

B43	7	Subjektive Wahrnehmung, textliche Ergänzung	03.08.20	Wie	
B8,B44,B97	13	Tabelle 5	30.04.24	Wie	
B44	23	Literaturergänzung	03.08.20	Wie	
B45	14	textliche Ergänzung	03.08.20	Wie	
B45, B49, B50	36a	Ergänzung	03.08.20	Wie	
B46	15	textliche Ergänzung	03.08.20	Wie	
B46, B47, B50, B97	19ff	Tabellen 9 & 10 + textliche Ergänzung	30.04.24	Wie	
B46, B49	16	textliche Ergänzungen + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B46, B47	17	Ergänzungen + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B47, B50	18f	Ergänzungen + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B47, B50	21	textliche Ergänzung + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B48	21	textliche Ergänzung + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B49	36	Korrekturen	03.08.20	Wie	
B49, B50	36	Korrekturen	03.08.20	Wie	
B50, B97	36a-d	neue Prognose	30.04.24	Wie	
B46,B50,B97	37-40a	neue Prognose	30.04.24	Wie	
B46, B50	41	neue Grafik	03.08.20	Wie	
B46, B50	42,42a	neue Prognose	03.08.20	Wie	
B46,B50,B97	43,43a	Ergänzungen + Korrekturen	30.04.24	Wie	
B46, B50	44	Ergänzungen + Korrekturen	03.08.20	Wie	
B46,B50,B97	45-50a	neue Bereichskarte	30.04.24	Wie	
Nr.	Seite	Art der Änderung	Datum	bearbeitet	geprüft

Ort			
<b>Berlin Friedrichshain-Kreuzberg/Lichtenberg</b>			
Bauteil			
Straßenbahn – Neubaustrecke Ostkreuz Von der Boxhagener Straße bis zur Karlshorster Straße			
<b>Planfeststellung</b>		<b>Bericht 01 – Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen</b>	
 <b>BVG</b>	<b>Berliner Verkehrsbetriebe</b> <i>Anstalt des öffentlichen Rechts</i>	Unterlage:	7.1.3
		Seiten: Pläne: Anlagen:	50 (70 pdf) - inkl. 4 Anlagen
Bauherr:		<b>Planfeststellungsbehörde:</b>	
<b>gez. H. Pöhland</b>			
H.Pöhland, BI-IOS3 Berlin, 21.05.2024			
Betriebsleiter Straßenbahn:			
- beteiligt - <b>gez. O. Heisel</b>			
O.Heisel, BS-Betriebsleiter Berlin, 21.05.2024			
Anhörungsbehörde:			
Die Unterlage hat vom __.__.2024 bis zum __.__.2024 öffentlich ausgelegen.			
Berlin, __.__.2024		Berlin, __.__.2024	

Zusatzblatt zum Deckblatt Unterlage 7.1.3

Nr.	Seite	Art der Änderung	Datum	bearbeitet	geprüft
B88	12, 23	Datumsänderung	30.04.24	Wie	
B96	43	Ergänzung von Immissionsorten	30.04.24	Wie	
B97	16, 23	neues Betriebsprogramm BVG	30.04.24	Wie	
B97	34-35a	neues Betriebsprogramm BVG	30.04.24	Wie	

## Consulting

Dipl.-Ing. D. Friedemann

**Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen**

**Bericht Nr. 16-3216 / 01**

**Straßenbahn-Neubaustrecke Ostkreuz in  
Berlin-Friedrichshain/Kreuzberg und Lichtenberg**

Stand: ~~03.11.2017~~ ~~03.08.2020~~ 30.04.2024



Bearbeitet von Dipl.-Ing. L. Wiedemann

für

VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH  
Könneritzstraße 31  
01067 Dresden

## 1. Zusammenfassung

Die Berliner Verkehrsbetriebe planen die Straßenbahn-Neubaustrecke Ostkreuz in Berlin-Friedrichshain/Kreuzberg und Lichtenberg (Boxhagener Str - Karlshorster Str.).

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

In der Prognose wurden für die bezüglich des Bauvorhabens immissionskritischsten Gebäude mit bestehender Wohnnutzung die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude (bezüglich Bauschäden) und auf die Bewohner (bezüglich Belästigungen) prognostiziert.

Die berechnete Beurteilungs-Schwingstärke unterschreitet die Anhaltswerte  $A_r$  der Norm DIN 4150-2 für Wohn- bzw. Mischgebiete sowohl tags als auch nachts. Voraussetzung hierfür ist ein Oberbau mit erschütterungsmindernder Wirkung im Bereich der Holteistraße und Sonntagstraße. Details zu dieser Maßnahme werden im Bericht beschrieben.

Die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten liegen deutlich unter den Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude. Aus den durchgeführten detaillierten Prognosen sowie den berechneten Erschütterungskorridoren folgt, dass an allen im Untersuchungsbereich liegenden Gebäuden Gebäudeschäden durch Erschütterungen aus dem Straßenbahnbetrieb sicher ausgeschlossen werden können.

Für das Gebäude Neue Bahnhofstraße 37, welches z. Z. ungenutzt und sanierungsbedürftig ist, können Gebäudeschäden ebenfalls sicher ausgeschlossen werden. Die Anhaltswerte für Gewerbegebiete werden tags und nachts eingehalten. Die DB Netz AG beabsichtigt den Verkauf des Gebäudes, alle Bewerber planen dort Gewerberäume und im EG Gastronomie. Wohnungen sind nicht vorgesehen.

Der Bericht enthält 50 Seiten inklusive 4 Anhänge.

Dresden, den ~~03.11.2017 03.08.2020~~ 30.04.2024

**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 .....	9
3.3. Sekundärer Luftschall .....	10
4. Ausgangsdaten der Erschütterungsprognose .....	12
4.1. Emissionsdaten des Straßenbahnverkehrs.....	13
4.2. Verkehrsbelegung.....	13
4.3. Prognoseverfahren .....	14
4.4. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz.....	15
4.5. Qualität der Prognose .....	15
5. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung.....	16
5.1. Plan-Zustand ohne Maßnahmen zur Erschütterungsminderung.....	16
5.2. Plan-Zustand mit Maßnahmen zur Erschütterungsminderung.....	18
6. Normen und Literatur .....	23
7. Anhänge .....	24
Anhang 1 Übersichtslageplan.....	25
Anhang 2 Emissionsdaten der Straßenbahn .....	26
Anhang 2.1 Emissionsspektrum des Straßenbahnverkehrs .....	26
Anhang 2.2 Ausbreitungsdämpfung des Erdbodens.....	31
Anhang 2.3 Gebäudeübertragungsfunktion .....	32
Anhang 3 Erschütterungsprognose ohne Minderungsmaßnahmen .....	34
Anhang 3.1 Prognose für nächstgelegene Gebäude .....	34
Anhang 3.2 Einwirkungsbereich - betroffene Gebäude (Planfall).....	36
Anhang 4 Erschütterungsprognose mit Minderungsmaßnahmen .....	37
Anhang 4.1 Prognose für nächstgelegene Gebäude .....	37
Anhang 4.2 Einwirkungsbereich - betroffene Gebäude (mit Maßnahme).....	43

## 2. Aufgabenstellung und Situation

Im Rahmen des Bauvorhabens Straßenbahn-Neubaustrecke Ostkreuz in Berlin-Friedrichshain/Kreuzberg und Lichtenberg (Abschnitt Boxhagener Str - Karlshorster Str.) ist der Neubau einer Straßenbahnstrecke vorgesehen. Der Streckenabschnitt ersetzt die bisherige Trassenführung über die Boxhagener Straße und dient einer verbesserten Anbindung an den Bahnhof Berlin-Ostkreuz.

Die maximal zulässige Streckengeschwindigkeit beträgt 30 km/h (in Kurven 15 km/h).

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

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

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 Geschosdecken (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, [6]) 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  $KB_{FTT}$

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

Tab. 2 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 für ÖPNV

Zeile	Einwirkungsort/ Gebietseinteilung nach BauNVO		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o^{*)}$	$A_r$
			tags			nachts		
1	ausschließlich Gewerbe	GI	0,60	6,0	0,30	0,45	0,6	0,225
2	vorwiegend Gewerbe	GE	0,45	6,0	0,225	0,30	0,6	0,15
3	Mischgebiet	MI	0,30	5,0	0,15	0,225	0,6	0,11
4	Wohngebiet	WA,WR	0,225	3,0	0,11	0,15	0,6	0,08
5	Sondergebiet	SK	0,15	3,0	0,08	0,15	0,6	0,08

$A_u$  unterer Anhaltswert

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

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

Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  berechnet sich mit

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

$T_r$  Beurteilungszeitraum

tags 6:00 - 22:00 Uhr (57600 s), nachts 22:00 Uhr - 6:00 Uhr (28800 s)

$T_{e,j}$  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  $KB_{Fmax}$  bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  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  $KB = 0,1 - 0,2$  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 **bestehende Verkehrswege** mit Erschütterungs-Vorbelastung der Nachbarschaft gibt die Norm DIN 4150-2 keine Anforderungen vor. Die Beurteilung bei Ausbauvorhaben erfolgt entsprechend der Richtlinie der DB AG [11]. Grundprinzip ist dabei die Prüfung, ob sich durch ein Bauvorhaben eine wesentliche Verschlechterung der Erschütterungssituation in der betroffenen Nachbarschaft ergibt. <sup>B43</sup>

Ausgehend vom Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom Dezember 2010 [12] ist bei Ausbaustrecken die Erschütterungs-Immission nach Inbetriebnahme (Prognose-Planfall) gegenüber dem Zustand ohne Baumaßnahme (Prognose-Nullfall) nicht fühlbar 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. <sup>B43</sup>

Die Erschütterungsprognose erfolgt daher auf folgender Grundlage: <sup>B43</sup>

- 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 wesentliche Änderung vor, und die Anforderung an den Erschütterungsschutz wird eingehalten. Bei größeren vorhabensbedingten Erhöhungen der Erschütterungs-Immission sind Schutzmaßnahmen oder Entschädigungen zu prüfen.

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

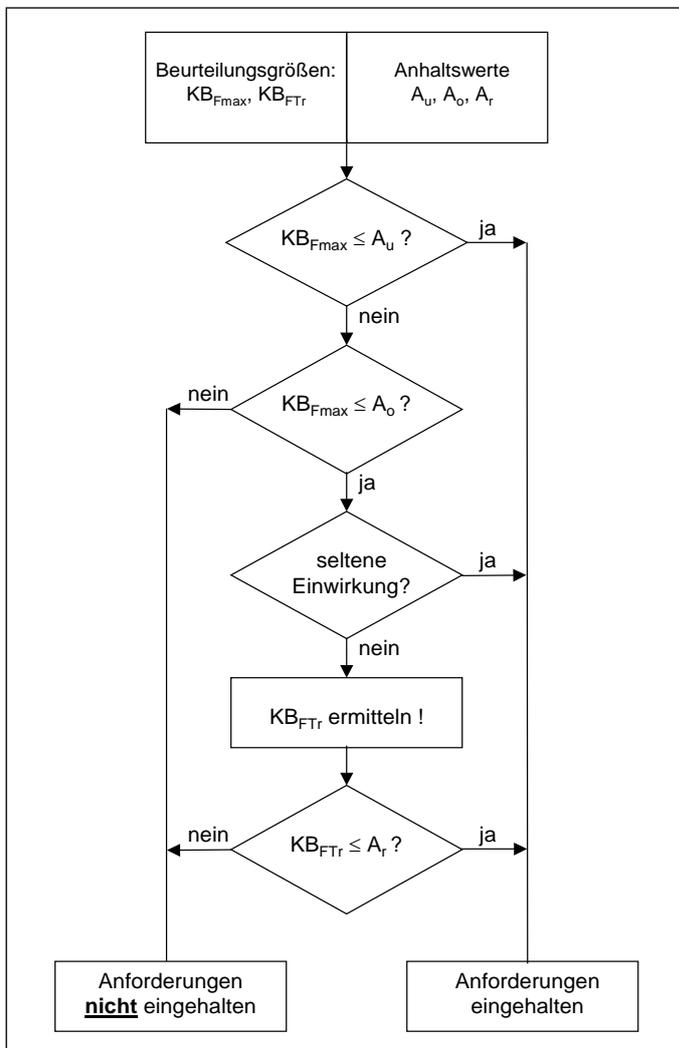


Abb. 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2 (Neubaustrecken)

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  $KB_{FTTr}$  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  $KB_{FTTr}$  und der Vergleich mit den in Tab. 1 aufgeführten Anhaltswerten für  $A_r$ .

### 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 [7] 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. 3 Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten zur Beurteilung der Wirkung auf Gebäude

- \* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens 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	Kurzeitige 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 - 10	8	20 **

Die durch Schienenverkehr an Gebäuden bewirkten Schwinggeschwindigkeiten unterschreiten nach allgemeiner fachlicher Erfahrung die o.g. Anhaltswerte deutlich.

### 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 entsprechend [11] 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:

Tab. 4 Aus der 24. BImSchV für die Raumnutzung abgeleitete höchstzulässige Innenpegel

Raumnutzung	Korrektursummand D in dB	zumutbarer Innen- raumpegel 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	

Dieses Vorgehen wird vom Bundesverwaltungsgericht (Urteil vom Dezember 2010 [12]) akzeptiert.

Eine Summierung und zusammenfassende Beurteilung von primärem und sekundärem Luftschall ist gemäß DB AG-Richtlinie 820.2050 [11], Festlegung des Eisenbahn-Bundesamtes und in der Rechtsprechung nicht vorgesehen.

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 ([11]):

	<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

## 4. Ausgangsdaten der 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 Messungen an Strecken mit vergleichbaren Zugattungen gewonnenen Emissionsspektren des Schienenverkehrs sowie die dabei ermittelten Ausbreitungsdämpfungen.

Die sich zwischen den Ausgangsdaten der Messung und dem konkreten Vorhaben ergebenden Parameteränderungen (z. B. Abstands- und Geschwindigkeitsänderungen, Zugzahlen) werden rechnerisch berücksichtigt.

Vom Auftraggeber wurden folgende Unterlagen bzw. Informationen als Grundlagen der Berechnungen übergeben:

- Vorhabensbeschreibung ([Erläuterungsbericht zur Planfeststellung, 30.04.2024](#) <sup>B88</sup>)
- Verkehrsbelegung und Fahrgeschwindigkeiten
- Trassierungsentwurf einschließlich angrenzender Bebauung

Nachfolgend werden die Ausgangsdaten für die Erschütterungsprognose beschrieben.

#### 4.1. Emissionsdaten des Straßenbahnverkehrs

Als Grundlage der Erschütterungsprognose stehen aus einer eigenen Messung an einem vergleichbaren Bestands-Streckenabschnitt in Berlin folgende Terzspektren zur Verfügung:

- Straßenbahnen mit 30 km/h, Baureihe GT6
- Oberbautyp NBS ("Neues Berliner Straßenbahngleis"), saniert/errichtet 2006

Straßenbahn-Baureihe und Oberbau-Typ der Emissionsmessung stimmen mit dem Neubauvorhaben überein. Die Messwerte der Bestandsstrecke beruhen auf Fahrzeugen von 30 m Länge (GT6). Die Fahrzeuglänge im künftigen Zustand (GT6 / GT8 mit 30 m / 40 m) geht in die Prognoserechnung der Schwingstärke KB nicht direkt ein. Berücksichtigt wird ein Zeittakt von 30 Sekunden je Vorbeifahrt, welcher die realen Vorbeifahrtzeiten beider Fahrzeugtypen sicher einschließt, vgl. 3.1 (Gleichung 1).

#### 4.2. Verkehrsbelegung

Das vom Auftraggeber für die Straßenbahnstrecke angegebene Verkehrsmengengerüst (Quelle: BVG [17]) im Plan-Zustand ist in nachfolgender Tabelle zusammenfassend enthalten:

Tab. 5 Betriebsprogramm für die Erschütterungsprognose

Abschnitt	Anzahl Fahrten		Geschwindigkeit (max.)	Fahrzeug-Typ
	tags	nachts		
<b>Westlich Ostkreuz/Sonntagstraße (Neubaustrecke, Linien 21+22)</b> <sup>B44, B97</sup>				GT6 / GT8 (30m / 40m) Annahme 50/50%- Aufteilung
Summe hin + rück	192	20 26	30 km/h	
<b>Östlich Ostkreuz/Marktstraße (Neubau)</b> <sup>B44, B8</sup>				
Summe hin + rück	474 192	20 26	30 km/h	
<b>Boxhagener Str./Holteistr./Wühlischstr. (Linie M13, Bestand)</b> <sup>B44</sup>				
Summe hin + rück	192	60	50 km/h	

In der Schallimmissionsprognose zum Vorhaben (siehe separater Bericht Nr. 16-3216/03) wurden die schalltechnischen Berechnungen gemäß der 16. BImSchV - Verkehrslärm-schutzverordnung mit einer Geschwindigkeit von  $v = 50$  km/h durchgeführt, um die erhöhte Geräuschabstrahlung von Weichenbereichen, Kreuzungen und Haltestellen zu berücksichtigen.

Im Bereich der im Rahmen des Vorhabens zu erneuernden Gleiskurven zur Wühlischstraße und Boxhagener Straße gilt eine maximal zulässige Geschwindigkeit von 15 km/h.

### 4.3. Prognoseverfahren

Für die Erschütterungsprognose wird der Zugverkehr entsprechend der angegebenen Verkehrsdaten auf die beiden Gleise mit dem jeweiligen Abstand zum Wohngebäude gelegt (typischer Abstand der Gleisachsen hier 3,0 m).

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 [15])
- 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  $KB_{FTm(Prog)}$  und der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr(Prog)}$  unter Berücksichtigung der Verkehrsmenge und Einwirkzeit
- bei Überschreitung der Anhaltswerte  $A_u$  nach DIN 4150-2: Berechnung der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts;
- Prognose des sekundären Luftschallpegels

Für die Erschütterungsprognose erfolgt im Bedarfsfall eine Umrechnung gemäß [15] von der bei den jeweiligen Emissionsmessungen gefahrenen Geschwindigkeit auf die Plan-Geschwindigkeit und eine Umrechnung des Abstandes zum Gebäude vom Emissions-Messpunkt auf den Plan-Zustand (vor dem untersuchten Gebäude).

Das Vorhaben wird in folgende Bereiche unterteilt: <sup>B45</sup>

Kurve Boxhagener Str. - Holteistraße - Kurve Wühlischstr.

= wesentliche Änderung

Holteistr. 6 - Sonntagstraße - Marktstraße

= **Neubau**

#### 4.4. 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

#### 4.5. 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. [Daher erfolgt bei der Berechnung der KB-Werte ein Zuschlag von +15% auf alle Einzahlwerte.](#)<sup>B46</sup>

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

## 5. Erschütterungsprognose Schienenverkehr und Bewertung

### 5.1. Plan-Zustand ohne Maßnahmen zur Erschütterungsminderung

Die erschütterungstechnischen Berechnungen wurden für alle Gebäude für Holz- und Massivdecken durchgeführt, da die Deckentypen nicht bekannt sind. Diese ergeben, dass in Wohngebäuden der Anhaltswert  $A_r$  nach DIN 4150-2 für Allgemeine Wohngebiete am Tage oder in der Nacht<sup>B49</sup> überschritten wird, wenn diese näher an der Gleisachse liegen als

**9,0 m**<sup>B46</sup> (Holzbalkendecken) bzw. **13,5 m**<sup>B46</sup> (Massivdecken)

Dies betrifft nahezu alle mehrgeschossigen Gebäude in der Holtei- und Sonntagstraße einschließlich der Eckgebäude zur Lenbach- und Böcklinstraße mit einem Abstand von 8,5 m.

~~In der Nacht wird der Anhaltswert  $A_r$  aufgrund der geringen Fahrzeugzahl eingehalten.~~<sup>B49</sup>

Der Richtwert für den zulässigen sekundären Luftschallpegel  $L_{sek}$  wird nachts in Gebäudetagen mit Massivdecken im Abstand 8,5 m um ca. 3 dB überschritten.

Tab. 6 Prognoseergebnis für Gebäude in 8,5 m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, ohne Minderung

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,5 m		Gebiet: W	
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	<b>0,44</b>	<b>0,11</b>	<b>0,05</b>	Prognoseergebnis	<b>45,1</b>	<b>34,1</b>	<b>27,3</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	ja	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,45</b>					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,5 m		Gebiet: W	
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	<b>0,83</b>	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>	Prognoseergebnis	<b>50,1</b>	<b>38,9</b>	<b>32,1</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	ja	ja	Überschreitung	-	nein	ja
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,84</b>					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

B97

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,5 m		Gebiet: W	
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	<b>0,44</b>	<b>0,117</b>	<b>0,061</b>	Prognoseergebnis	<b>45,1</b>	<b>34,2</b>	<b>28,6</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	ja	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,46</b>					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,5 m		Gebiet: W	
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	<b>0,83</b>	<b>0,219</b>	<b>0,114</b>	Prognoseergebnis	<b>50,1</b>	<b>39,1</b>	<b>33,4</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	ja	ja	Überschreitung	-	nein	ja
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,86</b>					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Trotz der geringen Abstände zwischen Gleis und Gebäuden liegen die für Fundament bzw. Geschosdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von  $v_{\max} < 1,0$  mm/s deutlich 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 daher mit hoher Sicherheit nicht zu erwarten.

