

3.2.1 Erschütterungstechnische Untersuchung

Unterlage: 21.1. Erschütterungsgutachten
21.1.2 Erschütterungstechnische Untersuchung

Neuunterlage: 17.5 Erschütterungsgutachten
17.5.2 Erschütterungstechnische Untersuchung

Projekt: **Chemnitzer Modell Stufe 5,
Ausbau Stollberg - Oelsnitz,**

Projekt-Nr.: 14126600

Bauherr/
Auftraggeber: ARGE CM 5 - ICL/ SI
c/o ICL Ingenieur Consult Dr.-Ing. A. Kolbmüller GmbH
Zwickauer Straße 16a
09112 Chemnitz

Planungsphase: Entwurfsplanung

Verfasser:

S. Baradiy

Dr.-Ing. Saad Baradiy
Ö. b. u. v. Sachverständiger für thermische
Bauphysik und Bauakustik

D. Jerusel

Dipl.- Ing. (FH) Daniel Jerusel

Datum: 28.02.2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Grund und Zweck der Untersuchung	3
2. Grundlagen der durchgeführten Untersuchung	5
2.1 Untersuchte Streckenabschnitte	5
2.2 Erschütterungstechnische Grundlagen und Definitionen	5
2.3 Ursache / Entstehung von Erschütterungsemissionen an Gebäuden	6
2.4 Auswertung und Prognose der Erschütterungen	6
2.5 Beurteilung der Erschütterungseinwirkung	7
2.6 Bestimmung und Beurteilung des sekundären Luftschalls	8
2.7 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (Nichtwohnbauung)	9
2.8 Erschütterungen aus Baumaßnahmen	9
3. Messgeräte / Messeinrichtungen / Messverfahren	10
4. Beschreibung der Messungen / Beurteilung	11
5. Bestehende Anhaltswerte zum Erschütterungsschutz	15
5.1 Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkung auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150-2)	15
5.2 Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkung auf bauliche Anlagen (DIN 4150-3)	19
5.3 Sekundärer Luftschallpegel	21
5.4 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)	23
6. Ergebnisse der durchgeführten Schwingungsmessungen / Prognose	25
6.1 Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“, Sekundärer Luftschall	27
6.2 Anhaltswerte nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“	31
6.3 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)	32

3.2.1 ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

7.	Zusammenfassung	35
8.	Prognose der Erschütterungsschutzmaßnahme	36
9.	Anhang	40

Untersuchung:

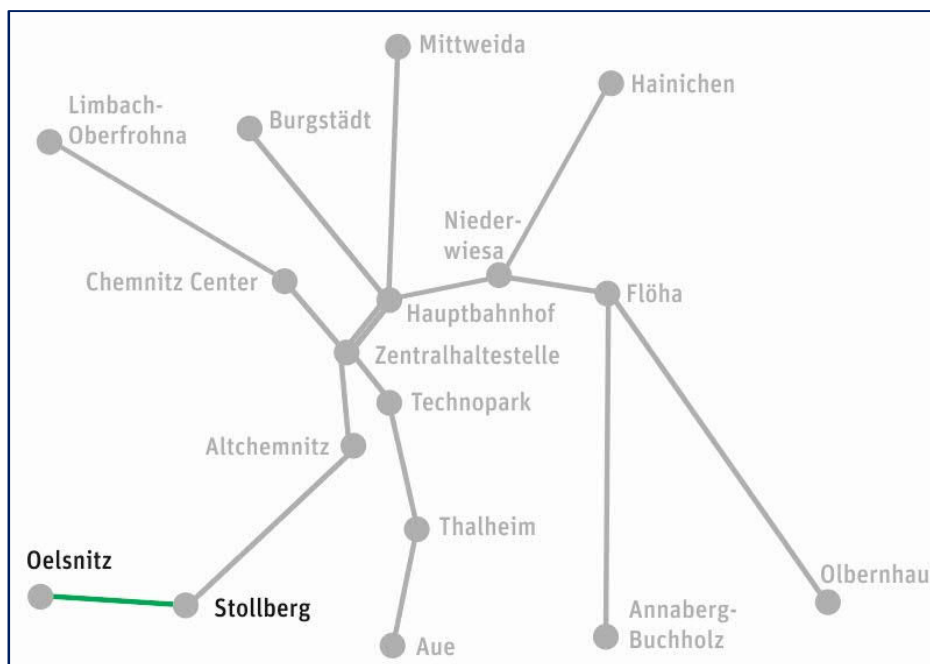
Anzahl der Seiten ohne Anlagen:	40
Anzahl der Anlagen:	10

1. Grund und Zweck der Untersuchung

Der Zweckverband Verkehrsverbund Mittelsachsen (VMS) plant die Ausweitung des Streckennetzes des Chemnitzer Modells auf der Strecke Stollberg - St. Egidien (StE) bis zum Bf Oelsnitz (Erzgebirge). Die bisherige Pilotstrecke des Chemnitzer Modells führt von Chemnitz nach Stollberg und endet dort. Mit der Erweiterung kann eine umsteigefreie Fortführung bis nach Oelsnitz (Erzgebirge) erfolgen.

Die vorliegende Untersuchung beinhaltet den Streckenneubau vom Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“.

Abbildung: Ausbau Stollberg-Oelsnitz, Schematische Darstellung [VMS 2018]



3.2.1 ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Durch fahrende Schienenfahrzeuge entstehen Schwingungen, die über den Oberbau in den Unterbau eingeleitet und durch den Boden in benachbarte Gebäude übertragen werden. In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten und der Art der Schienenfahrzeuge können die angeregten Gebäudeschwingungen ggf. hohe Erschütterungswerte erreichen.

Die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung ermittelt die Vorbelastung, prognostiziert den geplanten Ausbau und bewertet die Ergebnisse nach gültigen Anhaltswerten.

Entsprechend der VDI 3837 werden Prognoseverfahren bei nachfolgenden Abständen des Gleises zu Gebäuden empfohlen:

- Vollbahn mit Massengütertransport, extrem weicher Boden, Holzbalkendecke: 200 m
- Vollbahn: 60 m
- S-Bahn: 40 m
- U-Bahn (oberirdisch fahrend), **Stadtbahn, Straßenbahn: 25 m**

Auf der Strecke werden zukünftig Stadtbahnen / Straßenbahnen eingesetzt, daher erfolgt die Untersuchung in einem Bereich bis 25 m entlang der Strecke.

Da mehrere Objekte unmittelbar an die Gleise grenzen und die oben angegebenen Abstände unterschreiten, ist Einfluss der Erschütterungsimmissionen messtechnisch und prognosetechnisch zu erfassen und zu bewerten.

2. Grundlagen der durchgeführten Untersuchung

2.1 Untersuchte Streckenabschnitte

Im Nachfolgenden werden die untersuchten Streckenabschnitte aus erschütterungstechnischer Sicht zusammengefasst:

Neubau - Streckenabschnitt Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“.

- Im Bereich des Streckenneubaus grenzen Wohngebäude in einem Abstand von ≤ 25 m an die geplante Strecke
- Im Bereich des Streckenneubaus grenzen 2 Nichtwohngebäude mit vorhandenen bzw. geplanten Erschütterungssensitiven Anforderungen in einem Abstand von ≤ 25 m an die geplante Strecke

Aufgrund der Nutzung und der Abstände zum Gleisneubau besteht eine erschütterungstechnische Relevanz. Daher erfolgt die Untersuchung des Streckenabschnitts.

Neubau - Streckenabschnitt nach dem Gewerbegebiet „Stollberger Tor“ bis zur Bestandsstrecke Stollberg – St. Egidien

Der Streckenneubau grenzt nicht in einem Abstand von ≤ 25 m an Wohngebäude

Somit werden die empfohlenen Abstände für eine genauere Prognoseabstände gemäß VDI 3837 nicht unterschritten.

2.2 Erschütterungstechnische Grundlagen und Definitionen

Erschütterungsimmissionen bestehen aus mechanischen Schwingungen (Vibrationen, Erschütterungen) und sekundärem Luftschall, auf welche im nachfolgenden eingegangen wird.

Erschütterung

Erschütterungseinwirkungen werden i.d.R als Schwinggeschwindigkeit in mm/s angegeben. Aufgrund der Frequenzabhängigkeit erfolgt die spektrale Betrachtung.

Sekundärer Luftschall

Durch die Schallabstrahlung schwingender Raumbegrenzungsflächen wie Wände und Wohnungsdecken in Gebäuden entsteht Luftschall. Es erfolgt eine Abstrahlung von allen Begrenzungsflächen. Die Größe ist unabhängig des Außenschallpegels und der Schalldämmung der Umfassungsbauteile. Der Schall wird A – Bewertet als dB(A) angegeben und kann im Raum als tieffrequentes Geräusch wahrgenommen werden.

2.3 Ursache / Entstehung von Erschütterungsemissionen an Gebäuden

Es entstehen bei der Fahrt des Zuges dynamische Kräfte, die über das Gleis auf den Baugrund und danach auf Gebäude übertragen werden. Die Erschütterungseinwirkungen breiten sich über den Untergrund aus, und verringern sich mit ansteigendem Abstand. Gebäude werden von den Erschütterungen am Fundament / Bodenplatte angeregt. Innerhalb des Gebäudes können frequenzabhängig Erhöhungen oder Abminderungen der Schwingungen resultieren.

Vom Menschen können Erschütterungen wahrgenommen werden, wenn die „Fühlbarkeitsschwelle“ überschritten wird.

2.4 Auswertung und Prognose der Erschütterungen

Der Neubau des Streckenabschnitts Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“ wurde im Betrachtungsbereich untersucht. Es wurden Frei-Feld Messungen (Im Gewerbegebiet Stollberg) durchgeführt um die Ausbreitungsbedingungen ermitteln zu können. Daraus wurde eine vereinfachte Prognose für alle Objekte im Abstand von < 25 m zur Gleismitte erstellt. Aus dieser Prognose wurden die kritischsten Objekte für die detaillierten Messungen bestimmt. Die durchgeführte Prognose ist im Anhang aufgeführt.

Für die gemessenen Zugvorbeifahrten wird an jedem Messpunkt ein gemäß DIN 45669-1 gefiltertes Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeiten im Frequenzbereich bis 315 Hz aufgezeichnet.

Aus den Terzschnellespektren am Immissionsort werden die jeweiligen Beurteilungswerte berechnet. Die vor Ort durchgeführten Schwingungsmessungen erfassen nur einen Teil der möglichen Vorbeifahrten. Die tatsächliche Häufigkeit der Zugvorbeifahrten sowie die geplante Frequentierung werden dem zugrunde gelegten Betriebsprogramm entnommen und dann rechnerisch berücksichtigt. Die Zuggeschwindigkeit wird rechnerisch auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit korrigiert.

2.5 Beurteilung der Erschütterungseinwirkung

Wohnbebauung

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen erfolgt getrennt auf die Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden sowie Schäden an Gebäuden.

Nichtwohngebäude

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen erfolgt für die Objekte mit schwingungsempfindlichen Produktionsgeräten bzw. Auswirkungen auf die Produktionsgenauigkeit.

2.5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Wohnbebauung)

Die Beurteilung der Erschütterungen erfolgt nach dem Verfahren gemäß der DIN 4150, Teil 2: „Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden“. Die Beurteilung ist abhängig von der Gebietseinstufung des Einwirkungsortes. Die Einstufung des Einwirkungsortes (der Gebäude) erfolgte in Abstimmung mit der Schallimmissionsprognose.

Beurteilungsgrößen nach DIN 4150-2

KB_{Fmax} Maximalwert von $KB_F(t)$ der während der Beurteilungszeit (Tag / Nachtzeitraum) einmalig oder wiederholt auftritt; wobei der $KB_F(t)$ -Wert eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe ist, die aus der Schwinggeschwindigkeit durch Filterung und gleitender Effektivwertbildung abgeleitet wird.

KB_{FTr} Aus den energetisch gemittelten Taktmaximalpegeln (KB_{FTm} , Messzeit wird in 30 s Takte eingeteilt, jeder Messzeit wird der erreichte Maximalwert zugeordnet) der einzelnen Zuggattungen und Gleise über den jeweiligen Beurteilungszeitraum (Tag / Nacht) durch energetische Addition berechnete Gesamtbeurteilungsschwingstärke.

Die für die Bewertung wesentliche Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ergibt sich aus den Maximalwerten aller Zuggattungen auf allen Gleisen und deren Häufigkeit im jeweiligen Beurteilungszeitraum.

Das Hotel (Pension) wird als Wohngebäude betrachtet.

2.5.2 Bestehende Anhaltswerte zur Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Wohnbebauung)

Die bestimmten Beurteilungswerte KB_{Fmax} und KB_{FTr} werden den entsprechenden Anhaltswerten gemäß DIN 4150 Teil 2 gegenübergestellt. Dabei wird sowohl der Einwirkungsort als auch der Zeitraum (Tag / Nacht) berücksichtigt. Im nachfolgenden Abschnitt sind die Anhaltswerte aufgeführt.

2.5.3 Erschütterungen bei neuen Schienenwegen (Wohnbebauung)

Die Anhaltswerte nach DIN 4150-2 gelten für neu zu errichtende Fern- und S-Bahnstrecken. Dabei ist „neu“ im Sinne der DIN 4150-2 wenn ihre Trasse soweit von bestehenden Trassen entfernt verläuft, dass die Erschütterungseinwirkung vernachlässigbar ist. Der Ausbau des CM5 ist somit eine neu zu errichtende Strecke.

Bei Einhaltung der DIN-Anforderungen kann erwartet werden, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen vermieden werden.

2.5.4 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Wohnbebauung und Nichtwohngebäude)

Nach der DIN 4150, Teil 3:2016-12 bestehen Anhaltswerte für die gemessene Schwinggeschwindigkeit der Erschütterungen, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind. Diese Anhaltswerte liegen deutlich höher als die Anhaltswerte bei Einwirkung auf Menschen in Gebäuden.

2.6 Bestimmung und Beurteilung des sekundären Luftschalls

Bzgl. der Messung und Beurteilung des sekundären Luftschalls bestehen aktuell keine eindeutigen Regelungen.

Die messtechnische Ermittlung des sekundären Luftschalls ist in der Regel kaum bis nicht möglich. Der Einfluss des Außenlärms ist aufgrund unbekannter bzw. zu geringer Schalldämmung der Bauteile (wie beispielsweise der Fenster) sehr hoch. Somit kann Messtechnisch keine genaue Aussage zum sekundären Luftschall erbracht werden.

Daher beruht die Prognostizierung auf den (spektralen) Körperschallschnelle-Immissionsberechnungen, welche physikalisch mit dem Abstrahlgrad der Raumbegrenzungsflächen verbunden sind (siehe VDI 2038).

Für die vorliegende Beurteilung erfolgt auf Korrelationsbeziehungen zwischen dem Schwingschnellepegel auf einem Fußboden und dem messbaren sekundären Luftschallpegel (in Abhängigkeit der Bauweise der Gebäude). Der Mittelungspegel wird aus dem Pegel der Vorbeifahrt über die Einwirkungsdauer und Zuganzahl im jeweiligen Beurteilungszeitraum bestimmt.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr bestehen keine festgelegten Grenzwerte. Entsprechend dem Grundsatzurteil des BVerwG vom 21.12.2010 wird bis zur Festlegung gesetzlich verbindlicher Grenzwerte 24. BImSchV herangezogen. Die 24. BImSchV ist für die Beurteilung von Verkehrslärm in Innenräumen.

2.7 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (Nichtwohnbebauung)

Die schwingungsspezifischen Anforderungen an z.B. Produktionsgeräte resultieren aus der angestrebten Produktionsgenauigkeit und dem inneren Schwingverhalten.

Die maschinenspezifischen Anforderungen unterscheiden sich u.a. in Abhängigkeit folgender Punkte:

- Intensive Bewegungsabläufe der Geräte selbst
- Mechanischer Aufbau, Masse, Steifigkeit der Geräte
- Dauer des Prozesses

Für den Fall, dass keine genauen Herstellerangaben der Maschinen bekannt sind, können VC-Kurven (VC = Vibration Criteria) eine Hilfe der Einschätzung der Grenzkurven sein. In Abhängigkeit der Typischen Nutzung / Genauigkeit werden Schwingungspegel (rms – Terzspektren) angegeben. Die Bewertung erfolgte nach den v-rms-Werten / Terbandspektr. Falls sich Herstellerbedingt andere Bewertungsanforderungen ergeben ist Rücksprache zu halten.

2.8 Erschütterungen aus Baumaßnahmen

Erschütterungen infolge der Baumaßnahme (Baustellenerschütterungen) wie z.B. Rammen, Vibrieren, Verdichtungswalzen, Sprengen, Abbruch- / Rückbau-Arbeiten müssen bei der Einwirkung auf Menschen, bauliche Anlagen und erschütterungsempfindliche Geräte / Flächen beachtet werden. In der Anlage 8 ist die Herangehensweise näher erläutert.

Das Vorgehen kann allgemein wie folgt zusammengefasst werden:

1. Abschätzung des betroffenen Bereichs
2. Definition der kritischen Objekte
3. Festlegen der betreffenden Grenzwerte
4. Festlegung zu überwachender Objekte
5. Erstellen des Überwachungskonzepts
6. Installation der Messeinrichtung
7. Bauphase (= Messphase)

3. Messgeräte / Messeinrichtungen / Messverfahren

Die durchgeführten Schwingungsmessungen erfolgten nach DIN 45669 „Messungen von Schwingungsimmissionen“. Die verwendeten Messgeräte messen an den Messpunkten die Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit der Zeit und der Frequenz.

Gemessen wurde mit Messgeräten des Typs:

Syscom RED BOX MR 2002-CE

Syscom MR 3000

Frequenzbereich 1 – 315 Hz

Schwinggeschwindigkeit 0,00007 – 115 mm/s

Schwingbeschleunigung 0,0001 – 10 g

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte über die Anwendungssoftware WIN COM 2 sowie Waverform Analysis, EAWLight Version 4.6, SYSCOM Instruments SA sowie VIEW 2002, Version 3.1, ZIEGLER CONSULTANTS Gladbachstrasse 121 CH-8044 Zürich.

Die Prognose erfolgte über die Anwendungssoftware VIBRA 1 / VIBRA 2 / VIBRA 3, ZIEGLER CONSULTANTS Gladbachstrasse 121 CH-8044 Zürich.

Die Messung und Auswertung der maßgeblichen Erschütterungen erfolgten gemäß DIN 45672 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 1 und Teil 2. Die Aufzeichnung der Schwingungsverläufe erfolgte bei den Vorbeifahrten. Im Falle von Teppich wurden genormte Teppichspitzen verwendet.

Die messtechnisch bedingte Unsicherheit bei der Ermittlung von KB-Schwingungswerten kann gemäß DIN 4150-2 bis zu 15% betragen. Die Freifeldmessung der Ausbreitungsbedingungen erfolgten an den Referenzabständen 8 m und 16 m.

4. Beschreibung der Messungen / Beurteilung

Um die Erschütterungsauswirkungen durch den Neubau der Strecke zu bewerten, wurden Messungen durchgeführt.

Messung der Ausbreitung und der Quellspektren an der Strecke

Bei der Messung von Erschütterungen zum Zwecke der Prognose werden Messpunkte der Nähe der Erschütterungsquelle auf dem Ausbreitungsweg verwendet. Aufgrund des Streckenneubaus wurden zur Bestimmung der Ausbreitung und der Quellspektren Freifeldmessungen im Gewerbegebiet Stollberg an der bestehenden befahrenen Strecke durchgeführt.

Bestimmung der Messobjekte

Für die erste Beurteilung und Auswahl der Objekte für detaillierte Untersuchungen wurden gemäß VDI 3837 alle Objekte mit einem Abstand von < 25 m untersucht. Es wurden die Ausbreitungsbedingungen an verschiedenen Referenzpunkten messtechnisch erfasst und eine Prognose zur Bestimmung der kritischsten Objekte entlang der Strecke durchgeführt.

Prognose aller Objekte entlang der Strecke - Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“.

Die Prognose kann dem Anhang entnommen werden. Es wurde eine Einzahlbewertung anhand der Messwerte an der Strecke vorgenommen. Zur vorläufigen Bewertung wurden für die Transferfaktoren der Geschoßdecke und der Ankopplung des Gebäudes Erfahrungswerte aus bereits durchgeführten Messungen angesetzt.

Durchführung der Messungen in/an Gebäuden (Wohngebäude)

Zur Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen erfolgten Datenaufnahmen und Messungen in den gleisnahen Gebäuden mit den entsprechend der ersten Prognose festgestellten höchsten Erschütterungsimmissionen.

Tabelle: Abbildung der Messobjekte


Nr.	Objekt	Foto
1	Zwickauer Straße 37, Stollberg	
2	Zwickauer Straße 41, Stollberg	(keine Fotoerlaubnis)
3	Grüner Winkel 2, Stollberg	
4	Kleingartenanlage, Stollberg	
5	Am Grünen Winkel 14, Stollberg	
6	Kleingartenanlage	

Nr.	Objekt	Foto
7	Am Grünen Winkel 15, 17	

Durchführung der Messungen in/an Gebäuden (Nichtwohngebäude)

Zur Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen erfolgten Datenaufnahmen und Messungen in den gleisnahen Gebäuden mit den entsprechend der ersten Prognose festgestellten höchsten Erschütterungsimmissionen.

Tabelle: Abbildung der Messobjekte

Nr.	Objekt	Foto
1	Celebrate Records Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg	 (keine Fotoerlaubnis innen)
2	PTF Pfüller GmbH & Co. KG Auer Str. 7, 09366 Stollberg	(keine Fotoerlaubnis)

Die Messgeräte wurden entsprechend der DIN 45669 an den folgenden Messpunkten aufgestellt:

- Neben dem Gebäude / Referenzpunkt außen (Nichtwohngebäude)
- Auf der Bodenplatte / Fundament im Untergeschoß (bzw. Erdgeschoß bei fehlender Unterkellerung, Nichtwohngebäude)
- Auf der obersten bewohnten Geschoßdecke (Wohngebäude)

Die Messungen der Gebäude sind im Anhang Objektweise aufgeführt.

Im Bereich der 2 Nichtwohngebäude erfolgten weitere Messungen und Untersuchungen zur Ermittlung des Dämpfungsverhältnisse mittels Downhole-Test (siehe Untersuchung Geotomographie GmbH im Anhang). Es konnte keine Dämpfung ermittelt werden. Im Ergebnis wurden große Streuungen und Ergebnisse außerhalb des Erwartungsbereiches festgestellt.

Messungen der Quellspektren

Das betrachtete Gleis wird im Planzustand durch den Citylink befahren und wurde messtechnisch ermittelt. Die Terzbandspektren und die Datenblätter sind im Anhang aufgeführt.

Das Gleis soll in einem Teilbereich des Neubaus (nicht im Gewerbegebiet) von Güterzügen befahren werden. Da die Messung von Güterverkehr im Bereich der bestehenden Strecke im Gewerbegebiet Stollberg nicht möglich war, wurde ein Pegeldifferenzspektrum zur Korrelation ermittelt. Da der genaue Typ des Güterzugs noch nicht feststeht wurden Parameter angenommen (siehe Anhang).

5. Bestehende Anhaltswerte zum Erschütterungsschutz

Die bestehenden Anhaltswerte zum Erschütterungsschutz umfassen die folgenden Punkte, welche im Nachfolgenden erläutert werden:

Wohngebäude

- 5.1 Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkung auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150-2)
- 5.2 Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkung auf bauliche Anlagen (DIN 4150-3)
- 5.3 Sekundärer Luftschallpegel

Anmerkung: Das Hotel wird als Wohngebäude betrachtet.

