

### Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen

#### Bericht Nr. 15-3060 / 02-1

#### Änderung der Eisenbahnbetriebsanlage

#### EÜ Hamburger Straße in Dresden

#### km 2,182 der Strecke 6248

Stand: 18.04.2017



Bearbeitet von Dipl.-Ing. D. Friedemann

für

DB Netz AG  
Ammonstraße 8  
01069 Dresden

## 1. Zusammenfassung

Die DB Netz AG plant die Ertüchtigung der Eisenbahnüberführung EÜ Hamburger Straße in Dresden (km 2,182 der Strecke 6248 Dresden-Friedrichstadt - Cossebaude).

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 Gebäude mit bestehender Wohnnutzung, das Wohn- und Gewerbegebäude Hamburger Str. 74 (Pizzeria/Wohnen) die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude (bezüglich Bauschäden) und auf die Bewohner (bezüglich Belästigungen) prognostiziert.

Die berechnete max. bewertete Schwingstärke unterschreitet die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Mischgebiete sowohl tags als auch nachts deutlich.

Auch die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten liegen deutlich unter den zulässigen Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude.

Aus der für das Gebäude durchgeführten detaillierten Prognose sowie den allgemein für verschiedene Nutzungen berechneten Erschütterungskorridoren wird eingeschätzt, dass an allen im Untersuchungsbereich liegenden Gebäuden sowohl Gebäudeschäden als auch erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb ausgeschlossen werden können.

Eine Ausnahme bildet das ehemalige Bahnhofsgebäude Hamburger Str. 86, welches z. Z. ungenutzt und stark sanierungsbedürftig ist. Während Gebäudeschäden auch hier ausgeschlossen werden können, wäre bei einer ggf. zukünftigen Wohnnutzung mit Belästigungen im Nachtzeitraum zu rechnen.

Die Berechnungen erfolgten auf Basis von Emissionsspektren und Boden-Ausbreitungsmessungen vergleichbarer Eisenbahnstrecken.

Der Bericht enthält 32 Seiten inklusive 4 Anhänge.

Dresden, den 18.04.2017

**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 .....	14
4.5. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz.....	15
4.6. Qualität der Prognose .....	15
5. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung.....	16
6. Normen und Literatur .....	18
7. Anhang .....	20
Anhang 1    Übersichtslageplan .....	21
Anhang 2    Emissionsdaten Eisenbahn .....	22
Anhang 2.1  Emissionsspektren Eisenbahnverkehr .....	23
Anhang 2.2  Ausbreitungsdämpfung Erdboden.....	24
Anhang 2.3  Gebäudeübertragungsfunktion.....	25
Anhang 3    Erschütterungsprognose Hamburger Straße 74.....	27
Anhang 3.1  Erschütterungsprognose Nullfall .....	28
Anhang 3.2  Erschütterungsprognose Planfall .....	29
Anhang 4    Erschütterungsprognose Hamburger Straße 86.....	30
Anhang 4.1  Erschütterungsprognose Nullfall .....	31
Anhang 4.2  Erschütterungsprognose Planfall .....	32

## 2. Aufgabenstellung und Situation

Zur dauerhaften und uneingeschränkten Verfügbarkeit der Eisenbahnüberführung Hamburger Straße in Dresden (km 2,182 der Strecke 6248 Dresden-Friedrichstadt - Cossebaude) ist deren Ertüchtigung vorgesehen.

Geplante bauliche Änderungen sind eine Vergrößerung der lichten Weite der Brücke sowie eine Anhebung der Gleisachsen im Bereich der Überführung. Perspektivisch ist auch die Erhöhung der Streckengeschwindigkeit von 90 km/h auf 120 km/h vorgesehen.

Die Konstruktion der Brücke wird von einer Stahltrogbrücke auf eine Stahlbetonrahmenbrücke geändert.

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

Dabei wird untersucht, zu welchen maximalen Schwinggeschwindigkeiten und Beurteilungsschwingstärken der Eisenbahnverkehr in der Nachbarschaft führt. Auch 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.

Die vorliegende Aktualisierung erfolgte auf der Basis der DB-Richtlinie 820.2050, die gegenüber dem bisher verwendeten Leitfaden für den Planer zum Körperschall- und Erschütterungsschutz der DB Systemtechnik eine veränderte Gebäudeübertragungsfunktion und geänderte Berechnungsfaktoren des sekundären Luftschalls berücksichtigt.

## 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.

### 2.1. 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  $K_B$  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:

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

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

$A_u$  unterer Anhaltswert

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

$A_r$  Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke  $K_{B_{FT}}$

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

Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FT_r}$  berechnet sich mit

$$KB_{FT_r} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e,j} KB_{FTm,j}^2)} \quad \text{Gl.(1)}$$

$T_r$  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)

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

und

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

$KB_{FTi}$  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

Gemäß DIN 4150-2 ist bei Einhaltung der Anhaltswerte zu erwarten, dass "erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden".

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 (Abb. 1) einzuhalten.

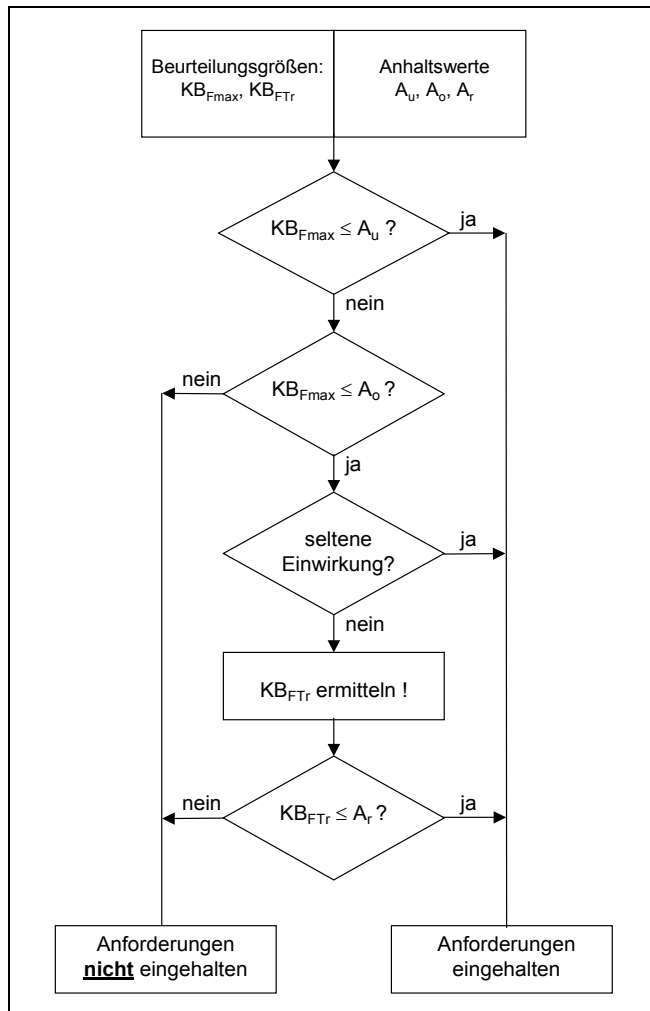


Abb. 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2 (Neubaustrecken)

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 Tab. 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 der DB-Richtlinie 820.2050 [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  $KB_{FT}$  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  $KB_{FT}$  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.

