

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: Landeshauptstadt Düsseldorf
Amt für Verkehrsmanagement
Auf'm Hennekamp 45
40225 Düsseldorf

Objekt: Stadtbahnlinie U 81
1. BA Freiligrathplatz – Flughafen Terminal

Schall- und Schwingungstechnische Untersuchung

im Rahmen der Entwurfsplanung

Teil 4: Schwingungsimmissionen

Stadtbahn

Auftrag Nr.: S 09.1087.12/4

Datum: 20.08.2015

Umfang: 23 Textseiten
21 Anlagen

INHALT

1	AUFGABENSTELLUNG	S.	3
2	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	S.	3
2.1	Planunterlagen	S.	3
2.2	Gleisoberbau	S.	4
2.3	Fahrzeuge	S.	4
2.4	Fahrplandaten	S.	5
2.5	Fahrzeuggeschwindigkeit	S.	5
2.6	Gebietsausweisung	S.	5
2.7	Gebäudestruktur	S.	6
3	IMMISSIONSKENNWERTE	S.	6
3.1	Erschütterungen	S.	6
3.2	Körperschall	S.	6
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	S.	7
4.1	Erschütterungsimmissionen	S.	7
4.1.1	Neubau	S.	7
4.1.2	Umbau	S.	10
4.2	Körperschallimmissionen	S.	10
4.2.1	Neubau	S.	10
4.2.2	Umbau	S.	12
5	PROGNOSE	S.	13
5.1	Prognosemodell	S.	13
5.2	Prognoseberechnung	S.	16
5.2.1	Gebäudeauswahl	S.	16
5.2.2	Berechnungsdurchführung	S.	17
6	BEURTEILUNG	S.	19
7	MASSNAHMEN	S.	20
8	ANLAGEN	S.	23

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant den Bau der neuen Stadtbahnlinie U 81. Im ersten Bauabschnitt soll eine Streckenverbindung zwischen dem Freiligrathplatz und dem Flughafen terminal Düsseldorf verwirklicht werden.

Im Rahmen des für den Bau der Stadtbahn erforderlichen Genehmigungsverfahrens nach dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG) sind umfangreiche immissionstechnische Untersuchungen durchzuführen. Hiermit wurde die I.B.U. GmbH beauftragt. Der vorliegende Teil 4 der Gesamtbeurteilung beschäftigt sich mit den zukünftigen Schwingungsimmissionen der Stadtbahn.

Die weiteren Teile der Gesamtbearbeitung gliedern sich wie folgt:

- Teil 1: Luftschallimmissionen Verkehr
- Teil 2: Brücken- und Bogengeräusche
- Teil 3: Umfeldbetrachtungen
- Teil 5: Luftschallimmissionen Baustelle
- Teil 6: Schwingungsimmissionen Baustelle
- Teil 7: Luftschallimmissionen Stadtbahn während der Bauzeit

2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Planunterlagen

Die Schwingungstechnische Untersuchung basiert auf folgenden Unterlagen:

- Übersichtslageplan IGV-U81116-03-0002-ÜLP.pdf
- Lagepläne Trassensicherung
 - IGV-U81116-03_1401_LP1 Trassierung.pdf
 - IGV-U81116-03_1402_LP2 Trassierung.pdf
 - IGV-U81116-03_1403_LP3 Trassierung.pdf
 - IGV-U81116-03_1404_LP4 Trassierung.pdf
- Lagepläne Gesamt
 - IGV-U81116-03_1405_LP1.pdf
 - IGV-U81116-03_1406_LP2.pdf
 - IGV-U81116-03_1407_LP3.pdf
 - IGV-U81116-03_1408_LP4.pdf
- Längsschnitte U81 (Gleis 1, Achse 903)
 - IGV-U81116-03_1503_HP3-4.Gleis 1.pdf

- IGV-U81116-03_1503_HP3-4.Gleis 2.pdf
- Regelquerschnitte
 - IGV-U81116-03_1601_RQ.pdf
 - IGV-U81116-03_1602_QP1.pdf
 - IGV-U81116-03_1603_QP2.pdf
 - IGV-U81116-03_1604_QP3.pdf
 - IGV-U81116-03_1605_QP4.pdf
- I.B.U.-Messbericht-Nr. S 09.1087.12/1 vom 26.11.2012 über die in drei Anliegergebäuden durchgeführten Schwingungsmessungen im Rahmen der Vorplanung
- Ortsbesichtigung vom 5. September und 22. Oktober 2012

2.2 Gleisoberbau

Im gesamten Streckenabschnitt ist der Einbau eines Schottergleises vorgesehen. 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. Die konkret in den einzelnen Abschnitten u.U. einzusetzenden Oberbauarten werden im Abschnitt „Maßnahmen“ beschrieben.

2.3 Fahrzeuge

Auf der Strecke verkehren die Stadtbahnfahrzeuge „Stadtbahnwagen B und GT 8-SU“ der Rheinbahn in Doppel- und vereinzelt auch in Dreifachtraktion.

2.4 Fahrplandaten

Die für die Immissionsbetrachtung gültige Fahrplansituation ist in Bild 1 dargestellt.

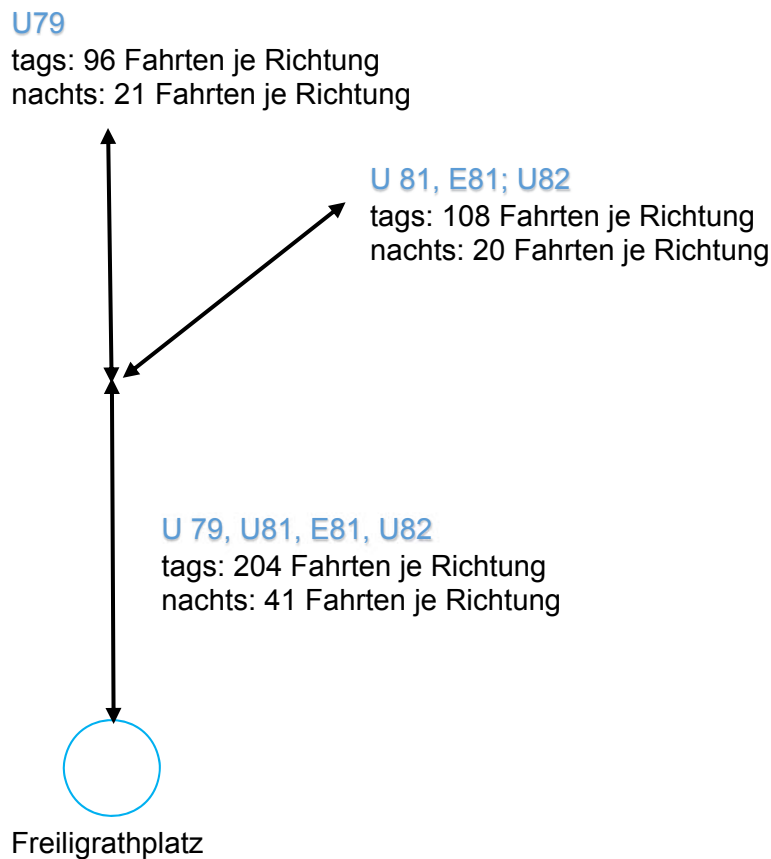


Bild 1: Fahrplandaten Planung Veranstaltungsfahrplan

2.5 Fahrzeuggeschwindigkeit

Die maximale Fahrzeuggeschwindigkeit beträgt 70 km/h. Die Weichenanlage zwischen Freiligrathplatz und Brückenrampe darf mit maximal 60 km/h befahren werden.

2.6 Gebietsausweisung

Die betroffene Wohnbebauung liegt lt. Flächennutzungsplan innerhalb von Wohnbauflächen. Lediglich die Bereiche am Flughafen sind als Gewerbegebiet und Kerngebiet ausgewiesen.

2.7 Gebäudestruktur

Aus den Ortsbesichtigungen und der im Rahmen der Vorplanung in Gebäuden durchgeführten Beweissicherungsmessungen kann abgelesen werden, dass eine vielfältige Gebäudestruktur vorhanden ist. Im Wesentlichen handelt es sich um Einfamilienhäuser.

