigkeitspegeln des Deckenfeldes eine in der Literatur angegebene Rechenfunktion verwendet.

5.4 Ergebnisse

Rechnerauszüge der Immissionsprognose mit detaillierter Auflistung der verwendeten Terzspektren sind auszugsweise der Anlage-Nr. 1 zu entnehmen. In Anlage-Nr. 2 sind alle Ergebnisse der Immissionsprognose aufgelistet. Für jeden Immissionsort sind die Ergebnisse der Betrachtung der 4 Deckeneigenfrequenzen wiedergegeben. In Anlage-Nr. 3 sind die Ergebnisse der Immissionsprognose der bewerteten Schwingstärke und deren Beurteilung nach DIN 4150-2 wiedergegeben. Die Beurteilung erfolgte hierbei anhand der Anhaltswerte für das Misch- und Kerngebiet. Lediglich für den Immissionsort IO 1 (Alt Moabit 125) wurden die Anhaltswerte für das Wohngebiet herangezogen. Die Anlage-Nr. 4 enthält die Ergebnisse der Betrachtung des Sekundärluftschalls nach dem Maximalwertkriterium der VDI 2719.

6 BEURTEILUNG

Die durchgeführte Immissionsprognose zeigt, dass im Neubaubereich teilweise die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 überschritten werden. Gleiches gilt für die Orientierungswerte zur Beurteilung der Körperschallimmissionen (Sekundärluftschall). Insbesondere im Weichenbereich in der Turmstraße sind die Überschreitungen hoch. Insofern sind Maßnahmen zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage erforderlich.

In der Invalidenstraße wird im Bereich Lehrter Straße ein neuer Gleisabzweig angeordnet. Dieser befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Gebäude Lehrter Straße 54. Hier ist von einer Überschreitung der vorher beschriebenen Anhalts- und Orientierungswerte auszugehen. Insofern sind Maßnahmen zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage im Weichenbereich erforderlich.

Im Verlauf der Invalidenstraße rückt das neue Gleis dichter an die südliche Bebauung heran. Im südlichen Bereich befindet sich keine Wohnbebauung. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass keine Zunahme der Erschütterungsimmissionen um 25 % und der Körperschallimmissionen um 3 dB(A) bei Überschreitung der Anhalts- und Orientierungswerte zur Tagzeit eintritt. Insofern ist für diesen Streckenabschnitt die Anordnung einer Maßnahme zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage nicht erforderlich.

Im Bereich der Straßenkreuzung Invalidenstraße/Alt Moabit weist die relevante Bebauung einen relativ großen Abstand zur Bebauung auf. Trotzdem ist auch hier im Hinblick auf den

Gleisabzweig die Anordnung einer Maßnahme zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage erforderlich.

7

MASSNAHMEN

Die Schwingungsemissionen einer Gleisanlage lassen sich durch den Einsatz elastischer Oberbausysteme beeinflussen. Entsprechend DIN 45673 – Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – können grundsätzlich die in Bild 2 dargestellten elastischen Oberbauformen zur Schwingungsminderung eingesetzt werden.

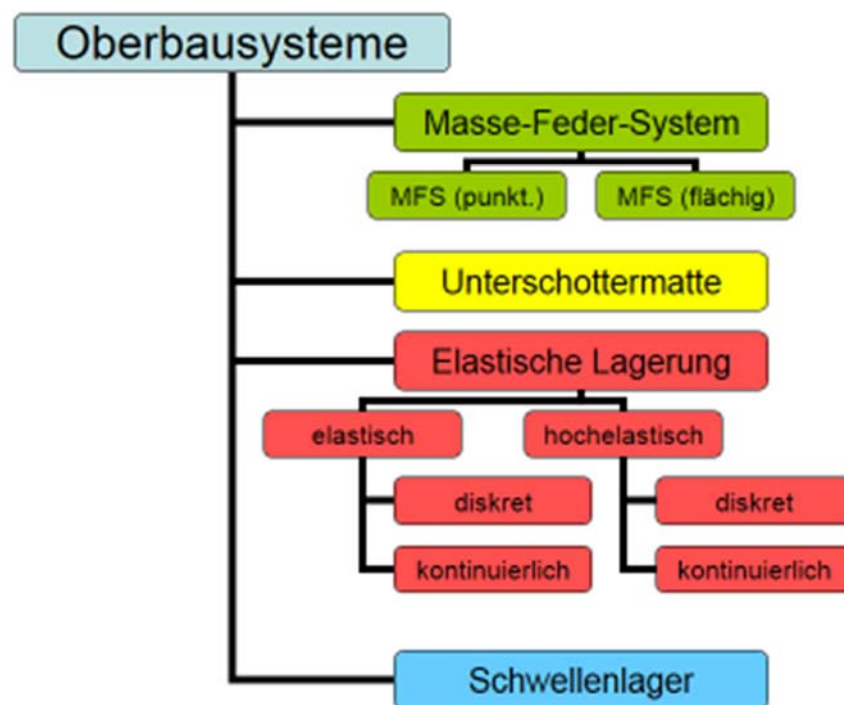


Bild 3: Übersicht elastische Oberbauformen

Die relevanten Überschreitungen der Schwingungsimmissionen werden im Wesentlichen durch die bei Frequenzen oberhalb von $f_T = 31,5$ Hz prognostizierten Pegel erzeugt. Insofern sind Maßnahmen erforderlich, die eine Minderung der Schwingungsemissionen im höheren Frequenzbereich bewirken. Dies kann unter Verwendung einer höheren Elastizität der Schienenbefestigung mit dem vorhandenen Oberbau erreicht werden. Vorgesehen ist im Rasengleis der Einbau einer elastischen Schienenlagerung entsprechend DIN 45673-Mechanische

Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 9: Labor-Prüfverfahren – mit einer vertikalen Schienenverformung unter maximaler Radsatzlast größer 1 mm. Im Bereich der Asphaltgleise wird ein flächig gelagertes Masse-Feder-System mit einer Abstimmfrequenz $f_{Ab} \leq 20$ Hz eingeplant. Dieses System ist auch für die Weichenbereiche vorgesehen.

Mit den ausgewählten elastischen Oberbauformen wird die Einhaltung der unter Abschn. 4 beschriebenen Anhalts- und Orientierungswerte erfahrungsgemäß erreicht.

8 ANLAGEN

Anlagen-Nr. 1.1 – 1.20:	Rechnerausdrucke Immissionsprognose (auszugsweise)
Anlagen-Nr. 2.1 – 2.3:	Ergebnisse Immissionsprognose
Anlagen-Nr. 3.1 + 3.2:	Ergebnisse bewertete Schwingstärke
Anlagen-Nr. 4.1 + 4.2:	Ergebnisse Sekundärluftschall

9 ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeiter	Bemerkungen
a	28.08.2017	Lenz	Redaktionelle Anpassungen Aktualisierung Fahrplandaten Festlegung elastische Oberbauarten
b	10.10.2017	Lenz	Fahrzeugart unter Abschn. 2.3 genauer definiert.