Für die nächstgelegenen Gebäude mit bestehender Wohnnutzung (Sonntagstraße) ist eine detaillierte Prognoseberechnung in Anhang 3 dargestellt.

Nachfolgende Tabelle enthält die im Bereich der Straßenbahnstrecke befindlichen, zu betrachtenden Gebäude mit Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.

Tab. 7 Gebäude und Erschütterungsbewertung - **ohne bauliche Minderungsmaßnahmen**;

H = Holzbalkendecke, M = Massivdecke; Abstandsangaben zum jeweils nächstgelegenen Gleis <sup>B46, B47</sup>

Gebäude <sup>B47</sup>	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte $KB_{FT}$			Bewertung Mindestabstand
		Soll Holzbalkendecke	Soll Massivdecke	Ist Plan	
<del>Holteistraße 10, 11, 12, 13</del> Sonntagstraße 23 <sup>B96</sup> , 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	8,5 m	<del>H erfüllt</del> M nicht erf.
Lenbachstraße 8, Sonntagstr. 10, 11, 12, Wühlischstr. 9, Boxhagener Str. 47	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	9 - 9,5 m	H erfüllt M nicht erf.
Wühlischstr. 8, Holteistraße 26 (Kurve M13)	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 10,0$ m	$\geq 17,0$ m	4,5 m	<del>H und M</del> nicht erfüllt
<del>Holteistraße 10, 11, 12, 13</del> <del>Holteistraße 24, 24a, 25</del>	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 11,0$ m	$\geq 16,0$ m	9,5 m	<del>H erfüllt</del> nicht erfüllt
Boxhagener Str. 48, Holteistr. 23 (Kurve M13)	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 10,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 17,0$ m	<del>5,5</del> 5,0 m	<del>H und M</del> nicht erfüllt
Holteistraße 6 (Gaststätte)	Gewerbe Tag	<del><math>\geq 5,5</math> m</del> $\geq 6,0$ m	<del><math>\geq 7,5</math> m</del> $\geq 8,5$ m	9,5 m	für Gewerbe erfüllt
Sonntagstraße 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Lenbachstraße 7a, 13b, Böcklinstraße 6, Türschmidtstraße 1	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	10 - 13,5 m	H erfüllt M nicht erf.
Sonntagstraße 15, 22, Holteistraße 30	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	16 - 17 m	erfüllt
Marktstraße 13, Schreiberhauer Straße 48	Mischgebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 6,5</math> m</del> $\geq 7,5$ m	<del><math>\geq 9,5</math> m</del> $\geq 10,5$ m	15,5 m	erfüllt
Marktstraße 10	Jugendherberge Mischgebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 6,5</math> m</del> $\geq 7,5$ m	<del><math>\geq 9,5</math> m</del> $\geq 10,5$ m	17 m	erfüllt
Marktstraße 1, 2, Pfarrstraße 146, Neue Bahnhofstraße 36	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	23 - 34 m	erfüllt
Marktstraße 3	Schule Tag	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	23 m	erfüllt
Neue Bahnhofstraße 37 (ehem. Beamtenwohnhaus)	Bahngelände Tag	MI <del><math>\geq 6,5</math> m</del> $\geq 7,5$ m	MI <del><math>\geq 9,5</math> m</del> $\geq 10,5$ m	7,5 m	WA: H erfüllt M nicht erf., MI: H und M erfüllt

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Prognoseergebnisse unter Einbeziehung einer baulichen Maßnahme zur Erschütterungsminderung dargestellt.

### 5.2. Plan-Zustand mit Maßnahmen zur Erschütterungsminderung

Als erforderliche Minderung der Erschütterungs-Emission wurde im Rahmen der Prognose ermittelt: <sup>B50</sup>

**-6 dB im Frequenzbereich 40 - 100 Hz**

f in Hz	31,5	40	50	63	80	100
$\Delta L_v$ in dB	-6	-8	-10	-11	-12	-12

in der Holtei- und Sonntagstraße, einschließlich der Gleiskurven zur Wühlischstraße und Boxhagener Straße, vgl. S. 41 + Anh. 4.2

Im Bereich Marktstraße einschließlich der Einmündung Pfarr- und Türirschmidtstraße ist wegen der größeren Abstände zur Bebauung und in Teilen wegen der Einstufung als Mischgebiet keine Minderungsmaßnahme erforderlich.

Tab. 8 Gebäude und Erschütterungsbewertung - mit baulichen Minderungsmaßnahmen (farblich hinterlegter Bereich der Strecke); H = Holzbalkendecke, M = Massivdecke; <sup>1)</sup> für v = 15 km/h in der Kurve <sup>B50</sup>

Gebäude <sup>B47, B50</sup>	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte $KB_{FT}$			Bewertung Mindestabstand
		Soll <sup>B50</sup> Holzbalkendecke	Soll <sup>B50</sup> Massivdecke	Ist Plan	
Holteistraße 10, 11, 12, 13 Sonntagstraße 23 <sup>B96</sup> , 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 5,5$ m $\geq 4,5$ m	$\geq 8,0$ m $\geq 6,5$ m	8,5 m	erfüllt
Lenbachstraße 8, <del>Holteistraße 23, 24, 24a, 25, 26</del> , Sonntagstraße 10, 11, 12, Wühlischstr. 9, Boxhagener Str. 47	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 5,5$ m $\geq 4,5$ m	$\geq 8,0$ m $\geq 6,5$ m	9 - 9,5 m	erfüllt
Wühlischstr. 8, Holteistraße 26 (Kurve M13)	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 3,5$ m <sup>1)</sup>	$\geq 4,5$ m <sup>1)</sup>	4,5 m	erfüllt
Holteistraße 10, 11, 12, 13 Holteistraße 24, 24a, 25	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 5,5$ m	$\geq 8,0$ m	9,5 m	erfüllt
Boxhagener Str. 48, Holteistr. 23 (Kurve M13)	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 3,5$ m <sup>1)</sup>	$\geq 4,5$ m <sup>1)</sup>	5,5 m	erfüllt
Sonntagstraße 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Lenbachstraße 7a, 13b, Böcklinstraße 6	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 5,5$ m $\geq 4,5$ m	$\geq 8,0$ m $\geq 6,5$ m	10 - 13 m	erfüllt
Sonntagstraße 15, 22, Holteistraße 30	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 5,5$ m $\geq 4,5$ m	$\geq 8,0$ m $\geq 6,5$ m	16 - 17 m	erfüllt
Türirschmidtstraße 1	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	13,5 m	erfüllt
Marktstraße 13, Schreiberhauer Straße 48	Mischgebiet Tag + Nacht	$\geq 6,5$ m $\geq 7,5$ m	$\geq 9,5$ m $\geq 10,5$ m	15,5 m	erfüllt

Tab. 8 (Fortsetzung) <sup>B47, B50</sup>

Gebäude	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte $KB_{FTT}$			Bewertung Mindestabstand
		Soll Holzbal-kendecke	Soll Massiv-decke	Ist	
Marktstraße 10	Jugendherberge Mischgebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 6,5</math> m</del> $\geq 7,5$ m	<del><math>\geq 9,5</math> m</del> $\geq 10,5$ m	17 m	erfüllt
Marktstraße 1, 2, Pfarrstraße 146, Neue Bahnhofstraße 36	Wohngebiet Tag + Nacht	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	23 - 34 m	erfüllt
Marktstraße 3	Schule Tag	<del><math>\geq 8,0</math> m</del> $\geq 9,0$ m	<del><math>\geq 11,5</math> m</del> $\geq 13,5$ m	23 m	erfüllt
Neue Bahnhofstraße 37 (ehem. Beamtenwohnhaus)	Mischgebiet Tag	<del><math>\geq 6,5</math> m</del> $\geq 7,5$ m	<del><math>\geq 9,5</math> m</del> $\geq 10,5$ m	7,5 m	H erfüllt M nicht erf.

Für die nächstgelegenen Gebäude mit bestehender Wohnnutzung sind detaillierte Prognoseberechnungen in Anhang 4 enthalten, sowie Lagepläne mit Abstandslinien für Holzbalken- und Massivdecken, bei denen der Anhaltswert  $A_r$  für Wohngebiete eingehalten wird (Anhang 4.2).

Die Minderungswirkung versteht sich im Vergleich zu einem gleichartigen Oberbau ohne Einbau elastischer Schichten.

Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst:

Tab. 9 Prognoseergebnis für Gebäude in  $\geq 8,0$  m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, Baubereich mit Minderungsmaßnahme, 30 km/h <sup>B46, B47, B50</sup>

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,0 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTT, Tag}$	$KB_{FTT, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	0,24	0,06	0,03	Prognoseergebnis	42,7	31,7	24,9
Anhaltswert $A_{W, A_r}$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,15	0,11	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:	Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB)		
Prognoseergebnis	0,17	0,28					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,0 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTT, Tag}$	$KB_{FTT, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
Prognoseergebnis	0,40	0,10	0,05	Prognoseergebnis	47,1	35,8	29,0
Anhaltswert $A_{W, A_r}$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,15	0,11	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:	Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB)		
Prognoseergebnis	0,17	0,47					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Tab. 9 Prognoseergebnis für Gebäude in  $\geq 8,5$  m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, Baubereich mit Minderungsmaßnahme, 30 km/h B46, B47, B50, B97

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sekM</sub>	L <sub>sekL</sub>
Prognoseergebnis	<b>0,16</b>	<b>0,043</b>	<b>0,023</b>	Prognoseergebnis	<b>39,6</b>	<b>28,8</b>	<b>23,1</b>
Anhaltswert A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,09</b>	<b>0,17</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sekM</sub>	L <sub>sekL</sub>
Prognoseergebnis	<b>0,25</b>	<b>0,066</b>	<b>0,034</b>	Prognoseergebnis	<b>43,4</b>	<b>32,3</b>	<b>26,7</b>
Anhaltswert A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,09</b>	<b>0,26</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Tab. 10 Prognoseergebnis für Gebäude in  $\geq 4,5$  m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, Baubereich mit Minderungsmaßnahme, 15 km/h im Kurvenbereich

Wühlfischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				4,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sekM</sub>	L <sub>sekL</sub>
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	Prognoseergebnis	<b>44,0</b>	<b>32,4</b>	<b>25,6</b>
Anhaltswert A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,15	0,11	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,24</b>	<b>0,32</b>		Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					
Wühlfischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				4,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sekmax</sub>	L <sub>sekM</sub>	L <sub>sekL</sub>
Prognoseergebnis	<b>0,55</b>	<b>0,13</b>	<b>0,06</b>	Prognoseergebnis	<b>48,8</b>	<b>36,9</b>	<b>30,0</b>
Anhaltswert A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,15	0,11	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,21</b>	<b>0,59</b>		Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Tab. 10 Prognoseergebnis für Gebäude in > 4,5 m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, Baubereich mit Minderungsmaßnahme, 15 km/h im Kurvenbereich <sup>B46, B47, B50, B97</sup>

Wühlichstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Deckenmitte				Holzbalkendecke	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m,T</sub>	L <sub>sek,m,N</sub>
Anhaltswert A <sub>uNacht</sub> , A <sub>v</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	0,35	0,088	0,070	Prognoseergebnis Null-Fall	44,2	33,0	31,0
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,20	0,061	0,043	Prognoseergebnis Plan-Fall	41,4	31,8	28,7
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
			-31%				-1,1 dB
			-38%				-2,2 dB
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Plan-Fall mit 30 / 15 km/h			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,13	0,24		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 6,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Wühlichstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Deckenmitte				Massivdecke	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr, Tag</sub>	KB <sub>FTr, Nacht</sub>	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m,T</sub>	L <sub>sek,m,N</sub>
Anhaltswert A <sub>uNacht</sub> , A <sub>v</sub> nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	0,67	0,17	0,13	Prognoseergebnis Null-Fall	49,0	37,5	35,5
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	ja	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,37	0,102	0,074	Prognoseergebnis Plan-Fall	45,6	35,5	32,5
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	ja
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
			-38%				-2,0 dB
			-44%				-3,0 dB
<b>Schwinggeschwindigkeit v<sub>max</sub> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage: Plan-Fall mit 30 / 15 km/h			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,13	0,40		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 6,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Mit der unter 5.2 benannten Wirkung einer baulichen Maßnahme zum Erschütterungsschutz wird im Bereich der bestehenden Strecke M13 das Kriterium "keine vorhabensbedingte Erhöhung der KB-Werte um mehr als 25%" sicher eingehalten. Darüber hinaus werden auch die Anhaltswerte A<sub>v</sub> nach DIN 4150-2 tags und nachts eingehalten.

### Zusammenfassende Bewertung - Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

In Wohngebäuden im Bereich mit der o. g. Erschütterungsschutz-Maßnahme wird der Anhaltswert  $A_r$  nach DIN 4150-2 am Tage überschritten, wenn diese näher an der Gleisachse liegen als

~~5,5 m~~ **4,5 m** (Holzbalkendecken) bzw. ~~8,0 m~~ **6,5 m** (Massivdecken) <sup>B47, B50</sup>

für Allgemeine Wohngebiete **im Bereich Sonntagstraße (Neubau) bzw.**

~~4,5 m (Holzbalkendecken) bzw. 6,5 m (Massivdecken) für Mischgebiete.~~

**5,5 m (Holzbalkendecken) bzw. 8,0 m (Massivdecken)** <sup>B47, B50</sup>

**für Allgemeine Wohngebiete im Bereich Holteistraße (Änderung).**

Im Bereich der Gleiskurven zur Wühlischstraße und Boxhagener Straße gilt dies für:

**3,5 m (Holzbalkendecken) bzw. 4,5 m (Massivdecken)** für Allgemeine Wohngebiete

Alle mehrgeschossigen Gebäude mit Wohnungen oder vergleichbarer Nutzung in der Nachbarschaft des Bauvorhabens liegen in **diesem Mindestabstand oder einem** größerem Abstand. Daher wird mit einer Oberbau-Ausführung, welche die beschriebene Minderungswirkung aufweist, der Anhaltswert  $A_r$  (Tag) **und der für die Nacht** vollständig eingehalten.

~~In der Nacht wird der Anhaltswert  $A_r$  aufgrund der geringen Fahrzeugzahl sicher eingehalten.~~

Der Richtwert für den zulässigen sekundären Luftschallpegel  $L_{\text{sek}}$  wird ebenfalls **mit Ausnahme der nächstgelegenen Gebäude in der Holteistraße (Überschreitung bei Massivdecken nachts um ca. 2 dB)** <sup>B48</sup> eingehalten.

Die für die nächstgelegenen Wohngebäude berechneten maximalen bewerteten Schwingstärken von  $KB_{\text{Fmax}} =$ ~~0,21~~ **0,24** (Holzbalkendecke) bzw.  $KB_{\text{Fmax}} =$ ~~0,36~~ **0,41** (Massivdecke) überschreiten die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Wohngebiete von  $A_u =$ ~~0,23~~ **0,225** tags und  $A_u = 0,15$  nachts. Dies ist zulässig, da nachgewiesen wird, dass die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{\text{FT}}$  die zugehörigen Anhaltswerte  $A_r$  nicht überschreitet (vgl. Schema Abb. 1 auf Seite 7). Erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen aus dem Straßenbahnbetrieb sind somit nicht zu erwarten.

Das Gebäude Neue Bahnhofstraße 37 (derzeit leerstehend) ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht für eine schutzbedürftige Nutzung vorgesehen. Die DB Netz AG beabsichtigt den Verkauf des Gebäudes, alle Bewerber planen dort Gewerberäume und im EG Gastronomie. Wohnungen sind nicht vorgesehen. Die Anhaltswerte für Gewerbegebiete werden tags und nachts ohne Erschütterungs-Minderungsmaßnahme eingehalten. Gebäudeschäden können auch hier sicher ausgeschlossen werden.

### Zusammenfassende Bewertung - Gebäudeschäden

Auch die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von jeweils  $v_{\max} < 0,5$  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.

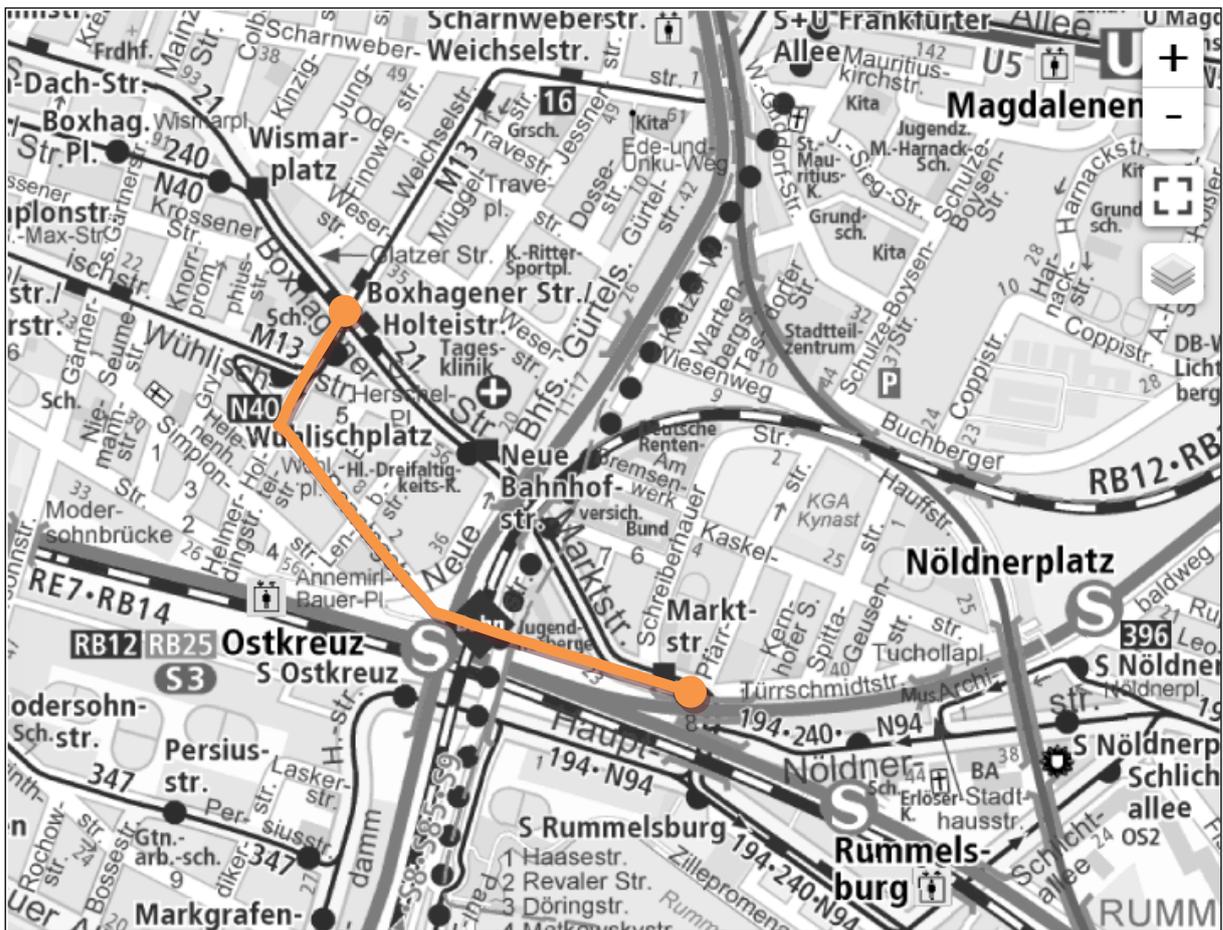
Gebäudeschäden sind durch den Straßenbahnverkehr daher mit hoher Sicherheit nicht zu erwarten.

