

INGENIEURBÜRO UDERSTÄDT + PARTNER

INGENIEURE FÜR SCHWINGUNGS-, SCHALL- UND SCHIENENVERKEHRSTECHNIK

Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
Telefon 0201 87445 0
Telefax 0201 87445 45
E-Mail IBU@uderstaedt.de

AUFTRAGGEBER: Büniger Bau- und Projektmanagement GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Süd-Nord-Tunnel
in Düsseldorf

TITEL: **Schwingungstechnische Untersuchung**
Teil 1: Immissionstechnische Beurteilung
im Rahmen der Vorplanung

AUFTRAG-NR.: W 08.406.06/1 c

DATUM: 20.03.07

UMFANG: 14 Textseiten

2 Anlagen

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	S. 3
2	BAULICHE SITUATION	S. 3
3	IMMISSIONSKENNWERTE	S. 5
3.1	Erschütterungen	S. 5
3.2	Körperschall	S. 5
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	S. 6
4.1	Erschütterungen	S. 6
4.2	Körperschall	S. 9
4.3	Zusammenfassung Beurteilungskriterien	S. 10
5	VORHANDENE BEBAUUNG	S. 11
5.1	Straßenbahnbetrieb	S. 11
5.2	Straßentunnel	S. 12
6	NEUBAUTEN	S. 13
6.1	Straßenbahnbetrieb	S. 13
6.2	Straßentunnel	S. 13
7	MASSNAHMEN	S. 14
8	ANLAGEN	S. 14

1 AUFGABENSTELLUNG

In der Innenstadt von Düsseldorf soll am nördlichen Ende der Königsallee und am Jan-Wellem-Platz eine neue hochwertige Bebauung in Form von zwei Baukörpern erstellt werden. Das Gebiet soll Stadtbild prägend mit hoher Aufenthaltsqualität unter Herausnahme des Straßen- sowie später – nach der Inbetriebnahme der U-Bahn „Wehrhahnlinie“ – des Straßenbahn-Verkehrs völlig neu gestaltet werden. Hierzu soll der Straßenverkehr in neu zu erstellende Tunnelanlagen geführt werden. Die vorhandenen Gleisanlagen der Rheinbahn AG einschließlich der Wendeschleife auf dem Jan-Wellem-Platz müssen (für eine längere Übergangszeit, bis zur Fertigstellung der U-Bahn) oberirdisch anderweitig verlegt werden. In diesem Zusammenhang sind die Auswirkungen dieser Planungen hinsichtlich der auf die benachbarte Bebauung einwirkenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen zu untersuchen. Weiterhin ist zu überprüfen, inwieweit Schwingungsimmissionen in die geplanten Neubauten übertragen werden. Die Ergebnisse einer ersten Einschätzung der Situation wurden mit Bericht vom 10.10.06 vorgelegt. Auf der Basis der Ergebnisse von Schwingungsmessungen in einem Straßentunnel in Düsseldorf und unter Verwendung aktualisierter Pläne erfolgten weitergehende Betrachtungen, die im vorliegenden Bericht zusammengefasst sind. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung im Anschluss an diesen zweiten Zwischenbericht werden Schwingungsmessungen in Gebäuden in Nähe der vorhandenen Gleisanlagen durchgeführt. Auf Basis der aus diesen Messungen gewonnenen Erkenntnisse und weiter gehender Betrachtungen erfolgt dann eine abschließende Beurteilung der Situation.

2 BAULICHE SITUATION

Auf dem Übersichtslageplan der Anlage sind die geplanten Änderungen dargestellt. Es werden vorhandene Gleisanlagen verlegt und neue Straßentunnel erstellt.

In der Elberfelder Straße wird die zukünftige Tunnelrampe des von der Berliner Allee und der Hofgartenstraße abzweigenden Ost-West- bzw. Nord-West-Tunnels angeordnet. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, die vorhandenen Gleisanlagen teilweise zu verschieben. Dies betrifft insbesondere das nördliche Gleis, welches um einige Meter an den Gebäudekomplex Heinrich-Heine-Allee/Elberfelder Straße/Corneliusplatz heranrückt. In diesen Gebäuden befinden sich Läden, Büros und das Steigenberger Parkhotel. Aufgrund der Inaugenscheinnahme ist davon auszugehen, dass im Steigenberger Hotel erschütterungsempfindliche Holzbalkendecken vorhanden sind. Das südliche Gleis rückt um ca. 1 m näher an den Kaufhof heran.

Im Bereich Schadowplatz rückt die Gleisanlage ebenfalls um einige Meter an das Gebäude Schadowplatz 1 und Schadowplatz 3/5 heran. Bei diesen Gebäuden handelt es sich um Massivbauten mit voraussichtlich vorhandenen Betondecken. Auf Grund der Inaugenscheinnahme ist davon auszugehen, dass die Dachgeschosse bewohnt sind.

Im Bereich der Gebäude Jan-Wellem-Platz 3 und Schadowplatz 12 befindet sich bereits derzeit die Haltestelle Jan-Wellem-Platz. In diesem Bereich rücken die Gleise ebenfalls näher an die vorhandenen Gebäude heran.

Am Gebäudedreieck Jan-Wellem-Platz/Berliner Allee ergeben sich ebenfalls Verschiebungen. Die Herzstücklücken der Weichen und Kreuzungen rücken teilweise näher an die Bebauung heran. Dies betrifft vor allem das Gebäude Jan-Wellem-Platz 2. Nach Inaugenscheinnahme handelt es sich bei diesem Gebäude um einen Massivbau mit Stahlbetondecken. Im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss befindet sich ein Ladengeschäft, in den weiteren Geschossen Büros.

In der Berliner Allee soll zukünftig zwischen Ernst-Schneider-Platz und der Hofgartenstraße der Süd-Nord-Tunnel den Straßenverkehr aufnehmen. Das Tunnelbauwerk wird weitgehend in relativ großem Abstand zur vorhandenen Bebauung erstellt. Lediglich zwischen Ernst-Schneider-Platz und Schadowstraße wird die Rampe vor dem südlichen Tunnelportal bis auf etwa 3 m im Westen und etwa 8 m im Osten an die Bebauung heranreichen. Es wird keine bauliche Verbindung zwischen Tunnel und angrenzenden Gebäuden entstehen.

Der geplante Ost-West-Tunnel befindet sich im Bereich Jan-Wellem-Platz in relativ großem Abstand zur Bebauung. Die vorgesehenen Neubauten sind über die Tiefgarage teilweise mit dem Tunnel baulich verbunden. Im Bereich Elberfelder Straße wird der Ost-West-Tunnel als offene Rampe in einem Abstand von etwa 5 m im Süden und etwa 10 m im Norden vor den Gebäuden liegen. Von einer baulichen Verbindung zwischen Tunnel und vorhandenen Anliegergebäuden ist hier ebenfalls nicht auszugehen.

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 Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ 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^2 (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
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm / s}$: Bezugsschwingschnelle

p : Effektivwert des Schalldrucks in N/m^2
 $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N / m}^2$: Bezugsschalldruck

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

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:

$$L_{v}; L_{p}; L_{pA} = 10 \cdot \lg \sum_{f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1 \cdot L_{vT}; L_{pT}; L_{p} - K_A} \quad (\text{dB}; \text{dB(A)}) \quad (3)$$

- f_{Tu} : unterste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz
 f_{To} : oberste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz
 $L_{vT}; L_{pT}$: Pegel der jeweiligen Terzmittenfrequenz
 K_A : A-Korrektur nach DIN 45633

4. BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.1 Erschütterungen

Erschütterungsimmissionen sind in Nordrhein-Westfalen gemäß

- Gem. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft,
- des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr,
- des Ministeriums für Bauen und Wohnen
- und des Ministeriums für Stadtentwicklung, Kultur und Sport

vom 31.07.00 – veröffentlicht im Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen am 03.09.00 – zu beurteilen.

Der Erlass sieht eine Beurteilung der Erschütterungsimmissionen entsprechend DIN 4150 vor:

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

Der Erlass gilt für genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen einschließlich Baustellen und damit streng genommen nicht für Straßen- und Schienenverkehrswege.

Die im Erlass festgelegten Immissionswerte sind den entsprechenden Tabellen der DIN 4150 entnommen und sollen die Schwelle zwischen schädlichen und gerade noch nicht schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) bzw. des Landes-Immissionsschutzgesetzes (LImSchG) wiedergeben. Die Einhaltung der Immissionswerte ist daher zwingend erforderlich, um schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zu vermeiden.

Unter Abschn. 2.2 des Erlasses wird deutlich auf den Sachverstand der DIN 4150 verwiesen.

Wenn der Erlass auch nicht für Verkehrswege gilt, so zeigt er doch deutlich, dass der Gesetzgeber das Beurteilungsverfahren der DIN 4150 akzeptiert.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Straßenverkehr basiert auf der Ermittlung der bewerteten Schwingstärke für die Kfz-Vorbeifahrten. Diese kann sowohl durch Messungen als auch durch Immissionsprognose ermittelt werden. Die Beurteilung erfolgt dann anhand der Anhaltswerte A_u , A_o und A_r der Tabelle 1 der Norm.

