

Consulting

Dipl.-Ing. D. Friedemann

Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen

Bericht Nr. 16-3216 / 01

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

Stand: ~~28.02.2019~~ 03.08.2020



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 Holtei- 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~~ 67 Seiten inklusive 4 Anhänge.

Dresden, den ~~28.02.2019~~ 03.08.2020

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 K_B verwendet, die aus der Schwinggeschwindigkeit v im Frequenzbereich 1 bis 80 Hz ermittelt wird.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen an Schienenverkehrswegen (wie auch an anderen Verkehrswegen) sind bisher gesetzlich festgelegte **Grenzwerte** nicht vorhanden. In der DIN 4150, Teil 2 (DIN 4150-2, [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 $K_{B_{FT}}$

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

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_{FT_r}

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} berechnet sich mit

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

T_r Beurteilungszeitraum

tags 6:00 - 22:00 Uhr (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 $KB_{F_{max}}$ bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT_r} zu verwenden, die aus Messwerten der Erschütterungen im schutzbedürftigen Raum ermittelt werden. Dabei ist jeweils die größte Richtungskomponente an einem Messpunkt der Beurteilung zugrunde zu legen.

Subjektive Wahrnehmung

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

In DIN 4150-2 wird ausgeführt, dass in der Umgebungssituation „Wohnen“ auch bereits gerade spürbare Erschütterungen von $KB = 0,1 - 0,2$ 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. ^{B43}

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. ^{B43}

Die Erschütterungsprognose erfolgt daher auf folgender Grundlage: ^{B43}

- 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.

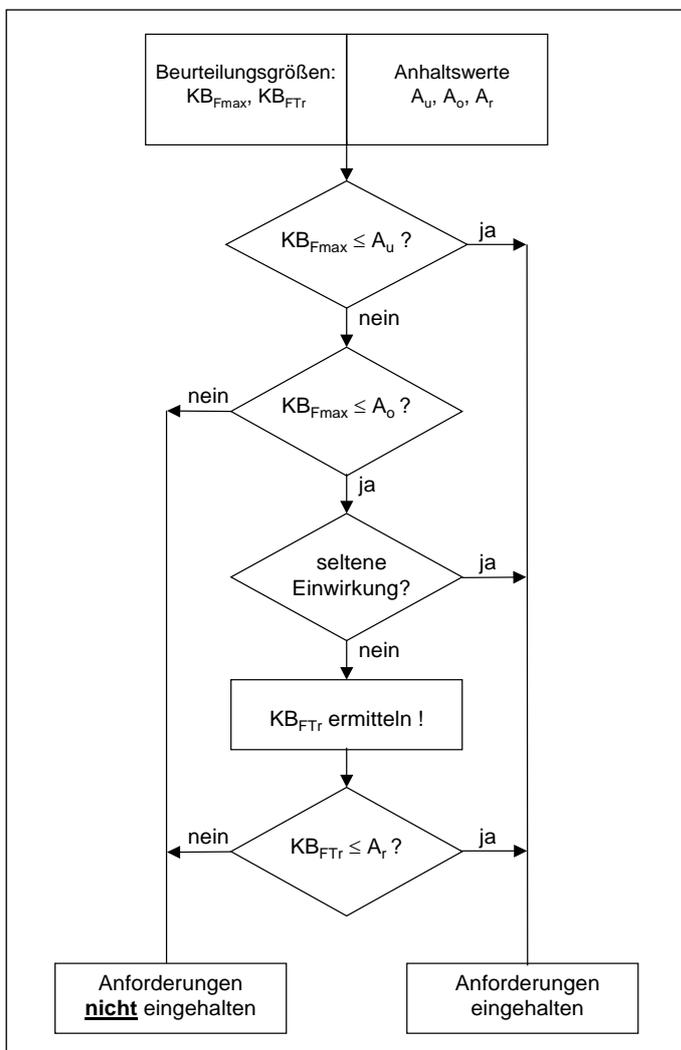


Abb. 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2 (Neubaustrecken)

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_{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_{sek} aus L_{vA} nach der Gleichung

$$L_{\text{sek}} = a \cdot L_{vA} + b$$

mit folgenden Koeffizienten ([11]):

	a	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, Stand 03.08.2020](#))
- 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		
Westlich Ostkreuz/Sonntagstraße (Neubau) ^{B44}				GT6 / GT8 (30m / 40m) Annahme 50/50%- Aufteilung
Summe hin + rück	192	20	30 km/h	
Östlich Ostkreuz/Marktstraße (Neubau) ^{B44}				
Summe hin + rück	174	20	30 km/h	
Linie M13 Boxhagener Str./Holteistr./Wühlischstr. (Bestand) ^{B44}				
Summe hin + rück	192	60	30 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: ^{B45}

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.](#)^{B46}

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^{B49} überschritten wird, wenn diese näher an der Gleisachse liegen als

9,0 m^{B46} (Holzbalkendecken) bzw. **13,5 m**^{B46} (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.~~^{B49}

Der Richtwert für den zulässigen sekundären Luftschallpegel L_{sek} wird nachts in Gebäudetagen mit Massivdecken im Abstand 8,5 m um ca. 2 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		
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F\max}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L_{sekmax}	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,44	0,11	0,05	Prognoseergebnis	45,1	34,1	27,3
Anhaltswert A_w, 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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	0,30	0,45					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F\max}$	$KB_{FTr, Tag}$	$KB_{FTr, Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L_{sekmax}	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,83	0,21	0,10	Prognoseergebnis	50,1	38,9	32,1
Anhaltswert A_w, 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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			
Prognoseergebnis	0,30	0,84					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Trotz der geringen Abstände zwischen Gleis und Gebäuden liegen die für Fundament bzw. Geschossdecke 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 ^{B46, B47}

Gebäude ^{B47}	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte KB_{FT}			Bewertung Mindestabstand
		Soll Holzbalkendecke	Soll Massivdecke	Ist Plan	
Holteistraße 10, 11, 12, 13 Sonntagstraße 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	8,5 m	H erfüllt M nicht erf.
Lenbachstraße 8, Sonntagstr. 10, 11, 12, Wühlischstr. 9, Boxhagener Str. 47	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ 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	H und M nicht erfüllt
Holteistraße 10, 11, 12, 13 Holteistraße 24, 24a, 25	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 11,0$ m	$\geq 16,0$ m	9,5 m	H erfüllt nicht erfüllt
Boxhagener Str. 48, Holteistr. 23 (Kurve M13)	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 10,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 17,0$ m	5,5 5,0 m	H und M nicht erfüllt
Holteistraße 6 (Gaststätte)	Gewerbe Tag	$\geq 5,5$ m $\geq 6,0$ m	$\geq 7,5$ m $\geq 8,5$ 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	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	10 - 13,5 m	H erfüllt M nicht erf.
Sonntagstraße 15, 22, Holteistraße 30	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	16 - 17 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
Marktstraße 10	Jugendherberge Mischgebiet Tag + Nacht	$\geq 6,5$ m $\geq 7,5$ m	$\geq 9,5$ m $\geq 10,5$ m	17 m	erfüllt
Marktstraße 1, 2, Pfarrstraße 146, Neue Bahnhofstraße 36	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	23 - 34 m	erfüllt
Marktstraße 3	Schule Tag	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	23 m	erfüllt
Neue Bahnhofstraße 37 (ehem. Beamtenwohnhaus)	Bahngelände Tag	MI $\geq 6,5$ m $\geq 7,5$ m	MI $\geq 9,5$ m $\geq 10,5$ 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: ^{B50}

f in Hz	31,5	40	50	63	80	100
ΔL_v in dB	-6	-8	-10	-11	-12	-12

-6 dB im Frequenzbereich 40 - 100 Hz

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 Türschmidtstraße 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; ¹⁾ für v = 15 km/h in der Kurve ^{B50}

Gebäude ^{B47, B50}	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte KB_{FT}			Bewertung Mindestabstand
		Soll ^{B50} Holzbalkendecke	Soll ^{B50} Massivdecke	Ist Plan	
Holteistraße 10, 11, 12, 13 Sonntagstraße 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, Holteistraße 23, 24, 24a, 25, 26 , 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 ¹⁾	$\geq 4,5$ m ¹⁾	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 ¹⁾	$\geq 4,5$ m ¹⁾	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
Türschmidtstraße 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) ^{B47, B50}

Gebäude	Charakteristik	Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte KB_{FTT}			Bewertung Mindestabstand
		Soll Holzbal-kendecke	Soll Massiv-decke	Ist	
Marktstraße 10	Jugendherberge Mischgebiet Tag + Nacht	$\geq 6,5$ m $\geq 7,5$ m	$\geq 9,5$ m $\geq 10,5$ m	17 m	erfüllt
Marktstraße 1, 2, Pfarrstraße 146, Neue Bahnhofstraße 36	Wohngebiet Tag + Nacht	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	23 - 34 m	erfüllt
Marktstraße 3	Schule Tag	$\geq 8,0$ m $\geq 9,0$ m	$\geq 11,5$ m $\geq 13,5$ m	23 m	erfüllt
Neue Bahnhofstraße 37 (ehem. Beamtenwohnhaus)	Mischgebiet Tag	$\geq 6,5$ m $\geq 7,5$ m	$\geq 9,5$ m $\geq 10,5$ 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 ^{B46, B47, B50}

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,0 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	$KB_{FTT, Tag}$	$KB_{FTT, Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
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
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	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		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	$KB_{FTT, Tag}$	$KB_{FTT, Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
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
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	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}

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				8,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m}	L _{sek,m}
Prognoseergebnis	0,16	0,040	0,020	Prognoseergebnis	39,6	28,8	22,0
Anhaltswert A _u , A _v nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,150	0,105	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	nein	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Prognoseergebnis	0,09	0,17					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				8,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m}	L _{sek,m}
Prognoseergebnis	0,25	0,070	0,030	Prognoseergebnis	43,4	32,3	25,5
Anhaltswert A _u , A _v nach DIN 4150-2, Tab.1	0,23	0,150	0,105	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Überschreitung	ja	nein	nein	Überschreitung	-	nein	nein
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Prognoseergebnis	0,09	0,26					
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

Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Holzbalkendecke				4,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	KB_{FTr,Tag}	KB_{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L_{sek,max}	L_{sek,m}	L_{sek,m}
Prognoseergebnis	0,30	0,07	0,03	Prognoseergebnis	44,0	32,4	25,6
Anhaltswert A_u, A_v 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
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h			
Prognoseergebnis	0,24	0,32					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					
Wühlischstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte), Massivdecke				4,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	KB_{FTr,Tag}	KB_{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L_{sek,max}	L_{sek,m}	L_{sek,m}
Prognoseergebnis	0,55	0,13	0,06	Prognoseergebnis	48,8	36,9	30,0
Anhaltswert A_u, A_v 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
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h			
Prognoseergebnis	0,21	0,59					
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

Wühlichstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Deckenmitte				Holzbalkendecke	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r 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	0,042	Prognoseergebnis Plan-Fall	41,4	31,9	28,5
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		-30%	-39%			-1,1 dB	-2,4 dB
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Plan-Fall mit Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB Abstand Ist: 6,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,14	0,24					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Wühlichstr. 8 / Holteistr. 26, 10245 Berlin - Obergeschoss, Deckenmitte				Massivdecke	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r 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	0,103	0,074	Prognoseergebnis Plan-Fall	45,6	35,6	32,4
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	ja
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		-38%	-43%			-2,0 dB	-3,1 dB
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Plan-Fall mit Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB Abstand Ist: 6,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,14	0,40					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
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 Ar 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) ^{B47, B50}

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) ^{B47, B50}

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_{sek} wird ebenfalls mit Ausnahme der nächstgelegenen Gebäude in der Holteistraße (Überschreitung bei Massivdecken nachts um ca. 2 dB) ^{B48} eingehalten.

Die für die nächstgelegenen Wohngebäude berechneten maximalen bewerteten Schwingstärken von $KB_{\text{Fmax}} = \del{0,21} 0,24$ (Holzbalkendecke) bzw. $KB_{\text{Fmax}} = \del{0,36} 0,41$ (Massivdecke) überschreiten die unteren Anhaltswerte der Norm DIN 4150-2 für Wohngebiete von $A_u = \del{0,23} 0,225$ tags und $A_u = 0,15$ nachts. Dies ist zulässig, da nachgewiesen wird, dass die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} 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) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert 2. Juli 2013 (BGBl-I S. 1943)
- [3] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO); BGBl. I, S. 133 vom 26.01.1990, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1057)
- [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
- [18] [Betriebsprogramm Linie M13, Abschnitt Holteistraße; Stand 01/2019 \(Basis Rahmenfahrplan 2018\), Berliner Verkehrsbetriebe \(BVG\), 14.01.2019](#) ^{B44}

7. Anhänge

Anhang 1 Übersichtslageplan



Bildquelle: Berliner Verkehrsbetriebe



VCD, Übersichtslageplan 1:500 (verkleinerte Darstellung)

Anhang 2 Emissionsdaten der Straßenbahn

Anhang 2.1 Emissionsspektrum des Straßenbahnverkehrs

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

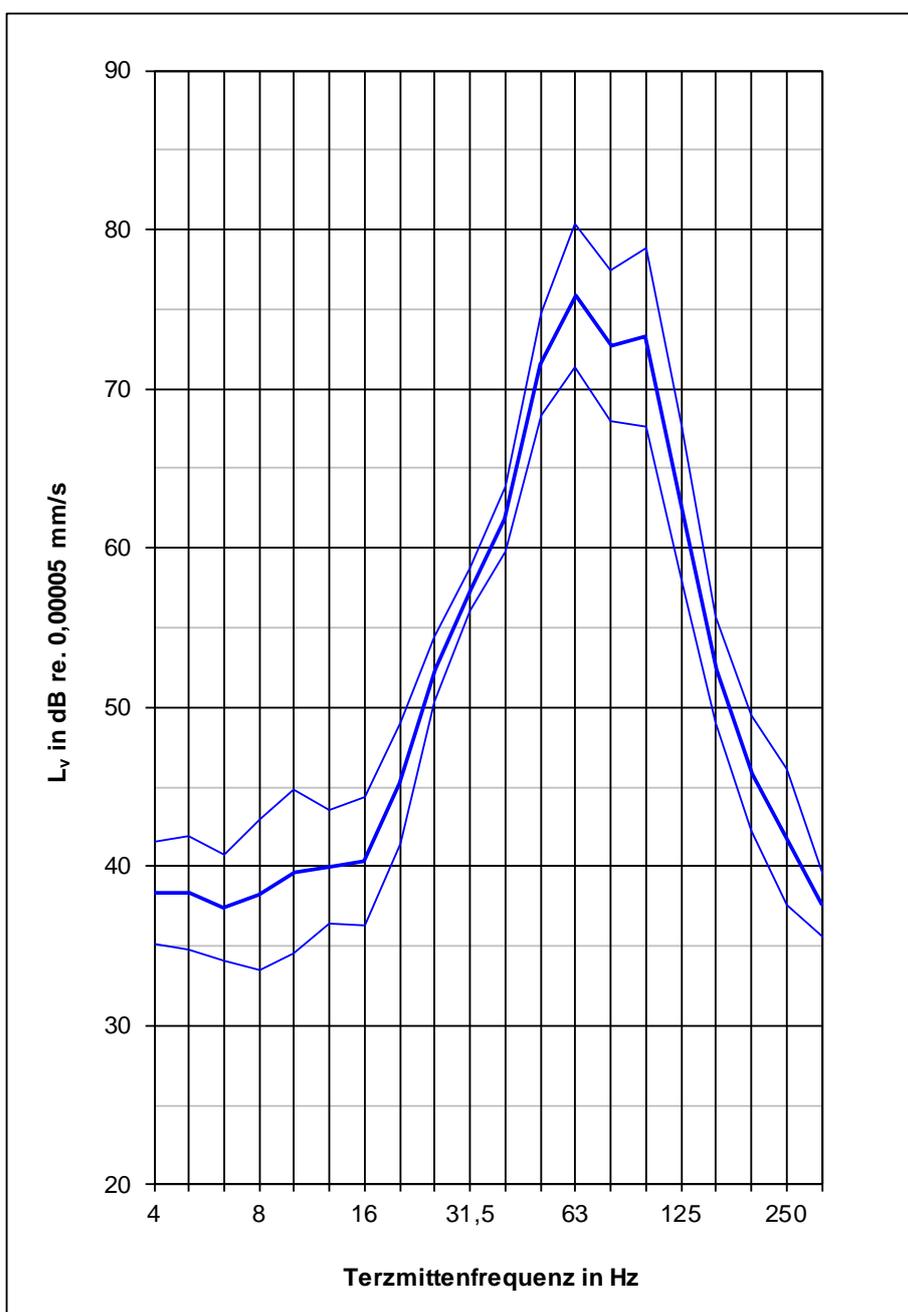
Messobjekt: Erdboden, Kastanienallee 7/9, 10435 Berlin

