

# 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:** moBiel GmbH  
Otto-Brenner-Straße 242  
33604 Bielefeld

**Objekt:** Stadtbahn Bielefeld  
Geänderte Planung Dürkopp Tor 6

**Titel:** **Schall- und schwingungstechnisches  
Gutachten, Teil II**  
Prognose der Schwingungsimmissionen

**Auftrag Nr.:** S 03.1261.14/4

**Datum:** 02.07.2014

**Umfang:** 21 Textseiten  
9 Anlagen

Inhalt

1	AUFGABENSTELLUNG	3
2	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	3
2.1	Gleisoberbau	3
2.2	Fahrzeuggeschwindigkeit	4
2.4	Gebietsausweisung	4
2.5	Gebäudestruktur	4
3	IMMISSIONSKENNWERTE	5
3.1	Erschütterungen	5
3.2	Körperschall	5
4	BEURTEILUNGSKRITERIEN	6
4.1	Erschütterungen	6
4.2	Körperschall	9
5	PROGNOSEVERFAHREN	11
5.1	Gleisabzweig	11
5.2	Neubaubereich	15
6	PROGNOSEBERECHNUNG	16
6.1	Ausbaubereich	16
6.2	Neubaubereich	17
7	BEURTEILUNG	18
8	MASSNAHMEN	19
9	ANLAGEN	21

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Die moBiel GmbH plant die Einrichtung eines Gleisabzweiges im Bereich Nikolaus-Dürkopp-Straße / August-Bebel-Straße. Die neue Gleisanlage führt dann in die Carl-Schmidt-Straße, wo eine neue Haltestelle und eine Wendeanlage eingerichtet werden. Im Rahmen des anstehenden Genehmigungsverfahrens sind entsprechend den rechtlichen Regelungen eine schalltechnische Untersuchung sowie eine ergänzende schwingungstechnische Untersuchung durchzuführen.

Dem vorliegenden Bericht ist die Beurteilung der zu erwartenden Schwingungsimmissionen des Schienenverkehrs zu entnehmen.

## 2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Für die schwingungstechnische Untersuchung wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Lageplan Bestand,
- Lageplan Planung,

der moBiel GmbH von Juni 2014 als pdf-File.

- Fotodokumentation der Ortsbesichtigung vom 29.11.2010
- Angabe der moBiel GmbH über Gleisoberbau, Fahrzeugtyp und Fahrplansituation.

### 2.1 Gleisoberbau

Der Oberbau der vorhandenen Gleisanlagen besteht derzeit aus einer Schottertragschicht bzw. Setzpacklage mit Stopfdamm sowie den mit Pflaster eingedeckten Rillenschienen.

Zukünftig ist vorgesehen, eine Asphalttragschicht oder eine Betonunterkonstruktion einzusetzen. Die Rillenschienen werden unter Verwendung eines Untergusses dann dort aufgelagert und mit Asphalt oder Pflaster eingedeckt.

2.2 Fahrzeuggeschwindigkeit

Im Bereich des Gleisabzweiges und der Haltestellen treten Fahrzeuggeschwindigkeiten von maximal 30 km/h auf.

2.3 Fahrplansituation / Fahrzeugtyp

Für die Prognose ist davon auszugehen, dass Stadtbahnfahrzeuge des Typs MC8 / M8D mit maximalen Achslasten von 11 t oder gleichwertige Fahrzeuge auf den Gleisen verkehren.

Die Anzahl der Fahrten je Richtung ergibt sich wie folgt:

vorhandene Gleisanlage

tags: 194 (8)

nachts: 14 (26)

geplante Gleisanlage

tags: 162 (16)

nachts: 4 (10)

2.4 Gebietsausweisung

Für die von der Carl-Schmidt-Straße betroffene Bebauung liegt der Bebauungsplan Dürkopp Tor 6 vor. Demnach liegt die nördlich der Carl-Schmidt-Straße gelegene Bebauung zwischen August-Bebel-Straße und dem Ende des Planungsbereichs in einem Mischgebiet. Südlich der Carl-Schmidt-Straße liegt das Jugendgästehaus im Mischgebiet während sich das BAJ-Gebäude im Gewerbegebiet befindet.

Für die weiteren betroffenen Bereiche liegen keine Pläne vor. Das Gebiet liegt innenstadtnah, es befinden sich hier Bürogebäude. Insofern wird von einer Gebietseinstufung als Kern- oder Mischgebiet ausgegangen. Für Kern- oder Mischgebiete sind die Anhaltswerte der DIN 4150-2 gleich.

2.5 Gebäudestruktur

Während der am 29.11.10 vorgenommenen Ortsbesichtigung konnte festgestellt werden, dass es sich bei den betroffenen Häusern überwiegend um Gebäude in Massivbauart handelt. Gebäude mit erschütterungsempfindlichen Holzbalkendecken sind nicht vorhanden

### 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 1999 -Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden-.

#### 3.2 Körperschall

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

Die messbaren Körperschallsignale sind die Schwinggeschwindigkeit  $v$  des angeregten Mediums in mm/s und der vom Medium abgestrahlte Schallwechseldruck  $p$  in N/m<sup>2</sup> (Sekundärluftschall). Die zugehörigen Pegel werden als Körperschall-Schwingschnellepegel und Körperschall-Schalldruckpegel in logarithmischer Form folgendermaßen ausgedrückt:

Körperschall-Schwingschnellepegel

Körperschall-Schalldruckpegel

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

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

$v$ : Effektivwert der Schwingschnelle in mm/s

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

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

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

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

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 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 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 Schienenverkehrswege gilt, so zeigt er doch deutlich, dass der Gesetzgeber das Beurteilungsverfahren der DIN 4150 akzeptiert.

Mit Vorlage der DIN 4150/2 von Juni 1999 existiert nun ein genormtes Beurteilungsverfahren für die von Schienenwegen ausgehenden Erschütterungsimmissionen.

Demnach werden Erschütterungsimmissionen des Schienenverkehrs 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	<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 Erschütterungsimmissionen

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

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

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



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

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

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

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

$g$  : Anzahl der Gleise

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

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

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.