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 Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} 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 Körperschall-Schalldruckpegel in logarithmischer Form folgendermaßen ausgedrückt:

Körperschall-Schwingschnellepegel

Körperschall-Schalldruckpegel
(sekundärer Luftschall)

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

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

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 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:

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

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 Neubau

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

$KB_{Fmax} \leq A_u$ → Anforderung der Norm für Tunnelstrecke eingehalten

$KB_{Fmax} \leq 1,5 \cdot A_u$ → Anforderung der Norm für oberirdische Gleisanlage eingehalten

Liegt KB_{Fmax} über A_u bzw. $1,5 \cdot A_u$, 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:

$KB_{FTr} \leq A_r$ → Anforderung der Norm für Tunnelstrecke eingehalten

$KB_{FTr} \leq 1,5 \cdot A_r$ → Anforderung der Norm für oberirdische Gleistrasse 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 Umbau

Die Neubauplanung der U 81 greift in die vorhandenen Gleisanlagen in der Lilienthalstraße ein. Hier sind schon Gleisanlagen vorhanden, die entsprechende Immissionen in der Nachbarschaft erzeugen. Allgemein wird eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen in Form der Beurteilungsschwingstärke von Schienenwegen kleiner 25 % durch Umbauplanungen als zulässig angesehen. Insofern kann eine Beurteilung unabhängig von den Regelungen der DIN 4150-2 wie folgt erfolgen:

$$\Delta KB_{FT_r} \geq 25 \%$$

→ Schutzmaßnahme erforderlich

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

4.2 Körperschallimmissionen

4.2.1 Neubau

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 Stadtbahnstrecken wurde in den letzten Jahren die Beurteilung der Körperschallimmissionen bei vielen Projekten, auch in Düsseldorf, 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 Stadtbahnplanungen mit oberirdischen Gleisanlagen in der Vergangenheit für Schlafräume mit 40 dB(A) und für die Tunnelstrecke mit 35 dB(A) festgelegt wurden. Für Wohn- und Arbeitsräume gelten entsprechend höhere Werte.

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 (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 (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 Stadtbahnverkehr 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. 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 erfolgt die Beurteilung im Sinne des erhöhten Schallschutzes für die Anlieger in der gleichen Weise wie in den letzten Jahren bei anderen Projekten anhand der mittleren Maximalpegel und den zulässigen Innenraumpegeln nach VDI 2719.

4.2.2 Umbau

Wie unter 4.1.2 bereits dargestellt, greift die Neubauplanung in vorhandene Gleisanlagen ein, so dass von einer entsprechenden Vorbelastung auszugehen ist.

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 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

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

5 PROGNOSE

5.1 Prognosemodell

Für die geplante Neubaustrecke erfolgt die Prognose der Schwingungsmissionen auf der Basis vorhandener Erkenntnisse über die Emissionen der Stadtbahn 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. Für den Umbaubereich erfolgen Betrachtungen analog dem beschriebenen Prognosemodell. Das Prognosemodell ergibt sich wie folgt:

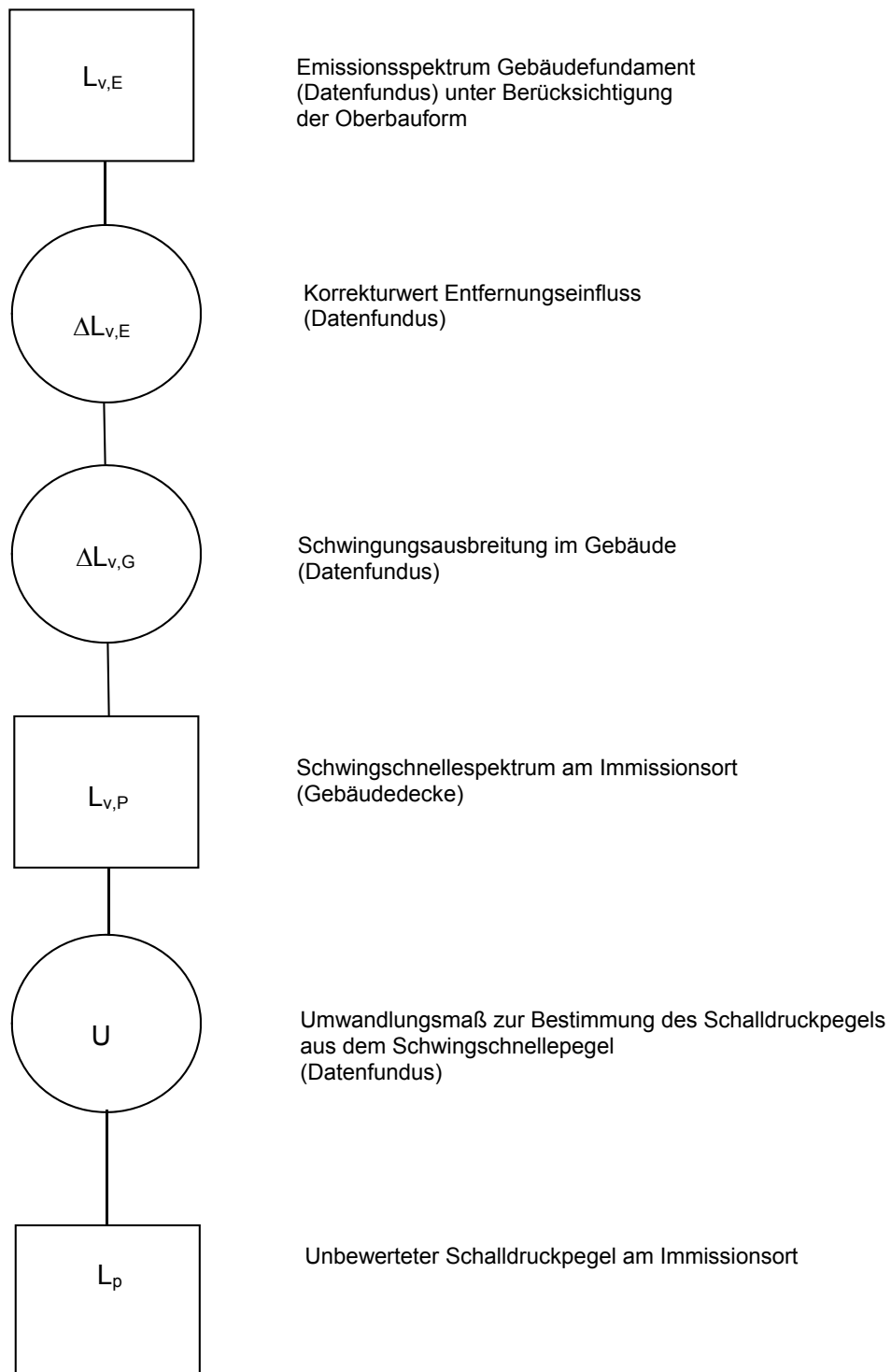


Bild 1: Prognosemodell

Für die Berechnung der Körperschallimmissionen ist der Frequenzbereich $f_T = 5 - 250$ Hz zu betrachten. Aus dem Schwingschnelle- und dem Schalldruckpegel am Immissionsort werden dann die für die Beurteilung maßgebenden Immissionsgrößen ermittelt.

Erschütterungsimmissionen

$KB_{FTm} \approx K_b \cdot v_0 \cdot 10^{L'_v/20}$ (Taktmaximal-Effektivwert der Bewerteten Schwingstärke)

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 $f_T = 5-80$ Hz

$KB_{Fmax} \approx 1,5 \cdot KB_{FTm}$ (maximale Bewertete Schwingstärke)

Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke (KB_{FTm}) als Prognosewert. Aus KB_{FTm} wird entsprechend Abschn. 4.1 unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungs-Schwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich zu:

$KB_{Fmax} \approx 1,5 \cdot KB_{FTm}$

Körperschallimmissionen

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

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

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

Der Maximalwert ergibt sich zu:

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

hier: $K_{\max} \approx 3 \text{ dB (A)}$

5.2 Prognoseberechnung

5.2.1 Gebäudeauswahl

Die Immissionsprognose erfolgt für die relevanten Streckenabschnitte anhand der folgend aufgelisteten Gebäude:

Hülsestraße 17

Dieses Gebäude befindet sich im Einflussbereich der beiden neuen Gleisabzweige.