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)**



f_m in Hz	L_v MaxH in dB
4	38,3
5	38,3
6,3	37,4
8	38,2
10	39,7
12,5	40,0
16	40,4
20	45,3
25	52,4
31,5	57,4
40	61,9
50	71,6
63	75,8
80	72,7
100	73,2
125	62,8
160	52,3
200	45,9
250	41,8
315	37,6

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)

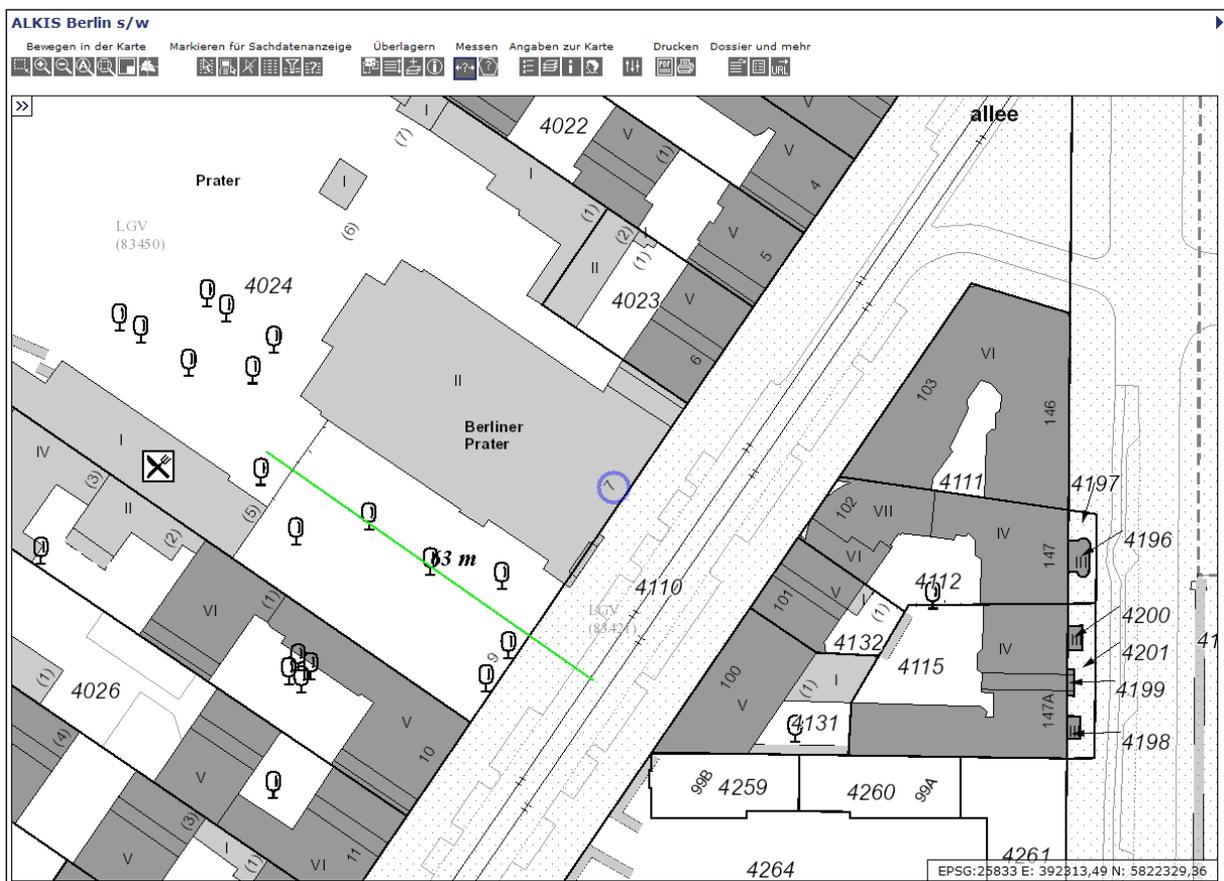


Abb. 2 Lageplan des Messortes (Messpunkte entlang der grün dargestellten Linie)

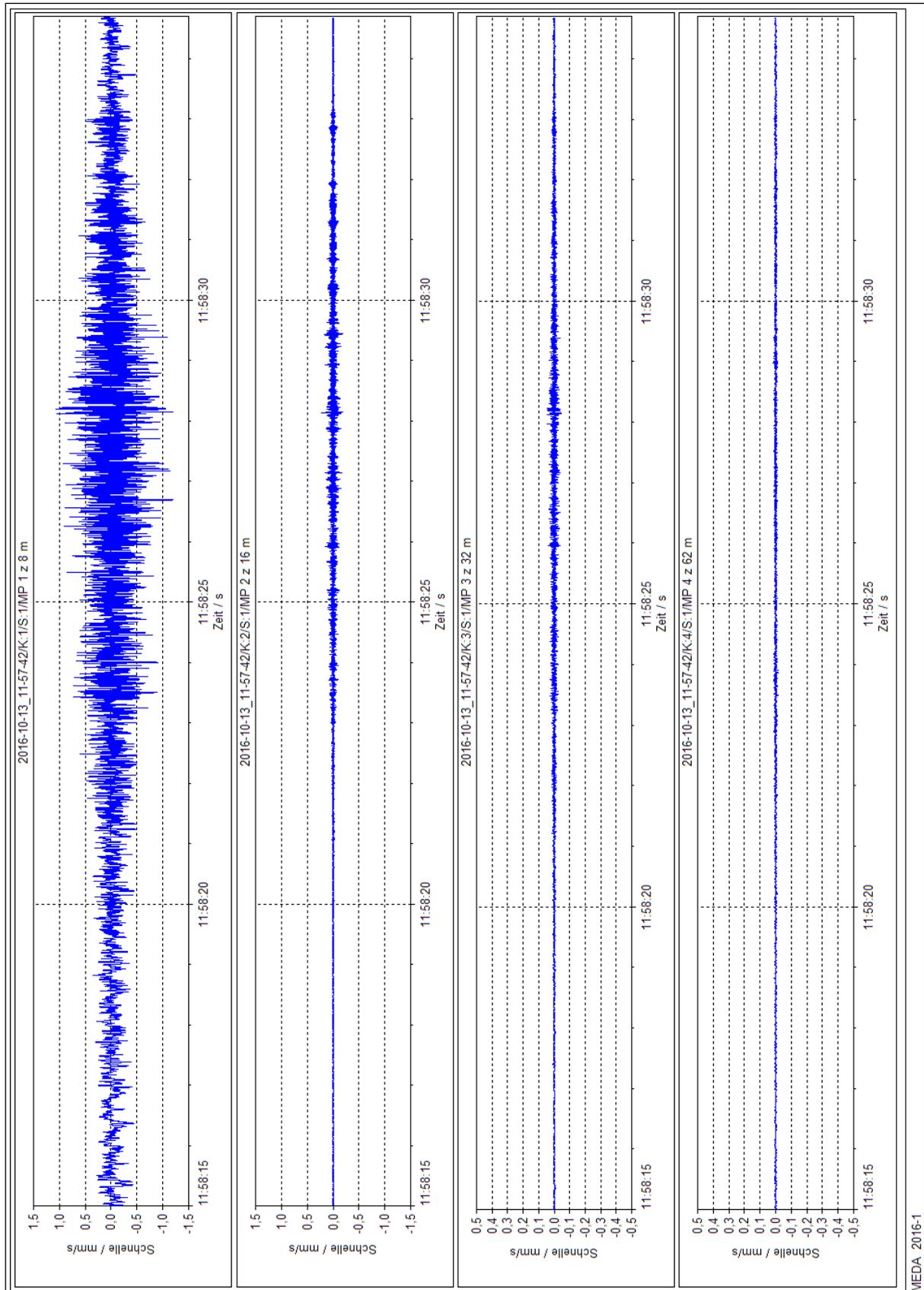


Abb. 3 Messaufnehmer in 8 m Abstand



Abb. 4 Gleiszustand zum Zeitpunkt der Messung

Schwingungsgeschwindigkeits-Zeitverlauf einer ausgewählten Vorbeifahrt



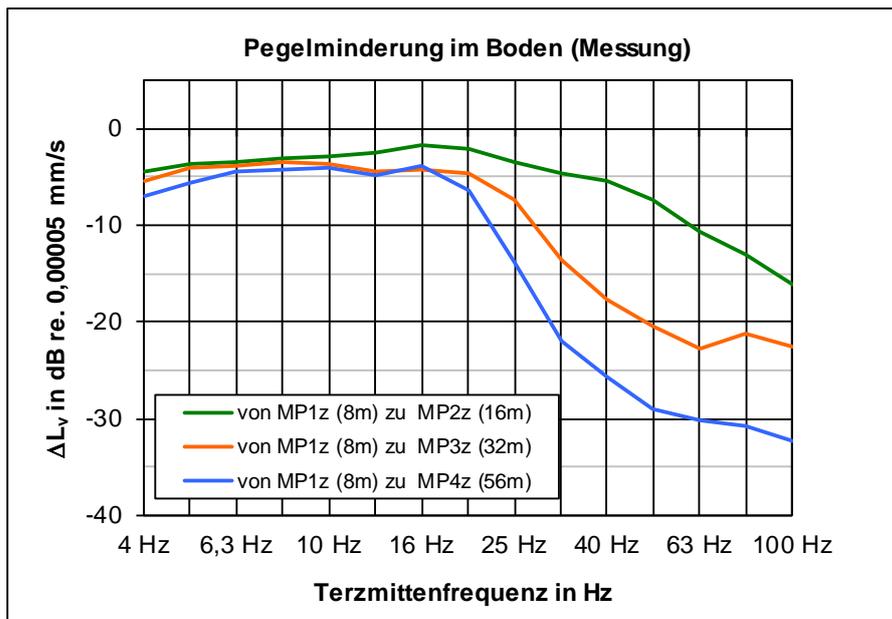
Anhang 2.2 Ausbreitungsdämpfung des Erdbodens

Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) vom 8 m-Messpunkt aus

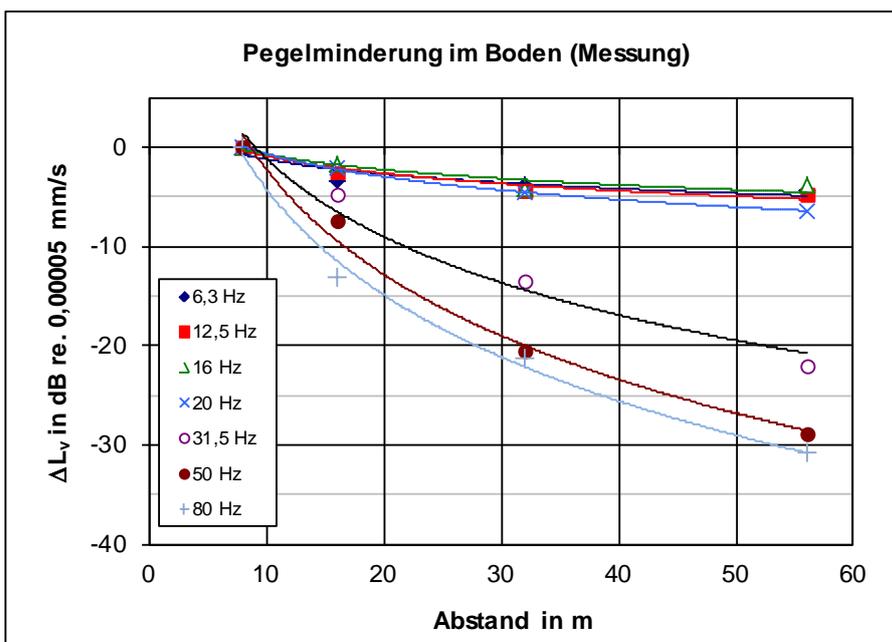
Messobjekt: Erdboden, Kastanienallee 7/9, 10435 Berlin

Datum: 13.10.2016

Gleis: Richtung Mitte / Am Kupfergraben

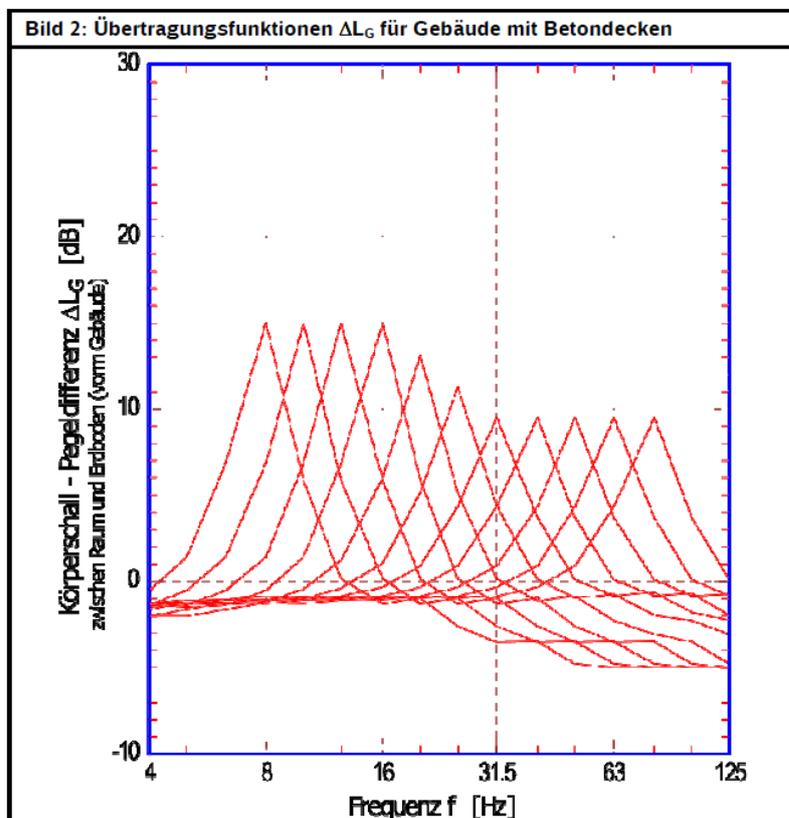
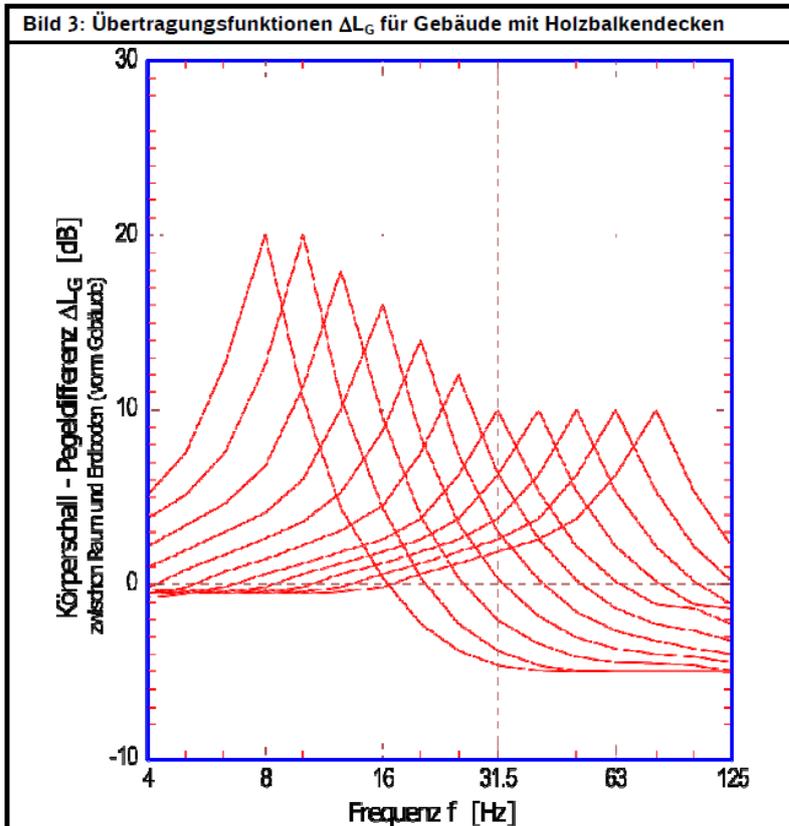