## 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) i. d. F. der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S.1274), zuletzt geändert ~~2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943)~~ 19.10.2022 <sup>B88</sup>
- [3] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO); BGBl. I, S. 133 vom 26.01.1990, zuletzt geändert durch ~~Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1057)~~ Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 <sup>B88</sup>
- [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 Magnetschwebebahnen, Teil VI Schutz vor Schallimmissionen aus Schienenverkehr; Eisenbahn-Bundesamt Berlin; Dezember 2012
- [6] DIN 4150; Teil 2; Juni 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [7] DIN 4150; Teil 3; Dezember 2016: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [8] DIN 45672-1; Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenwegen; Teil 1: Messverfahren; Dezember 2009
- [9] DIN 45669-2; Messung von Schwingungsimmissionen, T. 2: Messverfahren, Juni 2005
- [10] VDI 3837; Erschütterung in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen, Januar 2013
- [11] Erschütterungen und sekundärer Luftschall; Richtlinie 820.2050, Deutsche Bahn AG, Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, 15.09.2017
- [12] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes Az. BVerwG 7A14.09 vom 21.12.2010
- [13] VDI 2057 Blatt 3; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung; Ausgabe Mai 1987
- [14] Keil, Koch, Garburg: Schutz vor Lärm und Erschütterungen, in: Handbuch Eisenbahninfrastruktur, S. 785ff., Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2007
- [15] Krüger, F. u.a.: Schall- u. Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, expert-Verlag, Renningen, 2001; S. 451
- [16] Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg, Schlussbericht, DB Netz AG, Frankfurt/M., 15.06.2012
- [17] Betriebsprogramm ~~Westlich Ostkreuz/Sonntagstraße und östlich Ostkreuz / Marktstraße, Stand 29.02.2016, Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) + E-Mail SenUVK, Abt. IV Ref. A, Frau Fronzke, vom 06.07.2017~~ NBS Ostkreuz, Stand 16.11.2023, Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) und Bestätigung SenMVKU Berlin, 21.12.2023 <sup>B97</sup>
- [18] Betriebsprogramm Linie M13, Abschnitt Holteistraße; Stand 01/2019 (Basis Rahmenfahrplan 2018), Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), 14.01.2019 <sup>B44</sup>

## 7. Anhänge

### Anhang 1 Übersichtslageplan



Bildquelle: Berliner Verkehrsbetriebe



VCDB, Übersichts-Lageplan 1:500 (verkleinerte Darstellung)

## Anhang 2 Emissionsdaten der Straßenbahn

### Anhang 2.1 Emissionsspektrum des Straßenbahnverkehrs

#### Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

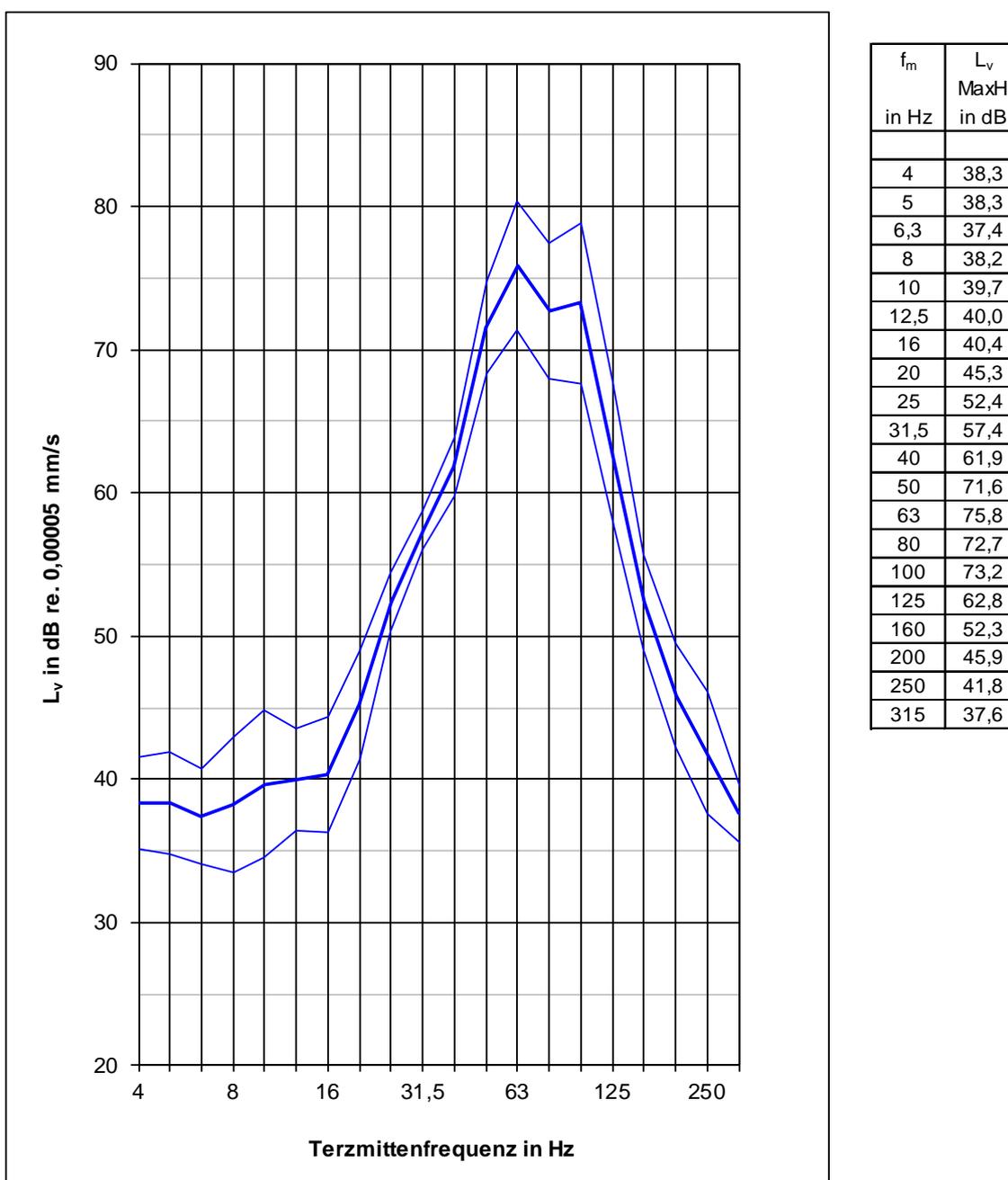
Messobjekt: Erdboden, Kastanienallee 7/9, 10435 Berlin

Datum: 13.10.2016

Zuggattung: **15xx / 10xx, Linien M1 und 12** Geschwindigkeit: 27 - 34 km/h

Gleis: **Richtung Mitte / Am Kupfergraben** Vorbeifahrten: 7

Messpunkt: **MP 1z - 8 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

## Messprotokoll der Erschütterungs-Emissionsmessung

### Allgemeine Angaben

Messpersonal: Dipl.-Ing. (FH) Bianca Ulfik  
Dipl.-Ing. Lorenz Wiedemann  
Tim Scheurer (Messgehilfe cdf)

Ort: 10435 Berlin, Kastanienallee 7/9

Datum, Zeit: 13.10.2016, 11:30 - 13:30 Uhr

### Gegenstand der Messungen

- DIN 45672 Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen  
Teil 1 - Messverfahren, Ausgabe 09/91 [8]  
Teil 2 - Auswerteverfahren, Ausgabe 07/95

### Betriebsbedingungen, Oberbau

- Messung während Straßenbahn-Vorbeifahrten (Regelbetrieb) in der Richtung Mitte / Am Kupfergraben (nächstgelegenes Gleis)  
Linien M1, M12 mit der Fahrzeugreihe GT6
- Oberbau-Typ "NBS" (Neues Berliner Straßenbahngleis), saniert/errichtet 2006

### I. Messgeräte

Funktion	Typ	Serien-Nr.	Fabrikat
Schwingungsmessgerät 2 mit 4 x 1D-Geophon	SMK-1	00620290	Dr. Kebe
Radar-Geschwindigkeitsmesser	Speedster III	Bushnell	5830A-1019210
PC-Messsystem	MEDA	MEDA 2016-1	WÖLFEL Monitoring Systems

Die verwendeten Messaufnehmer entsprechen der Klasse 2 nach DIN 45669-1. Die letzte Kalibrierung mithilfe eines akkreditierten Kalibrierlaboratoriums erfolgte am 05.06.2014. Die Funktionsfähigkeit der Messkette wurde am Messort mittels Probeanregung (Klopfest) überprüft.

## Durchführung der Messungen

- Messung des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit  $v$  jeweils während der Straßenbahn-Vorbeifahrt
- Speicherung auf PC
- Berechnung der MAX HOLD-Terzspektren  $L_v$  und der bewerteten Schwingstärke  $KB$
- Messung der Fahrtgeschwindigkeit

## Messpunkte

- Erdspeiß im Boden, 8 m, 16 m, 32 m und 62 m zur nächstgelegenen Gleisachse; Messung in z-Richtung (vertikal)

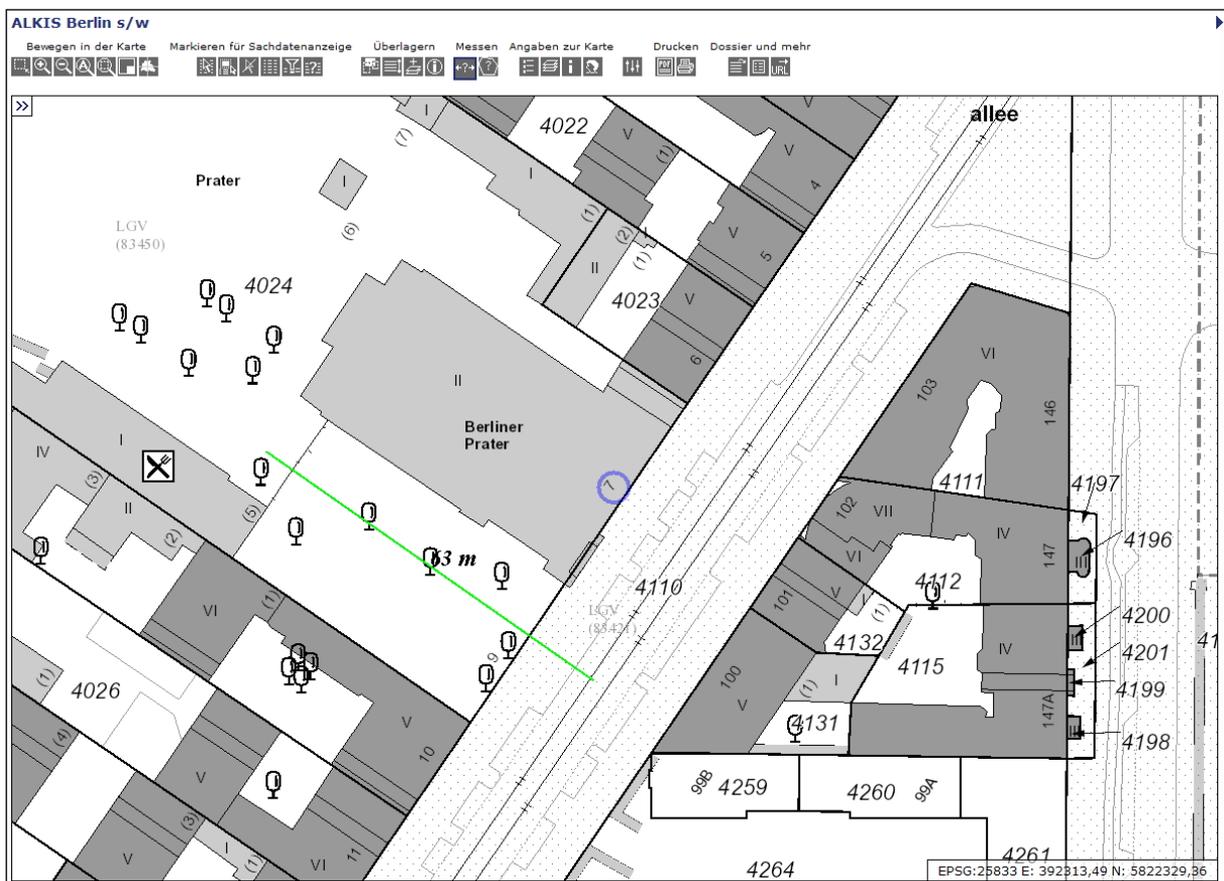


Abb. 2 Lageplan des Messortes (Messpunkte entlang der grün dargestellten Linie)

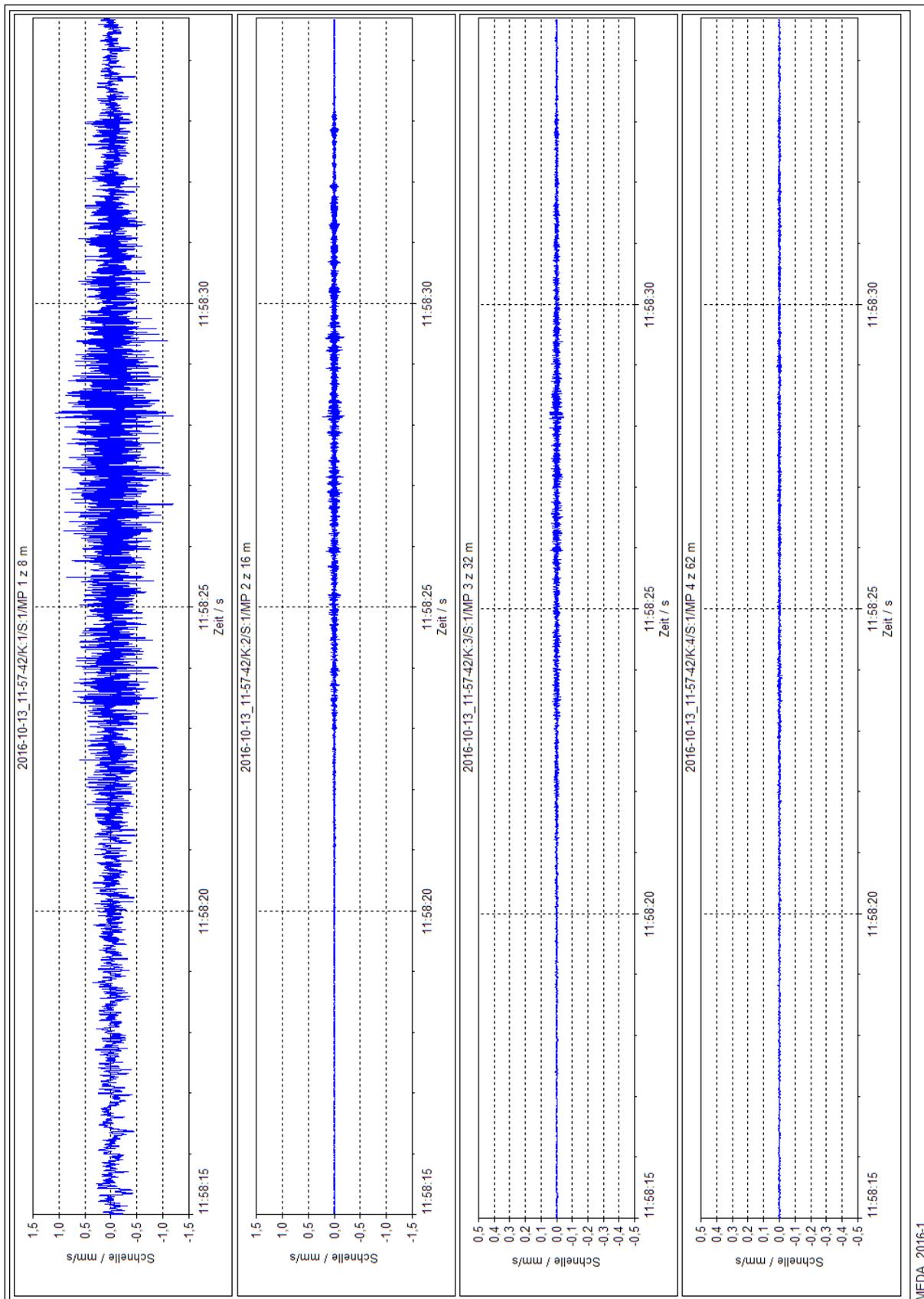


Abb. 3 Messaufnehmer in 8 m Abstand



Abb. 4 Gleiszustand zum Zeitpunkt der Messung

### Schwingungsgeschwindigkeits-Zeitverlauf einer ausgewählten Vorbeifahrt



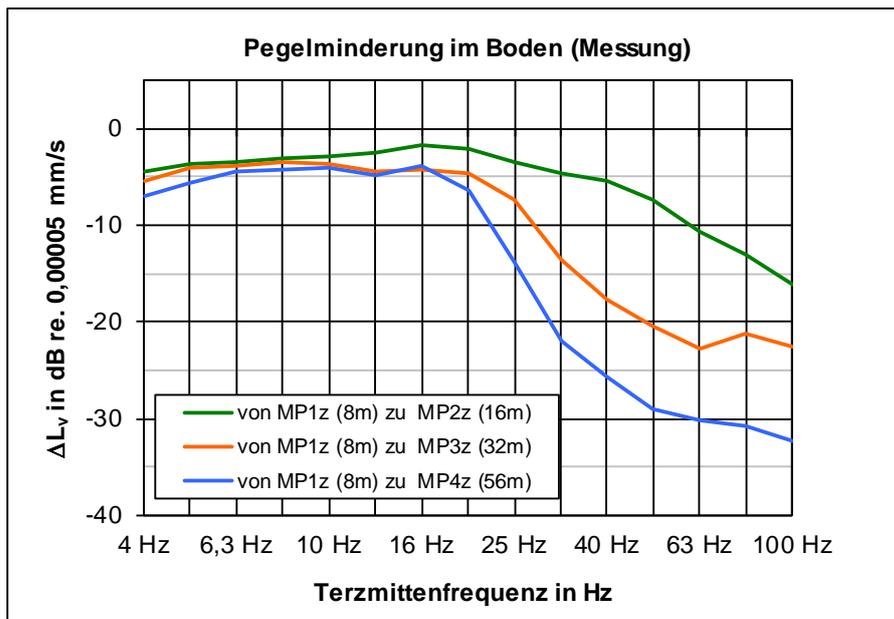
## Anhang 2.2 Ausbreitungsdämpfung des Erdbodens

### Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) vom 8 m-Messpunkt aus

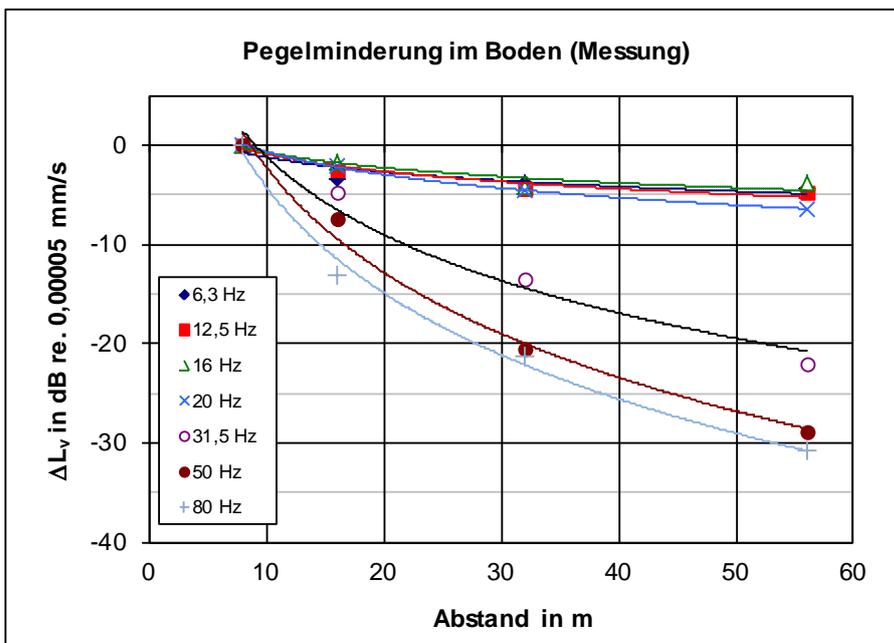
Messobjekt: Erdboden, Kastanienallee 7/9, 10435 Berlin