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, den 30.03.2017

I.B.U.

Ingenieurbüro für Schwingungs-, Schall-
und Schienenverkehrstechnik GmbH

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.1 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO1

für Gebäudeübertragung 1

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG1}	L_{VI1}	-	L_{PI1}	L_{PAI1}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.9	20.1	-1.9	18.2	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.9	22.1	-1.5	20.6	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.9	25.1	-0.8	24.3	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-2.4	33.6	0.0	33.6	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.5	42.5	0.8	43.2	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.7	45.3	2.3	47.6	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-3.0	50.0	6.9	57.0	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-3.3	51.7	13.8	65.6	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-3.6	54.4	6.9	61.3	0.0	59.9	15.2
31.5	63.0	-4.1	58.9	0.0	58.9	0.0	60.4	21.0
40	68.0	-4.7	63.3	-3.8	59.5	0.0	61.9	27.3
50	68.0	-5.4	62.6	-4.6	58.0	0.0	58.3	28.1
63	68.0	-6.3	61.7	-6.2	55.6	0.0	52.8	26.6
80	66.0	-7.5	58.5	-7.7	50.8	0.0	50.3	27.8
100	60.0	-8.9	51.1	-9.2	41.9	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-10.6	40.4	-10.0	30.4	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-9.4	37.6	-10.8	26.9	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-8.2	33.8	-12.3	21.5	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-6.9	29.1	-13.8	15.2	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	68.9	-	69.2	-	66.6	33.8

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 16

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.286 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.144 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.289 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.06 (Tag)

0.05 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 33.8 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 38.8 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 19.1 dB(A) (Tag)

16.0 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.2 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO2

für Gebäudeübertragung 2

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG2}	L_{V12}	-	L_{p11}	L_{pA11}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-2.9	19.1	-2.3	16.8	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-2.9	21.1	-2.3	18.8	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-2.9	24.1	-1.5	22.5	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-3.9	32.1	-1.9	30.2	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-4.2	40.8	-2.3	38.5	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-4.5	43.5	-3.1	40.4	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-5.0	48.0	-2.3	45.7	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-5.5	49.5	-1.9	47.6	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-6.2	51.8	-1.5	50.3	0.0	55.0	10.3
31.5	63.0	-7.0	56.0	-0.8	55.2	0.0	58.4	19.0
40	68.0	-8.2	59.8	0.0	59.8	0.0	62.1	27.5
50	68.0	-9.5	58.5	0.8	59.3	0.0	59.1	28.9
63	68.0	-11.3	56.7	2.3	59.1	0.0	54.7	28.5
80	66.0	-13.5	52.5	6.9	59.4	0.0	54.3	31.8
100	60.0	-16.2	43.8	13.8	57.6	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-19.5	31.5	6.9	38.4	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-17.2	29.8	0.0	29.8	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-14.9	27.1	-3.8	23.3	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-12.5	23.5	-4.6	18.9	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	64.9	-	66.6	-	66.0	35.6

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 25

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{V1} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{p1} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{pA1} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.147 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.100	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.201	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.04	(Tag)
	0.03	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	35.6 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	40.6 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	20.9 dB(A)	(Tag)
	17.9 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.3 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO3

für Gebäudeübertragung 3	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-2.1	19.9	-1.5	18.4	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-2.1	21.9	-0.8	21.1	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-2.1	24.9	0.0	24.9	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-2.8	33.2	0.8	34.0	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.9	42.1	2.3	44.4	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-3.1	44.9	6.9	51.8	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-3.4	49.6	13.8	63.4	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-3.8	51.2	6.9	58.2	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-4.2	53.8	0.0	53.8	0.0	56.6	11.9
31.5	63.0	-4.7	58.3	-3.8	54.4	0.0	58.0	18.6
40	68.0	-5.4	62.6	-4.6	57.9	0.0	60.9	26.3
50	68.0	-6.3	61.7	-6.2	55.6	0.0	56.7	26.5
63	68.0	-7.4	60.6	-7.7	52.9	0.0	51.3	25.1
80	66.0	-8.8	57.2	-9.2	48.0	0.0	49.0	26.5
100	60.0	-10.5	49.5	-10.0	39.5	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-12.6	38.4	-10.8	27.7	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-11.1	35.9	-12.3	23.6	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-9.6	32.4	-13.8	18.5	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-8.2	27.8	-15.4	12.4	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	68.0	-	66.8	-	64.8	32.4

L_{VA} : Ausgangspegel **Deckeneigenfrequenz [Hz] 16**

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.222 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.109	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.219	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.05	(Tag)
	0.03	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	32.4 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	37.4 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	17.7 dB(A)	(Tag)
	< 15 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.4 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO4

für Gebäudeübertragung 4	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG4}	L_{VI4}	-	L_{PI4}	L_{PAI4}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.2	20.8	-2.3	18.5	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.2	22.8	-2.3	20.5	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.3	25.7	-1.5	24.2	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.6	34.4	-1.9	32.5	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.6	43.4	-2.3	41.1	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.7	46.3	-3.1	43.2	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.9	51.1	-2.3	48.8	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.0	53.0	-1.9	51.0	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.2	55.8	-1.5	54.2	0.0	56.8	12.1
31.5	63.0	-2.5	60.5	-0.8	59.7	0.0	60.8	21.4
40	68.0	-2.9	65.1	0.0	65.1	0.0	65.4	30.8
50	68.0	-3.3	64.7	0.8	65.5	0.0	63.2	33.0
63	68.0	-3.8	64.2	2.3	66.5	0.0	58.7	32.5
80	66.0	-4.5	61.5	6.9	68.4	0.0	58.5	36.0
100	60.0	-5.3	54.7	13.8	68.5	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-6.3	44.7	6.9	51.6	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-5.6	41.4	0.0	41.4	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-4.9	37.1	-3.8	33.2	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.2	31.8	-4.6	27.2	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	71.0	-	74.3	-	69.4	39.6

L_{VA} : Ausgangspegel **Deckeneigenfrequenz [Hz] 25**

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.400 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.222	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.444	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.10	(Tag)
	0.07	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	39.6 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	44.6 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	24.8 dB(A)	(Tag)
	21.8 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.5 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO5

für Gebäudeübertragung 2

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG2}	L_{VI2}	-	L_{PI2}	L_{PAI2}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.5	20.5	-1.5	19.0	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.5	22.5	-0.8	21.8	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.5	25.5	0.0	25.5	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.9	34.1	0.8	34.9	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.0	43.0	2.3	45.3	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.1	45.9	6.9	52.8	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.3	50.7	13.8	64.6	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.5	52.5	6.9	59.4	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.7	55.3	0.0	55.3	0.0	57.2	12.5
31.5	63.0	-3.1	59.9	-3.8	56.1	0.0	58.9	19.5
40	68.0	-3.5	64.5	-4.6	59.9	0.0	62.1	27.5
50	68.0	-4.0	64.0	-6.2	57.8	0.0	58.2	28.0
63	68.0	-4.7	63.3	-7.7	55.6	0.0	52.8	26.6
80	66.0	-5.6	60.4	-9.2	51.2	0.0	50.5	28.0
100	60.0	-6.6	53.4	-10.0	43.4	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.9	43.1	-10.8	32.4	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.9	40.1	-12.3	27.7	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-6.1	35.9	-13.8	22.1	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.2	30.8	-15.4	15.4	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.2	-	68.3	-	65.9	33.8