logarithmische Trendlinien der Ausbreitungsdämpfung, ausgewählte Terzbänder



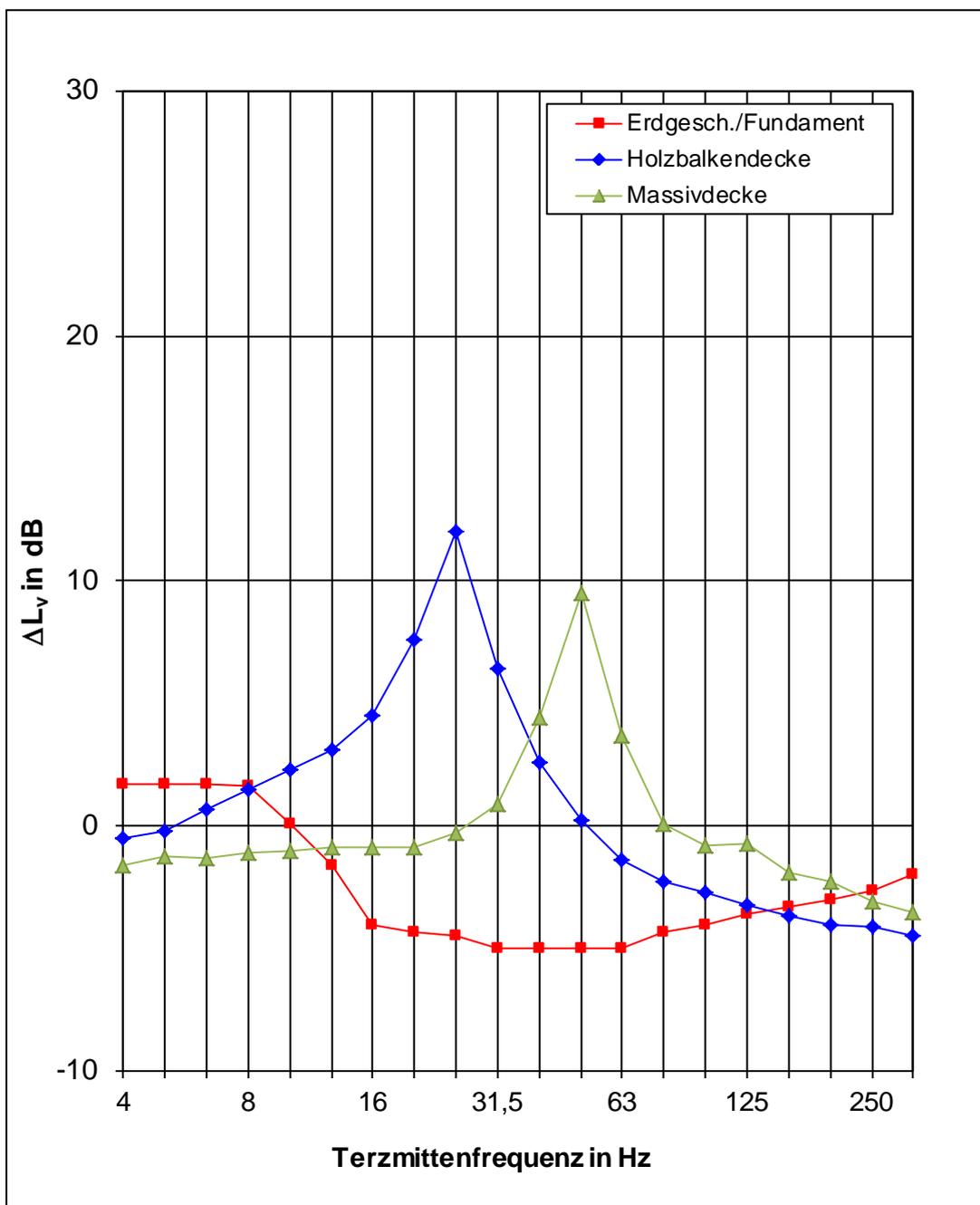
Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren ($L_{v,eq}$); >0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

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

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

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

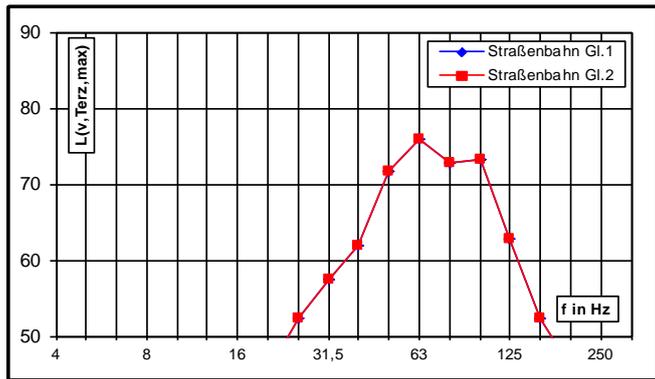
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
	M	M = Mischgebiet / Außenb.
	G	G = Gewerbegebiet
	I	I = Industriegebiet
	K	K = besondere Gebiete

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_v	0,11	0,08

Anregung/Quelle

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

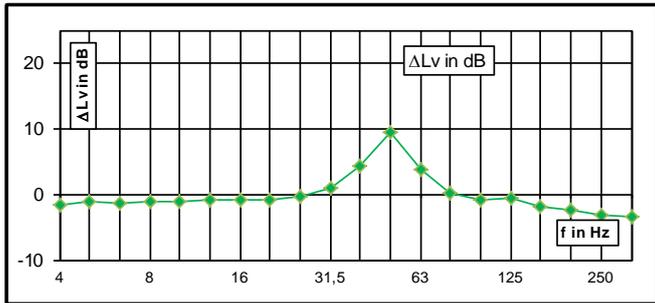
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	30	96	10
Straßenbahn Gl.2	30	96	10
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			



Übertragungsweg

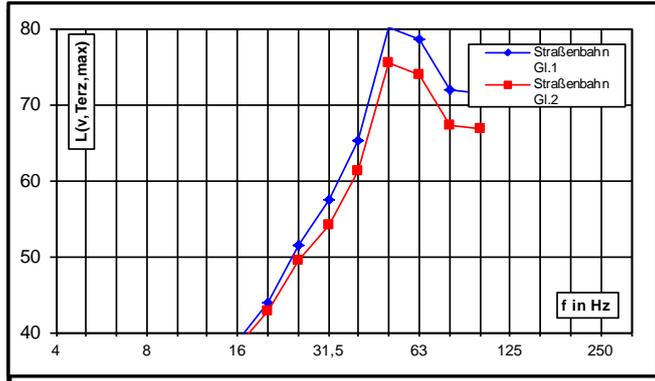
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,72	0,16	0,07
Straßenbahn Gl.2	0,42	0,09	0,04
gesamt	0,72	0,19	0,08

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
50,1	38,9	32,1

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_T	KB_{FTr} > A_T
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	ja	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,30 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,84 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

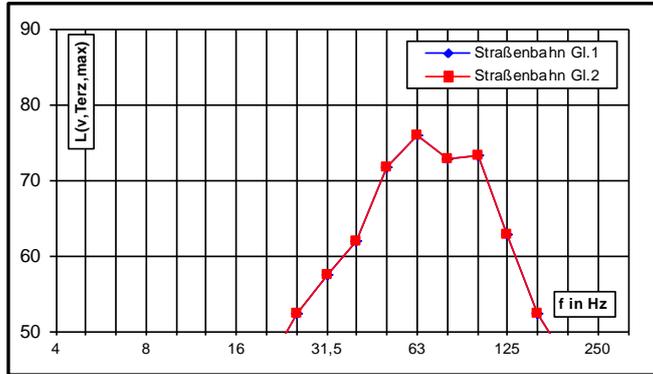
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

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_v	0,11	0,08

Anregung/Quelle

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

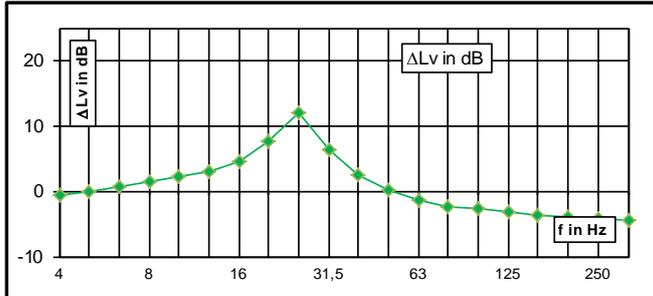
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	30	96	10
Straßenbahn Gl.2	30	96	10
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			



Übertragungsweg

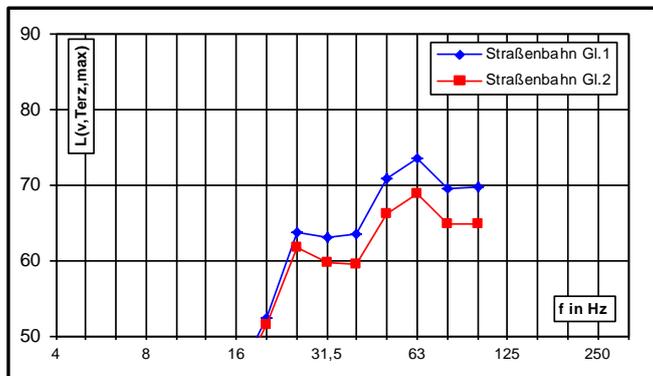
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(\text{8m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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	0,38	0,10	0,05

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

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax} $> A_u$	KB_{Fmax} $> A_u$	KB_{Fmax} $> A_o$	KB_{Fmax} $> A_o$	KB_{FTr} $> A_T$	KB_{FTr} $> A_T$
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

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 ^{B49}

d_{min} , Plan = Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse ^{k)} 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 ^{k)})	(↔) x x	x x	Holteistraße 23 ^{k)} , 24, 24a, 25, 26 ^{k)} Wühlischstr. 8 ^{k)} , 9, Boxhagener Str. 47, 48 ^{k)}	WA
8,5	(↔) ²⁾ 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	(↔) ²⁾ x	x	Sonntagstraße 24, 25, 26	WA
17	-	-	Sonntagstraße 15	WA
11	-	x	Böcklinstraße 6	WA
8,5	(↔) ²⁾ 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 ¹⁾	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 13,5	-	-	Türschmidtstraße 1	WA

¹⁾ Schutzanspruch entsprechend voraussichtlicher Nutzung nur am Tage (Büro u. ä.)

²⁾ im Grenzbereich, aufgrund von Prognosegenauigkeit als betroffen einzustufen

Abstandslinien für die Einhaltung von A_r (Tag + Nacht), ohne Minderungsmaßnahmen: ^{B49, B50}

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. 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	0,225	0,150
oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
Anhaltswert A_r	0,105	0,075

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
 $\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ 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}	KB_{FTr}	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
		Tag	Nacht	Tag	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,40	0,09	0,04	44,7	33,7	26,9
Straßenbahn Gl.2	0,25	0,05	0,03			

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

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr		Mindestabstand zur Einhaltung von A_r																	
Sonntagstr. 24-31, 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> <td colspan="2">Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</td> <td>tags</td> <td>nachts</td> </tr> <tr> <td colspan="2">unterer Anhaltswert A_u</td> <td>0,225</td> <td>0,150</td> </tr> <tr> <td colspan="2">oberer Anhaltswert A_o</td> <td>3,00</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Anhaltswert A_r</td> <td>0,105</td> <td>0,075</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		0,105	0,075
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		0,105	0,075																
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																			
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ 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		Sekundärer Luftschall in dB(A)																	
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht																
Straßenbahn Gl.1	0,36	0,08	0,04																
Straßenbahn Gl.2	0,25	0,06	0,03																
gesamt	0,36	0,10	0,05																
		$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag																
		45,8	34,9																
			$L_{sek,m}$ Nacht																
			28,1																
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														

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr 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			

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	0,105	0,075		

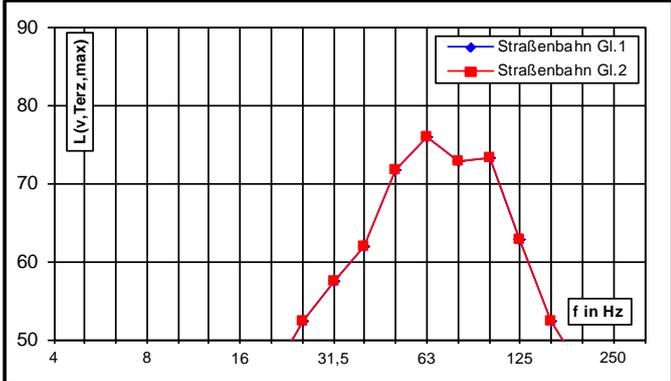
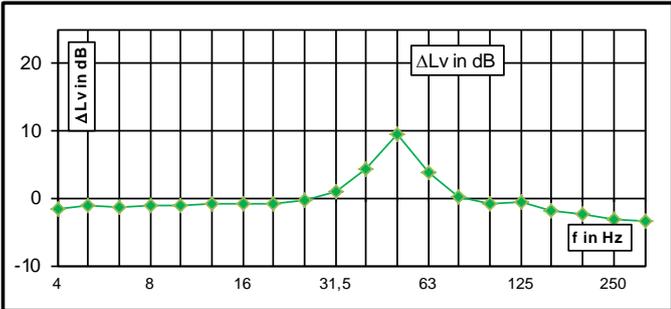
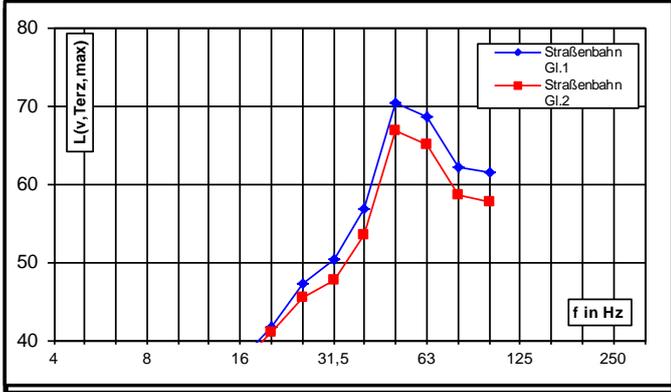
Anregung/Quelle
 Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
 im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	30	192	40
Straßenbahn Gl.2	30	192	40
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			

