

**I.B.U.**

**INGENIEURBÜRO**

für Schwingungs-, Schall- und  
Schienenverkehrstechnik GmbH

engineers for vibration, noise  
and railway technology

Dipl.-Ing. Udo Lenz

Sitz: Essen (HRB 23825)

Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen

Tel. 0201 87445 0

Fax 0201 87445 45

E-Mail office@ibugmbh.com  
www.ibugmbh.com

**Auftraggeber:** VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft  
FA-MA-TB  
Gleisplanung/Vermessung  
  
90338 Nürnberg

**Objekt:** BV: Ostendstraße BA II

**Titel:** **Schwingungstechnische Untersuchung**  
Teil 2: Beurteilung des zukünftigen  
Schwingungsimmissionsstatus

**Auftrag Nr.:** S 07.1574.16/2

**Datum:** 28.10.2016

**Umfang:** 16 Textseiten  
14 Anlagen

INHALT

1	AUFGABENSTELLUNG	S.	3
2	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	S.	3
2.1	Gleisoberbau	S.	3
2.2	Fahrplansituation	S.	4
2.3	Gebietsausweisung	S.	4
2.4	Geplante Änderungen	S.	4
3	IMMISSIONSKENNWERTE	S.	4
3.1	Erschütterungen	S.	4
3.2	Körperschall	S.	5
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	S.	5
4.1	Vorbemerkung	S.	5
4.2	Erschütterungen	S.	6
4.3	Körperschall	S.	8
5	PROGNOSE	S.	10
6	BEURTEILUNG	S.	13
7	MAßNAHMEN	S.	14
8	ANLAGEN	S.	15
9	ÄNDERUNGSINDEX	S.	16

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Die VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg und die Stadt Nürnberg planen eine Umbaumaßnahme im Verlauf der Straßenbahnlinie 5 (Hauptbahnhof-Tiergarten). Zwischen der Cheruskerstraße und Tusneldastraße werden die Straße und der Schienenweg neu gestaltet, mit bereichsweise deutlichen Lageänderungen des Schienenwegs.

Die bestehende Straßenbahnhaltestelle Lechnerstraße wird komplett neu geplant und in der Lage geändert.

Im Rahmen der Planfeststellung ist eine schwingungstechnische Untersuchung erforderlich. Die I.B.U. GmbH wurde damit beauftragt, Beweissicherungsmessungen der Schwingungsimmisionen in ausgewählten Anliegergebäuden durchzuführen. Basierend auf den Ergebnissen der Beweissicherungsmessung ist eine Prognose der Schwingungsimmisionen für die zukünftige Situation durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Immissionsprognose sind dem vorliegenden Bericht zu entnehmen.

## 2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Für die Bearbeitung des Gutachtens wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Lageplan Ostendstraße im Maßstab 1:500 als pdf-File (Ostendstraße\_2\_1873\_2\_8D\_08\_07\_16.pdf)
- Lageplan Ostendstraße im Maßstab 1:500 als pdf-File (VAG-Ostendstraße BA2.pdf)
- Fotodokumentation und schwingungstechnische Gebäudeeinschätzung der Ortsbesichtigung vom 21. und 22. September 2016.

Weitere Angaben der VAG Nürnberg, wie sie folgend zusammengestellt sind.

### 2.1 Gleisoberbau

Derzeit befindet sich in der Ostendstraße ein Rillengleis mit Pflaster- oder Gussasphalteindeckung. Die Rillenschienen sind entweder auf Kalkbruchsteinen oder Schwellen gelagert. Der vorhandene Oberbau weist voraussichtlich nur eine geringe Elastizität auf.

In Teilbereichen der Ostendstraße ist ein Rasengleis mit Vignolschienen und Betonlängsbalken vorgesehen. In einem weiteren Abschnitt mit kleinem Radius wird der Einbau des Oberbausystems Rheda-City geplant. In den Bereichen mit Kfz-Überführung wird das System Rheda-City mit Asphalteindeckung angeordnet. Es ist davon auszugehen, dass diese Oberbauformen in der Standardbauweise ebenfalls nur eine geringe Elastizität aufweisen.

## 2.2 Fahrplansituation

Die Ostendstraße wird von den Straßenbahnen der Linie 5 mit 91 Fahrten am Tag und 16 Fahrten in der Nacht je Richtung derzeit und auch zukünftig befahren.

## 2.3 Gebietsausweisung

Es erfolgt eine Orientierung anhand des Flächennutzungsplans der Stadt Nürnberg. Demnach kann der Bereich zwischen Cheruskerstraße und Breitengraserstraße als Gewerbegebiet angesehen werden. Die Bereiche nördlich der Ostendstraße zwischen Breitengraserstraße und Thusneldastraße wird einem Kerngebiet zugordnet. Gleiches gilt für den südlichen Bereich zwischen Lindnerstraße und Thusneldastraße. Der Bereich der Thusnelda Grund- und Hauptschule ist als besonders schutzbedürftig anzusehen.

## 2.4 Geplante Änderungen

Der Bereich der Umbaumaßnahme beginnt an der Cheruskerstraße. Hier sind relativ geringe Gleisachsverschiebungen geplant. Der derzeit vorhandene Gleisabzweig entfällt. Im weiteren Streckenabschnitt sind ebenfalls relativ geringe Gleisachsverschiebungen vorgesehen. Im Bereich der Haltestelle Lechnerstraße wird die vorhandene Inselhaltestelle der stadteinwärtigen Richtung in westliche Richtung verschoben. Die vorhandene seitliche Haltestelle der stadtauswärtigen Richtung wird barrierefrei ausgebaut. Diese Veränderungen bedingen im Haltestellenbereich deutliche Gleisachsverschiebungen.