## 2.2. 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:

Tab. 2 Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten zur Beurteilung der Wirkung auf Gebäude

- \* Bei Frequenzen über 100 Hz sollen die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.
- \*\* Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung des Anhaltswertes notwendig werden.
- \*\*\* Die Immissionswerte für Frequenzen zwischen 10 und 50 Hz sowie zwischen 50 und 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

Zeile	Gebäudeart	Kurzzzeitige Erschütterungen				
		Fundament, horizontal, vertikal Frequenzen in Hz ***			Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingung
		1 - 10	10 - 50	50 - 100 *	alle Freq.	alle Freq.
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten	20	20 - 40	40 - 50	40	20
2	Wohngebäude und in Konstruktion/Nutzung ähnliche Bauten	5	5 - 15	15 - 20	15	20
3	Besonders empfindliche Bauten, denkmalgeschützte Bauten	3	3 - 8	8	8	20 **

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.

### 2.3. 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 entsprechend [12] der berechnete sekundäre Luftschallpegel hilfsweise mit den zulässigen Innengeräuschpegeln für Wohn- und Schlaf-räume verglichen, die in der 24. BImSchV [4] zur Dimensionierung von passiven Schallschutzmaßnahmen angewendet werden:

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

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, Schallerräume, 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	

Dieses Vorgehen wird vom Bundesverwaltungsgericht (Urteil vom Dezember 2010 [12]) 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-Richtlinie [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 Geschossdecke)  
 $L_v$  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 ([12]):

	<b>a</b>	<b>b</b>
Holzbalkendecken	0,47	19,88
Betondecken	0,60	15,75
- Berechnung des Beurteilungspegels  $L_{r,\text{sek}}$  unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts

### 3. Ausgangsdaten Erschütterungsprognose

Zur Untersuchung der erschütterungstechnischen Auswirkung des Bauvorhabens erfolgt die Berechnung eines Erschütterungskorridors, innerhalb dessen mit Belästigungen durch Erschütterungen gerechnet werden muss. Für die Bebauung außerhalb des Erschütterungskorridors sind im Allgemeinen keine Belästigungen oder gar gebäudeschädigende Erschütterungen zu erwarten.

Für immissionskritische Gebäude innerhalb des Erschütterungskorridors erfolgt eine detaillierte Prognose der Erschütterungen.

Die 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 als Grundlagen der Berechnungen übergeben:

- Vorhabensbeschreibung
- Verkehrsbelegung und Fahrgeschwindigkeiten
- Trassierungsentwurf einschließlich angrenzender Bebauung

Nachfolgend werden die Ausgangsdaten für die Erschütterungsprognose beschrieben.

#### 3.1. Emissionsdaten des Eisenbahnverkehrs

Als Emissionsdaten stehen aus eigenen Messungen an vergleichbaren Streckenabschnitten folgende Terzspektren zur Verfügung:

- Güterzüge mit ca. 100 km/h
- Nahverkehr RE/RB mit ca. 100 km/h

Für die Erschütterungsprognose erfolgt eine Umrechnung gemäß [17] 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.

### 3.2. Verkehrsbelegung

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

Tab. 4 Verkehrsmengengerüst Prognose 2025

Zug-Kategorie	Anzahl Züge		Geschwin- digkeit (max.)
	tags	nachts	
Strecke 6248 Abschnitt Dresden Bereich EÜ Hamburger Straße			
GZ-E (Güterzug)	100	61	100 km/h
RV-ET1 (Personenzug)	34	4	120 km/h
RV-ET2 (Personenzug)	6	0	120 km/h

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 Tab. 5 angegebenen Verkehrsdaten stimmen mit der Schallimmissionsprognose (16. BImSchV) [19] überein.

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

Tab. 5 Verkehrsmengengerüst Erschütterungsprognose

Zug-Kategorie	Anzahl Züge		Geschwin- digkeit (max.)
	tags	nachts	
Strecke 6248 Abschnitt Dresden Bereich EÜ Hamburger Straße			
GZ-E (Güterzug)	100	61	100 km/h
RV-ET (Personenzug)	40	4	120 km/h

### 3.3. Vorhabensbedingte Änderungen

Im Rahmen des Ersatzneubaus der Brücke erfolgen keine horizontalen Gleislageänderungen, jedoch werden die Gleise im Bereich der Überführung um maximal ca. 0,8 m angehoben.

Die maximale Streckengeschwindigkeit von 90 km/h soll perspektivisch auf 120 km/h erhöht werden.

### 3.4. Prognoseverfahren

Für die Erschütterungsprognose wird der Zugverkehr entsprechend der angegebenen Verkehrsdaten auf das jeweils äußere Gleis gelegt. Es erfolgen dann die Berechnungen für den Prognose-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 [17])
- Prognose-Terzspektren  $L_{v,Prog}$  des mittleren Maximalpegels der Schwinggeschwindigkeit im untersuchten Gebäude:  $L_{v,Prog} = L_{v,8m} + \Delta L_{vB,G} + \Delta L_{v,v}$

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;
- Prognose des sekundären Luftschallpegels

### **3.5. 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

### **3.6. 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 „vollen“ Zuggeschwindigkeit aller Züge und der gesamten Verkehrsbelegung auf dem bebauungsnahen Gleis Ergebnisse auf der sicheren Seite.

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

#### 4. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung

Mit dem dargestellten Prognoseverfahren wurden folgende Erschütterungskorridore beiderseits der Strecke in Anhängigkeit der Gebietseinstufung und des Gebäudedeckentyps berechnet:

Tab. 6 Prognoseergebnisse Erschütterungskorridor

Gebiet	Deckentyp	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte von			
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>	
Gewerbegebiet	Anhaltswerte	Tag ≤ 0,30	Nacht ≤ 0,20	Tag ≤ 0,15	Nacht ≤ 0,10
	Holzbalkendecke	12 m	15 m	7,5 m	9,0 m
	Betondecke	14 m	17 m	9,0 m	11 m
Mischgebiet	Anhaltswerte	Tag ≤ 0,20	Nacht ≤ 0,15	Tag ≤ 0,10	Nacht ≤ 0,07
	Holzbalkendecke	15 m	18 m	10 m	12 m
	Betondecke	17 m	20 m	11 m	14 m
Wohngebiet	Anhaltswerte	Tag ≤ 0,15	Nacht ≤ 0,10	Tag ≤ 0,07	Nacht ≤ 0,05
	Holzbalkendecke	18 m	22 m	12 m	15 m
	Betondecke	20 m	25 m	14 m	17 m

Nachfolgende Tabelle enthält die sich im Bereich der Bahnstrecke befindenden, zu betrachtenden Gebäude und die Bewertung bezüglich der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.