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 16

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.254 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.130 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.261 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.06 (Tag)

0.04 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 33.8 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 38.8 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 19.0 dB(A) (Tag)

16.0 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.6 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO6

für Gebäudeübertragung 1

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG1}	L_{V1}	-	L_{p1}	L_{pA1}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.4	20.6	-1.9	18.7	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.4	22.6	-1.5	21.1	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.4	25.6	-0.8	24.8	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.7	34.3	0.0	34.3	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.8	43.2	0.8	43.9	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.0	46.0	2.3	48.4	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.1	50.9	6.9	57.8	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.3	52.7	13.8	66.5	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.5	55.5	6.9	62.4	0.0	60.4	15.7
31.5	63.0	-2.9	60.1	0.0	60.1	0.0	61.1	21.7
40	68.0	-3.3	64.7	-3.8	60.9	0.0	62.8	28.2
50	68.0	-3.7	64.3	-4.6	59.7	0.0	59.4	29.2
63	68.0	-4.3	63.7	-6.2	57.5	0.0	53.8	27.6
80	66.0	-5.1	60.9	-7.7	53.2	0.0	51.4	28.9
100	60.0	-6.1	53.9	-9.2	44.7	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.3	43.7	-10.0	33.7	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.4	40.6	-10.8	29.8	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.6	36.4	-12.3	24.1	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.8	31.2	-13.8	17.4	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.5	-	70.4	-	67.4	34.8

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 20

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{V1} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{p1} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{pA1} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.318 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.165	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.330	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.07	(Tag)
	0.05	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	34.8 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	39.8 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	20.1 dB(A)	(Tag)
	17.0 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.7 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO7

für Gebäudeübertragung 3	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.0	21.0	-1.5	19.4	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.0	23.0	-0.8	22.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.1	25.9	0.0	25.9	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.3	34.7	0.8	35.5	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.4	43.6	2.3	45.9	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.5	46.5	6.9	53.5	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.6	51.4	13.8	65.3	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-1.7	53.3	6.9	60.2	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-1.9	56.1	0.0	56.1	0.0	57.6	12.9
31.5	63.0	-2.1	60.9	-3.8	57.1	0.0	59.4	20.0
40	68.0	-2.4	65.6	-4.6	61.0	0.0	62.8	28.2
50	68.0	-2.7	65.3	-6.2	59.1	0.0	59.0	28.8
63	68.0	-3.1	64.9	-7.7	57.2	0.0	53.6	27.4
80	66.0	-3.7	62.3	-9.2	53.1	0.0	51.4	28.9
100	60.0	-4.4	55.6	-10.0	45.6	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-5.2	45.8	-10.8	35.0	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-4.6	42.4	-12.3	30.1	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-4.0	38.0	-13.8	24.1	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-3.5	32.5	-15.4	17.2	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	71.5	-	69.3	-	66.6	34.6

L_{VA} : Ausgangspegel **Deckeneigenfrequenz [Hz] 16**

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.275 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.145	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.290	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.06	(Tag)
	0.05	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	34.6 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	39.6 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	19.8 dB(A)	(Tag)
	16.8 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.8 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO8

für Gebäudeübertragung 4	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG4}	L_{VI4}	-	L_{PI4}	L_{PAI4}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.1	20.9	-2.3	18.6	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.1	22.9	-2.3	20.6	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.1	25.9	-1.5	24.4	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.4	34.6	-1.9	32.7	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.4	43.6	-2.3	41.3	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.5	46.5	-3.1	43.4	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.6	51.4	-2.3	49.1	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-1.8	53.2	-1.9	51.3	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-1.9	56.1	-1.5	54.5	0.0	56.9	12.2
31.5	63.0	-2.2	60.8	-0.8	60.1	0.0	61.0	21.6
40	68.0	-2.5	65.5	0.0	65.5	0.0	65.6	31.0
50	68.0	-2.8	65.2	0.8	66.0	0.0	63.5	33.3
63	68.0	-3.3	64.7	2.3	67.0	0.0	59.0	32.8
80	66.0	-3.9	62.1	6.9	69.1	0.0	58.8	36.3
100	60.0	-4.6	55.4	13.8	69.3	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-5.4	45.6	6.9	52.5	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-4.8	42.2	0.0	42.2	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-4.2	37.8	-3.8	33.9	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-3.6	32.4	-4.6	27.8	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	71.4	-	74.9	-	69.6	39.9

L_{VA} : Ausgangspegel **Deckeneigenfrequenz [Hz] 25**

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.437 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.236	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.471	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.11	(Tag)
	0.07	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	39.9 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	44.9 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	25.1 dB(A)	(Tag)
	22.1 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.9 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	---

Immissionsprognose IO9

für Gebäudeübertragung 1

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG1}	L_{VI1}	-	L_{PI1}	L_{PAI1}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.3	20.7	-1.9	18.8	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.3	22.7	-1.5	21.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.3	25.7	-0.8	24.9	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.6	34.4	0.0	34.4	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.7	43.3	0.8	44.1	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.8	46.2	2.3	48.5	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.9	51.1	6.9	58.0	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.1	52.9	13.8	66.7	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.3	55.7	6.9	62.6	0.0	60.5	15.8
31.5	63.0	-2.6	60.4	0.0	60.4	0.0	61.2	21.8
40	68.0	-2.9	65.1	-3.8	61.2	0.0	62.9	28.3
50	68.0	-3.4	64.6	-4.6	60.0	0.0	59.6	29.4
63	68.0	-3.9	64.1	-6.2	57.9	0.0	54.1	27.9
80	66.0	-4.6	61.4	-7.7	53.7	0.0	51.6	29.1
100	60.0	-5.5	54.5	-9.2	45.3	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-6.5	44.5	-10.0	34.5	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-5.8	41.2	-10.8	30.4	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.1	36.9	-12.3	24.6	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.3	31.7	-13.8	17.8	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.9	-	70.6	-	67.6	35.0

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 20

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.326 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.170 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.340 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.08 (Tag)

0.05 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 35.0 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 40.0 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 20.3 dB(A) (Tag)