## 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  $KB_{F_{max}}$  bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{F_{Tr}}$  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/m<sup>2</sup> (Sekundärluftschall). Die zugehörigen Pegel werden als Körperschall-Schwingschnellepegel und Körperschall-Schalldruckpegel in logarithmischer Form folgendermaßen ausgedrückt:

Körperschall-Schwingschnellepegel

Körperschall-Schalldruckpegel

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

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

$v$ : Effektivwert der Schwingschnelle in mm/s

$p$ : Effektivwert des Schalldrucks in N/m<sup>2</sup>

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

$p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  N / m<sup>2</sup>: Bezugsschalldruck

Der Körperschall-Schalldruck 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 Körperschall-Schalldrucks 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:

$$L_v; L_p = 10 \cdot \lg \sum_{f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1 L_{vT}; L_{pT}} \text{ (dB; dB(A))} \quad (3)$$

$f_{Tu}$ : unterste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

$f_{To}$ : oberste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

$L_{vT}; L_{pT}$ : Pegel der jeweiligen Terzmittenfrequenz

## 4. BEURTEILUNGSKRITERIEN

### 4.1 Vorbemerkung

Für die Beurteilung der von Schienenverkehrswegen ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existieren keine rechtlich bindenden Immissionsrichtwerte. Beim Umbau einer Gleisanlage kommt es daher zunächst darauf an, dass möglichst keine Verschlechterung entsteht. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die folgend beschriebenen Regelwerke zu beachten.

#### 4.2 Erschütterungen

Derzeit sind schon Gleise im Bereich der für den Umbau vorgesehenen Gleisanlage vorhanden. Es treten also jetzt schon nachweisbare Erschütterungsimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Der vorhandene Erschütterungsimmissionsstatus wurde messtechnisch ermittelt. Im Zusammenhang mit Planungen der DBAG wird eine Zunahme der Beurteilungsschwingstärke nach DIN 4150-2 um bis zu 25 % durch Umbauplanungen als zulässig angesehen. Insofern kann eine Beurteilung wie folgt erfolgen:

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

→ Schutzmaßnahme erforderlich.

Erschütterungsimmissionen lassen sich unabhängig von der Vorbelastung anhand DIN 4150 beurteilen:

- Teil 2, Juni 1999 – Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- Teil 3, Februar 1999 – Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

Die Erschütterungsimmissionen des Schienenverkehrs werden nach DIN 4150/2 wie folgt behandelt:

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  $A_o$ .

- Für unterirdischen Schienenverkehr gelten die Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  der Tabelle 1.
- Für oberirdischen Schienenverkehr des ÖPNV (Straßen-, Stadt-, S- und U-Bahnen) gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte der Tabelle 1.
- Für sonstigen oberirdischen Schienenverkehr gelten bei neu zu bauenden Strecken die Anhaltswerte der Tabelle 1.

Die Tabelle 1 der DIN 4150-2 (Anhaltswerte  $A$  für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen) 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 Anhaltswert  $A_u$  zu vergleichen:

$$KB_{Fmax} \leq 1,5 \cdot A_u \rightarrow \text{Richtwert eingehalten}$$

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 Taktmaximal-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:

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

Bei Einhaltung des Anhaltwertes der DIN 4150/2 für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen ist sichergestellt, dass die Einwirkungen auf Gebäude entsprechend DIN 4150-3 nicht schädlich sind. Hier kann ein weiterer Nachweis entfallen.

#### 4.3 Körperschall

Derzeit sind schon Gleise im Bereich des für den Umbau vorgesehenen Streckenabschnittes vorhanden. Es treten also jetzt schon nachweisbare Körperschallimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Da für Körperschallimmissionen des Schienenverkehrs derzeit keine Richtwerte für eine Beurteilung existieren, ist es 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 Körperschallimmissionsstatus 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

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

Ein Kriterium zur Beurteilung der Höhe der Körperschallpegel existiert in der 16. BImSchV nicht.



Der 7. Senat des Bundesverwaltungsgerichts hat zu einer Eisenbahnplanung (BVerwG 7 A 14.09) u.a. folgende Festlegungen zur Beurteilung der Körperschallimmissionen (sekundärer Luftschall) 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 in Schlafräumen zulässig. Bei diesen für Eisenbahnen entstandenem Urteil bleibt unberücksichtigt, dass bei Straßenbahnen deutlich geringere Einwirkzeiten für Körperschallimmissionen auftreten. Der Unterschied zwischen Maximalpegel und Beurteilungspegel steht damit bei Stra-

ßenbahnen in einem ungünstigeren Verhältnis als bei Eisenbahnen. Insofern ist es empfehlenswert, eine Beurteilung der Maximalpegel vorzunehmen. Dies kann beispielsweise nach VDI 2719 erfolgen.