Tab. 7 Gebäude und Erschütterungsbewertung

Gebäude	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte		Bewertung Mindestabstand
		Soll	Ist	
Wohn-/Gewerbegebäude Hamburger Str. 74	Mischgebiet Holzbalkendecke Nachtzeitraum	12 m (für KB <sub>FTr</sub> )	70 m	eingehalten
Kanuverein Hamburger Str. 84	Mischgebiet Betondecke Tagzeitraum	11 m (für KB <sub>FTr</sub> )	12 m	eingehalten
ehem. Bahnhofsgebäude Hamburger Str. 86	Gewerbegebiet Holzbalkendecke Tagzeitraum	7,5 m (für KB <sub>FTr</sub> )	7,5 m	eingehalten
Einkaufszentrum Hamburger Str. 88	Gewerbegebiet Betondecke Tagzeitraum	9,0 m (für KB <sub>FTr</sub> )	12 m	eingehalten



Für die nächstgelegenen Gebäude mit bestehender bzw. möglicher Wohnnutzung (Wohn- und Gewerbegebäude Hamburger Str. 74, ehem. Bahnhofsgebäude Hamburger Str. 86) sind die detaillierten Prognoseberechnungen in Anhang 3 bzw. Anhang 4 dargestellt.

Die für das **Wohn- und Gewerbegebäude Hamburger Str. 74** berechneten max. bewerteten Schwingstärken für Prognose-Nullfall von  $KB_{Fmax} \approx 0,02$  bzw. für Prognose-Planfall von  $KB_{Fmax} \approx 0,03$  unterschreiten jeweils die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Mischgebiete von  $A_u = 0,2$  tags und  $A_u = 0,15$  nachts deutlich.

Auch die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von jeweils  $v_{max} < 0,1$  mm/s liegen deutlich unter den zulässigen Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude von  $v_{max} = 5$  mm/s bzw.  $v_{max} = 20$  mm/s.

Für das Gebäude können sowohl Gebäudeschäden als auch erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb ausgeschlossen werden.

Für das (z. Z. ungenutzte, sehr sanierungsbedürftige) **ehemalige Bahnhofsgebäude** wurden für den Prognose-Nullfall eine maximale bewertete Schwingstärke von  $KB_{Fmax} \approx 0,56$  und für den Prognose-Planfall von  $KB_{Fmax} \approx 0,62$  prognostiziert. Beide Werte überschreiten die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Gewerbegebiete von  $A_u = 0,3$  tags und  $A_u = 0,2$  nachts deutlich.

Während der obere Anhaltswert für den Tag von  $A_o = 6,0$  sicher eingehalten wird, wird für die Nacht eine geringe Überschreitung des Wertes von  $A_o = 0,6$  im Plan-Zustand prognostiziert. Davon ausgehend, dass auch zukünftig keine schutzbedürftige Nutzung im Nachtzeitraum zu erwarten ist, kann diese Situation ohne bauliche Maßnahmen toleriert werden, da die Beurteilungsschwingstärke für den Tag mit  $A_r = 0,15$  (gerade) eingehalten wird.

Trotz der unmittelbaren Gleisnähe liegen die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von  $v_{max} < 0,4$  mm/s bzw.  $< 1$  mm/s unter den zulässigen Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude von  $v_{max} = 5$  mm/s bzw.  $v_{max} = 20$  mm/s. Gebäudeschäden sind durch den Bahnverkehr somit nicht zu erwarten.

## 5. 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 Bundes - Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmen - 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997; BGBl. Teil I, Jg. 1997 S. 172, letzte Änderung 23.09.1997
- [5] Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebbahnen, 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; Dezember 2016: 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] Erschütterungen und sekundärer Luftschall; Richtlinie 820.2050, Deutsche Bahn AG, Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, 01.01.2017
- [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] Keil, Koch, Garburg: Schutz vor Lärm und Erschütterungen, in: Handbuch Eisen-

bahninfrastruktur, S. 785ff., Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2007

- [17] Krüger, F. u.a.: Schall- u. Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, expert-Verlag, Renningen, 2001; S. 451
- [18] Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg, Schlussbericht, DB Netz AG, Frankfurt/M., 15.06.2012
- [19] Gutachten 15-3060 / 01; Schalltechnische Untersuchung Ersatzneubau EÜ Hamburger Straße, Strecke 6248 in Dresden; cdf Schallschutz, 04.10.2016

## **6. Anhang**

## Anhang 1    Übersichtslageplan



Bildquelle: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen

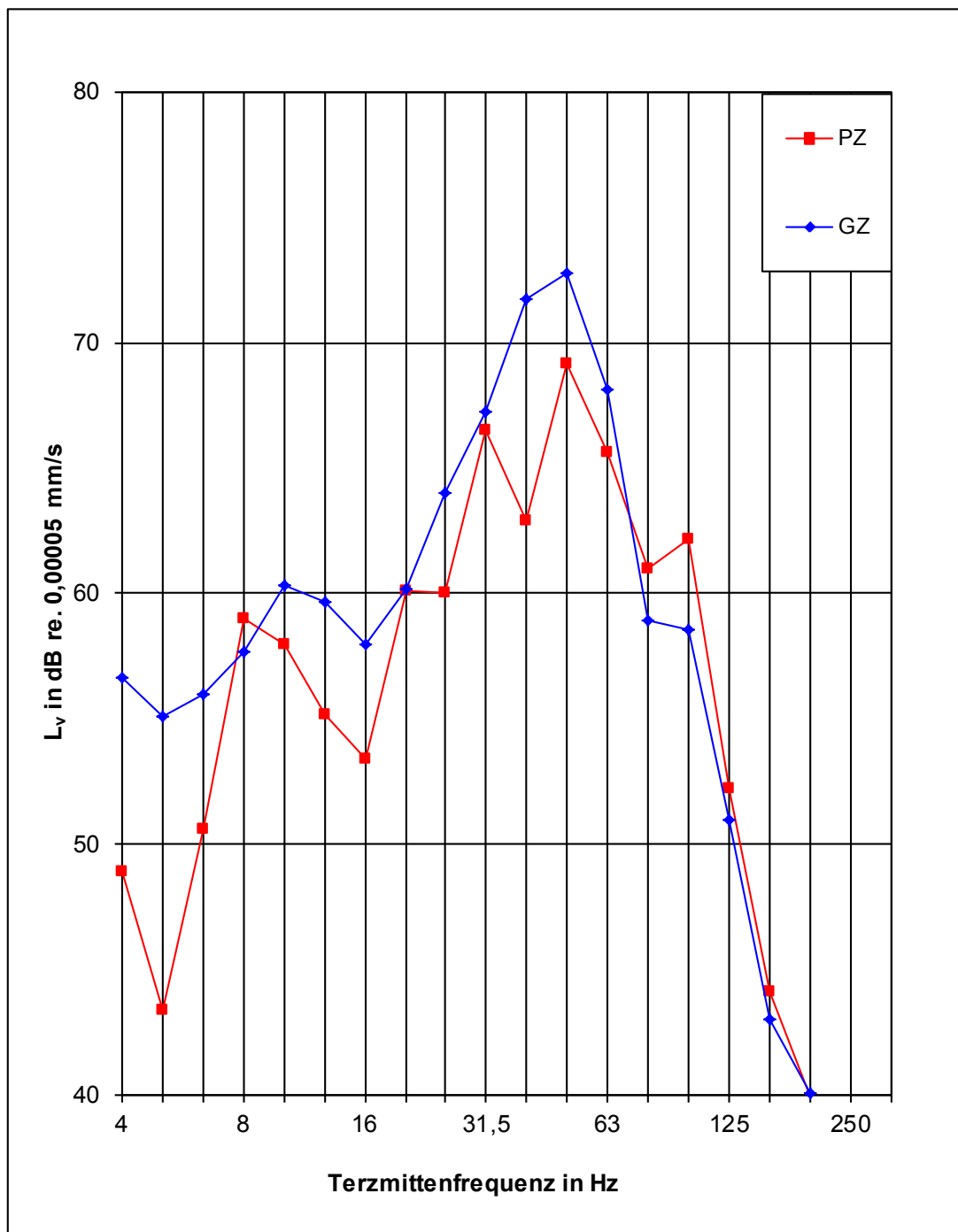


Bildquelle: [19]

