

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: Rheinbahn AG
Hansaallee 1
40549 Düsseldorf

Objekt: Umbaumaßnahme
Haltestelle Heesenstraße in Düsseldorf

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

Auftrag Nr.: S 01.1389.15 / 2

Datum: 16. März 2015

Umfang: 12 Textseiten
- Anlagen

INHALT

1	AUFGABENSTELLUNG	S.	3
2	BEARBEITUNGSGRUNDLAGEN	S.	3
2.1	Pläne	S.	3
2.2	Gleisoberbau	S.	3
2.3	Fahrplansituation	S.	3
2.4	Geplante Änderung	S.	4
2.5	Gebietsausweisung	S.	4
3	IMMISSIONSKENNWERTE	S.	4
3.1	Erschütterungen	S.	4
3.2	Körperschall	S.	4
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	S.	5
4.1	Vorbemerkung	S.	5
4.2	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen	S.	5
4.3	Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude	S.	8
4.4	Körperschalleinwirkungen auf Menschen	S.	8
5	IMMISSIONSBEURTEILUNG	S.	10
6	ÄNDERUNGSINDEX	S.	12

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Rheinbahn AG plant den Umbau der Haltestelle „Heesenstraße“ in Düsseldorf, Stadtteil Heerdt. Im Rahmen der Maßnahme sind die vorhandene Gleisanlage sowie der Straßenverlauf der Heerdtter Landstraße baulich anzupassen. Die baulichen Veränderungen beeinflussen die Schwingungs- und Schallimmissionen in der Umgebung der Trasse. Im Rahmen des anstehenden Genehmigungsverfahrens ist es erforderlich, die zu erwartenden Immissionsänderungen zu ermitteln und zu beurteilen. Mit den entsprechenden schall- und schwingungstechnischen Untersuchungen wurde die I.B.U. GmbH beauftragt.

Im vorliegenden Bericht (Teil 2) werden die sich aus den geplanten Änderungen ergebenden Veränderungen der Körperschall- und Erschütterungsmissionen für die Haltestellenanlagen dargestellt. Eventuell erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen der neuen Gleise werden global beschrieben. Eine Beweissicherungsmessung zur Erfassung des vorhandenen Schwingungsmissionsstatus wurde durch die I.B.U. GmbH nicht durchgeführt.

2 BEARBEITUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Pläne

Für die Bearbeitung wurden folgende als pdf-File vorgelegten Pläne herangezogen:

- Lageplan M 1:250, Plan LP_HNS.pdf, Ingenieurbüro Wendt, Düsseldorf vom 23.05.14
- Lageplan M 1:250, Plan LP_HNS_Bestand-Foto.pdf, Ingenieurbüro Wendt, Düsseldorf vom 23.05.14

2.2 Gleisoberbau

Derzeit und auch zukünftig wird die Oberbauform Dresdner Oberbau eingesetzt.

2.3 Fahrplansituation

Der Bauabschnitt wird derzeit und auch zukünftig von der Stadtbahnlinie U 75 befahren.

Die Anzahl der Fahrten der unterschiedlichen Fahrtrichtungen ergibt sich für den Bestand und Planung zu:

tags: 102 Fahrten pro Richtung
nachts: 37 Fahrten pro Richtung

2.4 Geplante Änderung

Zum heutigen Zeitpunkt befindet sich die Haltestelle „Heesenstraße“ ebenerdig in Straßenmitte mit gegenüberliegenden Bahnsteigen. Ein barrierefreier Ein- und Ausstieg ist derzeit nicht möglich, zukünftig wird dies durch einen Mittelbahnsteig gewährleistet. Die Zugänglichkeit der Haltestelle ist dann über kopfseitig angeordnete Rampen vorgesehen.

Die Stadtbahngleise sind im untersuchten Abschnitt in Beton oder Straßenasphalt eingebettet. Im Zuge der Maßnahme wird eine Abstandsvergrößerung der beiden Gleisachsen von 3,35 m auf 7,55 m im Bereich der Haltestelle ausgeführt. Die Gleisanlagen rücken dichter an die Bebauung heran.

2.5 Gebietsausweisung

Das zu betrachtende Gebiet ist einem Wohn- und Gewerbegebiet zuzuordnen. Die Gewerbegebiete befinden sich im westlichen Bereich des Umbauabschnitts.

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/m² (Sekundärluftschall). Im Hinblick auf die Beurteilung der Körperschallimmissionen ist der Schallwechseldruck relevant. Es ergibt sich analog der Definition des Luftschallpegels der Körperschall-Schalldruckpegel (sekundärer Luftschall) in logarithmischer Form wie folgt:

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0} \text{ (dB)} \quad \text{mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2: \text{ Bezugsschalldruck}$$

Der Körperschall-Schalldruck wird als hörbarer Luftschall dem frequenzabhängigen menschlichen Hörvermögen mit der so genannten A-Bewertung nach DIN 45633 angepasst und als A-bewerteter Summenschallpegel für die weitere Beurteilung dargestellt.

4 BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.1 Vorbemerkung

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

4.2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen

Derzeit sind schon Gleise im Bereich der für den Umbau vorgesehenen Gleisanlage vorhanden. Es treten also jetzt schon nachweisbare Erschütterungsimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Allgemein wird eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen von Schienenwegen um bis zu 25 % durch Umbauplanungen als zulässig angesehen. Insofern kann eine Beurteilung wie folgt erfolgen:

$$\Delta KB > 25 \%$$

→ Schutzmaßnahme erforderlich.