Lilienthalstraße 2c

Dieses Gebäude befindet sich im Bereich der oberirdischen Gleistrasse, in dem das nächstgelegene Gleis an die Gebäude heranrückt. Die vorhandenen Gleise bleiben in Niveaulage, während die neuen Gleise sich bereits auf dem Rampenbauwerk befinden.

Lilienthalstraße 4a

Dieses Gebäude befindet sich ebenfalls im Bereich der oberirdischen Gleistrasse, in dem das nächstgelegene Gleis an die Gebäude heranrückt. Die vorhandenen Gleise bleiben in Niveaulage, während die neuen Gleise sich bereits auf dem Brückenbauwerk befinden.

Zu den Eichen 17

Dieses Gebäude befindet sich in dem Bereich, in dem die vorhandenen Gleisanlagen in ihre alte Lage übergehen. Die neuen Gleise befinden sich auf dem Brückenbauwerk.

Bundespolizei

Dieses Gebäude befindet sich im Einflussbereich der geplanten oberirdischen Gleistrasse im Bereich des Flughafens.

Flughafengebäude – Rampenbereich

Im Bereich der Tunnelrampe befinden sich verschiedene Flughafengebäude, die durch eine neu geplante Flughafenbebauung ersetzt werden sollen.

Flughafengebäude – Tunnelbereich

Im Bereich des Tunnels befinden sich ebenfalls verschiedene Flughafengebäude, die durch die neu geplante Flughafenbebauung ersetzt werden sollen.

Hotel Maritim

Das Hotel Maritim befindet sich in unmittelbarer Nähe des unterirdischen Haltestellenbauwerks der neuen Stadtbahn.

5.2.2 Berechnungsdurchführung

Für die Berechnungsdurchführung wurden dem Datenfundus Emissionsspektren für die verschiedenen Anregesituationen entnommen. Die gewählten Spektren sind den in der Anlage-Nr. 1 wiedergegebenen Rechnerausdrucken der Prognoseberechnung zu entnehmen.

Die gewählten Emissionsspektren sind auf bestimmte Abstände bezogen, die von denen der im Projekt realisierten Abstände „Gebäude-Gleisachse“ abweichen. Daher ist der abweichende Entfernungseinfluss zu berücksichtigen. 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 Gleisstrasse
- 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:

$n = 0,3$

$c = 160 \text{ m/s}$

$D = 0,002 - 0,02$, frequenzabhängig

Die jeweils ermittelte Übertragungsfunktion ist ebenfalls den Rechnerausdrücken der Anlage-Nr. 1 zu entnehmen.

Die gewählten Spektren der Schwingschnelleausbreitung im Gebäude wurden ebenfalls dem Datenfundus entnommen. Lediglich für das Gebäude Lilienthalstraße 4a wurde Bezug auf die Messergebnisse der Beweissicherung genommen. Diese Spektren sind auch in den Rechnerausdrücken der Prognoseberechnung dargestellt. Die Berechnungen wurden jeweils für zwei unterschiedliche Spektren durchgeführt.

Für die Umwandlung der prognostizierten Schwingschnellepegel in den Rauminnenpegel (sekundärer Luftschall) werden ebenfalls dem Datenfundus zu entnehmende Spektren verwendet. Für das Gebäude Lilienthalstraße 4a gilt wieder, dass Bezug auf die Messergebnisse der Beweissicherung genommen wurde. Die Spektren sind wiederum in den Rechnerausdrücken der Prognoseberechnung wiedergegeben.

Auf Basis der ermittelten Spektren erfolgt dann die Ermittlung der A-bewerteten Schalldruckpegel und der bewerteten Schwingstärke nach DIN 4150-2.

Die im Hinblick auf die Immissionsbeurteilung relevanten Ergebnisse der Prognoseberechnung sind getrennt für die Gleisanlagen der U 79 und U 81 in den Anlagen-Nr. 2.1 + 2.2 zusammengefasst. In der Tabelle der Anlagen-Nr. 2.3 ist die Beurteilungs-Schwingstärke der einzelnen Gebäude für alle relevanten Gleise zusammengefasst. In der Tabelle 3 sind die Maximalwerte der Immissionsprognose zusammengefasst. Diese Werte sind Grundlage der weiteren Beurteilung.

Gebäude	KB _{FTr}		L _{pA} [dB(A)]
	Tag	Nacht	
Hülsestraße 17	0,15	0,10	42
Lilienthalstraße 2c	0,07	0,04	42
Lilienthalstraße 4a	0,03	0,02	43
Zu den Eichen 17	0,03	0,02	42
Bundespolizei	0,10	0,06	42
Flughafengebäude Rampe	0,05	0,03	51
Flughafengebäude Tunnel	0,05	0,03	54
Hotel Maritim	0,15	0,09	61

Tabelle 3: Zusammenfassung Prognoseergebnisse**6** BEURTEILUNG

Im Bereich der Ausfädelung der Gleise der U 81 aus der Gleisanlage der U79 wird durch die Anordnung der Weichenanlagen eine deutliche Zunahme (> 25 %) der Erschütterungs- und Körperschallimmissionen bewirkt. Die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Wohngebiete werden voraussichtlich überschritten. Der durch Körperschallübertragung zu erwartende Innenraumpegel (sekundärer Luftschall) liegt über dem Orientierungswert von 40 dB(A). Insofern sind Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage erforderlich.

Im Bereich der oberirdischen Gleisanlage in der Lilienthalstraße werden lt. Prognose auch zukünftig die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Wohngebiete eingehalten. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass von dem an die heranrückenden Gleis 4 (U79, Fahrtrichtung Düsseldorf-City) mittlere Körperschallpegel größer 40 dB(A) auftreten. Daher sind Maßnahmen zur Minderung der Körperschallemissionen der Gleisanlage für das Gleis 4 erforderlich.

Im Bereich der oberirdischen Gleistrasse „Flughafen“ befinden sich verschiedene gewerblich genutzte Gebäude. Für ein Gebäude wurde eine Immissionsprognose durchgeführt. Demnach werden die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Gewerbegebiete bzw. Kerngebiete deutlich unterschritten. Für den zu erwartenden Körperschallpegel gilt, dass die Orientierungswerte für gewerblich genutzte Räume eingehalten werden. Insofern sind keine besonderen Maßnahmen in diesem Gleisabschnitt erforderlich.

Im Bereich der Tunnelrampe und des Tunnels treten Erschütterungsimmissionen auf, die die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Gewerbegebiete unterschreiten. Die prognostizierten Körperschallpegel erreichen Werte über 50 dB(A), so dass hier, je nach Nutzung, möglicherweise Maßnahmen erforderlich sind. Für die neu geplante Flughafenbebauung gilt, dass höhere Werte zu erwarten sind. Insgesamt gesehen ist im Hinblick auf die Körperschallübertragung der Einbau einer Schutzmaßnahme erforderlich.

Die unterirdische Haltestelle „Flughafen“ der U 81 liegt in unmittelbarer Nähe zum Hotel Maritim. Hier ist auf Grund der für den Haltestellenumbau erforderlichen Baugrubensicherung von einer späteren baulichen Verbindung zwischen beiden Bauwerken auszugehen. Insofern sind laut Prognose sehr hohe Immissionen, die über den beschriebenen Anhalts- und Orientierungswerten liegen, zu erwarten. Insofern ist eine Maßnahme zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage im Haltestellenbauwerk 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.