## **Anhang 2    Emissionsdaten Eisenbahn**

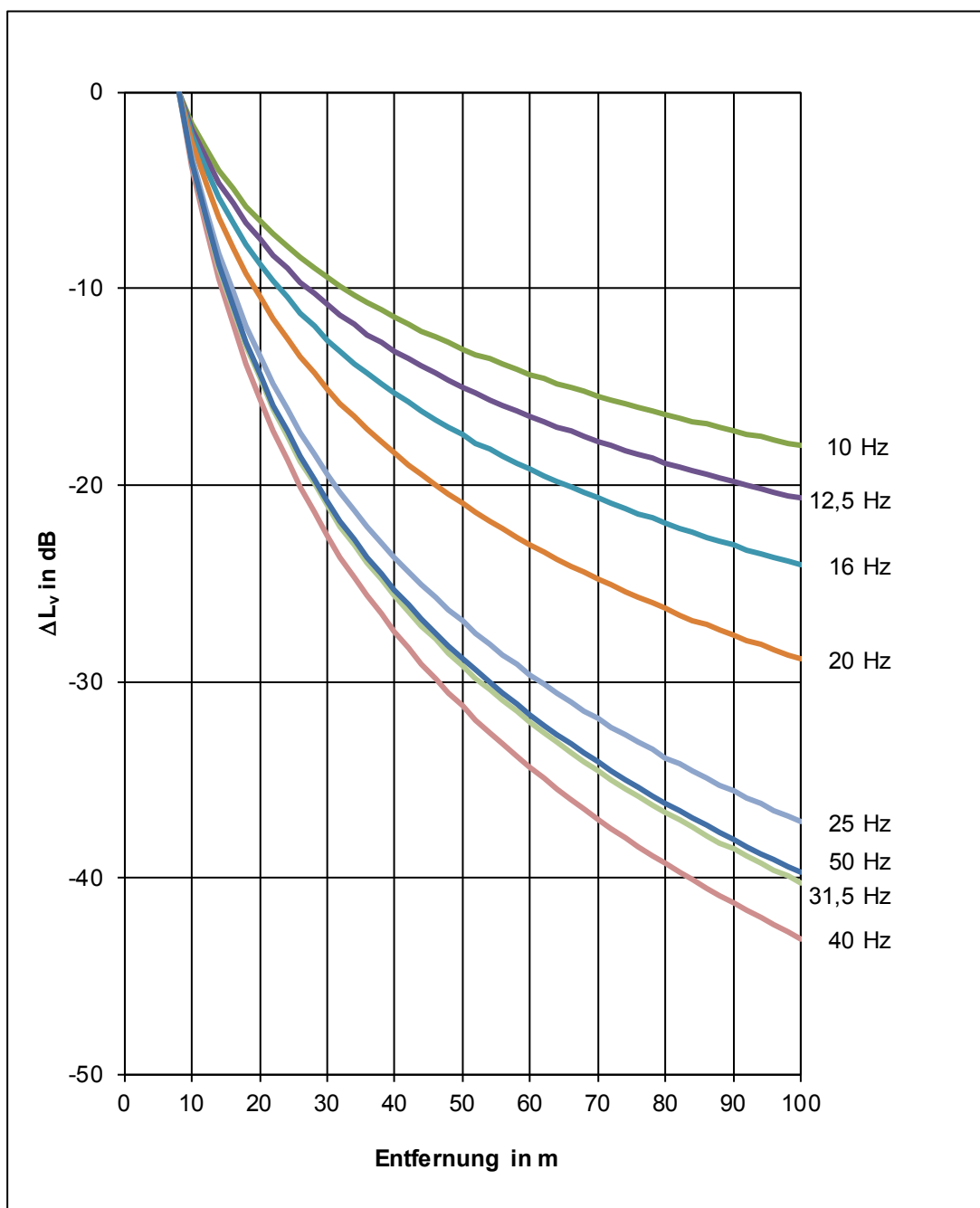
## Anhang 2.1 Emissionsspektren Eisenbahnverkehr

Zuggattung	v in km/h	s in m	Messung/Quelle
PZ	100	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012
GZ	100	8	cdf, Merseburg; 6340 km 11,2; 10/2012



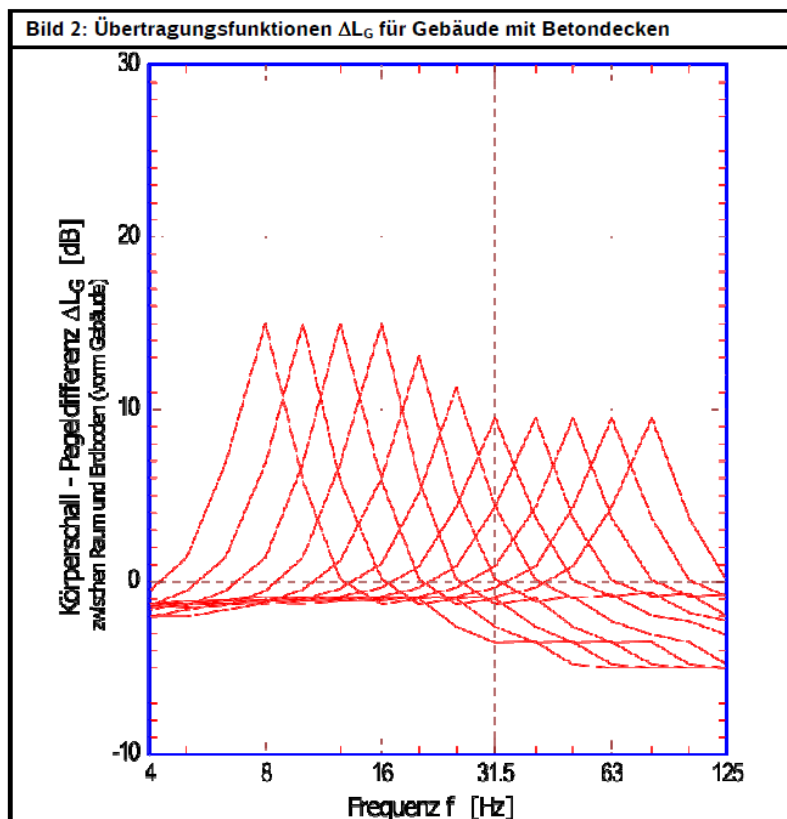
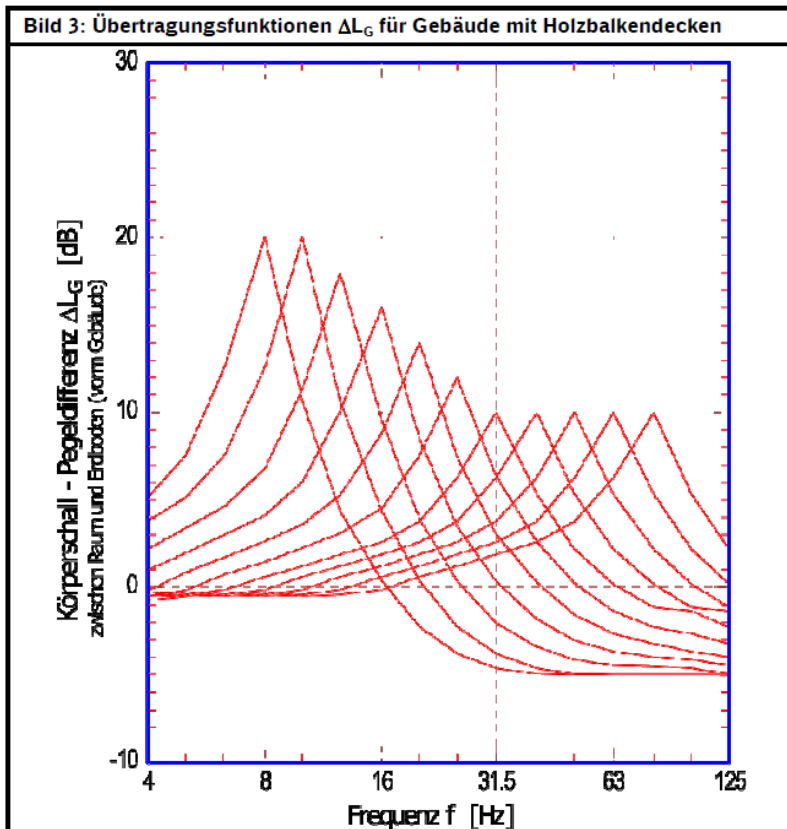
## Anhang 2.2 Ausbreitungsdämpfung Erdboden

