

### Bericht Nr. 14-2990 / 02-SE

#### Erschütterungstechnische Untersuchung Schienenverkehr

#### Ersatzneubau EÜ Pölnitzweg, Strecke 6002/6081

#### in Berlin

Stand: 03.06.2015



Bearbeitet von Dipl.-Ing. D. Friedemann

für

DB Projektbau GmbH  
Caroline-Michaelis-Straße 5 - 11  
10115 Berlin

## 1. Zusammenfassung

Die Deutsche Bahn AG plant auf den Bahnstrecken 6002/6081 in Berlin im Abschnitt Berlin Karow - Bernau den Ersatzneubau der Eisenbahnüberführung Pölnitzweg (km 15,003 der Strecke 6002 bzw. 15,004 Strecke 6081).

Dazu wurde eine erschütterungstechnische Untersuchung zu Berechnung und Beurteilung der betriebsbedingten Erschütterungen aus dem Eisenbahnverkehr erstellt.

In der Prognose wurden für das bezüglich des Bauvorhabens immissionskritischste Wohngebäude Röntgentaler Weg 12 die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude (bezüglich Bauschäden) und auf die Bewohner (bezüglich Belästigungen) prognostiziert.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die für Tag und Nacht ermittelten Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTT}$  sowohl im Bestand als in der Prognose die Anhaltswerte der DIN 4150-2 bezüglich Erschütterungsbelästigungen einhalten. Durch das Bauvorhaben kommt es zu keiner immissionsrelevanten, vorhabensbedingten wesentlichen Erhöhung der bewerteten Schwingstärke KB (um mehr als 25%).

Ansprüche auf Maßnahmen zum Erschütterungsschutz bestehen daher aus.

Aus den Untersuchungen kann weiterhin abgeleitet werden, dass aufgrund der sicheren Einhaltung der Erschütterungs-Anhaltswerte der DIN 4150-3 keine Gebäudeschäden durch den Bahnverkehr zu erwarten sind.

Die Berechnungen erfolgten auf Basis von Emissionsspektren und Boden-Ausbreitungsmessungen vergleichbarer Eisenbahnstrecken. Die Ergebnisse gelten sowohl für das untersuchte Wohngebäude als auch die anderen im Einwirkungsbereich des Bauvorhabens liegenden Häuser.

Der Bericht enthält 44 Seiten inklusive 4 Anlagen.

Dresden, den 03.06.2015

**cdf** Schallschutz



Dipl.-Ing. Dieter Friedemann



Dipl.-Ing. Lorenz Wiedemann

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung .....	2
2. Aufgabenstellung und Situation .....	4
3. Berechnungs- und Bewertungsverfahren .....	5
3.1. Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden.....	5
3.2. Erschütterungs-Einwirkung auf bauliche Anlagen .....	8
3.3. Sekundärer Luftschall .....	9
4. Ausgangsdaten Erschütterungsprognose .....	12
4.1. Emissionsdaten des Eisenbahnverkehrs.....	12
4.2. Verkehrsbelegung.....	13
4.3. Vorhabensbedingte Änderungen .....	14
4.4. Prognoseverfahren .....	16
4.5. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz.....	17
4.6. Qualität der Prognose .....	17
5. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung.....	18
6. Normen und Literatur .....	20
7. Anlagen .....	22
Anlage 1    Übersichtslageplan .....	23
Anlage 2    Emissionsdaten Eisenbahn .....	24
Anlage 2.1  Emissionsspektren Eisenbahnverkehr .....	25
Anlage 2.2  Ausbreitungsdämpfung Erdboden.....	26
Anlage 2.3  Gebäudeübertragungsfunktion.....	27
Anlage 3    Erschütterungsprognose Viereckweg 2.....	28
Anlage 3.1  Erschütterung Viereckweg 2 - Nullfall .....	29
Anlage 3.2  Erschütterung Viereckweg 2 - Planfall .....	33
Anlage 3.3  Erschütterung Viereckweg 2 - Zusammenfassung.....	36
Anlage 4    Erschütterungsprognose Röntgentaler Weg 12 .....	37
Anlage 4.1  Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Nullfall .....	38
Anlage 4.2  Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Planfall .....	42
Anlage 4.3  Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Zusammenfassung .....	44

## 2. Aufgabenstellung und Situation

Zur dauerhaften und uneingeschränkten Verfügbarkeit der Eisenbahnüberführung Pölnitzweg in Berlin (km 15,003 der Strecke 6002 bzw. 15,004 Strecke 6081) ist deren Ersatzneubau geplant.

Die lichte Weite der Brücke und die Brückenkonstruktion bleiben erhalten, ebenso die maximalen Streckengeschwindigkeiten von 90 km/h für die S-Bahn (Strecke 6002) und 120 km/h für die Fernbahngleise (Strecke 6081).

Während an der Strecke 6002 (S-Bahn) nur geringe Gleislageänderungen im einstelligen cm-Bereich (< 10 cm) vorgesehen sind, erfolgen an der Strecke 6081 (F-Bahn) horizontale Gleislageänderungen in nordwestliche Richtung von maximal ca. 1 m und in südöstliche Richtung von maximal ca. 0,3 m.

Zur Prüfung der Auswirkungen der Lageänderung auf die während des Eisenbahnbetriebes in der Nachbarschaft verursachten Schwingungen/Erschütterungen ist eine erschütterungstechnische Untersuchung durchzuführen.

Dabei wird geprüft, ob durch das Vorhaben eine erhebliche Zunahme der Erschütterungen verursacht wird (Vergleich Prognose-„Nullfall“, Prognose-Planfall).

Die Ausgangsdaten, die Vorgehensweise und die Ergebnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung werden nachfolgend dargestellt.

### 3. Berechnungs- und Bewertungsverfahren

Als Erschütterungen werden Schwingungen im Bereich von 1 bis 80 Hertz bezeichnet. Bei der Ermittlung und Bewertung der Erschütterungseinwirkungen wird zwischen den Einwirkungen auf den Menschen (Gesundheitsschutz) und den Einwirkungen auf das Gebäude (Gebäudeschäden) unterschieden.

#### 3.1. Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Erschütterungen sind mechanische Schwingungen der Gebäudestruktur, die vom Betroffenen überwiegend als Relativbewegungen zwischen Körper und Bauwerk empfunden werden. Die für den Menschen am stärksten wahrnehmbaren Erschütterungen treten erfahrungsgemäß auf den Geschossdecken (mittig im Raum) auf.

Als Messgröße wird die bewertete Schwingstärke  $KB$  verwendet, die aus der Schwinggeschwindigkeit  $v$  im Frequenzbereich 1 bis 80 Hz ermittelt wird.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen an Schienenverkehrswegen (wie auch an anderen Verkehrswegen) sind bisher gesetzlich festgelegte **Grenzwerte** nicht vorhanden. In der DIN 4150, Teil 2 (DIN 4150-2, [7]) sind jedoch folgende **Anhaltswerte** zur Beurteilung angegeben:

Zeile	Einwirkungsort/ Gebietseinteilung nach BauNVO		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o^{*)}$	$A_r$
			tags			nachts		
1	ausschließlich Gewerbe	GI	0,40	6,0	0,20	0,30	0,6	0,15
2	vorwiegend Gewerbe	GE	0,30	6,0	0,15	0,20	0,6	0,10
3	Mischgebiet	MI	0,20	5,0	0,10	0,15	0,6	0,07
4	Wohngebiet	WA,WR	0,15	3,0	0,07	0,10	0,6	0,05
5	Sondergebiet	SK	0,10	3,0	0,05	0,10	0,6	0,05

Tabelle 1 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 für oberirdischen Schienenverkehr

$A_u$  unterer Anhaltswert

$A_o$  oberer Anhaltswert; \*) hier gebietsunabhängig  $A_o = 0,6$

$A_r$  Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FT}$

Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten auf das 1,5-fache der Werte  $A_u$  und  $A_r$  nach Tabelle 1 erhöhte Anhaltswerte.

Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FT_r}$  berechnet sich mit

$$KB_{FT_r} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \left( \sum_{e,j} T_{e,j} KB_{FT_{m,j}}^2 \right)} \quad \text{Gl. (1)}$$

$T_r$  Beurteilungszeitraum (tags 6:00 - 22:00 Uhr, nachts 22:00 Uhr - 6:00 Uhr)

$T_{e,j}$  Einwirkungszeit des Ereignisses j innerhalb des Beurteilungszeitraumes (1 Zugfahrt = 1 Takt von 30 s)

$KB_{FT_{m,j}}$  Taktmaximal-Effektivwert nach Gl.(2) für die Einwirkungszeit  $T_{e,j}$

und

$$KB_{FT_m} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FT_i}^2} \quad \text{Gl. (2)}$$

$KB_{FT_i}$  Maximalwert der bewerteten Schwingstärke in einem Taktzeitraum i von 30 s

N Anzahl der Takte

Für den Vergleich der Messergebnisse und Anhaltswerte ist die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{\max}}$  bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT_r}$  zu verwenden, die aus Messwerten der Erschütterungen im schutzbedürftigen Raum ermittelt werden. Dabei ist jeweils die größte Richtungskomponente an einem Messpunkt der Beurteilung zugrunde zu legen.

### Subjektive Wahrnehmung

In DIN 4150-2 wird ausgeführt, dass in der Umgebungssituation „Wohnen“ auch bereits gerade spürbare Erschütterungen von  $KB = 0,1 \dots 0,2$  als störend empfunden werden und Erschütterungseinwirkungen um  $KB = 0,3$  bei ruhigem Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und störend wahrgenommen werden.

Für **neu geplante Strecken** ist das Verfahren des nachstehenden Flussdiagramms (Bild 1) einzuhalten.

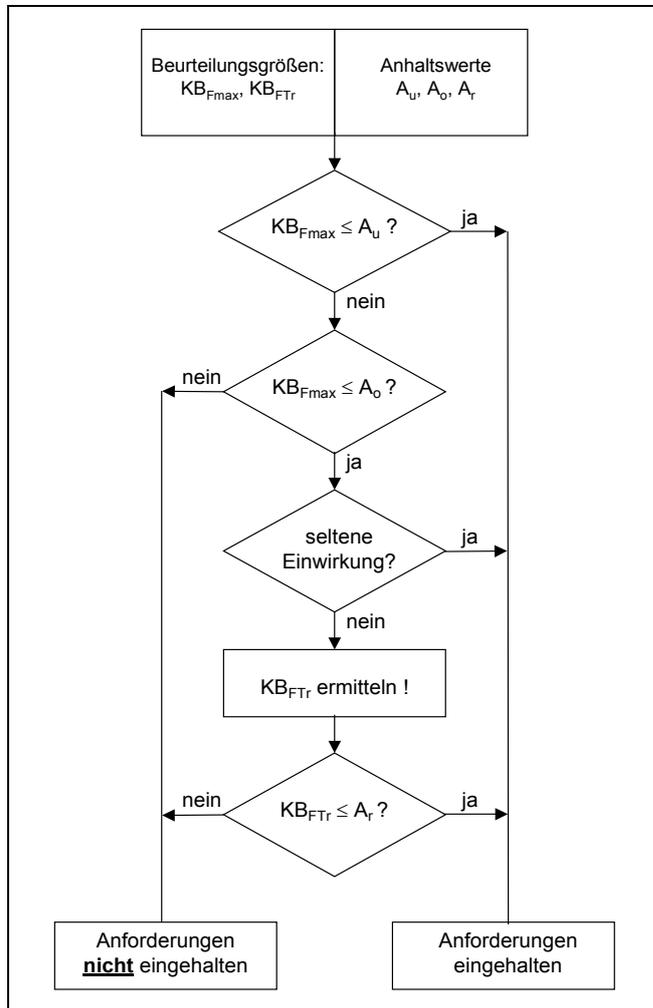


Bild 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2 (Neubaustrecken)

Wird der untere Anhaltswert  $A_u$  nach Tabelle 1 nicht überschritten, so werden die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 bezüglich der Erschütterungen eingehalten. Wird der obere Anhaltswert  $A_o$  überschritten, so sind die Anforderungen bezüglich der Erschütterungen nicht eingehalten. In beiden Fällen ist die Bildung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  nicht erforderlich.