Datum: 13.10.2016

Gleis: Richtung Mitte / Am Kupfergraben

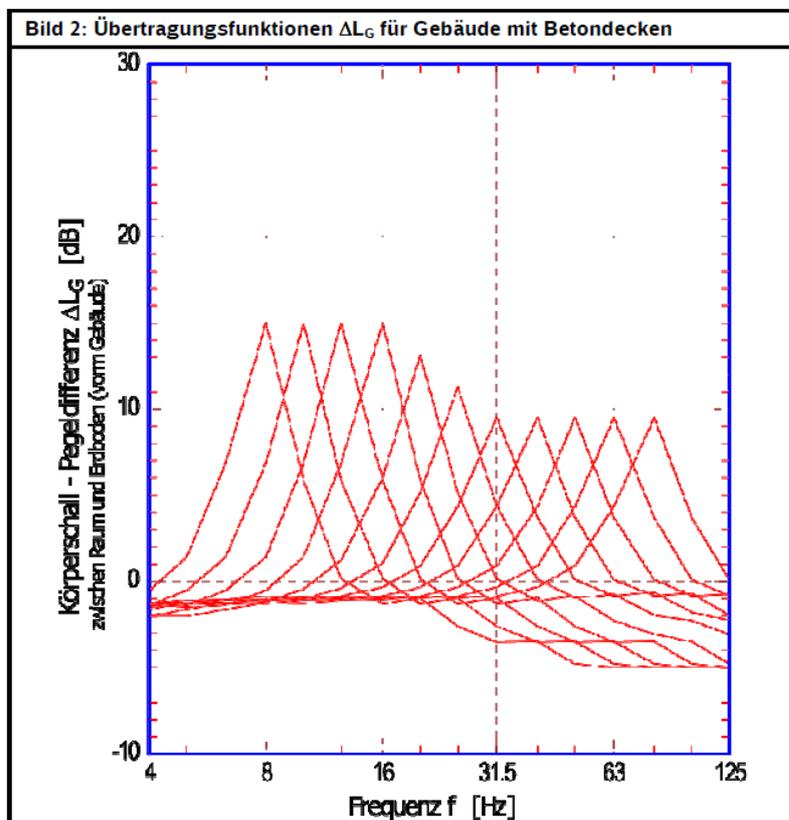
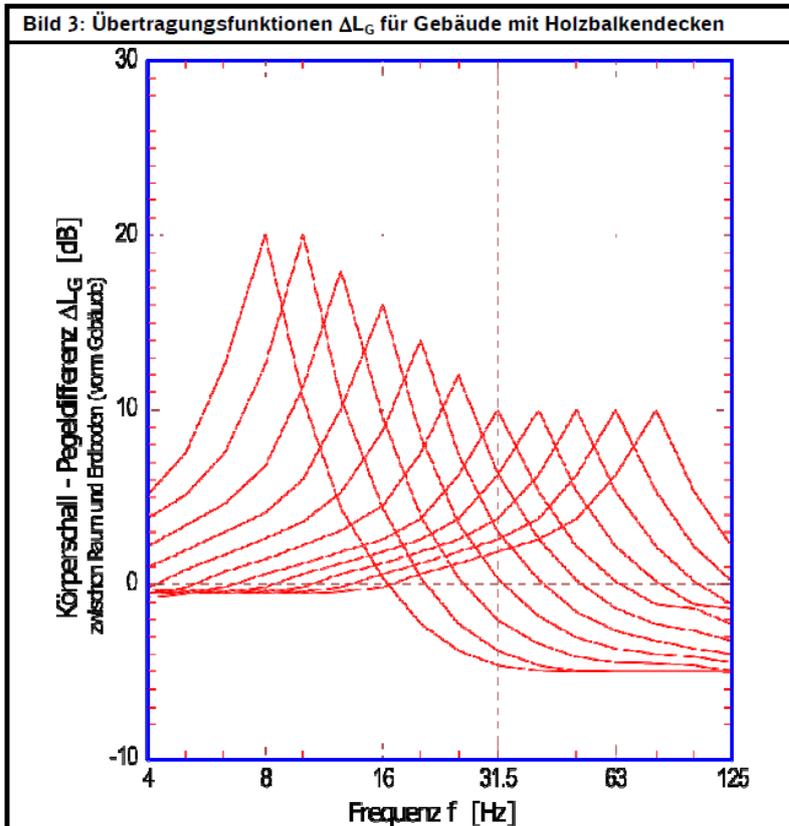


logarithmische Trendlinien der Ausbreitungsdämpfung, ausgewählte Terzbänder



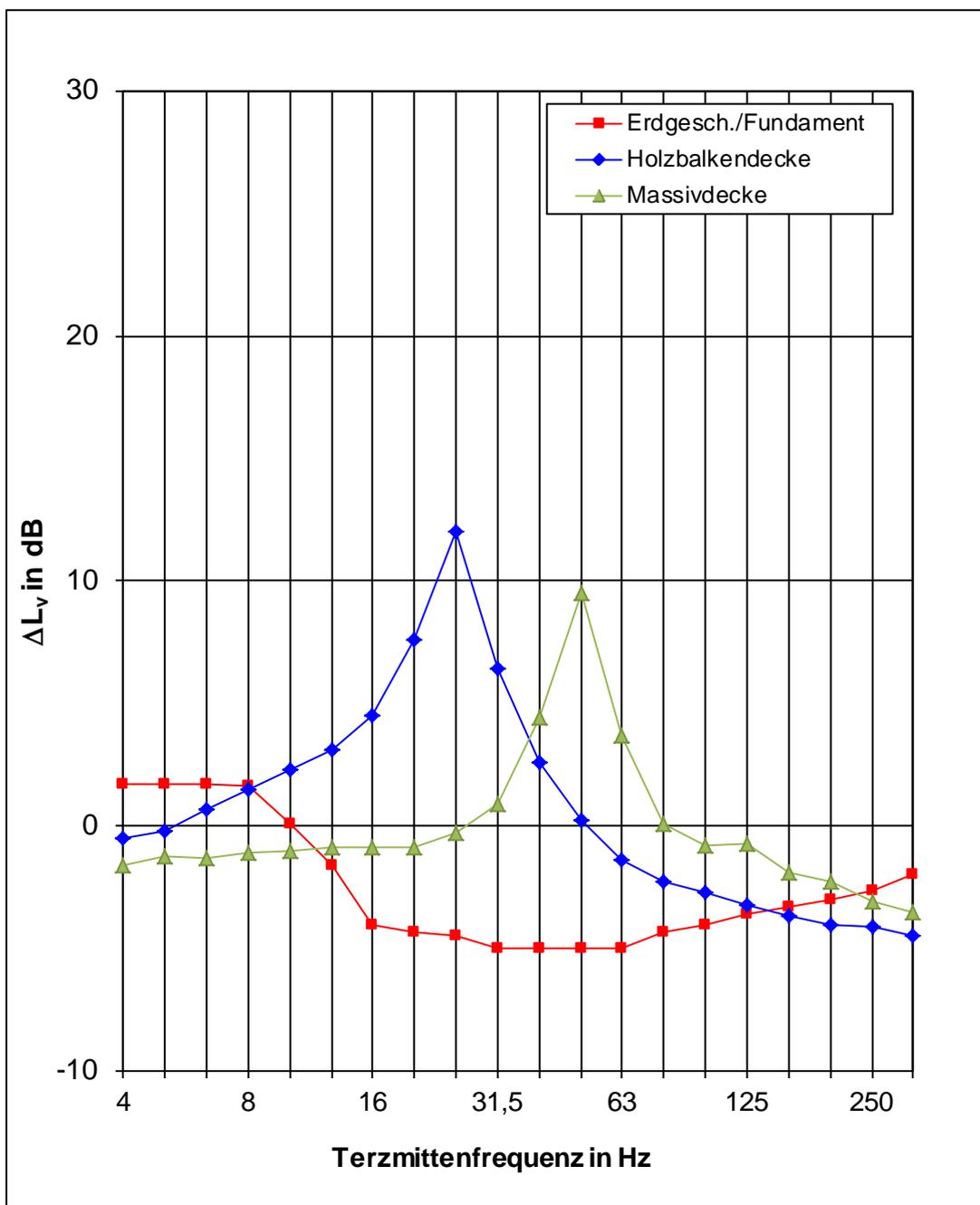
Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren ( $L_{v,eq}$ ); >0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

### 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/Erdgeschoss (nach: LIS-Berichte; Nr. 107 - Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, NRW 1992, Bild 7.8a)



### Anhang 3 Erschütterungsprognose ohne Minderungsmaßnahmen

#### Anhang 3.1 Prognose für nächstgelegene Gebäude

B97

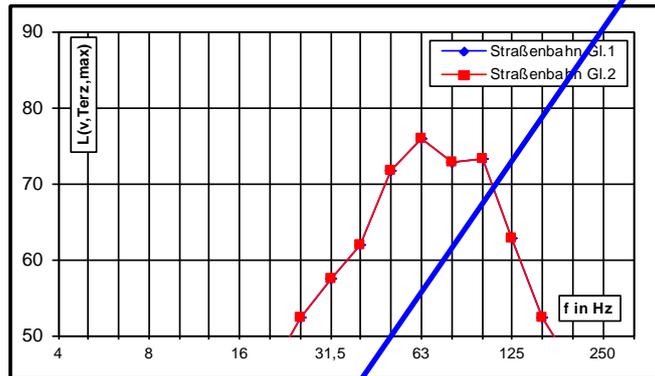
##### Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)		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 $A_u$				0,23	0,15
oberer Anhaltswert $A_o$				3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$				<b>0,11</b>	<b>0,08</b>

##### Anregung/Quelle

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

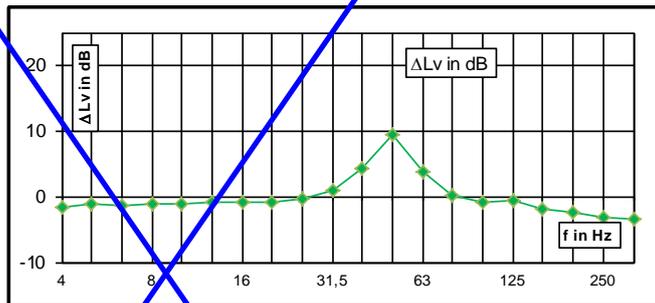
Emissionsspektrum	Zugtyp	v in km/h	Anzahl Züge	
			Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1		30	96	10
Straßenbahn Gl.2		30	96	10
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung				



##### Übertragungsweg

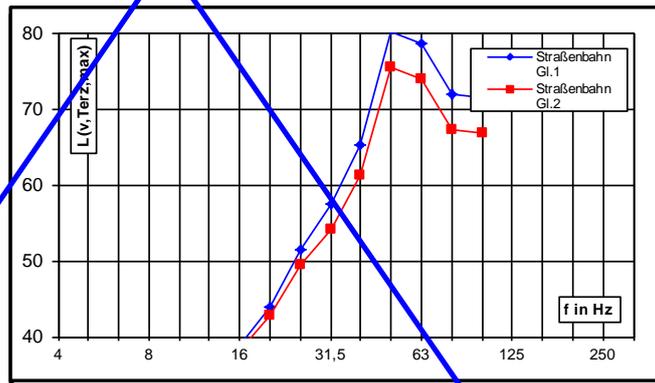
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	8,5 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
Straßenbahn Gl.1	0,72	0,16	0,07
Straßenbahn Gl.2	0,42	0,09	0,04
gesamt	<b>0,72</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>
	Tag	Nacht
50,1	<b>38,9</b>	<b>32,1</b>

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
ja	ja	nein	ja	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	v <sub>max</sub> =	0,30	mm/s
auf der Geschossdecke	v <sub>max</sub> =	0,84	mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Planfall ohne Maßnahme

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

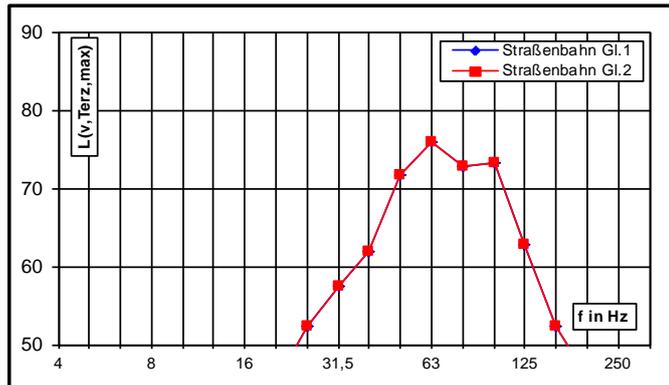
<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13

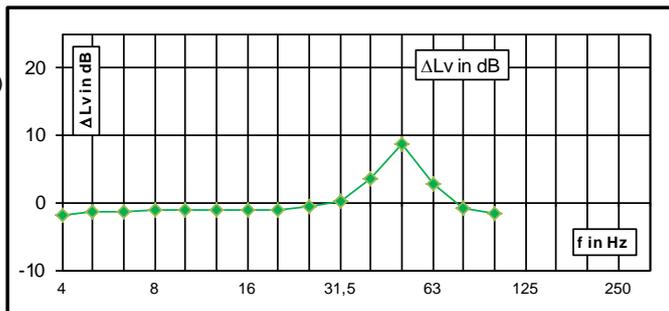
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung



**Übertragungsweg**

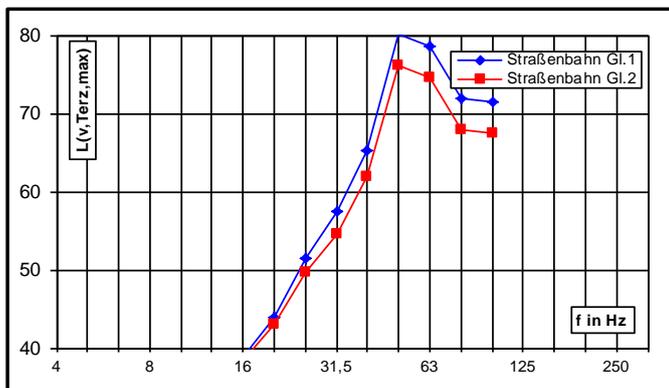
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(\text{8m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

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



Bewertete Schwingstärke KB			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,83	0,185	0,096
Straßenbahn Gl.2	0,52	0,117	0,061
gesamt	0,83	0,219	0,114

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
50,1	39,1	33,4

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,30 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,86 mm/s

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

B97

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Planfall

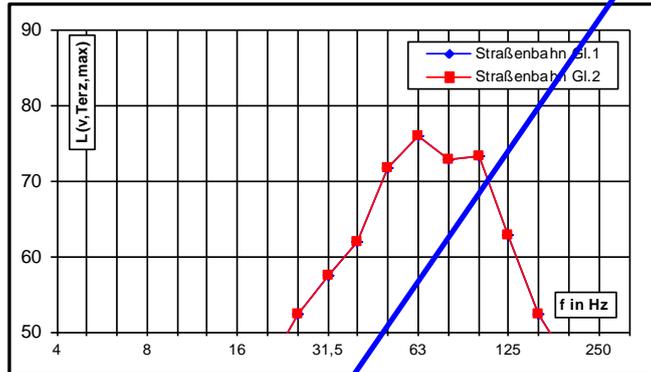
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
	unterer Anhaltswert $A_u$	0,23	0,15
	oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
	Anhaltswert $A_r$	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>

**Anregung/Quelle**

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

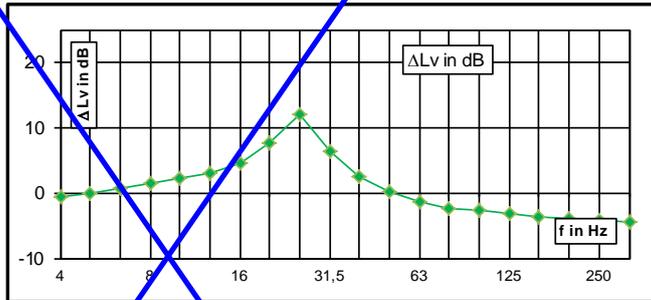
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	30	96	10
Straßenbahn Gl.2	30	96	10
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			



**Übertragungsweg**

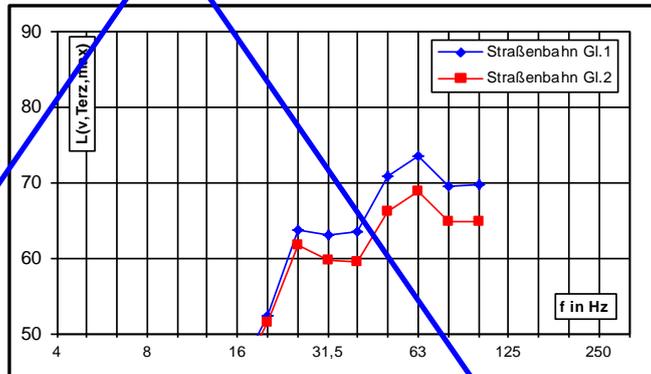
$\Delta L_v = L_v(I0) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



**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
Straßenbahn Gl.1	0,38	0,09	0,04
Straßenbahn Gl.2	0,23	0,05	0,02
gesamt	<b>0,38</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>

Sekundärer Luftschall			in dB(A)	
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht		
45,1	<b>34,1</b>	<b>27,3</b>		

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	$v_{max} =$	0,30 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,45 mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall ohne Maßnahme

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

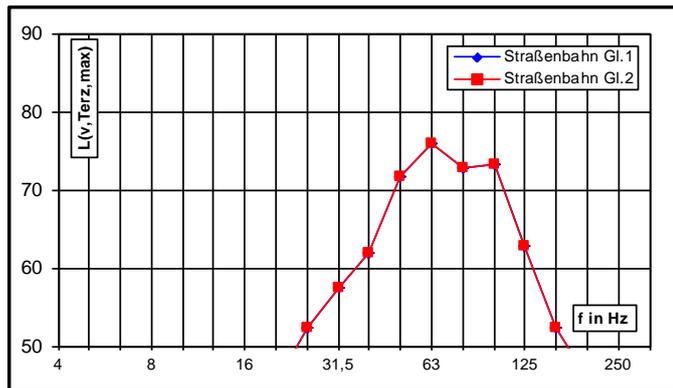
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
unterer Anhaltswert $A_u$	tags	nachts
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13

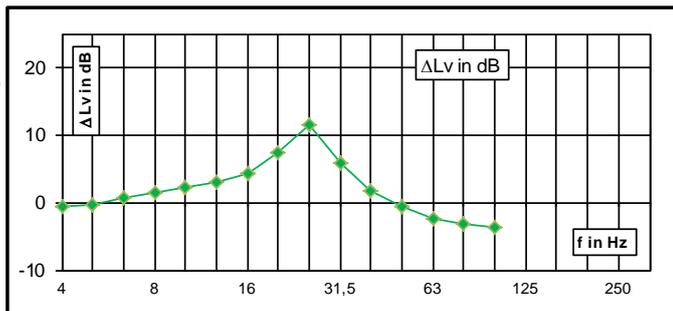
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung



**Übertragungsweg**

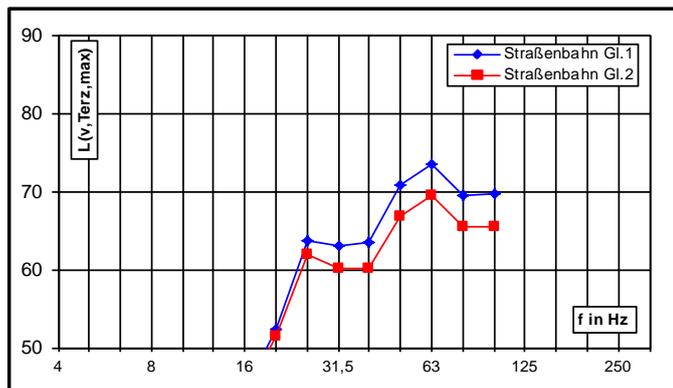
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(\text{8m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



**Erschütterungs-Immission**

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



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,44	0,099	0,051
Straßenbahn Gl.2	0,28	0,064	0,033
gesamt	<b>0,44</b>	<b>0,117</b>	<b>0,061</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
45,1	34,2	28,6

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_i$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_{o0}$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,30 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,46 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 Einwirkungsbereich - betroffene Gebäude (Planfall)

### Gebäude im Einwirkungsbereich von Straßenbahn-Erschütterungen

"x": Anhaltswert für Wohngebiete  $A_r = 0,14 \ 0,105$  (Tag) oder  $A_r = 0,08 \ 0,075$  (Nacht) nach DIN 4150-3 im Plan-Zustand **ohne Minderungsmaßnahmen** durch  $KB_{FTT}$  überschritten <sup>B49</sup>

$d_{min}$ , Plan = Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse <sup>K)</sup> im Kurvenbereich

$d_{min}$ , Plan in m	Gebäude liegt im Über- schreibungsbereich für Deckentyp:		Straße, Haus-Nr.	Gebiets- einstufung
	Holzbalken	massiv		
9,5 (4,5 <sup>K)</sup> )	(↔) x x	x x	Holteistraße 23 <sup>K)</sup> , 24, 24a, 25, 26 <sup>K)</sup> Wühlischstr. 8 <sup>K)</sup> , 9, Boxhagener Str. 47, 48 <sup>K)</sup>	WA
8,5	(↔) <sup>2)</sup> x	x	Holteistraße 10, 11, 12, 13	WA
9,5	-	x	Holteistraße 6 (Gaststätte)	WA
16,5	-	-	Sonntagstraße 22	WA
16,5	-	-	Holteistraße 30	WA
8,5	(↔) <sup>2)</sup> x	x	Sonntagstraße 23 <sup>B96</sup> , 24, 25, 26	WA
17	-	-	Sonntagstraße 15	WA
11	-	x	Böcklinstraße 6	WA
8,5	(↔) <sup>2)</sup> x	x	Sonntagstraße 27, 28, 29, 30, 31	WA
9,5	-	x	Sonntagstraße 10, 11, 12	WA
10	-	x	Sonntagstraße 8, 9	WA
9	(↔) x	x	Lenbachstraße 8	WA
10	-	x	Lenbachstraße 13b	WA
13	-	(↔) x	Lenbachstraße 7a	WA
10	-	x	Sonntagstraße 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	WA
34	-	-	Neue Bahnhofstraße 36	WA
7	x	x	Neue Bahnhofstraße 37 <sup>1)</sup>	Bahngelände
17	-	-	Marktstraße 10 (Jugendherberge)	MI
15,5	-	-	Marktstraße 13	MI
33	-	-	Schreiberhauer Straße 48	MI
23	-	-	Marktstraße 1, 2, 3 (Schule)	WA/Sch
25	-	-	Pfarrstraße 146	WA
13,5	-	-	Türschmidtstraße 1	WA

<sup>1)</sup> Schutzanspruch entsprechend voraussichtlicher Nutzung nur am Tage (Büro u. ä.)