Bei Erschütterungsimmissionen des Schienenverkehrs erfolgt die Beurteilung anhand der Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 1 der Norm:

- 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 Verkehrs - wie folgt erläutert.

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

$$KB_{Fmax \text{ Straße}} \leq A_u \quad \rightarrow \quad \text{Anhaltswert „Straße“ eingehalten}$$

$$KB_{Fmax \text{ Schiene}} \leq 1,5 \cdot A_u \quad \rightarrow \quad \text{Anhaltswert „oberirdischer Schienenweg der ÖPNV“ eingehalten}$$

$$KB_{Fmax \text{ Straße}} > A_u \quad \rightarrow \quad \text{Anhaltswert „Straße“ überschritten}$$

Liegt KB_{Fmax} über $A_u / 1,5 \cdot A_u$, so ist unter Verwendung der Fahrzeugmengen/Fahrplandaten die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln.

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

N_r : Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum
tags: $N_r = 1920$
nachts: $N_r = 960$

N_{ei} : Anzahl der Fahrten im jeweiligen Beurteilungszeitraum

Beim Straßenverkehr kann davon ausgegangen werden, dass durch die Pkw keine fühlbaren Erschütterungen auftreten. Insofern ist hier die Anzahl der Lkw $\geq 7,5$ t heranzuziehen, die zu unabhängigen Taktzeiten auftreten. Beim Straßenbahnverkehr ist die Anzahl der nach Fahrplan verkehrenden Fahrzeuge einzusetzen.

Es gilt jetzt:

$$KB_{FTr} \leq A_r \quad \rightarrow \quad \text{Richtwert eingehalten.}$$

Das Beurteilungsverfahren der DIN 4150/2 gilt laut DIN für Wohnungen und vergleichbare Räume. In der DIN werden keine gesonderten Hinweise für gewerblich genutzte Räumlichkeiten, wie sie der große Teil der vorhandenen Bebauung und die geplanten Neubauten darstellen, gegeben. Insofern ergibt sich hier keine eindeutige Zuordnung der heranzuziehenden Anhaltswerte. Bei den geplanten Baugebieten handelt es sich um MK-Gebiete. Für die vorhandene Bebauung kann nach örtlicher Einschätzung ebenfalls von einem MK-Gebiet ausgegangen werden.

Die Richtlinie VDI 2057, Blatt 3 – Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung – beschreibt einen Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke nach DIN 4150/2 und subjektiver Wahrnehmung.

Demnach ergibt sich Folgendes:

$KB_F < 0,1$	nicht spürbar
$KB_F = 0,1$	Fühlschwelle
$KB_F < 0,4$	gerade spürbar

4.2 Körperschall

Zwischen der Körperschall-Schwingschnelle und dem Körperschall-Schalldruck besteht eine kausale Beziehung, die für die qualitative Immissionsanalyse wichtig ist. Die Körperschall-Schwingschnelle als Ursache für den sekundär auf das Gehör einwirkenden Körperschall-Schalldruck wird aber nicht nach Grenzkriterien bewertet.

Maßgebend für die Beurteilung ist der gemessene Körperschall-Schalldruck.

Ein Orientierungswert zur Beurteilung der Zulässigkeit von durch Straßen- und Schienenverkehr verursachte Körperschall-Schalldruckpegel ist weder gesetzlich festgelegt noch in einer DIN-Norm oder VDI-Richtlinie angegeben. Die Beurteilung von Luftschallimmissionen des Verkehrs bei städtebaulichen Planungen erfolgt i. d. R. nach DIN 18005 – Schallschutz im Städtebau -. Im zugehörigen Beiblatt 1 werden Orientierungswerte für die Beurteilung der Luftschallpegel im Rahmen von städtebaulichen Planungen angegeben. Die Beurteilung bezieht sich auf Mittelungspegel im Außenbereich. Hinweise für die Beurteilung von Körperschallpegel in Wohnräumen sind der Norm nicht zu entnehmen.

In der VDI-Richtlinie 2719 – Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen – werden in der Tabelle 6 Anhaltswerte für von außen in Aufenthaltsräume eindringenden Schall genannt, die nicht überschritten werden sollten.

Raumart	A-bewertete	
	Mittelungspegel $L_m^{*})$ dB	mittlere Maximalpegel \bar{L}_{max} dB
1 Schlafräume nachts ^{**)}		
1.1 in reinem und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	25 - 30	35 - 40
1.2 in allen übrigen Gebieten	30 - 35	40 - 45
2 Wohnräume tagsüber		
2.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus und Kurgebieten	30 - 35	40 - 45
2.2 in allen übrigen Gebieten	35 - 40	45 - 50
3 Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber		
3.1 Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen, Aulen	30 - 40	40 - 50
3.2 Büros für mehrere Personen	35 - 45	45 - 55
3.3 Großraumbüros, Gaststätten, Schalterräume, Läden	40 - 50	50 - 60

*) Für Flugverkehrsgeräusch ist vom äquivalenten Dauerschallpegel gemäß Fluglärmschutzgesetz bzw. DIN 45643 auszugehen.

***) Hierbei ist von der lautesten Nachtstunde zwischen 22:00 und 06:00 Uhr auszugehen; Sie ist weitgehend von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Da bei Straßenverkehrslärmgeräuschen in der lautesten Nachtstunde erfahrungsgemäß der Mittelungspegel um etwa 5 dB unter den am Tage herrschenden Wert liegt, sind die Anforderungen (Schallschutzklassen) für die Raumarten 1 und 2 gleich.

Tabelle 2: Anhaltswerte für zulässige Innenpegel

Die Beurteilung der Körperschallpegel einer unterirdischen Stadtbahn erfolgt in NRW üblicherweise anhand der mittleren Maximalpegel.

4.3 Zusammenfassung Beurteilungskriterien

Die weitere Beurteilung sollte anhand folgender Orientierungswerte vorgenommen werden:

Erschütterungen → Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150/2 für das Kerngebiet mit $A_u = 0,2$ und $A_r = 0,1$

Körperschall → A-bewertete Schallpegel in Anlehnung an VDI 2719 (mittlere Maximalpegel))

- für Arztpraxen, Büros und Läden mit 50 dB(A)
- für Wohnräume mit 45 dB(A)
- für Schlafräume mit 40 dB(A)

5 VORHANDENE BEBAUUNG

5.1 Straßenbahnbetrieb

Nach derzeitiger Planung kann davon ausgegangen werden, dass das in der Elberfelder Straße vor dem Kaufhof befindliche südliche Gleis unwesentlich verschoben wird, während das nördliche Gleis in Richtung Norden bis etwa an die vorhandene Straßenbegrenzung heran verschoben wird. Insgesamt gesehen ist davon auszugehen, dass am Kaufhof keine signifikante Veränderung des Schwingungsmissionsstatus eintritt. Hierbei ist auch zu bedenken, dass die Schienenfahrzeuge wegen der beengten Situation auf den Gleisen nur mit geringer Geschwindigkeit ($v = 20 \text{ km/h}$) verkehren werden. Die Geschwindigkeit wird nach Herstellung der Tunnelbauwerke als Folge der Oberflächengestaltung (fußläufige Anbindung der Königsallee an den Hofgarten) zukünftig geringer sein als derzeit.

Das nördliche Gleis rückt um etwa 6 Meter an die nördliche Bebauung heran. Insofern ist mit einer Zunahme der Schwingungsmissionen zu rechnen. Dies könnte insbesondere im Steigenberger Parkhotel zu spürbaren Erschütterungen und hörbaren Körperschallpegeln führen.

Im Bereich der Gebäude Schadowplatz 1 – 5 rückt das Gleis ebenfalls näher heran, sodass eine Erhöhung der Immissionen eintreten wird. Da hier die empfindliche Wohnnutzung erst im Dachgeschossbereich vorzufinden ist, kann vermutlich auf besondere Gleisoberbauformen verzichtet werden. Gleiches gilt für den Haltestellenbereich am Jan-Wellem-Platz.

Das Gleisdreieck Jan-Wellem-Platz/Berliner Allee rückt geringfügig näher an das Gebäude Jan-Wellem-Platz 1 heran, was zu einer Anhebung der Schwingungsmissionen führt. Hierbei handelt es sich um einen vorübergehenden Zustand, der mit Inbetriebnahme der unterirdischen Wehrhahnlinie entfällt. Da sich im Gleisdreieck mehrere Herzstücke der Weichen und Kreuzungen befinden, tritt hier bereits jetzt eine erhöhte Anregung auf.

Für die weiteren Gleise in der Berliner Allee und in der Schadowstraße gilt, dass die Gleisla-
geveränderungen minimal sind. Unter der Annahme, dass die Oberbauform nicht gewechselt wird, ergeben sich hier keine signifikanten Veränderungen. Insofern besteht keine Veranlassung, die Gleisanlage schwingungsmindernd zu gestalten.