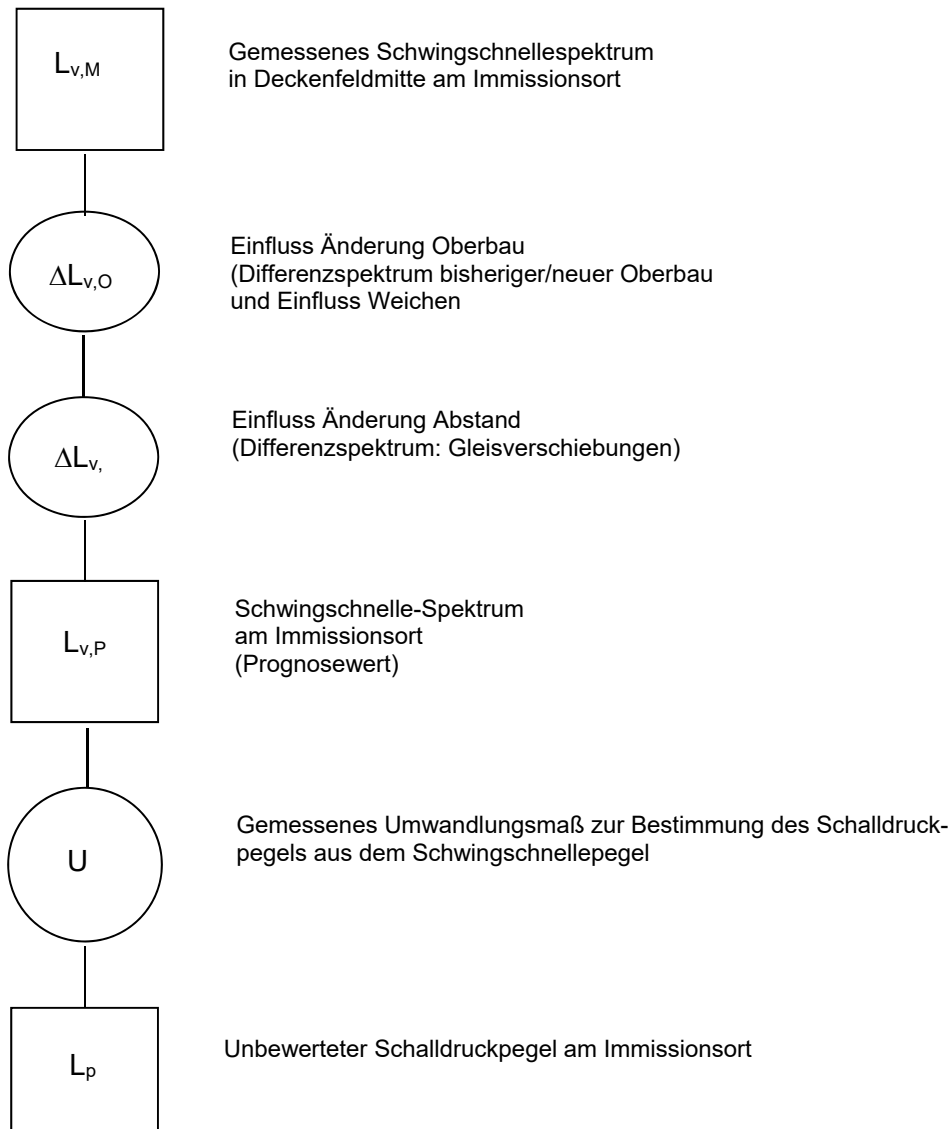
In der VDI-Richtlinie 2719 - Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen -, Ausg. August 1987, werden in der Tabelle 6 Anhaltswerte für von außen in Aufenthaltsräume eindringendem Schall benannt. Abhängig von Raumnutzung und Gebietsausweisung werden dort die in Tabelle 2 aufgelisteten mittleren Maximalpegel als zulässig angesehen.

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

**Tabelle 3:** Anhaltswerte für zulässige Innenpegel nach VDI 2719

## 5 PROGNOSE

Es wurden Beweissicherungsmessungen durchgeführt. Basierend auf den Messergebnissen erfolgt eine Immissionsprognose für die ausgewählten Messorte. Die Ergebnisse der Immissionsprognose sind Grundlage für die abschließende Beurteilung der zukünftigen Situation. Die Prognose wird wie in Bild 1 dargestellt durchgeführt.



**Bild 1:** Prognosemodell Messung

Aus dem nach Bild 1 ermittelten Schwingschnelle- und dem Schalldruckpegel am Immissionsort werden dann die für die Beurteilung maßgebenden Immissionsgrößen ermittelt.

**Erschütterungsimmissionen**

$$KB_{F,P} = 10^{0,05 \cdot [L_{v,P} - L_{v,M}]} \cdot KB_{F,M} \quad (6)$$

$KB_{F,P}$  : prognostizierte Bewertete Schwingstärke  
(gesuchte Größe)

$KB_{F,M}$  : gemessene Bewertete Schwingstärke  
(Beweissicherungsmessung)

$L_{v,P}$  : linearer Summenpegel des prognostizierten Schwingschnelle-  
spektrums für den Frequenzbereich  $f_T = 5-80$  Hz  
(aus Prognose Körperschall)

$L_{v,M}$  : linearer Summenpegel des gemessenen Schwingschnelle-  
spektrums für den Frequenzbereich  $f_T = 5-80$  Hz  
(Beweissicherungsmessung)

Für die Berechnung der **Erschütterungsimmissionen** wird neben dem gemessenen bzw. prognostizierten Schwingschnelle-Summenpegel der dem Messbericht zu entnehmende **Taktmaximal-Effektivwert** ( $KB_{FTm}$ ) verwendet. Der Taktmaximal-Effektivwert entspricht dem quadratischen Mittelwert aller Einzelwerte der erfassten bewerteten Schwingstärken  $KB_{FTi}$ . Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke ( $KB_{FTm}$ ) als Prognosewert. Aus  $KB_{FTm}$  wird entsprechend Abschn. 4.2 unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungs-Schwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich zu:

$$KB_{Fmax} \approx 1,5 \cdot KB_{FTm} \quad (7)$$

**Körperschallimmissionen**

$$L_{pAm} = 10 \lg \sum_{i=f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1(L_{pm,T} + K_A)} \text{ dB(A)} \quad (8)$$

$f_{Tu}, f_{To}$ : untere bzw. obere Terzmittenfrequenz des maßgebenden  
Frequenzbereiches  $f_{Tu} = 5$  Hz bis  $f_{To} = 250$  Hz

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

$K_A$ : A-Bewertung entsprechend DIN 45634

Der Anlage-Nr. 2 sind die Ergebnisse der Immissionsprognose zu entnehmen. In Tabelle 3 sind die für die weitere Beurteilung relevanten Kennwerte als Maximalwert des jeweiligen Messortes (Gebäude) zusammengefasst. Da die Fahrplandaten sich nicht ändern entspricht

die Zunahme den Taktmaximal-Effektivwerten der bewerteten Schwingstärke der Zunahme der Beurteilungs-Schwingstärke.

Gebäude	Zunahme KB <sub>FTr</sub> [%]	KB <sub>FTr</sub>		Zunahme L <sub>pAm</sub> [dB(A)]	L <sub>pAm</sub> [dB(A)]
		Tag	Nacht		
Ostendstraße 168	2	0,31	0,18	2,0	33
Ostendstraße 171	8	0,04	0,02	2,3	33
Ostendstraße 176	6	0,30	0,18	1,8	39
Ostendstraße 181	0	0,02	0,01	*	*

KB<sub>FTr</sub>: Beurteilungs-Schwingstärke nach DIN 4150-2

L<sub>pAm</sub>: mittlerer Maximalpegel des Körperschall-Schalldruckpegels (Sekundärluftschall)

\* kein Messwert

**Tabelle 3a:** Zusammenfassung Prognoseergebnisse GT6N

Gebäude	Zunahme KB <sub>FTr</sub> [%]	KB <sub>FTr</sub>		Zunahme L <sub>pAm</sub> [dB(A)]	L <sub>pAm</sub> [dB(A)]
		Tag	Nacht		
Ostendstraße 168	4	0,35	0,21	2,0	35
Ostendstraße 171	4	0,05	0,03	2,3	31
Ostendstraße 176	15	0,21	0,13	2,0	39
Ostendstraße 181	0	0,03	0,02	*	*

KB<sub>FTr</sub>: Beurteilungs-Schwingstärke nach DIN 4150-2

L<sub>pAm</sub>: mittlerer Maximalpegel des Körperschall-Schalldruckpegels (Sekundärluftschall)

\* kein Messwert

**Tabelle 3b:** Zusammenfassung Prognoseergebnisse GT8N

Den Anlagen-Nr. 3.1 - 3.8 sind auszugsweise Prognoseberechnungen zu entnehmen.