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



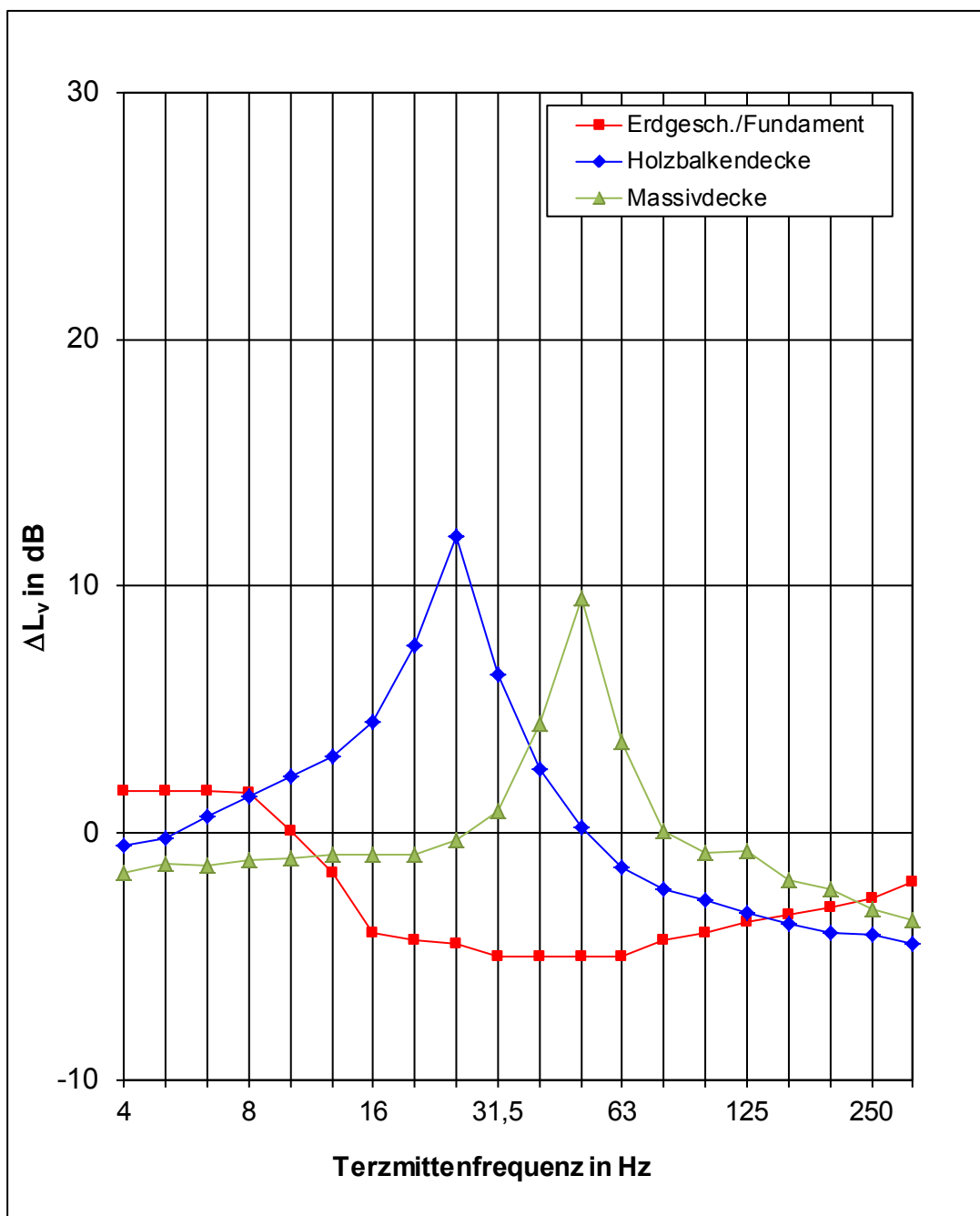


## Anhang 2.3 Gebäudeübertragungsfunktion



**Angewendete Übertragungsfunktionen für die Prognose:**

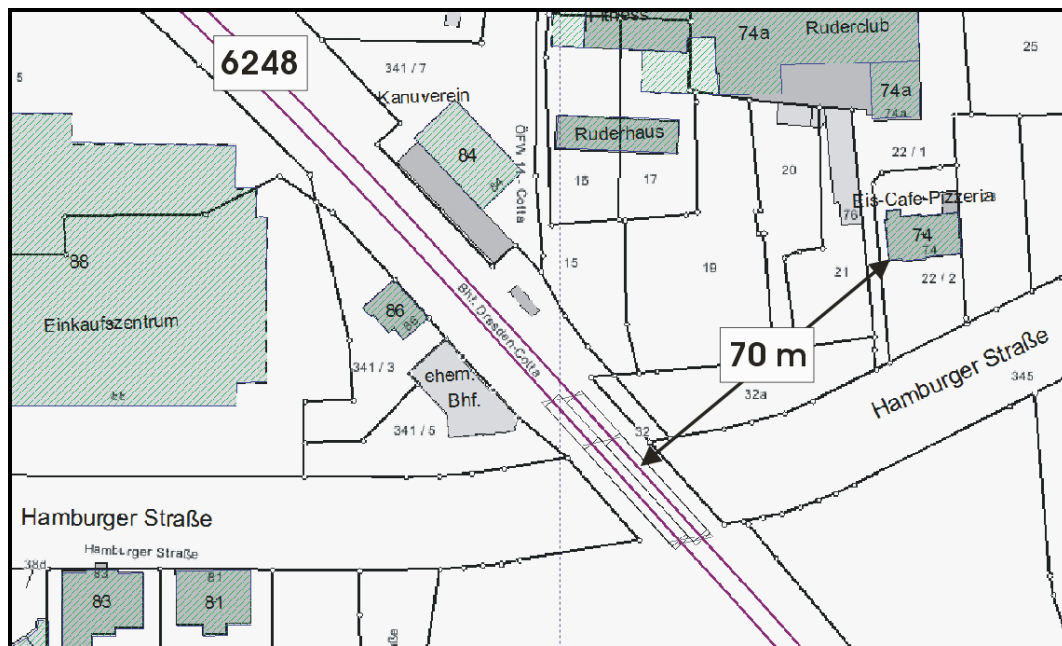
- vom Erdboden in Gebäude mit Holzbalkendecken, typische Eigenfrequenz 25 Hz
- vom Erdboden in Gebäude mit Massivdecken, typische Eigenfrequenz 50 Hz
- vom Erdboden zum Fundament/Erdbgeschoss (nach: LIS-Berichte; Nr. 107 - Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, NRW 1992, Bild 7.8a)



## Anhang 3 Erschütterungsprognose Hamburger Straße 74

Wohn-/Gewerbegebäude (Pizzeria)

Gebäude	Gleis	Abstand		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Hamburger Straße 74	6248	70 m	70 m	Streckengeschwindigkeit $v = 90 \text{ km/h} \rightarrow v = 120 \text{ km/h}$



### Prognoseergebnisse

Zusammenfassung

Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)

Holzbalkendecke

M

EÜ Hamburger Straße	Bewertete Schwingstärke KB						Sekundärer Luftschall in dB(A)					
	Prognose "Null"			Prognose Plan			Prognose "Null"			Prognose Plan		
	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>
Hamburger Str. 74												
		Tag	Nacht		Tag	Nacht		Tag	Nacht		Tag	Nacht
Strecke 6248	0,02	0,005	0,004	0,03	0,006	0,006	25,8	14,1	13,7	26,5	15,0	14,8
von 90 auf 100/120 km/h	Überschreitung der Anhaltswerte A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab. 1 Gebiet: M tags / nachts: <b>nein / nein</b>											
	Erhöhung durch das Vorhaben: $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} = 24\% \quad 31\% \quad \Delta L_{\text{sek,r}} = 1,0 \text{ dB}$											
	Schwinggeschwindigkeit v						Prognose "Null"			Prognose Plan		