<sup>2)</sup> im Grenzbereich, aufgrund von Prognosegenauigkeit als betroffen einzustufen

Abstandslinien für die Einhaltung von  $A_r$  (Tag + Nacht), ohne Minderungsmaßnahmen: <sup>B49, B50</sup>

Abschnitt "Neubau" (Sonntagstr. bis Ende BV)	Wohngebiet, $A_{rT} = 0,14 \ 0,105$	Mischgebiet, $A_{rT} = 0,15$	Gewerbegebiet, $A_{rT} = 0,225$
Holzbalkendecke (Resonanzfreq. 25 Hz)	$d_{min} = 8,9 \ 9,0 \text{ m}$	$d_{min} = 6,5 \ 7,5 \text{ m}$	$d_{min} = 5,5 \ 6,0 \text{ m}$
Massivdecke (Resonanzfreq. 50 Hz)	$d_{min} = 11,5 \ 13,5 \text{ m}$	$d_{min} = 9,5 \ 10,5 \text{ m}$	$d_{min} = 7,5 \ 8,5 \text{ m}$

Abstandslinien für die Einhaltung von  $v_{max} = 3 \text{ mm/s}$ , ohne Minderungsmaßnahmen:

(empfindlichste Gebäudekategorie nach DIN 4150-2)  $d_{min} = 2,2 \text{ m}$

Abstandslinien für die Einhaltung von  $A_r$ , ohne Minderungsmaßnahmen: B45, B49, B50

Abschnitt "Änderung" (Holteistr. mit M13 zwischen Wühlischstr. und Boxberger Str.)	Wohngebiet, $A_{rT} = 0,105$
Holzbalkendecke (Resonanzfreq. 25 Hz)	$d_{min} = 11,0$ m
Massivdecke (Resonanzfreq. 50 Hz)	$d_{min} = 16,0$ m

### Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr Mindestabstand zur Einhaltung von $A_r$

**Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin**      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Planfall

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

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13

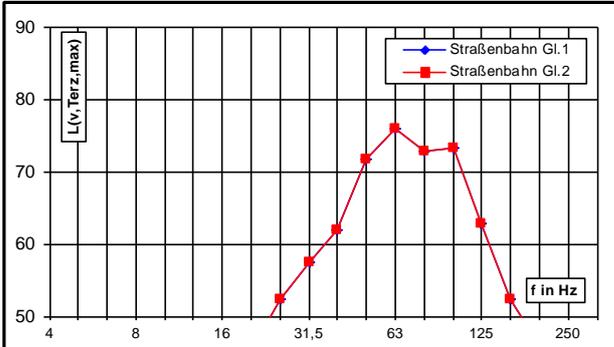
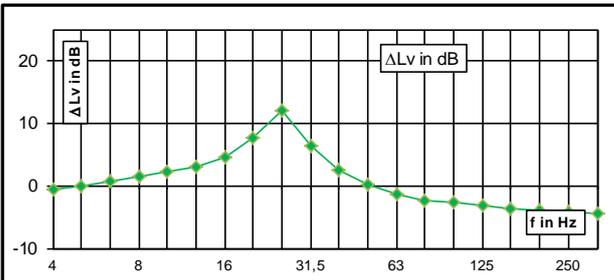
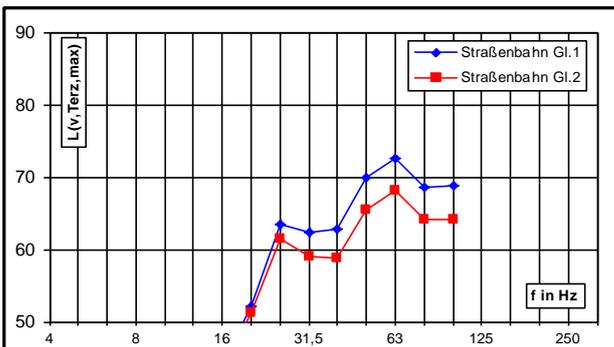
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung

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

Gebäudeabstand	9,0 m
Deckentyp	Holzbalkendecke

ohne Maßnahme

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

Bewertete Schwingstärke KB				Sekundärer Luftschall in dB(A)		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,40	0,089	0,047	44,7	33,7	28,0
Straßenbahn Gl.2	0,25	0,055	0,029			
gesamt	<b>0,40</b>	<b>0,105</b>	<b>0,055</b>			

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

<b>Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr</b>		Mindestabstand zur Einhaltung von $A_r$	
<b>Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin</b>		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	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 $A_u$	0,225    0,150
		oberer Anhaltswert $A_o$	3,00    0,60
		Anhaltswert $A_r$	<b>0,105    0,075</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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			

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

Gebäudeabstand	13,5 m
Deckentyp	Massivdecke

*ohne Maßnahme*

**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
Straßenbahn Gl.1	0,36	0,081	0,042
Straßenbahn Gl.2	0,25	0,057	0,030
gesamt	0,36	0,099	0,052

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
45,8	34,9	29,3

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

<b>Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr</b>		Mindestabstand zur Einhaltung von $A_T$	
Holteistr. 10-13, 24, 24a, 25, 10245 Berlin		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	
		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 $A_U$	0,225    0,150
		oberer Anhaltswert $A_O$	3,00    0,60
		Anhaltswert $A_T$	<b>0,105    0,075</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
Straßenbahn Gl.1	30	192	43
Straßenbahn Gl.2	30	192	43
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			

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

Gebäudeabstand	16,0 m
Deckentyp	Massivdecke

*ohne Maßnahme*

**Erschütterungs-Immission**  
 Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 10^{-6.5} \text{ mm/s})$   
 auf der Geschossdecke, vertikal

<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>				<b>Sekundärer Luftschall</b> in dB(A)			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht	
Straßenbahn Gl.1	0,27	0,085	0,057	44,2	36,2	32,8	
Straßenbahn Gl.2	0,18	0,056	0,038				
gesamt	0,27	0,102	0,068				

<b>Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2</b>					
$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{FTr} > A_T$	$KB_{FTr} > A_T$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

<b>Maximale Schwinggeschwindigkeit v</b>				<b>Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3</b>	
am Fundament	$v_{max} =$	0,10	mm/s	Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s    nein
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,28	mm/s	Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s    nein

<b>Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr</b>		Mindestabstand zur Einhaltung von $A_r$																
Holteistr. 10-13, 24, 24a, 25, 10245 Berlin		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Planfall															
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet M = Mischgebiet / Außenb. G = Gewerbegebiet I = Industriegebiet K = besondere Gebiete	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</th> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">tags</td> <td style="width: 15%;">nachts</td> <td style="width: 70%;"></td> </tr> <tr> <td>unterer Anhaltswert <math>A_u</math></td> <td>0,225</td> <td>0,150</td> </tr> <tr> <td>oberer Anhaltswert <math>A_o</math></td> <td>3,00</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>Anhaltswert <math>A_r</math></td> <td><b>0,105</b></td> <td><b>0,075</b></td> </tr> </table>	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2			tags	nachts		unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150	oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60	Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2																		
tags	nachts																	
unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150																
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60																
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>																
<b>Anregung/Quelle</b>																		
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															
Straßenbahn Gl.1	30	192	43															
Straßenbahn Gl.2	30	192	43															
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung																		
<b>Übertragungsweg</b>																		
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB vom 8 m-Punkt zum Gebäude																		
Gebäudeabstand	11,0 m																	
Deckentyp	Holzbalkendecke																	
ohne Maßnahme																		
<b>Erschütterungs-Immission</b>																		
Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-6.5} \text{ mm/s})$ auf der Geschossdecke, vertikal																		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>		<b>Sekundärer Luftschall</b> in dB(A)																
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht															
Straßenbahn Gl.1	0,28	0,090	0,060															
Straßenbahn Gl.2	0,17	0,053	0,035															
gesamt	<b>0,28</b>	<b>0,104</b>	<b>0,070</b>															
	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht															
	43,2	35,2	31,7															
<b>Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2</b>																		
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$													
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht													
ja	ja	nein	nein	nein	nein													
<b>Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3</b>																		
am Fundament		$v_{max} =$	0,19	mm/s														
auf der Geschossdecke		$v_{max} =$	0,29	mm/s														
Wohngebäude und ähnliche, Fund.			5 mm/s	nein														
Deckenschwingungen, vertikal			20 mm/s	nein														

## Anhang 4 Erschütterungsprognose mit Minderungsmaßnahmen

### Anhang 4.1 Prognose für nächstgelegene Gebäude

#### Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

B46, B50

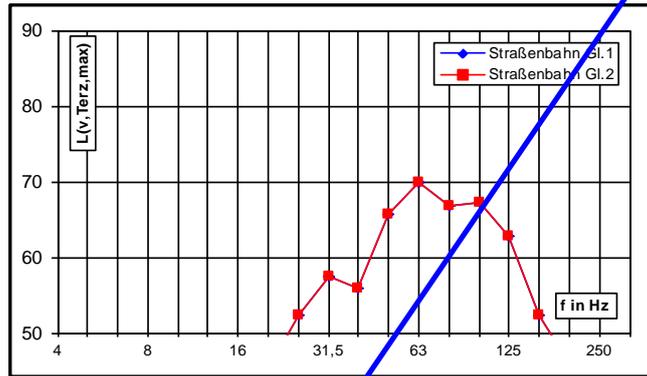
<b>Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin</b>		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)		Planfall	
Gebietstyp	M	W = Wohngebiet	<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>		
		M = Mischgebiet / Außenb.	tags	nachts	
		G = Gewerbegebiet	unterer Anhaltswert $A_u$	0,30	0,23
		I = Industriegebiet	oberer Anhaltswert $A_o$	5,00	0,60
	K = besondere Gebiete	Anhaltswert $A_T$	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	

#### Anregung/Quelle

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

Emissionsspektrum	Zugtyp	v in km/h	Anzahl Züge	
			Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1		30	96	10
Straßenbahn Gl.2		30	96	10

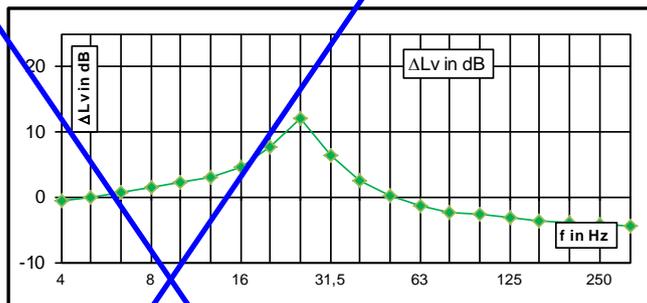
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB)



#### Übertragungsweg

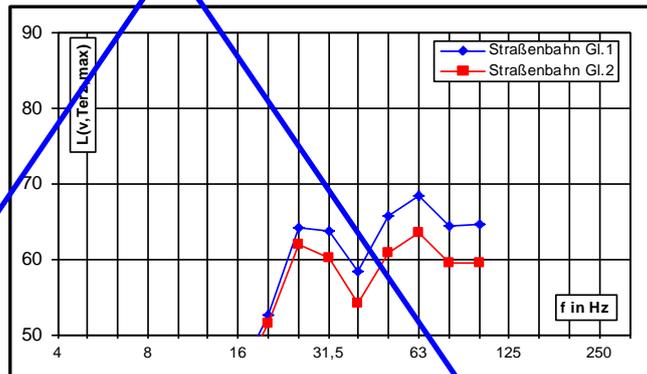
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	8,0 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



#### 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
Straßenbahn Gl.1	0,24	0,05	0,02
Straßenbahn Gl.2	0,14	0,03	0,01
gesamt	<b>0,24</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L <sub>sek,max</sub>	L <sub>sek,m</sub>	L <sub>sek,m</sub>
	Tag	Nacht
42,7	<b>31,7</b>	<b>24,9</b>

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>T</sub>	> A <sub>T</sub>
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,17	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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin      Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)      Planfall mit Maßnahme

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

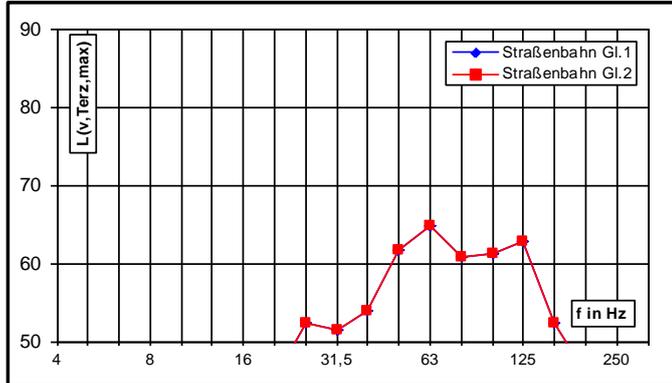
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
	unterer Anhaltswert $A_{u1}$	0,225	0,150
	oberer Anhaltswert $A_{o1}$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_T$		<b>0,105</b> <b>0,075</b>	

**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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13

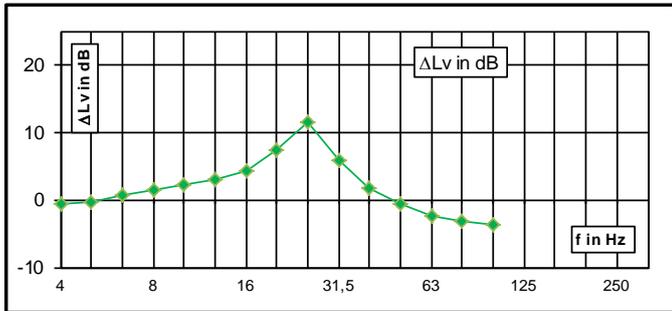
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz  
-6...-12dB



**Übertragungsweg**

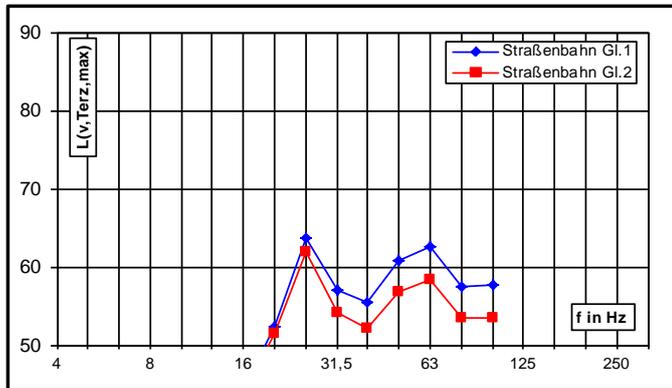
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



**Erschütterungs-Immission**

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



Bewertete Schwingstärke KB			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,16	0,035	0,018
Straßenbahn Gl.2	0,11	0,025	0,013
gesamt	<b>0,16</b>	<b>0,043</b>	<b>0,023</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
39,6	28,8	23,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_{u1}$	$KB_{Fmax} > A_{u1}$	$KB_{Fmax} > A_{o1}$	$KB_{Fmax} > A_{o1}$	$KB_{FTr} > A_T$	$KB_{FTr} > A_T$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,09 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,17 mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall

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

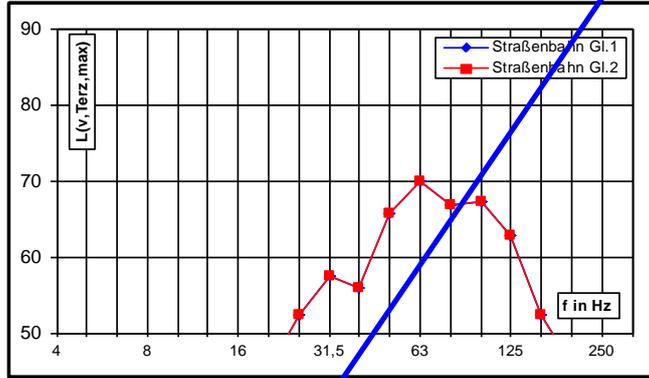
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
tags	nachts	
unterer Anhaltswert $A_u$	0,30	0,23
oberer Anhaltswert $A_o$	5,00	0,60
Anhaltswert $A_v$	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	30	96	10
Straßenbahn Gl.2	30	96	10

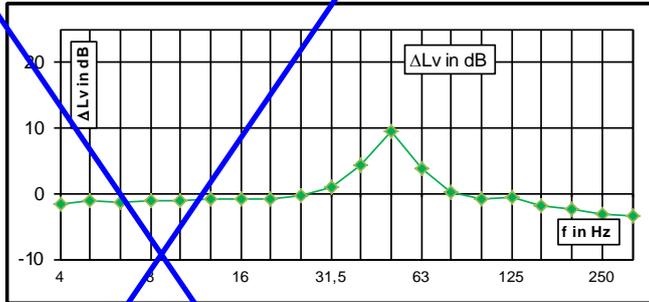
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung, 40-100 Hz (6 dB)



**Übertragungsweg**

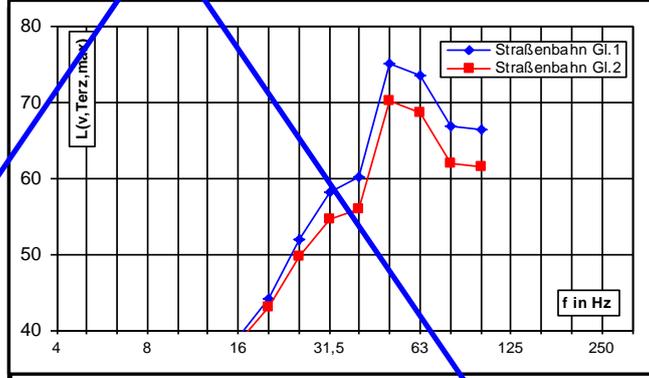
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	8,0 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

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



Bewertete Schwingstärke $K_B$			
	$K_{B_{Fmax}}$	$K_{B_{FTr}}$ Tag	$K_{B_{FTr}}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,40	0,09	0,04
Straßenbahn Gl.2	0,23	0,05	0,02
gesamt	<b>0,40</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{\text{sek,max}}$	$L_{\text{sek,m}}$ Tag	$L_{\text{sek,m}}$ Nacht
47,1	<b>35,8</b>	<b>29,0</b>

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{\text{max}} =$	0,17 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{\text{max}} =$	0,47 mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall mit Maßnahme

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

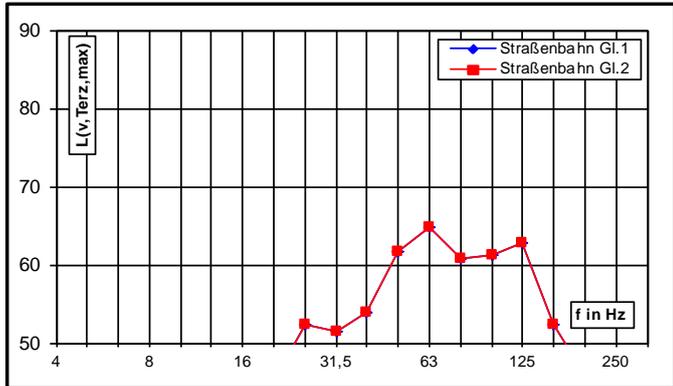
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	30	96	13
Straßenbahn Gl.2	30	96	13

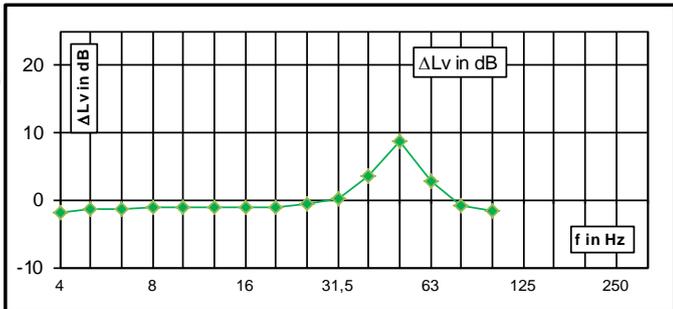
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz  
-6...-12dB



**Übertragungsweg**

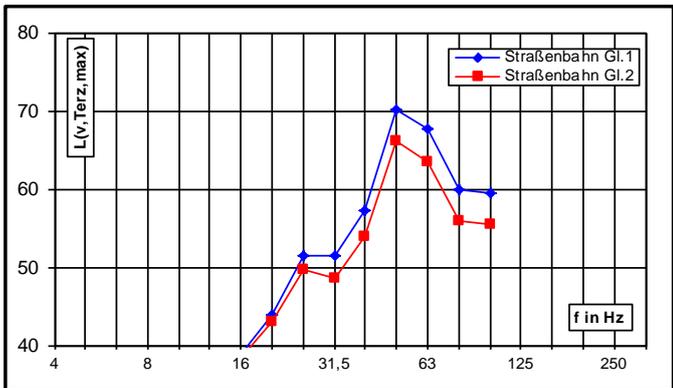
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

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



	Bewertete Schwingstärke KB		
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,25	0,055	0,029
Straßenbahn Gl.2	0,16	0,035	0,018
gesamt	<b>0,25</b>	<b>0,066</b>	<b>0,034</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
43,4	32,3	26,7

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	$v_{max} =$	0,09 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,26 mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall

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

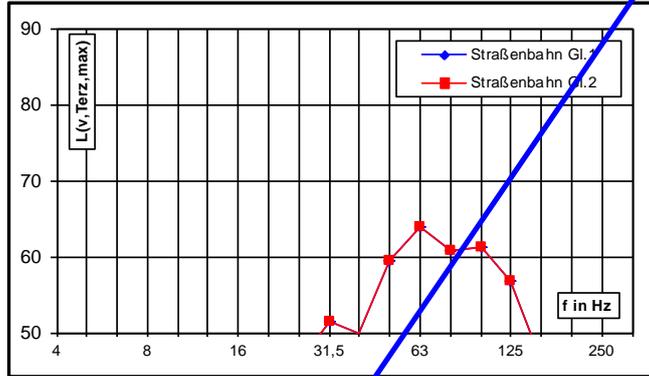
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
tags	nachts	
unterer Anhaltswert $A_u$		0,30 0,23
oberer Anhaltswert $A_o$		5,00 0,60
Anhaltswert $A_v$		<b>0,15 0,11</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	15	96	10
Straßenbahn Gl.2	15	96	10