5.2 Straßentunnel

Erfahrungsgemäß beschweren sich Anlieger relativ selten über Schwingungsimmissionen, die vom Straßenverkehr erzeugt werden. Insofern liegen auch nur relativ wenige Ergebnisse von Schwingungsmessungen an Straßen vor. Die Auswertung dieser bisherigen Messungen zeigt, dass signifikante Körperschall-Schalldruckpegel nicht vom Straßenverkehr erzeugt werden. Vielmehr treten tieffrequente Erschütterungsimmissionen im Frequenzbereich ca. 11 – 20 Hz auf. Meist treten diese Erschütterungen an Straßen mit Lkw-Verkehr auf, die entsprechende Unebenheiten aufweisen. Dies können Fugen, Querrillen, Gullys, Löcher und Sackungen sein. Erreger sind hierbei die Lkws, während die Pkws im Hinblick auf Erschütterungseinwirkungen auf Menschen unbedeutend sind. In der Regel treten spürbare und z. T. erheblich belästigende Erschütterungen zudem dann auf, wenn die Gebäudedecken eine entsprechende Eigenfrequenz bei gleichzeitig geringer Deckensteifigkeit aufweisen. Dies trifft besonders auf Holzbalkendecken zu. Im Rahmen der jetzigen Untersuchungen erfolgte im November 2006 eine Schwingungsmessung im Bereich des nördlichen Tunnelmundes des Rheinufertunnels. Die detaillierten Messergebnisse sind im Bericht Nr. W 08.406.06/2 vom 23.11.06 zusammengefasst. An der Tunnelwand und direkt über dem Tunnelbauwerk im Erdreich treten bei Lkw - Vorbeifahrt sehr geringe Schwingungssignale mit Frequenzen im Bereich ca. 9-34 Hz auf. Die Messung bestätigt die bisherige Einschätzung, dass keine relevante Schwingungsübertragung aus dem geplanten Straßentunnel in die benachbarte Bebauung zu erwarten ist.

Zur Vermeidung einer möglichen Erschütterungsanregung aus dem geplanten Straßentunnel einschließlich Rampen ist eine glatte Fahrbahnoberfläche vorzusehen. Dies bedingt, dass sich im Fahrbahnbereich keine Straßeneinbauten befinden. Das Tunnelbauwerk liegt im innerstädtischen Bereich, in dem die Fahrzeuggeschwindigkeiten begrenzt sind. Hinzu kommt, dass aufgrund der vorhandenen Trassierungsradien (aus Richtung Norden $R = 40$ m und Übergangsbogen $A = 30$ m, aus Richtung Süden mit $R = 80$ m und Übergangsbogen $A = 30$ m) sowieso nur mit einer Geschwindigkeit von maximal 50 km/h im Tunnel gefahren wird.

Weiterhin ist eine hohe Steifigkeit der unter den Asphaltsschichten befindlichen Konstruktion erforderlich, was durch eine vollflächige Auflage der Asphaltsschicht auf der in das Erdreich eingebundenen Tunnelsohle und durch Betonabmessungen von bis zu 80 cm in der Sohle und bis zu 80 cm in der Wand gemäß derzeitiger Planung in jedem Fall gewährleistet ist.

Für die meisten der dem Bebauungsgebiet benachbarten Gebäude gilt, dass sie derzeit schon den entsprechenden Verkehren aus vorhandenen Straßen ausgesetzt sind. Dies trifft insbesondere auf das Steigenberger Parkhotel mit vermutlich vorhandenen Holzbalkendecken zu. Da beim neuen Straßentunnel die möglichen Ursachen für eine Erschütterungsanregung weitgehend vermieden werden, tritt auf jeden Fall eine Verbesserung ein.

6 NEUBAUTEN

6.1 Straßenbahnbetrieb

Die Straßenbahntrasse der Ost-West-Richtung liegt teilweise direkt über dem Straßentunnel. Planerisch befindet sich zwischen Gleisoberbau und Tunneloberkante Erdreich. Die Erdreichschicht weist eine Mindeststärke von 50 cm auf. Dadurch wird eine direkte bauliche Verbindung zwischen Gleis und Tunnel vermieden.

Die Straßenbahntrasse der Ost-West-Richtung befindet sich in einem Abstand von $\geq 4,8$ m von der geplanten Bebauung. Insofern sind Schwingungsübertragungen in die Neubauten nicht auszuschließen. Im Hinblick auf die gewerbliche Nutzung der Neubauten ist die Einhaltung der unter Abschnitt 4.3 beschriebenen Orientierungswerte bei Verwendung eines offenen oder abgedeckten Schotteroberbaus zu erwarten.

Die durchgehenden Gleise der Süd-Nord-Richtung befinden sich in einem ausreichend großen Abstand zu den Neubauten, sodass die Einhaltung der beschriebenen Orientierungswerte zu erwarten ist.

Vorübergehend, bis zur Inbetriebnahme der unterirdischen Wehrhahnlinie, wird sich weiterhin am Jan-Wellem-Platz / Berliner Allee das bestehende Gleisdreieck in leicht veränderter Lage befinden. Die Herzstücklücken dieser Anlagen verursachen eine erhöhte Schwingungsanregung, die auf die Neubauten einwirkt. Der Abstand Gebäude/Herzstücklücke beträgt nur ca. 25 m, sodass spürbare Immissionen auftreten werden.

6.2 Straßentunnel

Laut Aussage des Planungsbüros ist bereichsweise eine bauliche Verbindung von Tunnelbauwerk und den Neubauten über der Tiefgarage gegeben. Wie schon unter Abschn. 5.2 erläutert, ist eine Übertragung von Schwingungsmissionen im Bereich hörbarer Frequenzen nicht zu erwarten. Die tiefen Frequenzen, die zu Erschütterungsmissionen führen können, lassen sich dagegen beim Straßenverkehr gut anregen, wenn entsprechende Gegebenheiten vorliegen (s. Abschn. 5.2). Die durchgeführten Messungen bestätigen, dass das geplante Tunnelbauwerk, bei entsprechender Bauausführung, voraussichtlich keine signifikante Schwingungsanregung der Neubauten bewirkt. Insofern ist nicht zu erwarten, dass die unter Abschn. 4.3 beschriebenen Orientierungswerte für eine gewerbliche Nutzung überschritten werden. Dies gilt auch für den Fall der Anordnung eines Hotels innerhalb der Neubauten. Bei der Gebäudeplanung ist darauf zu achten, dass die Deckeneigenfrequenz nicht oder nur unwesentlich mit den Erregerfrequenzen des Straßentunnels gekoppelt sind und, dass diese eine hohe Steifigkeit aufweisen.

7 MASSNAHMEN

Die Gleisanlagen der west-östlichen Fahrtrichtung werden nur für einen Zwischenzustand bis zur Fertigstellung der unterirdischen Wehrhahnlinie benötigt. Daher ist vorgesehen, die Gleisanlage weitgehend als Schotteroberbau auszuführen, der im Bereich von Straßen- und Fußgängerquerungen abgedeckt wird.

Für das nördliche Gleis der Elberfelder Straße ist derzeit ebenfalls die Anordnung eines Stopfbaus vorgesehen. Die eventuell notwendige Anordnung eines schwingungsisolierenden Oberbaus in dem in Anlage-Nr. 2 gekennzeichneten Bereich wird im Rahmen der weiteren Planung durch Messungen in angrenzenden Gebäuden überprüft.

Für das Gleisdreieck Jan-Wellem-Platz/Berliner Allee ist zunächst der Einbau eines Schottergleises geplant. Vor Aufnahme der vorhandenen Gleisanlagen werden in bestehenden Gebäuden Messungen durchgeführt, um eine abschließende Beurteilung weiter gehender Maßnahmen für den befristet vorliegenden Zwischenzustand bis zur Inbetriebnahme der Wehrhahnlinie zu ermöglichen.

Für den Straßentunnel ist sicherzustellen, dass die Asphaltsschicht auf der steifen Sohlplatte des Tunnels vollflächig aufliegen und keine Unebenheiten in der Fahrbahnfläche ausgebildet werden.