Kommt es zur Überschreitung des unteren Anhaltswertes  $A_u$  bei gleichzeitiger Einhaltung des oberen Anhaltswertes  $A_o$ , so ist die Häufigkeit der Einwirkungen zu berücksichtigen. Es erfolgt dann die Bildung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  und der Vergleich mit den in Tabelle 1 aufgeführten Anhaltswerten für  $A_r$ .

Für **bestehende Verkehrswege** mit Erschütterungs-Vorbelastung der Nachbarschaft gibt die Norm DIN 4150-2 keine Anforderungen vor. Die Beurteilung bei Ausbauvorhaben erfolgt entsprechend des Leitfadens der DB AG für Körperschall- und Erschütterungsschutz [12]. Grundprinzip ist dabei die Prüfung, ob sich durch ein Bauvorhaben eine wesentliche Verschlechterung der Erschütterungssituation in der betroffenen Nachbarschaft ergibt.

Ausgehend vom Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom Dezember 2010 [13] ist bei Ausbaustrecken die Erschütterungs-Immission nach Inbetriebnahme (Prognose-Planfall) gegenüber dem Zustand ohne Baumaßnahme (Prognose-Nullfall) nicht erheblich erhöht, wenn die vorhabensbedingte Erhöhung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTT}$  weniger als 25% beträgt. Bei sehr erheblicher Vorbelastung (deutlich mehr als das 1,5-fache der Anhaltswerte für Industriegebiete) kann der Schwellwert einzelfallbezogen niedriger als 25% angesetzt werden.

Die Erschütterungsprognose erfolgt daher auf folgender Grundlage:

- Werden die Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tab. 1 im Plan-Zustand unterschritten, ist die Anforderung an den Erschütterungsschutz eingehalten.
- Werden die o.g. Anhaltswerte überschritten, wird die vorhabensbedingte Erhöhung der Erschütterungs-Immission auf die Erhöhung um 25% geprüft.

Wird eine Erhöhung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTT}$  um  $< 25\%$  gegenüber dem Zustand ohne Ausbau berechnet, liegt keine erhebliche Änderung vor, und die Anforderung an den Erschütterungsschutz wird eingehalten. Bei größeren vorhabensbedingten Erhöhungen der Erschütterungs-Immission sind Schutzmaßnahmen oder Entschädigungen zu prüfen.

### 3.2. Erschütterungs-Einwirkung auf bauliche Anlagen

Die Wirkung von Erschütterungen auf die Gebäudestruktur wird durch die Messung des Spitzenwertes (Maximalwert des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit  $v_i(t)$ ) am Gebäudefundament beurteilt. Die DIN 4150, Teil 3 [8] legt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung kurzzeitiger Erschütterungen fest. Werden die Anhaltswerte nicht überschritten, treten im allgemeinen keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes auf, deren Ursachen auf die Erschütterungen zurückzuführen wären.

Anhand des Bauzustandes, der Nutzung und des Alters des Gebäudes werden in der DIN 4150-3 folgende Anhaltswerte angegeben:

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswert der Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s			
		Fundament			oberste Decke, horizontal
		Frequenzen in Hz			alle Frequenzen
		< 10	10 - 50	50 - 100	
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten u.ä.	20	20 -40	40 -50	40
2	Wohngebäude und in Konstruktion/Nutzung ähnliche Bauten	5	5 - 15	15 -20	15
3	Besonders empfindliche Bauten oder solche, die nicht Zeile 1+2 entsprechen (z.B. Denkmal)	3	3 - 8	8 - 10	8

Tabelle 2 Anhaltswerte zulässiger maximaler Schwinggeschwindigkeiten zur Verhinderung von Gebäudeschäden nach DIN 4150, Teil 3

In DIN 4150-3 ist weiterhin angegeben, dass bei kurzzeitigen Erschütterungen mit Deckenschwingungen von vertikal bis 20 mm/s eine Verminderung des Gebrauchswertes der Decke nicht zu erwarten ist.

Die durch Schienenverkehr an Gebäuden bewirkten Schwinggeschwindigkeiten unterschreiten nach allgemeiner fachlicher Erfahrung die o.g. Anhaltswerte deutlich. Schäden an der Bausubstanz aufgrund von Schienenverkehrs-Erschütterungen sind nach derzeitigem Wissensstand bei Abständen von > 10 m zur Gleisachse auszuschließen.

### 3.3. Sekundärer Luftschall

Als sekundärer Luftschall wird die durch Schwingungen von Wänden und Decken verursachte Schallabstrahlung innerhalb von Gebäuden bezeichnet. Als Berechnungsgrundlage dient ein durch Messreihen ermittelter Zusammenhang zwischen der Schwinggeschwindigkeit der Geschossdecke und dem sekundären Luftschallpegel. Die Bezeichnung „sekundär“ dient der Unterscheidung gegenüber dem direkten Schalldurchgang von einer äußeren Lärmquelle über Außenbauteile in das Gebäudeinnere.

Zur Bewertung des sekundären Luftschalls liegen bisher keine verbindlichen Anforderungen oder Grenzwerte vor. Für die Beurteilung wird der berechnete sekundäre Luftschallpegel hilfsweise mit den zulässigen Innengeräuschpegeln für Wohn- und Schlafräume verglichen,

die in der 24. BImSchV [4] zur Dimensionierung von passiven Schallschutzmaßnahmen angewendet werden:

Raumnutzung	Korrektursummand D in dB	höchstzulässiger Innengeräuschpegel in dB(A)
Räume, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden	27	30
Wohnräume; Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftl. Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	37	40
Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	42	45
Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	47	50
Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Tabelle 3 Aus der 24. BImSchV für die Raumnutzung abgeleitete höchstzulässige Innenpegel

Dieses Vorgehen wird vom Bundesverwaltungsgericht (Urteil vom Dezember 2010 [13]) akzeptiert.

Neben dem Vergleich mit den o.g. Werten wird die vorhabensbedingte Änderung des sekundären Luftschallpegels betrachtet. In Anlehnung an die schalltechnische Berechnung für Verkehrswege gemäß 16. BImSchV [1] wird eine Erhöhung um mehr als 3 dB als „wesentliche Änderung“ eingestuft.

Eine Summierung und zusammenfassende Beurteilung von primärem und sekundärem Luftschall ist gemäß DB AG-Leitfaden [12] und in der Rechtsprechung nicht vorgesehen.

Der Schienenbonus von - 5 dB wird gemäß dem 11. Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes seit dem 1. Januar 2015 für Schienenbahnen grundsätzlich nicht mehr angewendet, dies gilt auch bei der Prognose des sekundären Luftschallpegels.

Die Berechnung des sekundären Luftschallpegels  $L_{\text{sek}}$  wird wie folgt vorgenommen:

- Erschütterungs-Immissionsspektrum (Mitte der Geschosdecke)  
 $L_v$  in dB re.  $5 \cdot 10^{-5}$  mm/s in den Terzbändern 4 - 315 Hz  
als mittlerer Maximalpegel je Zuggattung
- A-Bewertung des  $L_v$ -Terzspektrums und Aufsummierung der Terzwerte 20...315 Hz
- Berechnung des sekundären Luftschallpegels  $L_{\text{sek}}$  aus  $L_{vA}$  nach der Gleichung  
 $L_{\text{sek}} = a \cdot L_{vA} + b$   
mit folgenden Koeffizienten ([15]):

	<b>a</b>	<b>b</b>
Holzbalkendecke, Fernbahn	0,57	16,0
Betondecke, Fernbahn	0,54	18,1
Holzbalkendecke, S-Bahn	0,37	23,8
Betondecke, S-Bahn	0,67	13,4

- Berechnung des Beurteilungspegels  $L_{r,\text{sek}}$  unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts

## 4. Ausgangsdaten Erschütterungsprognose

Zur Untersuchung der erschütterungstechnischen Auswirkung des Bauvorhabens erfolgt für immissionskritische Gebäude in der Nähe des Schienenweges eine Prognose der Erschütterungen.

Grundlage dafür bilden die im Rahmen von Beweissicherungsmessungen an Strecken mit vergleichbaren Zuggattungen gewonnenen Emissionsspektren des Schienenverkehrs sowie die dabei ermittelten Ausbreitungsdämpfungen.

Die sich zwischen „Prognose-Nullfall“ und „Prognose-Planfall“ ergebenden Parameteränderungen (z. B. Abstands- und Geschwindigkeitsänderungen, Änderung der Zugzahlen) werden rechnerisch berücksichtigt.

Vom Auftraggeber wurden folgende Unterlagen bzw. Informationen übergeben, die Grundlage der Berechnungen sind:

- Vorhabensbeschreibung
- Verkehrsbelegung und Fahrgeschwindigkeiten
- Trassierungsentwurf einschließlich angrenzender Bebauung

Nachfolgend werden die Ausgangsdaten für die Erschütterungsprognose beschrieben.

### 4.1. Emissionsdaten des Eisenbahnverkehrs

Als Emissionsdaten stehen aus eigenen Messungen an vergleichbaren Streckenabschnitten bzw. aus von Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen folgende Terzspektren zur Verfügung:

- ICE mit ca. 120 km/h,
- Güterzüge mit ca. 100 km/h,
- Nahverkehr RE/RB mit ca. 120 km/h
- S-Bahn mit ca. 90 km/h

Für die Erschütterungsprognose erfolgt eine Umrechnung gemäß [18] von der bei den jeweiligen Emissionsmessungen gefahrenen Geschwindigkeit auf die Plan-Geschwindigkeit und eine Umrechnung des Abstandes zum Gebäude vom Ist-Zustand auf den Plan-Zustand am Messobjekt.

## 4.2. Verkehrsbelegung

Das vom Auftraggeber für die Bahnstrecke Berlin-Karow - Bernau angegebene Verkehrsmengengerüst zum Prognosezeitpunkt 2025 ist in nachfolgender Tabelle zusammenfassend enthalten:

Zug-Kategorie	Anzahl Züge		Geschwindigkeit (max.)
	tags	nachts	
<b>Strecke 6002 (S-Bahn)</b>			
S2 Stamm	96	40	90 km/h
S2 Verstärker	96	0	90 km/h
<b>Strecke 6081 (F-Bahn)</b>			
	HR / RR	HR / RR	120 km/h
SPFV B-B	6 / 7	2 / 1	120 km/h
SPFV S-G	7 / 7	1 / 1	120 km/h
SPNV L3	20 / 20	3 / 3	120 km/h
SPNV L24	16 / 16	3 / 3	120 km/h
SGV 1	1 / 27	1 / 4	90 km/h
SGV 2	25 / 1	8 / 1	100 km/h
SGV 3	2 / 2	2 / 2	100 km/h
SGV 4	2 / 2	1 / 2	120 km/h

Tabelle 4 Verkehrsmengengerüst Prognose 2025 (HR - Hinrichtung, RR - Rückrichtung)

Bei Ausbaustrecken werden dabei für die Prognose „Nullfall - ohne Baumaßnahme“ Verkehrszahlen und Geschwindigkeiten zugrundegelegt, die ohne zustandsbedingte Einschränkungen möglich wären.