17.3 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.10 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO10

für Gebäudeübertragung 2

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG2}	L_{VI2}	-	L_{PI2}	L_{PAI2}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.3	20.7	-1.5	19.2	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.3	22.7	-0.8	21.9	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.3	25.7	0.0	25.7	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.6	34.4	0.8	35.1	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.7	43.3	2.3	45.6	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.8	46.2	6.9	53.1	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.0	51.0	13.8	64.9	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.2	52.8	6.9	59.8	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.4	55.6	0.0	55.6	0.0	57.4	12.7
31.5	63.0	-2.7	60.3	-3.8	56.5	0.0	59.1	19.7
40	68.0	-3.0	65.0	-4.6	60.3	0.0	62.4	27.8
50	68.0	-3.5	64.5	-6.2	58.4	0.0	58.5	28.3
63	68.0	-4.0	64.0	-7.7	56.3	0.0	53.2	27.0
80	66.0	-4.8	61.2	-9.2	52.0	0.0	50.9	28.4
100	60.0	-5.7	54.3	-10.0	44.3	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-6.7	44.3	-10.8	33.5	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.0	41.0	-12.3	28.7	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.2	36.8	-13.8	22.9	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.5	31.5	-15.4	16.2	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.8	-	68.7	-	66.2	34.1

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 16

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.262 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.136 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.272 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.06 (Tag)

0.04 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 34.1 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 39.1 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 19.4 dB(A) (Tag)

16.4 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.11 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
---	--	--

Immissionsprognose IO11

für Gebäudeübertragung 3

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.4	20.6	-3.1	17.5	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.4	22.6	-2.3	20.3	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.4	25.6	-1.9	23.6	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.8	34.2	-1.5	32.7	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.9	43.1	-0.8	42.3	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.0	46.0	0.0	46.0	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.2	50.8	0.8	51.6	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.4	52.6	2.3	54.9	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.6	55.4	6.9	62.3	0.0	60.4	15.7
31.5	63.0	-3.0	60.0	13.8	73.9	0.0	68.3	28.9
40	68.0	-3.4	64.6	6.9	71.5	0.0	69.3	34.7
50	68.0	-3.9	64.1	0.0	64.1	0.0	62.3	32.1
63	68.0	-4.5	63.5	-3.8	59.6	0.0	55.0	28.8
80	66.0	-5.3	60.7	-4.6	56.0	0.0	52.7	30.2
100	60.0	-6.3	53.7	-6.2	47.5	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.6	43.4	-7.7	35.8	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.7	40.3	-9.2	31.1	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.8	36.2	-10.0	26.2	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.0	31.0	-10.8	20.3	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.4	-	76.5	-	72.7	38.6

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 31.5

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.742 mm/s **(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)**

bewertete Schwingstärke: 0.335 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.670 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.15 (Tag)

0.11 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 38.6 dB(A) **(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)**

Maximalpegel: 43.6 dB(A) **(sekundärer Luftschall)**

Beurteilungspegel: 23.8 dB(A) (Tag)

20.8 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.12 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO12

für Gebäudeübertragung 4

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG4}	L_{VI4}	-	L_{PI4}	L_{PAI4}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.1	20.9	-2.3	18.6	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.1	22.9	-2.3	20.6	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.1	25.9	-1.5	24.3	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.4	34.6	-1.9	32.7	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.5	43.5	-2.3	41.2	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.6	46.4	-3.1	43.4	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.7	51.3	-2.3	49.0	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-1.8	53.2	-1.9	51.2	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.0	56.0	-1.5	54.4	0.0	56.9	12.2
31.5	63.0	-2.2	60.8	-0.8	60.0	0.0	61.0	21.6
40	68.0	-2.6	65.4	0.0	65.4	0.0	65.5	30.9
50	68.0	-2.9	65.1	0.8	65.9	0.0	63.5	33.3
63	68.0	-3.4	64.6	2.3	66.9	0.0	58.9	32.7
80	66.0	-4.0	62.0	6.9	68.9	0.0	58.7	36.2
100	60.0	-4.7	55.3	13.8	69.1	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-5.6	45.4	6.9	52.3	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-5.0	42.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-4.4	37.6	-3.8	33.8	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-3.7	32.3	-4.6	27.7	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	71.3	-	74.8	-	69.6	39.8

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 25

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.429 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.232 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.465 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.10 (Tag)

0.07 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 39.8 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 44.8 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 25.0 dB(A) (Tag)

22.0 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.13 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO13

für Gebäudeübertragung 4

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG4}	L_{VI4}	-	L_{PI4}	L_{PAI4}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.5	20.5	-2.3	18.2	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.5	22.5	-2.3	20.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.6	25.4	-1.5	23.9	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.9	34.1	-1.9	32.1	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.1	42.9	-2.3	40.6	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.2	45.8	-3.1	42.7	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.4	50.6	-2.3	48.3	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.6	52.4	-1.9	50.5	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.9	55.1	-1.5	53.6	0.0	56.5	11.8
31.5	63.0	-3.2	59.8	-0.8	59.0	0.0	60.5	21.1
40	68.0	-3.7	64.3	0.0	64.3	0.0	64.9	30.3
50	68.0	-4.2	63.8	0.8	64.6	0.0	62.6	32.4
63	68.0	-4.9	63.1	2.3	65.4	0.0	58.1	31.9
80	66.0	-5.8	60.2	6.9	67.1	0.0	57.9	35.4
100	60.0	-6.9	53.1	13.8	66.9	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-8.3	42.7	6.9	49.7	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-7.3	39.7	0.0	39.7	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-6.4	35.6	-3.8	31.8	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.4	30.6	-4.6	26.0	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.0	-	73.1	-	68.9	39.0

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 25

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.339 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.196	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.392	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.09	(Tag)
	0.06	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	39.0 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	44.0 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	24.2 dB(A)	(Tag)
	21.2 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.14 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
---	--	--

Immissionsprognose IO14

für Gebäudeübertragung 3

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.5	20.5	-3.1	17.5	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.5	22.5	-2.3	20.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.5	25.5	-1.9	23.6	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.9	34.1	-1.5	32.6	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.0	43.0	-0.8	42.3	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.1	45.9	0.0	45.9	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.3	50.7	0.8	51.5	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.5	52.5	2.3	54.8	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.7	55.3	6.9	62.2	0.0	60.3	15.6
31.5	63.0	-3.1	59.9	13.8	73.8	0.0	68.3	28.9
40	68.0	-3.5	64.5	6.9	71.4	0.0	69.2	34.6
50	68.0	-4.0	64.0	0.0	64.0	0.0	62.2	32.0
63	68.0	-4.7	63.3	-3.8	59.5	0.0	54.9	28.7
80	66.0	-5.6	60.4	-4.6	55.8	0.0	52.7	30.2
100	60.0	-6.6	53.4	-6.2	47.3	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.9	43.1	-7.7	35.5	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.9	40.1	-9.2	30.8	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-6.1	35.9	-10.0	25.9	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.2	30.8	-10.8	20.1	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.2	-	76.4	-	72.6	38.5