#### 4.2 Körperschall

Eine Rechtsverordnung zur Beurteilung von Körperschallimmissionen existiert nicht. 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.**

Für U-Bahnen wurden bisher die unter Abs. 3.3.2 der VDI-Richtlinie 2058, Bl. 1 - Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft -, Ausg. September 1985, festgelegten gebietsunabhängigen Grenzwerte bei Körperschallübertragungen herangezogen. Da U-Bahnen i. d. R. auch nachts verkehren, wurde der Grenzwert allgemein zu  $\max L_{AF} = 35 \text{ dB(A)}$  festgelegt. Diese Festlegung erfolgt auch im Hinblick auf die Möglichkeiten der Anordnung von Schutzmaßnahmen am Gleis und die dadurch bedingten Mehrkosten. 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 eindringenden Schall benannt. Abhängig von Raumnutzung und Gebietsausweisung werden dort die in Tabelle 2 aufgelisteten mittleren Maximalpegel als zulässig angesehen.

Raumart	mittlere Maximalpegel $\bar{L}_{\max}$ dB(A)
<b>Schlafräume nachts</b> in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten in allen übrigen Gebieten	35 bis 40 40 bis 45
<b>Wohnräume tagsüber</b> in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten in allen übrigen Gebieten	40 bis 45 45 bis 50
<b>Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber</b> 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

In der Lärmwirkungsforschung wurden verschiedene Studien im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Schlafstörungen und Luftschallimmissionen durchgeführt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei Spitzenpegeln unter 45 dB(A) keine physiologisch messbaren Schlafstörungen zu erwarten sind. Erste Aufwachreaktionen treten bei Spitzenpegeln größer 52 dB(A) auf (s. U. Möhler: Spitzenpegel beim Schienenverkehrslärm, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Nr. 37/1990). Diese Untersuchungen beziehen sich alle auf Direkt-Luftschallpegel, deren Beurteilung allerdings anhand von Mittelungspegeln nach 16. BImSchV erfolgt. Da Körperschallpegel im Hinblick auf die A-bewerteten Summenschallpegel in ungünstigeren Frequenzbereichen wirksam sind, lassen sich vorgenannte Erkenntnisse nicht linear übertragen.

Im Hinblick auf die bisher in NRW übliche Praxis, die Körperschallpegel im Bereich der unterirdischen Stadtbahnen auf 35 dB(A) zu begrenzen, sollte der Beurteilungswert eine Größe von ~ 40 dB(A) für den mittleren Maximalpegel nicht überschreiten. Dies gilt auch unter dem Gesichtspunkt, dass entsprechende Maßnahmen unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit möglich sind.

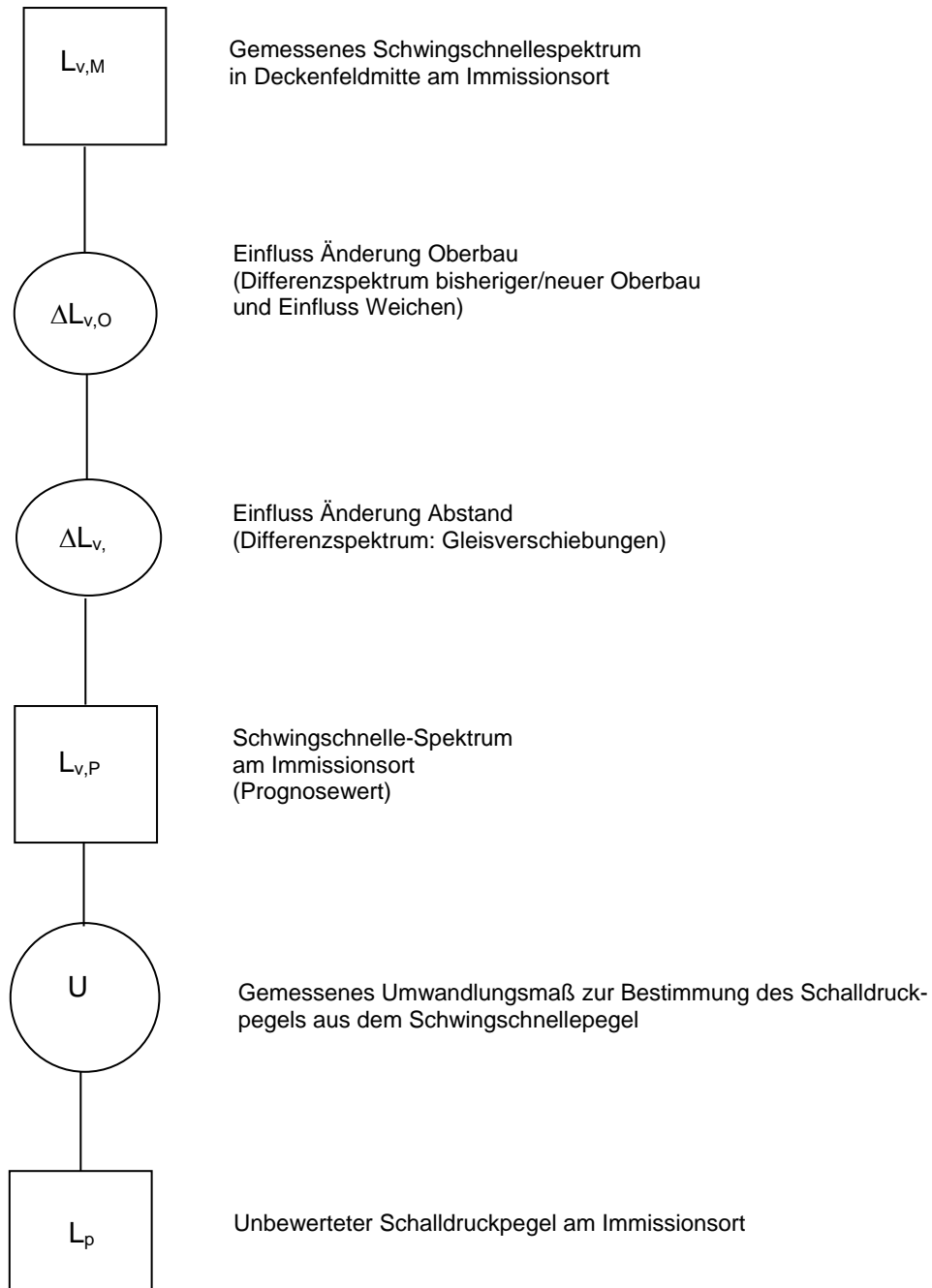
## 5 PROGNOSEVERFAHREN

Für die Vorausbestimmung der von oberirdischen Straßenbahnstrecken ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existiert bis heute kein rein analytisches Verfahren. Die Immissionsprognose kann daher nur auf der Basis von bereits durchgeführten umfangreichen Messungen im Einflussbereich von oberirdischen Stadt- bzw. Straßenbahnen (Datenfundus) oder konkret im Projekt durchgeführten Messungen erfolgen.