Für die Prognose „Plan-Zustand mit Ausbau“ werden die von der Baumaßnahme verursachten Änderungen der Gleislage, der Fahrgeschwindigkeit und/oder des Fahrzeugtyps einbezogen.

Die in Tabelle 4 angegebenen Verkehrsdaten stimmen mit der Schallimmissionsprognose (16. BImSchV) [20] überein.

Für die Erschütterungsprognose werden die obigen Verkehrsdaten zu folgenden Kategorien zusammengefasst:

Zug-Kategorie	Anzahl Züge		Geschwindigkeit (max.)
	tags	nachts	
<b>Strecke 6002 (S-Bahn)</b>			
S-Bahn	192	40	90 km/h
<b>Strecke 6081 (F-Bahn)</b>			
	HR / RR	HR / RR	
SPFV	13 / 14	3 / 2	120 km/h
SPNV	36 / 36	6 / 6	120 km/h
SGV 100	28 / 30	11 / 7	100 km/h
SGV 120	2 / 2	1 / 2	120 km/h

Tabelle 5 Verkehrsmengengerüst Erschütterungsprognose (HR - Hinrichtung, RR - Rückrichtung)

### 4.3. Vorhabensbedingte Änderungen

Im Rahmen des Ersatzneubaus der Brücke wird das bahnlinke Streckengleis der F-Bahn (Strecke 6081, RR) im Bereich der EÜ ca. 1,0 m in nordwestliche Richtung und das bahnrechte Streckengleis der F-Bahn (Strecke 6081, HR) ca. 100 m nach der EÜ um ca. 0,3 m in südöstliche Richtung verschoben.

An den Gleisen der S-Bahn (Strecke 6002) erfolgen nur minimale Änderungen im einstelligen cm-Bereich, die unberücksichtigt bleiben können. Die Gleishöhenlage wird beibehalten.

Die maximalen Streckengeschwindigkeiten von 90 km/h für die S-Bahn (Strecke 6002) und 120 km/h für die Fernbahn (Strecke 6081) bleiben erhalten und werden nicht angehoben.

Da sowohl bahnlinks als auch bahnrechts der beiden Streckengleise Verschiebungen in Richtung der Wohnbebauung erfolgen, werden für bahnlinks und bahnrechts getrennte Berechnungen durchgeführt.

Bezüglich des immissionskritischsten Gebäudes ergeben sich bahnlinks gleisweise folgende Änderungen durch das Bauvorhaben:

Gebäude	Gleis	Abstand Gleis - Gebäude		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Viereckweg 2	S-Bahn 6002	32,8 m	32,8 m	keine
	F-Bahn 6081 bl. (RR)	<b>40,8 m</b>	<b>39,8 m</b>	Heranrücken Gleis um 1,0 m
	F-Bahn 6081 br. (HR)	45,2 m	45,2 m	keine

Tabelle 6 Vorhabensbedingte Änderungen (bahnlinks)

Bezüglich des immissionskritischsten Gebäudes ergeben sich rechts folgende Änderungen:

Gebäude	Gleis	Abstand Gleis - Gebäude		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Röntgentaler Weg 12	S-Bahn 6002	34,3 m	34,3 m	keine
	F-Bahn 6081 bl. (RR)	26,4 m	26,4 m	keine
	F-Bahn 6081 br. (HR)	<b>22,1 m</b>	<b>21,8 m</b>	Heranrücken Gleis um 0,3 m

Tabelle 7 Vorhabensbedingte Änderungen (bahnrechts)

Die Abstandsverhältnisse sind in den Lageplänen der Erschütterungsprognose Anlage 3 bzw. Anlage 4 dargestellt.

Für die Erschütterungsprognose wird jeweils davon ausgegangen, dass das gesamte (in Tabelle 6 bzw. Tabelle 7 als veränderlich benannte) Gleis durchgängig um den jeweiligen Betrag verschoben wird. Die jeweils anderen Gleise bleiben unverändert.

#### 4.4. Prognoseverfahren

Für die Erschütterungsprognose wird der Zugverkehr entsprechend der angegebenen Verkehrsdaten auf die jeweiligen Gleise gelegt. Gleisweise erfolgen dann die Berechnungen für Prognose-Nullfall und Planfall:

- Terzspektren des mittleren Maximalpegels der Schwinggeschwindigkeit  $L_{v,8m}$  am Emissionsmesspunkt (8m-Punkt)
- Terzpegel-Differenzen des Ausbreitungsweges zu Fundament und Geschossdecken des untersuchten Gebäudes ( $\Delta L_{vB,G}$  aus Bodendämpfung)
- Terzband-Korrekturwerte  $\Delta L_{v,d}$  für vorhabensbedingte Abstandsänderung (aus den Messungen der Boden-Ausbreitungseigenschaften)
- Terzband-Korrekturwerte  $\Delta L_{v,v}$  für geplante Geschwindigkeitsänderung (rechnerisch nach [18])
- Prognose-Terzspektren  $L_{v,Prog}$  des mittleren Maximalpegels der Schwinggeschwindigkeit im untersuchten Gebäude, jeweils für den Zustand ohne und mit Baumaßnahme (Nullfall/Planfall):  $L_{v,Prog} = L_{v,8m} + \Delta L_{vB,G} + \Delta L_{v,v}$

Berechnung der bewerteten Schwingstärke  $KB_{FTm(Prog)}$

- bei Überschreitung der Anhaltswerte  $A_u$  nach DIN 4150-2:  
Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts;

Prüfung auf Erhöhung der Schwingstärke durch das Bauvorhaben

- Prognose des sekundären Luftschallpegels

#### **4.5. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz**

Werden für einzelne Gebäude Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungseinwirkung erforderlich, so ist für jeden Einzelfall zu prüfen, ob eine ausreichende Wirkung zu erwarten ist und ob die Aufwendungen in einem angemessenen Verhältnis zum Schutzzweck stehen.

Dazu gehören:

- Elastische Lagerung des Oberbaus (Unterschottermatten, Masse-Feder-Systeme)
- Elastische Lagerung der Schienen
- Elastische Ummantelung der Schwellen
- Elastische Lagerung des Gebäudes
- Veränderung der Gebäudedecken-Resonanzfrequenz

#### **4.6. Qualität der Prognose**

Einige Parameter der Erschütterungs-Prognoserechnung sind in der Planungsphase mit Unsicherheiten behaftet. Insbesondere betrifft dies den Ausbreitungsweg (Oberbau, Ankopplung des Oberbaus an den Untergrund, Ausbreitungsverhältnisse auf dem Weg zum Immissionsort). Die Prognoseergebnisse stellen daher eine Abschätzung dar.

Die messtechnisch bedingte Unsicherheit bei der Ermittlung von KB-Schwingungswerten kann gemäß DIN 4150-2, 5.4 bis zu 15% betragen.

Im Sinne der betroffenen Anlieger liefert die hier angewendete Annahme der durchgängigen Gleisverschiebung und des Ansatzes der jeweils „vollen“ Zuggeschwindigkeit aller Züge Ergebnisse auf der sicheren Seite.

Nicht berücksichtigt wird die tendenziell erschütterungsmindernde Wirkung eines neu errichteten Oberbaus im Vergleich zum Bestand bei gleichem Bautyp.

## 5. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung

Mit dem dargestellten Prognoseverfahren wurden die Erschütterungswerte sowohl für das bahnlinke Wohngebäude Viereckweg 2 als auch das bahnrechte Wohngebäude Röntgentaler Weg 12 berechnet (siehe Anlage 3 bzw. Anlage 4).

Das trotz geringerer Gleisverschiebung aufgrund größerer Gleisnähe immissionskritischere Gebäude ist der Röntgentaler Weg 12. Für dieses Wohngebäude ergeben sich folgende absolute Erschütterungswerte und Veränderungen:

Prognoseergebnisse		Zusammenfassung		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)			Massivdecke	W				
Röntgentaler Weg 12	Bewertete Schwingstärke KB						Sekundärer Luftschall					
	Prognose "Null"			Prognose Plan			Prognose "Null"			Prognose Plan		
13125 Berlin	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek</sub> Tag	L <sub>sek</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek</sub> Tag	L <sub>sek</sub> Nacht
Strecke 6002	0,07	0,023	0,015	0,07	0,023	0,015	34,7	24,7	20,9	34,7	24,7	20,9
Strecke 6081 RR	0,14	0,019	0,013	0,14	0,019	0,013	37,3	21,8	18,3	37,3	21,8	18,3
Strecke 6081 HR	0,19	0,025	0,020	0,19	0,025	0,020	38,8	23,1	20,7	38,9	23,2	20,8
Summe/Maximum:	0,19	0,038	0,028	0,19	0,039	0,028	38,8	28,1	24,9	38,9	28,2	24,9
Überschreitung der Anhaltswerte A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab. 1							Gebiet: W tags / nachts: <b>nein / nein</b>					
Erhöhung durch das Vorhaben:							Δ(KB) <sub>Tag/Nacht</sub> = <b>1,7%</b> <b>2,3%</b> ΔL <sub>sek,r</sub> = <b>0,0 dB</b> <b>0,0 dB</b>					
Maximale Schwinggeschwindigkeit v							am Fundament			auf der Geschosdecke		
Prognose Plan							v <sub>max</sub> = 0,12 mm/s			v <sub>max</sub> = 0,29 mm/s		
Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3							<b>nein</b>			<b>nein</b>		

Die für das Wohngebäude berechnete max. bewertete Schwingstärke von KB<sub>Fmax</sub> = 0,19 überschreitet sowohl im Nullfall als auch im Planfall die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Allgemeine Wohngebiete von A<sub>u</sub> = 0,15 tags und A<sub>u</sub> = 0,1 nachts. Die oberen Anhaltswerte von A<sub>o</sub> = 3,0 tags und A<sub>o</sub> = 0,6 nachts werden jeweils eingehalten.

Die für Nullfall und Planfall ermittelten Beurteilungsschwingstärken von KB<sub>FTr</sub> ≈ 0,04 tags und KB<sub>FTr</sub> ≈ 0,03 nachts überschreiten jeweils nicht die Anhaltswerte der Norm von A<sub>r</sub> = 0,07 tags und A<sub>r</sub> = 0,05 nachts ein.

Die vorhabensbedingte Erhöhung der Erschütterungen von ca. 2 % (berechnet mit ungerundeten KB-Werten) liegt deutlich unter dem zulässigen Wert von 25 %.

Die prognostizierten sekundären Luftschallpegel von  $L_{\text{sek}} \approx 28$  dB(A) tags und  $L_{\text{sek}} \approx 25$  dB(A) nachts unterschreiten sowohl im Nullfall als auch im Planfall die zulässigen Werte für Wohn- und Schlafräume gemäß 24. BImSchV von 40 dB(A) tags und 30 dB(A) nachts.