Nichtwohngebäude

- 5.2 Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkung auf bauliche Anlagen (DIN 4150-3)
- 5.3 Sekundärer Luftschallpegel
- 5.4 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)

5.1 Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“

Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“ werden die Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen in besonders schutzbedürftigen Einwirkungsorten und vergleichbar genutzten Räumen entsprechend bewertet. Werden die Werte für den unteren Anhaltswert A_u unterschritten, sind die Anforderungen der Norm eingehalten. Sofern der untere Anhaltswert überschritten wird, ist der obere Anhaltswert zu bewerten. Wird auch dieser überschritten sind die Anhaltswerte nicht eingehalten. Werden die oberen Anhaltswerte unterschritten, ist der A_o Wert zu bewerten und eine Messung des Taktmaximalwertes durchzuführen.

Die zu bewertenden Objekte wurden aufgrund der Nutzung und der tatsächlichen Lage (in Abstimmung mit der Schallimmissionsprognose) entsprechend der nachfolgenden Tabelle eingestuft.

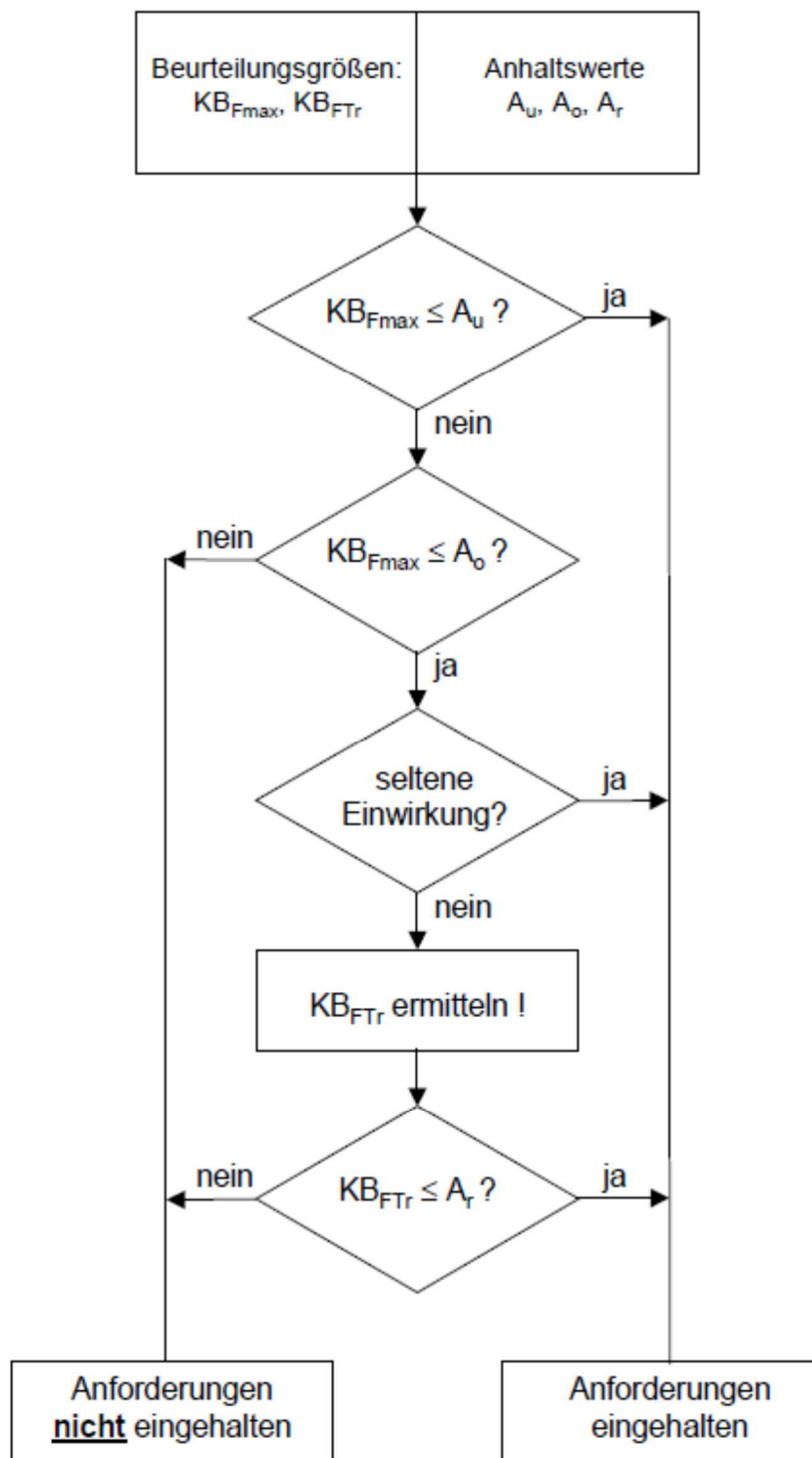
Tabelle: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren Räumen (gültig für Neubautrecken ohne Vorbelastung)

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

Der obere Anhaltswert hat für den Schienenverkehr nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen nachts einzelne KB_{Fti} Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über $A_o=0,6$, ist nach der Ursache zu forschen (siehe Abschnitt 6.5.3.5; DIN 4150-2).

Die Bewertung der Anhaltswerte erfolgt für Neubauten entsprechend des folgenden Diagramms:



Für die Bewertung der Messergebnisse mit den Anhaltswerten muss die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ sowie die Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ angesetzt werden.

Die Werte wurden nach DIN 4150-2 wie folgt bestimmt:

$$KB_{F_{Rm}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2} \quad (3)$$

$$KB_{F_{Tr}} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{ej} KB_{FTm,j}^2} \quad (4a)$$

Tag:

$$KB_{F_{Tr-Zug/Tag}} = \sqrt{(KB_{Zug})^2 \cdot \frac{N_T \cdot 30}{57600}}$$

Nacht:

$$KB_{F_{Tr-Zug/Nacht}} = \sqrt{(KB_{Zug})^2 \cdot \frac{N_N \cdot 30}{28800}}$$

Darin bedeuten:

N_T : Anzahl der Züge einer betrachteten Zuggattung
(Zeitraum 6 Uhr bis 22 Uhr)

N_N : Anzahl der Züge einer betrachteten Zuggattung
(Zeitraum 22 Uhr bis 6 Uhr)

$KB_{F_{Rm}}$ Taktmaximal-Effektivwert

5.2 Einwirkung auf Gebäude nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“

Die DIN-Norm 4150-3:2016-12 „Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes durch Erschütterungseinwirkungen ist nach DIN 4150-3:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen

Sowie bei Wohngebäuden:

- Risse im Putz von Wänden
- Vergrößerung vorhandener Risse in Gebäuden
- Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden oder Decken

Für die Beurteilung wird dabei der größte Wert $lv_{i,max}$ der drei Einzelkomponenten $i = x, y, z$ der Schwingungsgeschwindigkeit $v_i(t)$ herangezogen.

Nachfolgende Tabelle nennt Anhaltswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i :

Tabelle: Anhaltswerte A für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Decken- ebene, horizontal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz	Alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8
*) bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindesten die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Um Bauschäden in den benachbarten Bereichen auszuschließen, sind die Anhaltswerte der Schwingungsgeschwindigkeiten lt. der DIN 4150-3 (Tabelle 1 und 3) bezüglich der Schwingungsgeschwindigkeit einzuhalten.

Die genaue frequenzabhängige Bewertung der Erschütterungsimmissionen erfolgt entsprechend der nachfolgenden Abbildung.

In nachfolgender Abbildung sind die Fundament – Anhaltswerte von Tabelle 3.1 dargestellt:

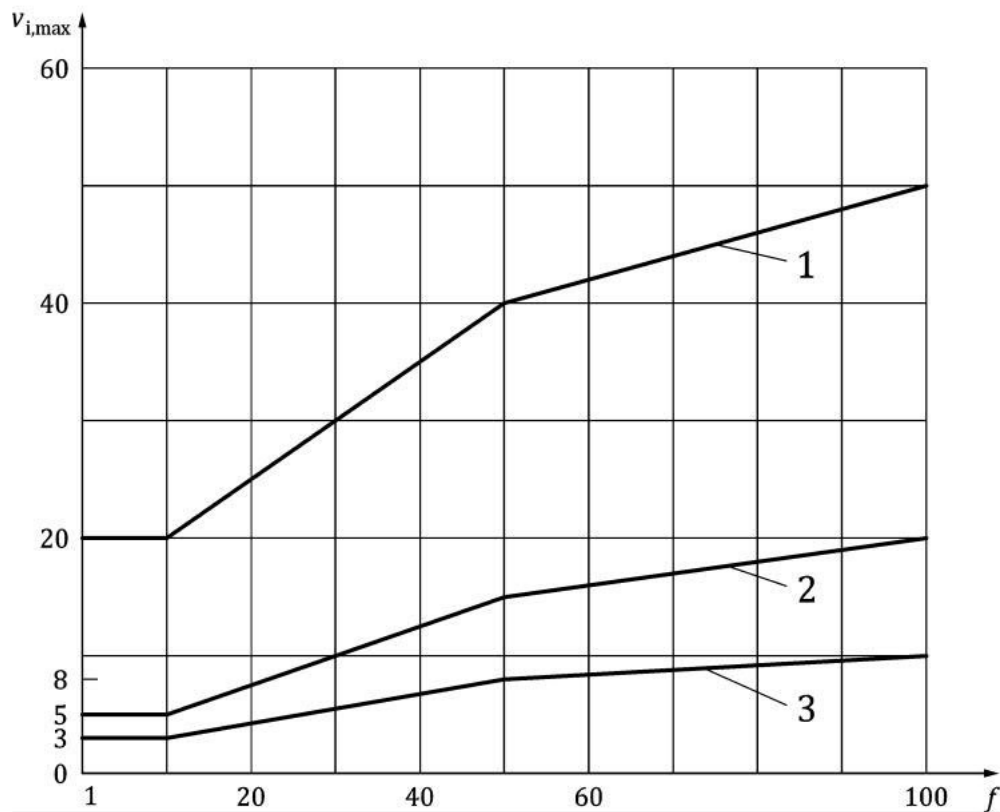


Abbildung: Fundament – Anhaltswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i

Dabei sind:

- 1 Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten
- 2 Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten
- 3 Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Deckmalschutz stehend) sind

5.3 Sekundärer Luftschallpegel

Sekundärer Luftschall stellt die Schallabstrahlung durch Schwingungen von Wänden und Decken innerhalb von Gebäuden dar.

Im Nachfolgenden werden die angesetzten Grenzwerte der 24.BImSchV für die zulässigen Innengeräuschpegeln für Wohn- und Schlafräume aufgeführt. Informativ werden die Innengeräuschpegel nach TA Lärm und BEKS zu Vergleichszwecken mit aufgeführt. Der **Schienenbonus** von 5 dB(A) wurde aufgrund der Eröffnung der Planfeststellung nach dem 01.01.2015 gemäß § 43 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes **nicht angesetzt**.

Die für die Beurteilung des sekundären Luftschalls angesetzten Mittelungswerte nach 24.BImSchV, (sowie informativ nach TA Lärm i. V. mit der DIN 4109 / BEKS) sind wie folgt.

Nutzung	Grenzwert 24.BImSchV	Planungsrichtwerte nach BEKS *)	TA Lärm
		Mischzone	
Tag	40 dB(A) - Wohnräume	40 dB(A)	35 dB(A)
Nacht	30 dB(A) - Schlafräume	30 dB(A)	25 dB(A)
Tag	45 dB(A) – Konferenz- und Vortragsräume sowie Büroräume und allgemeine Laborräume	-	-
	50 dB(A) - Großraumbüros	-	-

*) Weisung für die Beurteilung von Erschütterung und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen (Schweiz, nur Informativ)

Eine zusammenfassende Bewertung von primärem und sekundärem Luftschall ist gemäß DB-Leitfaden nicht anzusetzen.

Das Objekt „Celebrate Records“ (Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg) befindet sich ein Tonstudio im Untergeschoß. Der Sekundärschall kann entsprechend den Angaben zu „Höchstzulässige Schalldruckpegel von Dauergereuschen in Studios und Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen“ bewertet werden.

Für die übrigen Nichtwohngebäude mit Produktionstätigkeit sowie Bürotätigkeit beläuft sich der Innengegel Nutzungsbedingt bereits oberhalb des zu erwartenden sekundären Luftschalls.

Tabelle: Höchstzulässige Schalldruckpegel von **Dauergeräuschen** in Studios und Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen; Akustische Information 1.11-1 / 1995

**Höchstzulässige Schalldruckpegel von Dauergeräuschen in
Studios und
Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen**

Freq	Hörschwelle DIN / ISO	GK0	GK5	GK10	GK15	GK20	GK25	NR30	NR35	NR40	NR45
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50	44	34	39	42	46	50	54	58	63	67	72
63	38	29	33	37	41	45	49	53	58	62	66
80	32	25	29	33	37	41	45	50	54	58	63
100	27	20	24	29	33	37	42	46	51	54	59
125	22	16	20	25	29	33	38	43	47	52	56
160	18	12	17	22	26	31	35	40	45	49	53
200	15	9	14	19	23	28	33	37	42	47	51
250	11	6	11	16	21	25	30	35	40	44	49
320	9	4	9	14	18	23	28	32	38	42	47
400	6	2	7	11	16	21	26	30	35	40	45
500	4	0	5	9	14	19	24	29	34	39	44
630	2	0	4	8	13	18	23	27	32	37	42
800	1	0	4	8	11	17	21	26	31	36	41
1k	1	0	4	8	10	15	20	25	30	35	40
1.25k	0	0	4	8	10	14	19	24	29	34	39
1.6k	-1	0	4	8	10	13	18	23	28	33	38
2k	-2	0	4	8	10	12	17	21	27	32	37
2.5k	-3	0	4	8	10	11	16	21	26	32	37
3.2k	-5	0	4	8	10	10	15	20	25	31	36
4k	-5	0	4	8	10	10	15	19	24	30	35
5k	-4	0	4	8	10	10	14	18	24	30	34
6.3k	1	0	4	8	10	10	14	18	23	29	34
8k	6	0	4	8	10	10	14	17	23	28	33
10k	10	0	4	8	10	10	14	17	22	27	32
dB(A)		14	18	22	26	30	34	39	44	48	53

Die Einstufung ist wie folgt möglich:

Produktions-Studios Hörfunk

Hörspiel .

GK0

E-Musik

Sinfonische Musik .

GK5

Kammermusik .

GK0

U-Musik ..

GK15

Räume, in denen vorwiegend Sprache aufgenommen wird .

GK5-GK10

Nachr.-Sprecher, Talkrunde, Mehrzweck, Synchronstudio

Räume, die der Tonbeurteilung und Tonbearbeitung dienen.

GK5-GK15

Tonregie HFK, FS, Abhörraum Archiv, Abnahmerraum, Tonnachbearbeitung HFK, FS

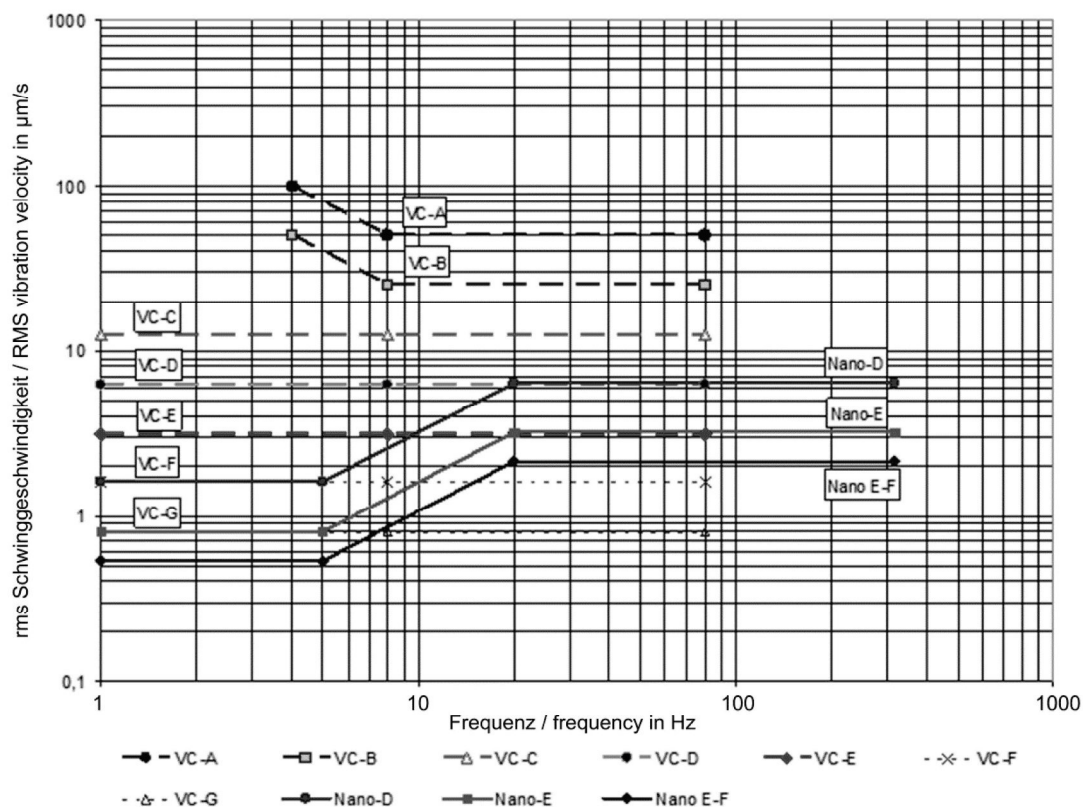
5.4 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)

Nach aktuellem Planungsstand befinden sich zwei Nichtwohngebäude mit vorhandenen (celebrate records) sowie geplanten (PTF Pfüller) schwingungsempfindlichen Geräten im Bereich des Streckenneubaus.

Für den Fall, dass keine frequenz- und maschinenabhängigen Anforderungswerte für die Produktionsmaschinen vorliegen, stellen VC-Linien (Vibration Criteria) eine geeignete Hilfe zur Einschätzung von Grenzkurven dar.

Die „VC-Linien“ sind international weit verbreitet und definieren Grenzkurven von Terz-Schwingungsgeschwindigkeitsspektren bei unterschiedlichen Produktionsgenauigkeiten der Geräte bzw. Strukturgrößen der Produkte. Im Nachfolgenden sind die VC-Linien entsprechend VDI 2038-2 aufgeführt:

Abbildung: Darstellung der Schwingungsspezifikationen nach VC – Linien und Nano Linien (VDI 2038-2, Bild 10)



Aufgeständerte Böden (Doppelböden) verschlechtern die Schwingungswerte erheblich und sind daher höchstens für Maschinen der Klasse VC-A möglich. Die schwingungsempfindlichen Geräte müssen geeignet entkoppelt auf separierten und dynamisch ausgelegten Fundamenten aufgestellt werden.

Tabelle: VC Linien entsprechend der VDI 2038-2

Nr.	VC-Linie	Schwingungspegel RMS-Terzspektren	Typische Nutzung	Strukturgröße / Genauigkeit
1	Menschliche Fühlschwelle	100 $\mu\text{m/s}$ (4 – 80 Hz)	menschliche Fühlschwelle, für empfindliche Schlafbereiche, für OP Bereiche, für Mikroskope mit 100-facher Vergrößerung	30 μm
2	VC-A	50 $\mu\text{m/s}$ (4 – 80 Hz)	unter fast allen Umständen geeignet für optische Mikroskope mit bis zu 400-facher Vergrößerungen	8 μm
3	VC-B	25 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	ein geeigneter Standard für Inspektionsgeräte, allgemeine anspruchsvolle Labore, Lithografiegeräte (inklusive Stepper) bis zu 3 μm Strukturbreite	3 μm
4	VC-C	12,5 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	ein geeigneter Standard für Mikroskope mit bis zu 1000-facher Vergrößerung, ein guter Standard für die meisten Lithografie- und Inspektionsgeräte bis hinunter zu 1 μm Strukturbreite	1 μm
5	VC-D	6,25 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	unter fast allen Umständen passend für sehr hochwertige Elektronenmikroskope (REM, TEM), E-Beam-Systeme usw., die bis an ihre Leistungsgrenze eingesetzt werden	0,3 μm
6	VC-E	3,1 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	Die Einhaltung dieses Kriteriums ist sehr schwierig; es kann nur in wenigen Fällen eingehalten werden , vorzugsweise auf nicht unterkellerten Bodenplatten, erforderlich für Geräte höchster Präzision.	< 0,1 μm
7	VC-F	1,6 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen ; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, <u>nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet</u>	-
8	VC-G	0,8 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen ; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, <u>nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet</u>	-

Bzgl. des Objektes Celebrate Records muss der Frequenzbereich von 19 Hz (Tonarmresonanz) sowie die Schneidkennlinie beachtet werden (siehe Protokoll zur Vorstellung Erschütterungskonzept CM5 bei CELEBRATE RECORDS GmbH in Stollberg). Im Bereich der gen. Tonarmresonanz darf keine Erhöhung der Schwingungen erfolgen.

6. Ergebnisse der durchgeführten Schwingungsmessungen / Prognose

Es wurde im Messzeitraum Messwerte für die Bewertung nach den Anhaltswerten nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“, nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ sowie des sekundären Luftschallpegels erfasst.

Anhand der durchgeführten Messungen wurden die Quellespektren und die Ausbreitung (Transferspektren) ermittelt und ausgewertet. Die Bestandsmessungen wurden auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit korrigiert (erhöht). Die Transferspektren der Wohngebäude wurden aufgrund von Vergleichsmessungen in der Region anhand der Objektspezifischen Parameter (Eigenfrequenz der Geschoßdecken, Dämpfung, Geschoßzahl, Bauart usw.) bestimmt. Die Transferspektren der Nichtwohngebäude wurden messtechnisch ermittelt.

Aus den Ergebnissen wurde der Planfall prognostiziert. Hierzu wurde die Zugfrequenz, Zugtypen und der Güterverkehr berücksichtigt. Da bis auf die Anzahl (max. 1 Güterzug am Tag) das genaue Betriebsprogramm zum Güterverkehr noch nicht bekannt ist wurde der Güterzug im Tag und Nachtzeitraum angesetzt.

Es wurden die nachfolgenden Betriebsprogramme angesetzt:

Bereich Wohnbebauung (Ab Bahnhof Stollberg)

Nr.	Betriebsprogramm Tag		Betriebsprogramm Nacht	
	Personenverkehr	Güterzüge	Personenverkehr	Güterzüge
1- Planung (Prognose)	4 Züge /h (2 Züge Richtung Oelsnitz 2 Züge Richtung Stollberg)	-	2 Züge / h (1 Zug Richtung Oelsnitz 1 Zug Richtung Stollberg)	-
2- Planung (Prognose zzgl. Güterverkehr)	4 Züge /h (2 Züge Richtung Oelsnitz 2 Züge Richtung Stollberg)	0,0625 Züge /h (Entspricht einem Güterzug)	2 Züge / h (1 Zug Richtung Oelsnitz 1 Zug Richtung Stollberg)	0,125 Züge / h (Entspricht max. einem Güterzug)

Für die Auswertung können die Anhaltswerte je nach Gebietseinstufung variieren. Die Gebietseinstufungen sind im Anhang dargestellt. Die Prognose der Planung wurde für die Varianten mit und ohne Güterverkehr durchgeführt.