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

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

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

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

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

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

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_U	A_O	A_r	A_U	A_O	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmission

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

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

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

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

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

N_r : Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum

tags: $N_r = 1920$

nachts: $N_r = 960$

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

g : Anzahl der Gleise

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

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

4.3 Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude

Erschütterungseinwirkungen von Schienenverkehrswegen auf Gebäude werden üblicherweise anhand der DIN 4150, Teil 3, Februar 1999 – Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen – beurteilt. Die dort genannten Anhaltswerte liegen deutlich über den für die Einwirkung auf Menschen festgelegten zulässigen Erschütterungen. Insofern ist davon auszugehen, dass bei Einhaltung der vorgenannten Beurteilungskriterien nach DIN 4150/2 keine schädlichen Erschütterungsimmissionen aus dem Straßenbahnverkehr auf die Gebäude einwirken.

4.4 Körperschalleinwirkungen auf Menschen

Derzeit sind schon Gleise im Bereich des für den Umbau vorgesehenen Streckenabschnittes vorhanden. Es treten also jetzt schon nachweisbare Körperschallimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Da für Körperschallimmissionen des Schienenverkehrs derzeit keine Richtwerte für eine Beurteilung existieren, ist es im Rahmen von Umbaumaßnahmen üblich, Vorsorge dafür zu tragen, dass bei einer bereits vorhandenen Vorbelastung keine wesentliche Verschlechterung des Immissionsstatus eintritt.

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

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

→ Schutzmaßnahmen erforderlich

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

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

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

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

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

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

Unter Berücksichtigung des Urteils des Bundesverwaltungsgerichts wären Schallimmissionen aus Körperschallübertragungen in Höhe von 35 dB(A) als Beurteilungspegel in Schlafräumen zulässig. Bei diesen für Eisenbahnen entstandenem Urteil bleibt unberücksichtigt,

dass bei Straßenbahnen deutlich geringere Einwirkzeiten für Körperschallimmissionen auftreten. Der Unterschied zwischen Maximalpegel und Beurteilungspegel steht damit bei Straßenbahnen in einem ungünstigeren Verhältnis als bei Eisenbahnen. Insofern ist es empfehlenswert, eine Beurteilung der Maximalpegel vorzunehmen. Dies kann beispielsweise nach VDI 2719 erfolgen.

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

Raumart	mittlere Maximalpegel \bar{L}_{\max} dB(A)
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

5 IMMISSIONSBEURTEILUNG

Westlich der Haltestelle Heesenstraße bewirkt der geplante Umbau eine Verschiebung der Gleise zur nördlichen Bebauung hin. Hier befinden sich zwei Autohäuser in einem Gewerbegebiet. Bei der südlichen Bebauung handelt es sich um Mehrfamilienhäuser, die sich in einem Gewerbegebiet befinden. Da vorher wie nachher die gleiche Oberbauform (Dresdner Oberbau) eingesetzt wird, ergibt sich keine oberbaubedingte Veränderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage. Insgesamt gesehen ist davon auszugehen, dass im Bereich westlich der Haltestelle die Zunahmen unter den in Abschnitt 4 beschriebenen Zunahmekriterien von 25 % (Erschütterungsimmissionen) und 3 dB(A) (Körperschallimmissionen) liegen. Insofern ist eine Anordnung von Maßnahmen zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlage nicht erforderlich.

Im unmittelbaren Haltestellenbereich befinden sich die südlich gelegenen Wohngebäude mit zum Teil sehr geringen Abständen zwischen Gleis und Gebäude. Besonders betroffen ist hier das Gebäude Heerdter Landstraße 77 mit einem Gleisabstand von zukünftig ca. 7,5 m. Es handelt sich hierbei um einen Altbau mit Holzbalkendecke. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Gebäude bereits derzeit die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 überschritten werden. Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass der Orientierungswert von 40 dB(A) für die mittleren Maximalpegel bereits derzeit überschritten wird. Das Heranrücken der Gleise verursacht eine Zunahme der Schwingungsmissionen im Gebäude. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Zunahmekriterium 25 % eingehalten wird. Allerdings bleibt es bei einer Überschreitung der 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2. Die Körperschallmissionen werden um weniger als 3 dB(A) zunehmen und voraussichtlich weiterhin Pegel über 40 dB(A) erreichen. Im Hinblick auf das Beurteilungskriterium „Veränderung“ ist eine Anordnung von Maßnahmen zur Minderung der Schwingungsemissionen **nicht** erforderlich.

Die nördliche Wohnbebauung im Bereich der Haltestelle weist größere Abstände zur nächstgelegenen Gleisachse auf. Es handelt sich hierbei um Gebäude mit vermutlich Stahlbetondecken, die weniger erschütterungsempfindlich sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zunahme der Erschütterungsmissionen durch das Heranrücken der Gleise das 25 %-Kriterium nicht überschreitet und auch zukünftig die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 eingehalten werden. Die Körperschallmissionen nehmen um weniger als 3 dB(A) zu. Allerdings ist davon auszugehen, dass der Orientierungswert von 40 dB(A) überschritten wird. Auch hier sind im Hinblick auf das Beurteilungskriterium „Veränderung“ Maßnahmen zur Reduzierung der Körperschallemissionen der Gleisanlage **nicht** erforderlich.

Östlich der Haltestelle schwenken die Gleise in die alte Lage wieder ein. Die Gebäude Heerdter Landstraße 61 – 65 liegen allerdings relativ dicht an der nächstgelegenen Gleisstrasse, so dass hier von einer hohen Körperschallbelastung ausgegangen werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zunahmekriterien 25 % und 3 dB(A) eingehalten werden. Insofern sind Schutzmaßnahmen **nicht** erforderlich.

6 ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeiter	Bemerkungen
a	19.03.2015	Lenz	Änderung vorhandene Oberbauform

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, 16.03.2015

I.B.U. GmbH