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 31.5

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.733 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.330	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.661	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.15	(Tag)
	0.10	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	38.5 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	43.5 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	23.7 dB(A)	(Tag)
	20.7 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.15 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO15

für Gebäudeübertragung 2

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG2}	L_{VI2}	-	L_{PI2}	L_{PAI2}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.6	20.4	-1.5	18.9	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.6	22.4	-0.8	21.7	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.6	25.4	0.0	25.4	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-2.0	34.0	0.8	34.8	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.1	42.9	2.3	45.2	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.2	45.8	6.9	52.7	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.4	50.6	13.8	64.4	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.7	52.3	6.9	59.3	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.9	55.1	0.0	55.1	0.0	57.2	12.5
31.5	63.0	-3.3	59.7	-3.8	55.9	0.0	58.8	19.4
40	68.0	-3.8	64.2	-4.6	59.6	0.0	62.0	27.4
50	68.0	-4.3	63.7	-6.2	57.5	0.0	58.0	27.8
63	68.0	-5.0	63.0	-7.7	55.3	0.0	52.6	26.4
80	66.0	-6.0	60.0	-9.2	50.8	0.0	50.3	27.8
100	60.0	-7.1	52.9	-10.0	42.9	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-8.5	42.5	-10.8	31.8	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-7.5	39.5	-12.3	27.2	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-6.5	35.5	-13.8	21.6	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.6	30.4	-15.4	15.1	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	69.9	-	68.1	-	65.8	33.6

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 16

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.249 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.127 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.255 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.06 (Tag)

0.04 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 33.6 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 38.6 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 18.9 dB(A) (Tag)

15.8 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.16 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO16

für Gebäudeübertragung 1

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG1}	L_{VI1}	-	L_{PI1}	L_{PAI1}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.2	20.8	-1.9	18.9	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.2	22.8	-1.5	21.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.2	25.8	-0.8	25.0	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.5	34.5	0.0	34.5	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.6	43.4	0.8	44.2	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.7	46.3	2.3	48.6	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-1.9	51.1	6.9	58.1	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.0	53.0	13.8	66.8	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.2	55.8	6.9	62.7	0.0	60.6	15.9
31.5	63.0	-2.5	60.5	0.0	60.5	0.0	61.3	21.9
40	68.0	-2.8	65.2	-3.8	61.3	0.0	63.0	28.4
50	68.0	-3.2	64.8	-4.6	60.2	0.0	59.7	29.5
63	68.0	-3.7	64.3	-6.2	58.1	0.0	54.1	27.9
80	66.0	-4.4	61.6	-7.7	53.9	0.0	51.7	29.2
100	60.0	-5.2	54.8	-9.2	45.5	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-6.2	44.8	-10.0	34.8	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-5.5	41.5	-10.8	30.7	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-4.8	37.2	-12.3	24.9	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.1	31.9	-13.8	18.0	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	71.0	-	70.8	-	67.7	35.1

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 20

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.329 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.172 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.344 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.08 (Tag)

0.05 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 35.1 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 40.1 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 20.4 dB(A) (Tag)

17.3 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.17 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
---	--	--

Immissionsprognose IO17

für Gebäudeübertragung 2

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG2}	L_{VI2}	-	L_{PI2}	L_{PAI2}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.5	20.5	-2.3	18.2	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.5	22.5	-2.3	20.2	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.5	25.5	-1.5	24.0	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.9	34.1	-1.9	32.2	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-2.0	43.0	-2.3	40.7	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-2.1	45.9	-3.1	42.8	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.3	50.7	-2.3	48.4	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.5	52.5	-1.9	50.6	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.7	55.3	-1.5	53.7	0.0	56.6	11.9
31.5	63.0	-3.1	59.9	-0.8	59.2	0.0	60.5	21.1
40	68.0	-3.5	64.5	0.0	64.5	0.0	65.0	30.4
50	68.0	-4.0	64.0	0.8	64.8	0.0	62.7	32.5
63	68.0	-4.7	63.3	2.3	65.6	0.0	58.2	32.0
80	66.0	-5.6	60.4	6.9	67.4	0.0	58.0	35.5
100	60.0	-6.6	53.4	13.8	67.3	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.9	43.1	6.9	50.1	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.9	40.1	0.0	40.1	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-6.1	35.9	-3.8	32.1	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-5.2	30.8	-4.6	26.2	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.2	-	73.4	-	69.0	39.1

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 25

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	0.350 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.201	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.402	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.09	(Tag)
	0.06	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	39.1 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	44.1 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	24.4 dB(A)	(Tag)
	21.3 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.18 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO18

für Gebäudeübertragung 3

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.3	20.7	-1.9	18.7	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.3	22.7	-1.5	21.1	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.4	25.6	-0.8	24.9	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.7	34.3	0.0	34.3	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.8	43.2	0.8	44.0	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.9	46.1	2.3	48.4	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.1	50.9	6.9	57.9	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.3	52.7	13.8	66.6	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.5	55.5	6.9	62.4	0.0	60.5	15.8
31.5	63.0	-2.8	60.2	0.0	60.2	0.0	61.1	21.7
40	68.0	-3.2	64.8	-3.8	61.0	0.0	62.8	28.2
50	68.0	-3.6	64.4	-4.6	59.8	0.0	59.4	29.2
63	68.0	-4.2	63.8	-6.2	57.6	0.0	53.9	27.7
80	66.0	-5.0	61.0	-7.7	53.3	0.0	51.5	29.0
100	60.0	-5.9	54.1	-9.2	44.9	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-7.0	44.0	-10.0	34.0	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.2	40.8	-10.8	30.0	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.4	36.6	-12.3	24.2	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.7	31.3	-13.8	17.5	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.6	-	70.5	-	67.5	34.9

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 20

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 0.321 mm/s (Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)

bewertete Schwingstärke: 0.166 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 0.333 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.07 (Tag)

0.05 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 34.9 dB(A) (Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)

Maximalpegel: 39.9 dB(A) (sekundärer Luftschall)

Beurteilungspegel: 20.1 dB(A) (Tag)

17.1 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.19 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
--	---	--

Immissionsprognose IO19

für Gebäudeübertragung 4

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG4}	L_{VI4}	-	L_{PI4}	L_{PAI4}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	22.0	-1.3	20.7	-2.3	18.4	0.0	0.0	0.0
5	24.0	-1.3	22.7	-3.1	19.6	0.0	0.0	0.0
6.3	27.0	-1.3	25.7	-2.3	23.3	0.0	0.0	0.0
8	36.0	-1.7	34.3	-1.9	32.4	0.0	0.0	0.0
10	45.0	-1.8	43.2	-1.5	41.7	0.0	0.0	0.0
12.5	48.0	-1.9	46.1	-0.8	45.3	0.0	0.0	0.0
16	53.0	-2.0	51.0	0.0	51.0	0.0	0.0	0.0
20	55.0	-2.2	52.8	0.8	53.5	0.0	0.0	0.0
25	58.0	-2.4	55.6	2.3	57.9	0.0	58.4	13.7
31.5	63.0	-2.7	60.3	6.9	67.2	0.0	64.8	25.4
40	68.0	-3.1	64.9	13.8	78.7	0.0	73.7	39.1
50	68.0	-3.6	64.4	6.9	71.4	0.0	67.1	36.9
63	68.0	-4.2	63.8	0.0	63.8	0.0	57.3	31.1
80	66.0	-4.9	61.1	-3.8	57.2	0.0	53.3	30.8
100	60.0	-5.8	54.2	-4.6	49.6	0.0	0.0	0.0
125	51.0	-6.9	44.1	-6.2	37.9	0.0	0.0	0.0
160	47.0	-6.1	40.9	-7.7	33.2	0.0	0.0	0.0
200	42.0	-5.4	36.6	-9.2	27.4	0.0	0.0	0.0
250	36.0	-4.6	31.4	-10.0	21.4	0.0	0.0	0.0
Summe	74.4	-	70.7	-	79.9	-	75.2	42.0