## 6 BEURTEILUNG

Im Planungsabschnitt Cheruskerstraße bis Breitgraserstraße befindet sich ein Gewerbegebiet, in dem eine entsprechende Nutzung stattfindet. In diesem Bereich treten nur relativ geringfügige Gleisachsverschiebungen auf. Zudem entfällt ein Gleisabzweig mit entsprechenden Weichen und Kreuzungen. Unter Berücksichtigung der Vorbelastung (vorhandene Gleisanlage) und im Hinblick auf die normale gewerbliche Nutzung sind in diesem Bereich keine besonderen Schutzmaßnahmen zur Minderung der Emissionen der geplanten Gleisanlage erforderlich.

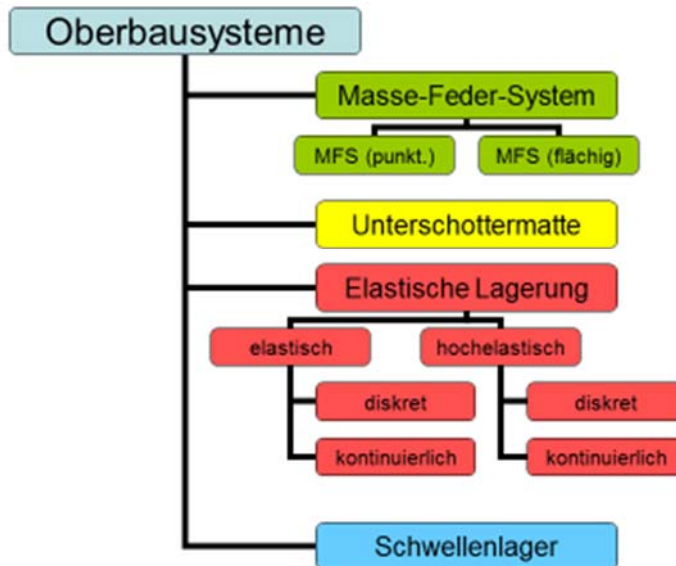
Zwischen der Breitengraserstraße imd der Lindnerstraße befindet sich südlich der Ostendstraße die Thusnelda-Schule. Die Schulgebäude befinden sich in einem relativ großen Abstand zur Gleistrasse. Insofern ist davon auszugehen, dass derzeit keine relevanten Schwingungsimmissionen in den Gebäuden auftreten. Das Heranrücken der Gleise bewirkt eine Zunahme der

Schwingungsimmissionen. Die Zunahme der Schwingungsimmissionen bleibt aber unter den in Abschn. 4 beschriebenen Änderungskriterien. Zudem dürften die genannten Anhalts- und Orientierungswerte weiterhin eingehalten sein. Lediglich der im Plan ausgewiesene Schulcontainer ist als problematisch anzusehen. Der Container ist auf Grund seiner Bauweise sehr erschütterungsanfällig. Zudem rückt hier das südliche Gleis dichter an das Gebäude heran. Es kann davon ausgegangen werden, dass das beschriebene Änderungskriterium „Erschütterungszunahme  $\geq 25\%$ “ hier erreicht wird und die Erschütterungsimmissionen den 1,5fachen Anhaltswerten der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte überschreiten. Sofern der Schulcontainer für Unterrichtszwecke genutzt wird, ist eine Maßnahme zur Minderung der Schwingungsimmissionen des südlichen Gleises erforderlich.

Im Bereich zwischen Lindnerstraße und Lechnerstraße befinden sich Wohn- und Geschäftshäuser in relativ geringem Abstand zur Gleisanlage. In diesem Bereich wurde in 4 Gebäuden Schwingungsmessungen durchgeführt. Auffällig ist, dass in zwei Gebäuden sehr hohe Erschütterungsimmissionen bereits derzeit auftreten. Es handelt sich hierbei um die Gebäude Ostendstraße 168 und 176. Ursache hierfür sind die in den Gebäuden vorhandenen niedrigen Deckeneigenfrequenzen, die sich offensichtlich gut von der Straßenbahn anregen lassen. In den anderen zwei Gebäuden wurden höhere Deckeneigenfrequenzen erfasst und die Erschütterungsimmissionen waren gering. Die in den Gebäuden aus der Körperschallübertragung entstehenden und messtechnisch erfassten Innenraumpegel liegen unter dem Orientierungswert von 40 dB(A) für Schlafräume. Die Immissionsprognose lässt den Schluss zu, dass moderate Zunahmen der Schwingungsimmissionen in den Anliegergebäuden eintreten. Diese liegen voraussichtlich unter den vorher beschriebenen Änderungskriterien. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Zunahme der Körperschallimmissionen wahrnehmbar sein wird. Im Hinblick auf die Höhe der gemessenen Körperschallimmissionen wird der Einbau einer elastischen Gleislagerung in diesem Bereich empfohlen.

## 7 MAßNAHMEN

Dem Bild 1 sind die entsprechend DIN 45673-1 Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 1: Begriffe, Prüfverfahren, Klassifizierung – möglichen Schutzmaßnahmen zusammengefasst.