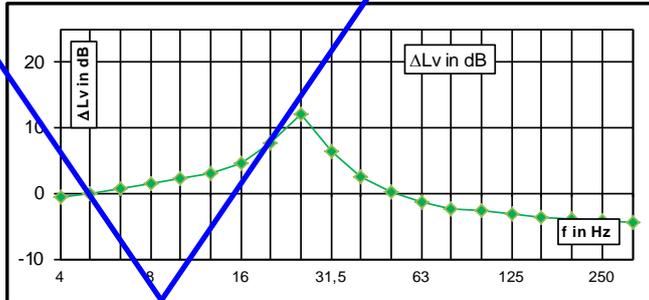
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h



**Übertragungsweg**

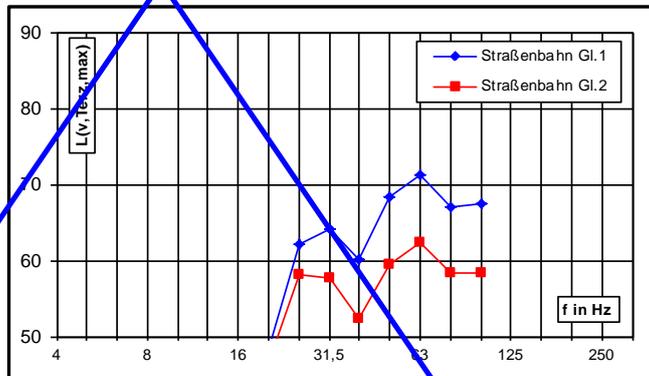
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	4,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



**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
Straßenbahn Gl.1	0,30	0,07	0,03
Straßenbahn Gl.2	0,12	0,03	0,01
gesamt	<b>0,30</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
44,0	<b>32,4</b>	<b>25,6</b>

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,21 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,32 mm/s

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

### Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

<b>Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin</b>		Obergeschoss, Deckenmitte	Planfall mit Maßnahme
---	--	---------------------------	-----------------------

Gebietstyp	W	W = Wohngebiet			
		M = Mischgebiet / Außenb.		<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	
		G = Gewerbegebiet		unterer Anhaltswert $A_u$	tags 0,225
		I = Industriegebiet		oberer Anhaltswert $A_o$	nachts 0,150
		K = besondere Gebiete		Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b> <b>0,075</b>

**Anregung/Quelle**  
 Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
 im Boden, 12 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 M1	15	96	30
Straßenbahn Gl.2 M1	15	96	30
Straßenbahn Gl.1 neu	30	96	13
Straßenbahn Gl.2 neu	30	96	13
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -			

**Übertragungsweg**  
 $\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(\text{8m-MP})$  in dB  
 vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Kurve M13 Gleis 1
9,3 m zu	zu Neubau Holteistr. Gleis 1
Deckentyp: Holzbalkendecke	

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

Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1 M13	0,20	0,045	0,036
Straßenbahn Gl.2 M13	0,08	0,018	0,014
Straßenbahn Gl.1 neu	0,14	0,031	0,016
Straßenbahn Gl.2 neu	0,09	0,019	0,010
gesamt	0,20	0,061	0,043

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
41,4	31,8	28,7

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	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,13	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,24	mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

**Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin** Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall

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

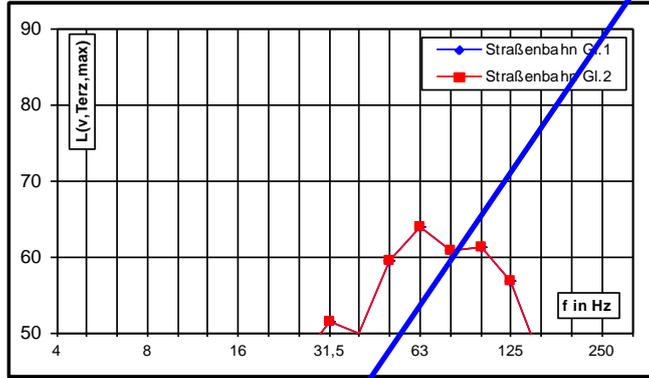
<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>		
tags	nachts	
unterer Anhaltswert $A_u$	0,30	0,23
oberer Anhaltswert $A_o$	5,00	0,60
Anhaltswert $A_v$	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>

**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
Straßenbahn Gl.1	15	96	10
Straßenbahn Gl.2	15	96	10

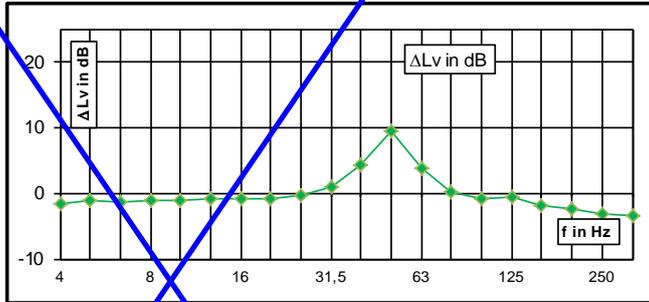
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h



**Übertragungsweg**

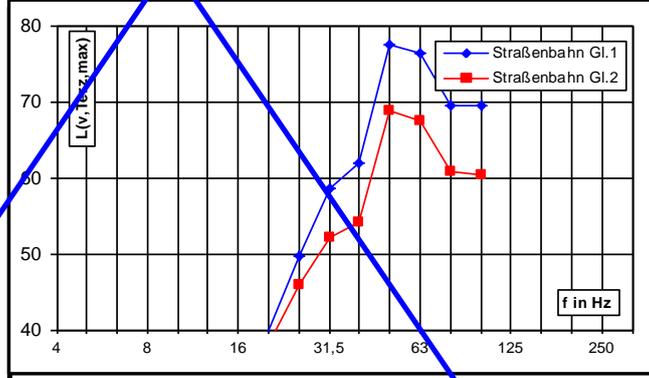
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

Gebäudeabstand	4,5 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			
	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$	$KB_{FTTr}$
		Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,55	0,12	0,06
Straßenbahn Gl.2	0,20	0,04	0,02
gesamt	<b>0,55</b>	<b>0,13</b>	<b>0,06</b>

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
	Tag	Nacht
48,8	<b>36,9</b>	<b>30,0</b>

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
an Fundament	$v_{max}$	0,21 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max}$	0,59 mm/s

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

**Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr**

Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin      Obergeschoss, Deckenmitte      Planfall mit Maßnahme

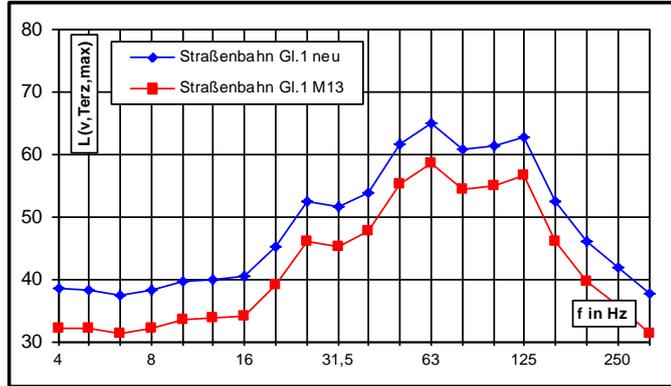
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

<b>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</b>	tags	nachts
unterer Anhaltswert $A_u$	0,225	0,150
oberer Anhaltswert $A_o$	3,00	0,60
Anhaltswert $A_r$	<b>0,105</b>	<b>0,075</b>

**Anregung/Quelle**

Terzspektrum,  $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$   
im Boden, 12 m von der Gleisachse

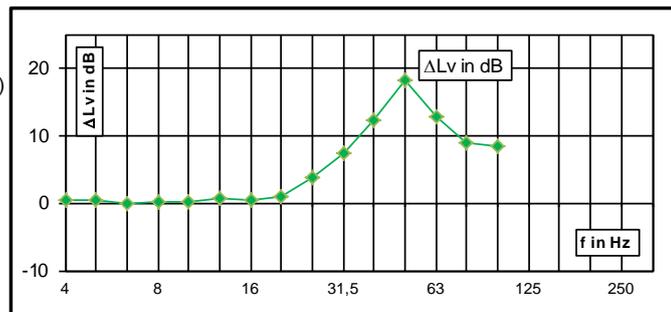
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 M1	15	96	30
Straßenbahn Gl.2 M1	15	96	30
Straßenbahn Gl.1 neu	30	96	13
Straßenbahn Gl.2 neu	30	96	13
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -			



**Übertragungsweg**

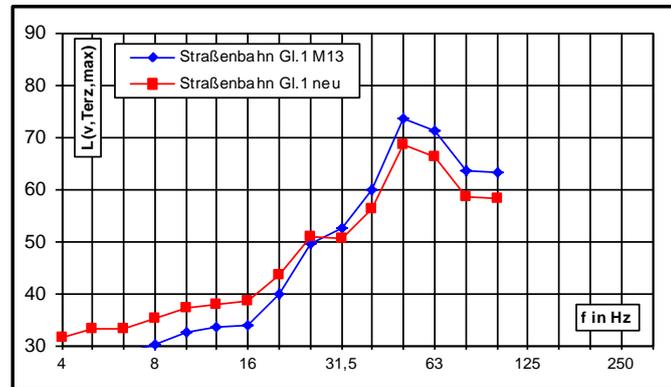
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$  in dB  
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Kurve M13 Gleis 1
9,3 m zu	zu Neubau Holteistr. Gleis 1
Deckentyp	Massivdecke



**Erschütterungs-Immission**

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



**Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag**

	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$ Tag	$KB_{FTr}$ Nacht
Straßenbahn Gl.1 M13	0,37	0,083	0,065
Straßenbahn Gl.2 M13	0,13	0,028	0,022
Straßenbahn Gl.1 neu	0,21	0,047	0,025
Straßenbahn Gl.2 neu	0,11	0,024	0,013
gesamt	<b>0,37</b>	<b>0,102</b>	<b>0,074</b>

**Sekundärer Luftschall in dB(A)**

$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
45,6	35,5	32,5

**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	$v_{max} =$	0,13	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,40	mm/s

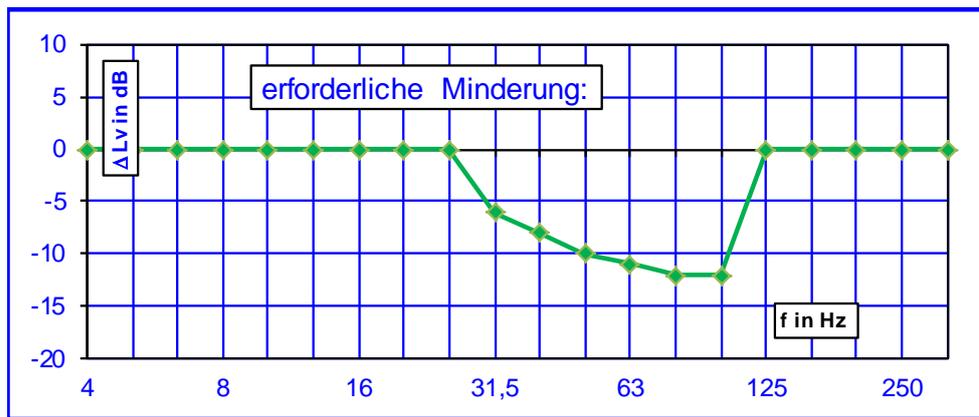
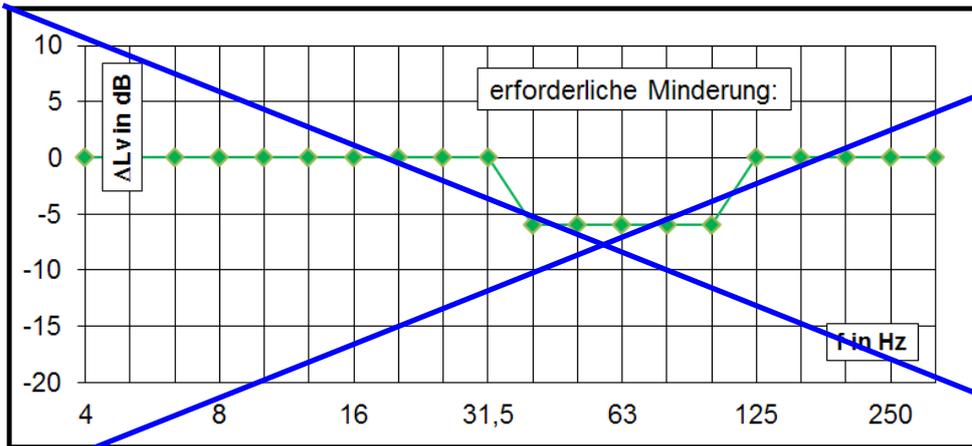
**Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3**

Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

**Erforderliche Minderungswirkung der Oberbau-Konstruktion**

im Bereich Holteistraße - Sonntagstraße, einschließlich Kurvengleis zur Wühlischstr. und Boxhagener Str.

B46, B50



Die Minderungswirkung versteht sich als im Vergleich zu einem gleichartigen Oberbau ohne Einbau elastischer Schichten.



Verwendete Emissionswerte und Ausbreitungsparameter (hier: Prognose Sonntagstraße, Gebäude in 8,5 m Abstand, mit Maßnahme)

Main data table with columns: Nr., Zugattung, v, s, Richtung, Oberbau, Quelle, Terzmittenfreq. in Hz, and Bemerkung. Includes sub-sections for 'Gebäudeübertragung', 'Erdgeschoss = Fundament', 'Decke Holzbalkeendecke', and 'Decke Massivdecke'.

## Anhang 4.2 Einwirkungsbereich - betroffene Gebäude (mit Maßnahme)

### Gebäude im Einwirkungsbereich von Straßenbahn-Erschütterungen

"x": Anhaltswert für Wohngebiete  $A_r = 0,11$  0,105 (Tag) oder  $A_r = 0,08$  0,075 (Nacht) nach DIN 4150-3 im Plan-Zustand mit Minderungsmaßnahme durch  $KB_{Fr}$  überschritten

$d_{min, Plan}$  = Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse,  $v = 30$  km/h

$d_{min, Plan}$ in m	Gebäude liegt im Überschreibungsbereich für Deckentyp:		Straße, Haus-Nr.	Gebiets-einstufung
	Holzbalken	massiv		
9,5	-	-	Holteistraße 23, 24, 24a, 25, 26 Wühlischstr. 8, 9, Boxhagener Str. 47, 48	WA
8,5	-	-	Holteistraße 10, 11, 12, 13	WA
9,5	-	-	Holteistraße 6 (Gaststätte)	WA
16,5	-	-	Sonntagstraße 22	WA
16,5	-	-	Holteistraße 30	WA
8,5	-	-	Sonntagstraße 23 <sup>B96</sup> , 24, 25, 26	WA
17	-	-	Sonntagstraße 15	WA
11	-	-	Böcklinstraße 6	WA
8,5	-	-	Sonntagstraße 27, 28, 29, 30, 31	WA
9,5	-	-	Sonntagstraße 10, 11, 12	WA
10	-	-	Sonntagstraße 8, 9	WA
9	-	-	Lenbachstraße 8	WA
10	-	-	Lenbachstraße 13b	WA
13	-	-	Lenbachstraße 7a	WA
10	-	-	Sonntagstraße 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	WA
34	-	-	Neue Bahnhofstraße 36	WA
7	-	x	Neue Bahnhofstraße 37 <sup>1)</sup>	Bahngelände
17	-	-	Marktstraße 10 (Jugendherberge)	MI
15,5	-	-	Marktstraße 13	MI
33	-	-	Schreiberhauer Straße 48	MI
23	-	-	Marktstraße 1, 2, 3 (Schule)	WA/Sch
25	-	-	Pfarrstraße 146	WA
13,5	-	-	Türschmidtstraße 1	WA

<sup>1)</sup> Schutzanspruch entsprechend voraussichtlicher Nutzung nur am Tage (Büro u. ä.); bei Einstufung als Gewerbegebiet auch Anhaltswert bei Massivdecken eingehalten

~~Abstandslinien für die Einhaltung von  $A_r$  (Tag), mit Minderungsmaßnahme am Oberbau gemäß 5.2 im farblich hervorgehobenen Bereich:~~

	Wohngebiet, $A_r = 0,11$	Mischgebiet, $A_r = 0,15$	Gewerbegebiet, $A_r = 0,225$
Holzbalkendecke (Resonanzfrequenz 25 Hz)	$d_{min} = 5,5$ m	$d_{min} = 4,5$ m	$d_{min} = 3,5$ m
Massivdecke (Resonanzfrequenz 50 Hz)	$d_{min} = 8,0$ m	$d_{min} = 6,5$ m	$d_{min} = 5,0$ m

~~Bereich ohne Minderungsmaßnahme enthält gleiche Betroffenheits-Zuordnung wie Anhang 3.2~~

Abstandslinien für die Einhaltung von  $A_r$  (Tag und Nacht), mit Minderungsmaßnahme am Oberbau gemäß 5.2 im farblich hervorgehobenen Bereich: <sup>B46, B50</sup>

Abschnitt "Neubau" (Sonntagstr. bis Ende BV)	Wohngebiet, $A_{rT} = 0,14 \text{ } 0,105$
Holzbalkendecke (Resonanzfrequenz 25 Hz)	$d_{\min} = 4,5 \text{ m}$
Massivdecke (Resonanzfrequenz 50 Hz)	$d_{\min} = 6,5 \text{ m}$

B46, B50, B97

Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)				Holzbalkendecke	4,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek, m}$	$L_{sek, m}$	
Prognoseergebnis	<b>0,42</b>	<b>0,102</b>	<b>0,053</b>	Prognoseergebnis	<b>44,3</b>	<b>32,8</b>	<b>27,2</b>	
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein	
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:				
Prognoseergebnis	<b>0,24</b>	<b>0,40</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Plan: <b>4,5 m</b> zur nächstgelegenen Gleisachse				
Überschreitung	nein	nein						
Sonntagstr. 23-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)				Massivdecke	6,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek, m}$	$L_{sek, m}$	
Prognoseergebnis	<b>0,40</b>	<b>0,100</b>	<b>0,052</b>	Prognoseergebnis	<b>45,9</b>	<b>34,5</b>	<b>28,8</b>	
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein	
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:				
Prognoseergebnis	<b>0,13</b>	<b>0,39</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Plan: <b>6,5 m</b> zur nächstgelegenen Gleisachse				
Überschreitung	nein	nein						

B46, B50, B97

Abschnitt "Änderung" (Holteistr. mit M13 zwischen Wühlischstr. und Boxberger Str., gerade Strecke)	Wohngebiet, $A_{rT} = 0,105$ <sup>B46, B50</sup>
Holzbalkendecke (Resonanzfrequenz 25 Hz)	$d_{\min} = 5,5 \text{ m}$
Massivdecke (Resonanzfrequenz 50 Hz)	$d_{\min} = 8,0 \text{ m}$

Holteistr. 10-13, 24, 24a, 25, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				5,5 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek, m}$	$L_{sek, m}$
Prognoseergebnis	<b>0,30</b>	<b>0,104</b>	<b>0,070</b>	Prognoseergebnis	<b>42,8</b>	<b>34,2</b>	<b>30,8</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	ja
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,17</b>	<b>0,29</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					
Holteistr. 10-13, 24, 24a, 25, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,0 m	Gebiet: W		
<b>Bewertete Schwingstärke KB</b>	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	<b>Sekundärer Luftschall in dB(A)</b>	$L_{sekmax}$	$L_{sek, m}$	$L_{sek, m}$
Prognoseergebnis	<b>0,28</b>	<b>0,097</b>	<b>0,065</b>	Prognoseergebnis	<b>44,0</b>	<b>35,4</b>	<b>31,9</b>
Anhaltswert $A_u, A_r$ nach DIN 4150-2, Tab.1	0,15	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	ja
<b>Schwinggeschwindigkeit <math>v_{max}</math> in mm/s</b>	Fundam.	Decke		Grundlage:			
Prognoseergebnis	<b>0,09</b>	<b>0,27</b>		Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB 30 km/h			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