8 ANLAGEN

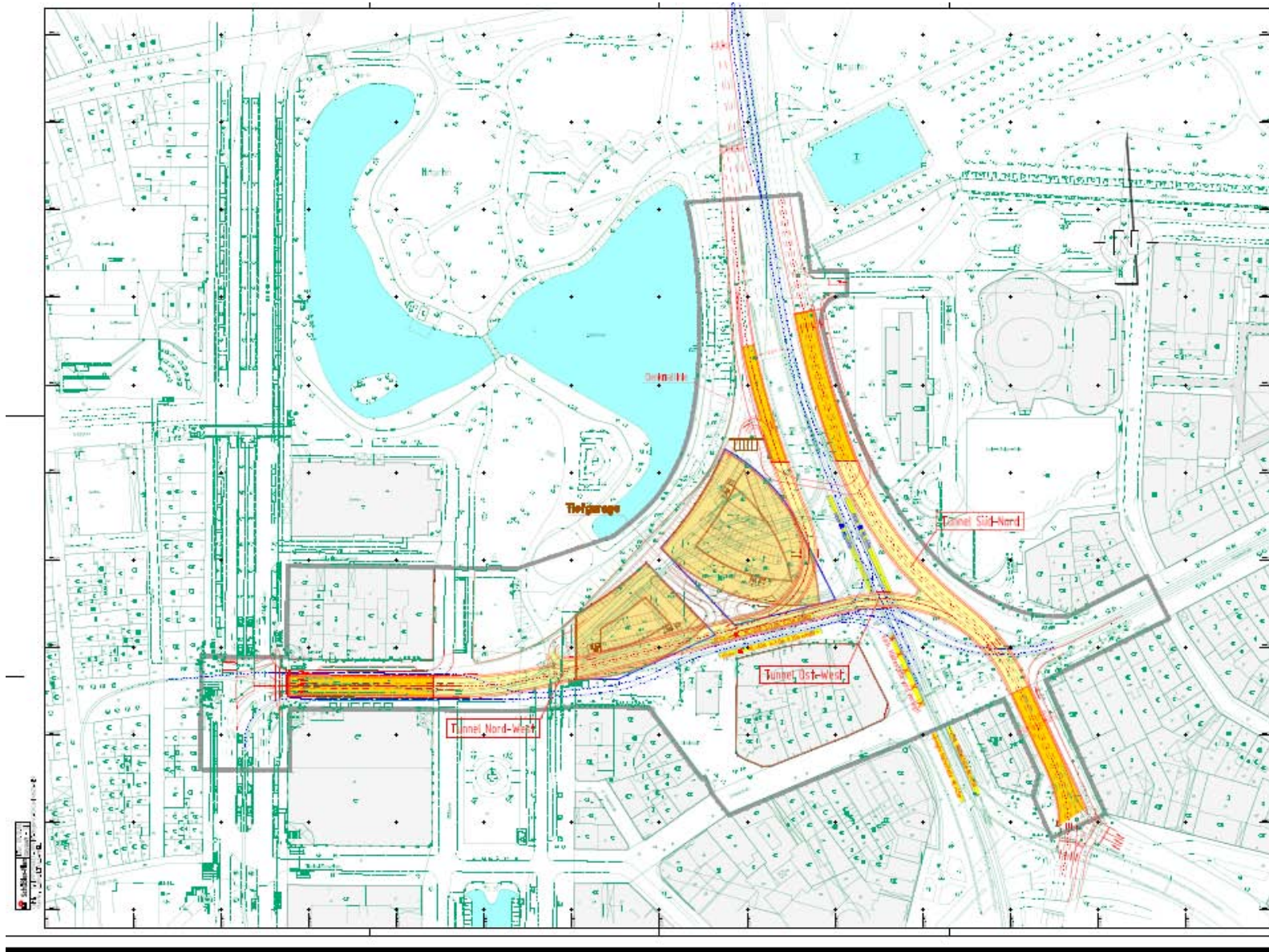
Anlage-Nr. 1	Übersichtslageplan
Anlage-Nr. 2	Schutzbereich nördl. Gleis Elberfelder Straße

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, 20.03.07

I.B.U.
Ing.-Büro Uderstädt + Partner



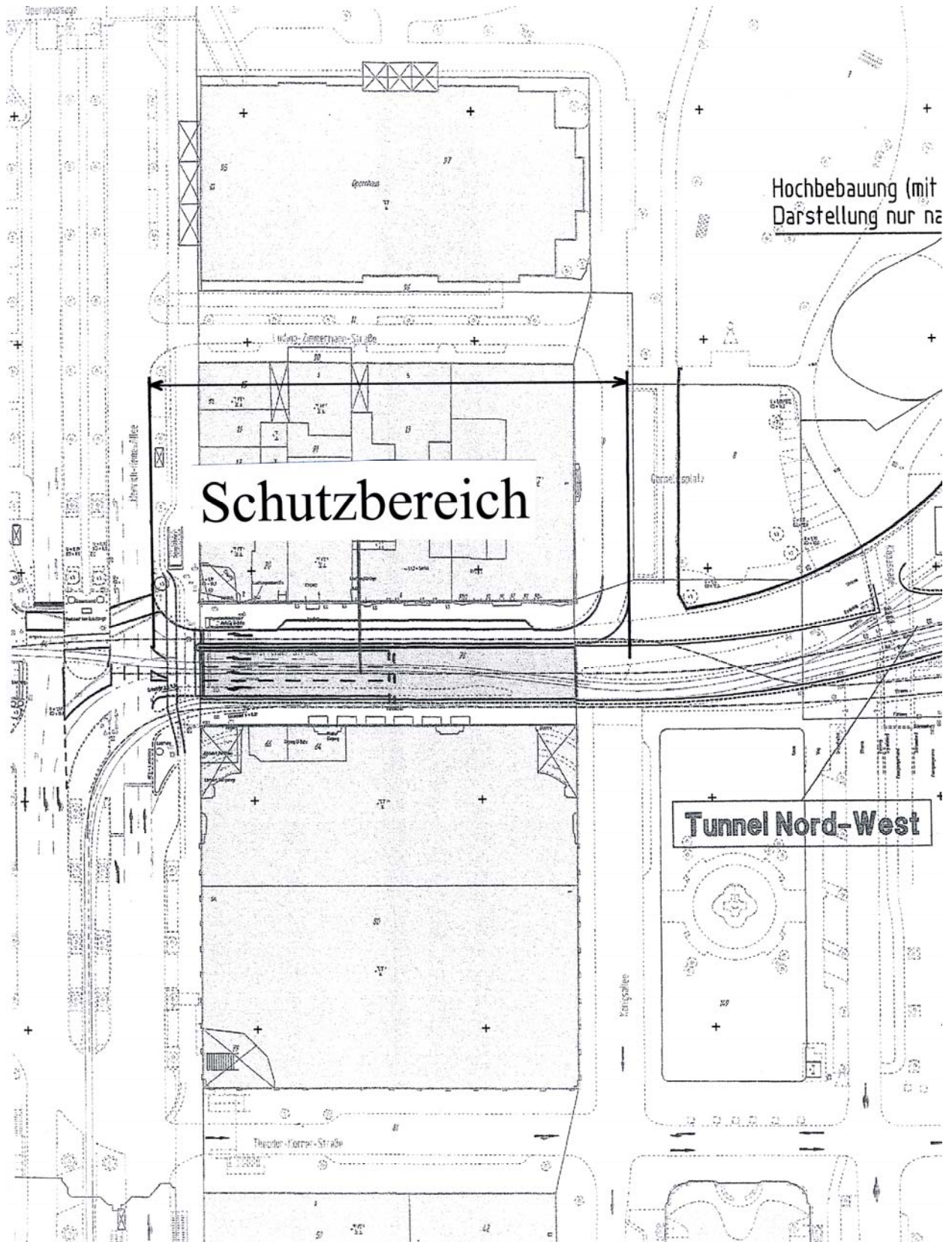


AUFTRAGGEBER:
Bürger Vermögensverwaltung
GmbH
40589 Düsseldorf

AUFTRAG-NR.:
W 08.406.06/1 c

Kö-Bogen und Süd-Nord-Tunnel
Schwingungstechnische Untersuchung
SCHUTZBEREICH NÖRDL. GLEIS
ELBERFELDER STRASSE

ANLAGE-
NR.:
2



INGENIEURBÜRO UDERSTÄDT + PARTNER

INGENIEURE FÜR SCHWINGUNGS-, SCHALL- UND SCHIENENVERKEHRSTECHNIK

Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
Telefon 0201 87445 0
Telefax 0201 87445 45
E-Mail IBU@uderstaedt.de

AUFTRAGGEBER: Büniger Bau- und Projektmanagement GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Süd-Nord-Tunnel
in Düsseldorf

TITEL: **Schwingungstechnische Untersuchung**
Annex zu Teil 1:
Immissionstechnische Beurteilung
im Rahmen der Vorplanung

AUFTRAG-NR.: W 08.406.06/1 c - Annex

DATUM: 23.04.07

UMFANG: 4 Textseiten - Anlagen

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	S. 3
2	BAULICHE ÄNDERUNGEN	S. 3
3	BEURTEILUNG	S. 3
3.1	Rampe Schadowstraße	S. 3
3.2	Verschiebung Nordrampe	S. 3
3.3	Verschobene Gleisachsen	S. 4

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Bericht Nr. W 08.406.06/1c vom 20.03.07 wurden die Ergebnisse der bisherigen schwingungstechnischen Untersuchung zum Projekt zusammenfassend dargestellt. Diese Untersuchung basiert auf dem Planungsstand Dezember 2006. Inzwischen wurden erneute Änderungen an der Planung vorgenommen. Die schwingungstechnischen Auswirkungen dieser Änderungen werden im vorliegenden Annex dargestellt.