	Maximale Schwinggeschwindigkeit v <sub>max</sub> mm/s Fundament / Geschossdecke						0,03 0,03			0,04 0,04		
	Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3						nein nein			nein nein		
M = Mischgebiet	0,20	0,10	0,07	0,20	0,10	0,07	5	20		5	20	
	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein		nein	nein	

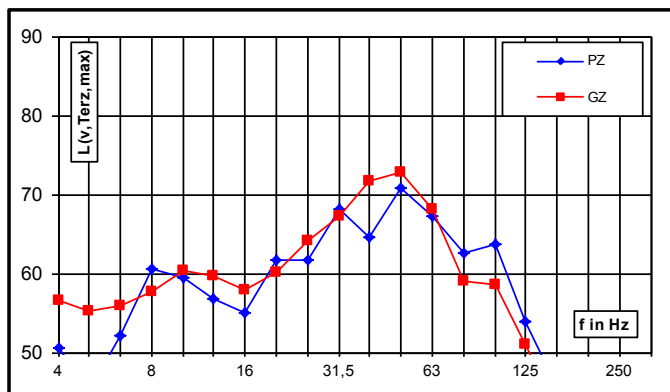
## Anhang 3.1 Erschütterungsprognose Nullfall

EÜ Hamburger Straße, Hamburger Str. 74			Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6248	Nullfall	
Gebietstyp	M	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A <sub>u</sub>	0,20	0,15
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A <sub>o</sub>	5,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A <sub>r</sub>	0,10	0,07
		K = besondere Gebiete				

### Anregung/Quelle

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

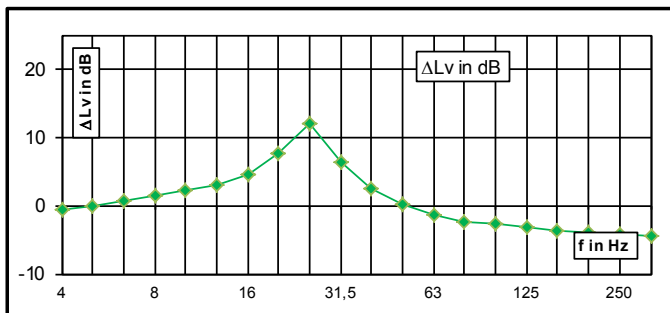
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
PZ	120	0	0
GZ	100	0	0
PZ	90	100	61
GZ	90	40	4



### Übertragungsweg

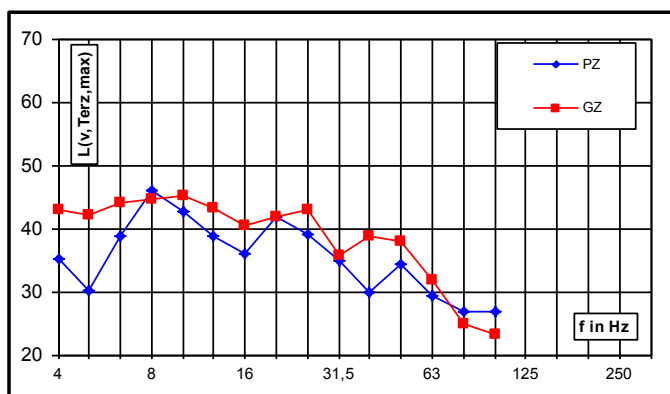
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	70,0 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



### 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
PZ	0,00	0,00	0,00
GZ	0,00	0,00	0,00
PZ	0,02	0,00	0,00
GZ	0,02	0,00	0,00
gesamt	<b>0,02</b>	0,01	0,00

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
25,8	14,1	13,7

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			
	$v_{max}$		
am Fundament	0,03	mm/s	
auf der Geschossdecke	0,03	mm/s	

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

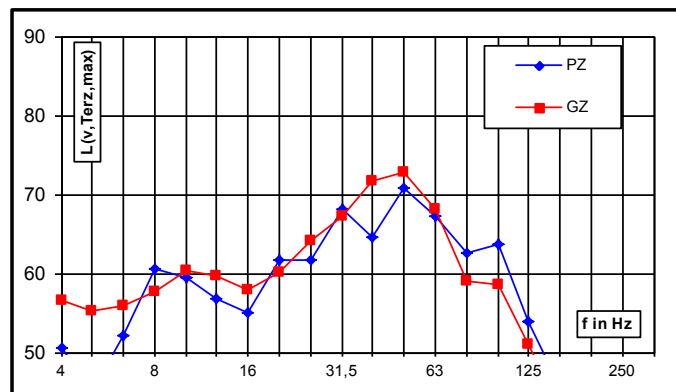
## Anhang 3.2 Erschütterungsprognose Planfall

