

Auftraggeber: Rheinbahn AG
Lierenfelder Straße 42
40231 Düsseldorf

Objekt: Gleisverschiebung Haltestelle Dreieck
in Düsseldorf

Titel: **Schwingungs- und Schalltechnische
Untersuchung**
Teil 2: Beurteilung der durch die geplanten
Gleisachsverschiebungen entstehenden Ver-
änderungen der Schwingungsimmissionen

Auftrag Nr.: 2019 007 006 / 2B

Datum: 04.06.2019

Umfang: 10 Textseiten
2 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.	7
4.4	Körperschalleinwirkungen auf Menschen	S.	7
5	IMMISSIONSBEURTEILUNG	S.	10
6	ANLAGEN	S.	10
7	ÄNDERUNGSINDEX	S.	10

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Rheinbahn AG plant den Umbau der Haltestelle Dreieck in Düsseldorf. Die Planung bewirkt eine Änderung der Gleisachsen. Dies wirkt sich auf die Immissionen des Straßenbahnverkehrs aus. Im Rahmen des anstehenden Genehmigungsverfahrens sind entsprechende Untersuchungen zur Beurteilung der sich ändernden Immissionen des Verkehrs durchzuführen.

Im vorliegenden Bericht werden die sich aus den geplanten Änderungen ergebenden Veränderungen der Körperschall- und Erschütterungsimmissionen für den Haltestellenbereich dargestellt. Eventuell erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen der neuen Gleise werden global beschrieben. Eine Beweissicherungsmessung zur Erfassung des vorhandenen Schwingungsimmissionsstatus ist nicht vorgesehen.

2 BEARBEITUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Pläne

Für die Bearbeitung werden folgende als pdf-File vorgelegten Pläne herangezogen

- DREI-3-P-00-20.pdf

Weiterhin wurden die Erkenntnisse der Ortsbesichtigung vom 01.03.2019 berücksichtigt.

2.2 Gleisoberbau

Derzeit ist in dem zu sanierenden Streckenabschnitt ein Stopfoberbau am Bahnsteig 3 und ein Dresdner Oberbau an den Bahnsteigen 1 + 2 vorhanden. Zukünftig soll der sogenannte Dresdner Oberbau (Querschwellengleis mit Schwellenzwischenbeton) angeordnet werden.

2.3 Fahrplansituation

Der Streckenabschnitt wird von Niederflurfahrzeugen befahren. Die Anzahl der Fahrten pro Richtung ergibt sich zu:

tags:	211	}	Bahnsteig 1
nachts:	38		
tags:	302	}	Bahnsteig 2
nachts:	54		

tags:	91	}	Bahnsteig 3
nachts:	14		

2.4 Geplante Änderung

Vorgesehen sind die Verlegung vom Haltestellenbereich und das Verschieben von Gleisachsen.

2.5 Gebietsausweisung

Laut Bebauungsplan Nr. 01 /011 Münsterstraße / Nordstraße befindet sich die Bebauung in einem Mischgebiet.

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). 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 bei der Beurteilungs-Schwingstärke um bis zu 25 % durch Umbauplanungen als zulässig angesehen. Insofern kann eine Beurteilung wie folgt erfolgen:

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

→ Schutzmaßnahme erforderlich.

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

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

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

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

- Für unterirdischen Schienenverkehr gelten die Anhaltswerte A_u und A_r der Tabelle 1.

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

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

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

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

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmission

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

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

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

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

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

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

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

g : Anzahl der Gleise

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

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

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

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 ergänzende 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	35 bis 40
in allen übrigen Gebieten	40 bis 45
Wohnräume tagsüber in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	40 bis 45
in allen übrigen Gebieten	45 bis 50
Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen Aulen	40 bis 50
Büros für mehrere Personen	45 bis 55
Großraumbüros, Gaststätten, Schalterräume, Läden	50 bis 60

Tabelle 2: Anhaltswerte für zulässige Innenpegel

5 IMMISSIONSBEURTEILUNG

Im Bereich der Bahnsteige 1 + 2 bleibt das südwestliche Gleis in seiner Lage erhalten, während beim nordwestlichen Gleis eine geringfügige Verschiebung der Gleisachsen eintritt. In diesem Bereich erfolgt kein Wechsel der Oberbauform. Insgesamt gesehen ist davon auszugehen, dass im Bereich der Bahnsteige 1 + 2 die unter Abschn. 4 beschriebenen Veränderungskriterien – 25 % Zunahme bei den Erschütterungen und 3 dB(A) Pegelzunahme beim Körperschall – eingehalten werden. Maßnahmen zur Minderung der Schwingungsemissionen der Gleisanlagen sind nicht erforderlich.

Im Bereich Bahnsteig 3 bleibt die Gleisachse beider Gleise erhalten. Hier erfolgt aber ein Wechsel der Oberbauform. Anstelle des Stopfoberbaus ist jetzt ein Dresdner Oberbau vorgesehen. Der Dresdner Oberbau weist erfahrungsgemäß eine geringere Elastizität als der Stopfoberbau auf. Insofern ist davon auszugehen, dass die tieffrequente Erschütterungsanregung minimiert, die höherfrequente Erschütterungs- und Körperschallanregung aber zunimmt. Für die Gebäude mit Holzbalkendecken ist eine Abnahme der tieffrequenten Erschütterungen zu erwarten. Die Körperschallimmissionen werden, insbesondere in Gebäuden mit Betondecken, zunehmen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die vorgenannten Veränderungskriterien hinsichtlich Erschütterungs- und Körperschallimmissionen eingehalten werden. Insofern ergibt sich keine Notwendigkeit, eine elastische Oberbauform zur Minderung der Schwingungsanregung der Gleise vorzusehen.

6 ANLAGEN

Anlagen 1 + 2: Lageplanauszüge

7 ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeiter	Bemerkungen
a			
b			

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Udo Lenz

Essen, 04.06.2019

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