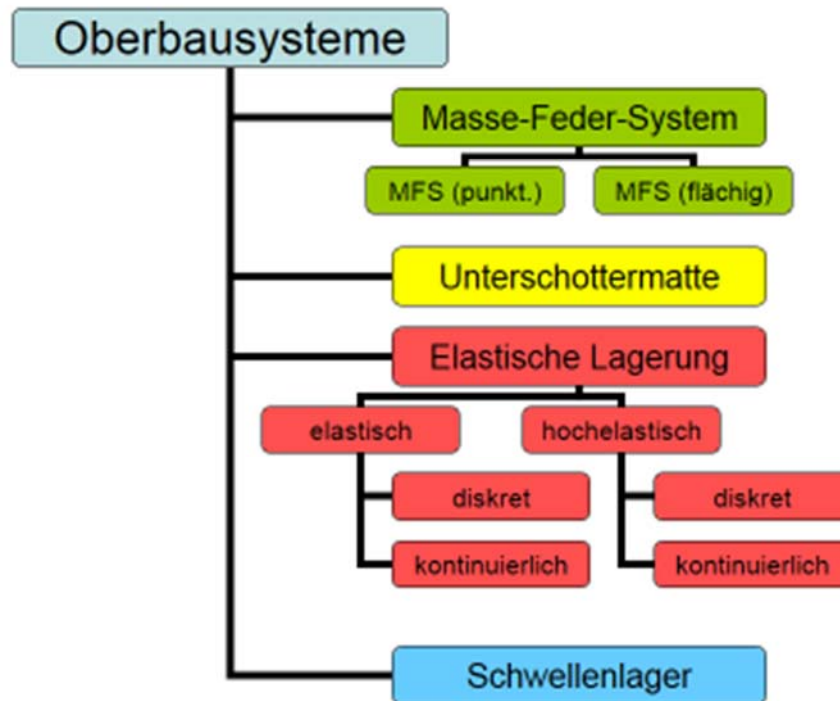


Bild 2: Übersicht elastische Oberbauformen

Aus der Immissionsprognose ergibt sich für die verschiedenen Teilabschnitte der neuen Stadtbahnverbindung die Notwendigkeit, eine elastische Oberbauform vorzusehen. Auf Grund unterschiedlicher Anforderungen und unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Situation wird empfohlen, die folgenden Oberbauformen in den genannten Streckenabschnitten einzubauen:

Ausfädelung der Gleise U 81

In diesem Bereich ist unter dem Schotteroberbau eine Unterschottermatte auf einer Betonunterkonstruktion anzuordnen. Die Betonunterkonstruktion muss eine ausreichende Steifigkeit aufweisen und die Unterschottermatte eine hohe Elastizität. Das System ist schwingungsdynamisch zu dimensionieren. Bei der Auswahl der Unterschottermatte sind die Regelungen der DIN 45673-Mechanische Schwingungen – elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen-Teil 5: Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten – zu beachten.

Lilienthalstraße – Gleis 4 (heranrückendes Gleis der Linie U 79)

Für dieses Gleis ist anstatt einer Standardschienenlagerung eine elastische Schienenbefestigung entsprechend DIN 45673 - Mechanische Schwingungen-elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen-Teil 9: Labor-Prüfverfahren für diskrete elastische Schienenbefestigungen – vorzusehen. Die einzusetzende elastische Schienenbefestigung soll hierbei eine Schienenvertikaleinfederung größer 1mm unter maximaler Radsatzlast ermöglichen.

Tunnelrampe / Tunnel

In der Tunnelrampe und im Tunnel ist eine Unterschottermatte mit geringen dynamischen Bettungsmodul einzubauen. Es sind die Regelungen der DIN 45673-5 zu beachten.

unterirdische Haltestelle

Im Hinblick auf die prognostizierten relativ hohen Schwingungsimmissionen innerhalb des Hotels Maritim ist hier der Einbau eines Masse-Feder-Systems mit einer Abstimmfrequenz $f_{Ab} \leq 8$ Hz erforderlich. Das System ist schwingungsdynamisch zu dimensionieren. Dabei sind die Regelungen der DIN 45673 – Mechanische Schwingungen-elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen-Teil 7: Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Masse-Feder-Systemen – zu beachten.

8 ANLAGEN

Anlagen-Nr. 1.1 – 1.8	Prognose U 79
Anlagen-Nr. 2.1 – 2.10	Prognose U 81
Anlagen-Nr. 3.1 – 3.3	Ermittlung Beurteilungs-Schwingstärke aus allen Gleisen

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, 20.08.2015



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

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.1

Immissionsprognose

IO1

Hülsestraße 17 - Gl.3

	L_{vA1}	ΔL_{vE1}	ΔL_{vG2}	L_{vG}	ΔL_{vU2}	L_{pA}
5	33.0	0.0	3.0	36.0	18.0	-39.0
6.3	39.0	0.0	4.0	43.0	10.0	-32.0
8	46.0	0.0	5.0	51.0	3.0	-23.0
10	51.0	0.0	7.0	58.0	1.0	-11.4
12.5	54.0	0.0	5.0	59.0	3.0	-1.4
16	66.0	0.0	3.0	69.0	0.0	12.3
20	47.0	0.0	7.0	54.0	3.0	6.5
25	53.0	0.0	0.0	53.0	2.0	10.3
31.5	54.0	0.0	1.0	55.0	2.0	17.6
40	48.0	0.0	6.0	54.0	9.0	28.4
50	41.0	0.0	5.0	46.0	9.0	24.8
63	37.0	0.0	3.0	40.0	7.0	20.8
80	31.0	0.0	6.0	37.0	5.0	19.5
100	31.0	0.0	-1.0	30.0	3.0	13.9
125	28.0	0.0	-5.0	23.0	4.0	10.9
160	27.0	0.0	-4.0	23.0	6.0	15.6
200	22.0	0.0	-3.0	19.0	9.0	17.1
250	28.0	0.0	-3.0	25.0	8.0	24.4

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.423$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.244$
 $KB_{FTm} = 0.163$

$KB_{FT,Tag} = 0.05$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.03$ $L_{pA} = 32.3$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.2

Immissionsprognose

IO2

Hülsestraße 17 - GI.4

	L_{vA1}	ΔL_{vE1}	ΔL_{vG4}	L_{vG}	ΔL_{vU4}	L_{pA}
5	34.0	0.0	3.0	37.0	18.0	-38.0
6.3	40.0	0.0	4.0	44.0	10.0	-31.0
8	42.0	0.0	5.0	47.0	3.0	-27.0
10	47.0	0.0	7.0	54.0	1.0	-15.4
12.5	50.0	0.0	5.0	55.0	3.0	-5.4
16	54.0	0.0	3.0	57.0	0.0	0.3
20	67.0	0.0	7.0	74.0	3.0	26.5
25	64.0	0.0	0.0	64.0	2.0	21.3
31.5	58.0	0.0	1.0	59.0	2.0	21.6
40	58.0	0.0	6.0	64.0	9.0	38.4
50	47.0	0.0	5.0	52.0	9.0	30.8
63	46.0	0.0	3.0	49.0	7.0	29.8
80	48.0	0.0	6.0	54.0	5.0	36.5
100	42.0	0.0	-1.0	41.0	3.0	24.9
125	46.0	0.0	-5.0	41.0	4.0	28.9
160	38.0	0.0	-4.0	34.0	6.0	26.6
200	35.0	0.0	-3.0	32.0	9.0	30.1
250	28.0	0.0	-3.0	25.0	8.0	24.4

L_{vA} : Emissionspegel

ΔL_{vE} : Einfluss Abstand

ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.752$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.428$

$KB_{FTm} = 0.285$

$KB_{FT,Tag} = 0.09$

$KB_{FT,Nacht} = 0.06$ $L_{pA} = 42.3$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.3

Immissionsprognose

IO5

Lilienthalstraße 2c - Gl.3

	L_{VA5}	ΔL_{VE5}	ΔL_{VG9}	L_{VG}	ΔL_{VU9}	L_{pA}
5	29.0	-0.6	0.0	28.4	0.0	-64.6
6.3	36.0	-0.6	1.0	36.4	0.0	-48.6
8	46.0	-0.9	1.0	46.1	3.0	-27.9
10	48.0	-1.0	2.0	49.0	1.0	-20.4
12.5	46.0	-1.1	0.0	44.9	0.0	-18.5
16	54.0	-1.2	0.0	52.8	0.0	-3.9
20	57.0	-1.4	3.0	58.6	1.0	9.1
25	51.0	-1.6	4.0	53.4	1.0	9.7
31.5	40.0	-1.8	4.0	42.2	3.0	5.8
40	39.0	-2.2	1.0	37.8	6.0	9.2
50	42.0	-2.6	2.0	41.4	5.0	16.2
63	38.0	-3.1	0.0	34.9	7.0	15.7
80	33.0	-3.8	0.0	29.2	7.0	13.7
100	30.0	-4.7	0.0	25.3	3.0	9.2
125	22.0	-5.7	1.0	17.3	2.0	3.2
160	19.0	-4.9	4.0	18.1	6.0	10.7
200	17.0	-4.2	6.0	18.8	3.0	10.9
250	17.0	-3.5	4.0	17.5	3.0	11.9