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

Gebäudeabstand	16,0 m
Deckentyp	Massivdecke

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

Bewertete Schwingstärke KB			
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,27	0,08	0,05
Straßenbahn Gl.2	0,18	0,06	0,04
gesamt	0,27	0,10	0,07

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
44,2	36,2	32,4

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	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,10 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

B50

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr		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	
		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	0,105 0,075

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	40
Straßenbahn Gl.2	30	192	40
Straßenbahn 30 km/h B NBS ohne elast. Lagerung			

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

Gebäudeabstand	11,0 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}	KB_{FTr}	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$	
		Tag	Nacht	Tag	Tag	Nacht	
Straßenbahn Gl.1	0,28	0,09	0,06	43,2	35,2	31,4	
Straßenbahn Gl.2	0,17	0,05	0,03				
gesamt	0,28	0,10	0,07				

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				Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3			
am Fundament	$v_{max} =$	0,19	mm/s	Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein	
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,29	mm/s	Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein	

Anhang 4 Erschütterungsprognose mit Minderungsmaßnahmen

Anhang 4.1 Prognose für nächstgelegene Gebäude

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

B46, B50

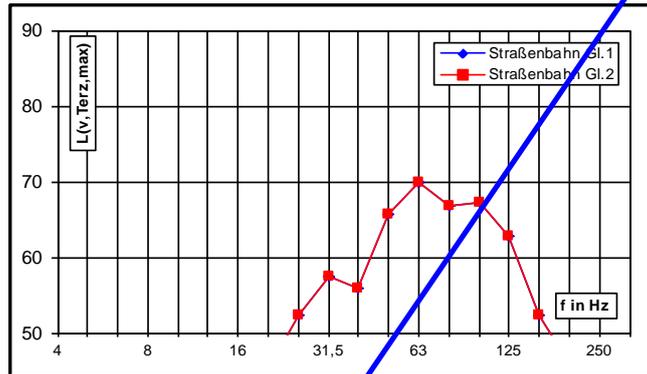
Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)		Planfall																					
Gebietstyp	M	W = Wohngebiet	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</th> <th>tags</th> <th>nachts</th> </tr> <tr> <td>unterer Anhaltswert A_u</td> <td>0,30</td> <td>0,23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>oberer Anhaltswert A_o</td> <td>5,00</td> <td>0,60</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anhaltswert A_r</td> <td>0,15</td> <td>0,11</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			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_r	0,15	0,11		
	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_r	0,15	0,11																							
	M = Mischgebiet / Außenb.																								
	G = Gewerbegebiet																								
	I = Industriegebiet																								
	K = besondere Gebiete																								

Anregung/Quelle

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

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

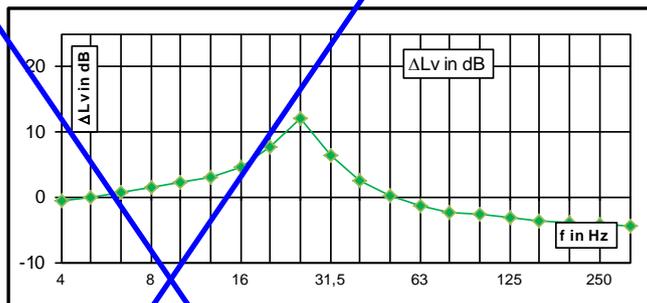
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB)



Übertragungsweg

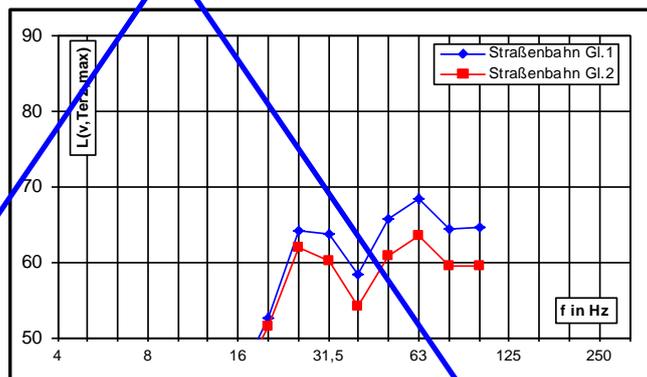
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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 _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{FTr}
		Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,24	0,05	0,02
Straßenbahn Gl.2	0,14	0,03	0,01
gesamt	0,24	0,06	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L _{sek,max}	L _{sek,m}	L _{sek,m}
	Tag	Nacht
42,7	31,7	24,9

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{FTr}
> A _u	> A _u	> A _o	> A _o	> A _r	> A _r
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. 24-31, 10245 Berlin Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte) Planfall

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

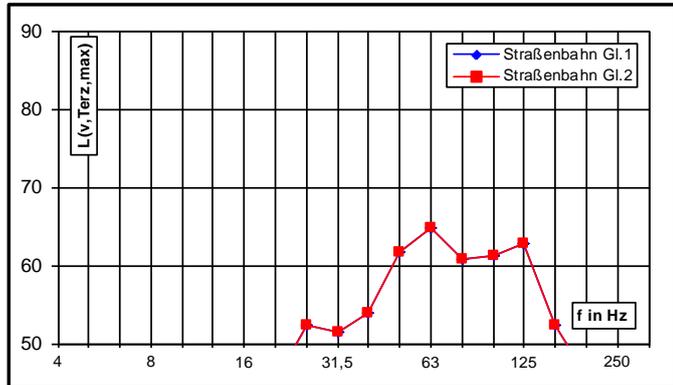
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts
unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
Anhaltswert A_r	0,105	0,075

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

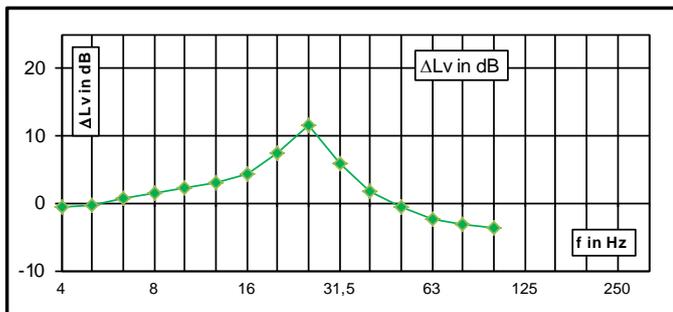
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz
-6...-12dB



Übertragungsweg

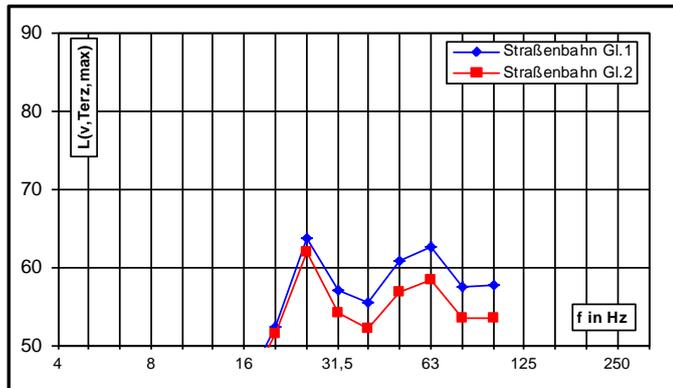
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	8,5 m
Deckentyp	Holzbalkendecke



Erschütterungs-Immission

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



Bewertete Schwingstärke KB			
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,16	0,04	0,02
Straßenbahn Gl.2	0,11	0,03	0,01
gesamt	0,16	0,04	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
39,6	28,8	22,0

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	$v_{max} =$	0,09 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

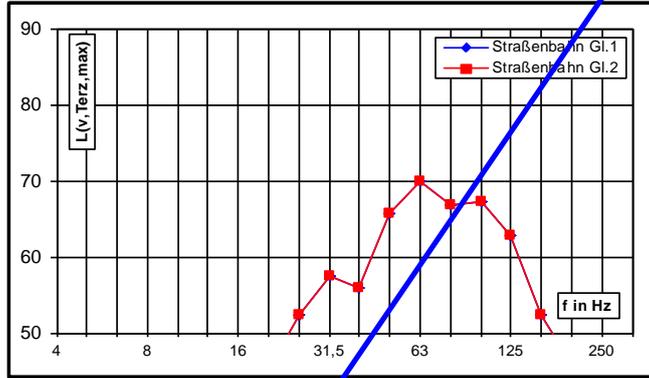
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
tags	nachts	
unterer Anhaltswert A_u		0,30 0,23
oberer Anhaltswert A_o		5,00 0,60
Anhaltswert A_v		0,15 0,11

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

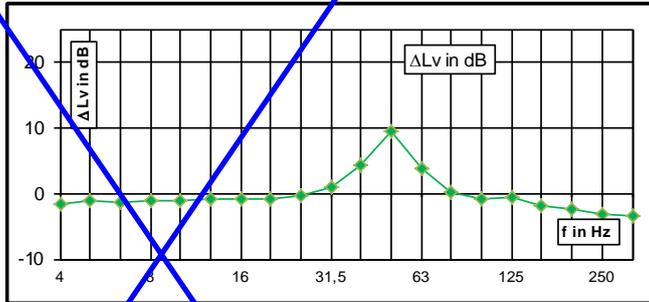
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung, 40-100 Hz (6 dB)



Übertragungsweg

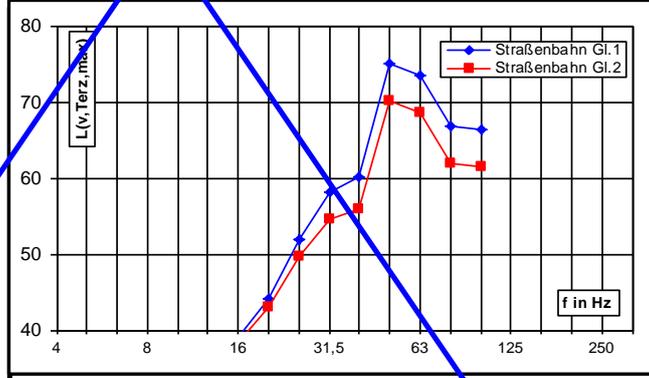
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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 KB			
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,40	0,09	0,04
Straßenbahn Gl.2	0,23	0,05	0,02
gesamt	0,40	0,10	0,05

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
47,1	35,8	29,0

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

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,17 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	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. 24-31, 10245 Berlin		Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)	Planfall
--	--	--------------------------------------	----------

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

	tags	nachts	
unterer Anhaltswert A_{11}	0,225	0,150	
oberer Anhaltswert A_{01}	3,00	0,60	
Anhaltswert A_T	0,105	0,075	

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

Bewertete Schwingstärke KB			
	KB _{Fmax}	KB _{FTr} Tag	KB _{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,25	0,06	0,03
Straßenbahn Gl.2	0,16	0,04	0,02
gesamt	0,25	0,07	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L _{sek,max}	L _{sek,m} Tag	L _{sek,m} Nacht
43,4	32,3	25,5

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB _{Fmax} > A ₁₁	KB _{Fmax} > A ₁₁	KB _{Fmax} > A ₀₁	KB _{Fmax} > A ₀₁	KB _{FTr} > A _T	KB _{FTr} > A _T
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

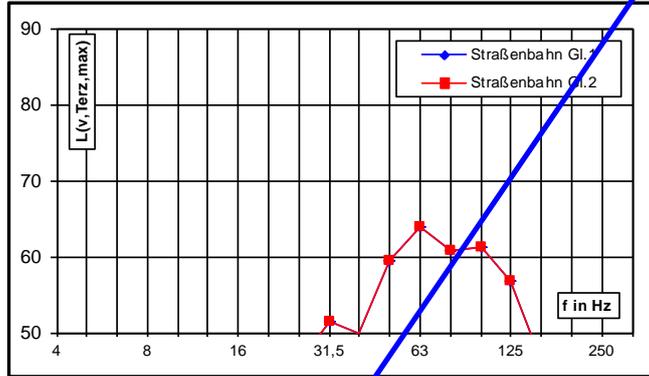
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
tags	nachts	
unterer Anhaltswert A_u		0,30 0,23
oberer Anhaltswert A_o		5,00 0,60
Anhaltswert A_v		0,15 0,11

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

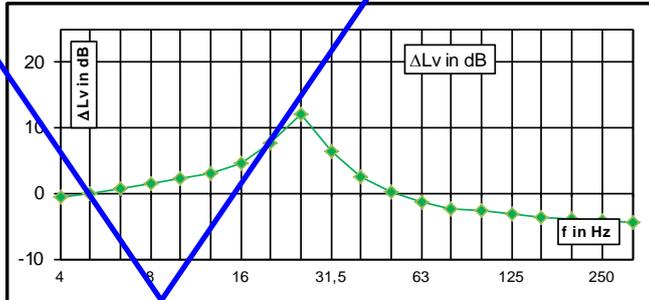
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h



Übertragungsweg

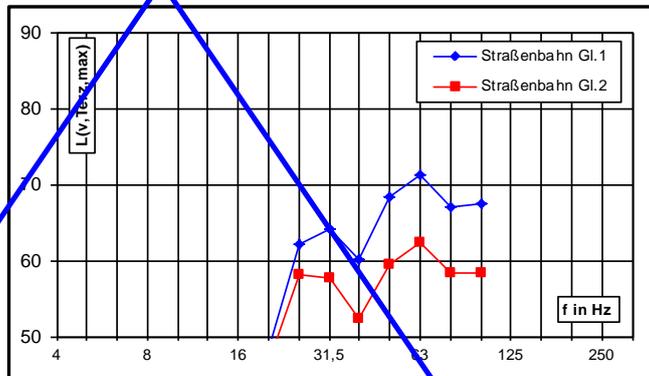
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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}	KB_{FTTr}
		Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,30	0,07	0,03
Straßenbahn Gl.2	0,12	0,03	0,01
gesamt	0,30	0,07	0,03

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

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		
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

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

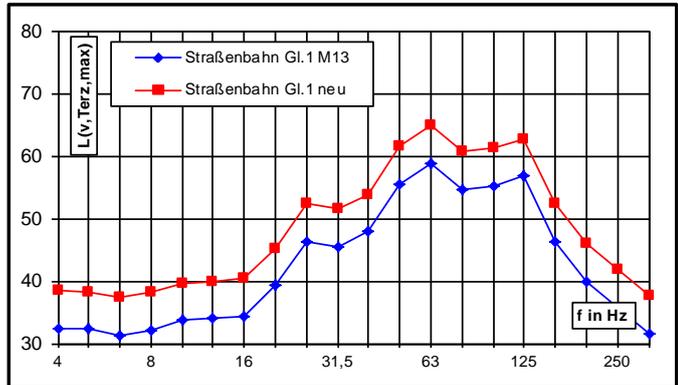
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