2 BAULICHE ÄNDERUNGEN

- Das Tunnelbauwerk erhält zusätzlich eine Zufahrtsrampe aus der Schadowstraße in den Süd-Nord-Tunnel.
- Die Gleise der Süd-Nord-Strecke werden nach Westen verschoben, da auf das bisher vorgesehene Wartegleis verzichtet wird.
- Die nördliche Rampe des Süd-Nord-Tunnels wurde nach Norden verschoben, wodurch sich in diesem Bereich die Gleise geringfügig nach Westen verschieben.

3 BEURTEILUNG

3.1 Rampe Schadowstraße

Diese Rampe ersetzt den bereits vorhandenen Straßenabzweig. Sohle und Fahrbahnoberfläche werden nach Stand der Technik erstellt. Insofern ist davon auszugehen, dass keine erhöhte Schwingungsanregung stattfindet. Der vorhandene Schwingungsimmissionsstatus der Bebauung in der Schadowstraße wird durch den Bau der Rampe nicht zunehmen.

3.2 Verschiebung Nord-Rampe

Durch die Verschiebung der nördlichen Rampe in Richtung Norden ist lediglich das Dreischeidenhaus (ThyssenKrupp-Gebäude) betroffen. Hier ergeben sich keine negativen Auswirkungen

3.3 Verschobene Gleisachsen

Durch das Verschieben der Gleisachsen der Süd-Nord-Strecke im Bereich nördlich des U-Turms wird keine Anhebung von Schwingungsimmissionen in einer vorhandenen Bebauung bewirkt. Durch das Verschieben der Gleise ist im geringen Umfang der östliche Neubau betroffen. Allerdings ist weiterhin davon auszugehen, dass keine Überschreitung der beschriebenen Orientierungswerte zu erwarten ist.

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, 23.04.07

I.B.U.

Ing.-Büro Uderstädt + Partner



INGENIEURBÜRO UDERSTÄDT + PARTNER

INGENIEURE FÜR SCHWINGUNGS-, SCHALL- UND SCHIENENVERKEHRSTECHNIK

Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
Telefon 0201 87445 0
Telefax 0201 87445 45
E-Mail IBU@uderstaedt.de

AUFTRAGGEBER: Bürger Vermögensverwaltung GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Süd-Nord-Tunnel
in Düsseldorf

TITEL: **Schwingungstechnische Untersuchung**
Teil 2:
Schwingungsmessung Autotunnel

AUFTRAG-NR.: W 08.406.06/2

DATUM: 23.11.06

UMFANG: 8 Textseiten

11 Anlagen

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	S. 3
2	BAULICHE SITUATION	S. 3
2.1	Erschütterungen	S. 3
2.2	Körperschall	S. 3
3	MESSTECHNISCHE DURCHFÜHRUNG	S. 4
3.1	Messgeräte	S. 4
3.2	Messzeiten / Messorte (MO)	S. 4
3.3	Messpunkte	S. 5
3.4	Mess- und Auswerteverfahren	S. 5
4	MESSERGEBNISSE	S. 6
4.1	Erschütterungen	S. 6
4.2	Körperschall-Schwingschnelle	S. 7
5	SCHLUSSBEMERKUNG	S. 7
6	ANLAGEN	S. 7

1 AUFGABENSTELLUNG

In der Innenstadt von Düsseldorf soll am nördlichen Ende der Königsallee und am Jan-Wellem-Platz eine neue hochwertige Bebauung in Form von zwei Baukörpern erstellt werden. Das Gebiet soll Stadtbild prägend mit hoher Aufenthaltsqualität unter Herausnahme des Straßen- sowie später – nach der Inbetriebnahme der U-Bahn „Wehrhahnlinie“ – des Straßenbahn-Verkehrs völlig neu gestaltet werden. Hierzu soll der Straßenverkehr in neu zu erstellende Tunnelanlagen geführt werden. Die vorhandenen Gleisanlagen der Rheinbahn AG einschließlich der Wendeschleife auf dem Jan-Wellem-Platz müssen (für eine längere Übergangszeit, bis zur Fertigstellung der U-Bahn) oberirdisch anderweitig verlegt werden. In diesem Zusammenhang sind die Auswirkungen dieser Planungen hinsichtlich der auf die benachbarte Bebauung einwirkenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen zu untersuchen. Weiterhin ist zu überprüfen, inwieweit Schwingungsimmissionen in die geplanten Neubauten übertragen werden. Im Zusammenhang mit der Überprüfung der möglichen Schwingungsübertragung aus dem zukünftigen Straßentunnel in die geplanten Neubauten erfolgten Schwingungsmessungen am Rheinufertunnel der Landeshauptstadt Düsseldorf. Die Messdurchführung und die Ergebnisse dieser Messung sind im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

2 EMISSIONSKENNWERTE

2.1 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.

2.2 Körperschall

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

Das messbare Körperschallsignal ist die Schwinggeschwindigkeit v des angeregten Mediums in mm/s. Die zugehörigen Pegel werden als Körperschall-Schwingschnellepegel in logarithmischer Form folgendermaßen ausgedrückt:

Körperschall-Schwingschnellepegel

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

v : Effektivwert der Schwingschnelle in mm/s

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

Der Summenpegel ist der wirksame Pegel der Körperschall-Schwingschnelle. Für die Berechnung des Summenpegels ist der Schwingschnellepegel für den jeweils maßgebenden Frequenzbereich zu ermitteln. Der Summenpegel ergibt sich durch die logarithmische Addition der jeweiligen Terzpegelwerte nach folgender Funktion:

$$L_v = 10 \cdot \lg \sum_{f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1L_{vT}} \text{ (dB)} \quad (2)$$

f_{Tu} : unterste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

f_{To} : oberste zu berücksichtigende Terzmittenfrequenz

L_{vT} : Pegel der jeweiligen Terzmittenfrequenz

3 MESSTECHNISCHE DURCHFÜHRUNG

3.1 Messgeräte

Für die Schwingungsmessung wurden folgende Mess- und Auswertegeräte eingesetzt:

- elektrodynamische Schwingungsaufnehmer (Geophone), Fabr. Western-Data, Typ SM6
- Universalmessgerät CRONOS-PL3, Fabr. imc
- Auswertesoftware FAMOS, Fabr. imc
- Laserdrucker, Fabr. Hewlett Packard

3.2 Messzeiten / Messorte (MO)

Die Messung fand am 02.11.06 im Rheinufertunnel, nördlicher Tunnelmund, in der Zeit von 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr statt.

3.3 Messpunkte

Im Tunnelbauwerk wurden folgende Messpunkte (MP) gewählt:

MP1 : ca. 90 m vom Tunnelmund entfernt in ca. 1 m Höhe an der äußeren Tunnelwand, horizontale Messrichtung – quer zur Wand

MP2 : ca. 70 m vom Tunnelmund entfernt in ca. 1 m Höhe an der äußeren Tunnelwand, horizontale Messrichtung – quer zur Wand

MP3 : ca. 60 m vom Tunnelmund entfernt in ca. 1 m Höhe an der äußeren Tunnelwand, horizontale Messrichtung – quer zur Wand

Ein weiterer Messpunkt befand sich im Gelände oberhalb des Tunnels.

MP4 : ca. 70 m vom Tunnelmund entfernt auf dem Rasen, vertikale Messrichtung (Erdspeiß)

Der Anlage-Nr. 1 sind Fotos der Tunnelmesspunkte zu entnehmen.

3.4 Mess- und Auswerteverfahren

An allen Messpunkten wurden die durch den in Richtung Norden fahrenden Straßenverkehr verursachten Schwingungsimmissionen synchron gemessen. Erfasst wurden die von den Lkw verursachten Emissionen, da die Pkw-Anregung keine über dem Rauschpegel liegenden Werte erzeugten. Es erfolgten jeweils zeitliche Aufzeichnungen, in denen ein oder mehrere Lkw-Vorbeifahrten erfasst wurden.

Die Auswertung der gemessenen **Schwingungssignale** erfolgt nach DIN 45672-2 (Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, T2: Auswerteverfahren).

Die vor Ort mittels Geophonen in Form von Schwinggeschwindigkeiten erfassten Schwingungssignale wurden direkt digitalisiert und auf der Festplatte sowie CD gespeichert. Die Signale wurden dann im Labor ausgelesen und unter Verwendung der Auswertesoftware weiter verarbeitet. Zunächst wurde für jede Vorbeifahrt ein Schwinggeschwindigkeits-schrieb aufgezeichnet und eine Fast-Fourier-Analyse (FFT) im 4-Sekunden-Zeitfenster durchgeführt. Weiterhin wurden Schwingschnelle-Terzpegel nach Funktion (1) unter Verwendung der Zeitkonstanten „Fast“ erzeugt. Diese Spektren wurden als obere Hüllkurve der Einzelspektren für das 4-Sekunden-Zeitfenster (Max Hold) ermittelt.