**Bild 1:** Übersicht elastische Oberbauformen nach DIN 45673

Da die Gleisanlage sich auch zukünftig im Straßenbereich befindet und vom Kfz-Verkehr befahren wird, ist der Einbau eines Rillenschienenoberbaus erforderlich. Im Hinblick auf die hier empfohlene Anordnung einer Maßnahme zur Reduzierung der Körperschallemissionen der Gleisanlage wird der Einbau einer elastischen Rillenschienenlagerung nach DIN 45673 – Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 8: Labor-Prüfverfahren für kontinuierliche elastische Schienenlagerungen – mit einer maximalen vertikalen Schienenverformung von 1 – 1,5 mm unter maximaler Radsatzlast vorgeschlagen.

Im Bereich des Schulcontainers, ist ergänzend zur elastischen Rillenschienenlagerung eine Betonplatte der Stärke ca. 50 cm auf besonders gut verdichtetem Untergrund vorzusehen. Betroffen ist hier nur das südliche Gleis über eine Länge von ca. 50 m. Diese besonders starke Betonplatte ist in etwa mittig vor dem Schulcontainer einzubauen.

## 8 ANLAGEN

Anlagen-Nr. 1.1 + 1.2:	Lageplan
Anlagen-Nr. 2.1 – 2.4:	Zusammenfassung Immissionsprognose
Anlagen-Nr. 3.1 – 3.8:	Prognoseberechnung (auszugsweise)

9 ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeiter	Bemerkungen
a			
b			
c			
d			
e			

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Udo Lenz

Essen, 28.10.2016

I.B.U.  
Ingenieurbüro für Schwingungs-, Schall- und  
Schienenverkehrstechnik GmbH



AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße

ANLAGE-NR.  
1.1

LAGEPLAN



AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße  
LAGEPLAN

ANLAGE-NR.  
1.2



AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße

ANLAGE-NR.  
2.1

IMMISSIONSPROGNOSE

ERGEBNISSE		GT6N				Anzahl der Fahrten Tag:		91	91		
						Nacht:		16	16		
		Messung		Prognose							
		KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBFTTr	KBFTTr	LpA	ΔLpA *	ΔKBFTm**	
		[dB(A)]				Tag	Nacht	[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO1</b>											
Ostendstr. 168	MP2.1 Rill	0.071	-	0.079	0.119	0.02	0.01	-	-	11.6	
	MP2.1 Rill	0.094	-	0.091	0.137	0.02	0.01	-	-	-3.0	
	beide Richtungen					0.03	0.02				
Ostendstr. 168	MP3.1 Rill	0.795	-	0.884	1.326	0.19	0.11	-	-	11.2	
	MP3.1 Rill	1.146	-	1.113	1.670	0.24	0.14	-	-	-2.9	
	beide Richtungen					0.31	0.18				
Ostendstr. 168	MP3.2 Rill	0.428	30.8	0.476	0.715	0.10	0.06	32.8	2.0	11.3	
	MP3.2 Rill	0.597	30.8	0.580	0.870	0.13	0.07	30.1	-0.7	-2.9	
	beide Richtungen					0.16	0.10				
	Maximalwert	1.146	30.8	1.113	1.670	0.31	0.18	32.8	2.0	11.6	
		* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"				** Zunahme KBFTM in %					
<b>MO2</b>											
Ostendstr. 171	MP2.1 Rill	0.104	-	0.098	0.146	0.02	0.01	-	-	-6.2	
	MP2.1 Rill	0.127	-	0.145	0.217	0.03	0.02	-	-	14.2	
	beide Richtungen					0.04	0.02				
Ostendstr. 171	MP3.1 Rill	0.074	-	0.070	0.106	0.02	0.01	-	-	-4.8	
	MP3.1 Rill	0.106	-	0.121	0.181	0.03	0.02	-	-	13.9	
	beide Richtungen					0.03	0.02				
Ostendstr. 171	MP3.2 Rill	0.061	34.2	0.058	0.087	0.01	0.01	33.0	-1.2	-5.0	
	MP3.2 Rill	0.052	26.1	0.058	0.088	0.01	0.01	< 30	2.3	12.3	
	beide Richtungen					0.02	0.01				
	Maximalwert	0.127	34.2	0.145	0.217	0.04	0.02	33.0	2.3	14.2	
		* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"				** Zunahme KBFTM in %					

AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße

ANLAGE-NR.  
2.2

IMMISSIONSPROGNOSE

**ERGEBNISSE GT6N**

		Messung		Prognose				Anzahl der Fahrten Tag: 91 Nacht: 16		91 16	
		KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBFT <sub>r</sub>	KBFT <sub>r</sub>	LpA	ΔLpA*	ΔKBFTm**	
		[dB(A)]		Tag Nacht				[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO3</b>											
Ostendstr. 176	MP2.1 Ril	0.091	-	0.107	0.160	0.02	0.01	-	-	17.5	
	MP2.1 Rill	0.098	-	0.093	0.139	0.02	0.01	-	-	-5.5	
	beide Richtungen					0.03	0.02				
Ostendstr. 176	MP3.1 Ril	0.778	-	0.851	1.276	0.19	0.11	-	-	9.3	
	MP3.1 Rill	1.118	-	1.080	1.620	0.24	0.14	-	-	-3.4	
	beide Richtungen					0.30	0.18				
Ostendstr. 176	MP3.2 Ril	0.089	37.5	0.099	0.148	0.02	0.01	39.3	1.8	10.8	
	MP3.2 Rill	0.139	36.6	0.133	0.200	0.03	0.02	35.8	-0.8	-4.1	
	beide Richtungen					0.04	0.02				
	Maximalwert	1.118	37.5	1.080	1.620	0.30	0.18	39.3	1.8	17.5	

\* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"

\*\* Zunahme KBFTM in %

		Messung		Prognose				Anzahl der Fahrten Tag: 91 Nacht: 16		91 16	
		KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBFT <sub>r</sub>	KBFT <sub>r</sub>	LpA	ΔLpA*	ΔKBFTm**	
		[dB(A)]		Tag Nacht				[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO4</b>											
Ostendstr. 181	MP2.1 Ril	0.075	-	0.070	0.105	0.02	0.01	-	-	-7.1	
	MP2.1 Rill	0.083	-	0.084	0.126	0.02	0.01	-	-	1.2	
	beide Richtungen					0.02	0.01				
	Maximalwert	0.083	0.0	0.084	0.126	0.02	0.01	0.0	0.0	1.2	

\* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"

\*\* Zunahme KBFTM in %

AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße

ANLAGE-NR.  
2.3

IMMISSIONSPROGNOSE

ERGEBNISSE GT8N

			Messung		Prognose				Anzahl der Fahrten Tag: 91 Nacht: 16		91 16	
			KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBfTr	KBfTr	LpA	ΔLpA *	ΔKBFTm**	
			[dB(A)]				Tag	Nacht	[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO1</b>												
Ostendstr. 168	MP2.1	Ril	0.071	-	0.079	0.119	0.02	0.01	-	-	11.7	
	MP2.1	Rill	0.126	-	0.120	0.180	0.03	0.02	-	-	-4.6	
	beide Richtungen						0.03	0.02				
Ostendstr. 168	MP3.1	Ril	1.032	-	1.148	1.722	0.25	0.15	-	-	11.2	
	MP3.1	Rill	1.138	-	1.105	1.658	0.24	0.14	-	-	-2.9	
	beide Richtungen						0.35	0.21				
Ostendstr. 168	MP3.2	Ril	0.497	30.7	0.553	0.830	0.12	0.07	32.7	2.0	11.3	
	MP3.2	Rill	0.545	36.1	0.529	0.794	0.12	0.07	35.4	-0.7	-2.9	
	beide Richtungen						0.17	0.10				
	Maximalwert		1.138	36.1	1.148	1.722	0.35	0.21	35.4	2.0	11.7	

\* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"

\*\* Zunahme KBFTM in %

			Messung		Prognose				Anzahl der Fahrten Tag: 91 Nacht: 16		91 16	
			KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBfTr	KBfTr	LpA	ΔLpA *	ΔKBFTm**	
			[dB(A)]				Tag	Nacht	[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO2</b>												
Ostendstr. 171	MP2.1	Ril	0.179	-	0.168	0.252	0.04	0.02	-	-	-6.2	
	MP2.1	Rill	0.132	-	0.151	0.227	0.03	0.02	-	-	14.8	
	beide Richtungen						0.05	0.03				
Ostendstr. 171	MP3.1	Ril	0.159	-	0.151	0.226	0.03	0.02	-	-	-5.2	
	MP3.1	Rill	0.118	-	0.135	0.202	0.03	0.02	-	-	14.2	
	beide Richtungen						0.04	0.03				
Ostendstr. 171	MP3.2	Ril	0.053	32.2	0.051	0.076	0.01	0.01	31.0	-1.2	-4.6	
	MP3.2	Rill	0.050	26.3	0.056	0.085	0.01	0.01	< 30	2.3	13.0	
	beide Richtungen						0.02	0.01				
	Maximalwert		0.179	32.2	0.168	0.252	0.05	0.03	31.0	2.3	14.8	

\* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"

\*\* Zunahme KBFTM in %

AUFTRAGGEBER:  
VAG NÜRNBERG

AUFTRAG-NR.:  
S 07.1574.16/2

Schwingungstechnische Untersuchung  
Ostendstraße

ANLAGE-NR.  
2.4

IMMISSIONSPROGNOSE

ERGEBNISSE		GT8N				Anzahl der Fahrten Tag:		91	91		
						Nacht:		16	16		
		Messung		Prognose							
		KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBFT <sub>r</sub>	KBFT <sub>r</sub>	LpA	ΔLpA *	ΔKBFTm**	
		[dB(A)]				Tag	Nacht	[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO3</b>											
Ostendstr. 176	MP2.1	Ril	0.118	-	0.142	0.213	0.03	0.02	-	-	20.3
	MP2.1	Rill	0.063	-	0.060	0.091	0.01	0.01	-	-	-4.2
	beide Richtungen					0.03	0.02				
Ostendstr. 176	MP3.1	Ril	0.270	-	0.297	0.446	0.06	0.04	-	-	10.0
	MP3.1	Rill	0.973	-	0.940	1.410	0.20	0.12	-	-	-3.4
	beide Richtungen					0.21	0.13				
Ostendstr. 176	MP3.2	Ril	0.069	37.3	0.078	0.116	0.02	0.01	39.3	2.0	12.4
	MP3.2	Rill	0.104	36.4	0.100	0.150	0.02	0.01	35.6	-0.8	-3.7
	beide Richtungen					0.03	0.02				
	Maximalwert		0.973	37.3	0.940	1.410	0.21	0.13	39.3	2.0	20.3
						* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"		** Zunahme KBFTM in %			

		Messung		Prognose							
		KBFTm	LpA	KBFTm	KBfmax	KBFT <sub>r</sub>	KBFT <sub>r</sub>	LpA	ΔLpA *	ΔKBFTm**	
		[dB(A)]				Tag	Nacht	[dB(A)]	[dB(A)]	%	
<b>MO4</b>											
Ostendstr. 181	MP2.1	Ril	0.105	-	0.098	0.148	0.02	0.01	-	-	-6.2
	MP2.1	Rill	0.086	-	0.087	0.130	0.02	0.01	-	-	1.2
	beide Richtungen					0.03	0.02				
	Maximalwert		0.105	0.0	0.098	0.148	0.03	0.02	0.0	0.0	1.2
						* Differenzpegel Schalldruck "nachher - vorher"		** Zunahme KBFTM in %			

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.1
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
168**

MO1            MP3.2            Fahrtrichtung: Ril  
GT6N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	34.6	0.7	0.0	35.4	15.5	0.0
6.3	42.7	0.8	0.0	43.5	3.0	0.0
8	53.8	0.9	0.0	54.7	-3.0	0.0
10	68.6	0.9	0.0	69.5	-5.3	0.0
12.5	77.6	0.9	0.0	78.6	-5.2	10.0
16	72.8	1.0	0.0	73.8	-4.8	12.2
20	58.9	1.0	0.0	59.9	-2.0	7.4
25	53.2	1.1	0.0	54.3	-3.0	6.6
31.5	51.7	1.2	0.0	52.9	-3.5	10.0
40	39.7	1.3	0.0	41.0	4.9	11.2
50	33.4	1.4	0.0	34.9	6.7	11.3
63	34.1	1.6	0.0	35.7	13.3	22.8
80	33.1	1.8	0.0	34.9	11.3	23.7
100	42.1	2.1	0.0	44.2	2.1	27.2
125	39.1	2.5	0.0	41.6	-0.9	24.6
160	19.3	2.2	0.0	21.5	14.8	22.9
200	7.7	2.0	0.0	9.6	22.3	21.1
250	12.7	1.7	0.0	14.5	18.5	24.3