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	0,105	0,075

Anregung/Quelle

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

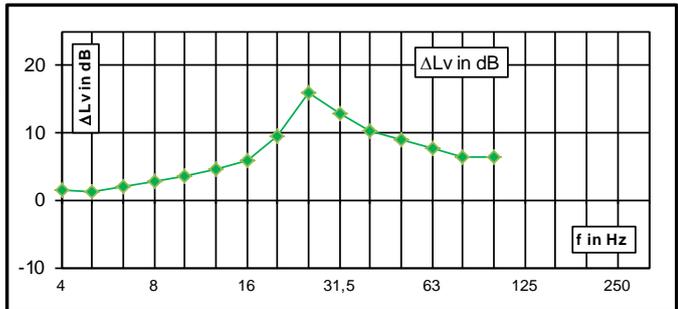
Emissionsspektrum	Zugtyp	v in km/h	Anzahl Züge	
			Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 M1		15	96	30
Straßenbahn Gl.2 M1		15	96	30
Straßenbahn Gl.1 neu		30	96	10
Straßenbahn Gl.2 neu		30	96	10
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -				



Übertragungsweg

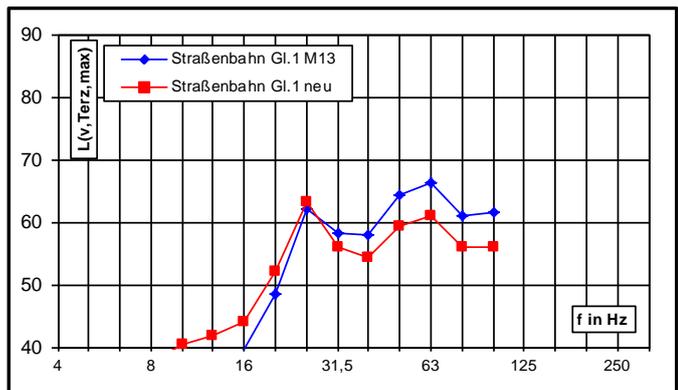
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

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



Erschütterungs-Immission

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



Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag

	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 M13	0,20	0,05	0,04
Straßenbahn Gl.2 M13	0,08	0,02	0,01
Straßenbahn Gl.1 neu	0,14	0,03	0,01
Straßenbahn Gl.2 neu	0,09	0,02	0,01
gesamt	0,20	0,06	0,04

Sekundärer Luftschall in dB(A)

$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
41,4	31,9	28,5

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2

$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_r$	$KB_{FTr} > A_u$	$KB_{FTr} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v

am Fundament	$v_{max} =$	0,14	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

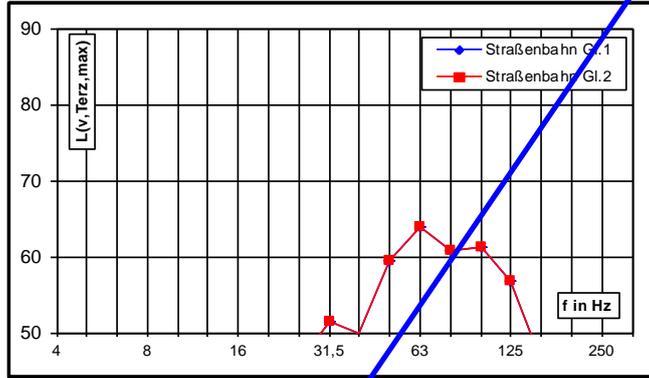
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
	tags	nachts
unterer Anhaltswert A_u	0,30	0,23
oberer Anhaltswert A_o	5,00	0,60
Anhaltswert A_v	0,15	0,11

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

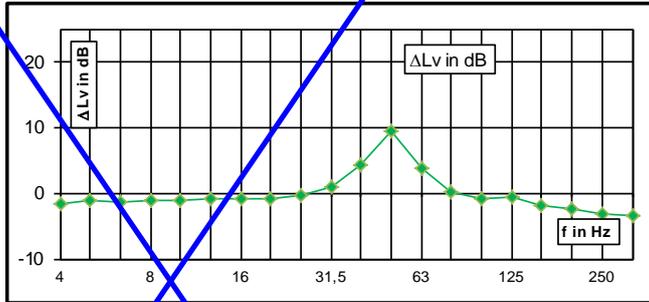
Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz (6 dB) ->15 km/h



Übertragungsweg

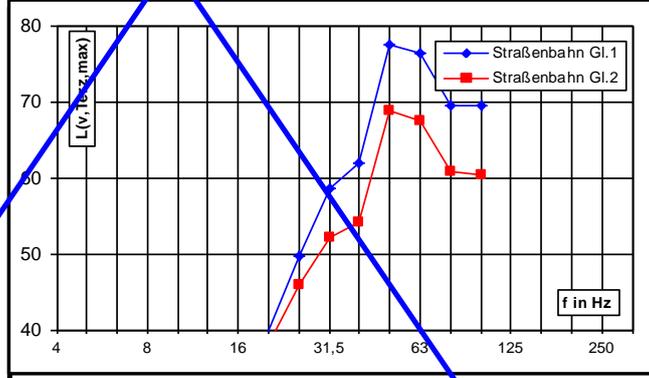
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude

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_{FTr}
		Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1	0,55	0,12	0,06
Straßenbahn Gl.2	0,20	0,04	0,02
gesamt	0,55	0,13	0,06

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

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

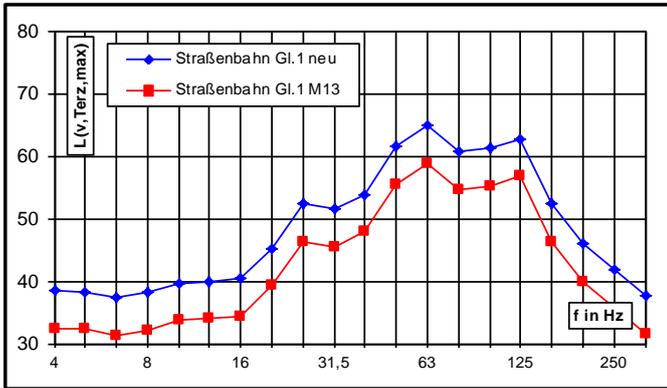
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

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	0,105	0,075

Anregung/Quelle

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

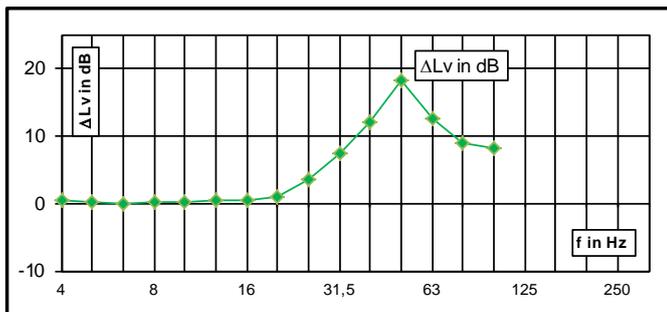
Emissionsspektrum	Zugtyp	v in km/h	Anzahl Züge	
			Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 M1		15	96	30
Straßenbahn Gl.2 M1		15	96	30
Straßenbahn Gl.1 neu		30	96	10
Straßenbahn Gl.2 neu		30	96	10
Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -				



Übertragungsweg

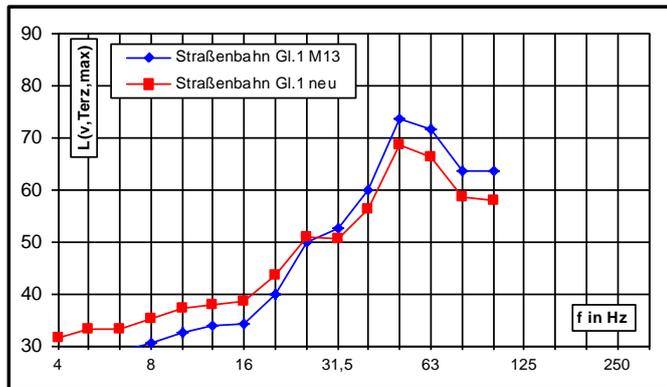
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

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



Erschütterungs-Immission

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



Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag

	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 M13	0,37	0,08	0,07
Straßenbahn Gl.2 M13	0,13	0,03	0,02
Straßenbahn Gl.1 neu	0,21	0,05	0,02
Straßenbahn Gl.2 neu	0,11	0,02	0,01
gesamt	0,37	0,10	0,07

Sekundärer Luftschall in dB(A)

$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
45,6	35,6	32,4

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2

$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v

am Fundament	$v_{max} =$	0,14	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,40	mm/s

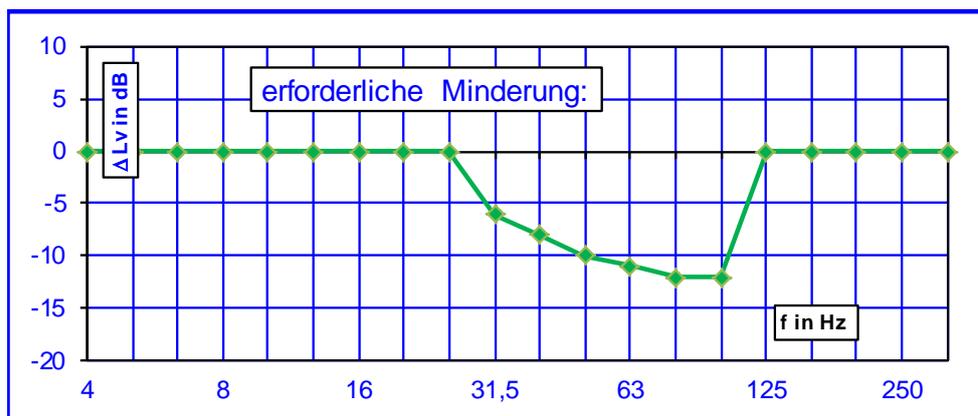
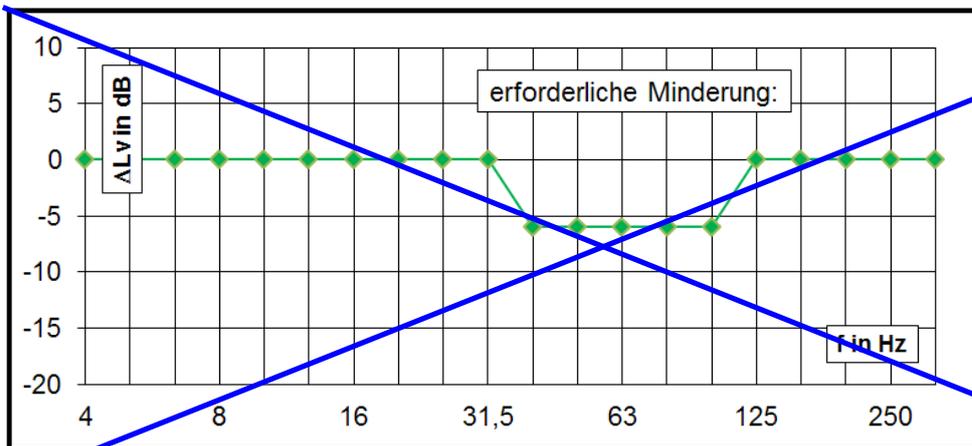
Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3

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.

Nr.	Zugattung für die Prognose	v in km/h	s in m	Richtung	Oberbau	Quelle	Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
							4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80		100	125	160	200	250	315		
1	Straßenbahn Gl.1	30	8	z	festes Fahrbahn, Neubau	Straßenbahn 30 km/h B	38,3	38,3	37,4	38,2	39,7	40,0	40,4	45,3	52,4	57,4	55,9	65,6	69,8	66,7	67,2	62,8	52,3	45,9	41,8	37,6	Msg. Kastanienallee + erf. Minderung 6 dB		
1	Straßenbahn Gl.2	30	8	z	festes Fahrbahn, Neubau	Straßenbahn 30 km/h B	38,3	38,3	37,4	38,2	39,7	40,0	40,4	45,3	52,4	57,4	55,9	65,6	69,8	66,7	67,2	62,8	52,3	45,9	41,8	37,6	Msg. Kastanienallee + erf. Minderung 6 dB		
Messort							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
4	Kastanienallee, Berftn	0,0	0,0	0,0	a	-3,4	-2,6	-2,1	-2,0	-2,2	-3,3	-6,9	-11,4	-13,6	-15,3	-15,8	-15,4	-15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Straßenbahnmessung, Proj. 16-3216 13.10.2016			
Nullpunktkorrigiert III							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
y (in dB) = 8							7,1	5,5	4,4	4,2	4,2	5,3	4,6	6,9	14,3	23,7	28,3	31,7	32,8	32,1	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
x (in m) = 8							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
x (in m) = 100							-8,6	-6,6	-5,4	-5,2	-5,1	-6,4	-5,6	-8,4	-17,4	-28,8	-34,4	-38,5	-39,9	-38,9	-40,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ΔL = y = (a * ln(x) + b) dB							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
Parameter sek. L _s							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
Nr.	Zugattung	f ₀	a	b	Quelle	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315				
1	Erdgesch./Fundament	-	0,54	18,1	Erdgesch./Fundament	1,7	1,7	1,7	1,6	0,1	-1,6	-4,0	-4,3	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-4,3	-4,0	-3,6	-3,3	-3,0	-2,0	-2,0	LIS-Bericht 107 NRW 1992, Bild 7.8a				
5	Holzbalkendecke	25	0,47	19,9	Holzbalkendecke	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,1	-4,5	DB-Richtlinie 820.2050, 01.01.2017				
10	Massivdecke	50	0,60	15,8	Massivdecke	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,5	-2,3	-3,1	-3,5	DB-Richtlinie 820.2050, 01.01.2017				
Auswahl-Parameter							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
Nr.	Zugattung	f	KB _{Tag}	KB _{Nacht}	Quelle	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315				
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,14	0,032	L _V Vermax, v _{st} in dB	35,3	36,5	36,6	38,1	37,6	37,6	35,9	40,7	47,7	52,3	50,8	47,5	64,8	62,4	63,2					64,8	0,14 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
1	Straßenbahn Gl.2	30	0,08	0,018	L _V Vermax, v _{st} in dB	34,3	35,7	35,9	37,5	37,9	36,8	35,2	39,6	45,5	48,7	48,4	55,6	59,8	57,5	58,2					59,8	0,08 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,24	0,053	L _V Vermax, v _{st} in dB	33,1	34,6	35,6	38,0	40,8	42,3	48,4	52,6	64,2	63,7	58,4	65,7	68,4	64,4	64,5					68,4	0,24 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
1	Straßenbahn Gl.2	30	0,14	0,032	L _V Vermax, v _{st} in dB	32,1	33,8	34,9	37,4	40,1	41,5	43,7	48,5	52,0	60,1	54,0	60,8	63,4	59,5	59,5					63,4	0,14 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,40	0,090	L _V Vermax, v _{st} in dB	32,0	33,6	33,6	35,4	37,5	38,3	39,4	44,1	51,3	59,2	60,2	75,0	73,5	66,8	66,4					75,0	0,40 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
1	Straßenbahn Gl.2	30	0,23	0,051	L _V Vermax, v _{st} in dB	31,0	32,8	32,9	34,8	36,8	37,5	38,3	43,0	49,7	54,4	55,8	70,1	68,5	61,9	61,4					70,1	0,23 Straßenbahn 30 km/h B NBS + elast. Lagerung 40-100 Hz			
Auswahl-Parameter							Terzmittelfreq. in Hz														Bemerkung Quelle								
Nr.	Zugattung	a	b	L _{max} in dB(A)	L _{min} in dB(A)	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315				
1	Straßenbahn Gl.1	0,60	15,8	43,6	30,6	23,8																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				
1	Straßenbahn Gl.2	0,60	15,8	40,6	27,6	20,8																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				
1	Straßenbahn Gl.1	0,47	19,9	42,7	29,7	22,9																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				
1	Straßenbahn Gl.2	0,47	19,9	40,4	27,4	20,8																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				
1	Straßenbahn Gl.1	0,60	15,8	47,1	34,7	27,3																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				
1	Straßenbahn Gl.2	0,60	15,8	44,1	31,1	24,3																			L _V Vermax, v _{st} in dB(A)				