Ergänzend wurden die schwingungstechnischen Kennwerte Schwingschnelle-Summenpegel und maximale Schwinggeschwindigkeit mit zugehöriger Erregerfrequenz der einzelnen zeitlichen Aufnahmen berechnet.

Für die unterschiedlichen zeitlichen Aufzeichnungen wurden dann die energetischen Mittelwerte der Schwingschnelle aus den jeweiligen Terzpegeln der einzelnen störungsfrei erfassten Vorbeifahrten für jeden Messpunkt ermittelt. Weiterhin erfolgte die Berechnung der Mittelwerte der schwingungstechnischen Kennwerte unter Verwendung der Einzelwerte derselben Schwingungssignale wie folgt:

$$\hat{v}_m; KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{v}_i^2; KB_{FTi}^2} \text{ [mm / s; -]} \quad (3)$$

$$L_{vm} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_v} \quad \text{[dB]} \quad (4)$$

4 MESSERGEBNISSE

4.1 Erschütterungen

In der Anlage-Nr. 2 ist beispielsweise ein Schwingungsschrieb mit zugehöriger Frequenzanalyse abgelichtet.

Die aus den Schrieben ermittelten unbewerteten Erschütterungssignale aller Aufnahmen sind in den Anlagen-Nr. 3 tabellarisch dargestellt. Die folgende Tabelle 1 beinhaltet die auftretenden Minimal-, Maximal- und (quadr.) Mittelwerte der Schwinggeschwindigkeit \hat{v} sowie den Frequenzbereich der Erregerfrequenzen f_e .

Messpunkt	f_e von...bis [Hz]	$\pm \hat{v}$ min / max [mm/s]	$\pm \hat{v}_m$ [mm/s]
Rheinufertunnel			
Lkw			
MP1	9 - 30	0.053/ 0.118	0.093
MP2	10 - 26	0.054/ 0.115	0.091
MP3	10 - 32	0.052/ 0.130	0.106
MP4	5 - 34	0.045/ 0.097	0.072

Tabelle 1: Schwinggeschwindigkeiten und Erregerfrequenzen

Anlagen-Nr. 4.1 – 4.4

Schwingschnelle-Terzpegeldiagramme

Anlagen-Nr. 5.1 + 5.2

Ergebnistabellen Schwingschnelle-Summenpegel

Messung:

Dipl.-Ing. H.-J. Stummeyer
Techn. B. Liesenfeld

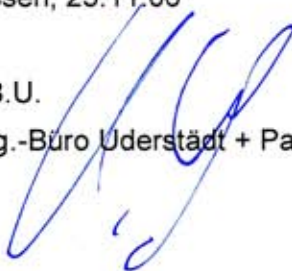
Bearbeitung:

Dipl.-Ing. U. Lenz
Dipl.-Ing. H.-J. Stummeyer

Essen, 23.11.06

I.B.U.

Ing.-Büro Uderstädt + Partner



AUFTRAGGEBER:
Bürger
Vermögensverwaltung
GmbH

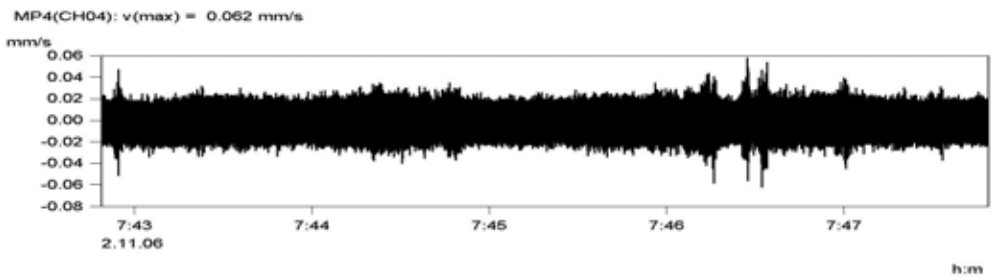
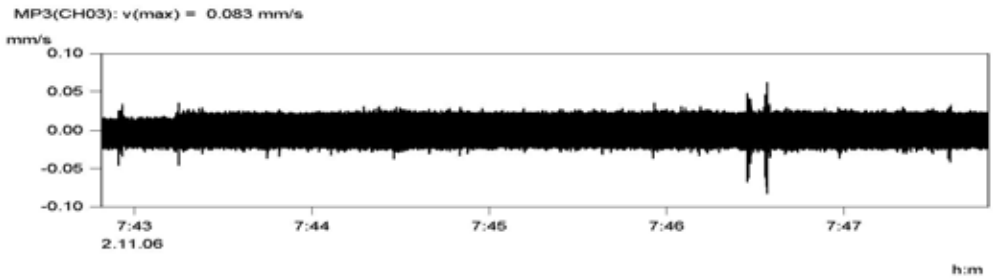
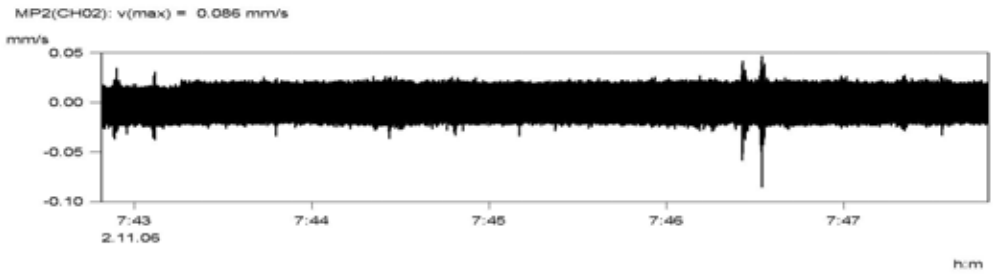
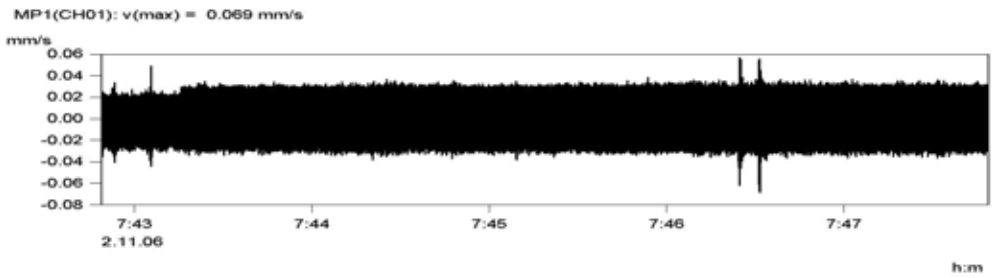
AUFTRAG-NR.:
W 08.406.06/2

Kö-Bogen und Süd-Nord-Tunnel in
Düsseldorf
Schwingungsmessung Autotunnel
FOTOS DER MESSPUNKTE

ANLAGE-
NR.:
1

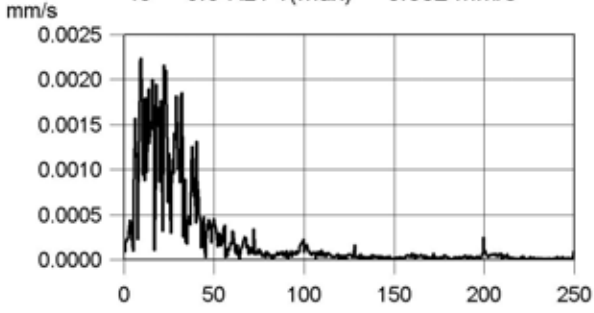


2006-11-02 07-42-47 (1)LKW

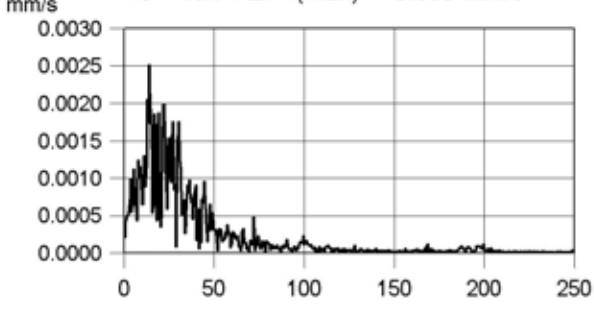


Rheinufertunnel

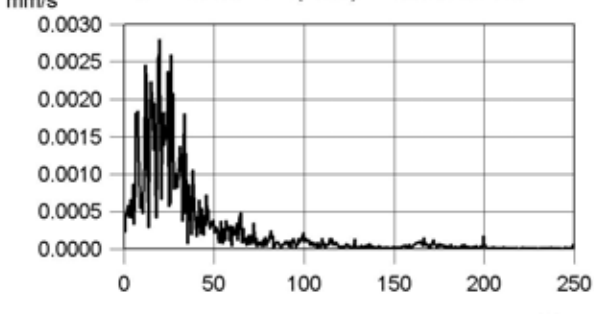
2006-11-02 07-42-47 (1)\MP1(CH01):
fe = 9.3 Hz / v(max) = 0.002 mm/s