L_{VA} : Emissionspegel
 ΔL_{VE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.128$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.087$
 $KB_{FTm} = 0.058$

$KB_{FT,Tag} = 0.02$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.01$ $L_{pA} = 22.6$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.4

Immissionsprognose

IO6

Lilienthalstraße 2c - GI.4

	L_{VA6}	ΔL_{VE6}	ΔL_{VG12}	L_{VG}	ΔL_{VU12}	L_{pA}
5	28.0	1.2	3.0	32.2	18.0	-42.8
6.3	36.0	1.3	4.0	41.3	10.0	-33.7
8	47.0	1.7	5.0	53.7	3.0	-20.3
10	48.0	1.8	7.0	56.8	1.0	-12.6
12.5	46.0	1.9	5.0	52.9	3.0	-7.5
16	53.0	2.1	3.0	58.1	0.0	1.4
20	60.0	2.3	7.0	69.3	3.0	21.8
25	59.0	2.6	0.0	61.6	2.0	18.9
31.5	49.0	3.0	1.0	53.0	2.0	15.6
40	47.0	3.4	6.0	56.4	9.0	30.8
50	47.0	4.0	5.0	56.0	9.0	34.8
63	48.0	4.7	3.0	55.7	7.0	36.5
80	45.0	5.6	6.0	56.6	4.0	38.1
100	36.0	6.7	-1.0	41.7	3.0	25.6
125	28.0	8.1	-5.0	31.1	4.0	19.0
160	26.0	7.1	-4.0	29.1	6.0	21.7
200	25.0	6.2	-3.0	28.2	4.0	21.3
250	23.0	5.2	-3.0	25.2	2.0	18.6

L_{VA} : Emissionspegel

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.440$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.275$

$KB_{FTm} = 0.184$

$KB_{FTr,Tag} = 0.06$

$KB_{FTr,Nacht} = 0.04$ $L_{pA} = 42.1$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.5

Immissionsprognose

IO9

Lilienthalstraße 4a - Gl.3

	L_{VA9}	ΔL_{VE9}	ΔL_{VG17}	L_{VG}	ΔL_{VU17}	L_{pA}
5	29.0	-0.7	1.0	29.3	18.0	-45.7
6.3	36.0	-0.8	-1.0	34.2	12.0	-38.8
8	46.0	-1.2	-1.0	43.8	6.0	-27.2
10	48.0	-1.3	-2.0	44.7	12.0	-13.7
12.5	46.0	-1.4	0.0	44.6	20.0	1.2
16	54.0	-1.6	-1.0	51.4	23.0	17.7
20	57.0	-1.8	1.0	56.2	5.0	10.7
25	51.0	-2.1	1.0	49.9	8.0	13.2
31.5	40.0	-2.4	-1.0	36.6	10.0	7.2
40	39.0	-2.9	1.0	37.1	10.0	12.5
50	42.0	-3.5	3.0	41.5	5.0	16.3
63	38.0	-4.2	5.0	38.8	9.0	21.6
80	33.0	-5.1	2.0	29.9	9.0	16.4
100	30.0	-6.2	9.0	32.8	8.0	21.7
125	22.0	-7.5	15.0	29.5	4.0	17.4
160	19.0	-6.6	6.0	18.4	11.0	16.0
200	17.0	-5.6	5.0	16.4	12.0	17.5
250	17.0	-4.7	4.0	16.3	10.0	17.7

L_{VA} : Emissionspegel
 ΔL_{VE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.097$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.066$
 $KB_{FTm} = 0.044$

$KB_{FT,Tag} = 0.01$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.01$ $L_{pA} = 28.5$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.6

Immissionsprognose

IO10

Lilienthalstraße 4a - Gl.4

	L_{VA10}	ΔL_{VE10}	ΔL_{VG20}	L_{VG}	ΔL_{VU20}	L_{pA}
5	28.0	0.3	1.0	29.3	18.0	-45.7
6.3	36.0	0.3	-1.0	35.3	12.0	-37.7
8	47.0	0.4	-1.0	46.4	6.0	-24.6
10	48.0	0.4	-2.0	46.4	12.0	-12.0
12.5	46.0	0.4	0.0	46.4	20.0	3.0
16	53.0	0.5	-1.0	52.5	23.0	18.8
20	60.0	0.5	1.0	61.5	5.0	16.0
25	59.0	0.6	1.0	60.6	8.0	23.9
31.5	49.0	0.7	-1.0	48.7	10.0	19.3
40	47.0	0.8	1.0	48.8	10.0	24.2
50	47.0	0.9	3.0	50.9	5.0	25.7
63	48.0	1.1	5.0	54.1	9.0	36.9
80	45.0	1.4	2.0	48.4	9.0	34.9
100	36.0	1.6	9.0	46.6	8.0	35.5
125	28.0	2.0	15.0	45.0	4.0	32.9
160	26.0	1.7	6.0	33.7	11.0	31.3
200	25.0	1.5	5.0	31.5	12.0	32.6
250	23.0	1.2	4.0	28.2	10.0	29.6

L_{VA} : Emissionspegel

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_V : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.179$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.140$

$KB_{FTm} = 0.093$

$KB_{FTr,Tag} = 0.03$

$KB_{FTr,Nacht} = 0.02$ $L_{pA} = 42.7$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.7

**Immissionsprognose
Zu den Eichen 17 - Gl.3**

	L_{vA11}	ΔL_{vE11}	ΔL_{vG22}	L_{vG}	ΔL_{vU22}	L_{pA}
5	29.0	0.0	1.0	30.0	18.0	-45.0
6.3	36.0	0.0	-1.0	35.0	12.0	-38.0
8	46.0	0.0	-1.0	45.0	6.0	-26.0
10	48.0	0.0	-2.0	46.0	12.0	-12.4
12.5	46.0	0.0	0.0	46.0	20.0	2.6
16	54.0	0.0	-1.0	53.0	23.0	19.3
20	57.0	0.0	1.0	58.0	5.0	12.5
25	51.0	0.0	1.0	52.0	8.0	15.3
31.5	40.0	0.0	-1.0	39.0	10.0	9.6
40	39.0	0.0	1.0	40.0	10.0	15.4
50	42.0	0.0	3.0	45.0	5.0	19.8
63	38.0	0.0	5.0	43.0	9.0	25.8
80	33.0	0.0	2.0	35.0	9.0	21.5
100	30.0	0.0	9.0	39.0	8.0	27.9
125	22.0	0.0	15.0	37.0	4.0	24.9
160	19.0	0.0	6.0	25.0	11.0	22.6
200	17.0	0.0	5.0	22.0	12.0	23.1
250	17.0	0.0	4.0	21.0	10.0	22.4

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
 U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.119$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.081$
 $KB_{FTm} = 0.054$

$KB_{FT,Tag} = 0.02$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.01$ $L_{pA} = 33.6$ dB(A)
(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	1.8

**Immissionsprognose
Zu den Eichen 17 - Gl.4**

	L_{vA12}	ΔL_{vE12}	ΔL_{vG24}	L_{vG}	ΔL_{vU24}	L_{pA}
5	28.0	0.1	1.0	29.1	18.0	-45.9
6.3	36.0	0.1	-1.0	35.1	12.0	-37.9
8	47.0	0.2	-1.0	46.2	6.0	-24.8
10	48.0	0.2	-2.0	46.2	12.0	-12.2
12.5	46.0	0.2	0.0	46.2	20.0	2.8
16	53.0	0.2	-1.0	52.2	23.0	18.5
20	60.0	0.3	1.0	61.3	5.0	15.8
25	59.0	0.3	1.0	60.3	8.0	23.6
31.5	49.0	0.3	-1.0	48.3	10.0	18.9
40	47.0	0.4	1.0	48.4	10.0	23.8
50	47.0	0.5	3.0	50.5	5.0	25.3
63	48.0	0.6	5.0	53.6	9.0	36.4
80	45.0	0.7	2.0	47.7	9.0	34.2
100	36.0	0.8	9.0	45.8	8.0	34.7
125	28.0	1.0	15.0	44.0	4.0	31.9
160	26.0	0.9	6.0	32.9	11.0	30.5
200	25.0	0.7	5.0	30.7	12.0	31.8
250	23.0	0.6	4.0	27.6	10.0	29.0