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 40

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit:	1.295 mm/s	(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)
bewertete Schwingstärke:	0.493	(Taktmaximal-Effektivwert)
bewertete Schwingstärke:	0.987	(Maximalwert)
Beurteilungs-Schwingstärke:	0.22	(Tag)
	0.16	(Nacht)
mittlerer Maximalpegel:	42.0 dB(A)	(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)
Maximalpegel:	47.0 dB(A)	(sekundärer Luftschall)
Beurteilungspegel:	27.2 dB(A)	(Tag)
	24.2 dB(A)	(Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 1.20 AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2
---	--	--

Immissionsprognose IO20

für Gebäudeübertragung 3

	L_{VA}	ΔL_{VE}	L_{VF}	ΔL_{VG3}	L_{VI3}	-	L_{PI3}	L_{PAI3}
Terzmittenfrequenz in Hz	dB	dB	dB	dB	dB	-	dB	dB(A)
4	25.0	-1.3	23.7	-3.1	20.6	0.0	0.0	0.0
5	27.0	-1.3	25.7	-2.3	23.4	0.0	0.0	0.0
6.3	30.0	-1.3	28.7	-1.9	26.8	0.0	0.0	0.0
8	37.0	-1.6	35.4	-1.5	33.8	0.0	0.0	0.0
10	47.0	-1.7	45.3	-0.8	44.5	0.0	0.0	0.0
12.5	50.0	-1.8	48.2	0.0	48.2	0.0	0.0	0.0
16	55.0	-2.0	53.0	0.8	53.8	0.0	0.0	0.0
20	65.0	-2.1	62.9	2.3	65.2	0.0	0.0	0.0
25	71.0	-2.3	68.7	6.9	75.6	0.0	66.3	21.6
31.5	76.0	-2.6	73.4	13.8	87.2	0.0	75.4	36.0
40	78.0	-3.0	75.0	6.9	81.9	0.0	75.7	41.1
50	72.0	-3.4	68.6	0.0	68.6	0.0	65.3	35.1
63	71.0	-4.0	67.0	-3.8	63.2	0.0	56.9	30.7
80	71.0	-4.7	66.3	-4.6	61.7	0.0	55.4	32.9
100	65.0	-5.6	59.4	-6.2	53.3	0.0	0.0	0.0
125	60.0	-6.6	53.4	-7.7	45.7	0.0	0.0	0.0
160	54.0	-5.9	48.1	-9.2	38.9	0.0	0.0	0.0
200	49.0	-5.1	43.9	-10.0	33.9	0.0	0.0	0.0
250	40.0	-4.4	35.6	-10.8	24.8	0.0	0.0	0.0
Summe	82.2	-	79.1	-	88.7	-	79.0	43.7

L_{VA} : Ausgangspegel

Deckeneigenfrequenz [Hz] 31.5

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

L_{VF} : Immissionspegel am Gebädefundament

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_{VI} : Immissionspegel auf der Decke

U : Umwandlungsmass

L_{PI} : unbewerteter Schalldruckpegel im Raur

L_{PAI} : A-bewerteter Schalldruckpegel im Raur

Anzahl der Fahrten : tags 384 nachts 96

Ergebnisse:

max.Schwinggeschwindigkeit: 3.444 mm/s **(Erschütterungsimmissionen Deckenfeld)**

bewertete Schwingstärke: 1.354 (Taktmaximal-Effektivwert)

bewertete Schwingstärke: 2.709 (Maximalwert)

Beurteilungs-Schwingstärke: 0.61 (Tag)

0.43 (Nacht)

mittlerer Maximalpegel: 43.7 dB(A) **(Innenraumpegel aus Körperschallübertragung)**

Maximalpegel: 48.7 dB(A) **(sekundärer Luftschall)**

Beurteilungspegel: 28.9 dB(A) (Tag)

25.9 dB(A) (Nacht)

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing.Bernd F.Künne&Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 2.1
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Ergebnisse der Immissionsprognose

KBFTM: Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke

KBfmax: maximale bewertete Schwingstärke

KBFT_{r,Tag/Nacht}: Beurteilungs-Schwingstärke Tag/Nacht

L_{pAm}: mittlerer Maximalpegel

L_{pAmax}: absoluter Maximalpegel

L_{r,Tag/Nacht}: Beurteilungspegel Tag/Nacht

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Innenraumpegel			
		KBFTM	KBfmax	KBFT _r		L _{pAm}	L _{pAmax}	L _{r,Tag}	L _{r,Nacht}
		-	-	Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	Alt Moabit 125	0.144	0.289	0.06	0.05	33.8	38.8	19.1	16.0
		0.169	0.338	0.08	0.05	38.3	43.3	23.5	20.5
		0.292	0.584	0.13	0.09	37.7	42.7	23.0	20.0
		0.412	0.824	0.18	0.13	41.0	46.0	26.2	23.2
2	Alt Moabit 10	0.064	0.128	0.03	0.02	29.7	34.7	< 15	< 15
		0.100	0.201	0.04	0.03	35.6	40.6	20.9	17.9
		0.202	0.403	0.09	0.06	35.4	40.4	20.6	17.6
		0.273	0.545	0.12	0.09	38.6	43.6	23.8	20.8
3	Alt Moabit 12	0.063	0.126	0.03	0.02	31.0	36.0	16.2	< 15
		0.081	0.162	0.04	0.03	31.7	36.7	16.9	< 15
		0.109	0.219	0.05	0.03	32.4	37.4	17.7	< 15
		0.134	0.269	0.06	0.04	33.3	38.3	18.5	15.5
4	Rathenower Straße 5	0.103	0.207	0.05	0.03	33.5	38.5	18.7	15.7
		0.138	0.277	0.06	0.04	34.3	39.3	19.5	16.5
		0.171	0.343	0.08	0.05	35.1	40.1	20.3	17.3
		0.222	0.444	0.10	0.07	39.6	44.6	24.8	21.8
5	Rathenower Straße 9	0.097	0.194	0.04	0.03	33.0	38.0	18.3	15.3
		0.130	0.261	0.06	0.04	33.8	38.8	19.0	16.0
		0.161	0.322	0.07	0.05	34.6	39.6	19.9	16.9
		0.201	0.402	0.09	0.06	39.1	44.1	24.4	21.3
6	Turmstraße 2	0.165	0.330	0.07	0.05	34.8	39.8	20.1	17.0
		0.209	0.418	0.09	0.07	39.3	44.3	24.5	21.5
		0.340	0.679	0.15	0.11	38.7	43.7	23.9	20.9
		0.486	0.972	0.22	0.15	41.9	46.9	27.2	24.1
7	Turmstraße 4	0.086	0.171	0.04	0.03	33.2	38.2	18.4	15.4
		0.108	0.217	0.05	0.03	33.8	38.8	19.1	16.1
		0.145	0.290	0.06	0.05	34.6	39.6	19.8	16.8
		0.180	0.359	0.08	0.06	35.4	40.4	20.7	17.7
8	Turmstraße 91	0.107	0.215	0.05	0.03	33.8	38.8	19.0	16.0
		0.144	0.287	0.06	0.05	34.5	39.5	19.8	16.8
		0.178	0.356	0.08	0.06	35.4	40.4	20.6	17.6
		0.236	0.471	0.11	0.07	39.9	44.9	25.1	22.1