Eine vorhabensbedingte Erhöhung des sekundären Luftschalls ist nicht vorhanden.

Die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von  $v_{\text{max}} = 0,12$  mm/s bzw.  $v_{\text{max}} = 0,29$  mm/s unterschreiten die zulässigen Anhaltswerte der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude von  $v_{\text{max}} = 5$  mm/s bzw.  $v_{\text{max}} = 15$  mm/s.

Aufgrund der deutlichen Unterschreitung der Erschütterungsanhaltswerte können Gebäudeschäden durch den Bahnbetrieb ausgeschlossen werden.

Die Prognoserechnungen für den Nullfall sind für alle 3 Gleise in der Anlage Anlage 4.1 dargestellt. Anlage 4.2 enthält ausschließlich das von der Baumaßnahme (Planfall) betroffene Gleis, da die Werte für die anderen Gleise aus dem Nullfall übernommen werden können.

In Anlage 4.3 erfolgt die Überlagerung aller 3 Gleise zur Gesamteinwirkung.

Die Berechnungen erfolgten aus der Ortsbesichtigung unter der Annahme, dass im Gebäude Betondecken vorhanden sind. Für Holzbalkendecken würden sich etwas höhere Erschütterungswerte und etwas niedrigere Luftschallpegel ergeben. Die grundsätzlichen Aussagen würden beibehalten.

Die Ergebnisse für das bahnlinke Wohngebäude Viereckweg sind in Anlage 3 identisch zum Gebäude Röntgentaler Weg 12 aufbereitet.

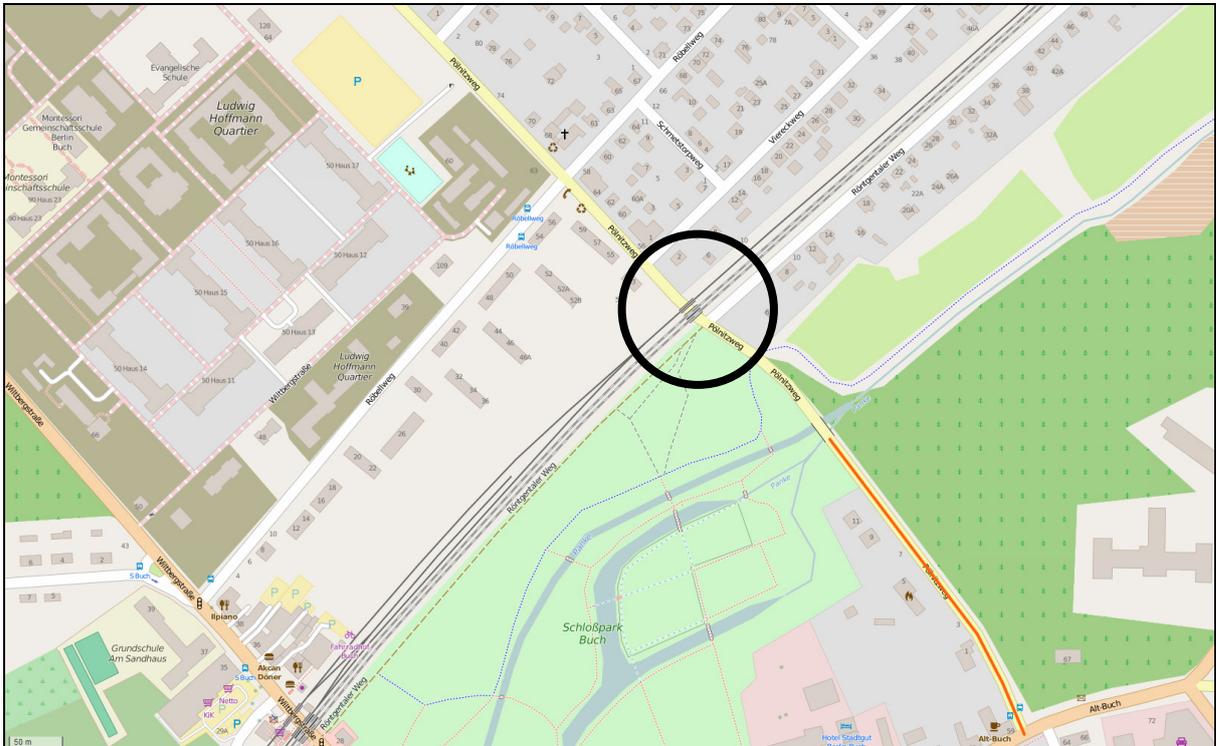
## 6. Normen und Literatur

- [1] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990; BGBl Teil I, Jg. 1990, zuletzt geändert am 18.12.2014 BGBl Jg. 2014 Teil I Nr. 61
- [2] Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Art. 1 des G v. 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943)
- [3] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO); BGBl. I, S. 133 vom 26.01.1990, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993
- [4] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997
- [5] Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebebahnen, Teil VI Schutz vor Schallimmissionen aus Schienenverkehr; Eisenbahn-Bundesamt Berlin; Dezember 2012
- [6] Elfte Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 2. Juli 2013, BGBl. Jg. 2013 Teil I, Nr. 34, S. 1943
- [7] DIN 4150; Teil 2; Juni 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [8] DIN 4150; Teil 3; Februar 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [9] DIN 45672-1; Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenwegen; Teil 1: Messverfahren; Dezember 2009
- [10] DIN 45669-2; Messung von Schwingungsimmissionen, T. 2: Messverfahren, Juni 2005
- [11] VDI 3837; Erschütterung in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen, Januar 2013
- [12] Körperschall- und Erschütterungsschutz; Leitfaden für den Planer; Deutsche Bahn AG DB Systemtechnik, TZF 12; München 1996 (berichtigt Februar 1999)
- [13] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes Az. BVerwG 7A14.09 vom 21.12.2010
- [14] VDI 2057 Blatt 3; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung; Ausgabe Mai 1987
- [15] Grütz, Said, Garburg: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr; Zeitschrift für Lärmbekämpfung 2006/53 Nr.1, S. 12ff.
- [16] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes - Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmen - 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997; BGBl. Teil I, Jg. 1997 S. 172, letzte Änderung 23.09.1997

- [17] Keil, Koch, Garburg: Schutz vor Lärm und Erschütterungen, in: Handbuch Eisenbahninfrastruktur, S. 785ff., Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2007
- [18] Krüger, F. u.a.: Schall- u. Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, expert-Verlag, Renningen, 2001; S. 451
- [19] Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg, Schlussbericht, DB Netz AG, Frankfurt/M., 15.06.2012
- [20] Schalltechnische Untersuchung Schienenlärm, Ersatzneubau EÜ Pölnitzweg, Strecke 6002/6081 in Berlin, cdf Schallschutz, 27.05.2015