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.173$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.135$
 $KB_{FTm} = 0.090$

$KB_{FT,Tag} = 0.03$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.02$ $L_{pA} = 42.0$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 96 21
 96 21)

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.1

Immissionsprognose

IO1

Hülsestraße 17 - Gl.1

	L_{vA1}	ΔL_{vE1}	ΔL_{vG1}	L_{vG}	ΔL_{vU1}	L_{pA}
5	33.0	0.0	0.0	33.0	0.0	-60.0
6.3	39.0	0.0	1.0	40.0	0.0	-45.0
8	46.0	0.0	1.0	47.0	3.0	-27.0
10	51.0	0.0	2.0	53.0	1.0	-16.4
12.5	54.0	0.0	0.0	54.0	0.0	-9.4
16	66.0	0.0	0.0	66.0	0.0	9.3
20	47.0	0.0	3.0	50.0	1.0	0.5
25	53.0	0.0	4.0	57.0	1.0	13.3
31.5	54.0	0.0	4.0	58.0	3.0	21.6
40	48.0	0.0	1.0	49.0	6.0	20.4
50	41.0	0.0	2.0	43.0	5.0	17.8
63	37.0	0.0	1.0	38.0	7.0	18.8
80	31.0	0.0	1.0	32.0	7.0	16.5
100	31.0	0.0	0.0	31.0	3.0	14.9
125	28.0	0.0	1.0	29.0	2.0	14.9
160	27.0	0.0	4.0	31.0	6.0	23.6
200	22.0	0.0	8.0	30.0	3.0	22.1
250	28.0	0.0	9.0	37.0	3.0	31.4

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.299$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.181$
 $KB_{FTm} = 0.121$

$KB_{FT,Tag} = 0.04$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.02$ $L_{pA} = 33.6$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

I.B.U. GmbH

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.2

Immissionsprognose

IO2

Hülsestraße 17 - GI.2

	L_{VA1}	ΔL_{VE1}	ΔL_{VG4}	L_{VG}	ΔL_{vU4}	L_{pA}
5	34.0	0.0	3.0	37.0	18.0	-38.0
6.3	40.0	0.0	4.0	44.0	10.0	-31.0
8	42.0	0.0	5.0	47.0	3.0	-27.0
10	47.0	0.0	7.0	54.0	1.0	-15.4
12.5	50.0	0.0	5.0	55.0	3.0	-5.4
16	54.0	0.0	3.0	57.0	0.0	0.3
20	67.0	0.0	7.0	74.0	3.0	26.5
25	64.0	0.0	0.0	64.0	2.0	21.3
31.5	58.0	0.0	1.0	59.0	2.0	21.6
40	58.0	0.0	6.0	64.0	9.0	38.4
50	47.0	0.0	5.0	52.0	9.0	30.8
63	46.0	0.0	3.0	49.0	7.0	29.8
80	48.0	0.0	6.0	54.0	5.0	36.5
100	42.0	0.0	-1.0	41.0	3.0	24.9
125	46.0	0.0	-5.0	41.0	4.0	28.9
160	38.0	0.0	-4.0	34.0	6.0	26.6
200	35.0	0.0	-3.0	32.0	9.0	30.1
250	28.0	0.0	-3.0	25.0	8.0	24.4

L_{VA} : Emissionspegel

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.752$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.428$

$KB_{FTm} = 0.285$

$KB_{FT,Tag} = 0.10$

$KB_{FT,Nacht} = 0.06$ $L_{pA} = 42.3$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.3

Immissionsprognose

IO3

Lilienthalstraße 2c - Gl.1

	L_{VA1}	ΔL_{VE1}	ΔL_{VG1}	L_{VG}	ΔL_{vU1}	L_{pA}
5	25.0	-2.2	3.0	25.8	18.0	-49.2
6.3	34.0	-2.2	4.0	35.8	10.0	-39.2
8	35.0	-2.9	5.0	37.1	3.0	-36.9
10	36.0	-3.1	7.0	39.9	1.0	-29.5
12.5	38.0	-3.3	5.0	39.7	3.0	-20.7
16	40.0	-3.6	3.0	39.4	0.0	-17.3
20	48.0	-3.9	7.0	51.1	3.0	3.6
25	46.0	-4.4	0.0	41.6	2.0	-1.1
31.5	46.0	-5.0	1.0	42.0	2.0	4.6
40	45.0	-5.7	6.0	45.3	9.0	19.7
50	49.0	-6.6	5.0	47.4	9.0	26.2
63	56.0	-7.8	3.0	51.2	7.0	32.0
80	50.0	-9.3	6.0	46.7	4.0	28.2
100	43.0	-11.0	-1.0	31.0	3.0	14.9
125	39.0	-13.3	-5.0	20.7	4.0	8.6
160	36.0	-11.7	-4.0	20.3	6.0	12.9
200	31.0	-10.2	-3.0	17.8	4.0	10.9
250	26.0	-8.6	-3.0	14.4	2.0	7.8

L_{VA} : Emissionspegel

ΔL_{VE} : Einfluss Abstand

ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.055$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.051$

$KB_{FTm} = 0.034$

$KB_{FT,Tag} = 0.01$

$KB_{FT,Nacht} = 0.01$ $L_{pA} = 34.6$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.4

Immissionsprognose

IO4

Lilienthalstraße 2c - Gl.2

	L_{vA4}	ΔL_{vE4}	ΔL_{vG7}	L_{vG}	ΔL_{vU7}	L_{pA}
5	25.0	-1.7	0.0	23.3	0.0	-69.7
6.3	34.0	-1.7	1.0	33.3	0.0	-51.7
8	35.0	-2.2	1.0	33.8	3.0	-40.2
10	36.0	-2.3	2.0	35.7	1.0	-33.7
12.5	38.0	-2.4	0.0	35.6	0.0	-27.8
16	40.0	-2.7	0.0	37.3	0.0	-19.4
20	48.0	-2.9	3.0	48.1	1.0	-1.4
25	46.0	-3.2	4.0	46.8	1.0	3.1
31.5	46.0	-3.6	4.0	46.4	3.0	10.0
40	45.0	-4.1	1.0	41.9	6.0	13.3
50	49.0	-4.7	2.0	46.3	5.0	21.1
63	56.0	-5.5	0.0	50.5	7.0	31.3
80	50.0	-6.6	0.0	43.4	7.0	27.9
100	43.0	-7.8	0.0	35.2	3.0	19.1
125	39.0	-9.3	1.0	30.7	2.0	16.6
160	36.0	-8.3	4.0	31.7	6.0	24.3
200	31.0	-7.2	6.0	29.8	3.0	21.9
250	26.0	-6.1	4.0	23.9	3.0	18.3

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.050$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.045$
 $KB_{FTm} = 0.030$

$KB_{FT,Tag} = 0.01$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.01$ $L_{pA} = 34.4$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.5

Immissionsprognose

IO7

Lilienthalstraße 4a - Gl.1

	L_{VA7}	ΔL_{VE7}	ΔL_{VG14}	L_{VG}	ΔL_{vU14}	L_{pA}
5	25.0	-2.7	1.0	23.3	18.0	-51.7
6.3	34.0	-2.8	-1.0	30.2	12.0	-42.8
8	35.0	-3.7	-1.0	30.3	6.0	-40.7
10	36.0	-3.9	-2.0	30.1	12.0	-28.3
12.5	38.0	-4.2	0.0	33.8	20.0	-9.6
16	40.0	-4.6	-1.0	34.4	23.0	0.7
20	48.0	-5.1	1.0	43.9	5.0	-1.6
25	46.0	-5.8	1.0	41.2	8.0	4.5
31.5	46.0	-6.6	-1.0	38.4	10.0	9.0
40	45.0	-7.6	1.0	38.4	10.0	13.8
50	49.0	-8.8	3.0	43.2	5.0	18.0
63	56.0	-10.4	5.0	50.6	9.0	33.4
80	50.0	-12.5	2.0	39.5	9.0	26.0
100	43.0	-15.0	9.0	37.0	8.0	25.9
125	39.0	-18.0	15.0	36.0	4.0	23.9
160	36.0	-15.8	6.0	26.2	11.0	23.8
200	31.0	-13.7	5.0	22.3	12.0	23.4
250	26.0	-11.6	4.0	18.4	10.0	19.8