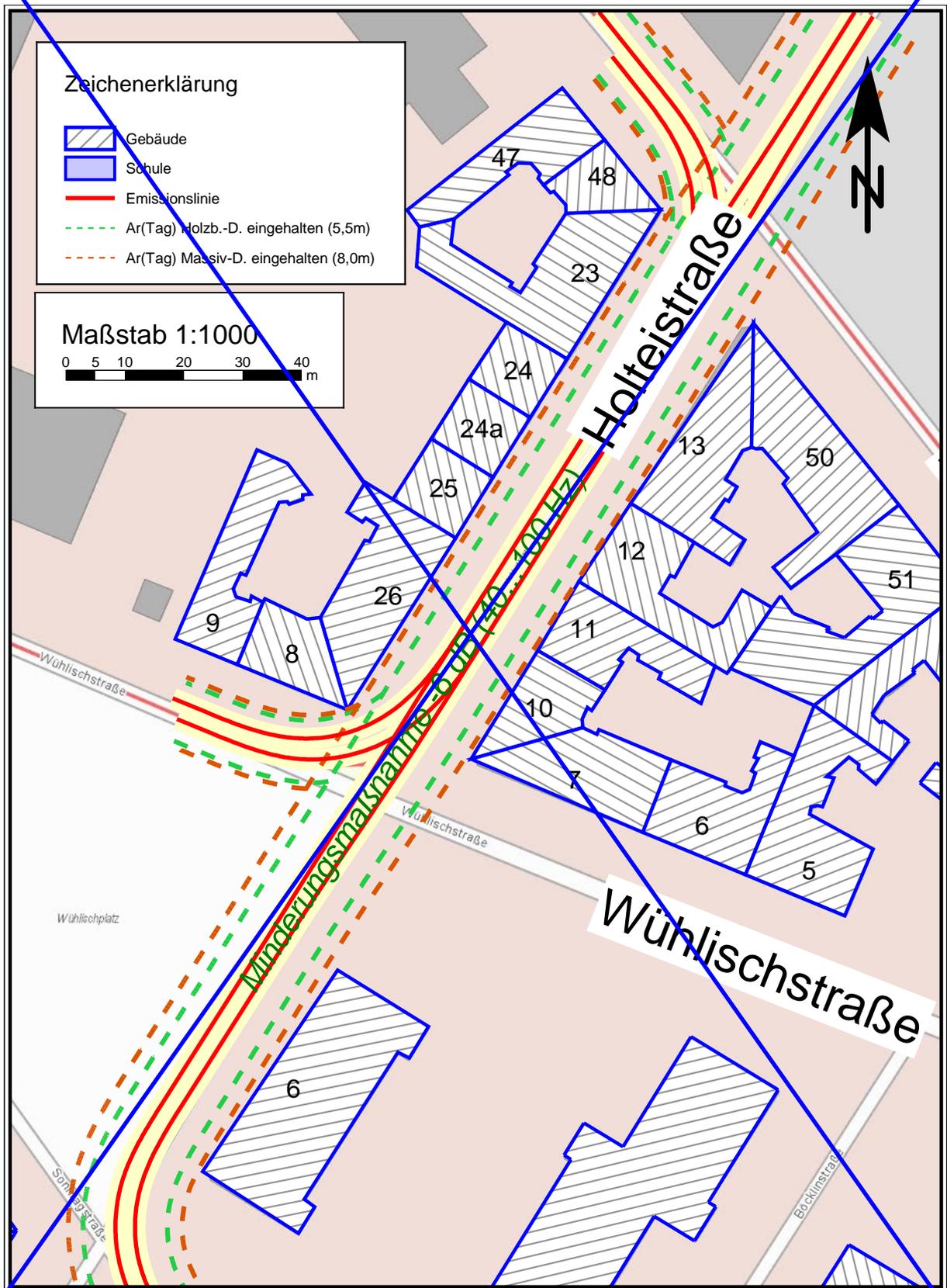
$d_{\min, \text{Plan}}$  = Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse,  $v = 15 \text{ km/h}$  in Kurvengleisen

$d_{\min, \text{Plan}}$ in m Kurve	Gebäude liegt im Überschreibungsbereich für Deckentyp:		Straße, Haus-Nr.	Gebiets-einstufung
	Holzbalken	massiv		
5,5	-	-	Holteistraße 23, Boxhagener Str. 48	WA
4,5	-	-	Wühlischstraße 8, Holteistraße 26	WA

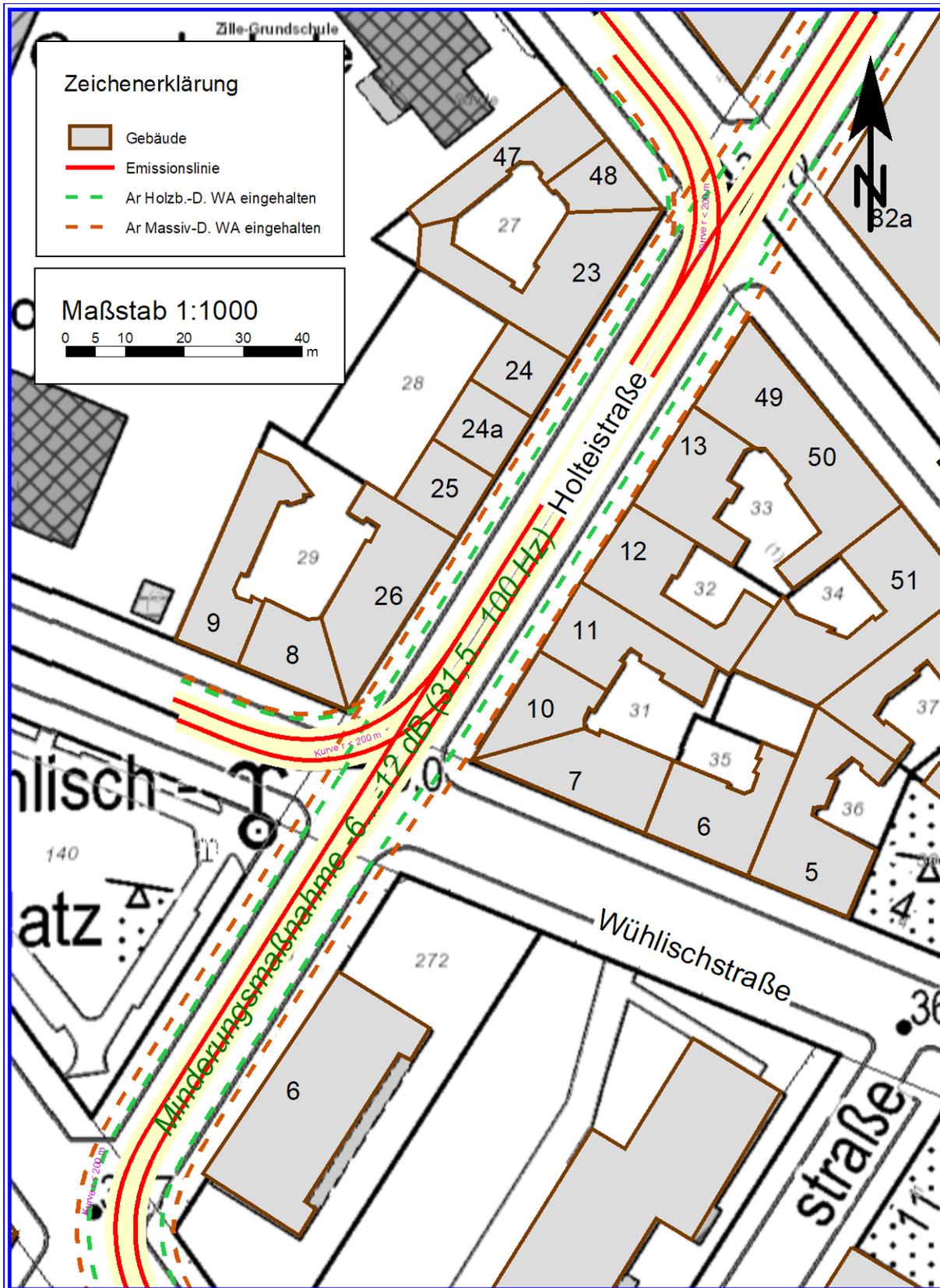
Abstandslinien für die Einhaltung von  $A_r$  (Tag + Nacht), mit Minderungsmaßnahme am Oberbau gemäß 5.2 im farblich hervorgehobenen Bereich:

Bereich Kurvengleise M13 (Wühlischstr. 8, Boxberger Str. 48)	Wohngebiet, $A_r = 0,44 \cdot 0,105^{B_{46}, B_{50}}$
Holzbalkendecke (Resonanzfrequenz 25 Hz)	$d_{\min} = 3,5 \text{ m}$ (M13 15 km/h) bzw. <b>8,0 m</b> (Neubau)
Massivdecke (Resonanzfrequenz 50 Hz)	$d_{\min} = 4,5 \text{ m}$ (M13 15 km/h) bzw. <b>9,0 m</b> (Neubau)

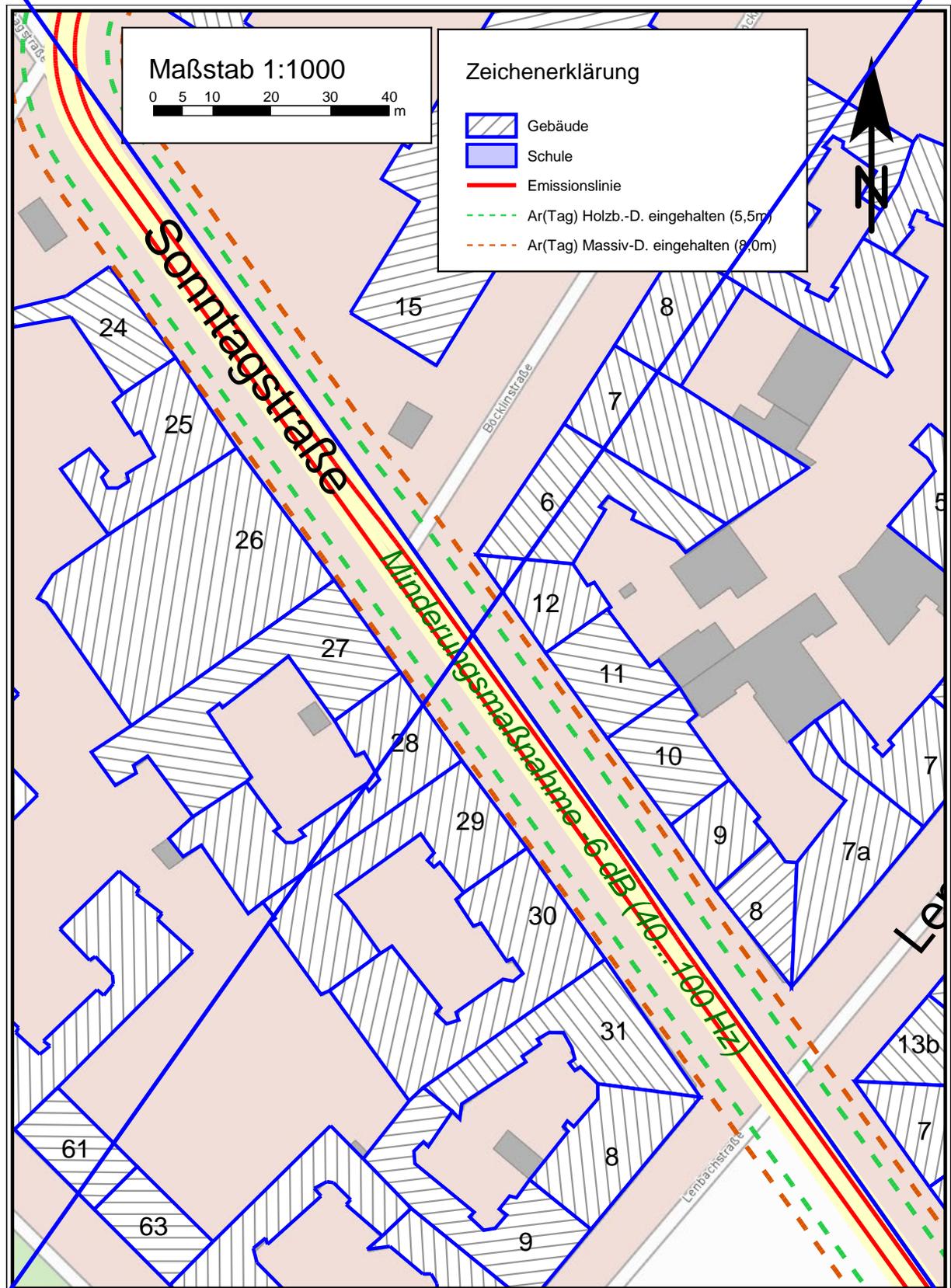
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 1



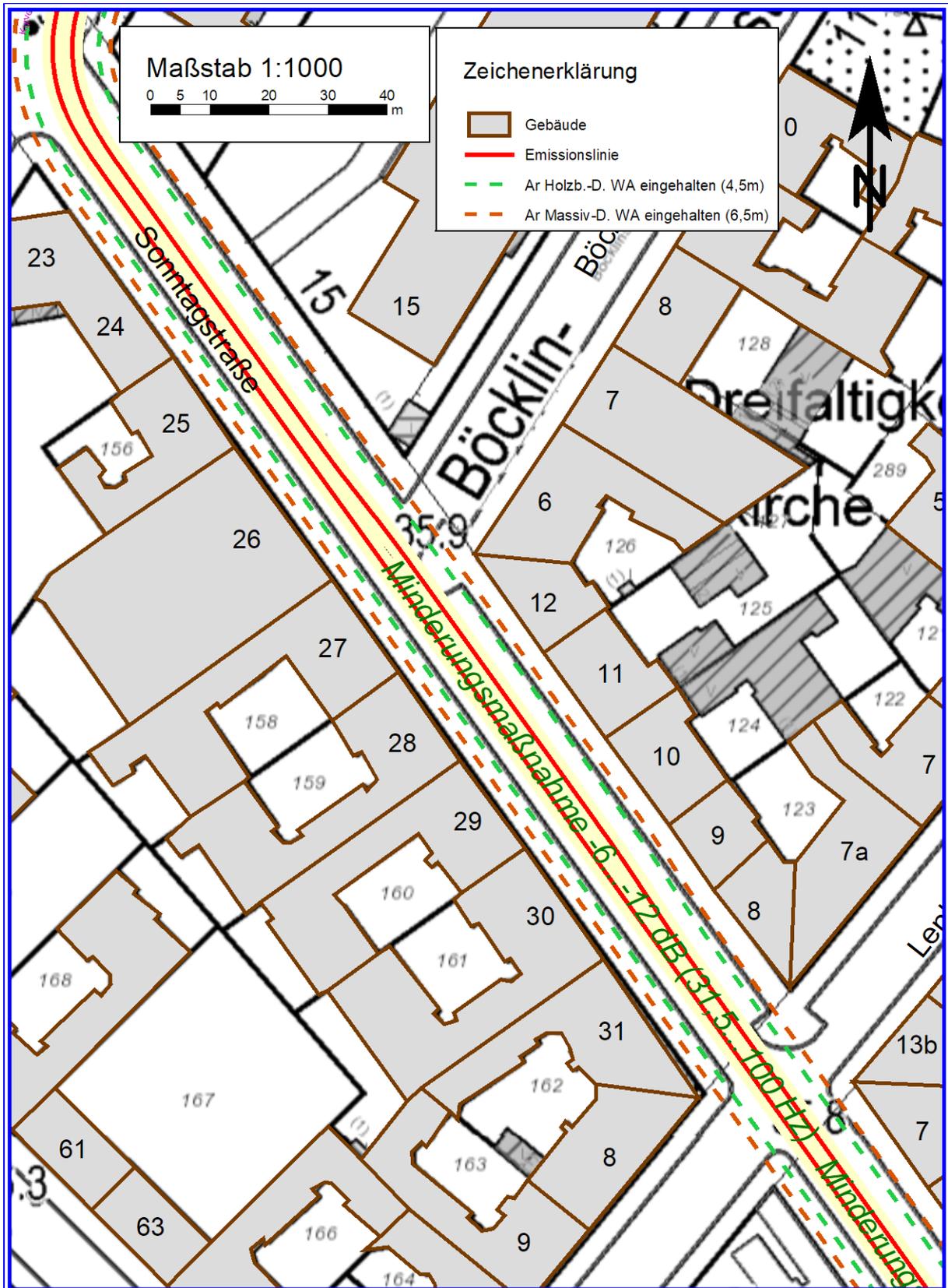
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 1 B46, B50, B97



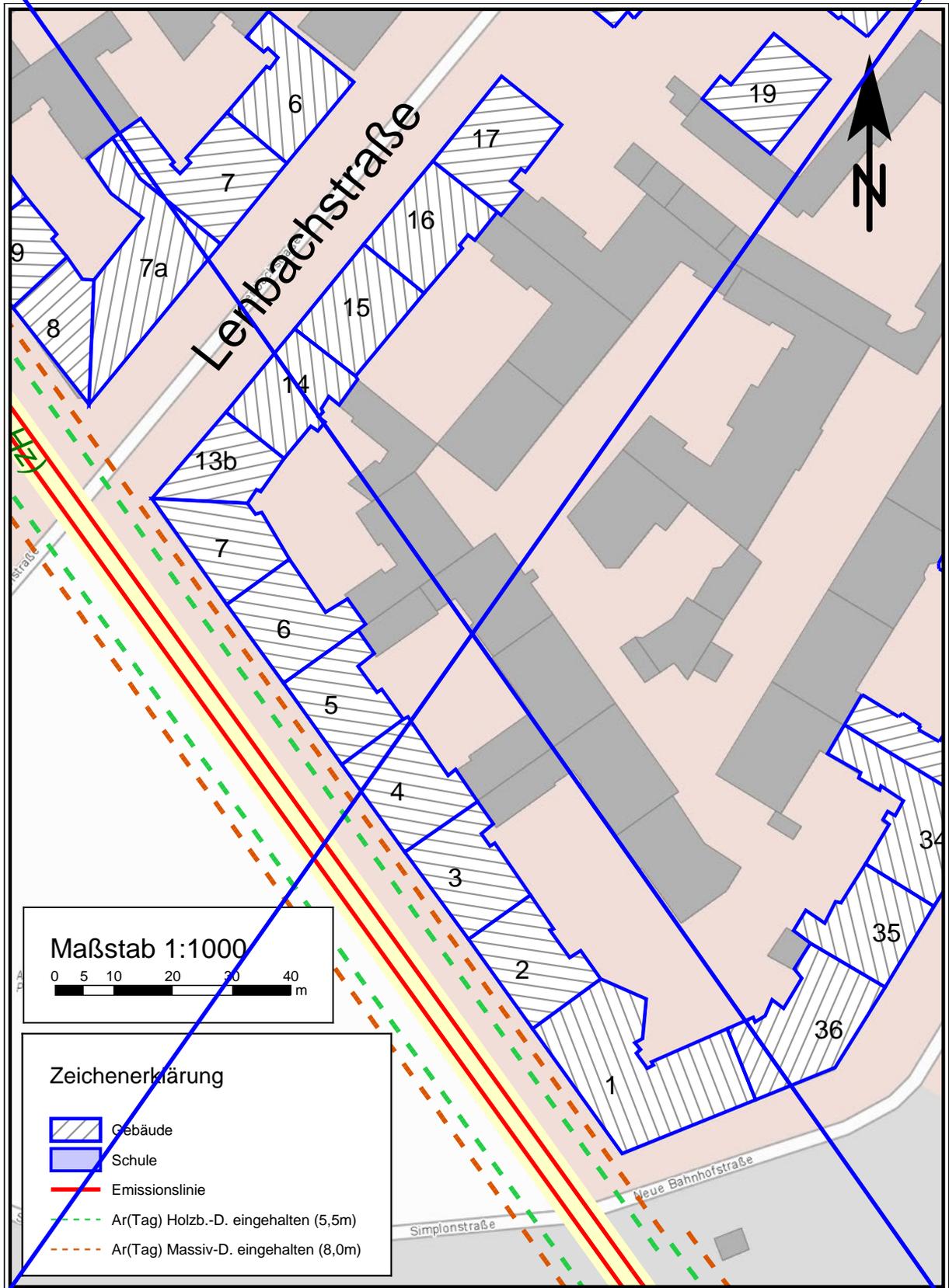
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 2