## **7. Anlagen**

## Anlage 1 Übersichtslageplan

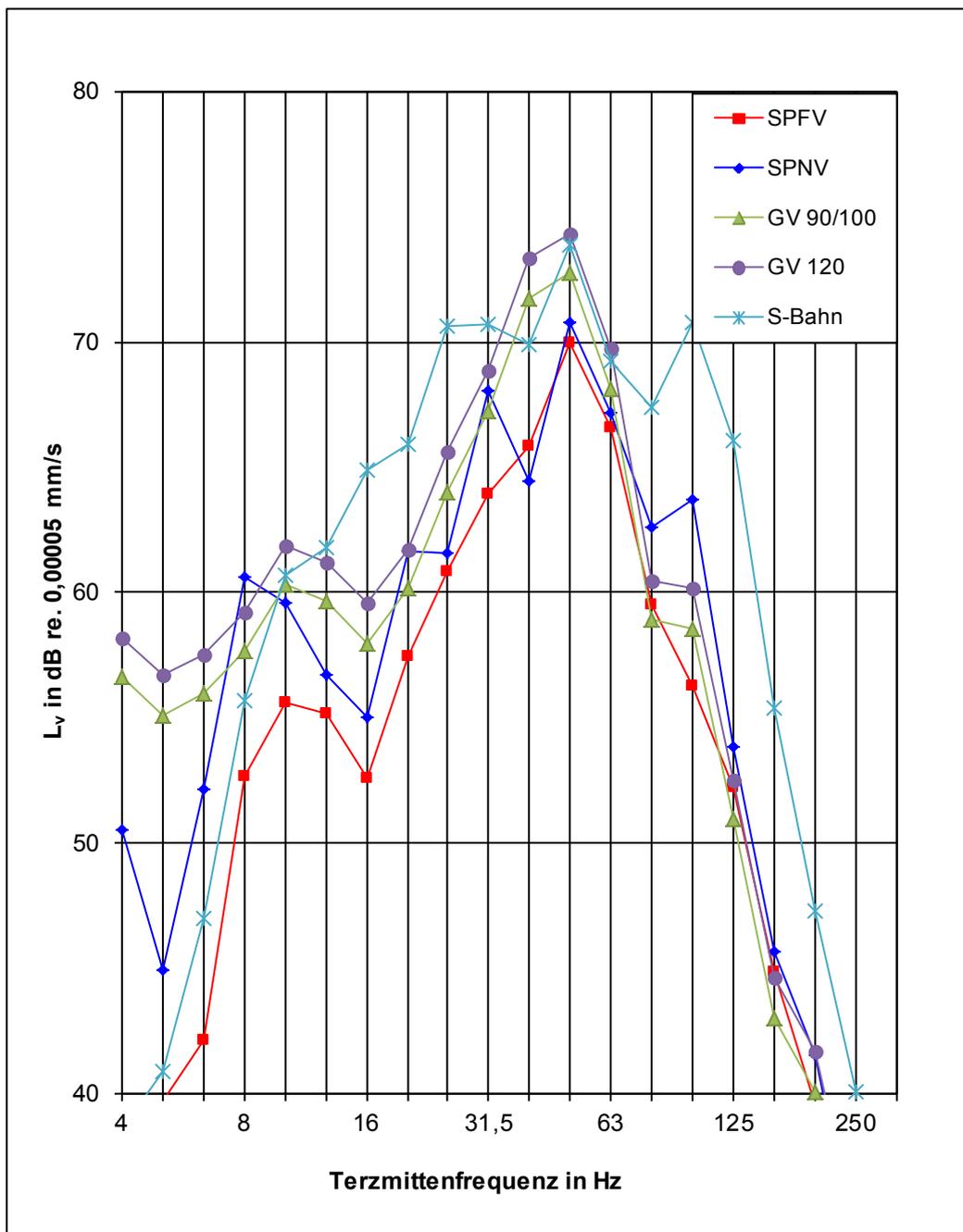


Bildquelle: OpenStreetMap

## **Anlage 2 Emissionsdaten Eisenbahn**

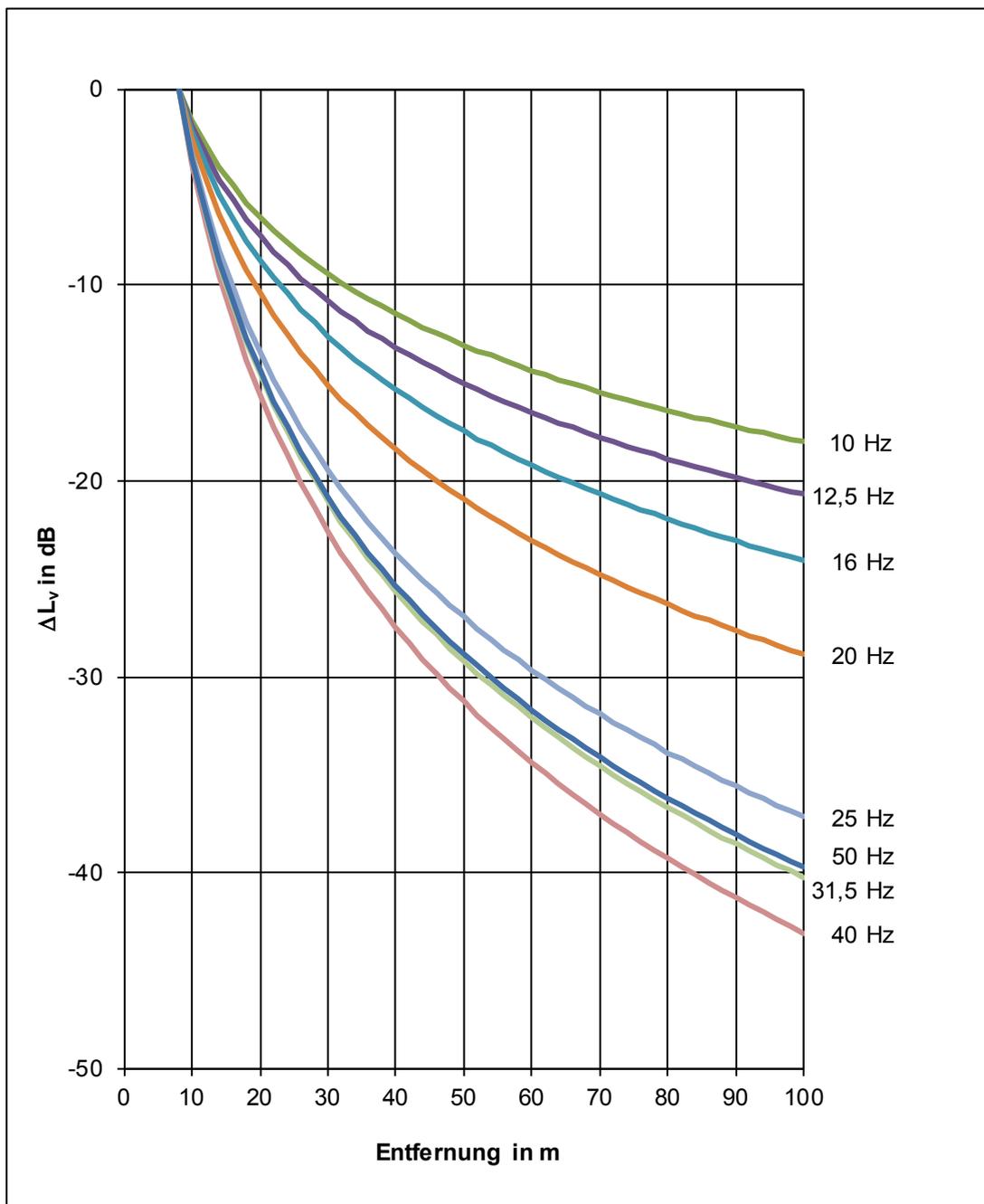
### Anlage 2.1 Emissionsspektren Eisenbahnverkehr

Zuggattung	v in km/h	s in m	Messung/Quelle
SPFV	120	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012
SPNV	120	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012
GV 90/100	100	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012
GV 120	120	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012
S-Bahn	90	8	FRITZ GmbH, Bericht 14197-VVE-1, 2014



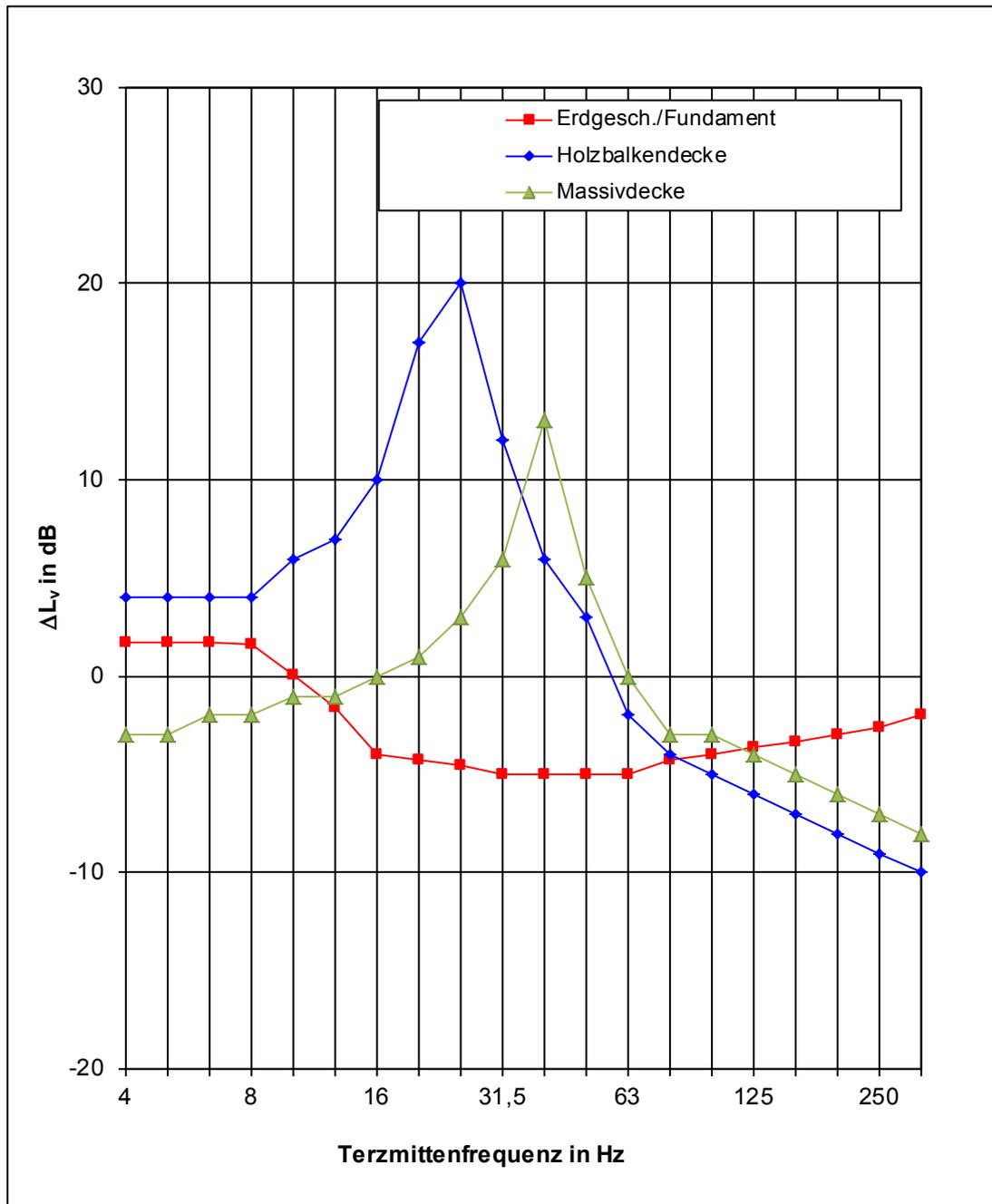
## Anlage 2.2 Ausbreitungsdämpfung Erdboden

Messung/Quelle	
Ort:	Merseburg
Strecke:	Strecke 6340, km 9,67 (Erdboden) - Eisenbahnstr. 14
Datum:	11/2013



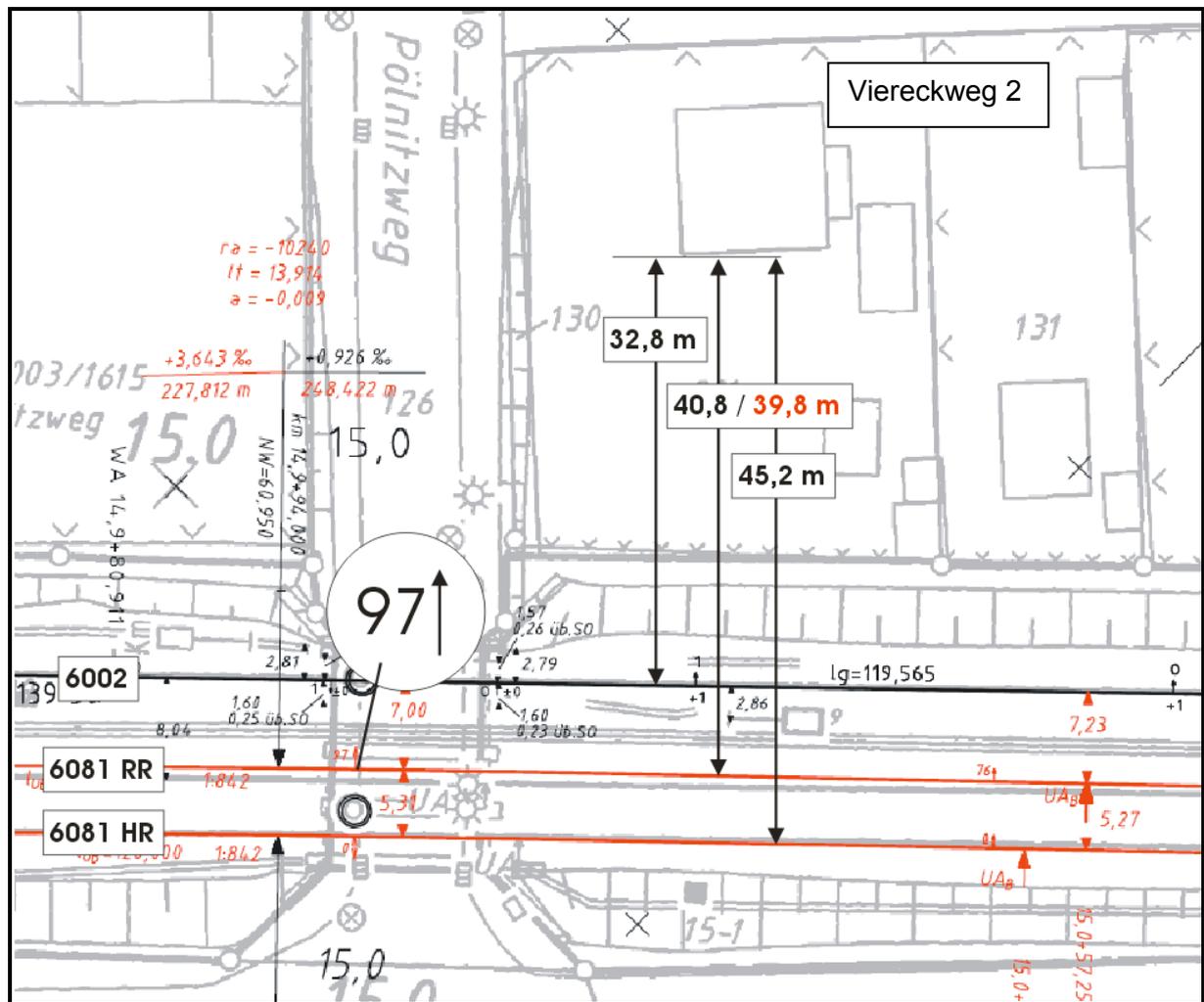
### Anlage 2.3 Gebäudeübertragungsfunktion