### 5.1 Gleisabzweig

Die Prognoseberechnung erfolgt für das messtechnisch untersuchte Gebäude. Hierbei werden die vor Ort für die vorhandene Situation erfassten spektralen Schwingschnellepegel der Gebäudedecken als Ausgangsspektren herangezogen. Die Prognoseberechnung berücksichtigt den Einfluss der Veränderung des Oberbaus.

Die Prognoseberechnung erfolgt nach folgendem Schema:



**Bild 1:** Prognose Umbau

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

$$KB_{F,P} = 10^{0,05 \cdot [L_{v,P} - L_{v,M}]} \cdot KB_{F,M} \quad (5)$$

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

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

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

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

Für die Berechnung der **Erschütterungsimmissionen** wird neben dem gemessenen bzw. prognostizierten Schwingschnelle-Summenpegel der dem Messbericht zu entnehmende **Taktmaximal-Effektivwert** ( $KB_{FTm}$ ) verwendet. Der Taktmaximal-Effektivwert entspricht dem quadratischen Mittelwert aller Einzelwerte der erfassten bewerteten Schwingstärken  $KB_{FTi}$ . Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke ( $KB_{FTm}$ ) als Prognosewert. Aus  $KB_{FTm}$  wird entsprechend Abschn. 4.1 unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungs-Schwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich zu:

$$KB_{Fmax} \approx 1,5 \cdot KB_{FTm} \quad (6)$$

**Körperschallimmissionen**

$$L_{pA_m} = 10 \lg \sum_{i=f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1(L_{pm,T} + K_A)} \text{ dB(A)} \quad (7)$$

$f_{Tu}$ ,  $f_{To}$  : untere bzw. obere Terzmittenfrequenz des maßgebenden  
Frequenzbereiches  $f_{Tu} = 5 \text{ Hz}$  bis  $f_{To} = 400 \text{ Hz}$

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

$K_A$  : A-Bewertung entsprechend DIN 45634

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

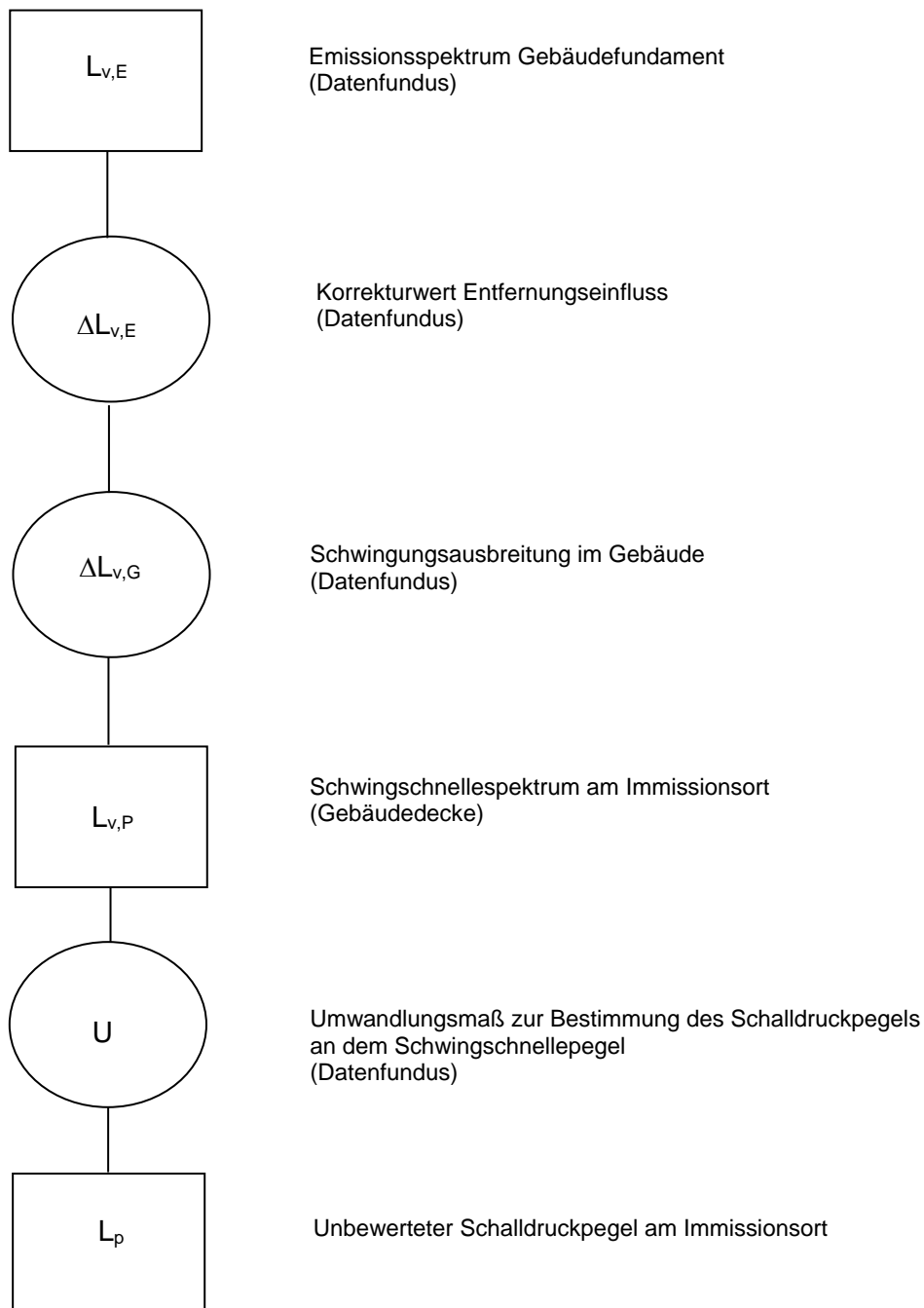
Der Maximalwert ergibt sich zu:

$$L_{pA_{max}} \approx L_{pA_m} + K_{max} \text{ dB(A)} \quad (8)$$

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

## 5.2 Neubaubereich

In der Carl-Schmidt-Straße befindet sich derzeit keine Gleisanlage. Insofern bestand keine Möglichkeit zur Durchführung von Beweissicherungsmessungen. Daher erfolgt hier die Prognose der Schwingungsimmissionen auf der Basis vorhandener Erkenntnisse über die Emissionen der Straßenbahn sowie der Schwingungsausbreitung im Gelände und innerhalb von Gebäuden. Das Prognosemodell ergibt sich dann wie folgt:



**Bild 2:** Prognose Neubau

6 PROGNOSEBERECHNUNG6.1 Ausbaubereich

Die Prognoseberechnung basiert auf den Messwerten.

Die Ergebnisse der Immissionsprognose sind in Tabelle 6 zusammengefasst und den entsprechenden Messwerten gegenübergestellt. Der Anlage-Nr. 1 sind auszugsweise Rechnerausdrucke der Prognoseberechnung zu entnehmen.

Messpunkt	Richtung	Taktmaximalpegel der bewerteten Schwingstärke		mittlerer Maximalpegel der Körperschall-Schalldruckpegel in dB(A)	
		vorher	nachher	vorher	nachher
<b>August-Bebel-Str. 108 a</b>					
MP2.1	I	0,187	0,650	-	-
MP2.2	I	0,081	0,244	44,1	49,1
MP3.1	I	0,092	0,239	-	-
MP3.2	I	0,054	0,124	42,3	47,4
MP2.1	II	0,132	0,470	-	-
MP2.2	II	0,066	0,177	43,2	47,7
MP3.1	II	0,087	0,225	-	-
MP3.2	II	0,043	0,094	41,7	45,9

**Tabelle 3:** Ergebnisse Immissionsprognose (Gleisabzweig)

Unter Berücksichtigung der Fahrplandaten (S. Abschn. 2.3) wird die Beurteilungsschwingstärke errechnet. Die prognostizierten Maximalwerte ergeben sich zu:

$$KB_{\text{FTr,Tag}} = 0,25$$

$$KB_{\text{FTr,Nacht}} = 0,13$$



**6.2** Neubaubereich

Die Prognose basiert auf den Erkenntnissen aus Messungen andernorts (Datenfundus). Gegenüber der ursprünglichen Planung sind die Verschiebungen der Herzstücke im Weichenbereich für die Schwingungsmissionen in der Nachbarschaft relevant. Sie wirken sich aber letztlich kaum auf die Prognosewerte aus. Den Anlagen-Nr. 2 sind auszugsweise Rechnerausdrucke der Prognoseberechnung zu entnehmen.

Gebäude	Richtung/Oberbau	Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke	mittlerer Maximalpegel des Körperschall- Schalldrucks in dB(A)
Wohngebäude	Normalgleis Ri I	0,02 – 0,04	36 – 38
Wohngebäude	Normalgleis Ri II	0,02 – 0,03	32 – 34
Jugendgästehaus Seminarraum	Weiche	0,04 – 0,07	40 – 42
Jugendgästehaus Schlafräume	Weiche	0,02 – 0,03	30 - 34

**Tabelle 4:** Ergebnisse Immissionsprognose

Unter Berücksichtigung der Fahrplansituation nach Abschn. 2.3 ergeben sich die in Tabelle 9 zusammengestellten Maximalwerte der Beurteilungs-Schwingstärke.

Gebäude	Maximalwert der Beurteilungs- Schwingstärke	
	Tag	Nacht
Wohngebäude	0,02	0,01
Jugendgästehaus Seminarraum	0,03	0,02
Jugendgästehaus Schlafräume	0,01	0,01