L_{VA} : Emissionspegel
 ΔL_{VE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
 U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.051$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.034$
 $KB_{FTm} = 0.023$

$KB_{FTr,Tag} = 0.01$
 $KB_{FTr,Nacht} = 0.00$ $L_{pA} = 35.9$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-NR.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.6

Immissionsprognose

IO8

Lilienthalstraße 4a - Gl.2

	L_{VA8}	ΔL_{VE8}	ΔL_{VG15}	L_{VG}	ΔL_{VU15}	L_{pA}
5	25.0	-2.2	0.0	22.8	29.0	-41.2
6.3	34.0	-2.2	-1.0	30.8	19.0	-35.2
8	35.0	-2.9	-2.0	30.1	6.0	-40.9
10	36.0	-3.1	-1.0	31.9	10.0	-28.5
12.5	38.0	-3.3	-1.0	33.7	17.0	-12.7
16	40.0	-3.6	1.0	37.4	20.0	0.7
20	48.0	-3.9	0.0	44.1	8.0	1.6
25	46.0	-4.4	-2.0	39.6	8.0	2.9
31.5	46.0	-5.0	-4.0	37.0	5.0	2.6
40	45.0	-5.7	-2.0	37.3	7.0	9.7
50	49.0	-6.6	3.0	45.4	0.0	15.2
63	56.0	-7.8	0.0	48.2	2.0	24.0
80	50.0	-9.3	-1.0	39.7	8.0	25.2
100	43.0	-11.0	8.0	40.0	2.0	22.9
125	39.0	-13.3	12.0	37.7	-4.0	17.6
160	36.0	-11.7	3.0	27.3	11.0	24.9
200	31.0	-10.2	-1.0	19.8	12.0	20.9
250	26.0	-8.6	-2.0	15.4	10.0	16.8

L_{VA} : Emissionspegel
 ΔL_{VE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.039$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.031$
 $KB_{FTm} = 0.020$

$KB_{FT,Tag} = 0.01$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.00$ $L_{pA} = 31.4$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.7

Immissionsprognose

IO13

Bundespolizei

	L_{vA13}	ΔL_{vE13}	ΔL_{vG25}	L_{vG}	ΔL_{vU25}	L_{pA}
5	29.0	0.9	1.0	30.9	16.0	-46.1
6.3	36.0	1.0	0.0	37.0	10.0	-38.0
8	47.0	1.3	0.0	48.3	2.0	-26.7
10	48.0	1.4	-1.0	48.4	4.0	-18.0
12.5	46.0	1.5	-1.0	46.5	7.0	-9.9
16	54.0	1.7	15.0	70.7	3.0	17.0
20	58.0	1.9	12.0	71.9	8.0	29.4
25	55.0	2.1	9.0	66.1	9.0	30.4
31.5	45.0	2.4	15.0	62.4	10.0	33.0
40	43.0	2.9	10.0	55.9	4.0	25.3
50	44.0	3.3	5.0	52.3	2.0	24.1
63	44.0	4.0	2.0	50.0	7.0	30.8
80	40.0	4.8	10.0	54.8	5.0	37.3
100	33.0	5.7	7.0	45.7	9.0	35.6
125	25.0	6.9	4.0	35.9	7.0	26.8
160	22.0	6.1	7.0	35.1	6.0	27.7
200	21.0	5.2	9.0	35.2	7.0	31.3
250	20.0	4.4	1.0	25.4	5.0	21.8

L_{vA} : Emissionspegel

ΔL_{vE} : Einfluss Abstand

ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.590$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.439$

$KB_{FTm} = 0.293$

$KB_{FT,Tag} = 0.10$

$KB_{FT,Nacht} = 0.06$ **$L_{pA} = 42.4$ dB(A)**

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.8

Immissionsprognose

IO14

Flughafengebäude Rampe

	L_{vA14}	ΔL_{vE14}	ΔL_{vG27}	L_{vG}	ΔL_{vU27}	L_{pA}
5	25.0	1.0	1.0	27.0	16.0	-50.0
6.3	34.0	1.0	0.0	35.0	10.0	-40.0
8	35.0	1.1	0.0	36.1	2.0	-38.9
10	36.0	1.1	-1.0	36.1	4.0	-30.3
12.5	38.0	1.1	-1.0	38.1	7.0	-18.3
16	38.0	1.2	15.0	54.2	3.0	0.5
20	44.0	1.2	12.0	57.2	8.0	14.7
25	48.0	1.3	9.0	58.3	9.0	22.6
31.5	49.0	1.4	15.0	65.4	10.0	36.0
40	45.0	1.5	10.0	56.5	4.0	25.9
50	49.0	1.7	5.0	55.7	2.0	27.5
63	56.0	1.8	2.0	59.8	7.0	40.6
80	50.0	2.1	10.0	62.1	5.0	44.6
100	45.0	2.3	7.0	54.3	9.0	44.2
125	40.0	2.7	4.0	46.7	7.0	37.6
160	38.0	2.0	7.0	47.0	6.0	39.6
200	37.0	1.9	9.0	47.9	7.0	44.0
250	35.0	1.6	1.0	37.6	5.0	34.0

L_{vA} : Emissionspegel

ΔL_{vE} : Einfluss Abstand

ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude

L_v : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.279$ mm/s

$KB_{Fmax} = 0.217$

$KB_{FTm} = 0.144$

$KB_{FTr,Tag} = 0.05$

$KB_{FTr,Nacht} = 0.03$ $L_{pA} = 50.6$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12	Schall und Schwingungen Schwingungsimmissionen Stadtbahn	2.9

Immissionsprognose

IO15

Flughafengebäude Tunnel

	L_{vA15}	ΔL_{vE15}	ΔL_{vG29}	L_{vG}	ΔL_{vU29}	L_{pA}
5	25.0	1.0	1.0	27.0	16.0	-50.0
6.3	34.0	1.0	0.0	35.0	10.0	-40.0
8	35.0	1.1	0.0	36.1	2.0	-38.9
10	36.0	1.1	-1.0	36.1	4.0	-30.3
12.5	38.0	1.1	-1.0	38.1	7.0	-18.3
16	38.0	1.2	15.0	54.2	3.0	0.5
20	44.0	1.2	12.0	57.2	8.0	14.7
25	45.0	1.3	9.0	55.3	9.0	19.6
31.5	46.0	1.4	15.0	62.4	10.0	33.0
40	47.0	1.5	10.0	58.5	4.0	27.9
50	52.0	1.7	5.0	58.7	2.0	30.5
63	58.0	1.8	2.0	61.8	7.0	42.6
80	52.0	2.1	10.0	64.1	5.0	46.6
100	50.0	2.3	7.0	59.3	9.0	49.2
125	49.0	2.7	4.0	55.7	7.0	46.6
160	39.0	2.0	7.0	48.0	6.0	40.6
200	37.0	1.9	9.0	47.9	7.0	44.0
250	34.0	1.6	1.0	36.6	5.0	33.0

L_{vA} : Emissionspegel
 ΔL_{vE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{vG} : Einfluss Gebäude
 L_v : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 0.239$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.217$
 $KB_{FTm} = 0.145$

$KB_{FT,Tag} = 0.05$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.03$ $L_{pA} = 53.7$ dB(A)

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAG-Nr.	Stadtbahnlinie U 81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal -3.278922804 -3.589318424	ANLAGE-NR.
S 09.1087.12		2.10