<b>Quelle</b>
DB-Leitfaden 1999 + Grütz/Said ZfL 2006



### Anlage 3 Erschütterungsprognose Viereckweg 2

Gebäude	Gleis	Abstand		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Viereckweg 2	S-Bahn 6002	32,8 m	32,8 m	keine
	F-Bahn 6081 bl. (RR)	<b>40,8 m</b>	<b>39,8 m</b>	Heranrücken Gleis um 1,0 m
	F-Bahn 6081 br. (HR)	45,2 m	45,2 m	keine



## **Anlage 3.1 Erschütterung Viereckweg 2 - Nullfall**

**Bahngleis Strecke 6002**

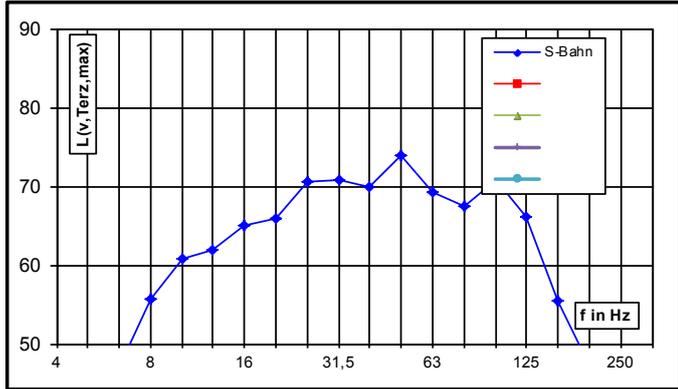
**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

<b>Viereckweg 2, 13125 Berlin</b>		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6002	Nullfall	
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>		
		M = Mischgebiet / Außenb.	tags	nachts	
		G = Gewerbegebiet	unterer Anhaltswert $A_u$	0,150	0,100
		I = Industriegebiet	oberer Anhaltswert $A_o$	3,000	0,600
	K = besondere Gebiete	Anhaltswert $A_f$	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

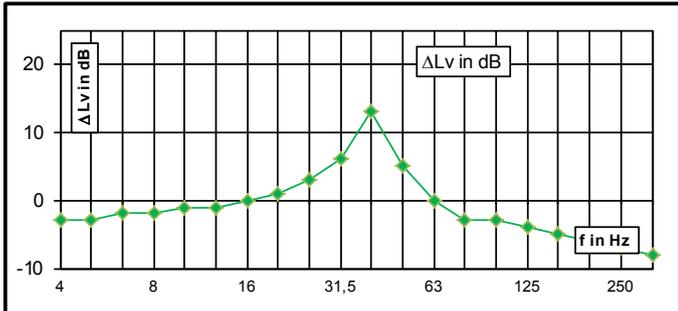
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
S-Bahn	90	192	40



**Übertragungsweg**

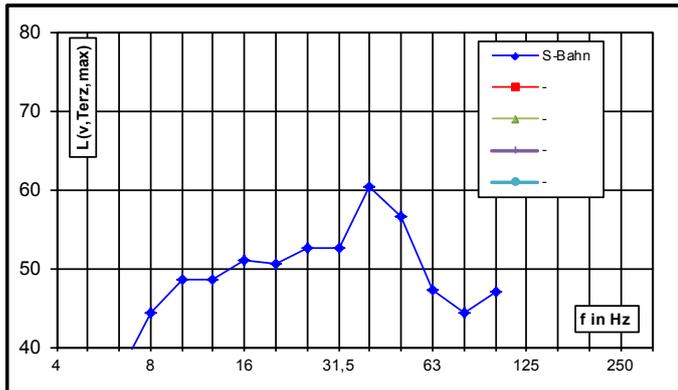
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	32,8 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
S-Bahn	0,08	0,02	0,02
gesamt	0,08	0,02	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
35,2	25,2	21,4

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_f$	$KB_{FTr} > A_f$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,04 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,08 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3	
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s nein

**Bahngleis Strecke 6081 (Rückrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

**Viereckweg 2, 13125 Berlin**      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Strecke 6081 RR Nullfall

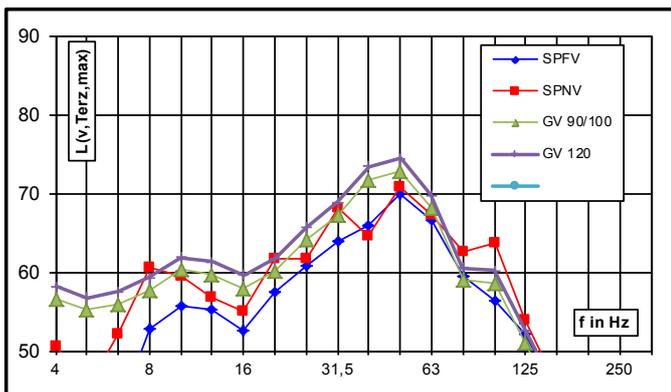
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2			tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$			0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$			3,000	0,600
Anhaltswert $A_f$			<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

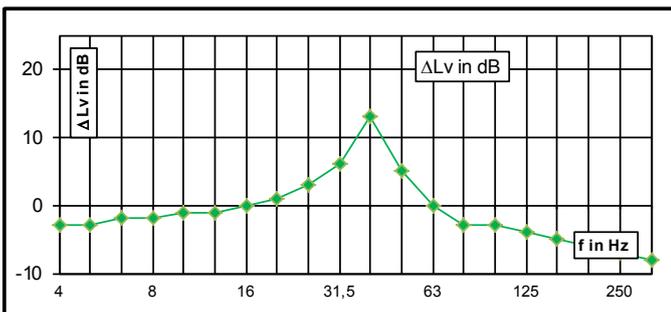
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	14	2
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	30	7
GV 120	120	2	2



**Übertragungsweg**

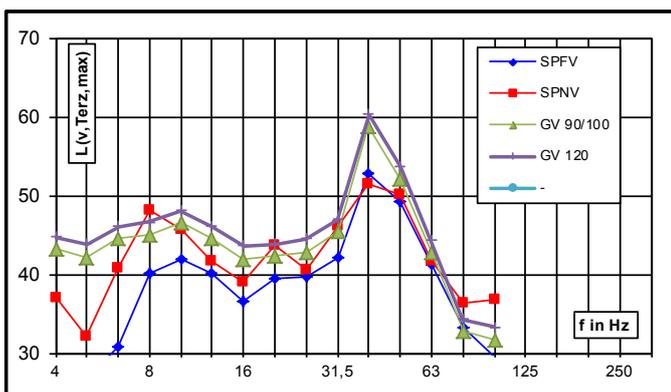
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	40,8 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,03	0,00	0,00
SPNV	0,03	0,00	0,00
GV 90/100	0,05	0,01	0,00
GV 120	0,07	0,00	0,00
gesamt	0,07	0,01	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
33,6	18,1	14,6

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_f$	$KB_{FTr} > A_f$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,07 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,10 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

**Bahngleis Strecke 6081 (Hinrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

**Viereckweg 2, 13125 Berlin**      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Strecke 6081 HR Nullfall

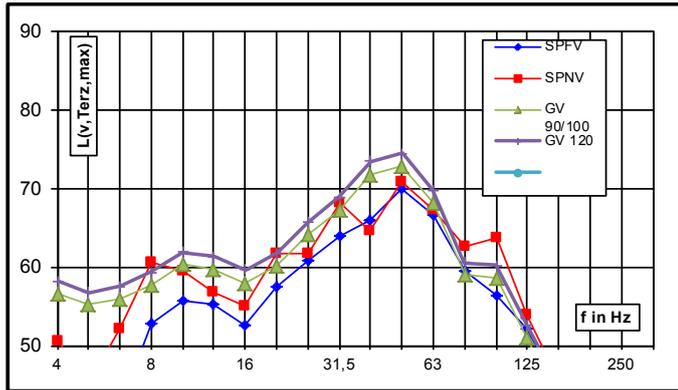
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2			tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$			0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$			3,000	0,600
Anhaltswert $A_r$			<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

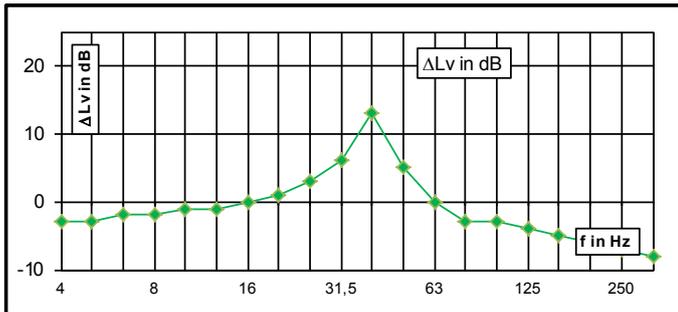
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	13	3
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	28	11
GV 120	120	2	1



**Übertragungsweg**

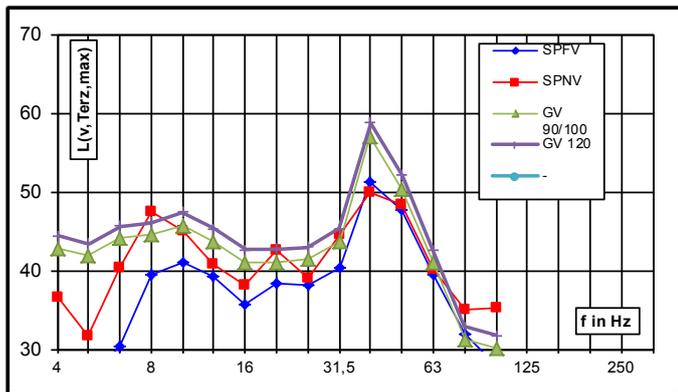
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	45,2 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,03	0,00	0,00
SPNV	0,03	0,00	0,00
GV 90/100	0,05	0,01	0,00
GV 120	0,06	0,00	0,00
gesamt	0,06	0,01	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
32,7	17,1	14,7

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,07 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,09 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

## **Anlage 3.2 Erschütterung Viereckweg 2 - Planfall**

**Bahngleis Strecke 6081 (Rückrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

<b>Viereckweg 2, 13125 Berlin</b>	Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6081 RR Planfall
-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------

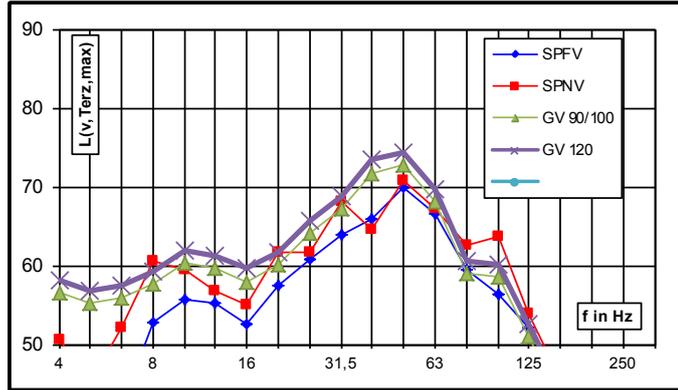
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$	3,000	0,600
Anhaltswert $A_r$	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