EÜ Hamburger Straße, Hamburger Str. 74			Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6248	Planfall	
Gebietstyp	M	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A <sub>u</sub>	0,200	0,150
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A <sub>o</sub>	5,000	0,600
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A <sub>r</sub>	0,10	0,07
		K = besondere Gebiete				

### Anregung/Quelle

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

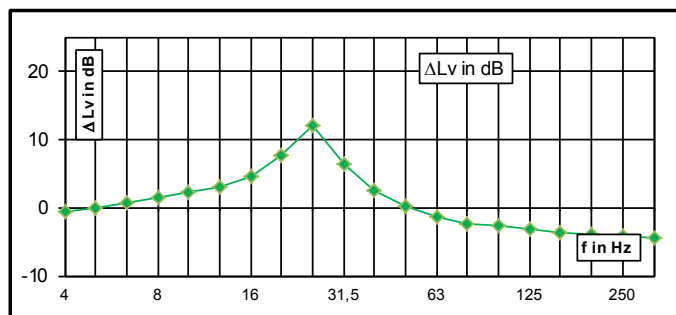
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
PZ	120	100	61
GZ	100	40	4
PZ	90	0	0
GZ	90	0	0



### Übertragungsweg

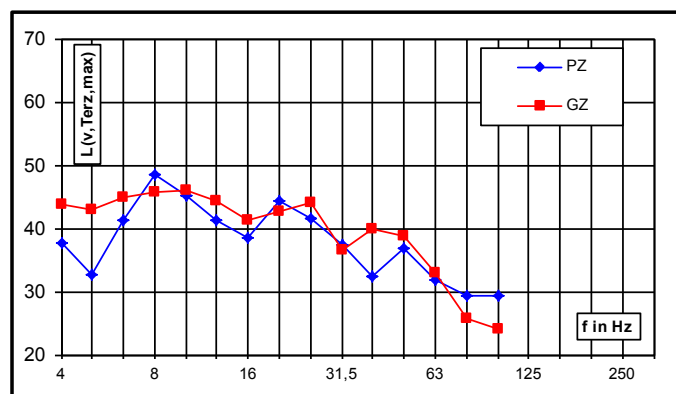
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	70,0 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



### 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
PZ	0,02	0,01	0,01
GZ	0,03	0,00	0,00
PZ	0,00	0,00	0,00
GZ	0,00	0,00	0,00
gesamt	<b>0,03</b>	0,01	0,01

Sekundärer Luftschall in dB(A)			
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht	
26,5	15,0	14,8	

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

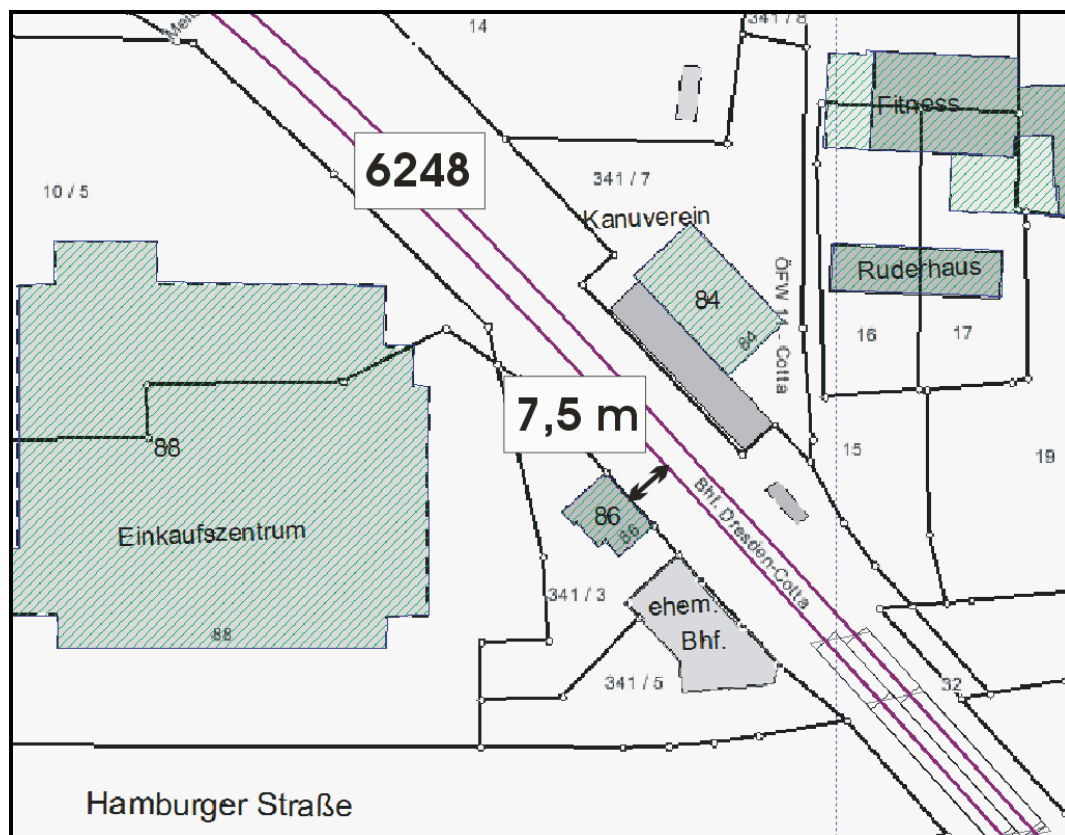
Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,04	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,04	mm/s

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

## Anhang 4 Erschütterungsprognose Hamburger Straße 86

Gewerbegebäude (ehem. Empfangsgebäude Bahnhof)

Gebäude	Gleis	Abstand		Änderung
		Nullfall	Planfall	
Hamburger Straße 86	6248	7,5 m	7,5 m	Streckengeschwindigkeit $v = 90 \text{ km/h} \rightarrow v = 120 \text{ km/h}$



### Prognoseergebnisse

Zusammenfassung

Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)

Holzbalkendecke

G

EÜ Hamburger Straße	Bewertete Schwingstärke KB						Sekundärer Luftschall in dB(A)					
	Prognose "Null"			Prognose Plan			Prognose "Null"			Prognose Plan		
	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	KB <sub>FTr</sub>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>
Hamburger Str. 86												
Strecke 6248	0,56	0,119	0,104	0,62	0,148	0,136	42,1	30,1	29,6	42,5	31,0	30,7
von 7,5 m auf 7,5 m	Überschreitung der Anhaltswerte A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab. 1 Gebiet: G tags / nachts: <b>nein / ja</b>						Erhöhung durch das Vorhaben: $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} = 24\% \quad 31\% \quad \Delta L_{\text{sek,r}} = 0,9 \text{ dB}$					
	Schwinggeschwindigkeit v						Prognose "Null"			Prognose Plan		
	Maximale Schwinggeschwindigkeit v <sub>max</sub> mm/s						0,28			0,33		
	Fundament / Geschossdecke						0,69			0,82		
	Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3						nein			nein		
G = Gewerbegebiet	0,30	0,15	0,10	0,30	0,15	0,10	5	20		5	20	
	ja	nein	ja	ja	nein	ja	nein	nein		nein	nein	