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

Nr.	Zugattung für die Prognose	v in km/h	s in m	Richtung	Oberbau	Quelle	Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
							4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125		160	200	250	315						
1	Straßenbahn Gl.1	30	8	z	feste Fahrbahn, Neubau	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung	-38,3	38,3	37,4	38,2	39,7	40,0	40,4	45,3	52,4	51,4	53,9	61,6	64,8	60,7	61,2	62,8	52,3	45,9	41,8	37,6	Msg. Kastanienallee + Minderung 10 dB						
1	Straßenbahn Gl.2	30	8	z	feste Fahrbahn, Neubau	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung	-38,3	38,3	37,4	38,2	39,7	40,0	40,4	45,3	52,4	51,4	53,9	61,6	64,8	60,7	61,2	62,8	52,3	45,9	41,8	37,6	Msg. Kastanienallee + Minderung 10 dB						
Messort							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
4	Kastanienallee, Berlin	0,0	0,0	0,0	a	-3,4	-2,6	-2,1	-2,0	-2,5	-2,2	-3,3	-6,9	-11,4	-13,6	-15,3	-15,8	-15,4	-15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Straßenbahn-Messung, Proj. 16-3216 13.10.2016							
Nullpunktkorrigiert !!!							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
x (in m) = 8							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
y (in dB) = 0,0							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
x (in m) = 100							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
y (in dB) = -8,6							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
ΔL = y = (a * ln(x) + b) dB							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
Parametersek. LS							Terzmittelfreq. in Hz																Bemerkung Quelle										
Nr.	Bauteil	f _g	a	b	Quelle	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Bemerkung Quelle							
1	Erdgesch./Fundament	-	0,54	18,1	Erdgesch./Fundament	1,7	1,7	1,7	1,6	0,1	-1,6	-4,0	-4,3	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-4,3	-4,0	-3,6	-3,3	-3,0	-2,6	-2,0	LIS-Bericht 107 NRW 1992, BllH 7.8a								
5	Holzbalkeendecke	25	0,47	19,9	Holzbalkeendecke	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	DB-Richtlinie 820.2050, 01.01.2017								
10	Massivdecke	50	0,60	15,8	Massivdecke	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	DB-Richtlinie 820.2050, 01.01.2017								
Gebäudeübertragung																																	
Nr.	Bauteil	f	Auswahl-Nr. Geb.	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	KB _{Fr}	Bemerkung Quelle			
1	Erdgeschoss = Fundament	30	0,08	0,019	0,009	L _{Vreg,max} in dB	35,1	36,4	36,5	38,0	38,5	37,4	35,7	40,5	47,3	45,6	47,9	55,5	58,9	55,5	56,3				58,9	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,05	0,012	0,005	L _{Vreg,max} in dB	34,3	35,7	35,9	37,5	37,9	36,8	35,2	39,6	45,5	42,7	44,4	51,6	54,8	51,5	52,2				54,8	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
1	Straßenbahn Gl.2	30	0,16	0,035	0,016	L _{Vreg,max} in dB	32,9	34,5	35,5	37,9	40,7	42,1	44,2	52,4	63,8	57,0	55,5	60,7	62,5	57,5	57,6				63,8	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,11	0,025	0,011	L _{Vreg,max} in dB	32,1	33,8	34,9	37,4	40,1	41,5	43,7	51,5	62,0	54,1	52,0	56,8	58,4	53,5	53,5				62,0	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
1	Straßenbahn Gl.2	30	0,25	0,055	0,025	L _{Vreg,max} in dB	31,8	33,5	33,5	35,3	37,4	38,1	38,8	43,9	51,5	51,5	57,3	70,0	67,6	59,9	59,5				70,0	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
1	Straßenbahn Gl.1	30	0,16	0,035	0,016	L _{Vreg,max} in dB	31,0	32,8	32,9	34,8	36,8	37,5	38,3	43,0	49,7	48,6	53,8	66,1	63,5	55,9	55,4				66,1	Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB							
Decke Holzbalkeendecke																																	
Nr.	sek. Luftschallpegel	a	b	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	L _m	Bemerkung Quelle			
1	Erdgesch./Fundament	39,6	28,6	21,8	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6			
1	Holzbalkeendecke	43,4	32,3	25,5	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4			
1	Massivdecke	43,4	32,3	25,5	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4			
Decke Massivdecke																																	
1	Straßenbahn Gl.1	0,60	15,8	39,6	26,6	19,8	L _{Vreg,max} in dB(A)																								Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB		
1	Straßenbahn Gl.2	0,60	15,8	37,2	24,2	17,4	L _{Vreg,max} in dB(A)																									Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB	
Decke Holzbalkeendecke																																	
1	Straßenbahn Gl.1	0,47	19,9	39,6	26,6	19,8	L _{Vreg,max} in dB(A)																									Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB	
1	Straßenbahn Gl.2	0,47	19,9	37,7	24,7	17,9	L _{Vreg,max} in dB(A)																										Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB
Decke Massivdecke																																	
1	Straßenbahn Gl.1	0,60	15,8	43,4	30,4	23,6	L _{Vreg,max} in dB(A)																									Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB	
1	Straßenbahn Gl.2	0,60	15,8	41,0	28,0	21,1	L _{Vreg,max} in dB(A)																										Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz-6...-12dB

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 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 ¹⁾	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

¹⁾ 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: ^{B46, B50}

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

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)				Holzbalkendecke 4,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F_{\max}}$	$KB_{F_{Tr, Tag}}$	$KB_{F_{Tr, Nacht}}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{\text{sek,max}}$	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,42	0,10	0,05	Prognoseergebnis	44,3	32,8	26,0
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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB Abstand Plan: 4,5 m zur nächstgelegenen Gleisachse			
Prognoseergebnis	0,24	0,40					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

Sonntagstr. 24-31, 10245 Berlin - Obergeschoss, Wohnraum (Deckenmitte)				Massivdecke 6,5 m	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F_{\max}}$	$KB_{F_{Tr, Tag}}$	$KB_{F_{Tr, Nacht}}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{\text{sek,max}}$	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,40	0,10	0,05	Prognoseergebnis	45,9	34,5	27,7
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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB Abstand Plan: 6,5 m zur nächstgelegenen Gleisachse			
Prognoseergebnis	0,13	0,39					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

B46, B50

Abschnitt "Änderung" (Holteistr. mit M13 zwischen Wühlischstr. und Boxberger Str., gerade Strecke)	Wohngebiet, $A_{rT} = 0,105$ ^{B46, B50}
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			
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F_{\max}}$	$KB_{F_{Tr, Tag}}$	$KB_{F_{Tr, Nacht}}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{\text{sek,max}}$	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,30	0,10	0,07	Prognoseergebnis	42,8	34,2	30,4
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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Prognoseergebnis	0,17	0,29					
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			
Bewertete Schwingstärke KB	$KB_{F_{\max}}$	$KB_{F_{Tr, Tag}}$	$KB_{F_{Tr, Nacht}}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{\text{sek,max}}$	$L_{\text{sek,m}}$	$L_{\text{sek,m}}$
Prognoseergebnis	0,28	0,10	0,06	Prognoseergebnis	44,0	35,4	31,6
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
Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Straßenbahn B NBS + elast. Lagerung 31-100 Hz -6...-12dB			
Prognoseergebnis	0,09	0,27					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20					
Überschreitung	nein	nein					

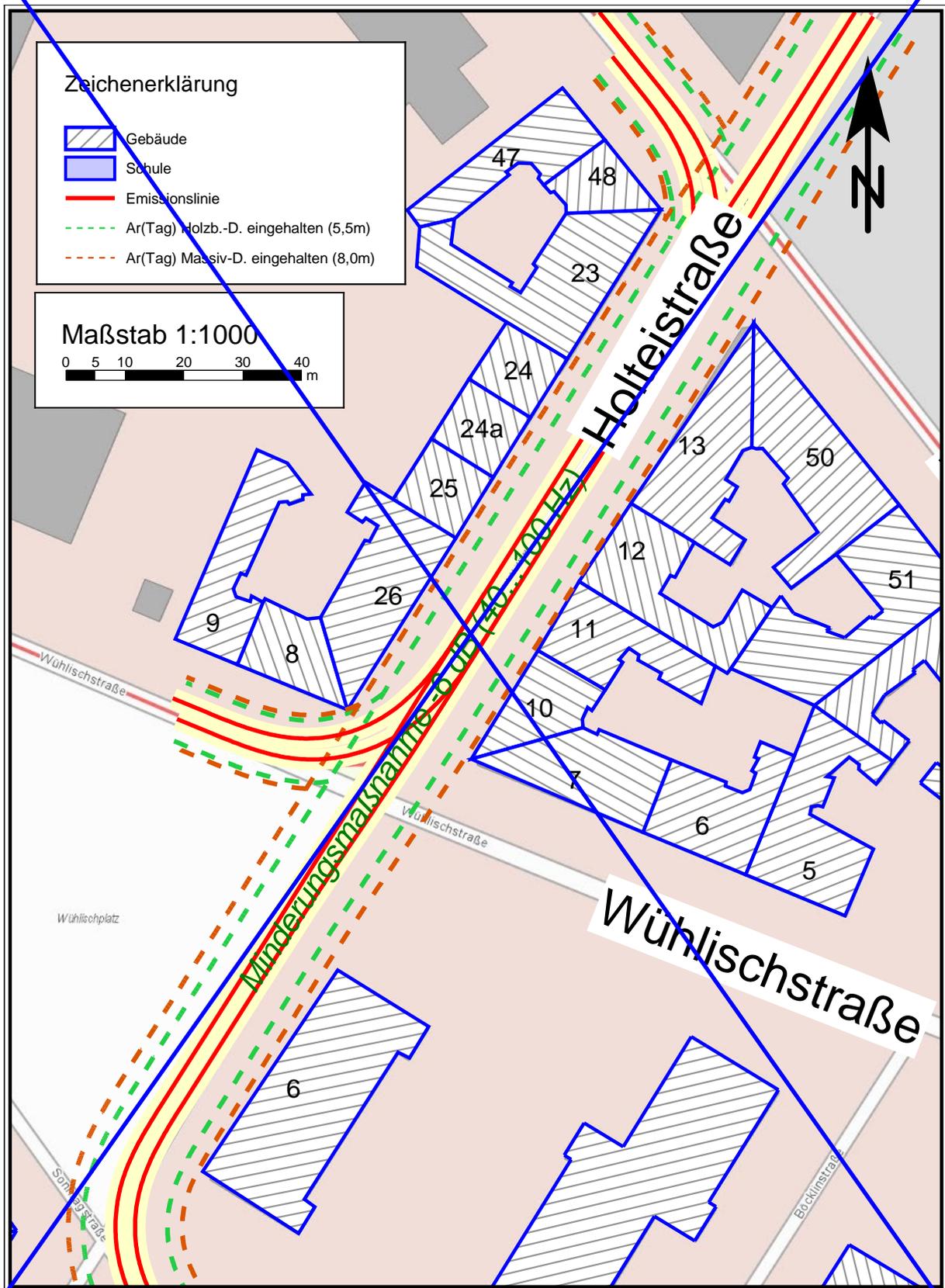
$d_{min, Plan}$ = Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse, $v = 15$ km/h in Kurvengleisen

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

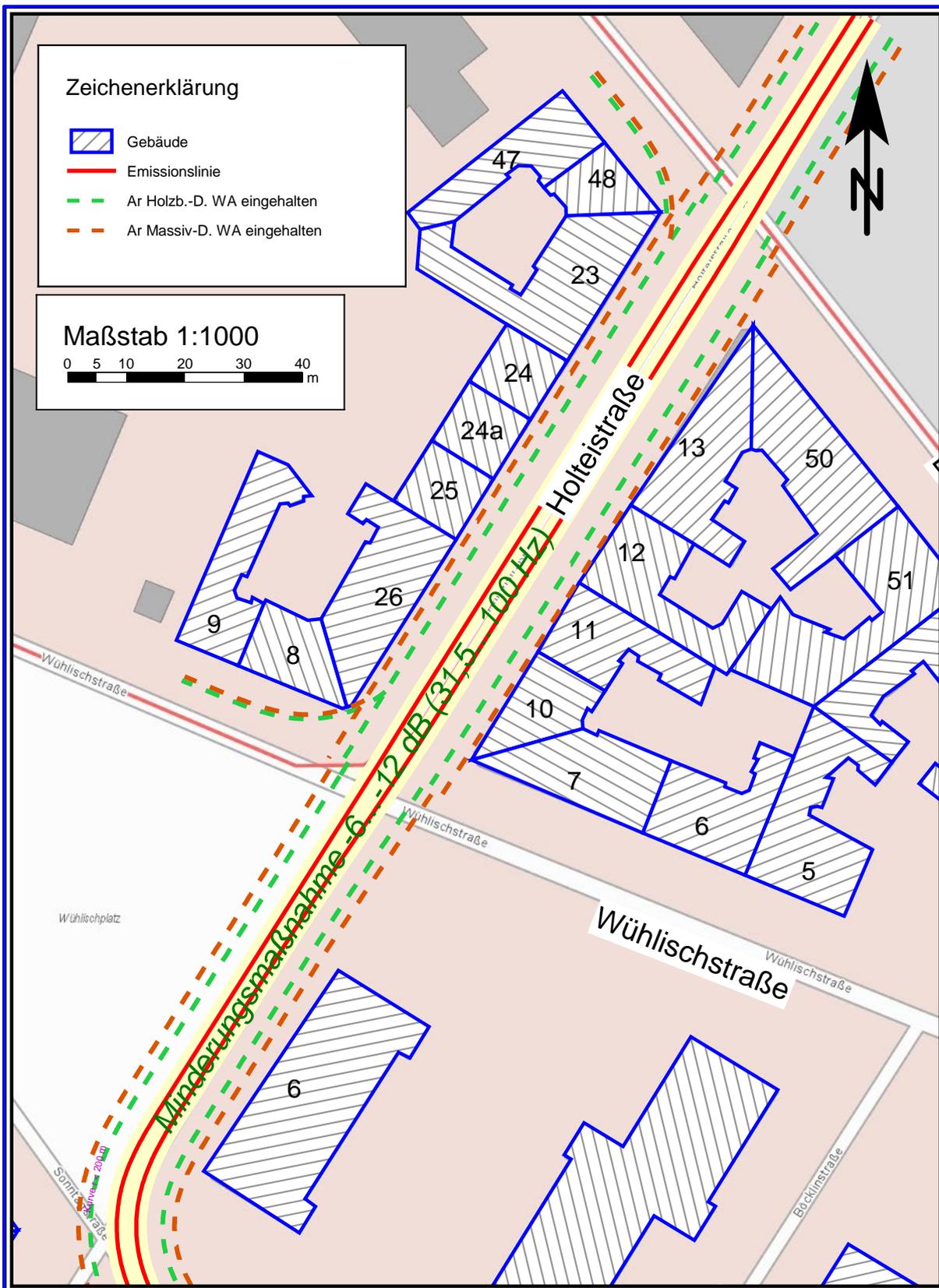
Abstandslinien für die Einhaltung von A_r (Tag + Nacht), mit Minderungsmaßnahme am Oberbau gemäß 5.2 im farblich hervorgehobenen Bereich:

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

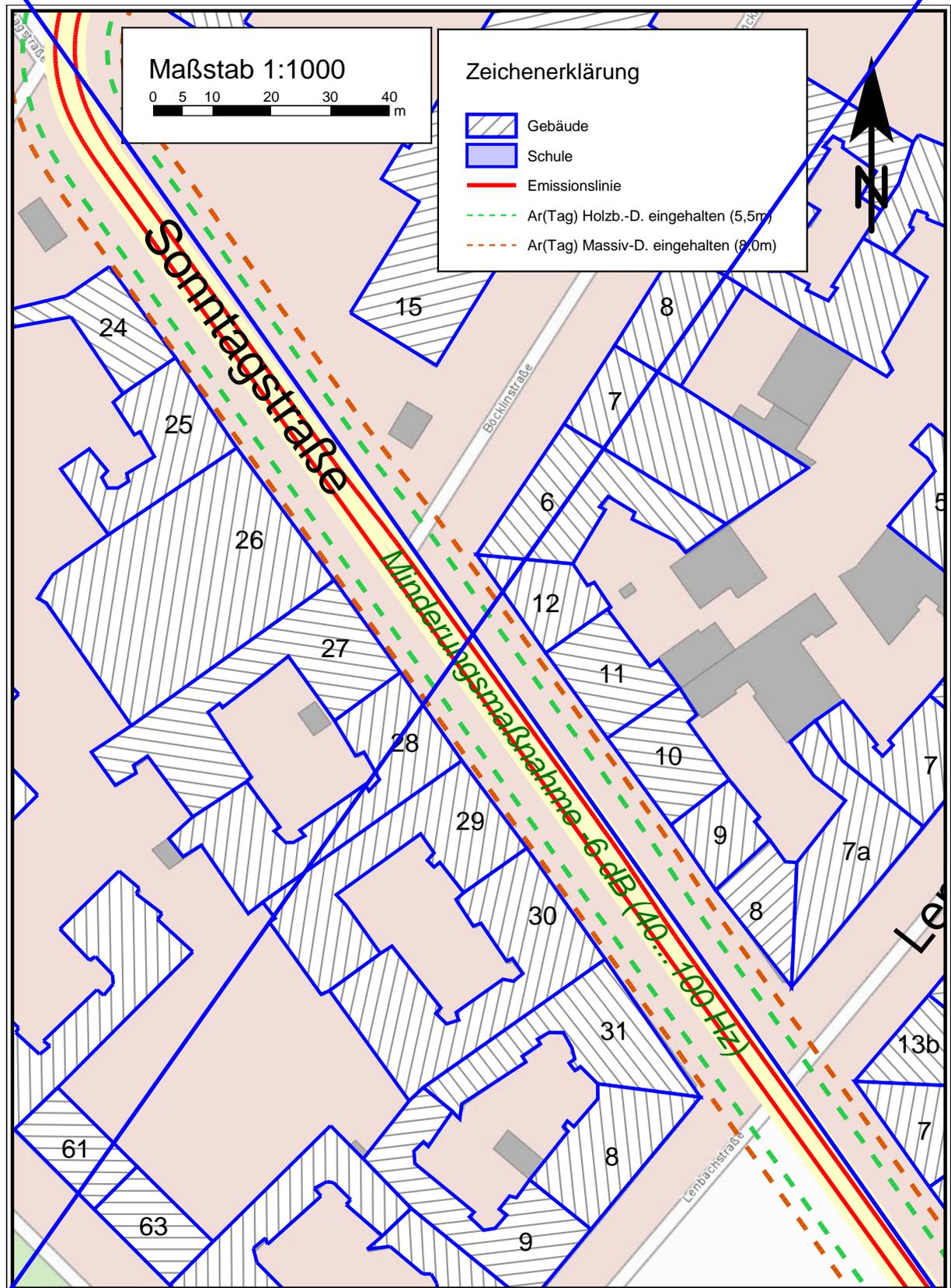
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 1



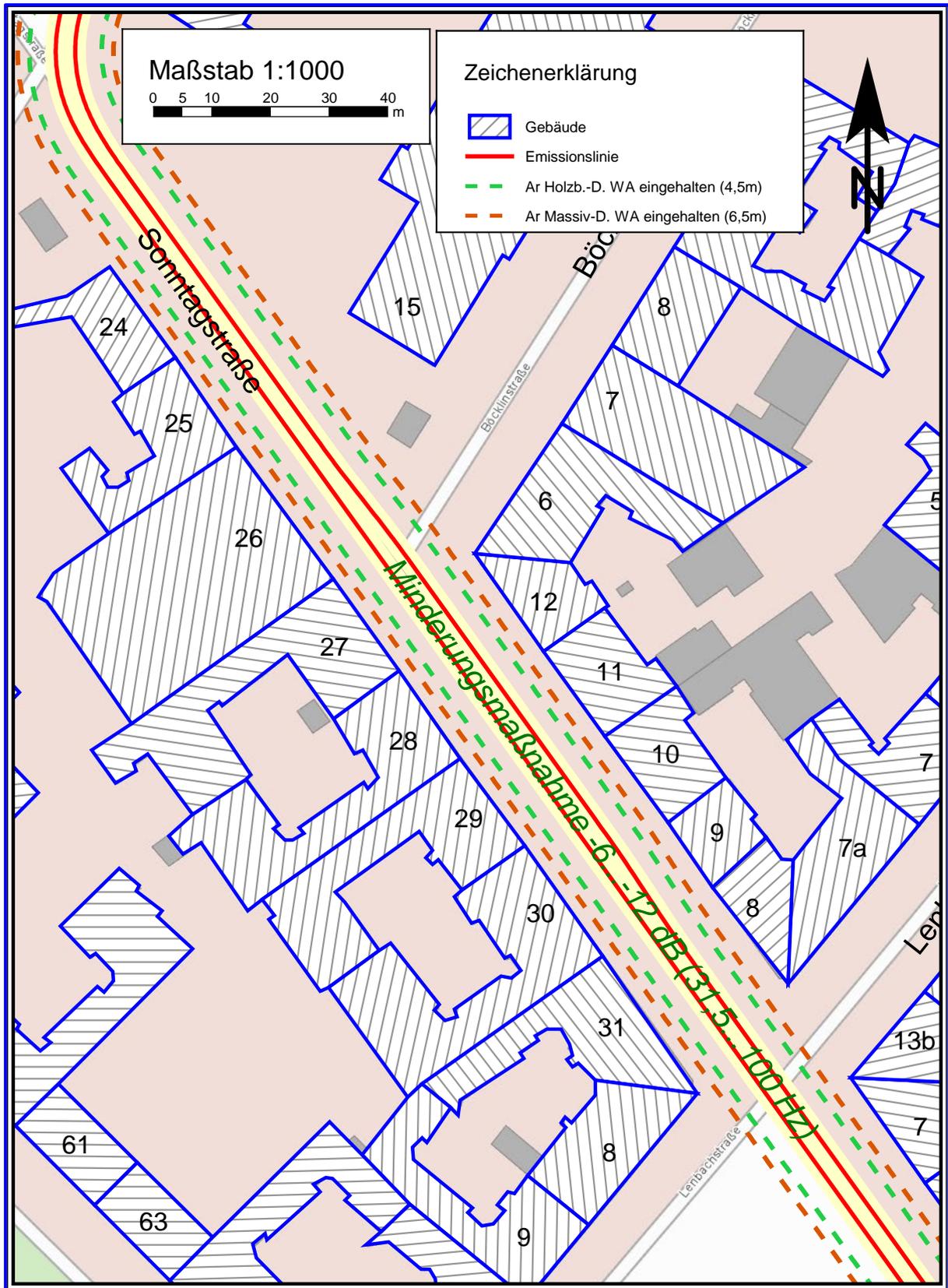
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 1 B46, B50



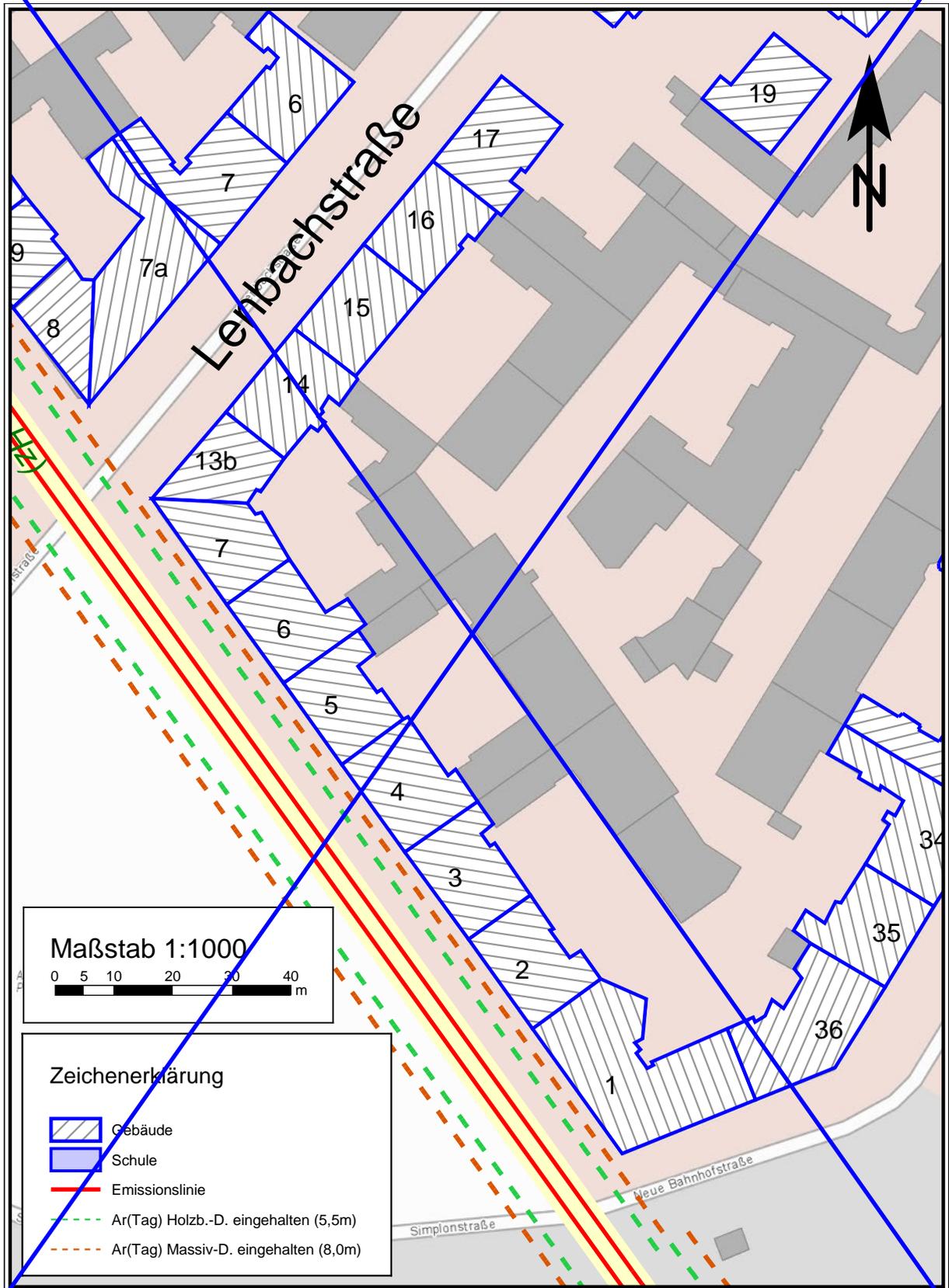
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 2



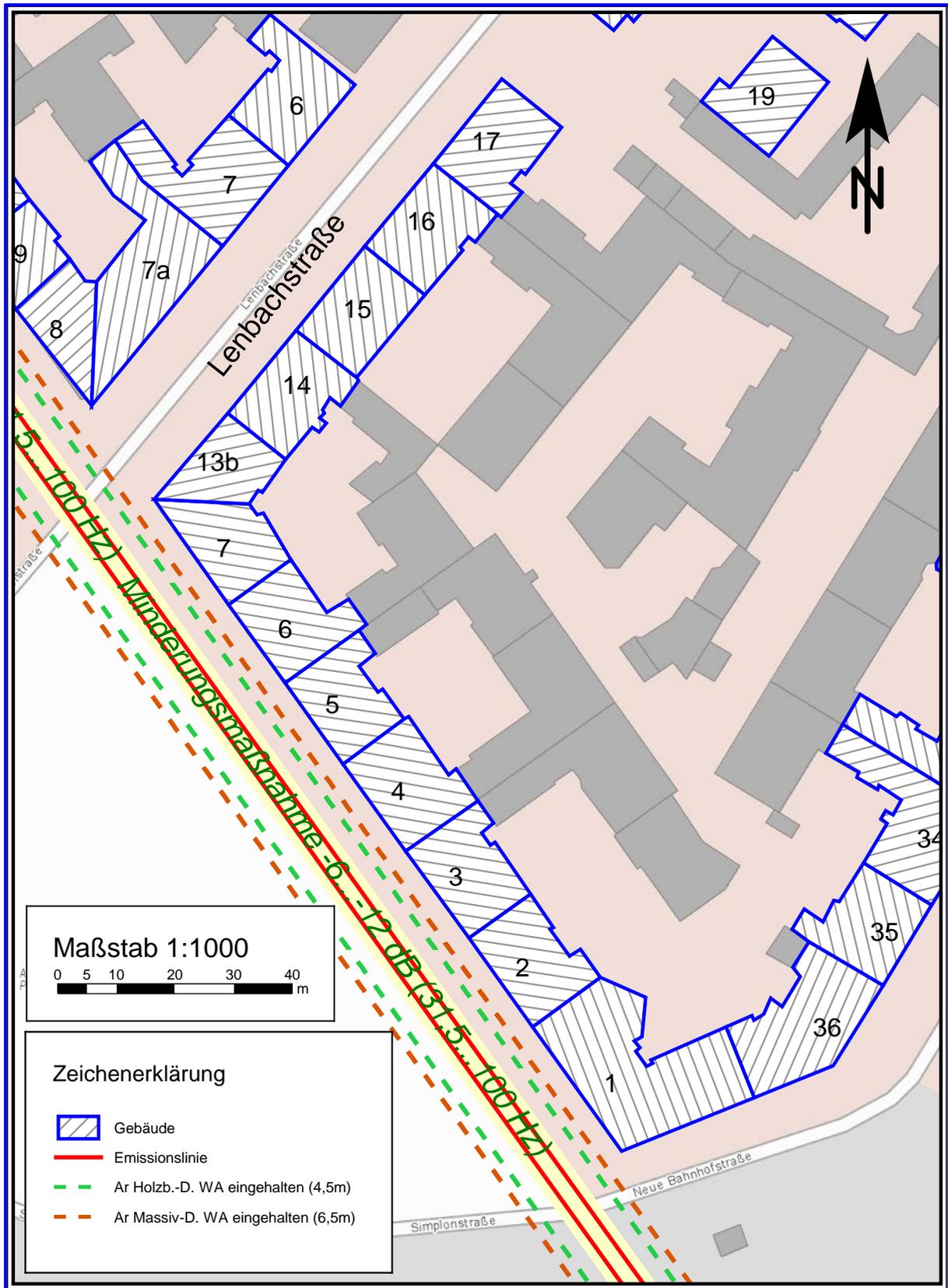
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 2 ^{B46, B50}