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F.Künne&Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 2.2
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Ergebnisse der Immissionsprognose

KBFTM : Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke

KBFmax : maximale bewertete Schwingstärke

KBFT_{r,Tag/Nacht} : Beurteilungs-Schwingstärke Tag/Nacht

L_{pAm} : mittlerer Maximalpegel

L_{pAmax} : absoluter Maximalpegel

L_{r,Tag/Nacht} : Beurteilungspegel Tag/Nacht

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Innenraumpegel			
		KBFTM	KBFmax	KBFT _r		L _{pAm}	L _{pAmax}	L _{r,Tag}	L _{r,Nacht}
		-	-	Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
9	Turmstraße 8	0.170	0.340	0.08	0.05	35.0	40.0	20.3	17.3
		0.219	0.438	0.10	0.07	39.5	44.5	24.8	21.8
		0.351	0.701	0.16	0.11	38.9	43.9	24.1	21.1
		0.504	1.007	0.23	0.16	42.1	47.1	27.4	24.4
10	Turmstraße 11	0.102	0.203	0.05	0.03	33.4	38.4	18.6	15.6
		0.136	0.272	0.06	0.04	34.1	39.1	19.4	16.4
		0.169	0.337	0.08	0.05	35.0	40.0	20.2	17.2
		0.216	0.432	0.10	0.07	39.5	44.5	24.7	21.7
11	Turmstraße 15	0.163	0.326	0.07	0.05	34.7	39.7	20.0	17.0
		0.205	0.410	0.09	0.06	39.2	44.2	24.4	21.4
		0.335	0.670	0.15	0.11	38.6	43.6	23.8	20.8
		0.479	0.958	0.21	0.15	41.8	46.8	27.1	24.1
12	Turmstraße 86	0.106	0.213	0.05	0.03	33.7	38.7	18.9	15.9
		0.143	0.285	0.06	0.05	34.5	39.5	19.7	16.7
		0.177	0.353	0.08	0.06	35.3	40.3	20.5	17.5
		0.232	0.465	0.10	0.07	39.8	44.8	25.0	22.0
13	Turmstraße 18	0.095	0.191	0.04	0.03	32.9	37.9	18.2	15.1
		0.128	0.257	0.06	0.04	33.7	38.7	18.9	15.9
		0.159	0.317	0.07	0.05	34.5	39.5	19.8	16.7
		0.196	0.392	0.09	0.06	39.0	44.0	24.2	21.2
14	Turmstraße 20	0.161	0.322	0.07	0.05	34.6	39.6	19.9	16.9
		0.201	0.402	0.09	0.06	39.1	44.1	24.4	21.3
		0.330	0.661	0.15	0.10	38.5	43.5	23.7	20.7
		0.472	0.943	0.21	0.15	41.8	46.8	27.0	24.0
15	Turmstraße 21	0.095	0.189	0.04	0.03	32.9	37.9	18.1	15.1
		0.127	0.255	0.06	0.04	33.6	38.6	18.9	15.8
		0.157	0.315	0.07	0.05	34.5	39.5	19.7	16.7
		0.194	0.387	0.09	0.06	38.9	43.9	24.2	21.2
16	Turmstraße 22	0.172	0.344	0.08	0.05	35.1	40.1	20.4	17.3
		0.223	0.447	0.10	0.07	39.6	44.6	24.9	21.8
		0.356	0.711	0.16	0.11	39.0	44.0	24.2	21.2
		0.511	1.023	0.23	0.16	42.2	47.2	27.4	24.4

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing.Bernd F.Künne&Part. Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 2.3
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Ergebnisse der Immissionsprognose

KBFTM: Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke

KBFmax: maximale bewertete Schwingstärke

KBFT_{r,Tag/Nacht}: Beurteilungs-Schwingstärke Tag/Nacht

L_{pAm}: mittlerer Maximalpegel

L_{pAmax}: absoluter Maximalpegel

L_{r,Tag/Nacht}: Beurteilungspegel Tag/Nacht

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Innenraumpegel			
		KBFTM	KBFmax	KBFT _r		L _{pAm}	L _{pAmax}	L _{r,Tag}	L _{r,Nacht}
		-	-	Tag	Nacht	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
17	Lübecker Straße 1	0.161	0.322	0.07	0.05	34.6	39.6	19.9	16.9
		0.201	0.402	0.09	0.06	39.1	44.1	24.4	21.3
		0.330	0.661	0.15	0.10	38.5	43.5	23.7	20.7
		0.472	0.943	0.21	0.15	41.8	46.8	27.0	24.0
18	Turmstraße 24	0.100	0.200	0.04	0.03	33.3	38.3	18.5	15.5
		0.135	0.269	0.06	0.04	34.0	39.0	19.3	16.3
		0.166	0.333	0.07	0.05	34.9	39.9	20.1	17.1
		0.212	0.424	0.09	0.07	39.4	44.4	24.6	21.6
19	Turmstraße 32	0.167	0.334	0.07	0.05	34.9	39.9	20.1	17.1
		0.213	0.426	0.10	0.07	39.4	44.4	24.6	21.6
		0.344	0.688	0.15	0.11	38.8	43.8	24.0	21.0
		0.493	0.987	0.22	0.16	42.0	47.0	27.2	24.2
20	Turmstraße 34	0.555	1.111	0.25	0.18	38.8	43.8	24.0	21.0
		0.486	0.972	0.22	0.15	42.6	47.6	27.9	24.8
		1.354	2.709	0.61	0.43	43.7	48.7	28.9	25.9
		1.527	3.054	0.68	0.48	46.9	51.9	32.2	29.1

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 3.1
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Deckenfeldschwingungen / Erschütterungen

KB_{Fmax}: maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTr,Tag}: Beurteilungs-Schwingstärke zur Tagzeit