**Tabelle 5:** Beurteilungs-Schwingstärke

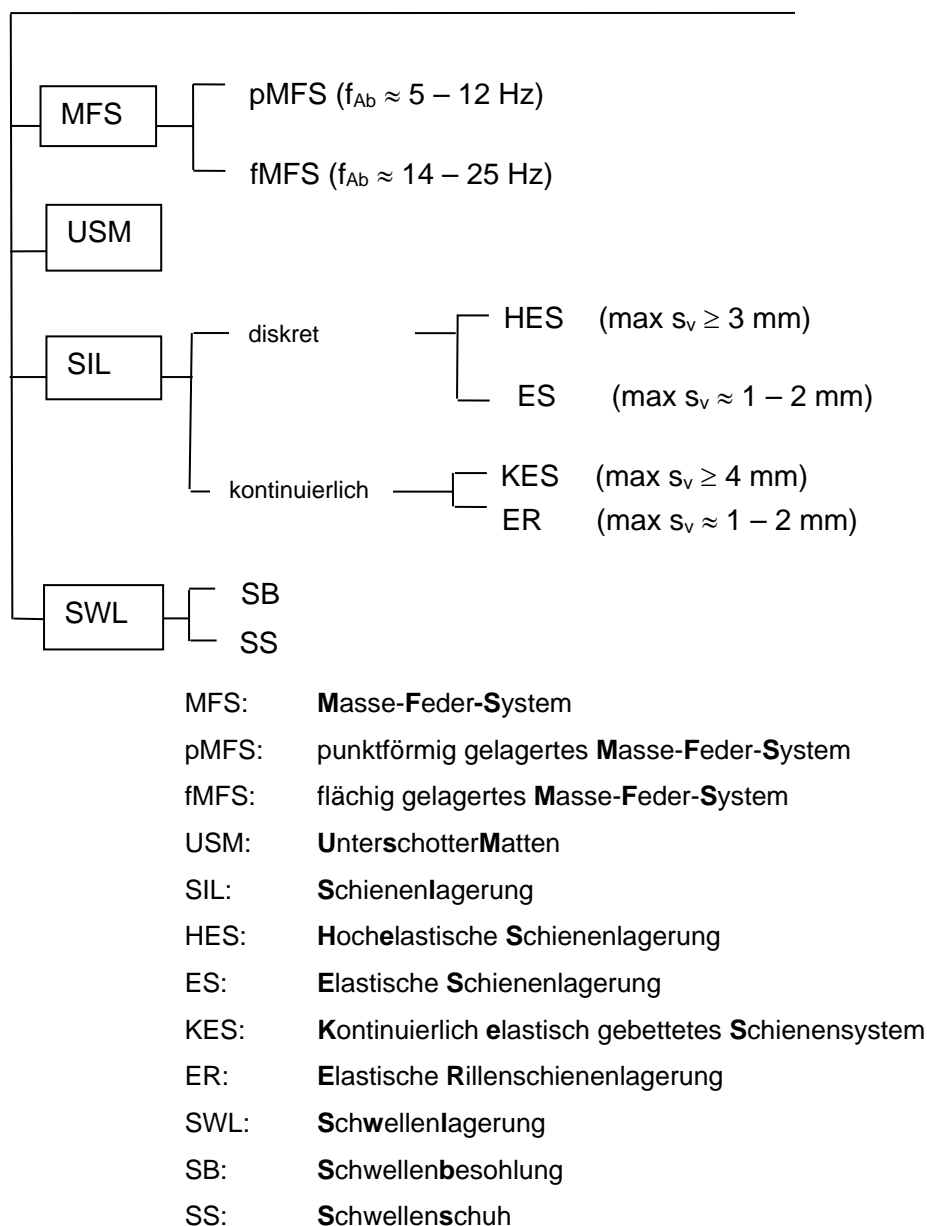
7 BEURTEILUNG

Die durchgeführte Immissionsprognose für das Gebäude **August-Bebel-Straße 108 a** zeigt, dass der Umbau eine erhebliche Zunahme der Schwingungsmissionen bewirkt. Es zeigt sich, dass zukünftig die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Kerngebiete zur Tag- und Nachtzeit überschritten werden. Weiterhin nehmen die Körperschallpegel um mehr als 3 dB(A) zu und erreichen Werte größer 40 dB(A). Insofern ist für das Gebäude August-Bebel-Straße 108 a eine Maßnahme zur Minderung der Schwingungsmissionen am Oberbau erforderlich.

Für den Bereich der **Carl-Schmidt-Straße** gilt, dass zukünftig spürbare Schwingungsmissionen aus dem Stadtbahnbetrieb in der Bebauung auftreten. Wegen der geringen Fahrzeuggeschwindigkeit sind die Immissionen voraussichtlich relativ niedrig. Es ist davon auszugehen, dass die 1,5fachen Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-2 für Mischgebiete in allen Gebäuden eingehalten werden. Die Körperschallmissionen liegen laut Prognoseberechnung unter dem Orientierungswert von 40 dB(A) für Schlafräume. Lediglich in den Seminarräumen des Jugendgästehauses ist mit Pegeln größer 40 dB(A) zu rechnen. Für diesen Bereich kann der Orientierungswert von 40 – 50 dB(A) für Unterrichtsräume nach VDI 2719 (s. Tabelle 2) herangezogen werden. Laut Prognose wird der untere Wert von 40 dB(A) überschritten, der obere Wert von 50 dB(A) aber nicht. Insofern ist hier eine Maßnahme empfehlenswert aber nicht zwingend erforderlich.

8 MASSNAHMEN

Für die im vorliegenden Projekt erforderliche Minderung der Schwingungsimmissionen am Gebäude August-Bebel-Straße 108 a ist es erforderlich, am Oberbau eine Schutzmaßnahme vorzusehen. Im Bild 3 sind die möglichen Oberbaumaßnahmen entsprechend der Klassifizierung nach DIN 45673-1, Mechanische Schwingungen – Teil 1: Begriffe, Klassifizierung, Prüfverfahren von August 2010 - aufgelistet.



**Bild 3:** Übersicht Oberbausysteme

Für die hier geplante Anordnung eines Rillengleisabzweiges kommen grundsätzlich die Oberbauformen Masse-Feder-System und Schienenlagerung infrage. Eine elastische Lagerung ist im Hinblick auf die erforderliche Minderung der Schwingungsimmissionen nicht ausreichend. Es wird ein hochelastisches System benötigt. Da für Weichenanlagen derzeit von der Industrie keine hochelastischen Lagerungen angeboten werden, ist ein Masse-Feder-System vorzusehen. Im Hinblick auf die erfassten Deckeneigenfrequenzen des Gebäudes August-Bebel-Straße 108 a und die zu erwartenden Haupterregerfrequenzen, lässt sich ein flächig gelagertes Masse-Feder-System vorsehen. Es ist eine Abstimmfrequenz  $\leq 20$  Hz zu wählen. Bei der Auswahl der Elastomermatten sind die Bestimmungen der DIN 45673 – Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 7: Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Masse-Feder-Systemen – August 2010 – zu beachten. Das Masse-Feder-System ist schwingungsdynamisch zu dimensionieren und hinsichtlich der Abmessungen an die örtliche Situation anzupassen.

Im Bereich der Carl-Schmidt-Straße ist laut Prognoseberechnung der Einsatz schwingungsmindernder Oberbauformen nicht unbedingt erforderlich. Im Hinblick auf die in den Seminarräumen zu erwartenden relativ hohen Schallpegel wird empfohlen, eine elastische Lagerung, insbesondere der Weiche, vorzusehen.