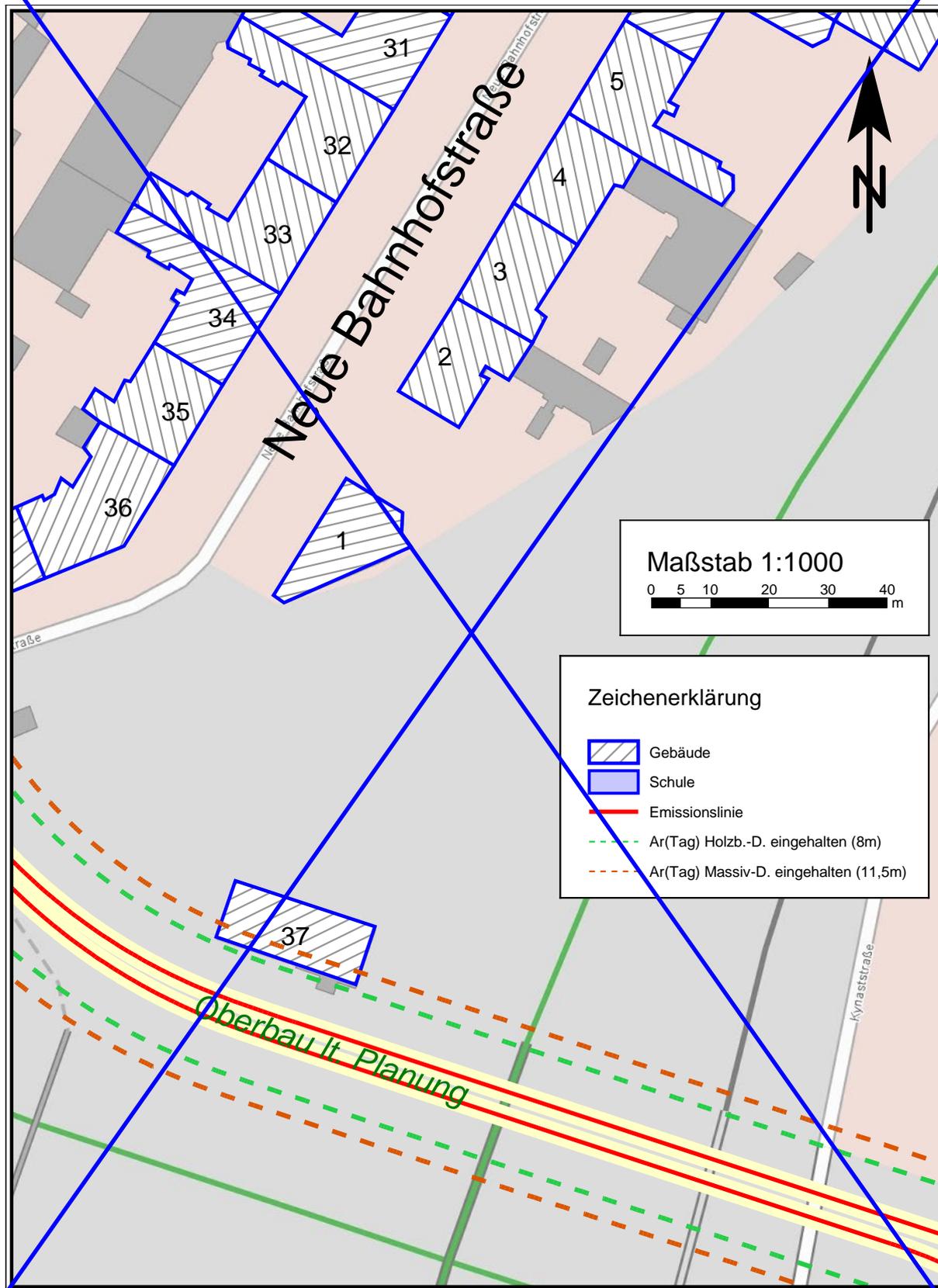
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 3



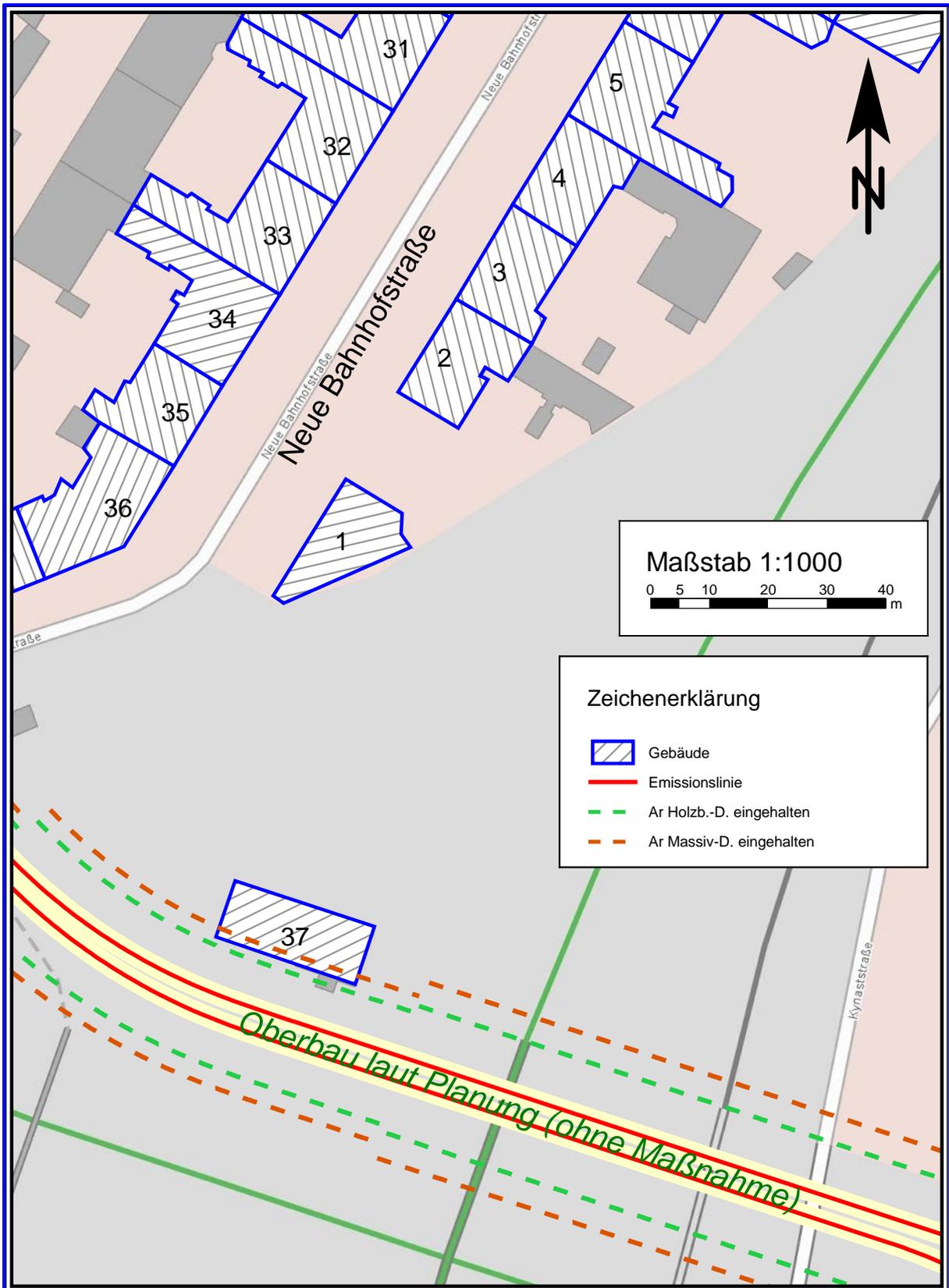
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 3 ^{B46, B50}



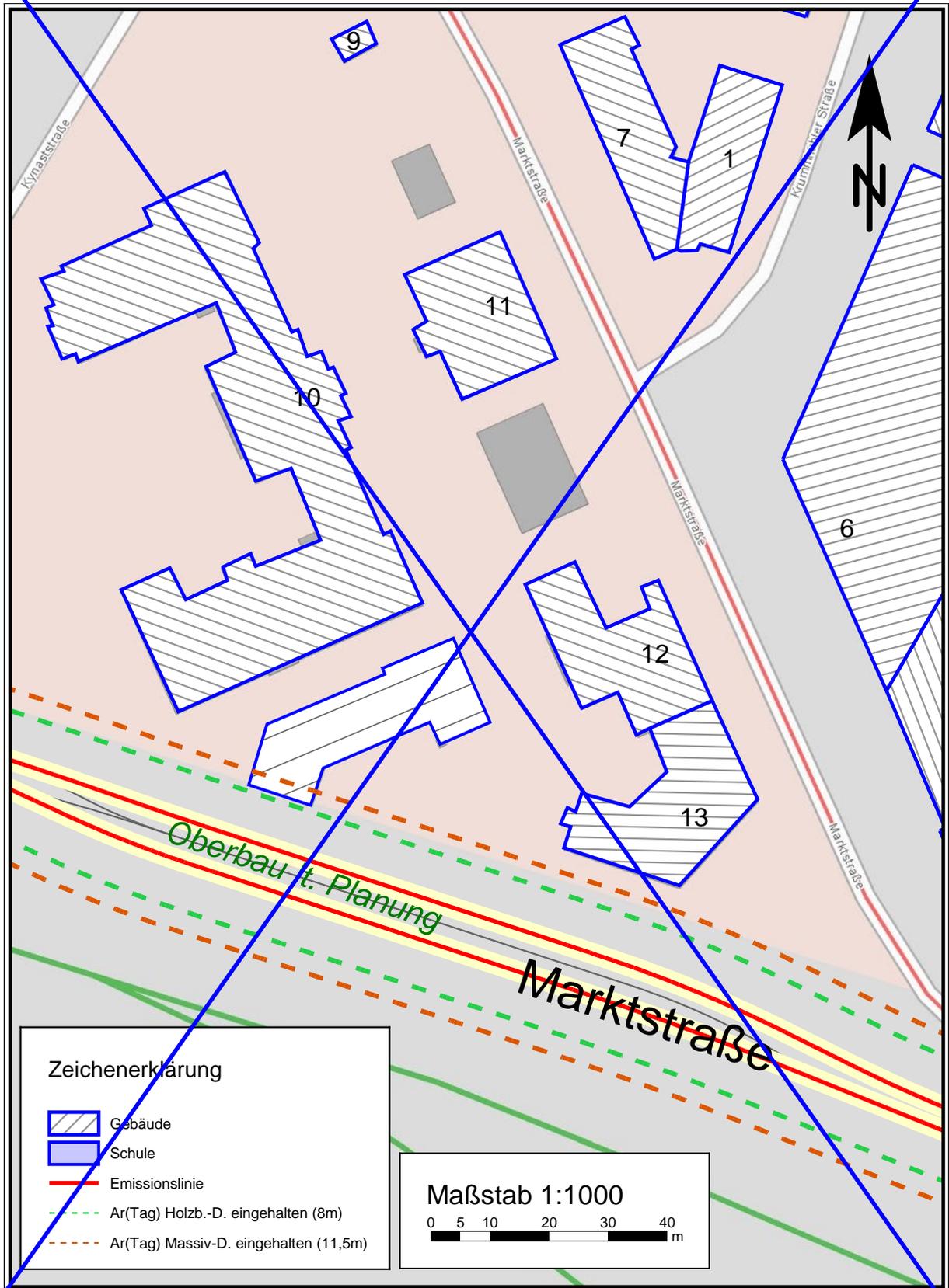
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 4



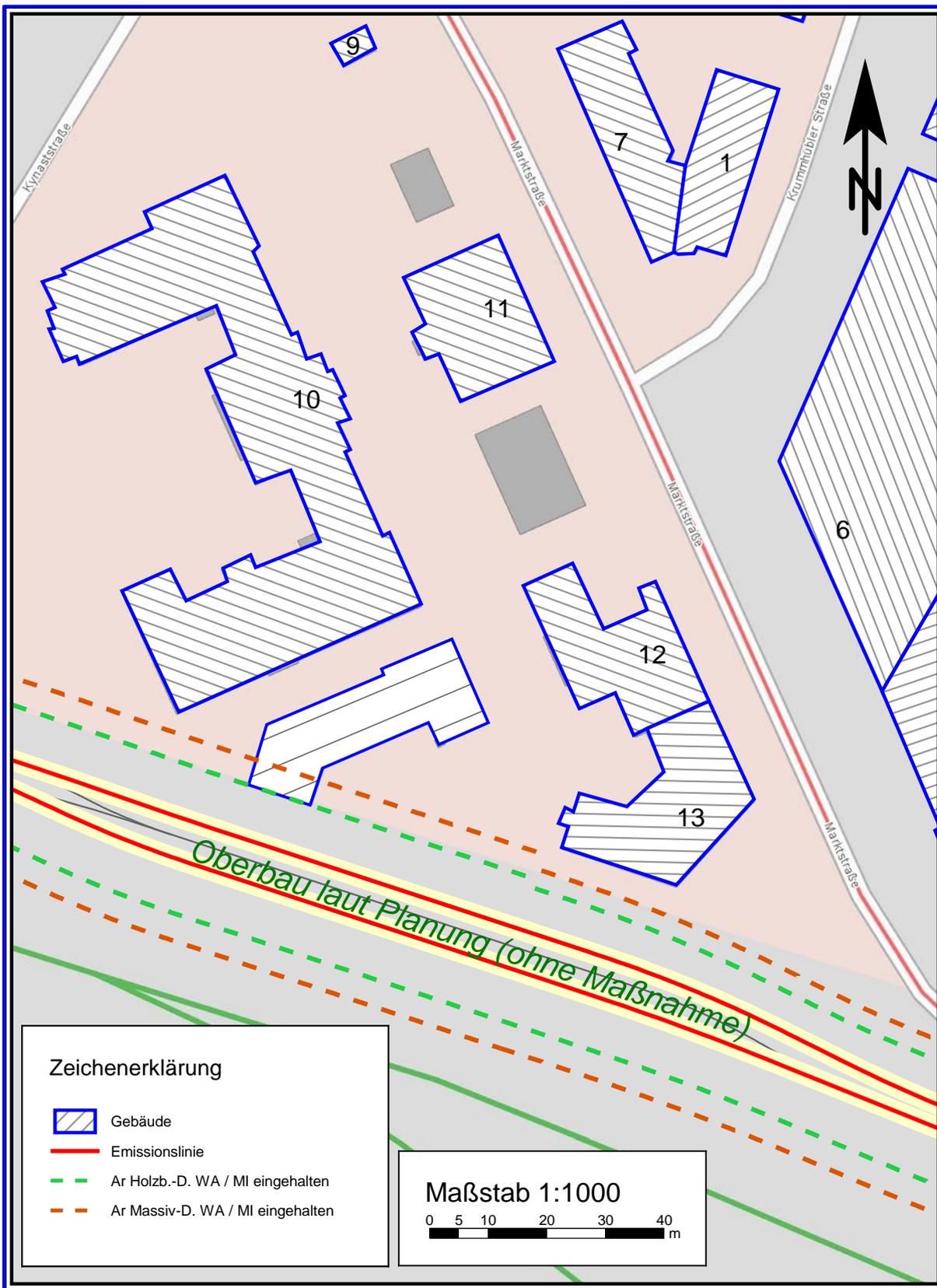
Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 4 ^{B46, B50}



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 5



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 5 ^{B46, B50}



Erschütterungs-Einwirkungsbereich (mit Minderungsmaßnahme), Blatt 6 ^{B46, B50}