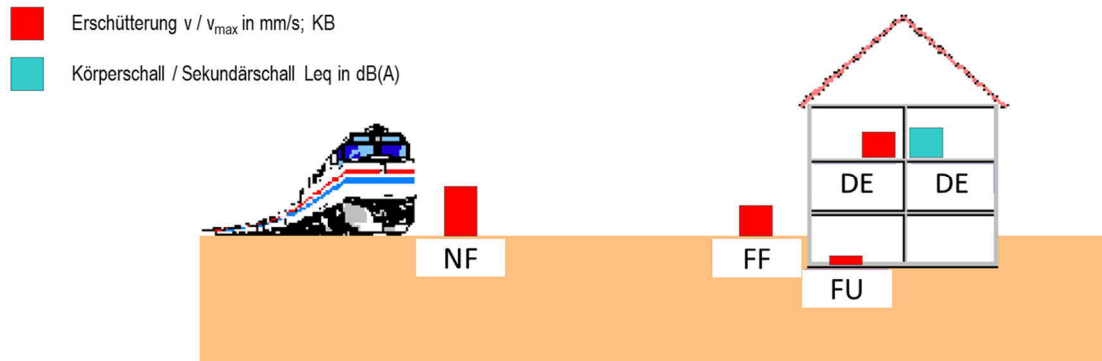
Bereich Nichtwohnbebauung Gewerbegebiet „Stollberger Tor“

Nr.	Betriebsprogramm Tag			Betriebsprogramm Nacht		
	Personenschienenverkehr	Güterzüge	Straßenverkehr	Personenschienenverkehr	Güterzüge	Straßenverkehr
0- Bestand	-	-	579	-	-	77
1- Planung (Prognose)	4 Züge /h (2 Züge Richtung Oelsnitz 2 Züge Richtung Stollberg)	-	579	2 Züge / h (1 Zug Richtung Oelsnitz 1 Zug Richtung Stollberg)	-	77

Bzgl. der anzusetzenden Geschwindigkeit wurde die zulässige Höchstgeschwindigkeit angesetzt.

Bzgl. des Straßenverkehrs wurden die Maximalwerte (Prognose 2030, Erhöhung zum Nullfall – Ist Zustand) angesetzt.

In der Nachfolgenden Abbildung sind die Übertragungswege dargestellt:



Dabei sind:

- NF: Neben dem Gleis (Relevante Größe v / v_{\max})
- FF: Neben dem Gebäude (Relevante Größe v / v_{\max})
- FU: Gebäudefundament (Relevante Größe v / v_{\max})
- DE: Geschoßdecke (Relevante Größe v / v_{\max} sowie für Wohnbebauung KB)

Die Auswertung nach 6.1 (Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“, Sekundärer Luftschall nach 24. BImSchV) erfolgt im Bereich der Geschoßdecke (DE).

Die Auswertung nach 6.2 (Anhaltswerte nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“) erfolgt auf der obersten Geschoßdecke.

Die Auswertung nach 6.3 (Einwirkungen auf empfindliche Geräte) erfolgt entsprechend des Aufstellortes auf der Bodenplatte (FU).

6.1 Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“, Sekundärer Luftschall nach 24. BImSchV

Zusammenfassend erfolgt im Nachfolgenden die Auswertung. In nachfolgenden Tabellen werden die Werte mit dem Anforderungswert nach DIN 4150-2 verglichen.

Objekt 1: Zwickauer Straße 37, Stollberg

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBFmax = 0,079	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,079	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,011		KBFtr = 0,008		
	Leq = 15,2 dB(A)		Leq = 12,2 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBFmax = 0,707		KBFmax = 0,707		KBFmax überschritten Leq eingehalten
	KBFtr = 0,014		KBFtr = 0,014		
	Leq = 16,9 dB(A)		Leq = 24,2 dB(A)		

*) Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert nicht die Bedeutung, dass bei seltener Überschreitung die Anforderung als nicht eingehalten gilt.

Objekt 2: Zwickauer Straße 41, Stollberg

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBFmax = 0,092	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,07 Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,092	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,05 Leq ≤ 30 dB(A)	KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,012		KBFtr = 0,009		
	Leq = 22,4 dB(A)		Leq = 19,4 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBFmax = 0,896		KBFmax = 0,896		KBFmax überschritten Leq eingehalten
	KBFtr = 0,016		KBFtr = 0,017		
	Leq = 23,2 dB(A)		Leq = 27,7 dB(A)		

*) Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert nicht die Bedeutung, dass bei seltener Überschreitung die Anforderung als nicht eingehalten gilt.

Objekt 3: Grüner Winkel 2, Stollberg

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBFmax = 0,035	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,035	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,005		KBFtr = 0,003		
	Leq = 7,2 dB(A)		Leq = 4,2 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBFmax = 0,349		KBFmax = 0,349		KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,006		KBFtr = 0,007		
	Leq = 8,8 dB(A)		Leq = 15,9 dB(A)		

Objekt 4: Kleingartenanlage, Stollberg (Nur Informativ)

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBFmax = 0,014	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,10 Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,144	KBFmax ≤ 0,6 KBFtr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,002		KBFtr = 0,001		
	Leq = 1,1 dB(A)		Leq = 1,1 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBFmax = 0,152		KBFmax = 0,152		KBF / Leq eingehalten
	KBFtr = 0,003		KBFtr = 0,003		
	Leq = 2,9 dB(A)		Leq = 10,4 dB(A)		

Objekt 5: Am Grünen Winkel 14, Stollberg – Zugtyp Citylink

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBfmax = 0,042	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBfmax = 0,042	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,006		KBftr = 0,004		
	Leq = 7,0 dB(A)		Leq = 4,0 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBfmax = 0,259		KBfmax = 0,249		KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,006		KBftr = 0,006		
	Leq = 8,3 dB(A)		Leq = 14,8 dB(A)		

Objekt 6: Kleingartenanlage (Nur Informativ) – Zugtyp Citylink

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBfmax = 0,016	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBfmax = 0,016	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,002		KBftr = 0,002		
	Leq = - dB(A)		Leq = - dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBfmax = 0,173		KBfmax = 0,173		KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,003		KBftr = 0,003		
	Leq = 3,0 dB(A)		Leq = 12,2 dB(A)		

Objekt 7: Am Grünen Winkel 15, Stollberg – Zugtyp Citylink

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBfmax = 0,035	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBfmax = 0,035	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,005		KBftr = 0,003		
	Leq = 5,1 dB(A)		Leq = 2,1 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBfmax = 0,219		KBfmax = 0,590		KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,005		KBftr = 0,005		
	Leq = 6,6 dB(A)		Leq = 13,4 dB(A)		

Objekt 8: Am Grünen Winkel 17, Stollberg – Zugtyp Citylink

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planung – Ohne Güterverkehr	KBfmax = 0,032	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,1 Leq ≤ 40 dB(A)	KBfmax = 0,032	KBfmax ≤ 0,6 KBftr ≤ 0,07 Leq ≤ 30 dB(A)	KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,004		KBftr = 0,003		
	Leq = 4,3 dB(A)		Leq = 1,3 dB(A)		
Planung mit Güterverkehr	KBfmax = 0,208		KBfmax = 0,208		KBf / Leq eingehalten
	KBftr = 0,005		KBftr = 0,005		
	Leq = 5,9 dB(A)		Leq = 13,0 dB(A)		

6.2 Anhaltswerte nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“

Folgender Werte (Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit in mm/s, Geschwindigkeitskorrigiert) wurden für die Wohnbebauung ermittelt:

Grö- ße	Betrachtungsbereich	Maximalwert bei maximal Geschwindigkeit [mm/s]	Anforderungswert [mm/s]	Auswertung
v	Objekt 1: Zwickauer Straße 37, Stollberg	0,879	≤ 15	Eingehalten
v	Objekt 2: Zwickauer Straße 41, Stollberg	1,114	≤ 15	Eingehalten
v	Objekt 3: Grüner Winkel 2, Stollberg	0,434	≤ 15	Eingehalten
v	Objekt 4: Kleingartenanlage	0,190	≤ 5	Eingehalten
v	Objekt 5: Am Grünen Winkel 14, Stollberg	0,322	≤ 15	Eingehalten
v	Objekt 6: Kleingartenanlage	0,215	≤ 5	Eingehalten
v	Objekt 7: Am Grünen Winkel 15, Stollberg	0,272	≤ 15	Eingehalten
v	Objekt 8: Am Grünen Winkel 17, Stollberg	0,258	≤ 15	Eingehalten

Zusammenfassend werden die Anhaltswerte nach DIN 4150-3 zur Beurteilung der Wirkung kurzzeitiger Erschütterungen auf Bauwerke eingehalten.

(Anmerkung: Alle Werte ohne Maßnahmen am Gleis, Maximalwerte bei Güterverkehr, Personenverkehr niedriger)

3.2.1 ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Folgende Werte (Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit in mm/s, Geschwindigkeitskorrigiert) wurden für die Nichtwohnbebauung ermittelt:

Grö- ße	Betrachtungsbereich	Maximalwert bei maximal Geschwindigkeit [mm/s]	Anforderungswert [mm/s]	Auswertung
v	Celebrate Records Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg	0,015	≤ 40	Eingehalten
v	PTF Pfüller GmbH & Co. KG Auer Str. 7, 09366 Stollberg	0,051		Eingehalten

Zusammenfassend werden die Anhaltswerte nach DIN 4150-3 zur Beurteilung der Wirkung kurzzeitiger Erschütterungen auf Bauwerke eingehalten.

(Anmerkung: Alle Werte ohne Maßnahmen am Gleis)

6.3 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)

Für die Einwirkung auf empfindliche Geräte in Gebäuden wurden die folgenden Größen betrachtet:

v-rms Wert Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit
v_{max} maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s

Folgender Ergebnisse wurden für die betrachteten Objekte ermittelt:

6.3.1 Objekt: Celebrate Records, Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg

Betrachteter Bereich: Untergeschoß im Bereich der elektromechanischen Audioübertragung

Von erschütterungsschutztechnischer Relevanz sind die folgenden Raumnutzungen.

Raumnutzung: elektromechanische Audioübertragung (Anforderung an Schwinggeschwindigkeit in mm/s)

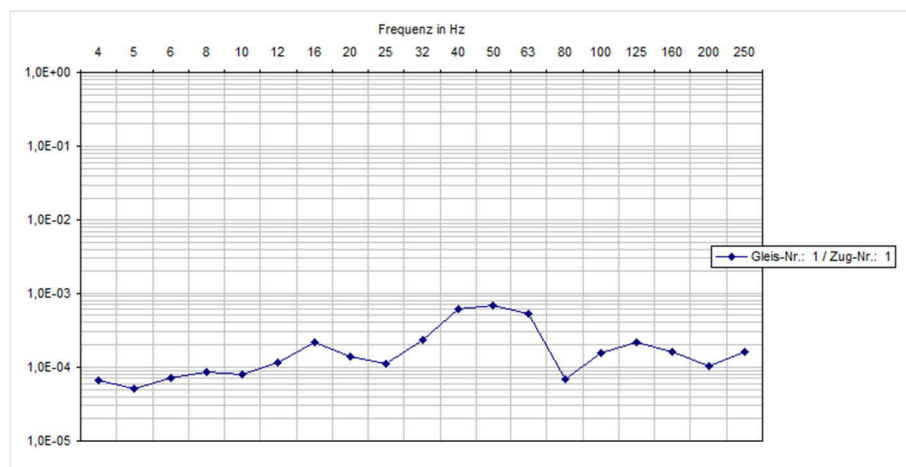
Raumnutzung: Aufnahmerraum (Anforderungen an den Innenschallpegel - Sekundärschallpegel)

Folgende Werte wurden ermittelt

Betrach- tungsbe- reich	Prognose Bestand	Prognose Zugverkehr	Anhaltswerte	Auswertung
Unterge- schoß	vmax = 0,00564 mm/s	vmax= 0,015 mm/s	-	Zusammengefasst erfolgt eine Erhö- hung der Immissionen im Vergleich zum Bestand.
	rms = 0,000904 mm/s	rms = 0,001191 mm/s	VC-A: 0,05 mm/s VC-B: 0,025 mm/s VC-C: 0,0125 mm/s VC-D: 0,00625 mm/s	
	Lmax = 14,8 dB(A)	Lmax = 17,0 dB(A)	Siehe Abschnitt 5.3	Der Schallpegel der Zugvorbeifahrt erhöht sich
	Leq = 2,8 dB(A)	Leq = < 2,8 dB(A)		

Abbildung: Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit der Frequenz und des Einwirkungsortes (hier Relevant Fundament / Bodenplatte)

Abbildung: Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit der Frequenz am Einwirkungsort



Objekt: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Auer Str. 7, 09366 Stollberg

Für das Objekt wird im Nachfolgenden gemäß Besprechung vom 18.07.2019 besprochenen Bereiche der Qualitätssicherung und Produktion ausgewertet.



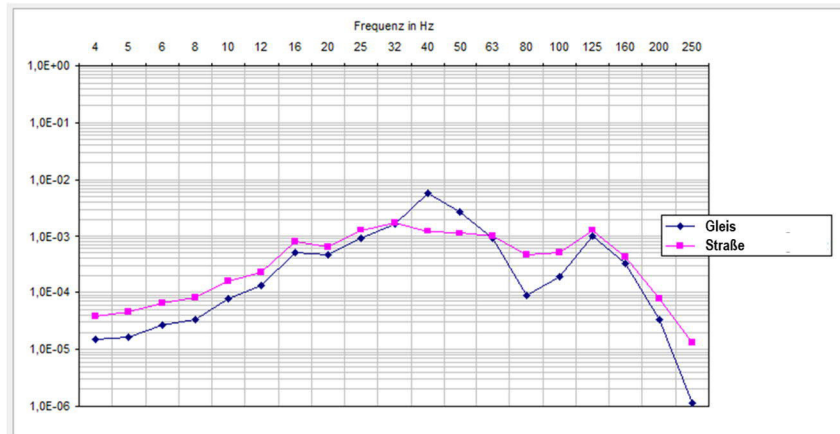
Abbildung: Schematischer Grundriss mit Darstellung der Bereiche Qualitätssicherung und Produktion

Es konnten für die Untersuchung keine Maschinenspezifischen Kennwerte (Herstellerangaben) zur Verfügung gestellt werden.

Folgende Werte wurden ermittelt

Betrachtungsbereich	Prognose Bestand	Prognose Zugverkehr	Anhaltswerte	Auswertung
Qualitätssicherung	vmax = 0,023	vmax= 0,086		Zusammengefasst erfolgt eine Erhöhung der Immissionen im Vergleich zum Bestand. Die VC – Linien (A-C) werden nicht überschritten.
	rms = 0,00373	rms = 0,00690	VC-A: 0,05 mm/s VC-B: 0,025 mm/s VC-C: 0,0125 mm/s VC-D: 0,00625 mm/s	
	Lmax = keine Anf.	Lmax = keine Anf.	Es werden keine Anforderungen gestellt.	
	Leq = keine Anf.	Leq = keine Anf.		

Abbildung: Prognose Planfall - Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit für Straßenverkehr (Verkehrszahlen für Prognose 2030) und Gleis in Abhängigkeit der Frequenz am Einwirkungsort



7. Zusammenfassung

Anhand der Erschütterungsmessungen und Berechnungen wurde folgendes festgestellt:

- Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“ sowie
- Sekundärer Luftschallpegel

Wohnbebauung

Die Prognose ergibt zusammenfassend Überschreitungen der Anhaltswerte (KBF). Der Sekundärschall hält die Werte der 24.BImSchV (ohne Ansatz Schienenbonus) ein.

Objekte mit Überschreitungen

- Objekt 1: Zwickauer Straße 37 (KBFmax Werte)
- Objekt 2: Zwickauer Straße 41 (KBFmax Werte)

Nichtwohngebäude mit Erschütterungsempfindlichen Geräten.

Die Prognose ergibt zusammenfassend eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen durch den Schienenverkehr.

Der Schienenbonus wurde aufgrund der Eröffnung der Planfeststellung nach dem 01.01.2015 gemäß § 43 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes nicht angesetzt.

8. Prognose der Erschütterungsschutzmaßnahme

Die Wahl der Maßnahme zum Erschütterungsschutz richtet sich nach den technischen Möglichkeiten sowie der Verhältnismäßigkeit. Nachfolgend wurde die Prognose für eine Unterschottermatte (USM) mit unterschiedlichen Abstimmfrequenzen durchgeführt. Die Vordimensionierung / Abschätzung erfolgte durch einen Hersteller und wird im Anhang aufgeführt.

Objekt 1: Zwickauer Straße 37, Stollberg, Prognose mit/ohne Maßnahme Erschütterungsschutz

Maßnahme mit Abstimmfrequenz ≤ 32 Hz, z.B. elastische Schwellenbesohlung oder Unterschottermatte

Tabelle: Prognose mit Unterschottermatte B123 – Eigenfrequenz 21,8 Hz (Berechnung siehe Anhang) -

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planfall mit Güterverkehr	KBfmax = 0,707	KBfmax \leq 0,6	KBfmax = 0,707	KBfmax \leq 0,6	KBfmax überschritten Leq eingehalten
	KBftr = 0,014	KBftr \leq 0,1	KBftr = 0,014	KBftr \leq 0,07	
	Leq = 16,9 dB(A)	Leq \leq 40 dB(A)	Leq = 24,2 dB(A)	Leq \leq 30 dB(A)	
Planung – mit Güterverkehr und Maßnahme Erschütterungsschutz	KBfmax = 0,145	KBfmax \leq 0,6	KBfmax = 0,145	KBfmax \leq 0,6	KBf/ Leq eingehalten
	KBftr = 0,008	KBftr \leq 0,1	KBftr = 0,006	KBftr \leq 0,07	
	Leq = 5,3 dB(A)	Leq \leq 40 dB(A)	Leq = 2,9 dB(A)	Leq \leq 30 dB(A)	

Zusammengefasst hält die Beurteilungsschwingstärke die Anhaltswerte der DIN 4150-2 ein.

In Abhängigkeit der Ausbreitungsbedingungen sollte die Maßnahme im Bereich des Gebäudes sowie beidseitig jeweils ca. 12 m darüber hinaus geführt werden.

Objekt 2: Zwickauer Straße 41, Stollberg, Prognose mit/ohne Maßnahme Erschütterungsschutz

Maßnahme mit Abstimmungsfrequenz ≤ 32 Hz, z.B. elastische Schwellenbesohlung oder Unterschottermatte

Tabelle: Prognose mit Unterschottermatte B123 – Eigenfrequenz 21,8 Hz (Berechnung siehe Anhang) -

Betrachtungsbereich	Prognose Zeitraum Tag	Anhaltswerte Tag	Prognose Zeitraum Nacht	Anhaltswerte Nacht	Auswertung
Planfall mit Güterverkehr	KBFmax = 0,896	KBFmax $\leq 0,6$ KBFtr $\leq 0,07$ Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,896	KBFmax $\leq 0,6$ KBFtr $\leq 0,05$ Leq ≤ 30 dB(A)	KBFmax überschritten Leq eingehalten
	KBFtr = 0,016		KBFtr = 0,017		
	Leq = 23,2 dB(A)		Leq = 27,7 dB(A)		
Planung – mit Güterverkehr und Maßnahme Erschütterungsschutz	KBFmax = 0,122	KBFmax $\leq 0,6$ KBFtr $\leq 0,07$ Leq ≤ 40 dB(A)	KBFmax = 0,122	KBFmax $\leq 0,6$ KBFtr $\leq 0,05$ Leq ≤ 30 dB(A)	KBF/ Leq eingehalten
	KBFtr = 0,008		KBFtr = 0,006		
	Leq = 8,6 dB(A)		Leq = 6,0 dB(A)		

Zusammengefasst hält die Beurteilungsschwingstärke die Anhaltswerte der DIN 4150-2 ein.

In Abhängigkeit der Ausbreitungsbedingungen sollte die Maßnahme im Bereich des Gebäudes sowie beidseitig jeweils ca. 40 m darüber hinaus geführt werden.

3.2.1 ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Nichtwohngebäude - Objekt: Celebrate Records, Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg

Betrachteter Bereich: Untergeschoß im Bereich der elektromechanischen Audioübertragung

Von erschütterungsschutztechnischer Relevanz sind die folgenden Raumnutzungen:

Raumnutzung: elektromechanische Audioübertragung (Anforderung an Schwinggeschwindigkeit in mm/s)

Raumnutzung: Aufnahmerraum (Anforderungen an den Innenschallpegel - Sekundärschallpegel)

Folgende Werte wurden ermittelt

Betrachtungsbereich	Prognose Bestand	Prognose Zugverkehr	Prognose Zugverkehr mit Maßnahmen (USM 20,1 Hz)	Auswertung
Untergeschoß	$v_{\max} = 0,00564$	$v_{\max} = 0,077$	$v_{\max} = 0,004$	Mit der Unterschottermatte werden für die untersuchten Größen geringere Werte als im Bestand erreicht.
	$rms = 0,000904$	$rms = 0,009329$	$rms = 0,00066$	
	$L_{\max} = 14,8 \text{ dB(A)}$	$L_{\max} = 26,2 \text{ dB(A)}$	$L_{\max} < 7,4 \text{ dB(A)}$	
	$L_{eq} = 2,8 \text{ dB(A)}$	$L_{eq} = 8,6 \text{ dB(A)}$	$L_{eq} < 2,8 \text{ dB(A)}$	

Für die angesetzte Unterschottermatte (CN225) und den Erschütterungstechnischen Kennwerten nach Anlage wurde der Bereich des Gebäudes sowie darüber hinaus beidseitig jeweils ca. 70 m angesetzt.

Im Bereich der Nichtwohngebäude erfolgten weitere Messungen und Untersuchungen zur Ermittlung detaillierterer Dämpfungsverhältnisse mittels Downhole-Test (siehe Untersuchung Geotomographie GmbH im Anhang). Es konnte keine Dämpfung ermittelt werden. Daher wurde die Maßnahme dahingehend nicht verringert.

Zusammengefasst werden mit den o. A. Maßnahmen (Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit, maximale Schwinggeschwindigkeit) Werte erreicht, welche dem Bestand entsprechen bzw. unterschreiten.

Die genaue Dimensionierung muss unter Berücksichtigung aller Belange mit dem Hersteller erfolgen.

3.2.1 ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Nichtwohngebäude - Objekt: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Auer Str. 7, 09366 Stollberg

Für das Objekt wird im Nachfolgenden der Bereich des Qualitätsmanagements ausgewertet. Dies stellt neben der Produktion den kritischsten Bereich dar.

Tabelle: Lagerbereich Objekt PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Auer Str. 7, 09366 Stollberg Prognose mit/ohne USM (Abstimmfrequenz nach Tabelle)

Bereich	Prognose Bestand	Prognose Zugverkehr	Prognose Zugverkehr mit Maßnahmen (USM 20,1 Hz)	Auswertung
Lager	vmax = 0,023	vmax= 0,243	vmax= 0,021	Mit der Unterschottermatte werden für die untersuchten Größen geringere Werte als im Bestand erreicht.
	rms = 0,0037	rms = 0,0293	rms = 0,0017	
	Leq = keine Anf. Lmax = keine Anf.			

Für die angesetzte Unterschottermatte mit einer Abstimmfrequenz / Eigenfrequenz von 20,1 Hz (CN225) und den Erschütterungstechnischen Kennwerten nach Anlage wurde der Bereich des Gebäudes sowie darüber hinaus beidseitig jeweils ca. 80 m angesetzt.

Im Bereich der Nichtwohngebäude erfolgten weitere Messungen und Untersuchungen zur Ermittlung detaillierterer Dämpfungsverhältnisse mittels Downhole-Test (siehe Untersuchung Geotomographie GmbH im Anhang). Es konnte keine Dämpfung ermittelt werden. Daher wurde die Maßnahme dahingehend nicht verringert.

Zusammengefasst werden mit den o. A. Maßnahmen (Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit, maximale Schwinggeschwindigkeit) Werte erreicht, welche dem Bestand entsprechen bzw. unterschreiten.

Die genaue Dimensionierung muss unter Berücksichtigung aller Belange mit dem Hersteller erfolgen.