9 ANLAGEN

Anlage-Nr. 1.1 – 1.5 Immissionsprognose Ausbaubereich  
(Rechnerausdrucke auszugsweise)

Anlage-Nr. 2.1 – 2.4 Immissionsprognose Neubaubereich  
(Rechnerausdrucke auszugsweise)

10 ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeiter	Bemerkungen
a	07.10.2015	Lenz	Anpassung Berichtsnume- rierung
b			
c			
d			
e			

Bearbeitung: Dipl.-Ing. U. Lenz

Essen, 02.07.2014

I.B.U.

Ingenieurbüro für Schwingungs-, Schall-  
und Schienenverkehrstechnik GmbH



AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 1.2
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG AUSBAUBEREICH	

**August-Bebel-Str. 108 A**

Fahrtrichtung

: Ril

	MO1 M8C	MP2.1				
	$L_{VM}$	$\Delta L_{VE}$	$\Delta L_{VO}$	$L_{VI}$	U	$L_{pA}$
5	32,9	-0,2	0,0	32,7	0,0	0,0
6,3	35,3	-0,2	0,0	35,1	0,0	0,0
8	40,9	-0,2	0,0	40,7	0,0	0,0
10	47,5	-0,2	0,0	47,3	0,0	0,0
12,5	52,3	-0,2	-1,0	51,1	0,0	0,0
16	51,4	-0,2	-1,0	50,2	0,0	0,0
20	52,0	-0,2	7,0	58,8	0,0	0,0
25	63,2	-0,3	9,0	71,9	0,0	0,0
31,5	69,2	-0,3	13,0	81,9	0,0	0,0
40	62,0	-0,3	11,0	72,7	0,0	0,0
50	53,3	-0,3	3,0	56,0	0,0	0,0
63	55,6	-0,4	6,0	61,2	0,0	0,0
80	66,1	-0,4	6,0	71,7	0,0	0,0
100	68,5	-0,5	6,0	74,0	0,0	0,0
125	55,3	-0,6	3,0	57,7	0,0	0,0
160	45,8	-0,5	2,0	47,3	0,0	0,0
200	47,9	-0,5	1,0	48,4	0,0	0,0
250	39,1	-0,4	1,0	39,7	0,0	0,0

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

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

$L_{VI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmaß aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0,975$

$KB_{FTm} = 0,650$

$KB_{FT,Tag} \quad 0,20$   
 $KB_{FT,Nacht} \quad 0,11 \quad L_{pA} \quad - \quad dB(A)$

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 1.3
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG AUSBAUBEREICH	

**August-Bebel-Str. 108 A**

Fahrtrichtung

: Ril

	MO1 M8C	MP2.2				
	$L_{VM}$	$\Delta L_{vE}$	$\Delta L_{vO}$	$L_{vI}$	U	$L_{pA}$
5	33,3	-0,2	0,0	33,1	11,4	0,0
6,3	37,2	-0,2	0,0	37,0	8,1	0,0
8	41,7	-0,2	0,0	41,5	2,2	0,0
10	49,1	-0,2	0,0	48,9	-2,2	0,0
12,5	51,1	-0,2	-1,0	49,9	-3,8	0,0
16	51,6	-0,2	-1,0	50,4	7,7	1,4
20	49,5	-0,2	7,0	56,3	5,1	10,9
25	45,8	-0,3	9,0	54,5	15,0	24,8
31,5	54,7	-0,3	13,0	67,4	5,8	33,8
40	63,0	-0,3	11,0	73,7	-6,2	32,9
50	55,2	-0,3	3,0	57,9	4,0	31,7
63	53,1	-0,4	6,0	58,7	4,8	37,3
80	53,3	-0,4	6,0	58,9	8,3	44,7
100	47,3	-0,5	6,0	52,8	11,2	44,9
125	47,5	-0,6	3,0	49,9	4,8	38,6
160	44,8	-0,5	2,0	46,3	-1,7	31,2
200	37,7	-0,5	1,0	38,2	-1,5	25,8
250	26,5	-0,4	1,0	27,1	10,7	29,2

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{vE}$  : Einfluss Abstand

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

$L_{vI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmaß aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0,366$

$KB_{FTm} = 0,244$

$KB_{FT,Tag} = 0,08$

$KB_{FT,Nacht} = 0,04$       $L_{pA} = 49,1$      dB(A)



AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 1.4
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG AUSBAUBEREICH	

**August-Bebel-Str. 108 A**

Fahrtrichtung

: Ril

	MO1 M8C	MP3.1				
	L <sub>VM</sub>	ΔL <sub>VE</sub>	ΔL <sub>VO</sub>	L <sub>VI</sub>	U	L <sub>pA</sub>
5	35,3	-0,2	0,0	35,1	0,0	0,0
6,3	38,9	-0,2	0,0	38,7	0,0	0,0
8	43,8	-0,2	0,0	43,6	0,0	0,0
10	49,9	-0,2	0,0	49,7	0,0	0,0
12,5	53,0	-0,2	-1,0	51,8	0,0	0,0
16	52,8	-0,2	-1,0	51,6	0,0	0,0
20	55,1	-0,2	7,0	61,9	0,0	0,0
25	63,3	-0,3	9,0	72,0	0,0	0,0
31,5	55,7	-0,3	13,0	68,4	0,0	0,0
40	55,2	-0,3	11,0	65,9	0,0	0,0
50	51,7	-0,3	3,0	54,4	0,0	0,0
63	54,3	-0,4	6,0	59,9	0,0	0,0
80	58,8	-0,4	6,0	64,4	0,0	0,0
100	57,5	-0,5	6,0	63,0	0,0	0,0
125	49,1	-0,6	3,0	51,5	0,0	0,0
160	38,6	-0,5	2,0	40,1	0,0	0,0
200	35,6	-0,5	1,0	36,1	0,0	0,0
250	41,5	-0,4	1,0	42,1	0,0	0,0

L<sub>VM</sub> : Messwerte Gebäudedecke

ΔL<sub>VE</sub> : Einfluss Abstand

ΔL<sub>VO</sub> : Einfluss Oberbau (Weiche)

L<sub>VI</sub> : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmaß aus Messung