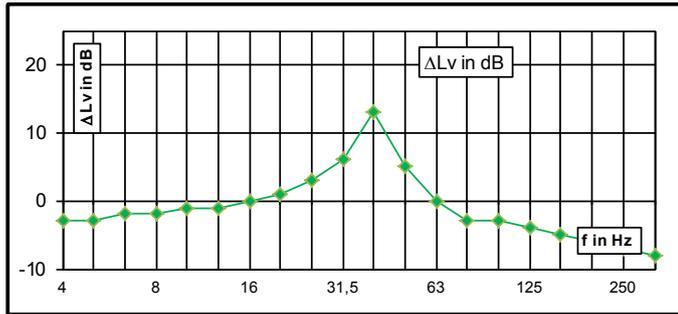
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	14	2
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	30	7
GV 120	120	2	2



**Übertragungsweg**

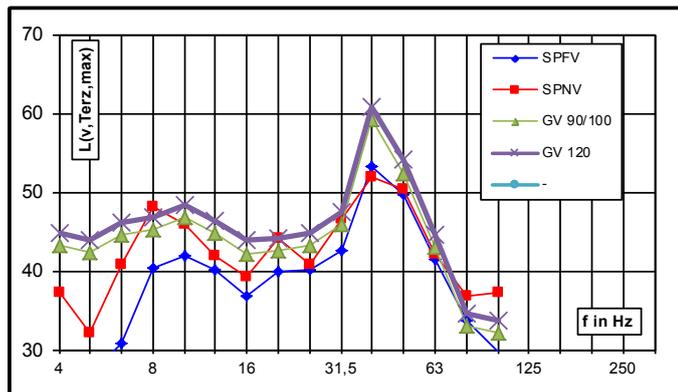
$\Delta L_v = L_v(I0) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	39,8 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,03	0,00	0,00
SPNV	0,04	0,00	0,00
GV 90/100	0,06	0,01	0,00
GV 120	0,07	0,00	0,00
gesamt	0,07	0,01	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
33,8	18,3	14,8

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,08 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,11 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

**Bahngleis Strecke 6081 (Hinrichtung)**

### Anlage 3.3 Erschütterung Viereckweg 2 - Zusammenfassung

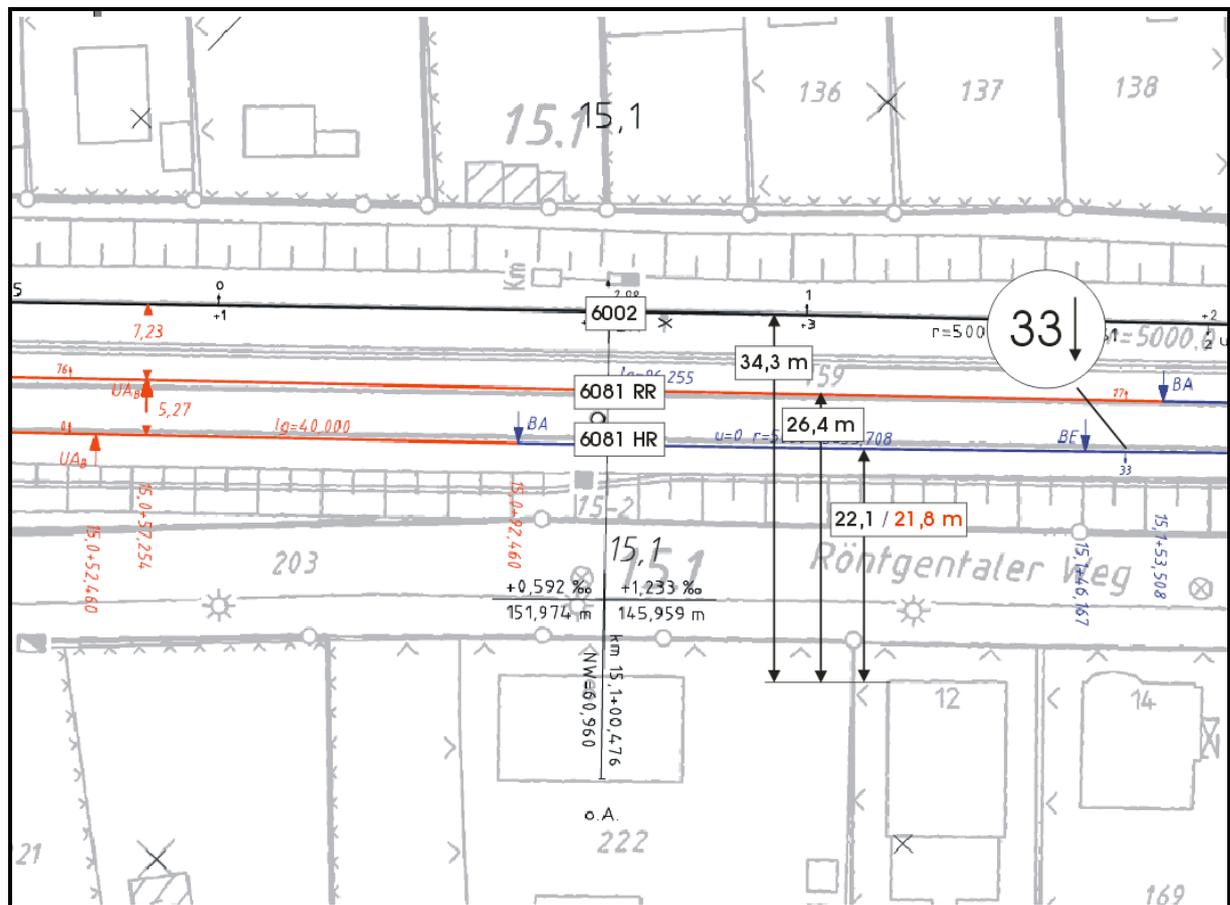
Prognoseergebnisse Zusammenfassung

Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Massivdecke	W
--------------------------------------	-------------	---

Viereckweg 2	Bewertete Schwingstärke KB						Sekundärer Luftschall						in dB(A)		
	Prognose "Null"			Prognose Plan			Prognose "Null"			Prognose Plan					
13125 Berlin	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek,m</sub> Tag	L <sub>sek,m</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek,m</sub> Tag	L <sub>sek,m</sub> Nacht			
Strecke 6002	0,08	0,025	0,016	0,08	0,025	0,016	35,2	25,2	21,4	35,2	25,2	21,4			
Strecke 6081 RR	0,07	0,009	0,006	0,07	0,009	0,007	33,6	18,1	14,6	33,8	18,3	14,8			
Strecke 6081 HR	0,06	0,007	0,006	0,06	0,007	0,006	32,7	17,1	14,7	32,7	17,1	14,7			
Summe/Maximum:	0,08	0,027	0,018	0,08	0,027	0,018	35,2	26,5	22,9	35,2	26,5	22,9			
Überschreitung der Anhaltswerte A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab. 1							Gebiet: W tags / nachts: <b>nein / nein</b>								
Erhöhung durch das Vorhaben:							Δ(KB) <sub>Tag/Nacht</sub> = <b>0,5%</b> <b>0,6%</b> ΔL <sub>sek,r</sub> = <b>0,0 dB</b> <b>0,0 dB</b>								
Maximale Schwinggeschwindigkeit v							am Fundament			auf der Geschosdecke					
Prognose Plan							v <sub>max</sub> = 0,08 mm/s			v <sub>max</sub> = 0,11 mm/s					
Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3							<b>nein</b>			<b>nein</b>					

### Anlage 4 Erschütterungsprognose Röntgentaler Weg 12

Gebäude	Gleis	Abstand		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Röntgentaler Weg 12	S-Bahn 6002	34,3 m	34,3 m	keine
	F-Bahn 6081 bl. (RR)	26,4 m	26,4 m	keine
	F-Bahn 6081 br. (HR)	<b>22,1 m</b>	<b>21,8 m</b>	Heranrücken Gleis um 0,3 m



## **Anlage 4.1 Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Nullfall**

**Bahngleis Strecke 6002**

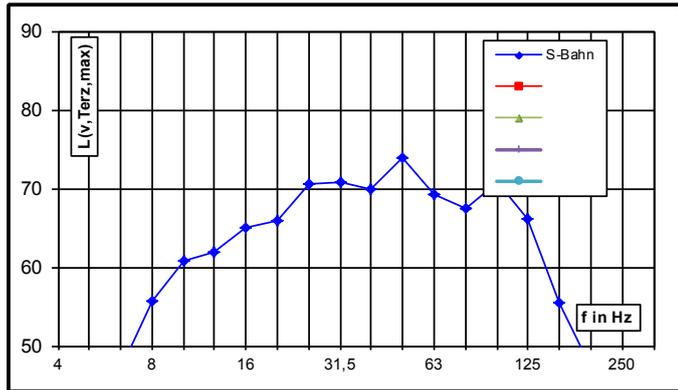
**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

<b>Röntgentaler Weg 12, 13125 Berlin</b>		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6002	Nullfall
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	
		M = Mischgebiet / Außenb.	tags	nachts
		G = Gewerbegebiet	unterer Anhaltswert $A_u$	0,150    0,100
		I = Industriegebiet	oberer Anhaltswert $A_o$	3,000    0,600
	K = besondere Gebiete	Anhaltswert $A_r$	<b>0,07</b> <b>0,05</b>	

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

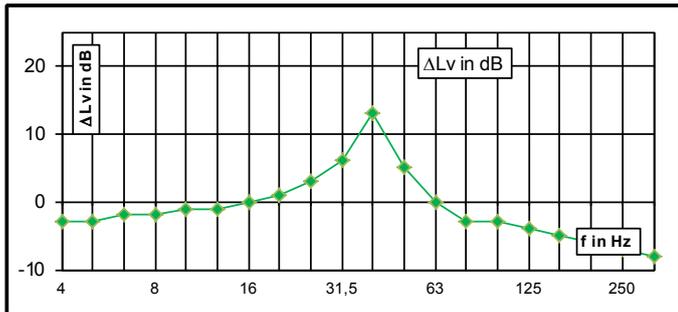
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
S-Bahn	90	192	40



**Übertragungsweg**

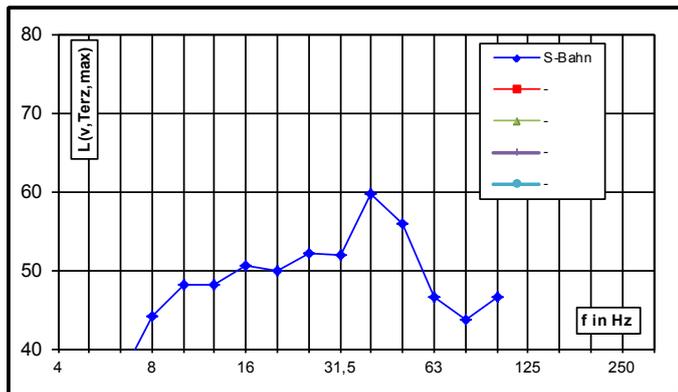
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	34,3 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>
	Tag	Nacht	Nacht
S-Bahn	0,07	0,02	0,01
gesamt	0,07	0,02	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>
	Tag	Nacht
34,7	24,7	20,9

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>
> A <sub>u</sub>	> A <sub>u</sub>	> A <sub>o</sub>	> A <sub>o</sub>	> A <sub>r</sub>	> A <sub>r</sub>
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	v <sub>max</sub> =	0,04 mm/s
auf der Geschossdecke	v <sub>max</sub> =	0,07 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