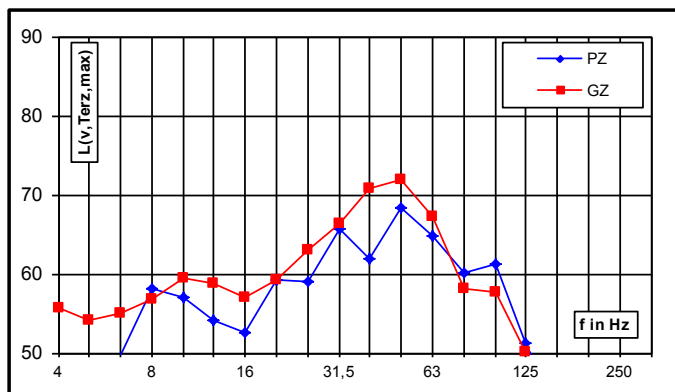
## Anhang 4.1 Erschütterungsprognose Nullfall

EÜ Hamburger Straße, Hamburger Str. 86			Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6248	Nullfall	
Gebietstyp	G	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A <sub>u</sub>	0,30	0,20
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A <sub>o</sub>	6,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A <sub>r</sub>	0,15	0,10
		K = besondere Gebiete				

## Anregung/Quelle

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

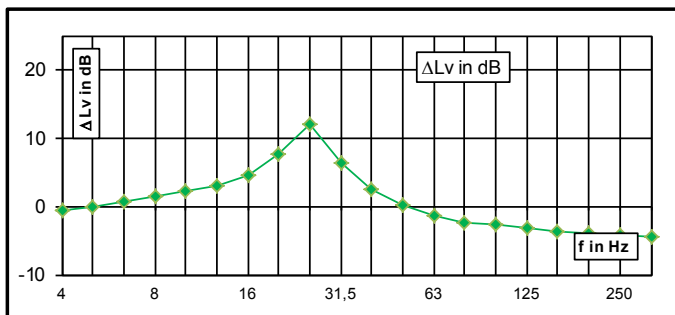
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
PZ	90	100	61
GZ	90	40	4
PZ	120	0	0
GZ	100	0	0



## Übertragungsweg

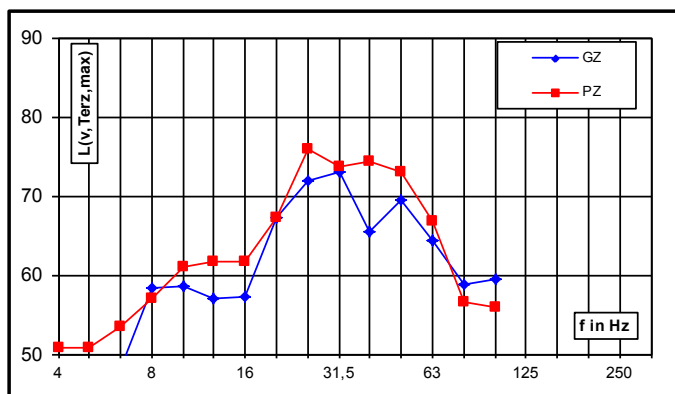
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	7,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



## Erschütterungs-Immission

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



Bewertete Schwingstärke KB			
	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub> Tag	KB <sub>FTr</sub> Nacht
GZ	0,39	0,09	0,10
PZ	0,56	0,08	0,04
PZ	0,00	0,00	0,00
GZ	0,00	0,00	0,00
gesamt	<b>0,56</b>	0,12	0,10

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub> Tag	L <sub>sek,m</sub> Nacht
42,1	30,1	29,6

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	v <sub>max</sub> =	0,28 mm/s
auf der Geschossdecke	v <sub>max</sub> =	0,69 mm/s

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

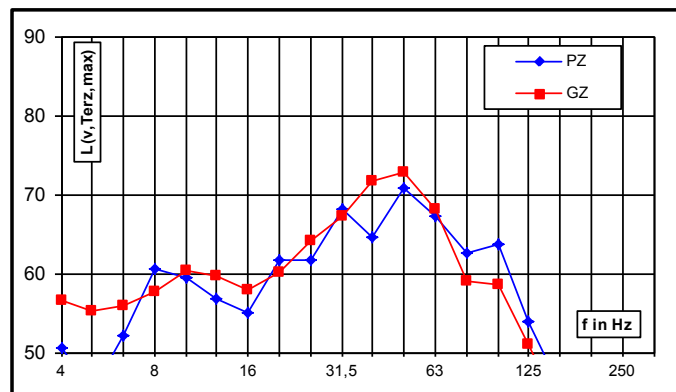
## Anhang 4.2 Erschütterungsprognose Planfall

EÜ Hamburger Straße, Hamburger Str. 86			Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Strecke 6248	Planfall	
Gebietstyp	G	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A <sub>u</sub>	0,30	0,20
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A <sub>o</sub>	6,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A <sub>r</sub>	0,15	0,10
		K = besondere Gebiete				

## Anregung/Quelle

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

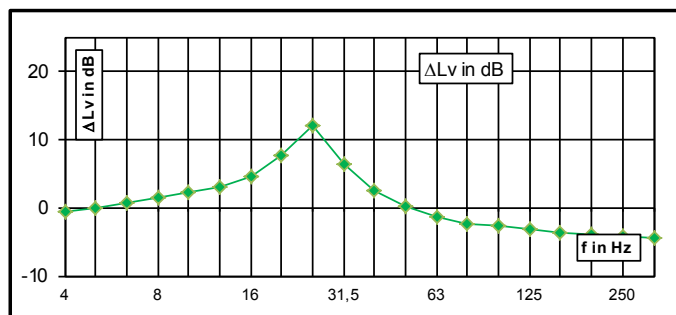
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
PZ	90	0	0
GZ	90	0	0
PZ	120	100	61
GZ	100	40	4



## Übertragungsweg

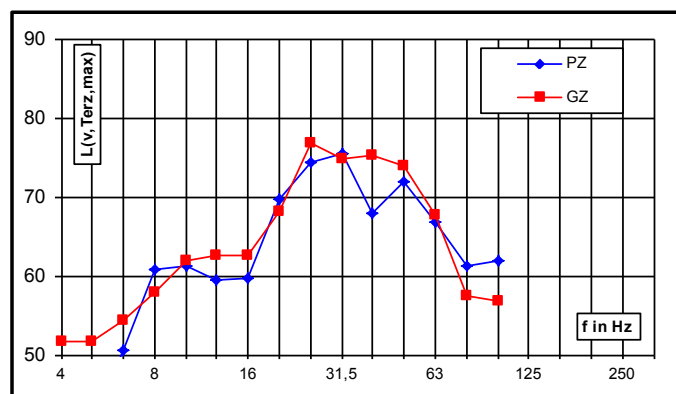
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	7,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



## 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
PZ	0,00	0,00	0,00
GZ	0,00	0,00	0,00
PZ	0,51	0,12	0,13
GZ	0,62	0,09	0,04
gesamt	<b>0,62</b>	0,15	0,14

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
42,5	31,0	30,7

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	ja	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,33	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,82	mm/s

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