KB_{FTr,Nacht}: Beurteilungs-Schwingstärke zur Nachtzeit

rosa Markierung: zugehöriger Anhaltswert ist überschritten

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Anhaltswerte			
		KB _{Fmax}		KB _{FTr}		nach DIN 4150-2			
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Au,Tag	Au,Nacht	Ar,Tag	Ar,Nacht
1	Alt Moabit 125	0.289	0.289	0.065	0.046	0.225	0.15	0.105	0.075
		0.824	0.824	0.184	0.130				
2	Alt Moabit 10	0.128	0.128	0.029	0.020	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.545	0.545	0.122	0.086				
3	Alt Moabit 12	0.126	0.126	0.028	0.020	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.269	0.269	0.060	0.042				
4	Rathenower Straße 5	0.207	0.207	0.046	0.033	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.444	0.444	0.099	0.070				
5	Rathenower Straße 9	0.194	0.194	0.043	0.031	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.402	0.402	0.090	0.064				
6	Turmstraße 2	0.330	0.330	0.074	0.052	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.972	0.972	0.217	0.154				
7	Turmstraße 4	0.171	0.171	0.038	0.027	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.359	0.359	0.080	0.057				
8	Turmstraße 91	0.215	0.215	0.048	0.034	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.471	0.471	0.105	0.074				
9	Turmstraße 8	0.340	0.340	0.076	0.054	0.3	0.225	0.15	0.105
		1.007	1.007	0.225	0.159				
10	Turmstraße 11	0.203	0.203	0.045	0.032	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.432	0.432	0.097	0.068				
11	Turmstraße 15	0.326	0.326	0.073	0.052	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.958	0.958	0.214	0.151				
12	Turmstraße 86	0.213	0.213	0.048	0.034	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.465	0.465	0.104	0.073				
13	Turmstraße 18	0.191	0.191	0.043	0.030	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.392	0.392	0.088	0.062				
14	Turmstraße 20	0.322	0.322	0.072	0.051	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.943	0.943	0.211	0.149				
15	Turmstraße 21	0.189	0.189	0.042	0.030	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.387	0.387	0.087	0.061				

Wenn der Anhaltswert Au überschritten ist, ist zu prüfen, ob der Anhaltswert Ar eingehalten wird!

Wenn der Anhaltswert Ar eingehalten wird ist kein Erschütterungsschutz erforderlich!

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 3.2
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Deckenfeldschwingungen / Erschütterungen

KB_{Fmax}: maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTr,Tag}: Beurteilungs-Schwingstärke zur Tagzeit

KB_{FTr,Nacht}: Beurteilungs-Schwingstärke zur Nachtzeit

rosa Markierung: zugehöriger Anhaltswert ist überschritten

IO	Gebäude	Deckenfeldschwingung				Anhaltswerte			
		KB _{Fmax}		KB _{FTr}		nach DIN 4150-2			
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Au,Tag	Au,Nacht	Ar,Tag	Ar,Nacht
16	Turmstraße 22	0.344	0.344	0.077	0.054	0.3	0.225	0.15	0.105
		1.023	1.023	0.229	0.162				
17	Lübecker Straße 1	0.322	0.322	0.072	0.051	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.943	0.943	0.211	0.149				
18	Turmstraße 24	0.200	0.200	0.045	0.032	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.424	0.424	0.095	0.067				
19	Turmstraße 32	0.334	0.334	0.075	0.053	0.3	0.225	0.15	0.105
		0.987	0.987	0.221	0.156				
20	Turmstraße 34	0.972	0.972	0.217	0.154	0.3	0.225	0.15	0.105
		3.054	3.054	0.683	0.483				

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 4.1
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Innenraumpegel aus Körperschallübertragung / Sekundärluftschall

LpAm : mittlerer Maximalpegel

LpAmax : maximaler Maximalpegel (kein Beurteilungskriterium)

S: Schlafrum; W: Wohnraum; P: Praxen, Unterrichtsräume; B: Büros; L: Läden

rosa Markierung: Orientierungswert ist überschritten

IO	Gebäude	Innenraumpegel		Orientierungswert für LpAm				
		LpAm	LpAmax	in Anlehnung an VDI 2719				
		dB(A)	dB(A)	S	W	P	B	L
1	Alt Moabit 125	33.8	38.8	40	45	45	50	55
		41.0	46.0	40	45	45	50	55
2	Alt Moabit 10	29.7	34.7	40	45	45	50	55
		38.6	43.6	40	45	45	50	55
3	Alt Moabit 12	31.0	36.0	40	45	45	50	55
		33.3	38.3	40	45	45	50	55
4	Rathenower Straße 5	33.5	38.5	40	45	45	50	55
		39.6	44.6	40	45	45	50	55
5	Rathenower Straße 9	33.0	38.0	40	45	45	50	55
		39.1	44.1	40	45	45	50	55
6	Turmstraße 2	34.8	39.8	40	45	45	50	55
		41.9	46.9	40	45	45	50	55
7	Turmstraße 4	33.2	38.2	40	45	45	50	55
		35.4	40.4	40	45	45	50	55
8	Turmstraße 91	33.8	38.8	40	45	45	50	55
		39.9	44.9	40	45	45	50	55
9	Turmstraße 8	35.0	40.0	40	45	45	50	55
		42.1	47.1	40	45	45	50	55
10	Turmstraße 11	33.4	38.4	40	45	45	50	55
		39.5	44.5	40	45	45	50	55
11	Turmstraße 15	34.7	39.7	40	45	45	50	55
		41.8	46.8	40	45	45	50	55
12	Turmstraße 86	33.7	38.7	40	45	45	50	55
		39.8	44.8	40	45	45	50	55
13	Turmstraße 18	32.9	37.9	40	45	45	50	55
		39.0	44.0	40	45	45	50	55
14	Turmstraße 20	34.6	39.6	40	45	45	50	55
		41.8	46.8	40	45	45	50	55
15	Turmstraße 21	32.9	37.9	40	45	45	50	55
		38.9	43.9	40	45	45	50	55

AUFTRAGGEBER BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Part. Döhrbruch 103 30559 Hannover	OBJEKT Straßenbahn in Berlin Projekt Turmstraße Schwingungen Straßenbahn	ANLAGE-NR. 4.2
		AUFTRAGS-NR. S 01.1508.16/2

Innenraumpegel aus Körperschallübertragung / Sekundärluftschall

LpAm : mittlerer Maximalpegel

LpAmax : maximaler Maximalpegel (kein Beurteilungskriterium)

S: Schlafrum; W: Wohnraum; P: Praxen, Unterrichtsräume; B: Büros; L: Läden

rosa Markierung: Orientierungswert ist überschritten

IO	Gebäude	Innenraumpegel		Beurteilung für LpAm				
		LpAm	LpAmax	in Anlehnung an VDI 2719				
		dB(A)	dB(A)	S	W	P	B	L
16	Turmstraße 22	35.1	40.1	40	45	45	50	55
		42.2	47.2	40	45	45	50	55
17	Lübecker Straße 1	34.6	39.6	40	45	45	50	55
		41.8	46.8	40	45	45	50	55
18	Turmstraße 24	33.3	38.3	40	45	45	50	55
		39.4	44.4	40	45	45	50	55
19	Turmstraße 32	34.9	39.9	40	45	45	50	55
		42.0	47.0	40	45	45	50	55
20	Turmstraße 34	38.8	43.8	40	45	45	50	55
		46.9	51.9	40	45	45	50	55