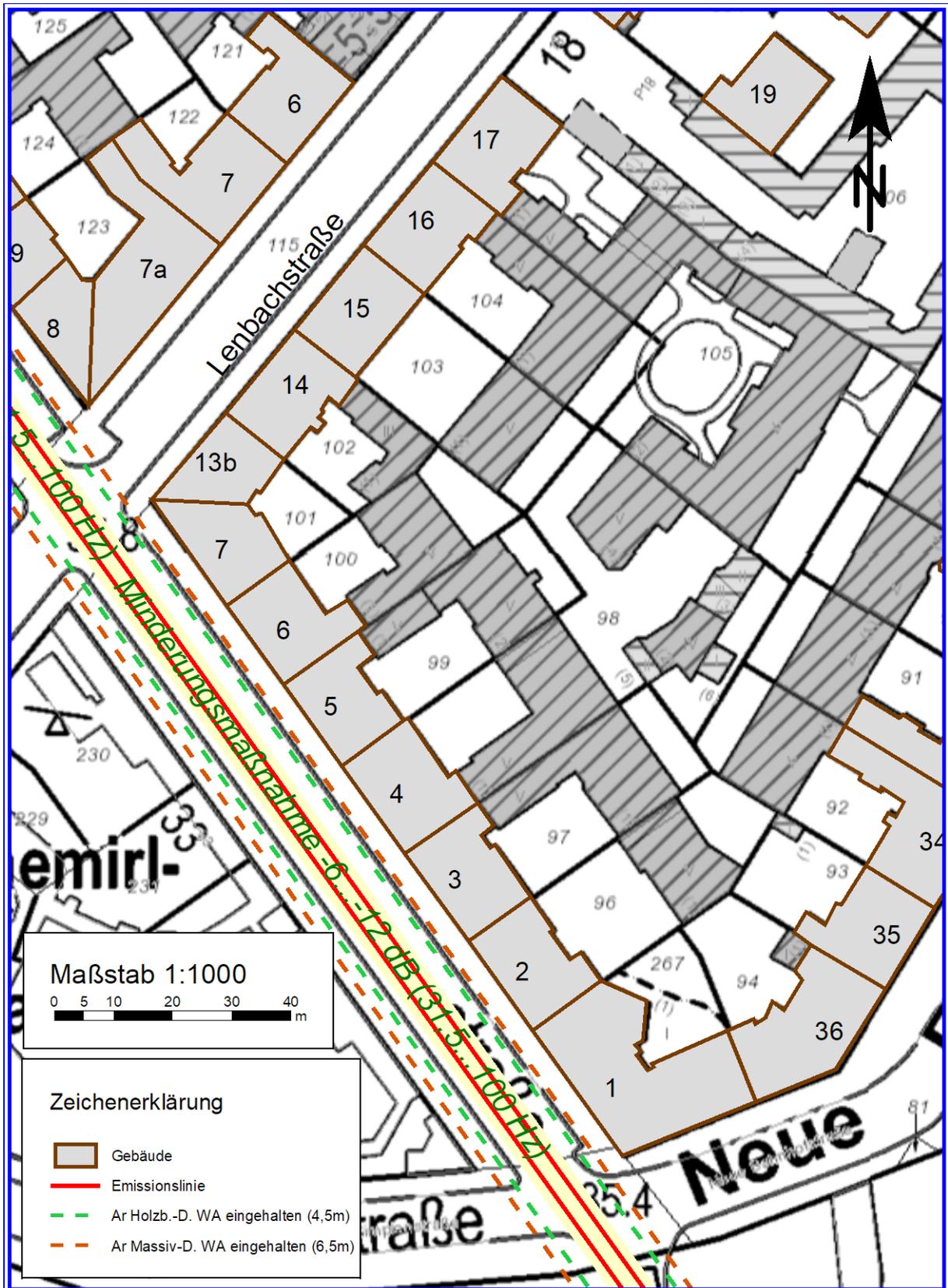
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 2 B46, B50, B96, B97



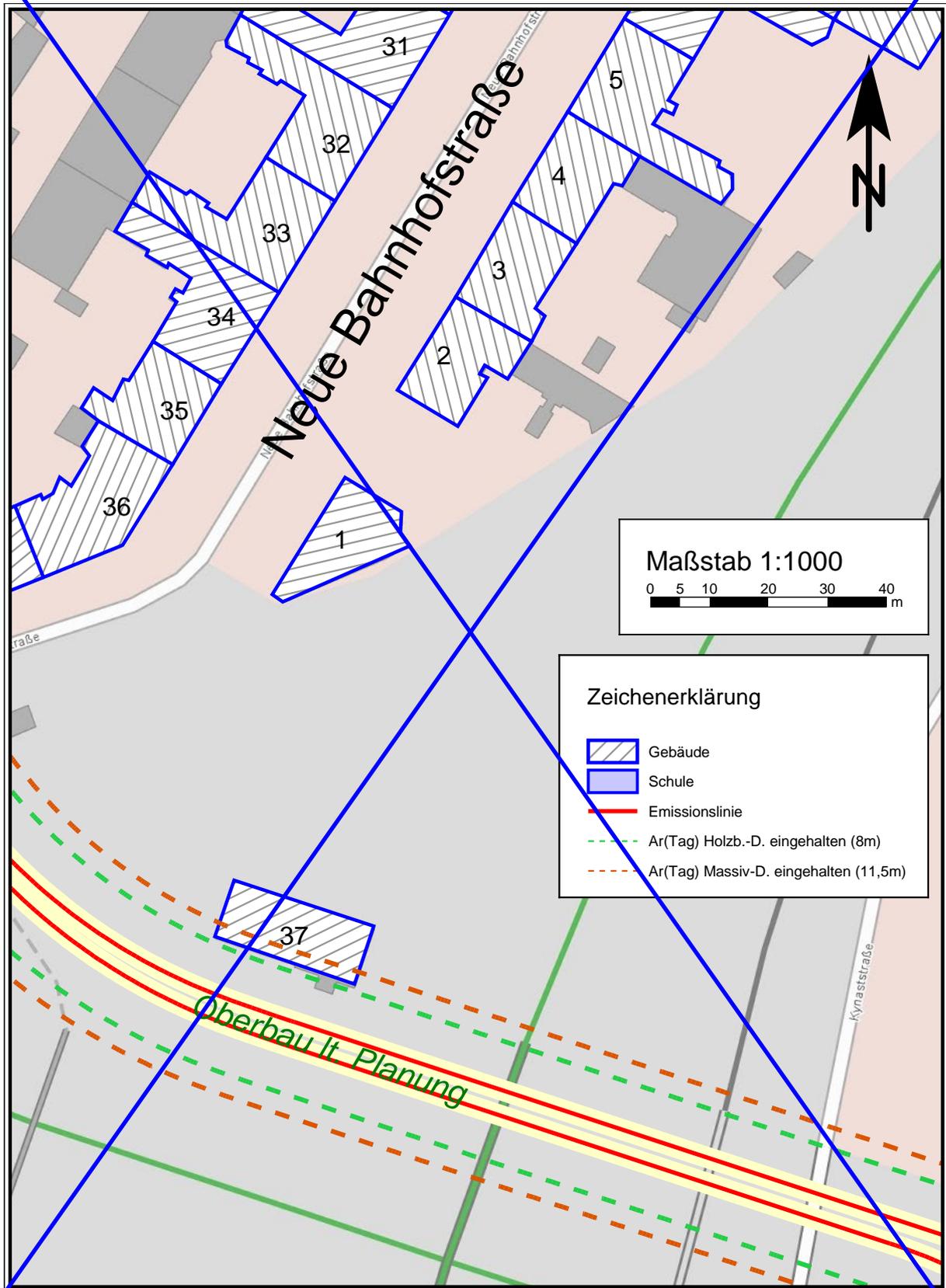
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 3



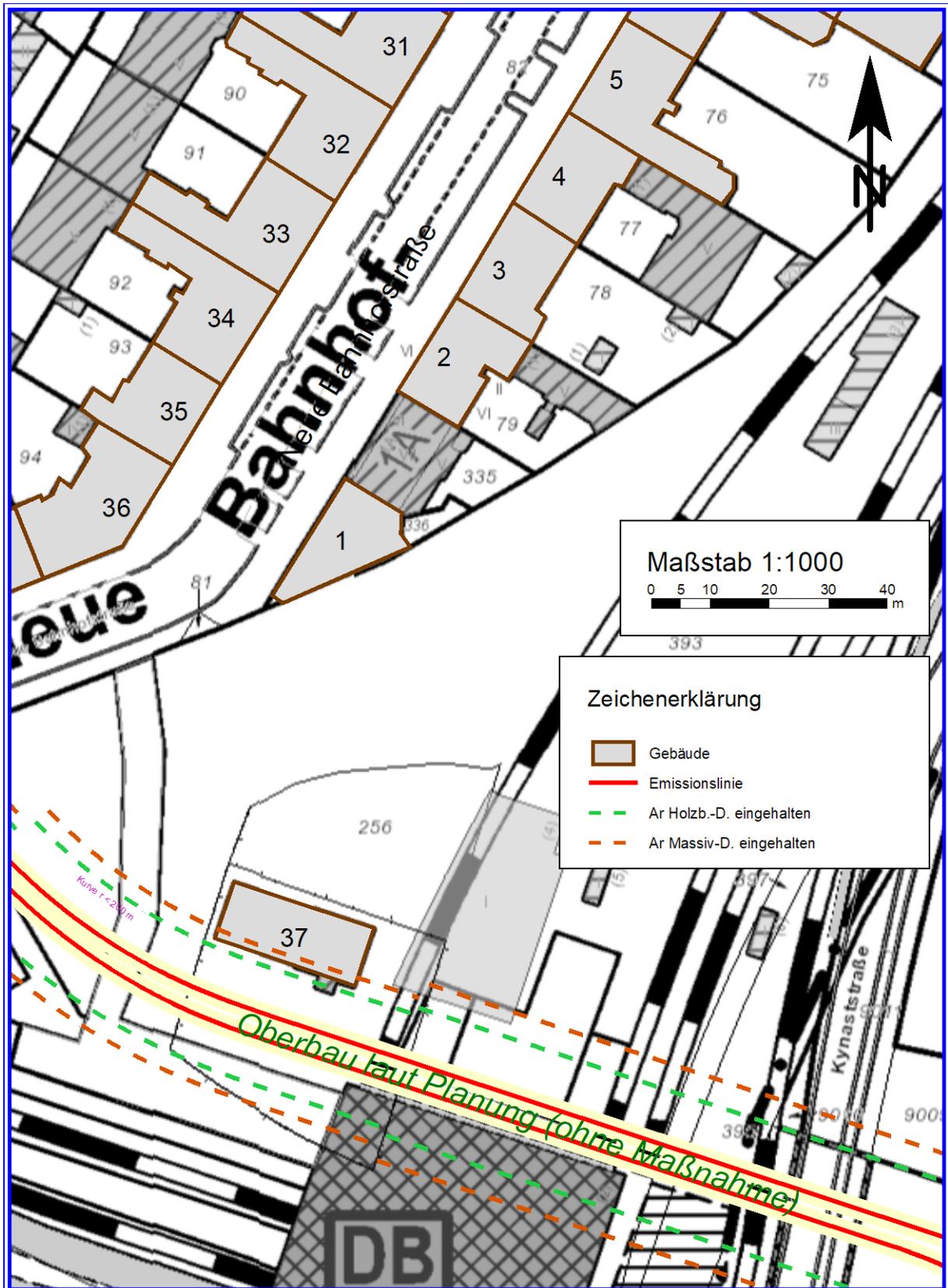
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 3 <sup>B46, B50, B97</sup>



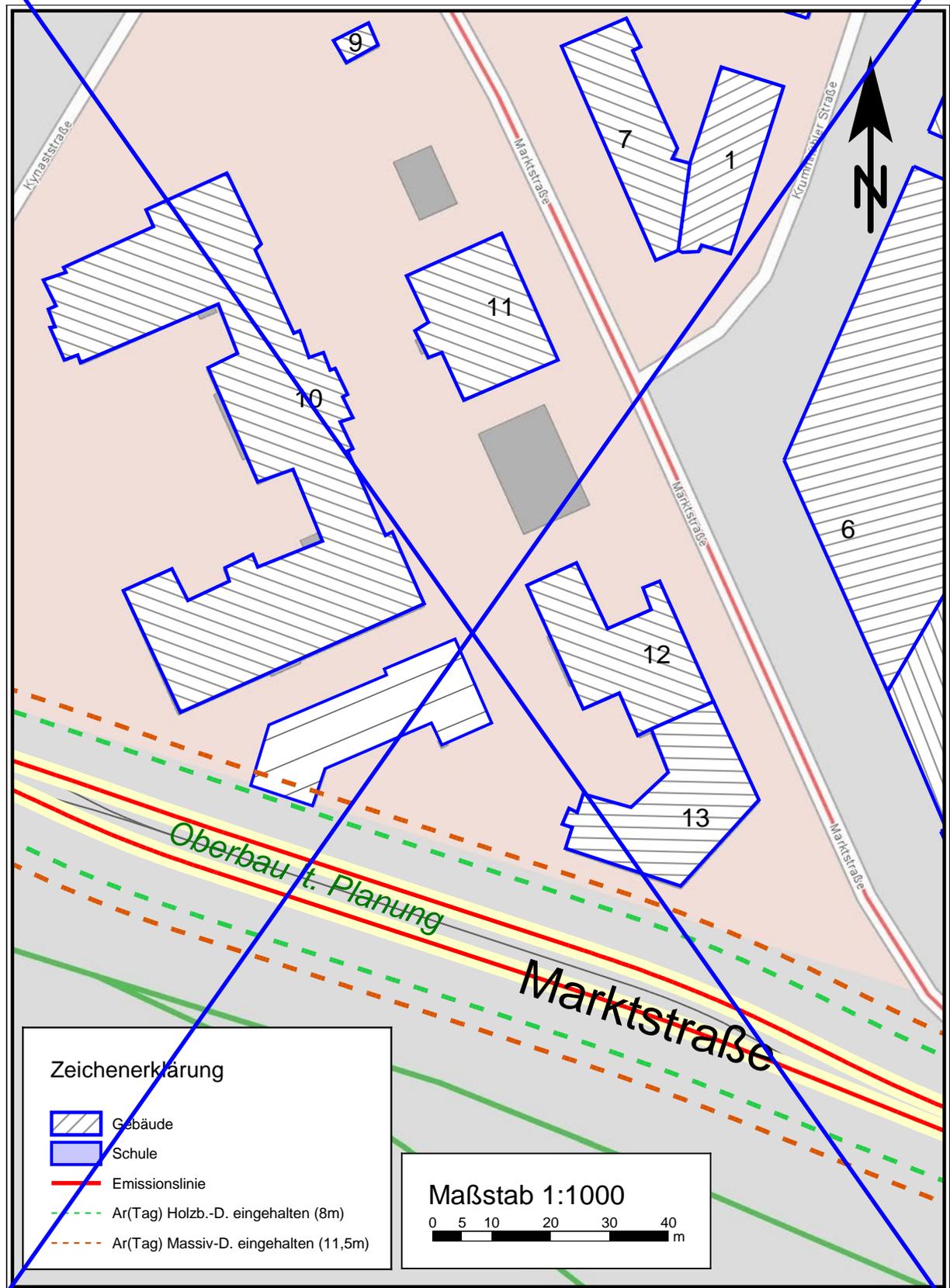
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 4



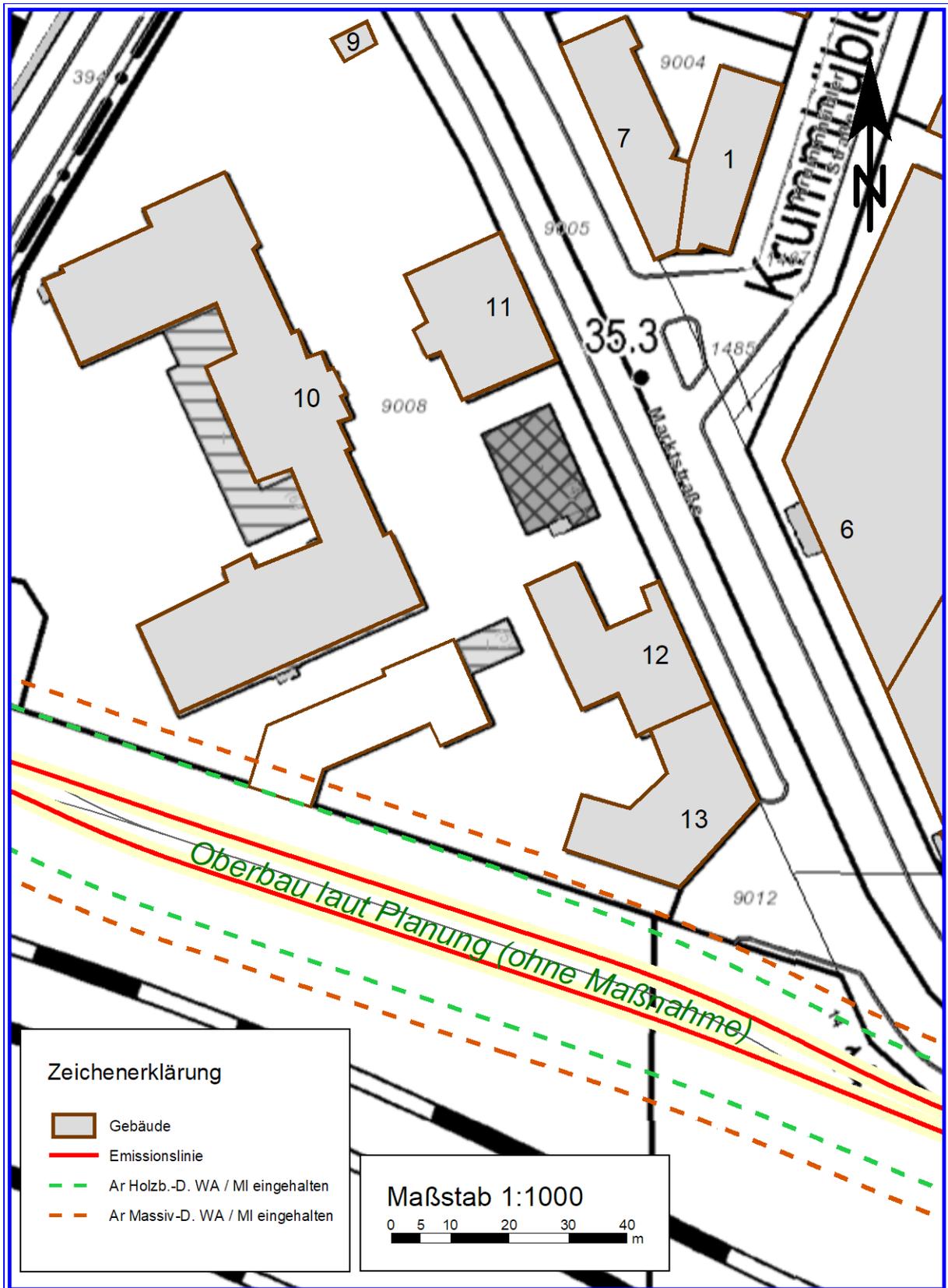
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 4 B46, B50, B97



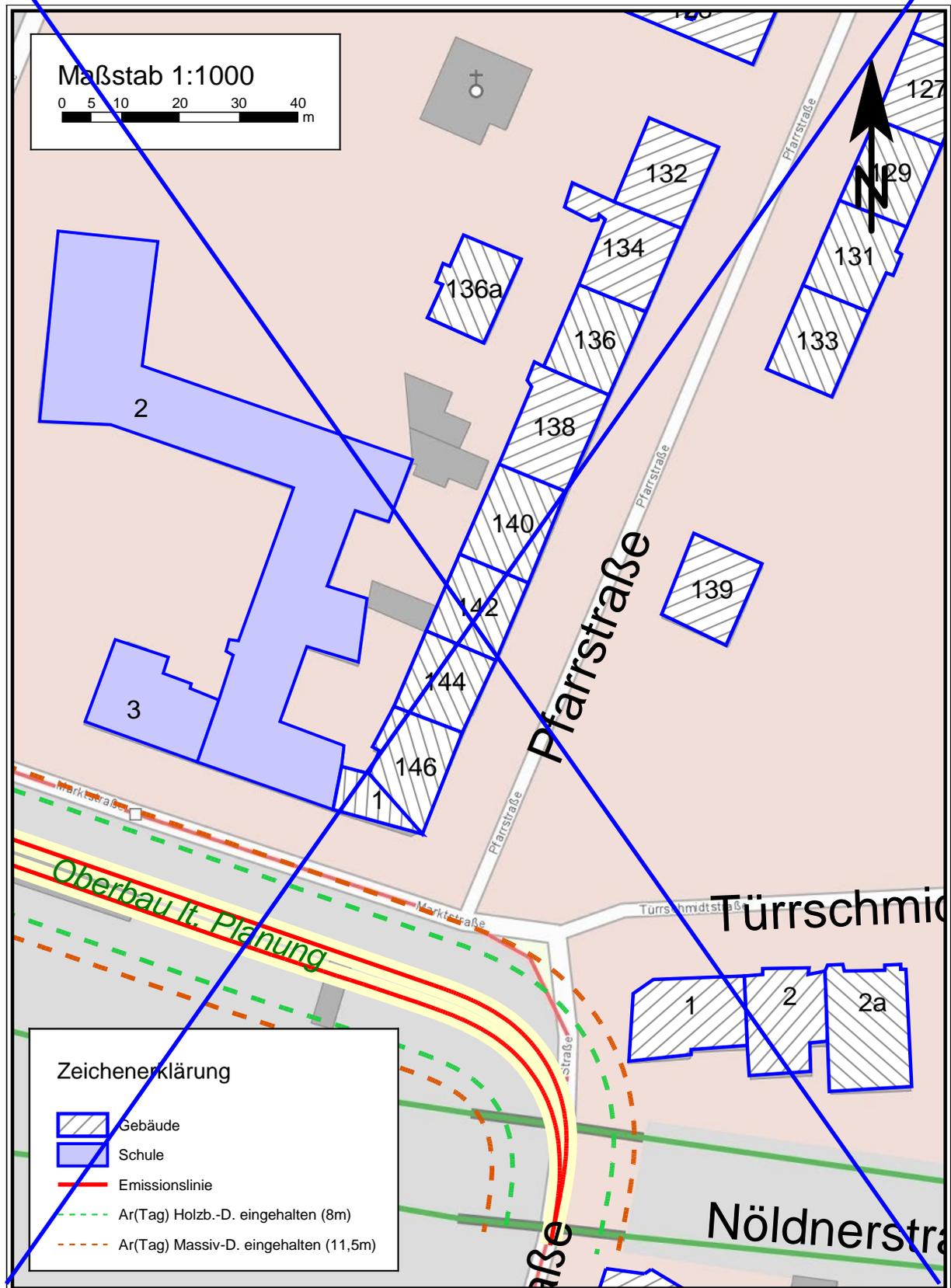
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 5



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 5 B46, B50, B97



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 6



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 6 <sup>B46, B50, B97</sup>