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)

$L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmass aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0.715$

$KB_{FTm} = 0.476$

**$KB_{FTr,Tag} = 0.10$**

**$KB_{FTr,Nacht} = 0.06$      $L_{pA}$     **32.8    dB(A)****

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.2
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
171**

MO2            MP3.2            Fahrtrichtung: Ril  
GT6N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	26.0	-0.2	0.0	25.7	8.1	0.0
6.3	37.8	-0.3	0.0	37.5	-7.1	0.0
8	44.6	-0.3	0.0	44.3	-8.2	0.0
10	51.2	-0.4	0.0	50.9	-10.0	0.0
12.5	58.2	-0.4	0.0	57.8	-12.5	0.0
16	52.9	-0.4	0.0	52.5	-8.9	0.0
20	49.8	-0.5	0.0	49.3	-3.7	0.0
25	50.6	-0.5	0.0	50.1	-9.4	0.0
31.5	54.1	-0.6	0.0	53.5	-11.0	3.2
40	48.9	-0.7	0.0	48.2	-8.6	5.0
50	40.8	-0.8	0.0	40.0	-1.4	8.4
63	38.9	-0.9	0.0	38.0	2.0	13.8
80	38.2	-1.1	0.0	37.2	5.3	19.9
100	32.1	-1.3	0.0	30.9	9.4	21.1
125	42.0	-1.5	0.0	40.5	-1.4	23.0
160	46.7	-1.3	0.0	45.4	-4.9	27.1
200	24.6	-1.2	0.0	23.4	15.7	28.2
250	9.9	-1.0	0.0	8.9	25.2	25.5

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke  
 $\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand  
 $\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)  
 $L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort  
U : Umwandlungsmass aus Messung  
 $L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax}$  = 0.087  
 $KB_{FTm}$  = 0.058

**$KB_{FTr,Tag}$  0.01**  
 **$KB_{FTr,Nacht}$  0.01     $L_{pA}$     33.0    dB(A)**



AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.3
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
176**

MO3            MP3.1            Fahrtrichtung: Ril  
GT6N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	50.1	0.6	0.0	50.7	0.0	0.0
6.3	53.8	0.6	0.0	54.5	0.0	0.0
8	64.2	0.7	0.0	64.9	0.0	0.0
10	81.3	0.8	0.0	82.1	0.0	0.0
12.5	81.6	0.8	0.0	82.4	0.0	0.0
16	65.4	0.8	0.0	66.3	0.0	0.0
20	63.6	0.9	0.0	64.5	0.0	0.0
25	57.2	1.0	0.0	58.2	0.0	0.0
31.5	53.3	1.1	0.0	54.3	0.0	0.0
40	50.1	1.2	0.0	51.2	0.0	0.0
50	52.8	1.3	0.0	54.1	0.0	0.0
63	56.8	1.5	0.0	58.3	0.0	0.0
80	55.9	1.8	0.0	57.7	0.0	0.0
100	46.7	2.0	0.0	48.7	0.0	0.0
125	27.9	2.4	0.0	30.3	0.0	0.0
160	17.4	2.1	0.0	19.5	0.0	0.0
200	9.8	1.9	0.0	11.7	0.0	0.0
250	17.1	1.6	0.0	18.8	0.0	0.0

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)

$L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmass aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 1.276$

$KB_{FTm} = 0.851$

$KB_{FTr,Tag} = 0.19$

$KB_{FTr,Nacht} = 0.11$      $L_{pA}$     -    **dB(A)**

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.4
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.**

**181**

MO4

MP2.1

Fahrtrichtung: Ril

GT6N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{vE}$	$\Delta L_{vO}$	$L_{vI}$	U	$L_{pA}$
5	24.6	-0.3	0.0	24.3	0.0	0.0
6.3	40.5	-0.3	0.0	40.2	0.0	0.0
8	53.9	-0.4	0.0	53.5	0.0	0.0
10	60.0	-0.5	0.0	59.5	0.0	0.0
12.5	56.6	-0.5	0.0	56.1	0.0	0.0
16	54.2	-0.5	0.0	53.6	0.0	0.0
20	51.5	-0.6	0.0	50.9	0.0	0.0
25	55.1	-0.7	0.0	54.4	0.0	0.0
31.5	48.9	-0.7	0.0	48.1	0.0	0.0
40	46.5	-0.9	0.0	45.6	0.0	0.0
50	49.9	-1.0	0.0	48.9	0.0	0.0
63	55.7	-1.2	0.0	54.6	0.0	0.0
80	50.6	-1.4	0.0	49.2	0.0	0.0
100	47.2	-1.6	0.0	45.6	0.0	0.0
125	37.5	-2.0	0.0	35.5	0.0	0.0
160	31.0	-1.7	0.0	29.2	0.0	0.0
200	32.6	-1.5	0.0	31.1	0.0	0.0
250	21.2	-1.3	0.0	19.9	0.0	0.0

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{vE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{vO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)

$L_{vI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmass aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax}$  = 0.105

$KB_{FTm}$  = 0.070

$KB_{FTr,Tag}$  0.02  
 $KB_{FTr,Nacht}$  0.01       $L_{pA}$       -      dB(A)

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.5
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
168**