**Bahngleis Strecke 6081 (Rückrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

<b>Röntgentaler Weg 12, 13125 Berlin</b>	Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6081 RR Nullfall
--	--------------------------------------	--------------------------

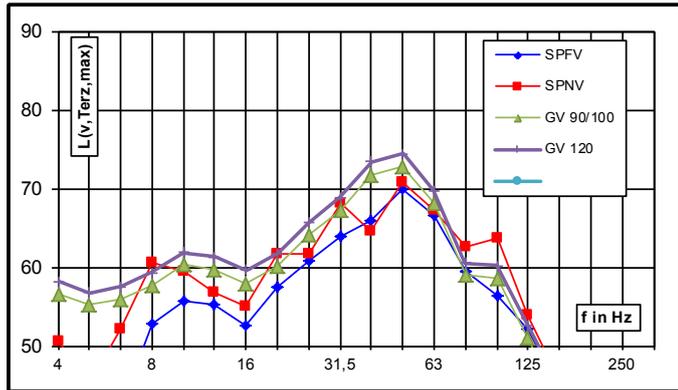
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$	3,000	0,600
Anhaltswert $A_r$	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

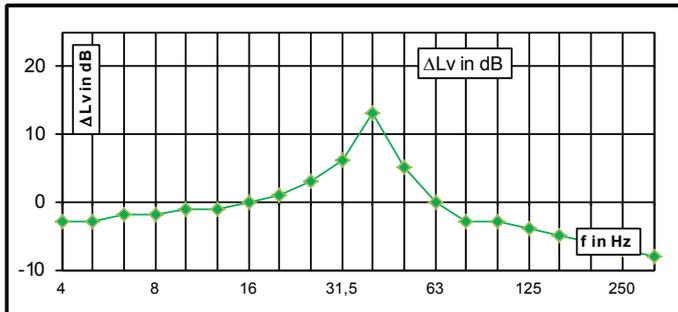
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	14	2
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	30	7
GV 120	120	2	2



**Übertragungsweg**

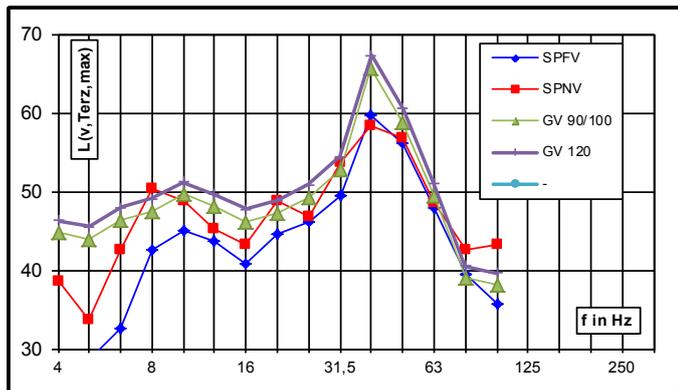
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	26,4 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,06	0,01	0,00
SPNV	0,07	0,01	0,01
GV 90/100	0,11	0,01	0,01
GV 120	0,14	0,00	0,01
gesamt	0,14	0,02	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
37,3	21,8	18,3

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,10 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,21 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

**Bahngleis Strecke 6081 (Hinrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

**Röntgentaler Weg 12, 13125 Berlin**      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Strecke 6081 HR Nullfall

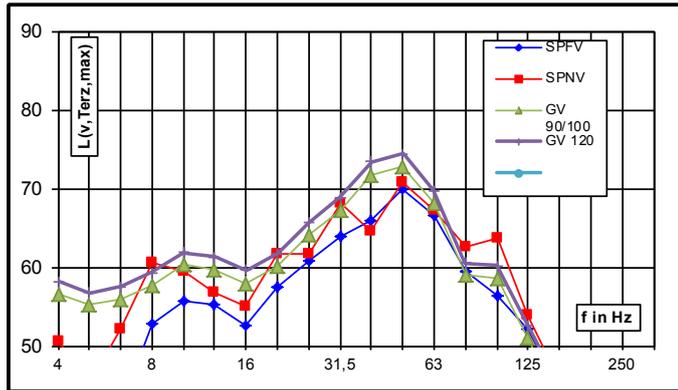
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$	3,000	0,600
Anhaltswert $A_r$	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

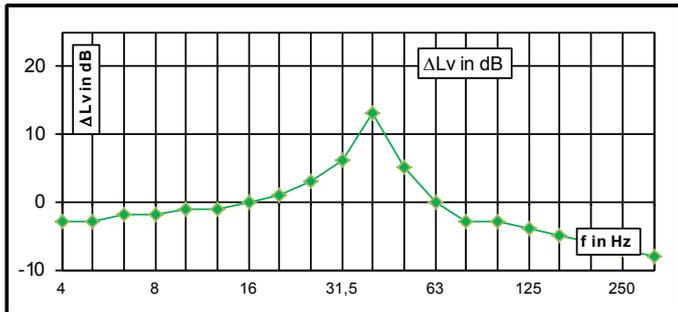
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	13	3
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	28	11
GV 120	120	2	1



**Übertragungsweg**

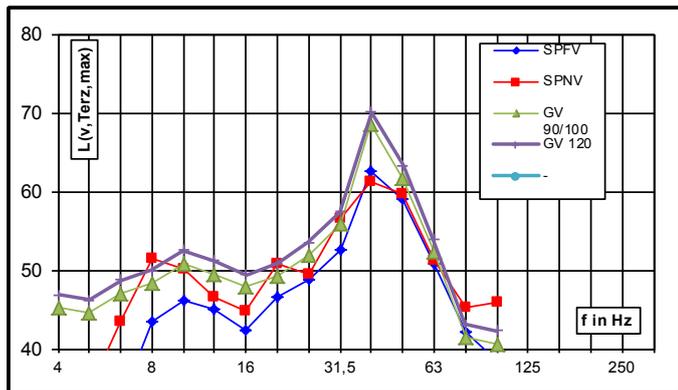
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	22,1 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,09	0,01	0,00
SPNV	0,09	0,01	0,01
GV 90/100	0,16	0,02	0,02
GV 120	0,19	0,01	0,01
gesamt	0,19	0,02	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
38,8	23,1	20,7

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,12 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,28 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

## **Anlage 4.2 Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Planfall**

**Bahngleis Strecke 6081 (Hinrichtung)**

**Erschütterungsprognose - Schienenverkehr**

<b>Röntgentaler Weg 12, 13125 Berlin</b>	Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6081 HR Planfall
--	--------------------------------------	--------------------------

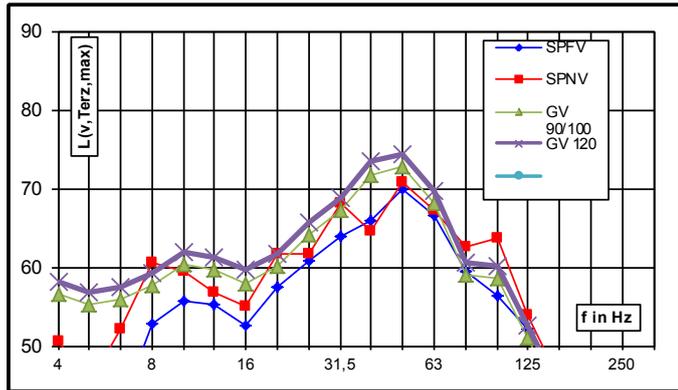
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,150	0,100
oberer Anhaltswert $A_o$	3,000	0,600
Anhaltswert $A_r$	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 8 m von der Gleisachse

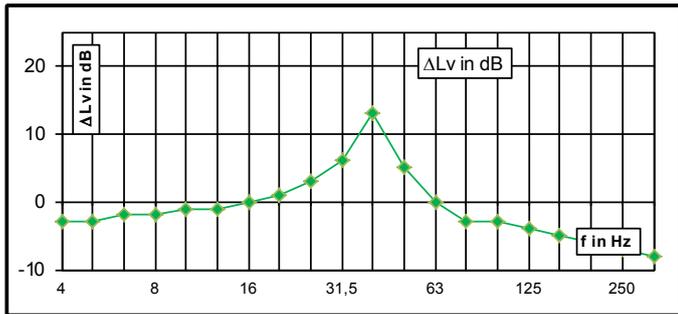
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
SPFV	120	13	3
SPNV	120	36	6
GV 90/100	100	28	11
GV 120	120	2	1



**Übertragungsweg**

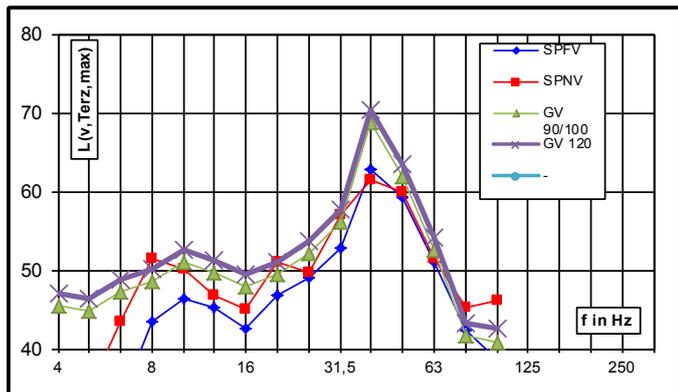
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	21,8 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \cdot 5 \text{ mm/s})$   
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
SPFV	0,09	0,01	0,01
SPNV	0,10	0,01	0,01
GV 90/100	0,16	0,02	0,02
GV 120	0,19	0,01	0,01
gesamt	0,19	0,03	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
38,9	23,2	20,8

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,12 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,29 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

### Anlage 4.3 Erschütterung Röntgentaler Weg 12 - Zusammenfass.

Prognoseergebnisse Zusammenfassung

Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Massivdecke	W
--------------------------------------	-------------	---

Röntgentaler Weg 12	Bewertete Schwingstärke KB						Sekundärer Luftschall in dB(A)					
	Prognose "Null"			Prognose Plan			Prognose "Null"			Prognose Plan		
13125 Berlin	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek</sub> Tag	L <sub>sek</sub> Nacht	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sek</sub> Tag	L <sub>sek</sub> Nacht
Strecke 6002	0,07	0,023	0,015	0,07	0,023	0,015	34,7	24,7	20,9	34,7	24,7	20,9
Strecke 6081 RR	0,14	0,019	0,013	0,14	0,019	0,013	37,3	21,8	18,3	37,3	21,8	18,3
Strecke 6081 HR	0,19	0,025	0,020	0,19	0,025	0,020	38,8	23,1	20,7	38,9	23,2	20,8
Summe/Maximum:	0,19	0,038	0,028	0,19	0,039	0,028	38,8	28,1	24,9	38,9	28,2	24,9
Überschreitung der Anhaltswerte A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab. 1 Gebiet: W tags / nachts: <b>nein / nein</b> Erhöhung durch das Vorhaben: $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} = 1,7\% \quad 2,3\%$ $\Delta L_{\text{sek,r}} = 0,0 \text{ dB} \quad 0,0 \text{ dB}$												
Maximale Schwinggeschwindigkeit v Prognose Plan Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3							am Fundament $v_{\text{max}} = 0,12 \text{ mm/s}$ nein			auf der Geschosdecke $v_{\text{max}} = 0,29 \text{ mm/s}$ nein		