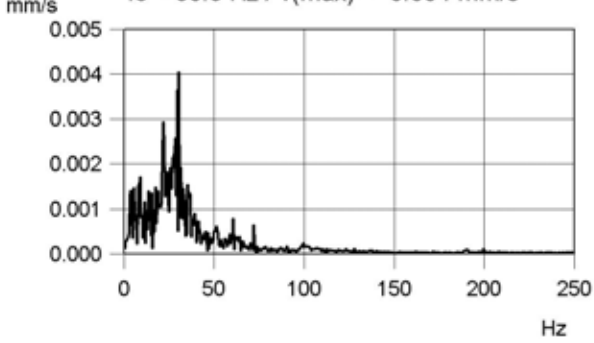
2006-11-02 07-42-47 (1)\MP2(CH02): Hz
fe = 13.7 Hz / v(max) = 0.003 mm/s



2006-11-02 07-42-47 (1)\MP3(CH03): Hz
fe = 19.5 Hz / v(max) = 0.003 mm/s



2006-11-02 07-42-47 (1)\MP4(CH04): Hz
fe = 30.3 Hz / v(max) = 0.004 mm/s



LKW

Zeit	MP1		MP2		MP3		MP4	
	vmax	fe	vmax	fe	vmax	fe	vmax	fe
	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz
10-56-33 (31)	0.101	16.1	0.108	11.7	0.118	21.5	0.064	24.9
11-01-33 (32)	0.086	17.6	0.098	14.6	0.120	17.6	0.080	22.9
11-06-33 (33)	0.089	22.5	0.102	11.2	0.107	19.5	0.074	27.8
11-11-33 (34)	0.106	28.8	0.099	12.2	0.119	20.0	0.097	28.8
11-16-33 (35)	0.081	10.7	0.096	16.6	0.110	17.1	0.059	29.3
11-21-33 (36)	0.086	12.7	0.110	19.5	0.124	11.7	0.070	34.2
11-26-34 (37)	0.103	17.1	0.115	12.7	0.118	14.6	0.076	12.2
11-31-34 (38)	0.070	15.6	0.084	12.2	0.080	20.0	0.062	11.7
Min	0.053	9.3	0.054	10.7	0.052	10.3	0.045	5.4
Max	0.118	29.8	0.115	26.4	0.130	32.2	0.097	34.2
Mittel	0.094		0.092		0.106		0.072	
Stand.abw.	0.016		0.015		0.018		0.012	

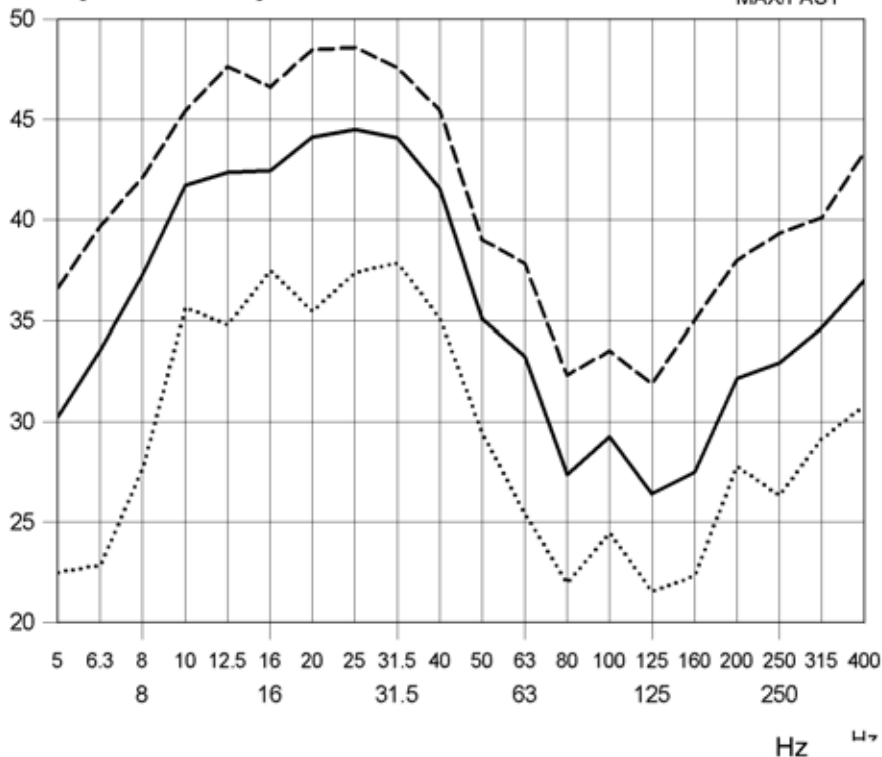
AUFTRAGGEBER: Bünger Vermögensverwaltung GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Nord-Süd-Tunnel
in Düsseldorf
Schwingungsmessung im Rheinufertunnel
02.11.2006

MESSPUNKT: MP1

Lv in dB [re $5 \cdot 10^{-8}$ m/s]

MAX/FAST



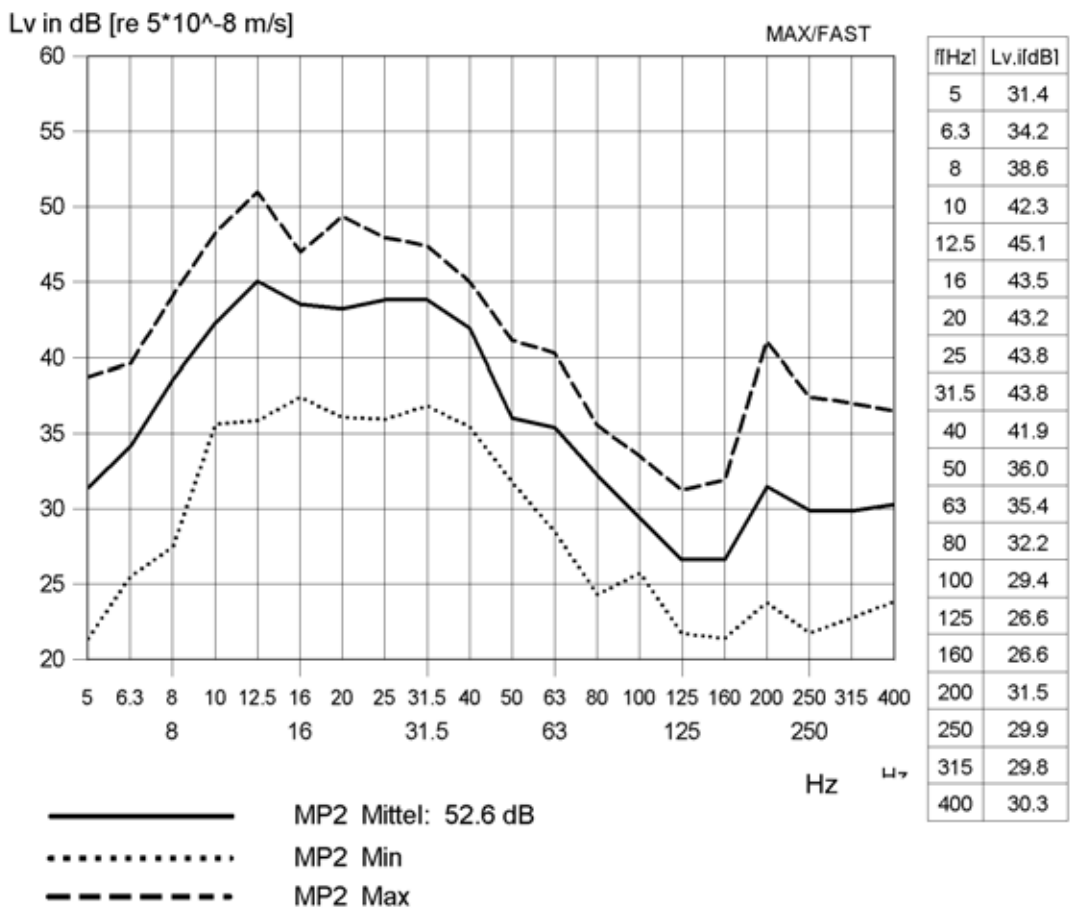
MP1 Mittel: 52.4 dB
 MP1 Min
 MP1 Max

LKW

AUFTRAGGEBER: Bünger Vermögensverwaltung GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Nord-Süd-Tunnel
in Düsseldorf
Schwingungsmessung im Rheinufertunnel
02.11.2006