9. Anhang

Anlage 1:	Erschütterungsprognosen - Wohnbebauung
Anlage 1.1	Erschütterungsprognose – Planfall ohne Güterverkehr
Anlage 1.2	Erschütterungsprognose – Planfall mit Güterverkehr
Anlage 2:	Erschütterungsprognosen - Nichtwohngebäude
Anlage 2.1	Erschütterungsprognose – Celebrate records
Anlage 2.2	Erschütterungsprognose – PTF Pfüller GmbH & Co. KG
Anlage 3:	Ermittelte Spektren
Anlage 3.1	Quellspektren
Anlage 3.2	Transferspektren – Gebäude Ankopplung
Anlage 3.3	Transferspektren - Geschoßdecke
Anlage 4:	Gebäudedokumentation
Anlage 5:	Messergebnisse (Zusammenfassung)
Anlage 6:	Darstellung der untersuchten Objekte (Gesamtstrecke)
Anlage 7:	Grundlagen (DTV, angesetzte Geschwindigkeiten, Datenblätter)
Anlage 8:	Untersuchungsbericht Geotomographie GmbH
Anlage 9:	Erschütterungen infolge von Baumaßnahmen
Anlage 10:	Unterlagen

Anlage 1:	Erschütterungsprognosen - Wohnbebauung
Anlage 1.1	Erschütterungsprognose – Planfall ohne Güterverkehr
Anlage 1.2	Erschütterungsprognose – Planfall mit Güterverkehr

Anlage 1.1

Erschütterungsprognose – Planfall ohne Güterverkehr

Gesamtbericht für Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Zugtypen-Gruppe: ipro Nach ES-Norm: DIN 4150/2 Einflussbereich für Weichen 10 / 50 m
Transferfaktoren-Gruppe: ipro Nach KS-Norm: BEKS

Gleise und Züge

Gleis	Name:	Strecke	Zug-Nr	Zugtyp	Fahrgeschw	Freq tags	Länge tags	Freq nachts	Länge nachts	Freq nachts max	
1	Gleisneubau	CM5									
1	Gleisneubau	CM5									
2	Gleisneubau V40	CM5	1	Citylink	15 Quellsp Cityli	40	4	37,2	2	37,2	2
3	Gleisneubau V70	CM5	1	Citylink	15 Quellsp Cityli	70	4	37,2	2	37,2	2
4											0
Summe:						12,		6,		6,	

Gebäude, Gleise und Weichen

Gebäude	Name:	Ort	Gleis	Kommentar	Distanz	Ausbreitung	Weiche etc.	Distanz	Boden	Gleisisolation	D	VB
1	Zwickauer Str 37	Stollberg	3		26,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
2	Zwickauer Str 41		3		22,6	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
3	Grüner Winkel 2		3		24	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
4	Kleingartenanlage		3		27,7	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
5	Am Grünen Winke		3		17,9	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
6	Kleingarten oberha		3		19,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
7	Am Grünen Winke		3		21,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
8	Am Grünen Winke		3		25	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300

Gebäude und Räume

Gebäude	Name	Ort	Ankoppplung	Gebäudeisolation	Nr.	Raum	Geschossdecke	KS-Typ	ES-GW-Gruppe und -Zone		KS-GW-Gruppe und -Zone	
1	Zwickauer	Stollberg	CM5-M1	Null	1	Wohnraum	CM5_M1	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
2	Zwickauer		CM5-M2	Null	1	Kinderzimmer	CM5_M2	zbalkendec	Standard	Z4	IRW	WZ
3	Grüner Win		CM5-M3	Null	1	Schlafzimmer	DB HBD 25	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
4	Kleingarten		CM5-M4	Null	1	Kleingarten	Null	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
5	Am Grünen		CM5-M5	Null	1	Schlafzimmer	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ
6	Kleingarten		CM5-M6	Null	1	Schlafzimmer	Null	Null	Standard	Z3	IRW	MZ
7	Am Grünen		CM5-M7	Null	1	Gästezimmer	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ
8	Am Grünen		CM5-M7	Null	1	Wohnung	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ

VIBRA-2: Erschütterungs- und Körperschall-Immissionen

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Datum: 17.02.2020

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung				Körperschall				Vorbeifahrtszeit			
	Tag	Nacht			Tag	Nacht			Tag	Nacht		
	KBF-95%	KBFtr	KBF-95%	KBFtr	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (16h): dBA	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (1h): dBA	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s
Zwickauer Str 37												
Wohnraum	0,079	0,011	0,079	0,008	39,0	15,2	39,0	12,2	6,9	6,9	6,9	6,9
Zwickauer Str 41												
Kinderzimmer	0,092	0,012	0,092	0,009	46,2	22,4	46,2	19,4	6,9	6,9	6,9	6,9
Grüner Winkel 2												
Schlafzimmer	0,035	0,005	0,035	0,003	31,0	7,2	31,0	4,2	6,9	6,9	6,9	6,9
Kleingartenanlage Flur 963 a												
Kleingarten	0,014	0,002	0,014	0,001	24,8	1,1	24,8	-1,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Am Grünen Winkel 14												
Schlafzimmer	0,042	0,006	0,042	0,004	30,8	7,0	30,8	4,0	6,9	6,9	6,9	6,9
Kleingarten oberhalb Hasenbude												
Schlafzimmer	0,016	0,002	0,016	0,002	23,8	0,0	23,8	-3,0	6,9	6,9	6,9	6,9
Am Grünen Winkel 15												
Gästezimmer	0,035	0,005	0,035	0,003	28,9	5,1	28,9	2,1	6,9	6,9	6,9	6,9
Am Grünen Winkel 17												
Wohnung	0,032	0,004	0,032	0,003	28,1	4,3	28,1	1,3	6,9	6,9	6,9	6,9

VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

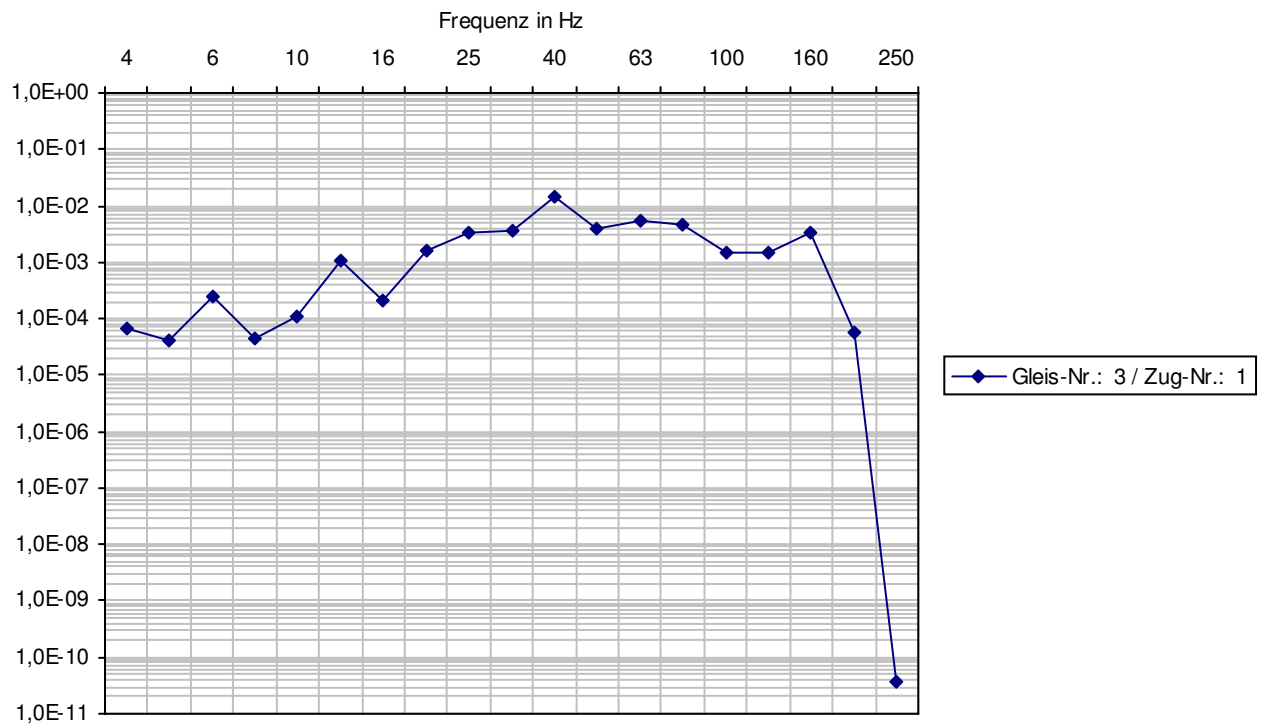
Gebäude: Zwickauer Str 37

Raum: Wohnraum

Erschütterung			Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,079	Leq 95% (1Z):	39,0 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,011	Leq (16h):	15,2 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,079	Leq 95% (1Z):	39,0 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,008	Leq (1h):	12,2 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,018	36,4



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

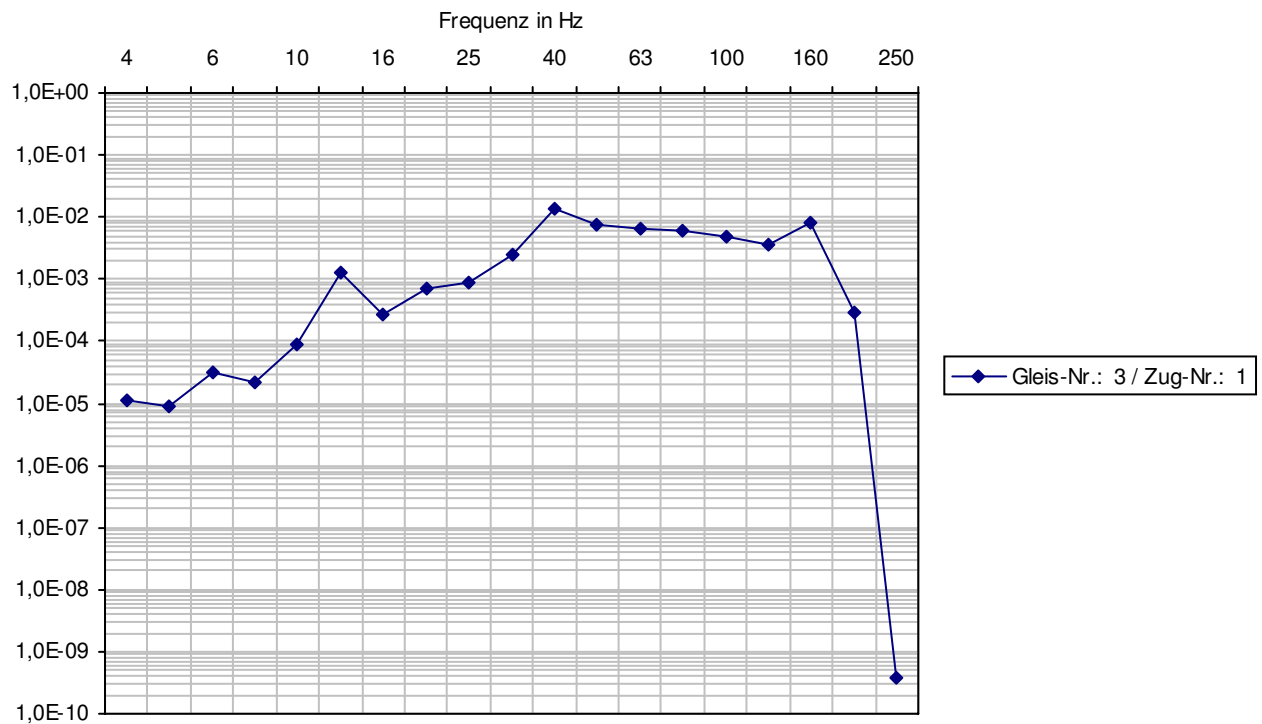
Gebäude: Zwickauer Str 41

Raum: Kinderzimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,092	Leq 95% (1Z):	46,2 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,012	Leq (16h):	22,4 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,092	Leq 95% (1Z):	46,2 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,009	Leq (1h):	19,4 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,021	43,6



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

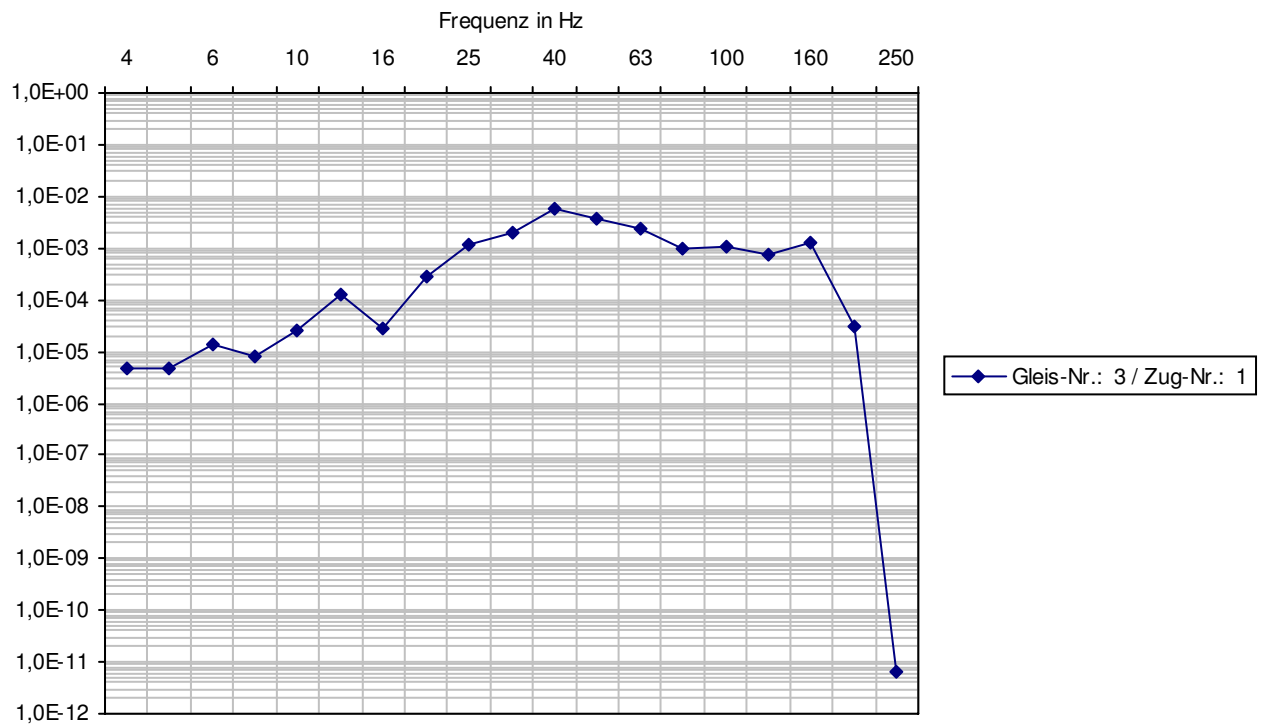
Gebäude: Grüner Winkel 2

Raum: Schlafzimmer

Erschütterung			Körperschall			Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,035	Leq 95% (1Z):	31,0	dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,005	Leq (16h):	7,2	dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,035	Leq 95% (1Z):	31,0	dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,003	Leq (1h):	4,2	dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,008	28,4



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

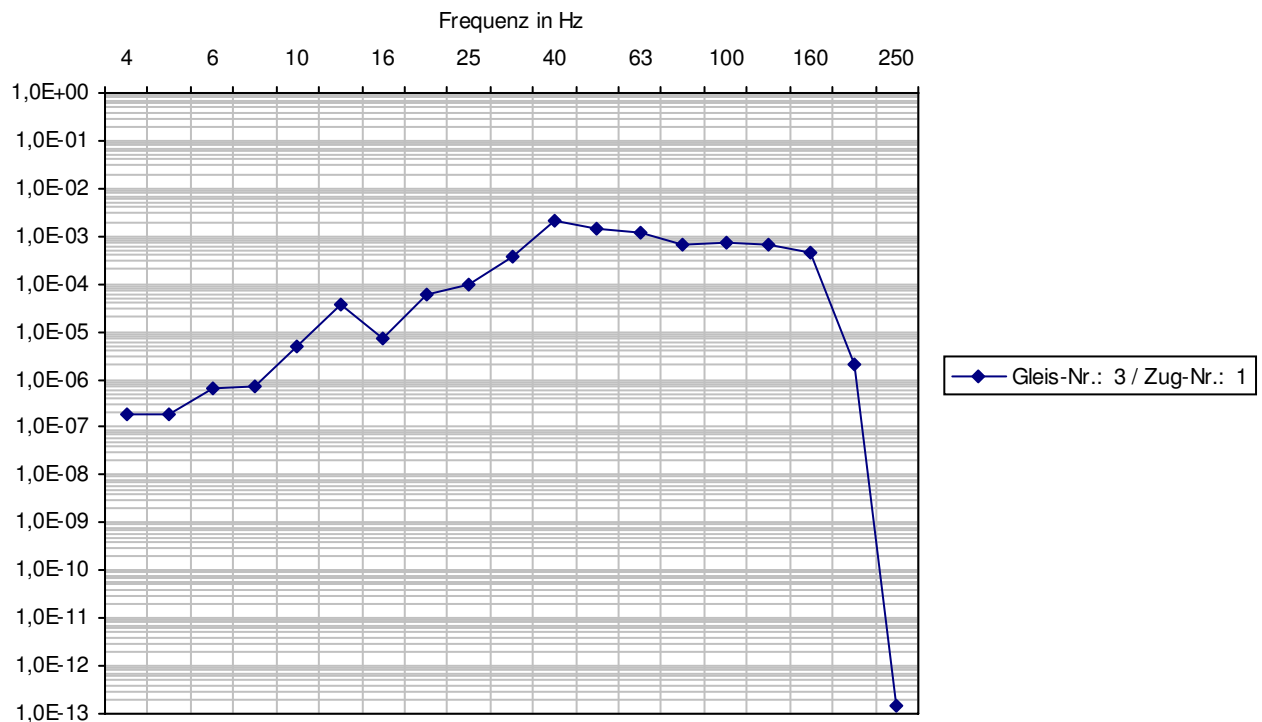
Gebäude: Kleingartenanlage Flur 963 a

Raum: Kleingarten

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,014	Leq 95% (1Z):	24,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,002	Leq (16h):	1,1 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,014	Leq 95% (1Z):	24,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,001	Leq (1h):	-1,9 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,003	22,2



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

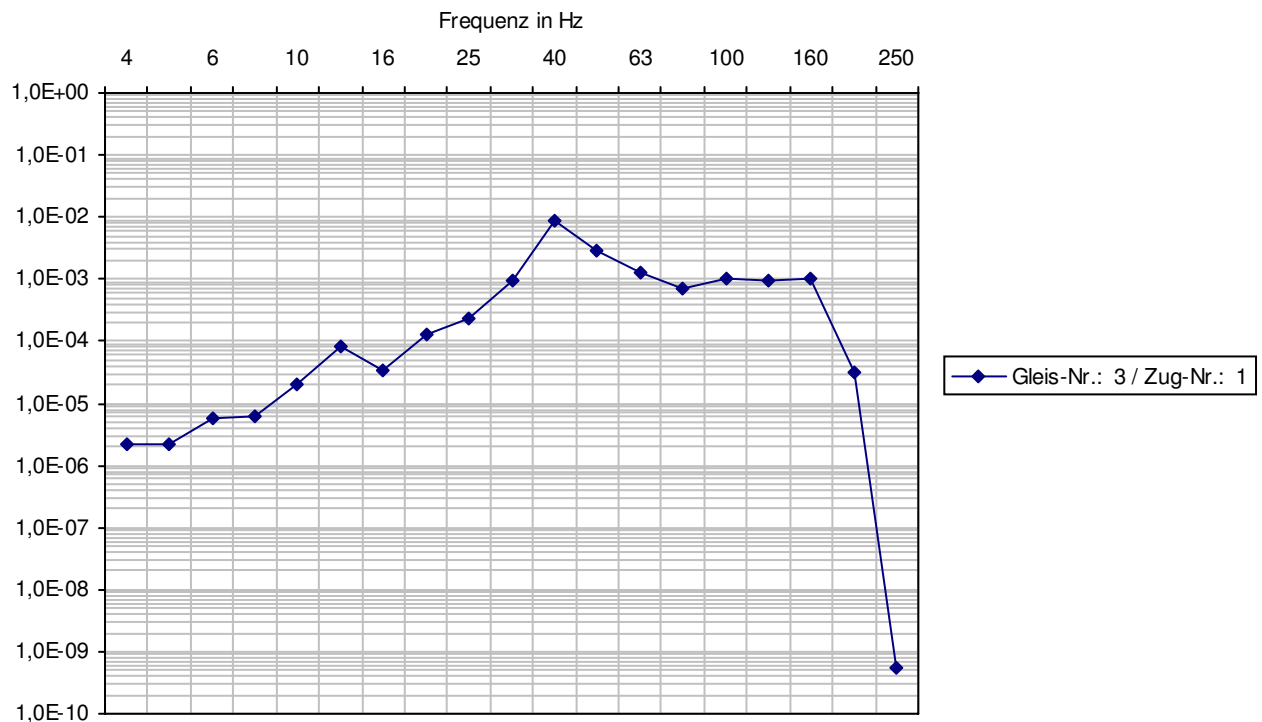
Gebäude: Am Grünen Winkel 14

Raum: Schlafzimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,042	Leq 95% (1Z):	30,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,006	Leq (16h):	7,0 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,042	Leq 95% (1Z):	30,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,004	Leq (1h):	4,0 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,010	28,2



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

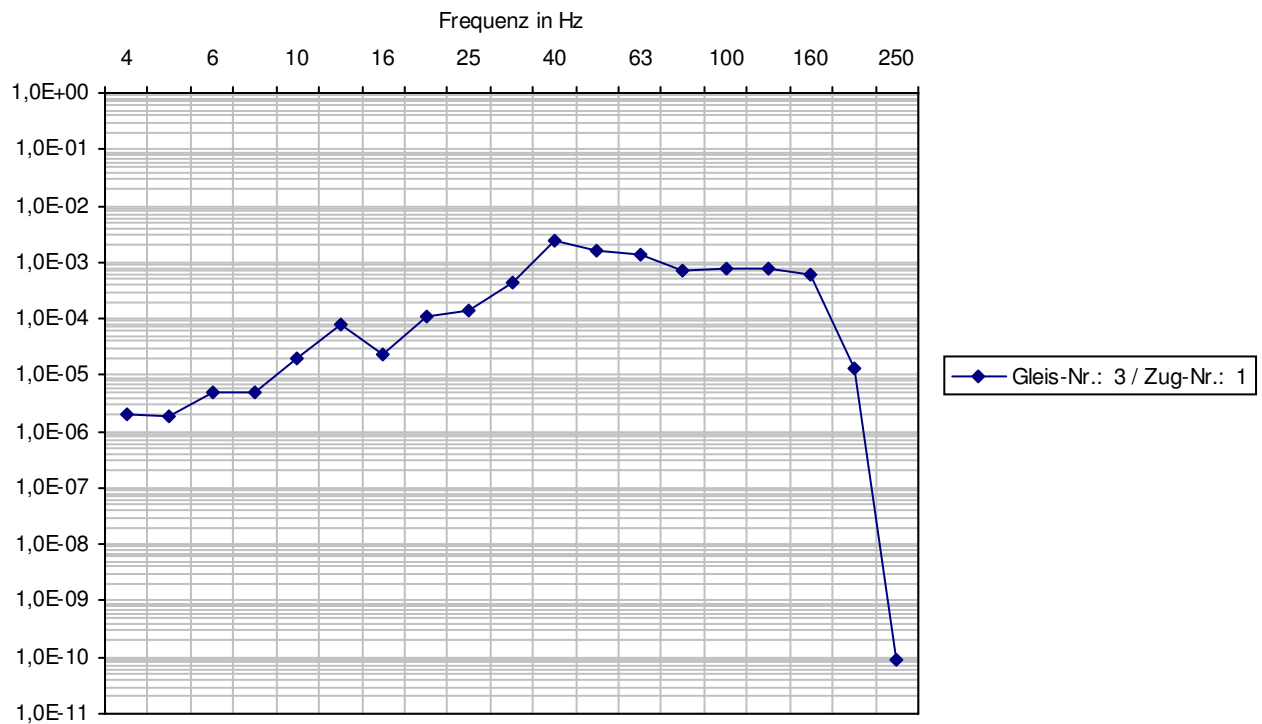
Gebäude: Kleingarten oberhalb Hasenbu

Raum: Schlafzimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,016	Leq 95% (1Z):	23,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,002	Leq (16h):	0,0 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,016	Leq 95% (1Z):	23,8 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,002	Leq (1h):	-3,0 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,004	21,2