MO1            MP3.1            Fahrtrichtung: Ril  
GT8N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	50.2	0.7	0.0	51.0	0.0	0.0
6.3	52.0	0.8	0.0	52.8	0.0	0.0
8	61.3	0.9	0.0	62.1	0.0	0.0
10	71.3	0.9	0.0	72.2	0.0	0.0
12.5	86.8	0.9	0.0	87.7	0.0	0.0
16	75.3	1.0	0.0	76.2	0.0	0.0
20	66.5	1.0	0.0	67.5	0.0	0.0
25	59.5	1.1	0.0	60.6	0.0	0.0
31.5	53.3	1.2	0.0	54.5	0.0	0.0
40	49.8	1.3	0.0	51.1	0.0	0.0
50	42.7	1.4	0.0	44.1	0.0	0.0
63	41.0	1.6	0.0	42.6	0.0	0.0
80	32.6	1.8	0.0	34.5	0.0	0.0
100	33.8	2.1	0.0	35.9	0.0	0.0
125	36.5	2.5	0.0	39.0	0.0	0.0
160	24.5	2.2	0.0	26.7	0.0	0.0
200	8.9	2.0	0.0	10.9	0.0	0.0
250	16.3	1.7	0.0	18.1	0.0	0.0

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)

$L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmass aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax}$  = 1.722

$KB_{FTm}$  = 1.148

$KB_{FTr,Tag}$  0.25  
 $KB_{FTr,Nacht}$  0.15     $L_{pA}$     -    dB(A)

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.6
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
171**

MO2  
GT8N

MP3.2

Fahrtrichtung: Rill

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	29.0	0.6	0.0	29.6	15.7	0.0
6.3	37.4	0.6	0.0	38.0	-5.5	0.0
8	45.7	0.8	0.0	46.5	-12.5	0.0
10	49.8	0.8	0.0	50.6	-12.2	0.0
12.5	53.1	0.9	0.0	54.0	-10.9	0.0
16	53.2	0.9	0.0	54.1	-10.2	0.0
20	49.0	1.0	0.0	50.0	0.6	0.1
25	53.2	1.1	0.0	54.3	-11.0	0.0
31.5	56.1	1.2	0.0	57.3	-11.9	6.0
40	46.9	1.4	0.0	48.3	-7.4	6.3
50	41.2	1.6	0.0	42.8	0.2	12.8
63	40.9	1.8	0.0	42.7	-3.1	13.4
80	32.5	2.1	0.0	34.6	9.5	21.5
100	28.0	2.5	0.0	30.5	10.6	21.9
125	36.0	2.9	0.0	38.9	-1.5	21.3
160	31.0	2.6	0.0	33.6	0.5	20.7
200	8.8	2.3	0.0	11.0	18.1	18.3
250	8.1	2.0	0.0	10.1	16.5	18.0

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)

$L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmass aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax}$  = 0.085

$KB_{FTm}$  = 0.056

**$KB_{FTr,Tag}$  0.01**  
 **$KB_{FTr,Nacht}$  0.01**       **$L_{pA}$  28.6**      **dB(A)**

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.7
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
176**  
MO3      MP3.2      Fahrtrichtung: Ril  
GT8N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	22.8	0.6	0.0	23.4	24.6	0.0
6.3	30.5	0.6	0.0	31.1	22.6	0.0
8	35.7	0.7	0.0	36.4	24.2	0.0
10	42.3	0.8	0.0	43.1	25.1	0.0
12.5	50.8	0.8	0.0	51.6	20.0	8.2
16	55.2	0.8	0.0	56.0	17.8	17.2
20	59.4	0.9	0.0	60.3	15.2	25.1
25	56.4	1.0	0.0	57.3	9.4	22.1
31.5	56.9	1.1	0.0	57.9	1.2	19.8
40	49.9	1.2	0.0	51.1	-0.1	16.4
50	48.9	1.3	0.0	50.2	-1.5	18.5
63	53.8	1.5	0.0	55.3	-6.8	22.4
80	46.9	1.8	0.0	48.6	0.2	26.4
100	39.9	2.0	0.0	41.9	10.5	33.4
125	32.6	2.4	0.0	35.0	13.8	32.6
160	22.2	2.1	0.0	24.4	18.2	29.2
200	19.2	1.9	0.0	21.1	21.0	31.2
250	22.2	1.6	0.0	23.9	14.5	29.8

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke  
 $\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand  
 $\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)  
 $L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort  
U : Umwandlungsmass aus Messung  
 $L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0.116$   
 $KB_{FTm} = 0.078$

$KB_{FTr,Tag} \quad 0.02$   
 $KB_{FTr,Nacht} \quad 0.01 \quad L_{pA} \quad 39.3 \quad dB(A)$

AUFTRAGGEBER: VAG NÜRNBERG	AUFTRAG-NR.: S 07.1574.16/2	Schwingungstechnische Untersuchung Ostendstraße	ANLAGE-NR.: 3.8
		PROGNOSEBERECHNUNG AUSZUGSWEISE	

**Ostendstr.  
181**

MO4            MP2.1            Fahrtrichtung: Ril  
GT8N

	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	29.7	-0.3	0.0	29.3	0.0	0.0
6.3	38.4	-0.3	0.0	38.0	0.0	0.0
8	47.6	-0.4	0.0	47.1	0.0	0.0
10	61.9	-0.5	0.0	61.4	0.0	0.0
12.5	61.4	-0.5	0.0	60.9	0.0	0.0
16	58.3	-0.5	0.0	57.7	0.0	0.0
20	53.9	-0.6	0.0	53.3	0.0	0.0
25	57.6	-0.7	0.0	56.9	0.0	0.0
31.5	51.1	-0.7	0.0	50.4	0.0	0.0
40	45.6	-0.9	0.0	44.8	0.0	0.0
50	46.8	-1.0	0.0	45.8	0.0	0.0
63	44.7	-1.2	0.0	43.6	0.0	0.0
80	50.6	-1.4	0.0	49.2	0.0	0.0
100	48.0	-1.6	0.0	46.4	0.0	0.0
125	38.9	-2.0	0.0	36.9	0.0	0.0
160	35.5	-1.7	0.0	33.8	0.0	0.0
200	33.0	-1.5	0.0	31.5	0.0	0.0
250	21.8	-1.3	0.0	20.5	0.0	0.0

- $L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke
- $\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand
- $\Delta L_{VO}$  : Einfluss Oberbau (Weiche)
- $L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort
- U : Umwandlungsmass aus Messung
- $L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0.148$

$KB_{FTm} = 0.098$

$KB_{FTr,Tag} \quad 0.02$   
 $KB_{FTr,Nacht} \quad 0.01 \quad L_{pA} \quad - \quad dB(A)$