L<sub>pA</sub> : A-bewerteter Schalldruckpegel

KB<sub>Fmax</sub>= 0,358

KB<sub>FTm</sub>= 0,239

**KB<sub>FT,Tag</sub> 0,08**

**KB<sub>FT,Nacht</sub> 0,04      L<sub>pA</sub>      -      dB(A)**

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 1.5
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG AUSBAUBEREICH	

**August-Bebel-Str. 108 A**

Fahrtrichtung

: Ril

	MO1 M8C	MP3.2				
	$L_{VM}$	$\Delta L_{vE}$	$\Delta L_{vO}$	$L_{vI}$	U	$L_{pA}$
5	33,4	-0,2	0,0	33,2	20,4	0,0
6,3	38,9	-0,2	0,0	38,7	8,8	0,0
8	42,8	-0,2	0,0	42,6	7,6	0,0
10	47,1	-0,2	0,0	46,9	2,7	0,0
12,5	48,8	-0,2	-1,0	47,6	-0,8	0,0
16	48,0	-0,2	-1,0	46,8	4,5	0,0
20	48,5	-0,2	7,0	55,3	8,8	13,6
25	48,6	-0,3	9,0	57,3	11,5	24,1
31,5	50,1	-0,3	13,0	62,8	15,8	39,2
40	55,2	-0,3	11,0	65,9	2,9	34,2
50	58,6	-0,3	3,0	61,3	0,0	31,1
63	48,1	-0,4	6,0	53,7	10,2	37,7
80	45,5	-0,4	6,0	51,1	9,5	38,1
100	43,8	-0,5	6,0	49,3	13,0	43,2
125	44,3	-0,6	3,0	46,7	8,0	38,6
160	29,7	-0,5	2,0	31,2	13,1	30,9
200	23,6	-0,5	1,0	24,1	12,0	25,2
250	22,0	-0,4	1,0	22,6	15,7	29,7

$L_{VM}$  : Messwerte Gebäudedecke

$\Delta L_{vE}$  : Einfluss Abstand

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

$L_{vI}$  : Schwingschnelle Immissionsort

U : Umwandlungsmaß aus Messung

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$KB_{Fmax} = 0,186$

$KB_{FTm} = 0,124$

$KB_{FT,Tag} \quad 0,04$   
 $KB_{FT,Nacht} \quad 0,02 \quad L_{pA} \quad 47,4 \quad dB(A)$

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 2.1
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG NEUBAUBEREICH	

IO1

**Wohngebäude**

	$L_{VA1}$	$\Delta L_{VE1}$	$\Delta L_{VG1}$	$L_{VG}$	$\Delta L_{VU1}$	$L_{pA}$
5	30,0	-0,9	0,0	29,1	0,0	-63,9
6,3	32,0	-0,9	1,0	32,1	0,0	-52,9
8	33,0	-1,1	1,0	32,9	3,0	-41,1
10	40,0	-1,1	2,0	40,9	1,0	-28,5
12,5	46,0	-1,2	0,0	44,8	0,0	-18,6
16	47,0	-1,3	0,0	45,7	0,0	-11,0
20	34,0	-1,4	3,0	35,6	1,0	-13,9
25	30,0	-1,6	4,0	32,4	1,0	-11,3
31,5	30,0	-1,7	4,0	32,3	3,0	-4,1
40	36,0	-2,0	1,0	35,0	6,0	6,4
50	42,0	-2,2	2,0	41,8	5,0	16,6
63	44,0	-2,6	3,0	44,4	7,0	25,2
80	46,0	-3,1	5,0	47,9	7,0	32,4
100	39,0	-3,6	0,0	35,4	3,0	19,3
125	40,0	-4,3	1,0	36,7	2,0	22,6
160	33,0	-3,8	4,0	33,2	6,0	25,8
200	32,0	-3,3	8,0	36,7	3,0	28,8
250	26,0	-2,9	9,0	32,1	3,0	26,5

$L_{VA}$  : Emissionspegel Tunnel

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VG}$  : Einfluss Gebäude

$L_V$  : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmaß

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} =$	0,037	mm/s
$KB_{Fmax} =$	0,033	
$KB_{FTm} =$	0,022	

$KB_{FTr,Tag}$  **0,01**

$KB_{FTr,Nacht}$  **0,01**      $L_{pA}$  **36,0** **dB(A)**

(Anzahl Fahrten:    190    27  
                             190    27 )

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsmissionen	ANLAGE-NR.: 2.2
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG NEUBAUBEREICH	

### Wohngebäude

	$L_{VA1}$	$\Delta L_{VE1}$	$\Delta L_{VG2}$	$L_{VG}$	$\Delta L_{VU1}$	$L_{pA}$
5	30,0	-0,9	3,0	32,1	18,0	-42,9
6,3	32,0	-0,9	4,0	35,1	10,0	-39,9
8	33,0	-1,1	5,0	36,9	3,0	-37,1
10	40,0	-1,1	7,0	45,9	1,0	-23,5
12,5	46,0	-1,2	5,0	49,8	3,0	-10,6
16	47,0	-1,3	3,0	48,7	0,0	-8,0
20	34,0	-1,4	7,0	39,6	3,0	-7,9
25	30,0	-1,6	0,0	28,4	2,0	-14,3
31,5	30,0	-1,7	1,0	29,3	2,0	-8,1
40	36,0	-2,0	6,0	40,0	9,0	14,4
50	42,0	-2,2	5,0	44,8	9,0	23,6
63	44,0	-2,6	8,0	49,4	10,0	33,2
80	46,0	-3,1	10,0	52,9	5,0	35,4
100	39,0	-3,6	-1,0	34,4	3,0	18,3
125	40,0	-4,3	-5,0	30,7	4,0	18,6
160	33,0	-3,8	-4,0	25,2	6,0	17,8
200	32,0	-3,3	-3,0	25,7	9,0	23,8
250	26,0	-2,9	-3,0	20,1	8,0	19,5

$L_{VA}$  : Emissionspegel Tunnel

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VG}$  : Einfluss Gebäude

$L_V$  : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmaß

$L_{pA}$  : A-bewerteter Schalldruckpegel

$v_{max} =$	0,067	mm/s
$KB_{Fmax} =$	0,056	
$KB_{FTm} =$	0,037	

**$KB_{FTr,Tag}$  0,02**

**$KB_{FTr,Nacht}$  0,01     $L_{pA}$  38,0    dB(A)**

(Anzahl Fahrten:    190    27  
                              190    27 )