**Immissionsprognose
Hotel Maritim**

	L_{VA16}	ΔL_{VE16}	ΔL_{VG32}	L_{VG}	ΔL_{VU32}	L_{pA}
5	25.0	10.0	3.0	38.0	18.0	-37.0
6.3	34.0	10.0	4.0	48.0	10.0	-27.0
8	37.0	10.5	5.0	52.5	3.0	-21.5
10	40.0	10.6	7.0	57.6	1.0	-11.8
12.5	41.0	10.8	5.0	56.8	3.0	-3.6
16	45.0	11.0	3.0	59.0	0.0	2.3
20	44.0	11.2	7.0	62.2	3.0	14.7
25	40.0	11.5	0.0	51.5	2.0	8.8
31.5	41.0	11.9	1.0	53.9	2.0	16.5
40	43.0	12.5	6.0	61.5	9.0	35.9
50	51.0	13.1	5.0	69.1	9.0	47.9
63	54.0	13.9	3.0	70.9	7.0	51.7
80	56.0	14.9	6.0	76.9	5.0	59.4
100	48.0	16.1	-1.0	63.1	3.0	47.0
125	45.0	17.7	-5.0	57.7	4.0	45.6
160	40.0	14.6	-4.0	50.6	6.0	43.2
200	38.0	14.0	-3.0	49.0	7.0	45.1
250	35.0	12.9	-3.0	44.9	6.0	42.3

L_{VA} : Emissionspegel
 ΔL_{VE} : Einfluss Abstand
 ΔL_{VG} : Einfluss Gebäude
 L_V : Schwingschnelle
U : Umwandlungsmass
 L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} = 1.051$ mm/s
 $KB_{Fmax} = 0.649$
 $KB_{FTm} = 0.433$

$KB_{FT,Tag} = 0.15$
 $KB_{FT,Nacht} = 0.09$ **$L_{pA} = 60.9$ dB(A)**

(Anzahl Fahrten: 108 20
 108 20)

AUFTRAGGEBER
Landeshauptstadt Düsseldorf
Amt für Verkehrsmanagement
40225 Düsseldorf

AUFTRAG-NR.
S 09.1087.12

OBJEKT
Stadtbahnlinie U 81
1.BA Freiligrathplatz - Flughafen terminal
Schall und Schwingungen

ANLAGE-NR.
3.1

ERGEBNISSE Stadtbahn U79

IO Nr.	Gebäude Bezeichnung	vmax mm/s	KB _{FTm}	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	L _{pA} dB(A)	Bemerkung
1	Hülsestraße 17 - Gl.3	0.299	0.121	0.181	0.04	0.03	33.6	
		0.423	0.163	0.244	0.05	0.03	32.3	
2	Hülsestraße 17 - Gl.4	0.474	0.220	0.330	0.07	0.05	41.7	Geländeniveau, Gleisabzweig
		0.752	0.285	0.428	0.09	0.06	42.3	
5	Lilienthalstraße 2c - Gl.3	0.128	0.058	0.087	0.02	0.01	< 30	
		0.203	0.084	0.126	0.03	0.02	< 30	
6	Lilienthalstraße 2c - Gl.4	0.286	0.148	0.222	0.05	0.03	39.8	Gleis 3/4 Geländeniveau
		0.440	0.184	0.275	0.06	0.04	42.1	
9	Lilienthalstraße 4a - Gl.3	0.086	0.042	0.063	0.01	0.01	< 30	
		0.097	0.044	0.066	0.01	0.01	< 30	
10	Lilienthalstraße 4a - Gl.4	0.160	0.078	0.117	0.02	0.02	36.2	Gleis 3/4 Geländeniveau
		0.179	0.093	0.140	0.03	0.02	42.7	
11	Zu den Eichen 17 - Gl.3	0.106	0.051	0.077	0.02	0.01	< 30	
		0.119	0.054	0.081	0.02	0.01	33.6	
12	Zu den Eichen 17 - Gl.4	0.155	0.075	0.113	0.02	0.02	35.5	Gleis 3/4 Geländeniveau
		0.173	0.090	0.135	0.03	0.02	42.0	

AUFTRAGGEBER
Landeshauptstadt Düsseldorf
Amt für Verkehrsmanagement
40225 Düsseldorf

AUFTRAG-NR.
S 09.1087.12

OBJEKT
Stadtbahnlinie U 81
1.BA Freiligrathplatz - Flughafen terminal
Schall und Schwingungen

ANLAGE-NR.
3.2

ERGEBNISSE Stadtbahn U81

IO Nr.	Gebäude Bezeichnung	Vmax mm/s	KB _{FTm} -	KB _{Fmax} -	KB _{FTr,Tag} -	KB _{FTr,Nacht} -	L _{pA} dB(A)	Bemerkung
1	Hülsestraße 17 - Gl.1	0.299	0.121	0.181	0.04	0.02	33.6	
		0.423	0.163	0.244	0.05	0.03	32.3	
2	Hülsestraße 17 - Gl.2	0.474	0.220	0.330	0.07	0.04	41.7	Geländeniveau, Gleisabzweig
		0.752	0.285	0.428	0.10	0.06	42.3	
3	Lilienthalstraße 2c - Gl.1	0.039	0.025	0.038	0.01	0.01	31.9	Gleis 3/4 Geländeniveau
		0.055	0.034	0.051	0.01	0.01	34.6	
4	Lilienthalstraße 2c - Gl.2	0.050	0.030	0.045	0.01	0.01	34.4	Gleis 1/2 Brückenrampe
		0.071	0.042	0.062	0.01	0.01	36.9	
7	Lilienthalstraße 4a - Gl.1	0.029	0.016	0.024	0.01	0.00	< 30	Gleis 3/4 Geländeniveau
		0.051	0.023	0.034	0.01	0.00	35.9	
8	Lilienthalstraße 4a - Gl.2	0.039	0.020	0.031	0.01	0.00	31.4	Gleis 1/2 Brückenrampe
		0.069	0.029	0.044	0.01	0.01	39.0	
13	Bundespolizei	0.590	0.293	0.439	0.10	0.06	42.4	Gleis 1/2 Geländeniveau
		0.205	0.119	0.179	0.04	0.02	37.4	
14	Flughafengebäude Rampe	0.279	0.144	0.217	0.05	0.03	50.6	Gleis 1/2 Tunnelrampe
		0.176	0.094	0.141	0.03	0.02	45.4	
15	Flughafengebäude Tunnel	0.239	0.145	0.217	0.05	0.03	53.7	Gleis 1/2 Tunnel
		0.181	0.103	0.154	0.03	0.02	49.0	
16	Hotel Maritim	0.591	0.274	0.411	0.09	0.06	59.9	Gleis 1/2 Tunnel/Haltestellenbauwerk
		1.051	0.433	0.649	0.15	0.09	60.9	

AUFTRAGGEBER Landeshauptstadt Düsseldorf Amt für Verkehrsmanagement 40225 Düsseldorf	AUFTRAG-NR. S 09.1087.11	OBJEKT Stadtbahnlinie U81 1.BA Freiligrathplatz - Flughafenterminal Schall und Schwingungen	ANLAGE-NR. 3.3
---	-----------------------------	--	-------------------

ERGEBNISSE Stadtbahnen U79 und U81

Gebäude Bezeichnung	Gleis	Linie	gleisbezogene Werte		Gesamtwerte	
			KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}
Hülsestraße 17 - Gl.1	1	U 81	0.055	0.033	0.15	0.10
Hülsestraße 17 - Gl.2	2		0.096	0.058		
Hülsestraße 17 - Gl.3	3	U 79	0.051	0.034		
Hülsestraße 17 - Gl.4	4		0.090	0.060		
Lilienthalstraße 2c - Gl.1	1	U 81	0.011	0.007	0.07	0.04
Lilienthalstraße 2c - Gl.2	2		0.014	0.008		
Lilienthalstraße 2c - Gl.3	3	U 79	0.027	0.018		
Lilienthalstraße 2c - Gl.4	4		0.058	0.038		
Lilienthalstraße 4a - Gl.1	1	U 81	0.008	0.005	0.03	0.02
Lilienthalstraße 4a - Gl.2	2		0.010	0.006		
Lilienthalstraße 4a - Gl.3	3	U 79	0.014	0.009		
Lilienthalstraße 4a - Gl.4	4		0.030	0.020		
Zu den Eichen 17 - Gl.3	3	U 79	0.017	0.011	0.03	0.02
Zu den Eichen 17 - Gl.4	4		0.028	0.019		
Bundespolizei	1/2	U 81	0.098	0.060	0.10	0.06
Flughafengebäude Rampe	1/2	U 81	0.048	0.029	0.05	0.03
Flughafengebäude Tunnel	1/2	U 81	0.049	0.030	0.05	0.03
Hotel Maritim	1/2	U 81	0.145	0.088	0.15	0.09