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

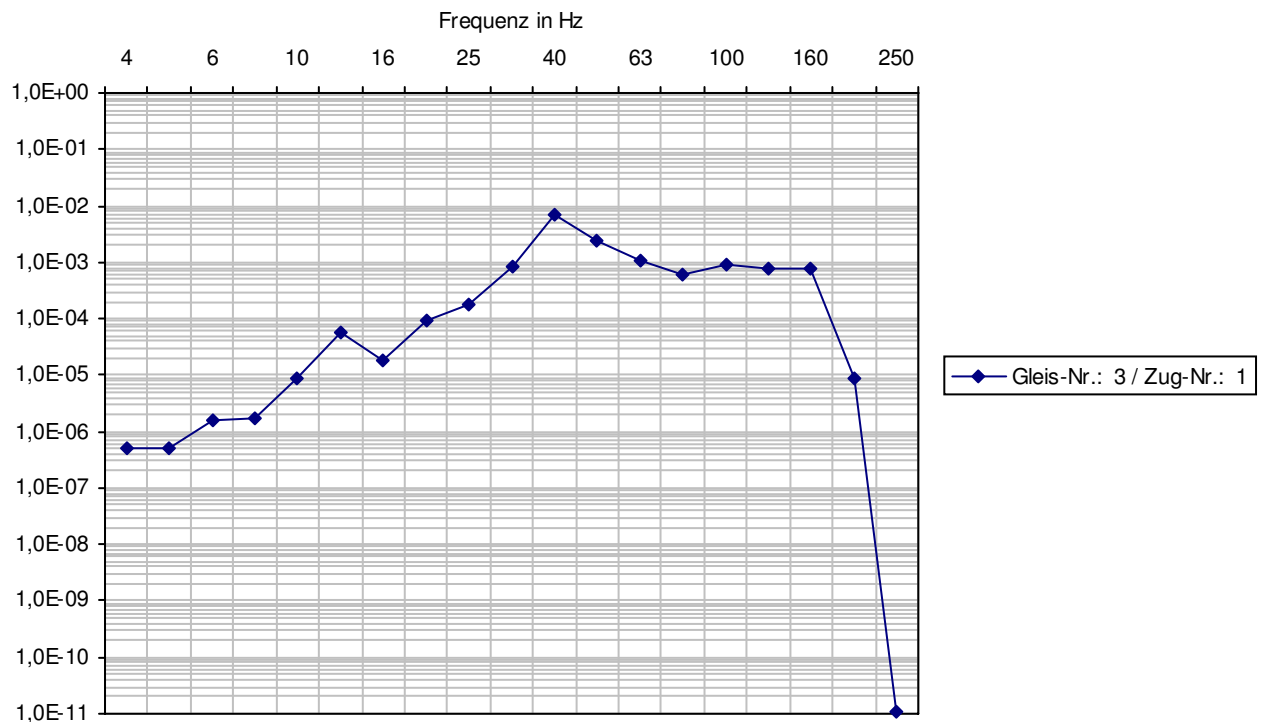
Gebäude: Am Grünen Winkel 15

Raum: Gästezimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,035	Leq 95% (1Z):	28,9 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,005	Leq (16h):	5,1 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,035	Leq 95% (1Z):	28,9 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,003	Leq (1h):	2,1 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,008	26,3



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbeb akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

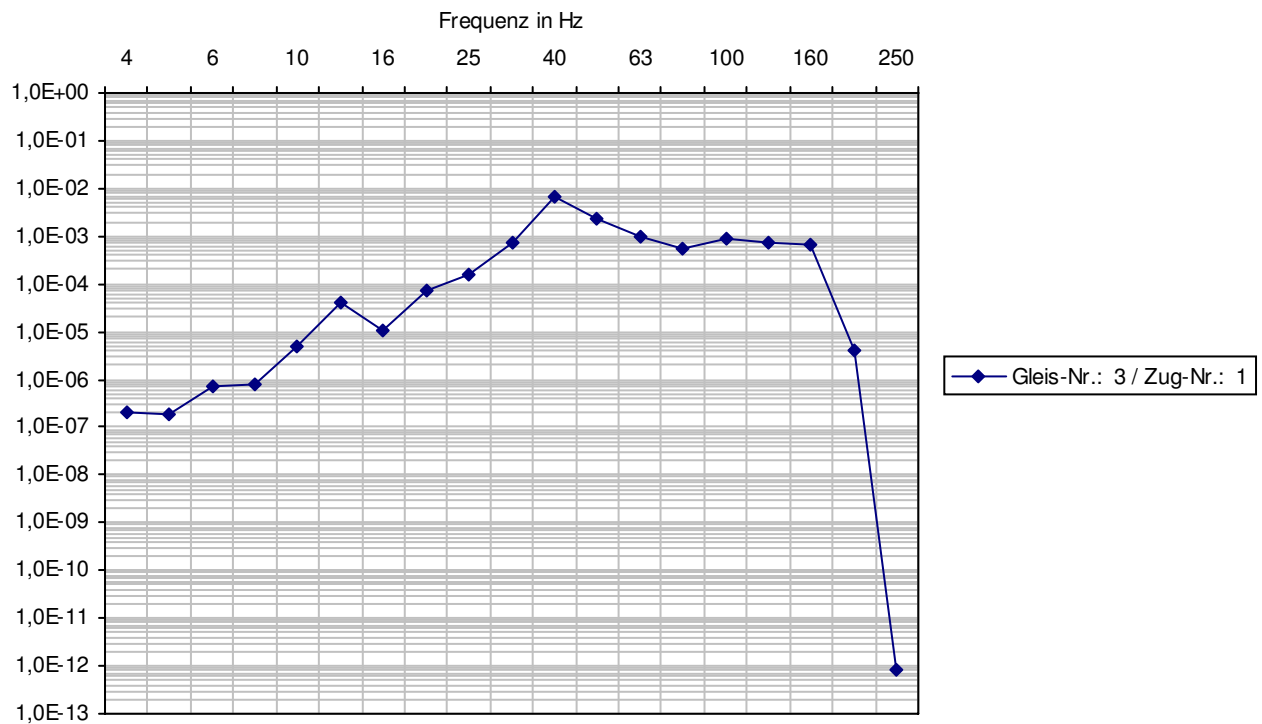
Gebäude: Am Grünen Winkel 17

Raum: Wohnung

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,032	Leq 95% (1Z):	28,1 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,004	Leq (16h):	4,3 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s
Nacht:	KBF-95%	0,032	Leq 95% (1Z):	28,1 dBA	Vbf-max:	6,9 s
	KBFtr	0,003	Leq (1h):	1,3 dBA	Vbf-mittel:	6,9 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,007	25,5



Anlage 1.2

Erschütterungsprognose – Planfall mit Güterverkehr

Gesamtbericht für Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Zugtypen-Gruppe: ipro Nach ES-Norm: DIN 4150/2 Einflussbereich für Weichen 10 / 50 m
 Transferfaktoren-Gruppe: ipro Nach KS-Norm: BEKS

Gleise und Züge

Gleis	Name:	Strecke	Zug-Nr	Zugtyp	Fahrgeschw	Freq tags	Länge tags	Freq nachts	Länge nachts	Freq nachts max	
1	Gleisneubau	CM5									
1	Gleisneubau	CM5									
2	Gleisneubau V40	CM5	1	Citylink	15 Quellsp Cityli	40	4	37,2	2	37,2	2
3	Gleisneubau V70	CM5	1	Citylink	15 Quellsp Cityli	70	4	37,2	2	37,2	2
4	Güterverkehr V40	CM5									
5	Güterverkehr V70	CM5	1	Güterverkehr	15 Quellspektru	70	0,0625	200	0,125	200	1
Summe:											

Gebäude, Gleise und Weichen

Gebäude	Name:	Ort	Gleis	Kommentar	Distanz	Ausbreitung	Weiche etc.	Distanz	Boden	Gleisolation	D	VB
1	Zwickauer Str 37	Stollberg	3		26,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
			5		26,8	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
2	Zwickauer Str 41		3		22,6	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
			5		22,6	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
3	Grüner Winkel 2		3		24	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
			5		24	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
4	Kleingartenanlage		3		27,7	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
			5		27,7	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300

5	Am Grünen Winke	3	17,9	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
		5	17,9	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
6	Kleingarten oberha	3	19,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
		5	19,8	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
7	Am Grünen Winke	3	21,8	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
		5	21,8	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300
8	Am Grünen Winke	3	25	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
		5	25	Abminderung	Null	0	Null	Güterzug	0	300

Gebäude und Räume

Gebäude	Name	Ort	Ankoppplung	Gebäudeisolation	Nr.	Raum	Geschossdecke	KS-Typ	ES-GW-Gruppe und -Zone		KS-GW-Gruppe und -Zone	
1	Zwickauer	Stollberg	CM5-M1	Null	1	Wohnraum	CM5_M1	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
2	Zwickauer		CM5-M2	Null	1	Kinderzimmer	CM5_M2	zbalkendec	Standard	Z4	IRW	WZ
3	Grüner Win		CM5-M3	Null	1	Schlafzimmer	DB HBD 25	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
4	Kleingarten		CM5-M4	Null	1	Kleingarten	Null	zbalkendec	Standard	Z3	IRW	MZ
5	Am Grünen		CM5-M5	Null	1	Schlafzimmer	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ
6	Kleingarten		CM5-M6	Null	1	Schlafzimmer	Null	Null	Standard	Z3	IRW	MZ
7	Am Grünen		CM5-M7	Null	1	Gästezimmer	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ
8	Am Grünen		CM5-M7	Null	1	Wohnung	DB BD 40	3etondecke	Standard	Z3	IRW	MZ

VIBRA-2: Erschütterungs- und Körperschall-Immissionen

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Datum: 17.02.2020

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung				Körperschall				Vorbeifahrtszeit			
	Tag	KBFtr	Nacht	KBFtr	Tag	Leq (16h): dBA	Nacht	Leq (1h): dBA	Tag	Vbf-mittel: s	Nacht	Vbf-mittel: s
	KBF-95%		KBF-95%		Leq 95% (1Z): dBA		Leq 95% (1Z): dBA		Vbf-max: s		Vbf-max: s	
Zwickauer Str 37												
Wohnraum	0,707	0,014	0,707 !	0,014	53,4	16,9	53,4	24,2	15,3	7,0	15,3	7,4
Zwickauer Str 41												
Kinderzimmer	0,896	0,016	0,896 !	0,017	56,5	23,2	56,5	27,7	15,3	7,0	15,3	7,4
Grüner Winkel 2												
Schlafzimmer	0,349	0,006	0,349	0,007	45,1	8,8	45,1	15,9	15,3	7,0	15,3	7,4
Kleingartenanlage Flur 963 a												
Kleingarten	0,152	0,003	0,152	0,003	39,6	2,9	39,6	10,4	15,3	7,0	15,3	7,4
Am Grünen Winkel 14												
Schlafzimmer	0,259	0,006	0,259	0,006	43,9	8,3	43,9	14,8	15,3	7,0	15,3	7,4
Kleingarten oberhalb Hasenbude												
Schlafzimmer	0,173	0,003	0,173	0,003	41,5	3,0	41,5	12,2	15,3	7,0	15,3	7,4
Am Grünen Winkel 15												
Gästezimmer	0,219	0,005	0,219	0,005	42,5	6,6	42,5	13,4	15,3	7,0	15,3	7,4
Am Grünen Winkel 17												
Wohnung	0,208	0,005	0,208	0,005	42,1	5,9	42,1	13,0	15,3	7,0	15,3	7,4

VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

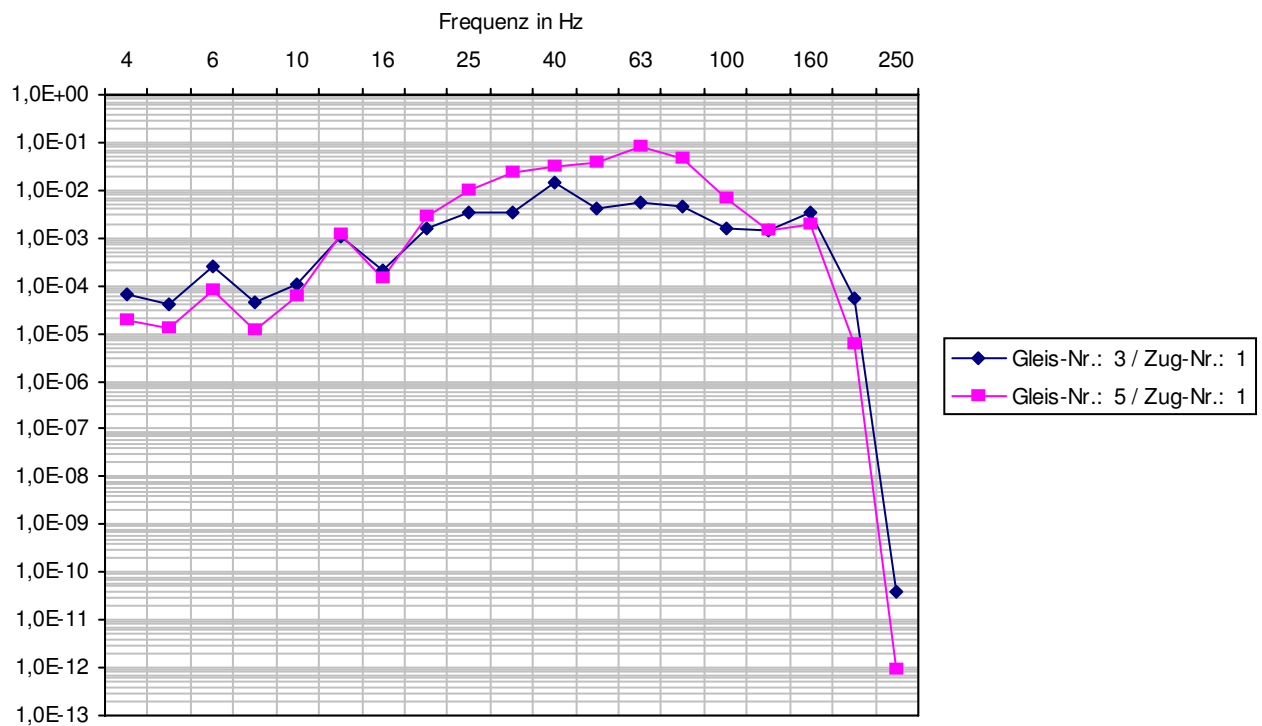
Gebäude: Zwickauer Str 37

Raum: Wohnraum

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,707	Leq 95% (1Z):	53,4 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,014	Leq (16h):	16,9 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,707	Leq 95% (1Z):	53,4 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,014	Leq (1h):	24,2 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,018	36,4
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,106	47,6



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

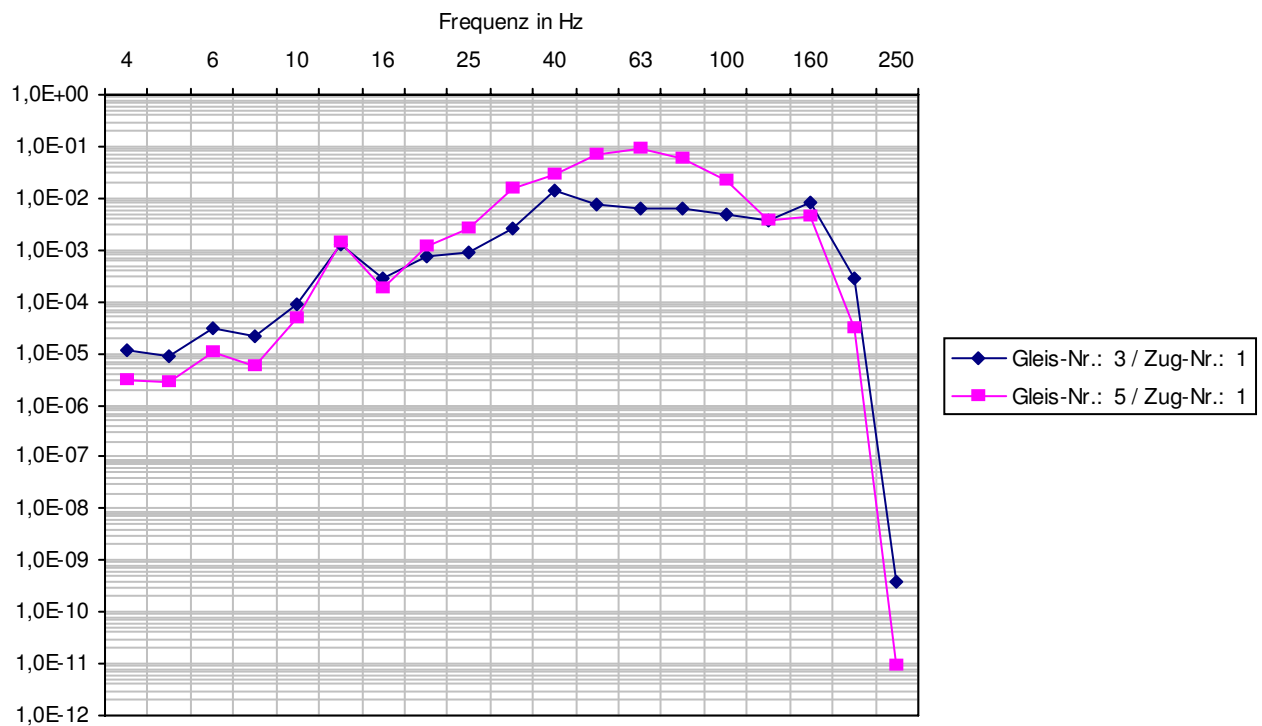
Gebäude: Zwickauer Str 41

Raum: Kinderzimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,896	Leq 95% (1Z):	56,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,016	Leq (16h):	23,2 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,896	Leq 95% (1Z):	56,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,017	Leq (1h):	27,7 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schwindigkeit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,134	50,7
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,021	43,6



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

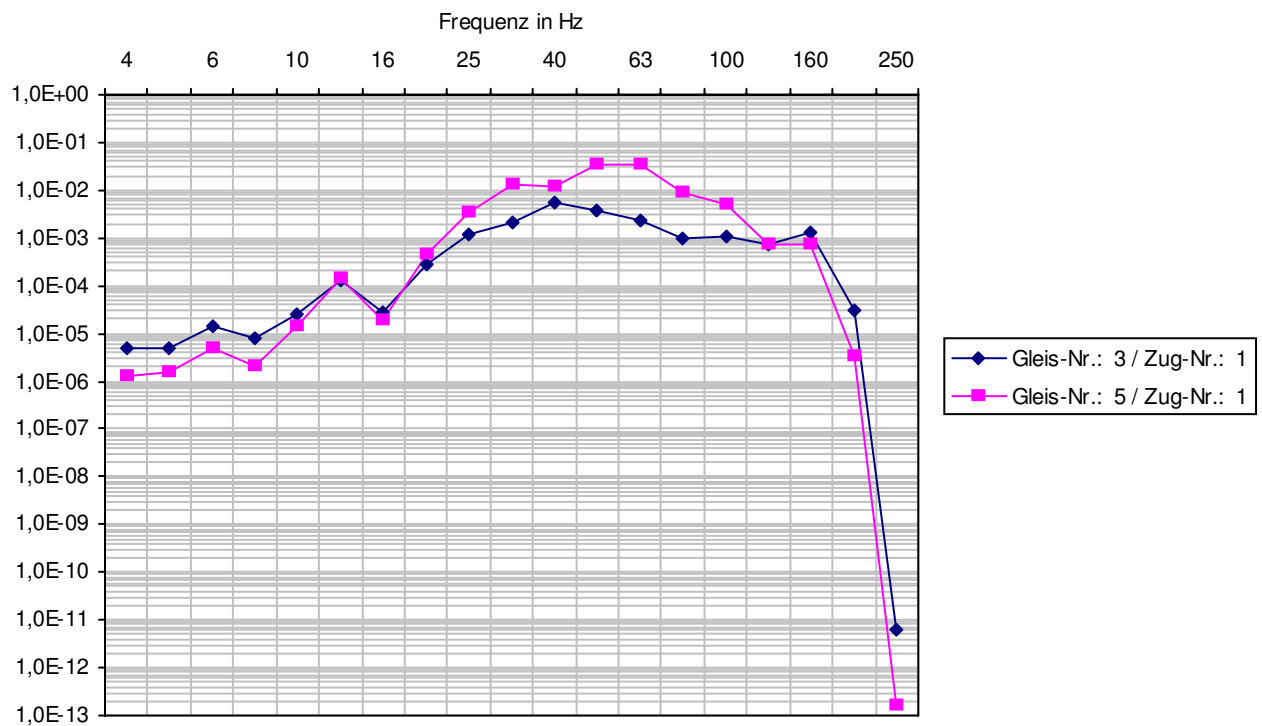
Gebäude: Grüner Winkel 2

Raum: Schlafzimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,349	Leq 95% (1Z):	45,1 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,006	Leq (16h):	8,8 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,349	Leq 95% (1Z):	45,1 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,007	Leq (1h):	15,9 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,052	39,3
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,008	28,4



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

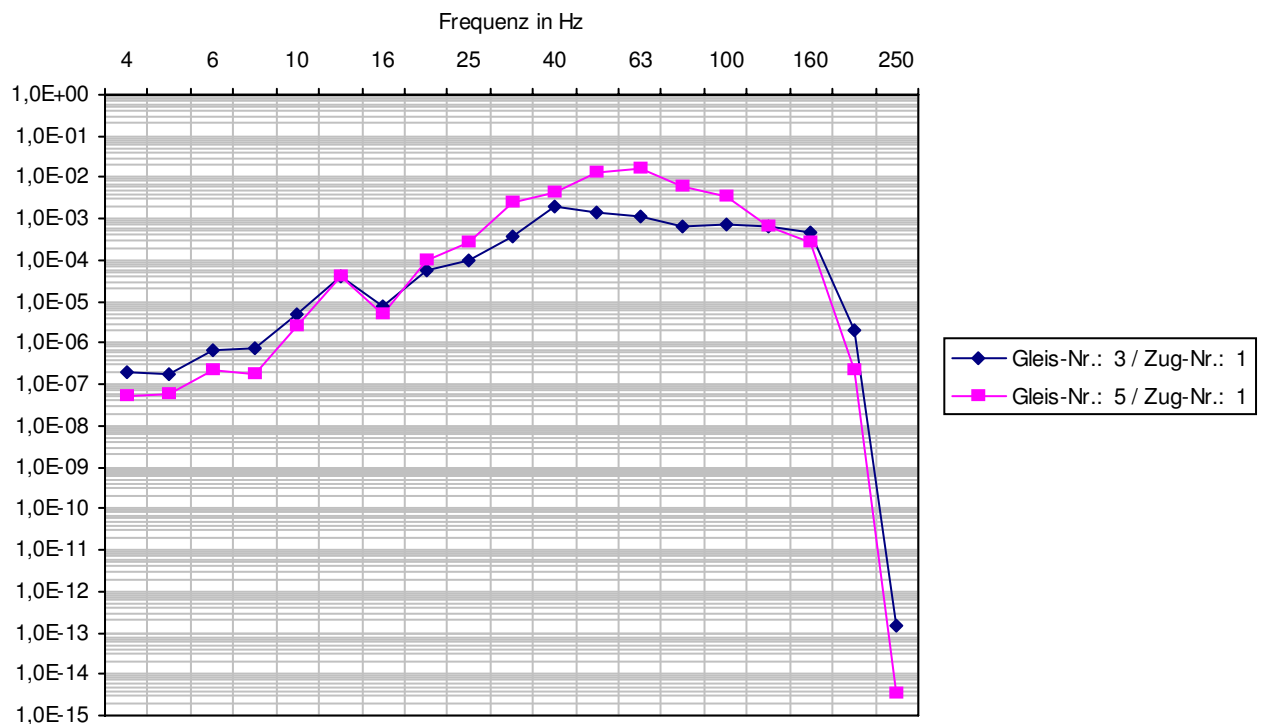
Gebäude: Kleingartenanlage Flur 963 a

Raum: Kleingarten

Erschütterung			Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,152	Leq 95% (1Z):	39,6 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,003	Leq (16h):	2,9 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,152	Leq 95% (1Z):	39,6 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,003	Leq (1h):	10,4 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,003	22,2
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,023	33,8