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 2.3
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG NEUBAUBEREICH	

IO2  
**Jugendgästehaus -  
Seminar**

	L <sub>V</sub> A3	$\Delta L_{VE1}$	$\Delta L_{VG3}$	L <sub>V</sub> G	$\Delta L_{VU3}$	L <sub>pA</sub>		
						-		
5	30,0	0,8	-1,5	29,3	29,0	34,7	855,079085	0
						-		
6,3	32,0	0,8	0,0	32,8	26,0	26,2	1919,40528	0
						-		
8	34,0	1,0	0,0	35,0	24,0	18,0	3138,64031	0
10	40,0	1,0	0,0	41,0	21,0	-8,4	12601,5906	0
12,5	45,0	1,1	1,0	47,1	12,0	-4,3	50702,5889	0
16	46,0	1,1	3,5	50,6	13,0	6,9	115206,455	4,91447141
20	41,0	1,2	12,0	54,2	-1,5	2,2	262327,878	1,65517701
25	38,0	1,3	8,0	47,3	-2,0	0,6	53463,0814	1,14302041
31,5	43,0	1,4	7,0	51,4	5,0	17,0	138046,814	50,1217687
40	47,0	1,6	5,5	54,1	8,5	28,0	254496,965	624,715968
50	45,0	1,7	7,5	54,2	6,0	30,0	265522,72	1009,48923
63	47,0	2,0	6,0	55,0	-0,5	28,3	314808,531	673,048705
80	49,0	2,3	2,0	53,3	8,5	39,3	213480,853	8498,82585
100	45,0	2,7	-0,5	47,2	6,5	34,6	0	2858,88767
125	43,0	3,1	-4,5	41,6	4,5	30,0	0	1005,18221
160	35,0	2,8	-12,5	25,3	8,0	19,9	0	97,6020254
200	33,0	2,5	-4,0	31,5	6,0	26,6	0	454,755553
250	28,0	2,2	-3,0	27,2	7,0	25,6	0	359,372317

1686570,6    15639,714  
62,3    41,9  
55,0

L<sub>V</sub>A : Emissionspegel

$\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand

$\Delta L_{VG}$  : Einfluss Gebäude

L<sub>V</sub> : Schwingschnelle

U : Umwandlungsmass

L<sub>pA</sub> : A-bewerteter Schalldruckpegel

v<sub>max</sub>= 0,084 mm/s

KB<sub>Fmax</sub>= 0,097

KB<sub>FTm</sub>= 0,065

**KB<sub>FTr,Tag</sub> 0,03**

**KB<sub>FTr,Nacht</sub> 0,02    L<sub>pA</sub> 41,9 dB(A)**

(Anzahl Fahrten: 190 27  
190 27 )

AUFTRAGGEBER: moBiel GmbH Otto-Brenner-Str. 242 33604 Bielefeld	AUFTRAG-NR.: S 03.1261.14/4	Stadtbahn Bielefeld, Dürkopp Tor 6 Prognose der Schwingungsimmissionen	ANLAGE-NR.: 2.4
		RECHNERAUSDRUCKE PROGNOSEBERECHNUNG NEUBAUBEREICH	

### Jugendgästehaus - Schlafen

	L <sub>VA3</sub>	$\Delta L_{VE1}$	$\Delta L_{VG6}$	L <sub>VG</sub>	$\Delta L_{VU6}$	L <sub>pA</sub>		
5	30,0	-2,5	3,0	30,5	18,0	-44,5	1124,64638	0
6,3	32,0	-2,6	4,0	33,4	10,0	-41,6	2208,71426	0
8	34,0	-3,4	5,0	35,6	3,0	-38,4	3661,81083	0
10	40,0	-3,6	7,0	43,4	1,0	-26,0	21971,8124	0
12,5	45,0	-3,9	5,0	46,1	3,0	-14,3	41169,7619	0
16	46,0	-4,2	3,0	44,8	0,0	-11,9	29948,5512	0
20	41,0	-4,7	7,0	43,3	3,0	-4,2	21513,733	0
25	38,0	-5,2	0,0	32,8	2,0	-9,9	1897,32059	0
31,5	43,0	-5,9	1,0	38,1	2,0	0,7	6414,94814	1,16732866
40	47,0	-6,9	6,0	46,1	9,0	20,5	41154,3321	113,348443
50	45,0	-7,9	5,0	42,1	9,0	20,9	16042,2563	121,692959
63	47,0	-9,4	8,0	45,6	10,0	29,4	36590,6655	877,74893
80	49,0	-11,2	10,0	47,8	5,0	30,3	59953,5805	1066,14218
100	45,0	-13,4	-1,0	30,6	3,0	14,5	0	28,1523665
125	43,0	-16,1	-5,0	21,9	4,0	9,8	0	9,47631825
160	35,0	-14,2	-4,0	16,8	6,0	9,4	0	8,72824303
200	33,0	-12,3	-3,0	17,7	9,0	15,8	0	37,9022521
250	28,0	-10,4	-3,0	14,6	8,0	14,0	0	25,1002303

283652,133 2289,45925

54,5 33,6

47,8

- L<sub>VA</sub> : Emissionspegel
- $\Delta L_{VE}$  : Einfluss Abstand
- $\Delta L_{VG}$  : Einfluss Gebäude
- L<sub>V</sub> : Schwingschnelle
- U : Umwandlungsmass
- L<sub>pA</sub> : A-bewerteter Schalldruckpegel

v<sub>max</sub>= 0,037 mm/s  
 K<sub>B</sub>F<sub>max</sub>= 0,040  
 K<sub>B</sub>F<sub>Tm</sub>= 0,027

**K<sub>B</sub>F<sub>Tr,Tag</sub> 0,01**  
**K<sub>B</sub>F<sub>Tr,Nacht</sub> 0,01 L<sub>pA</sub> 33,6 dB(A)**

(Anzahl  
 Fahrten: 190 27  
 190 27 )