MESSPUNKT: MP2



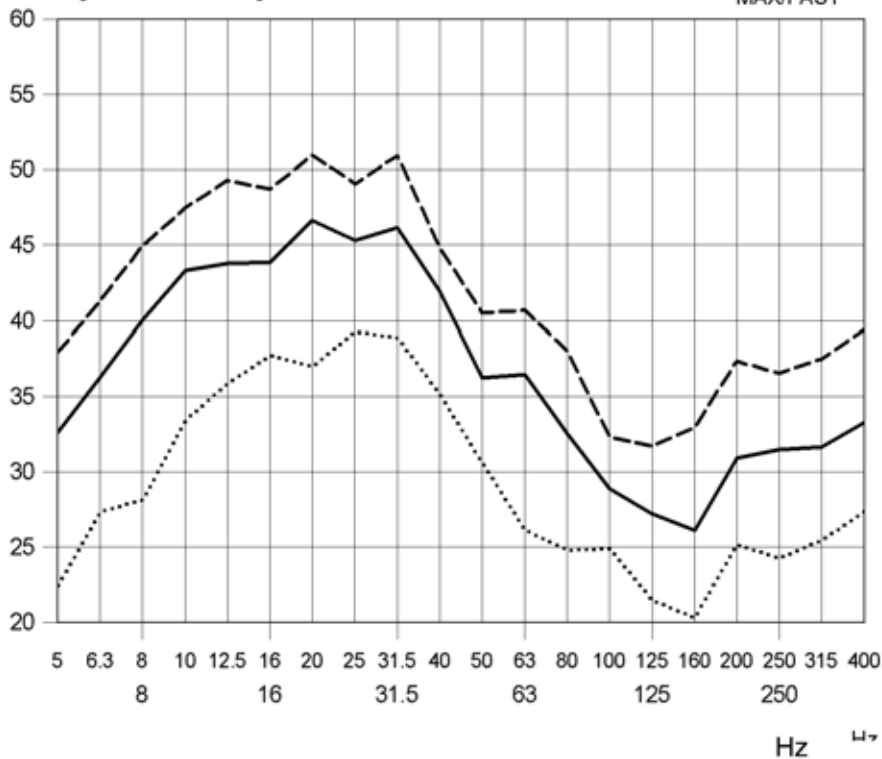
AUFTRAGGEBER: Bünger Vermögensverwaltung GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Nord-Süd-Tunnel
in Düsseldorf
Schwingungsmessung im Rheinfurttunnel
02.11.2006

MESSPUNKT: MP3

Lv in dB [re $5 \cdot 10^{-8}$ m/s]

MAX/FAST



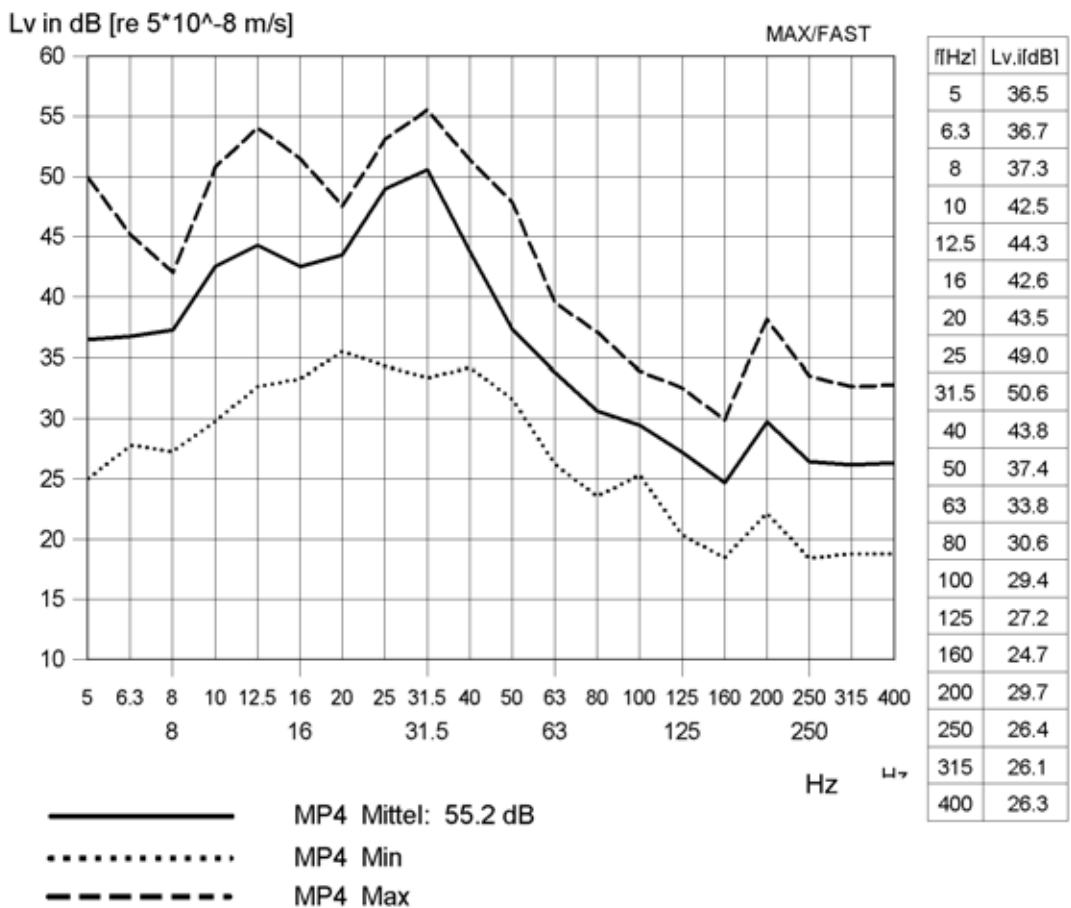
MP3 Mittel: 53.8 dB
 MP3 Min
 MP3 Max

LKW

AUFTRAGGEBER: Bünger Vermögensverwaltung GmbH
Henkelstraße 164
40589 Düsseldorf

OBJEKT: Kö-Bogen und Nord-Süd-Tunnel
in Düsseldorf
Schwingungsmessung im Rheinufertunnel
02.11.2006

MESSPUNKT: MP4



LKW

MAX/FAST	MP1	MP2	MP3	MP4
Zeit	Lv	Lv	Lv	Lv
	dB	dB	dB	dB
07-42-47 (1)	50.9	52.1	52.9	53.9
07-48-36 (1)	49.7	49.4	50.1	53.0
07-53-38 (2)	51.3	52.3	54.9	54.5
07-58-38 (3)	51.4	51.0	51.5	55.2
08-03-38 (4)	50.5	49.4	50.3	44.7
08-08-38 (5)	53.6	52.6	53.0	57.7
08-13-39 (6)	50.6	48.7	49.9	53.2
08-18-39 (7)	53.5	53.5	55.1	55.4
08-23-39 (8)	53.8	54.6	55.9	56.2
08-33-39 (10)	48.9	49.9	49.8	51.9
08-38-40 (11)	50.3	51.0	53.0	52.8
08-43-40 (12)	46.4	49.2	47.2	49.5
08-48-40 (13)	53.4	50.8	52.6	55.2
08-53-40 (14)	48.4	48.9	51.3	51.4
08-58-40 (15)	54.2	53.8	55.5	54.6
09-03-41 (16)	50.6	51.0	52.4	55.6
09-08-41 (17)	54.5	55.4	56.6	56.8
09-13-41 (18)	51.6	50.9	52.7	53.7
09-18-41 (19)	51.0	50.4	50.3	54.2
09-23-41 (20)	51.2	51.4	53.0	55.6
09-28-41 (21)	53.8	55.9	54.5	56.7
09-33-41 (22)	52.1	53.2	55.5	56.5
10-10-52 (23)	54.0	54.1	55.1	55.3
10-21-32 (24)	48.1	47.1	47.9	52.8
10-26-32 (25)	51.2	50.0	52.5	56.7
10-31-32 (26)	52.1	52.8	53.9	55.9
10-36-32 (27)	52.5	54.1	55.2	56.6
10-41-32 (28)	53.0	53.2	53.6	56.6
10-46-32 (29)	53.5	52.3	55.9	56.2
10-51-33 (30)	52.7	51.7	53.1	55.7

LKW

MAX/FAST	MP1	MP2	MP3	MP4
Zeit	Lv	Lv	Lv	Lv
	dB	dB	dB	dB
10-56-33 (31)	53.2	53.0	54.5	54.1
11-01-33 (32)	52.6	52.7	54.3	54.1
11-06-33 (33)	53.0	55.3	54.3	56.8
11-11-33 (34)	53.8	53.8	55.0	57.7
11-16-33 (35)	54.3	54.3	56.4	55.7
11-21-33 (36)	54.5	54.8	56.2	56.4
11-26-34 (37)	54.1	54.7	55.5	55.9
11-31-34 (38)	50.6	51.9	52.7	53.7
Min	46.4	47.1	47.2	44.7
Max	54.5	55.9	56.6	57.7
Mitt	52.4	52.6	53.8	55.2
Streu	2.0	2.1	2.4	2.4