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

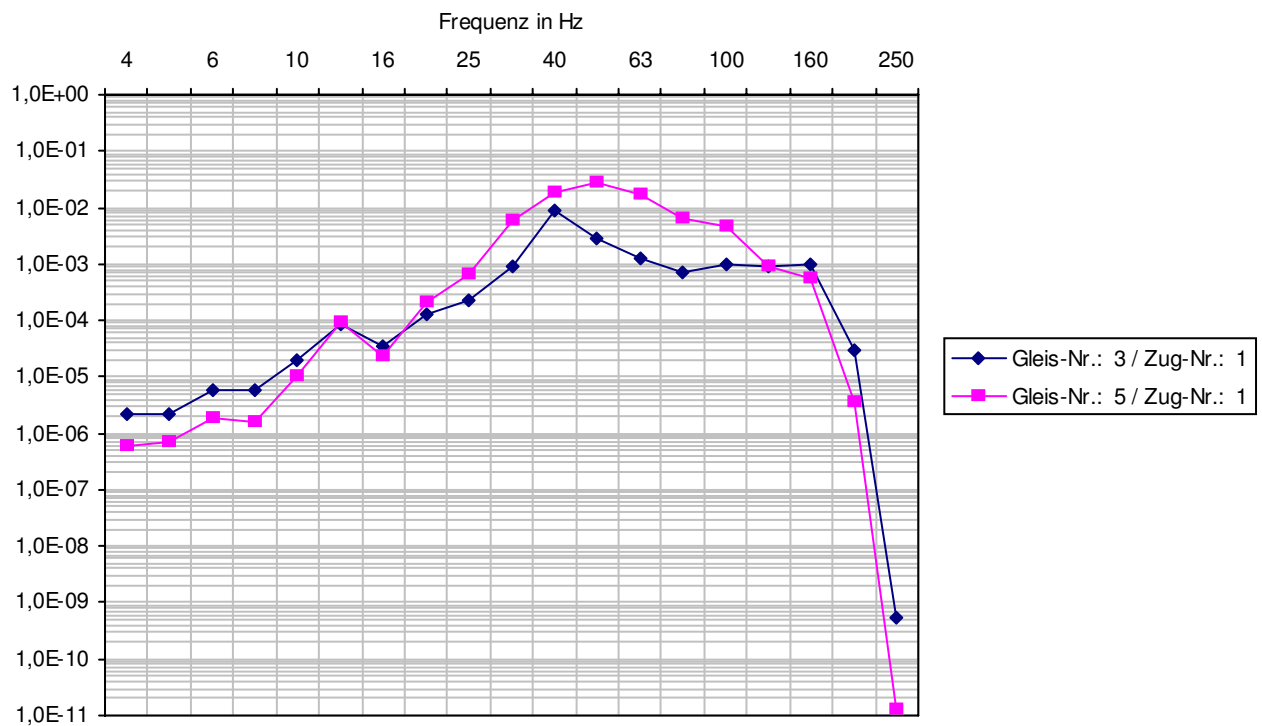
Gebäude: Am Grünen Winkel 14

Raum: Schlafzimmer

Erschütterung			Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,259	Leq 95% (1Z):	43,9 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,006	Leq (16h):	8,3 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,259	Leq 95% (1Z):	43,9 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,006	Leq (1h):	14,8 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schwindigkeit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,010	28,2
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,039	38,1



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

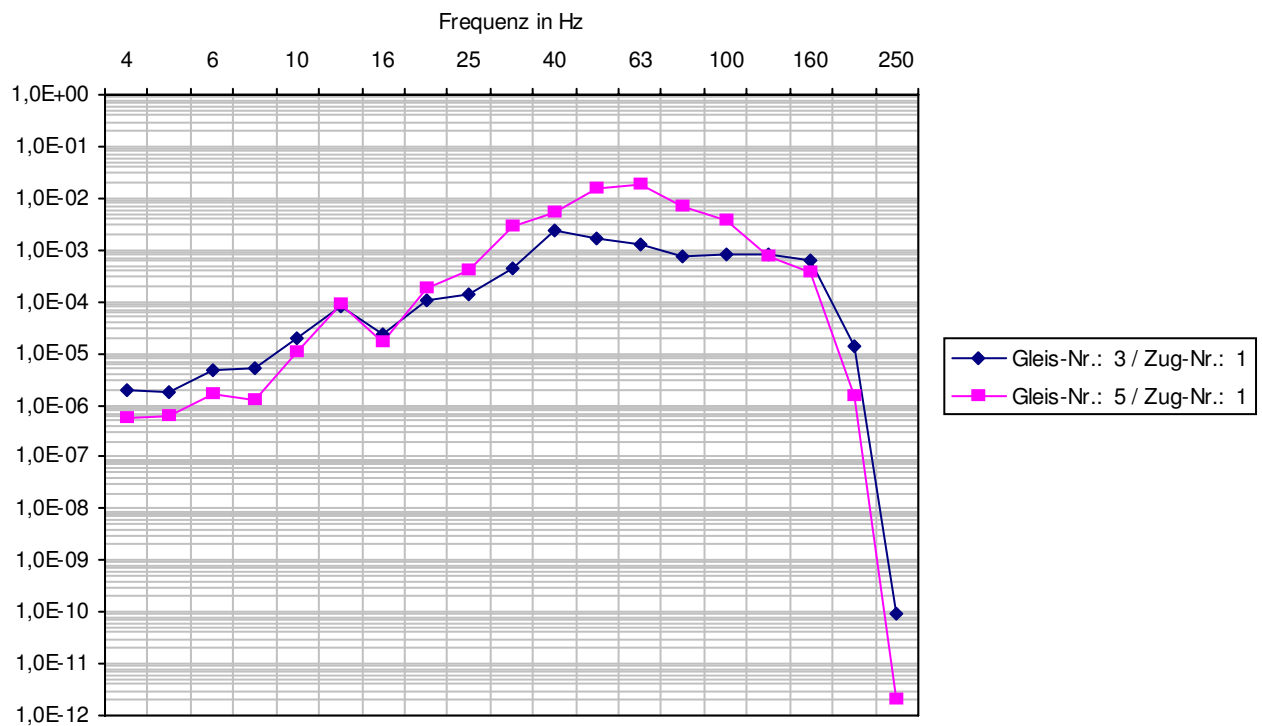
Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt
 Datum: 17.02.2020
 Gebäude: Kleingarten oberhalb Hasenbu
 Raum: Schlafzimmer

Nach ES-Norm: DIN 4150/2
 Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,173	Leq 95% (1Z):	41,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,003	Leq (16h):	3,0 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,173	Leq 95% (1Z):	41,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,003	Leq (1h):	12,2 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,026	35,8
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,004	21,2



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

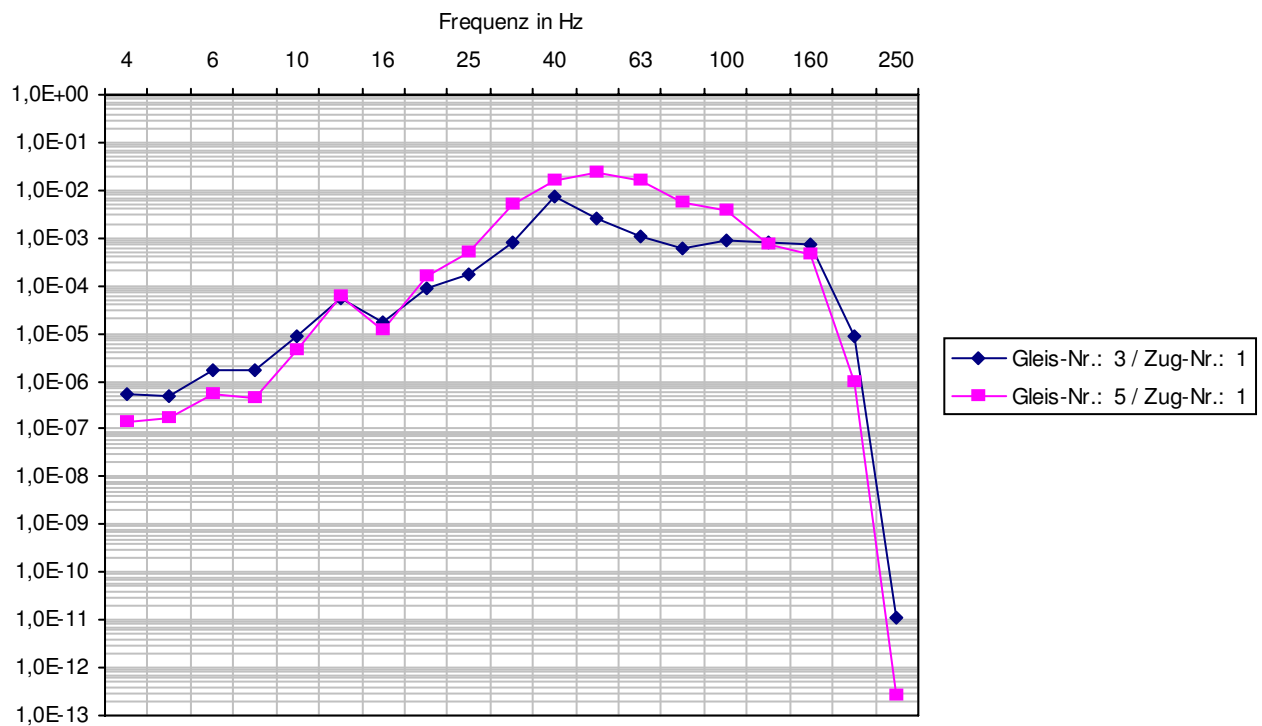
Gebäude: Am Grünen Winkel 15

Raum: Gästezimmer

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,219	Leq 95% (1Z):	42,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,005	Leq (16h):	6,6 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,219	Leq 95% (1Z):	42,5 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,005	Leq (1h):	13,4 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,033	36,8
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,008	26,3



VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

Projekt: CM5 Wohnbebauung GV akt

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Datum: 17.02.2020

Nach KS-Norm: BEKS

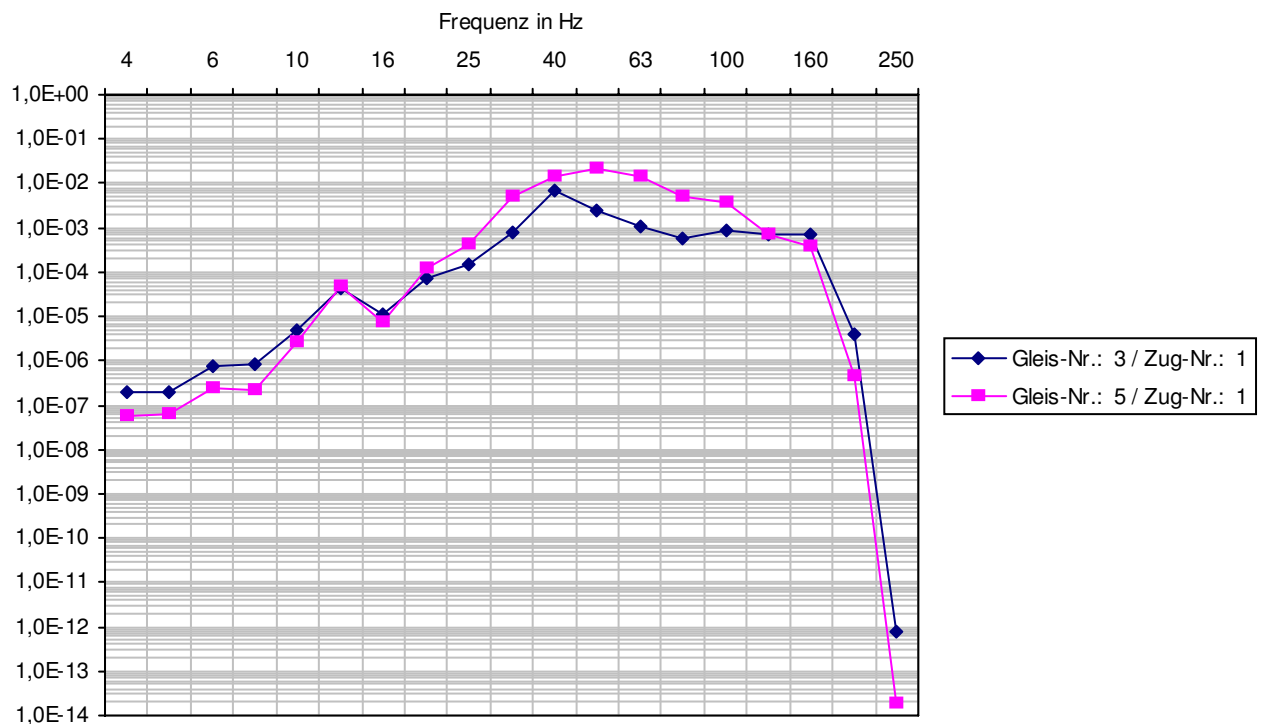
Gebäude: Am Grünen Winkel 17

Raum: Wohnung

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,208	Leq 95% (1Z):	42,1 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,005	Leq (16h):	5,9 dBA	Vbf-mittel:	7,0 s
Nacht:	KBF-95%	0,208	Leq 95% (1Z):	42,1 dBA	Vbf-max:	15,3 s
	KBFtr	0,005	Leq (1h):	13,0 dBA	Vbf-mittel:	7,4 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schw'keit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
5	1	Güterverkehr	70	0,0625	200	0,125	200	1,0	0,031	36,4
3	1	Citylink	70	4	37,2	2	37,2	2,0	0,007	25,5



Anlage 2:	Erschütterungsprognosen - Nichtwohngebäude
Anlage 2.1	Erschütterungsprognose – Celebrate records
Anlage 2.2	Erschütterungsprognose – PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Anlage 2.1

Erschütterungsprognose – Celebrate records

Gesamtbericht für Projekt: CM5 Celebrate Records akt

Zugtypen-Gruppe: ipro Nach ES-Norm: DIN 4150/2 Einflussbereich für Weichen 10 / 50 m
Transferfaktoren-Gruppe: ipro Nach KS-Norm: BEKS

Gleise und Züge

Gleis	Name:	Strecke	Zug-Nr	Zugtyp	Fahrgeschw	Freq tags	Länge tags	Freq nachts	Länge nachts	Freq nachts max	
1	Strecken-neubau	CM5	1	Citylink	15 Quellsp Cityli	40	4	37,2	2	37,2	2
Summe:							4,		2,		2,

Gebäude, Gleise und Weichen

Gebäude	Name:	Ort	Gleis	Kommentar	Distanz	Ausbreitung	Weiche etc.	Distanz	Boden	Gleisisolation	D	VB
1	Gebäude celebrat	Am Birkenwäldchen	1		23,08	Null	Null	0	Null	Null	0	300

Gebäude und Räume

Gebäude	Name	Ort	Ankoppplung	Gebäudeisolation	Nr.	Raum	Geschossdecke	KS-Typ	ES-GW-Gruppe und -Zone		KS-GW-Gruppe und -Zone	
1	Gebäude c	Am Birkenwäldchen	CM5_CR	Null	1	Aufnahmeraum	Null	Null	Standard	Z2	IRW	MZ

VIBRA-2: Erschütterungs- und Körperschall-Immissionen

Projekt: CM5 Celebrate Records akt

Datum: 17.02.2020

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung				Körperschall				Vorbeifahrtszeit			
	Tag		Nacht		Tag		Nacht		Tag		Nacht	
	KBF-95%	KBFtr	KBF-95%	KBFtr	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (16h): dBA	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (1h): dBA	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s
Gebäude celebrate Records												
Aufnahmerraum	0,005	0,001	0,005	0,001	17,0	-5,9	17,0	-8,9	8,3	8,3	8,3	8,3

VIBRA-2: Immissionen aller Züge für einen Raum

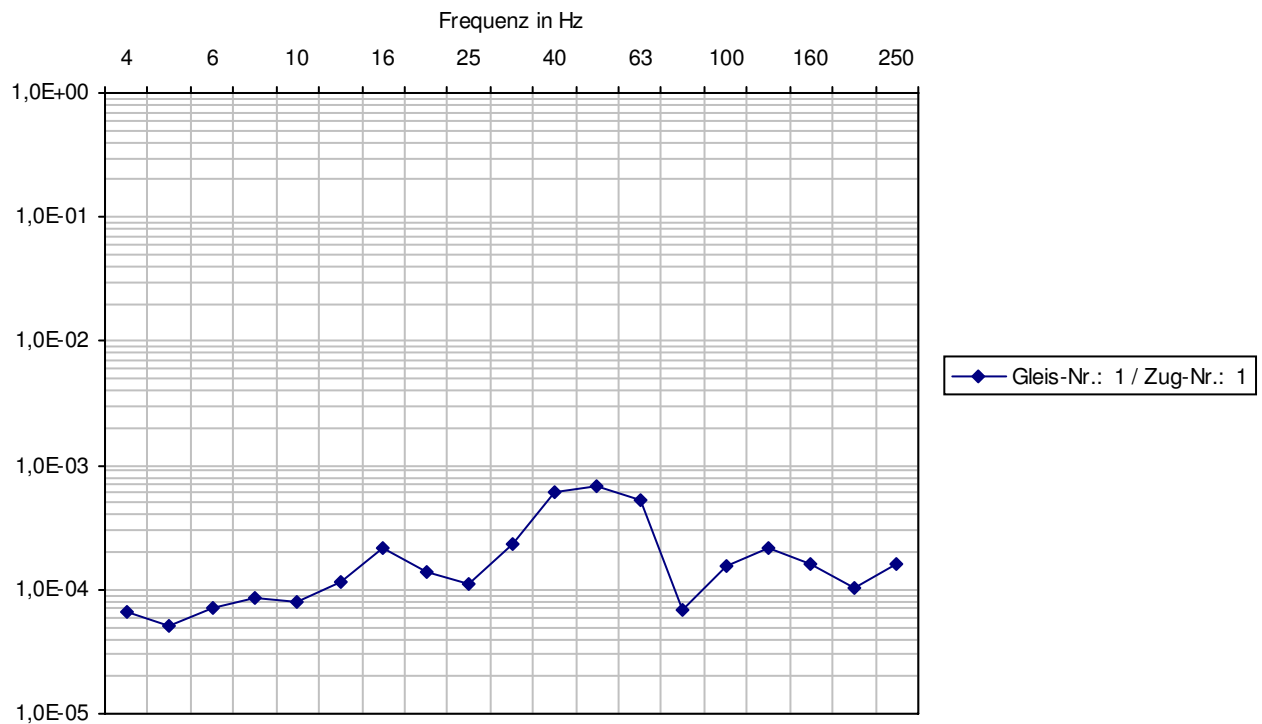
Projekt: CM5 Celebrate Records akt
 Datum: 17.02.2020
 Gebäude: Gebäude celebrate Records
 Raum: Aufnahmerraum

Nach ES-Norm: DIN 4150/2
 Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung		Körperschall		Einwirkdauer	
Tag:	KBF-95%	0,005	Leq 95% (1Z):	17,0 dBA	Vbf-max:	8,3 s
	KBFtr	0,001	Leq (16h):	-5,9 dBA	Vbf-mittel:	8,3 s
Nacht:	KBF-95%	0,005	Leq 95% (1Z):	17,0 dBA	Vbf-max:	8,3 s
	KBFtr	0,001	Leq (1h):	-8,9 dBA	Vbf-mittel:	8,3 s

Immissions-Mittelwerte der einzelnen Zugtypen:

Gleis	Zug	Zugtyp	Fahrge- schwindigkeit	tags Z/h	Länge	nachts Z/h	Länge	Maximale Anzahl Z/h nachts	ES v-rms (mm/s)	KS Leq (dBA)
1	1	Citylink	40	4	37,2	2	37,2	2,0	0,001	14,4



Anlage 2.2

Erschütterungsprognose – PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Gesamtbericht für Projekt: CM5 PTF akt

Zugtypen-Gruppe: ipro Nach ES-Norm: DIN 4150/2 Einflussbereich für Weichen 10 / 50 m
Transferfaktoren-Gruppe: ipro Nach KS-Norm: BEKS

Gleise und Züge

Gleis	Name:	Strecke	Zug-Nr	Zugtyp	Fahrgeschw	Freq tags	Länge tags	Freq nachts	Länge nachts	Freq nachts max
1	Gleisneubau - KfZ Ver	CM5	1	Citylink 15 Quellsp Cityli	40	4	37,2	2	37,2	2
1	Gleisneubau - KfZ Ver	CM5	2	KfZ Verkehr 15 KfZ Quellsp	50	579	5	77	5	77
2	Gleisneubau	CM5	1	Citylink 15 Quellsp Cityli	40	4	37,2	2	37,2	2
3	KfZ - Verkehr	CM5	1	Verkehr 15 KfZ Quellsp	50	579	5	77	5	77
Summe:						1166,		158,		158,

Gebäude, Gleise und Weichen

Gebäude	Name:	Ort	Gleis	Kommentar	Distanz	Ausbreitung	Weiche etc.	Distanz	Boden	Gleisolation	D	VB
1	Gebäudebereich G	PTF Stollberg	0		0			0			0	300
			1		16	Null	Null	0	Null	Null	0	300
2	Produktion		1		23	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300
3	Qualitätssicherung		1		11	Abminderung	Null	0	Null	Null	0	300

Gebäude und Räume

Gebäude	Name	Ort	Ankoppplung	Gebäudeisolation	Nr.	Raum	Geschossdecke	KS-Typ	ES-GW-Gruppe und -Zone		KS-GW-Gruppe und -Zone	
1	Gebäudebe	PTF Stollberg	CM5_PTF	Null	1	Produktion	Null	Null	Standard	Z2	IRW	MZ
2	Produktion		CM5_PTF	Null	1	Lager	Null	Null	Standard	Z2	IRW	MZ
3	Qualitätssic		CM5_PTF	Null	1	Qualitätssicheru	Null	Null	Standard	Z2	IRW	MZ

VIBRA-2: Erschütterungs- und Körperschall-Immissionen

Projekt: CM5 PTF akt

Datum: 20.02.2020

Nach ES-Norm: DIN 4150/2

Nach KS-Norm: BEKS

	Erschütterung				Körperschall				Vorbeifahrtszeit			
	Tag		Nacht		Tag		Nacht		Tag		Nacht	
	KBF-95%	KBFtr	KBF-95%	KBFtr	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (16h): dBA	Leq 95% (1Z): dBA	Leq (1h): dBA	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s	Vbf-max: s	Vbf-mittel: s
Gebäudebereich Gleisnähe												
Produktion	0,018	0,010	0,018	0,004	23,0	20,1	23,0	11,4	8,3	5,4	8,3	5,4
Produktion												
Lager	0,021	0,010	0,021	0,004	20,2	17,2	20,2	8,5	8,3	5,4	8,3	5,4
Qualitätssicherung												
Qualitätssicherung	0,030	0,015	0,030	0,006	23,9	21,0	23,9	12,3	8,3	5,4	8,3	5,4

Anlage 3:	Ermittelte Spektren
Anlage 3.1	Quellspektren
Anlage 3.2	Transferspektren – Gebäude Ankopplung
Anlage 3.3	Transferspektren - Geschoßdecke

Anlage 3.1

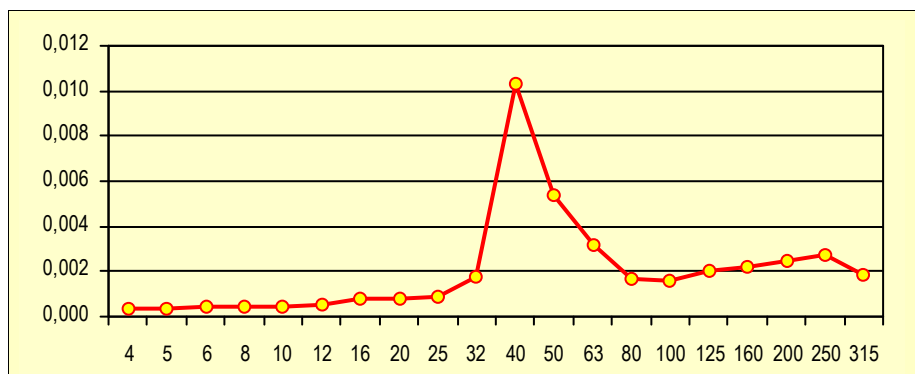
Quellspektren

VIBRA-2: Quellspektrum

Gruppe:	ipro			Charakt. Grössen	Faktor
QSP-ID:	CM5 Quellsp Citylink	Variationskoeffizient:	0,2117	Peak, v-max (mm/s)	0,129 12,43
Zugtyp:	Citylink	Geschw.(km/h):	70	KB, v-rms-f (mm/s):	0,034 3,27
Ref.-Distanz (m):	8,0	Geschw.-Exponent	1,0	K, v-rms-s (mm/s)	0,023 2,20
Spektrum-Typ:	V-RMS	Delta-T (s):	5,0	v-rms-dur (mm/s)	0,010 1.00
Beschreibung:	FF Messung				

RSS = 0,0135

T4: #####	T40: 0,0103
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: #####	T100: #####
T12: #####	T125: #####
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: #####
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



Anlage 3.2

Transferspektren – Gebäude Ankopplung

VIBRA-2: Transferspektrum

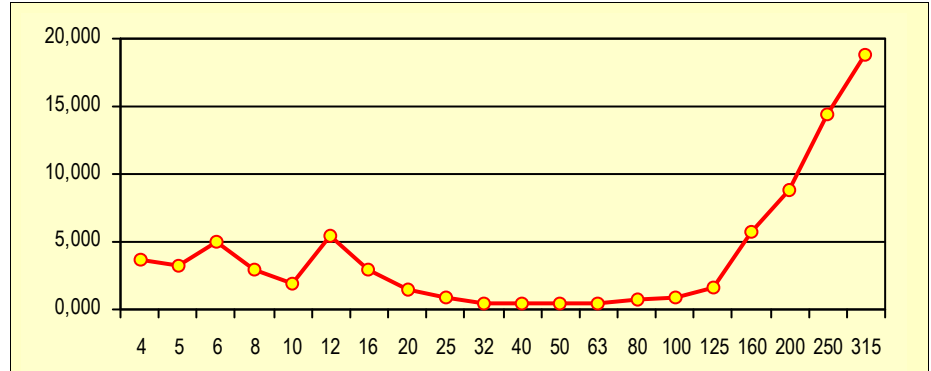
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 1

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M1

T4:	3,7133	T40:	0,4473
T5:	3,225	T50:	0,3822
T6:	5,01	T63:	0,4603
T8:	2,9335	T80:	0,7462
T10:	1,8607	T100:	0,8685
T12:	5,3732	T125:	1,5929
T16:	2,9815	T160:	5,6846
T20:	1,5215	T200:	8,8436
T25:	0,9544	T250:	#####
T32:	0,4678	T315:	#####



VIBRA-2: Transferspektrum

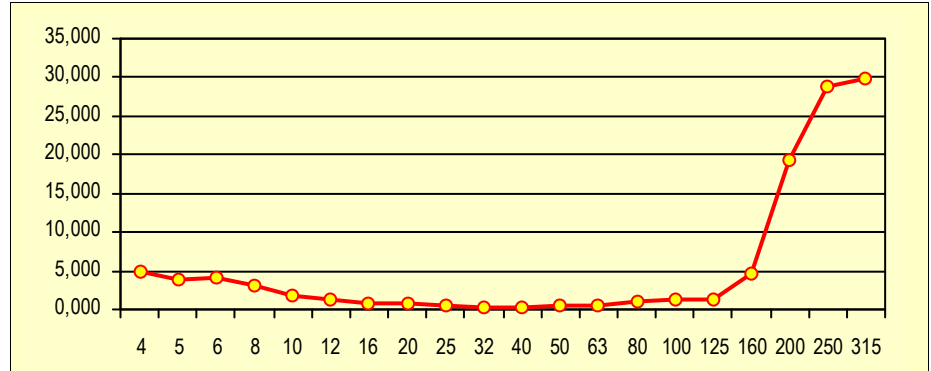
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 2

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M2

T4:	4,7778	T40:	0,3436
T5:	3,9413	T50:	0,431
T6:	4,1384	T63:	0,5878
T8:	3,1581	T80:	0,9356
T10:	1,9091	T100:	1,2066
T12:	1,3445	T125:	1,3418
T16:	0,8272	T160:	4,6878
T20:	0,7329	T200:	19,21
T25:	0,559	T250:	28,913
T32:	0,375	T315:	#####



VIBRA-2: Transferspektrum

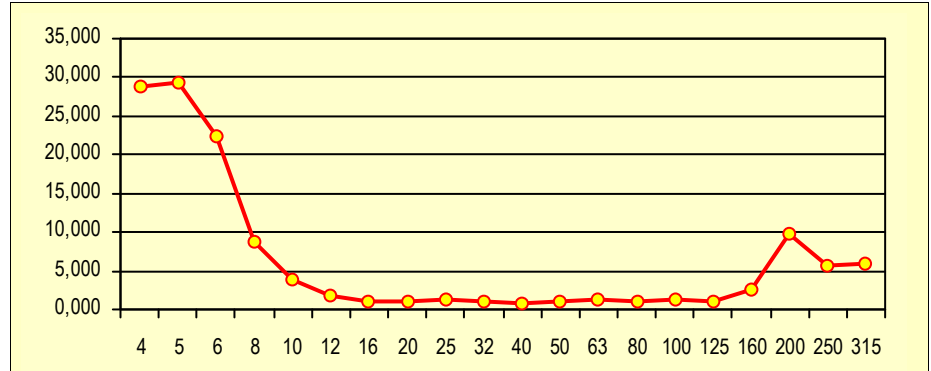
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 3

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M3

T4: #####	T40: 0,7179
T5: 29,383	T50: 0,9183
T6: #####	T63: 1,3831
T8: 8,7832	T80: 1,1309
T10: 3,7881	T100: 1,2376
T12: 1,7284	T125: 1,0219
T16: 0,9614	T160: 2,5372
T20: 0,9842	T200: 9,7028
T25: 1,2044	T250: 5,584
T32: 0,9696	T315: 6,0276



VIBRA-2: Transferspektrum

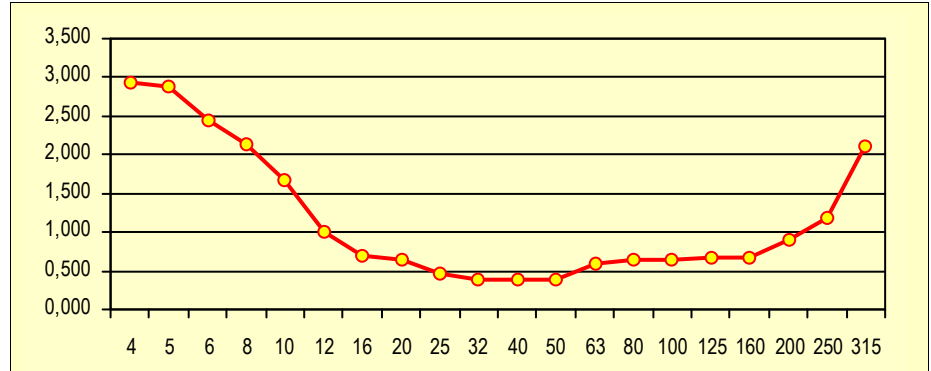
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 4

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M4

T4:	2,9368	T40:	0,383
T5:	2,8817	T50:	0,3976
T6:	2,4396	T63:	0,5947
T8:	2,1482	T80:	0,6306
T10:	1,6845	T100:	0,6329
T12:	1,0154	T125:	0,6727
T16:	0,6997	T160:	0,6676
T20:	0,6499	T200:	0,8984
T25:	0,458	T250:	1,1774
T32:	0,3951	T315:	2,121



VIBRA-2: Transferspektrum

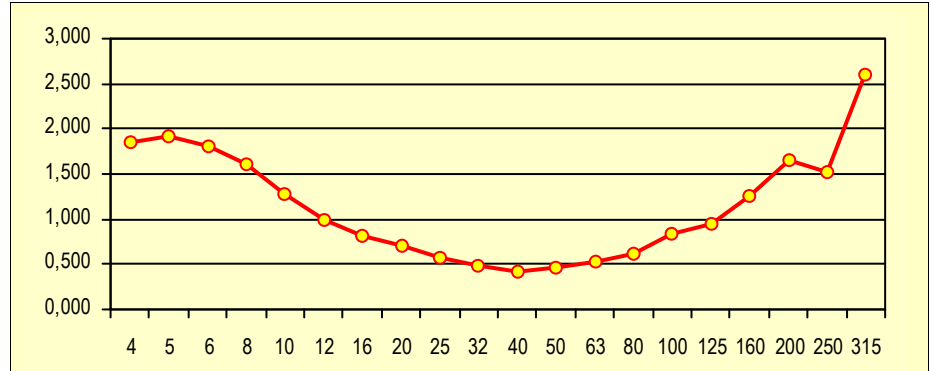
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 5

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M5

T4:	1,8618	T40:	0,428
T5:	1,9237	T50:	0,4549
T6:	1,8175	T63:	0,5337
T8:	1,6015	T80:	0,6233
T10:	1,272	T100:	0,849
T12:	0,9859	T125:	0,9469
T16:	0,8108	T160:	1,2647
T20:	0,7012	T200:	1,6584
T25:	0,5818	T250:	1,5139
T32:	0,4785	T315:	2,6022



VIBRA-2: Transferspektrum

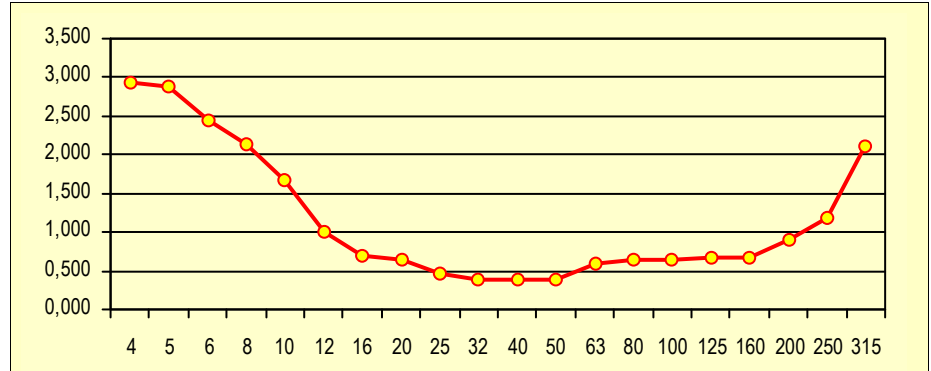
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 6

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M6

T4:	2,9368	T40:	0,383
T5:	2,8817	T50:	0,3976
T6:	2,4396	T63:	0,5947
T8:	2,1482	T80:	0,6306
T10:	1,6845	T100:	0,6329
T12:	1,0154	T125:	0,6727
T16:	0,6997	T160:	0,6676
T20:	0,6499	T200:	0,8984
T25:	0,458	T250:	1,1774
T32:	0,3951	T315:	2,121



VIBRA-2: Transferspektrum

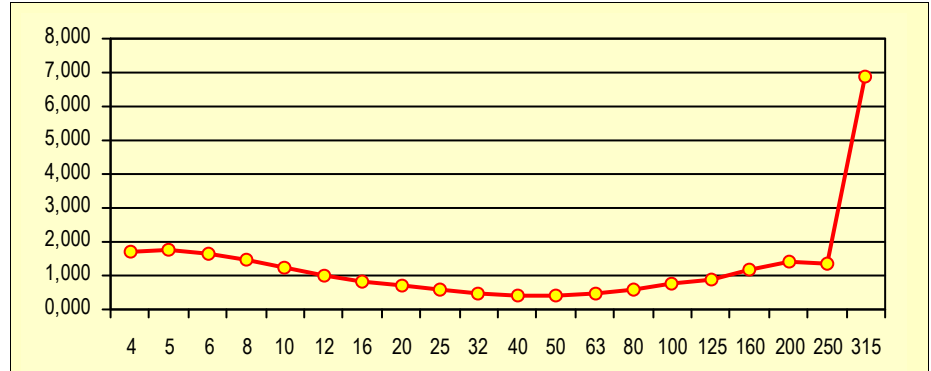
Typ: ANKOP

Ankopplung Messung 7

Gruppe: ipro

TSP-ID: CM5-M7

T4:	1,7338	T40:	0,39
T5:	1,7579	T50:	0,4089
T6:	1,6623	T63:	0,4986
T8:	1,4818	T80:	0,577
T10:	1,2062	T100:	0,7656
T12:	0,9855	T125:	0,8841
T16:	0,8144	T160:	1,182
T20:	0,6888	T200:	1,4353
T25:	0,5812	T250:	1,3803
T32:	0,462	T315:	6,8606



Anlage 3.3

Transferspektren - Geschoßdecke

VIBRA-2: Transferspektrum

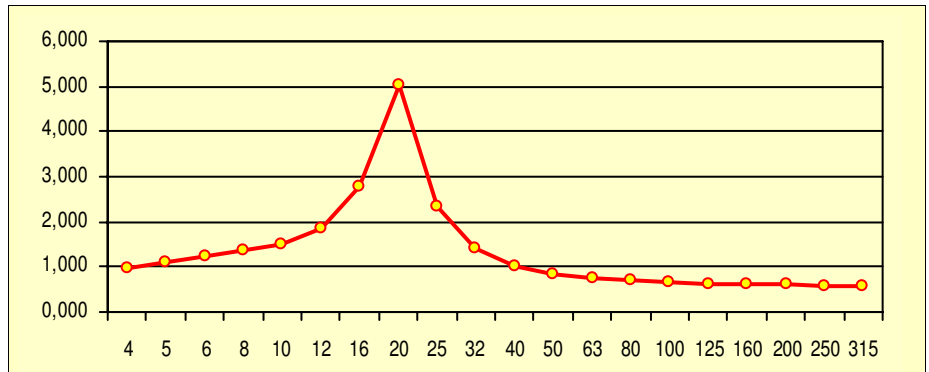
Typ: DECKE

Holzbalkendecke 20 Hz

Gruppe: ipro

TSP-ID: DB HBD 20

T4: #####	T40: #####
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: #####	T100: #####
T12: #####	T125: 0,6346
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: #####
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



VIBRA-2: Transferspektrum

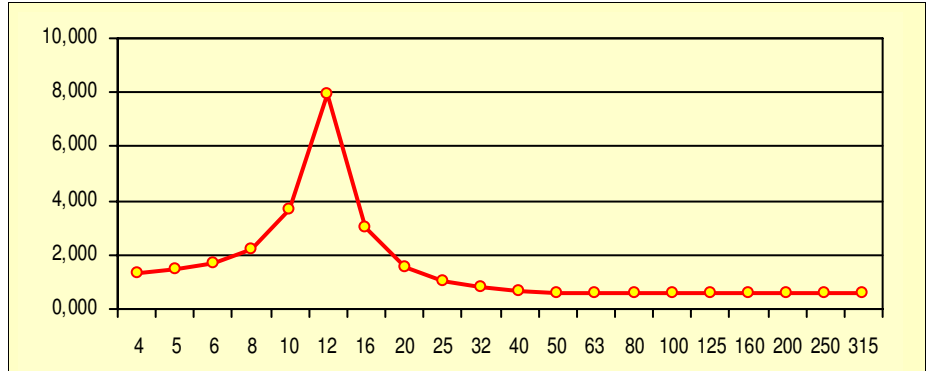
Typ: DECKE

Holzbalkendecke 12 Hz

Gruppe: ipro

TSP-ID: DB HBD 12

T4: #####	T40: #####
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: #####	T100: #####
T12: #####	T125: #####
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: #####
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



VIBRA-2: Transferspektrum

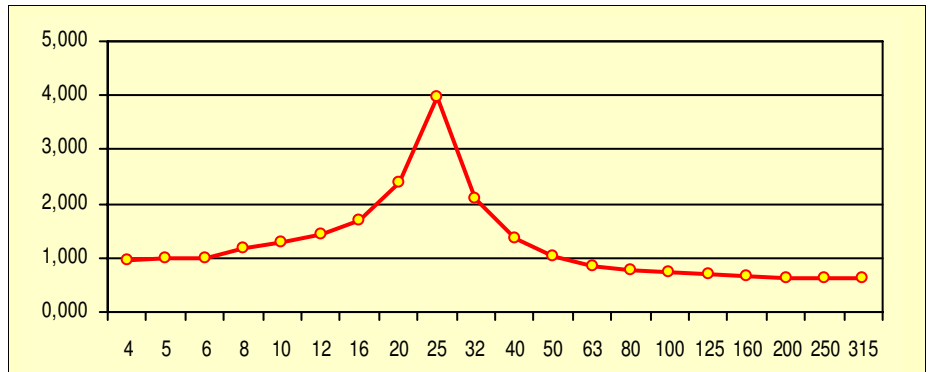
Typ: DECKE

Holzbalkendecke 25 Hz

Gruppe: ipro

TSP-ID: DB HBD 25

T4: #####	T40: #####
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: #####	T100: #####
T12: #####	T125: #####
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: 0,6346
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



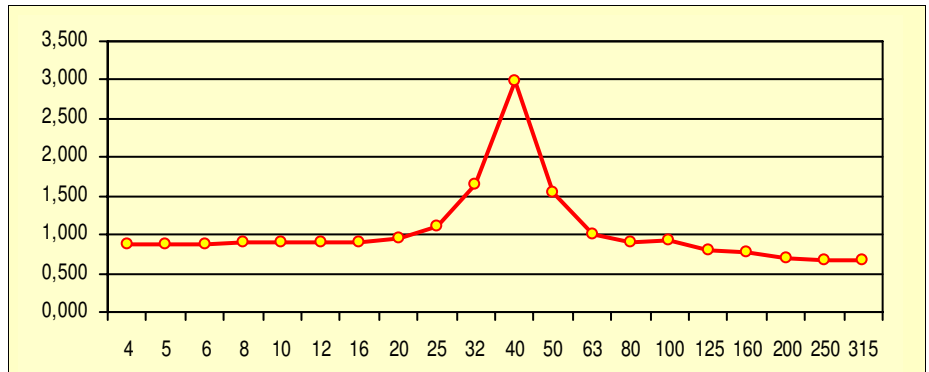
VIBRA-2: Transferspektrum

Typ: DECKE Betondecke 40 Hz

Gruppe: ipro

TSP-ID: DB BD 40

T4: #####	T40: #####
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: #####	T100: #####
T12: #####	T125: #####
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: #####
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



VIBRA-2: Transferspektrum

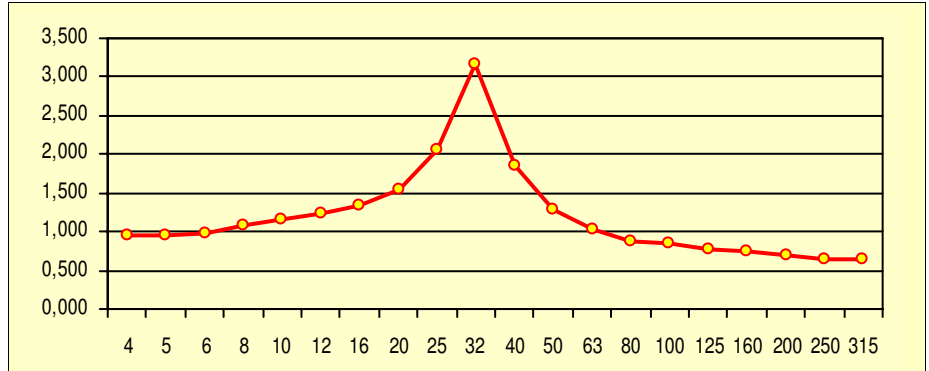
Typ: DECKE

Holzbalkendecke 31 Hz

Gruppe: ipro

TSP-ID: DB HBD 31

T4: #####	T40: #####
T5: #####	T50: #####
T6: #####	T63: #####
T8: #####	T80: #####
T10: 1,1508	T100: #####
T12: #####	T125: #####
T16: #####	T160: #####
T20: #####	T200: #####
T25: #####	T250: #####
T32: #####	T315: #####



Anlage 4: Gebäudedokumentation

Angaben zum Gebäude – Messung 1

Adresse	Zwickauer Straße 37, Stollberg
Datum	16.05.2017
Objekt	Wohngebäude
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	MFH
Nutzung	Wohngebäude
Anzahl Geschoße	3 (zzgl. Teilunterkellerung)
Bauart	Massiv, Holzbalkendecken
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	Schlafzimmer DG, 3,96 x 4,2 m (Holzbalkendecke)
Eigenfrequenz	19 Hz

Angaben zum Gebäude – Messung 2

Adresse	Zwickauer Straße 41, Stollberg
Datum	03.07.2017
Objekt	Wohngebäude
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	EFH (als MFH ausgeführt)
Nutzung	Wohngebäude
Anzahl Geschoße	EG, OG zzgl. nicht ausgebautem Dachraum
Bauart	Massiv, Holzbalkendecken
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	DG, 6,8 x 7,9 m (Holzbalkendecke)
Eigenfrequenz	
Gemessene Räume - 2 Abmessung (L x B)	Kinderzimmer DG, 4,2 x 3,6 m (Holzbalkendecke)
Eigenfrequenz	
Gemessene Räume - 3 Abmessung (L x B)	Schlafzimmer DG, 4,4 x 3,5 m (Holzbalkendecke)
Eigenfrequenz	

Angaben zum Gebäude – Messung 3

Adresse	Grüner Winkel 2, Stollberg
Datum	15.05.2017
Objekt	Wohngebäude
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	EFH
Nutzung	Wohngebäude
Anzahl Geschoße	2 zzgl. Unterkellerung
Bauart	Massiv, Holzbalkendecken
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	DG, Schlafzimmer 3,9 x 3,3 m (Holzbalkendecke, Messung mit Teppichspitzen)
Eigenfrequenz	27 Hz
Gemessene Räume - 2 Abmessung (L x B)	DG, Flur, 3,3 x 2,8 m (Holzbalkendecke)

Angaben zum Gebäude – Messung 4

Adresse	Kleingartenanlage, Stollberg
Datum	11.05.2017
Objekt	Kleingartenanlage
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	EFH
Nutzung	Kleingarten
Anzahl Geschoße	2, keine Unterkellerung
Bauart	Holzbau
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	DG
Eigenfrequenz	35 Hz

Angaben zum Gebäude – Messung 5

Adresse	Am Grünen Winkel 14, <u>Stollberg</u>
Datum	15.05.2017
Objekt	Wohngebäude
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	EFH
Nutzung	Wohngebäude
Anzahl Geschoße	2 ohne Unterkellerung, zzgl. nicht ausgebautem Dachraum
Bauart	Massiv, Betondecken
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	DG, Büro 3,5 x 2,2 m (Betondecke, Messung mit Teppichspitzen)
Eigenfrequenz	42 Hz
Gemessene Räume - 2 Abmessung (L x B)	DG, Schlafzimmer 3,8 x 2,44 m (Betondecke, Messung mit Teppichspitzen)

Angaben zum Gebäude – Messung 6

Adresse	Kleingartenanlage, Stollberg
Datum	23.05.2017
Objekt	Kleingarten
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	Kleingarten
Nutzung	s.o.
Anzahl Geschoße	1 ohne Unterkellerung
Bauart	Massiv, Betonbodenplatte, Holzdach
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	Altbau, Wohnzimmer 4,1 x 3,4 m
Eigenfrequenz	38 Hz
Gemessene Räume - 2 Abmessung (L x B)	Neubau, Schlafzimmer 2,5 x 4,4 m
Eigenfrequenz	53 Hz

Angaben zum Gebäude – Messung 7

Adresse	Am Grünen Winkel 15, 17, Stollberg
Datum	11.05.2017
Objekt	Pension + Gasthof / Wohnung
Bauwerktyp (EFH, MFH, ..)	Pension
Nutzung	Wohnähnlich / Wohnung
Anzahl Geschoße	2
Bauart	Massiv, Betondecken mit schwimmenden Estrich
Gemessene Räume - 1 Abmessung (L x B)	Gästezimmer OG, 3,5 x 2,2 m (Betondecke, Messung mit Teppichspitzen)
Eigenfrequenz	37 Hz

Anlage 5: Messergebnisse (Zusammenfassung)

Standort: nähe neue Schicht Straße

Bauwerktyp:

Anz. Geschosse: 0

Distanz Geb. - Gleis: m

Sensoren

Nr.	MP	Messgrösse	Einheit	Richtung	Messort	Distanz	Geschoss	Deckentyp	fn	D	Länge	Raum-	Höhe
						Sensor - Gleis						Breite	
1	FF	Geschwindigk	mm/s		Frei-Feld	8							
2	FF	Geschwindigk			Frei-Feld-AK	16							

fn = Eigenfrequenz D = Dämpfung

Gleise

Gleis Nr.: 1 **Bezeichnung:** Stl - Ch **Distanz von Referenz-Gleis:** 8 m

Gleisverlauf: *Gerade* Oberbau: Gleistyp: *Betonschwelle*

Streckenführung: Unterbau: Gleiszustand:

Tunnelform: Untergrund (generell): Gleisbesonderheit: *Keine*

 Untergrund (detailliert) Gleisisolation:

Gleis Nr.: 2 **Bezeichnung:** Ch - Stl **Distanz von Referenz-Gleis:** 8 m

Gleisverlauf: *Gerade* Oberbau: Gleistyp: *Betonschwelle*

Streckenführung: Unterbau: Gleiszustand:

Tunnelform: Untergrund (generell): Gleisbesonderheit: *Keine*

 Untergrund (detailliert) Gleisisolation:

Züge

Nr.	Zeit	Datum	Gleis	Zugtyp	Lok-Typ	Wagen	VbF-Zeit	Zuglänge	v [km/h]	Text
1			1							
2			2							

Messdaten

Zug	Sensor	Peak	RMS-F	RMS-S	RMS-L	KBFT	LAeq	LAm-s	LAm-f
1	1	0,610			0,075	0,253			
	2	0,224			0,028	0,099			
2	1	0,579			0,065	0,230			
	2	0,198			0,026	0,084			

Terzbandspektren

Z	S	TB8	TB10	TB12	TB16	TB20	TB25	TB32	TB40	TB50	TB63	TB80	TB100	TB125	TB160	TB200	TB250
1	1	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0006	0,0014	0,0117	0,0274	0,0627	0,0701	0,0223	0,0101	0,0033	0,0020	0,0004	0,0001
	2	0,0004	0,0004	0,0006	0,0007	0,0010	0,0015	0,0058	0,0145	0,0181	0,0270	0,0087	0,0022	0,0016	0,0019	0,0021	0,0022
2	1	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0006	0,0015	0,0091	0,0250	0,0581	0,0551	0,0222	0,0106	0,0029	0,0020	0,0004	0,0001
	2	0,0005	0,0005	0,0006	0,0007	0,0011	0,0018	0,0046	0,0125	0,0189	0,0226	0,0090	0,0025	0,0019	0,0021	0,0021	0,0024

Anlage 6: Darstellung der untersuchten Objekte (Gesamtstrecke)

Zwickauer Str. 41
09366 Stollberg/Erzgeb.

Zwickauer Str. 37
09366
Stollberg/Erzgeb.

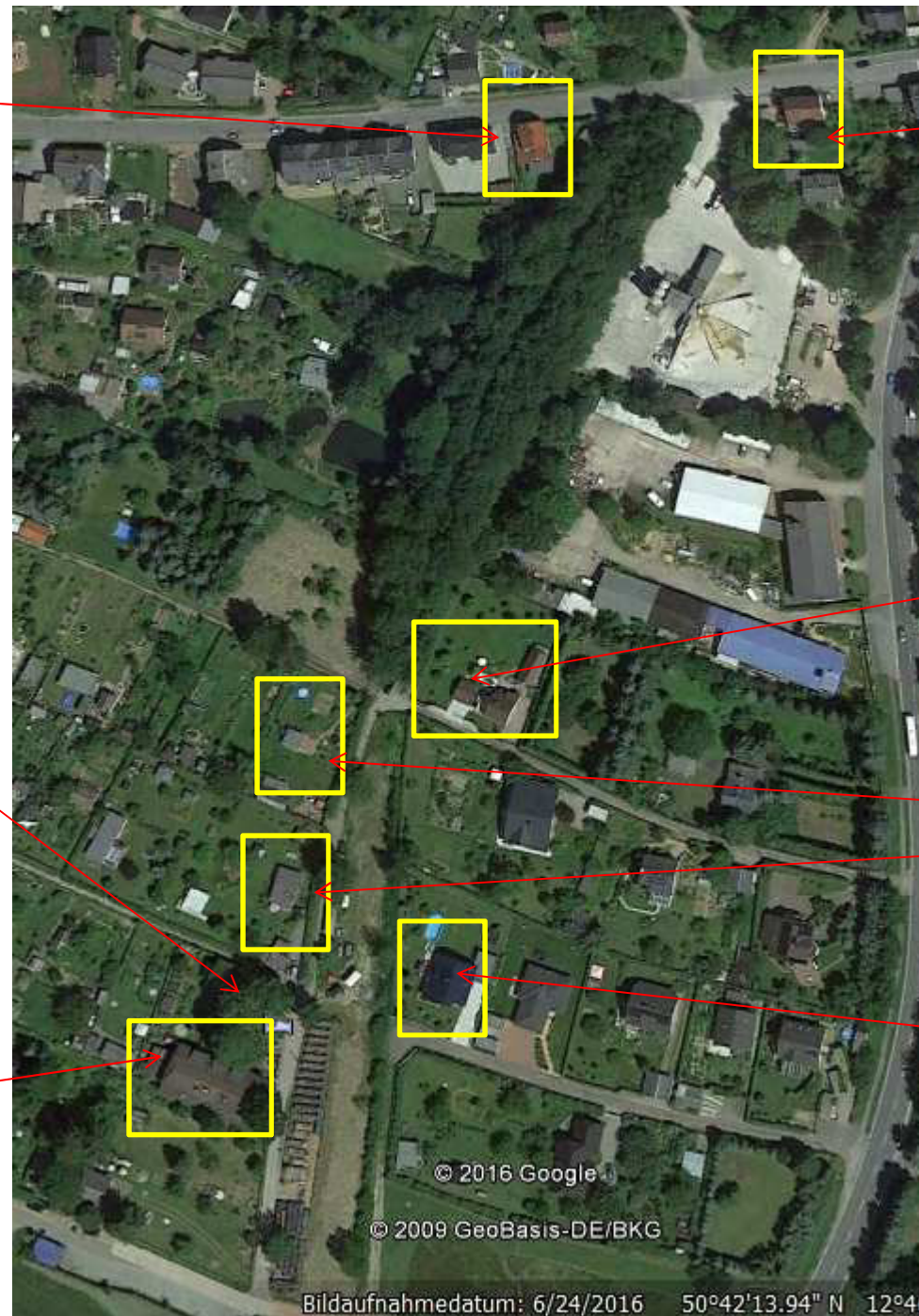
Grüner Winkel 2
09366 Stollberg/Erzgeb.

Am Grünen Winkel 15/22,
09366 Stollberg/Erzgeb.

Gebäude
Kleingartenanlage
„Grüner Winkel“
Stollberg e.V.

Am Grünen Winkel 14
09366
Stollberg/Erzgeb.

Hasenbude Stollberg
Am Grünen Winkel 15/22,
09366 Stollberg/Erzgeb.



Anlage 7: Grundlagen (DTV, angesetzte Geschwindigkeiten, Datenblätter)

Anmerkung: Auszug aus der Untersuchung

CHEMNITZER MODELL – STUFE 5 – AUSBAU STOLLBERG - OELSNITZ

Verkehrstechnische Untersuchung

Auftraggeber:

Verkehrsverbund Mittelsachsen

Juni 2017

Spiekermann GmbH Consulting Engineers
Fritz-Vomfelde-Str. 12, 40547 Düsseldorf
www.spiekermann.de

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Uwe Heistermann
Dipl.-Ing. Ute Stöß

Knotenpunkt / Zufahrt		DTV [Kfz/24]	Lkw-Anteil [%]
KP 1	Auer Straße (Nord)	10.170	4,0
	Zwickauer Straße (Ost)	2.190	3,1
	Auer Straße (Süd)	9.740	3,7
	Zwickauer Straße (West)	870	0,5
KP 2	Auer Straße (Nord)	9.650	3,8
	Auer Straße (Süd)	8.940	4,4
	Zufahrt Kaufland (West)	5.060	0,5
KP 3	Auer Straße (Nord)	9.240	3,8
	Am Birkenwäldchen	430	3,2
	Auer Straße (Süd)	9.380	3,9
KP 4	Auer Straße (Nord)	9.650	3,9
	Albert-Schweitzer-Straße	900	3,5
	Auer Straße (Süd)	9.220	4,0
KP 5	Bürgerpark	620	1,5
	Hohensteiner Straße	11.060	2,8
	Auer Straße (Süd)	9.940	4,1
	Stollberger Straße	11.160	3,4

Tabelle 2: Verkehrsaufkommen in DTV

Das Ergebnis der Leistungsfähigkeitsberechnung, in Form der ermittelten Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für jeden einzelnen Knotenpunkt wird in Tabelle 3 dargestellt.

Aufgrund der nach HBS 2015 grundsätzlich zu betrachtenden Fußgängerverkehre wird an den Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage (LSA) teilweise eine niedrigere QSV erreicht – bedingt durch relativ lange Wartezeiten für den Fußgängerverkehr, auch wenn deren Belastung relativ gering ist. Nachfolgend sind in Tabelle 3 deshalb diese QSV-Werte mit angegeben.

Alle fünf untersuchten Knoten sind ausreichend leistungsfähig.





Hybrid-Stadtbahn Citylink Chemnitz, Deutschland

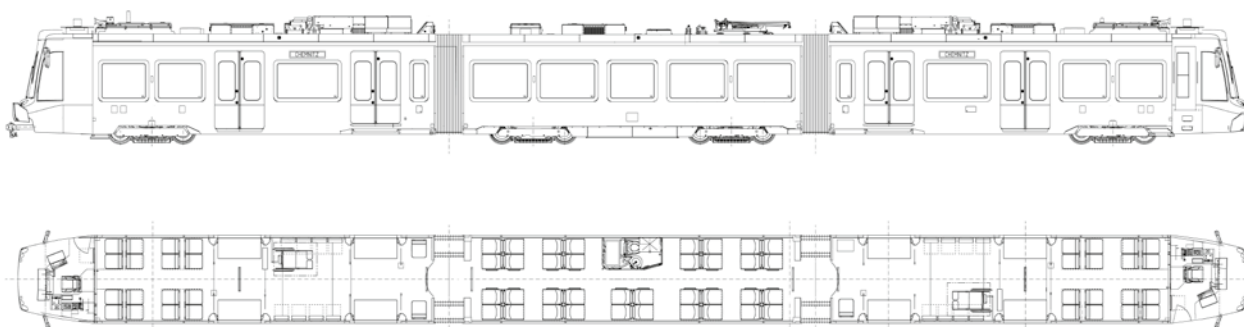
Hybrid-Stadtbahn Citylink

Projektmerkmale

- Zweirichtungsfahrzeug
- Zweisystemfahrzeug im BOStrab und EBO-Betrieb
- 6-Zylinder-Dieselmotor mit AdBlue-Technologie
- Luftfederung für hohen Passagierkomfort
- Unterschiedliche Einstiegshöhen mit ausfahrbaren Schiebetritten für vorhandene Infrastruktur

Vossloh Kiepe und Vossloh Rail Vehicles liefern die neuen Stadtbahnen des Typs Citylink für den Verkehrsverbund Mittelsachsen. Mit der Antriebs-, Bordnetz- und Steuertechnik von Vossloh Kiepe verfügen die Fahrzeuge über zuverlässige und modernste elektrische Technologie. Die Stadtbahnen sind speziell auf die infrastrukturellen Gegebenheiten und die Charakteristik der Stadt Chemnitz und der Region im „Chemnitzer Modell“ zugeschnitten. Sie verbinden umsteigefrei und niederflurig den öffentlichen Personennahverkehr des Oberzentrums und der regionalen Mittelzentren. Die neuen Stadtbahnen

können innerstädtisch als Straßenbahn, aber auch als Regionalbahn auf der vorhandenen Vollbahninfrastruktur im Umland eingesetzt werden. Als Besonderheit verfügen die Fahrzeuge über einen 6-Zylinder-Dieselmotor mit AdBlue-Technologie. Dieser stellt die Mobilität auf den Vollbahnabschnitten des Streckennetzes sicher. Die Fahrzeuge werden mit ihrer Ausstattung den wachsenden Anforderungen an Mobilität und Fahrkomfort gerecht und tragen maßgeblich zur Verbesserung der Verkehrsanbindung und der Lebensqualität bei.



Fahrzeugdaten

Fahrzeuglänge	37,2 m
Fahrzeugbreite	2,65 m
Fahrzeughöhe	3,90 m
Anteil Niederflur	ca. 80 %
Einstiegshöhe	430 – 600 mm
Leergewicht	ca. 68 t
Spurweite	1.435 mm
Türen	4 Doppeltüren je Seite
Sitzplätze	87
Stehplätze	141 + 2 Rollstuhlplätze
Raddurchmesser (neu/verschlissen)	720 / 640 mm
Fahrdrabtspannung	DC 600 / 750 V
Antrieb	4 x 145 kW Drehstrommotoren
Höchstgeschwindigkeit	60 km/h im BOStrab-Betrieb, 100 km/h im EBO-Betrieb
Zulassung	BOStrab / EBO §32
Besonderheiten	Dieselmotor mit AdBlue-Technologie für dieselektrischen Betrieb, Toilette

Änderungen vorbehalten.

Berechnung der Schieneneinsenkung nach Zimmermann
Berechnung der Eigenfrequenz und der Einfügungsdämmung nach Wettschureck / Kurze

Eingabewerte	Quelle / Bemerkung
--------------	--------------------

Fahrzeug:

Achslast 1	Q_1	=	100 kN	(1)
Abstand	a_{12}	=	2000 mm	(2)
Achslast 2	Q_2	=	100 kN	(1)
Abstand	a_{23}	=	0 mm	
Achslast 3	Q_3	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 4	Q_4	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 5	Q_5	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 6	Q_6	=	0 kN	
Geschwindigkeit	v	=	80 km/h	(1)

Schiene: 60E1 (UIC60)

Trägheitsmoment	I_s	=	3,04E+07 mm ⁴	(2)
E-Modul	E_s	=	2,10E+05 N/mm ²	(2)
Widerstandsmoment	W_u	=	3,76E+05 mm ³	(2)
Masse je Meter	m_s	=	60,2 kg	(2)

Zwischenlage: EVA

Statische Steifigkeit	$C_{Zw, stat}$	=	600 kN/mm	(2)
Dynamische Steifigkeit	$C_{Zw, dyn}$	=	1600 kN/mm	(2)
Verlustfaktor	η_{Zw}	=	0,10	(2)

Schwelle: B70

Zeichnung Nr.:

Schwellenmasse	m_{schw}	=	280 kg	(2)
Schwellenabstand	a_{schw}	=	600 mm	(1)

Schotter:

Schotterbetthöhe	d_{Sch}	=	250 mm	(1) bis zur Schwellenunterkante
Lastausbreitungswinkel	α	=	15 °	(2)
stiffness per seat	C_{Sch}	=	151 kN/mm	(2)
Dichte Schotter	ρ_{Sch}	=	1800 kg/m ³	(2)
Verlustfaktor	η_{Sch}	=	0,50	(2)

Unterschottermatte: CN225

Dicke	d_{USM}	=	25 mm	
Stat. Bettungsmodul	$C_{USM, stat}$	=	0,016 N/mm ³	(1) Auswertebereich: 0,01 - 0,042 N/mm ²
Dyn. Bettungsmodul	$C_{USM, dyn}$	=	0,026 N/mm ³	bei 0,042 N/mm ² ; f = 20,1 Hz
Verlustfaktor	η_{USM}	=	0,11	

Untergrund:

Ev2 Modul	$Ev2$	=	100 MN/m ²	(2)
Poissonzahl	μ	=	0,30	(2)
Dichte Untergrund	ρ_U	=	1900 kg/m ³	(2)

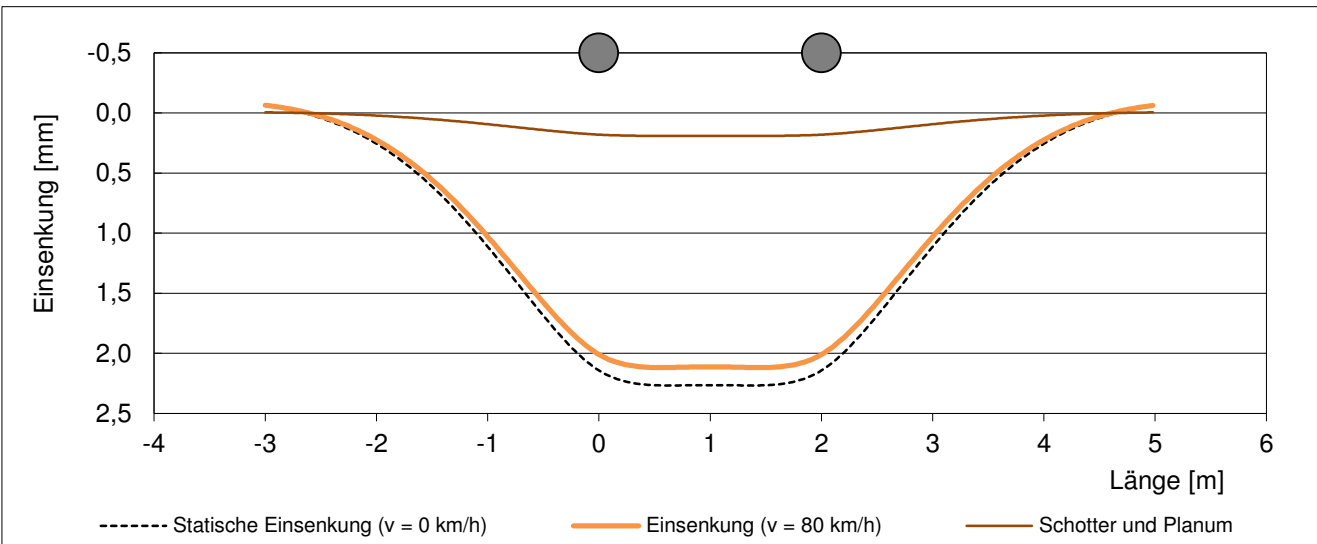
Quellenverzeichnis / Erklärungen:

(1) gemessen auf Normschotterplatte gemäß DIN 45673-5 (08/2010) und DIN 45673-1 (05/2000)
(2) Gemäß Berechnungsparametern per E-Mail erhalten am 27.09.17
(3) Annahmen durch Getzner Werkstoffe GmbH
(4)

Berechnung der Schieneneinsenkung nach Zimmermann

Maximale Schieneneinsenkung

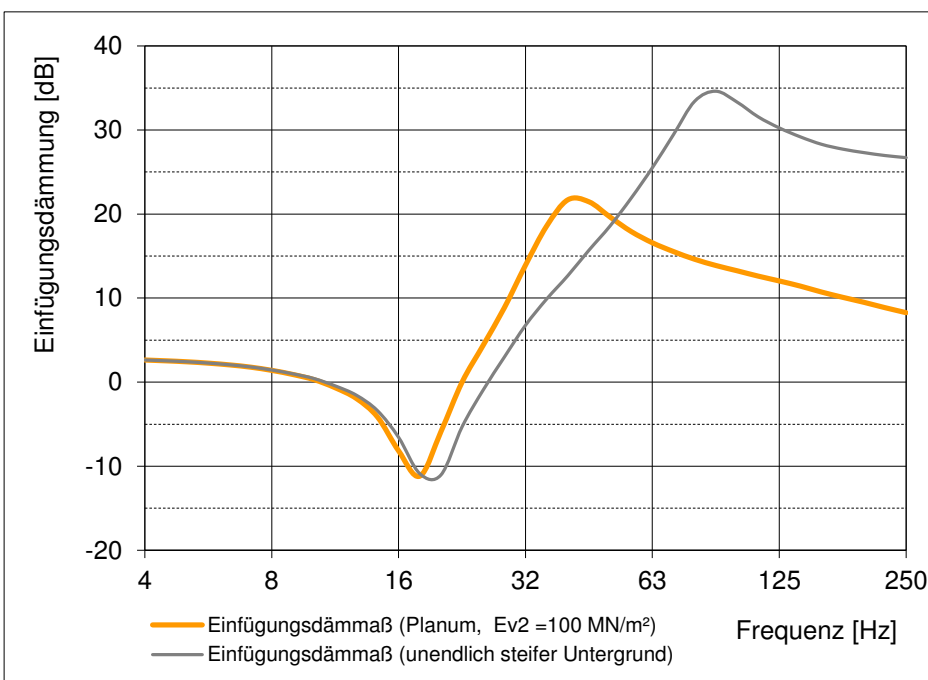
Zug stehend	=	2,3 mm
bei Geschwindigkeit $v = 80 \text{ km/h}$	=	2,1 mm
Max. Einsenkung Schotter und Planum	=	0,2 mm



Berechnung der Eigenfrequenz

Eigenfrequenz	=	20,1 Hz
wirksame mitschwing. Masse	=	721 kg
Anteil mitschw. Masse des Zuges	=	15 % (2)

Berechnung der Einfügungsdämmung nach Wettschureck / Kurze inkl. Verbesserung der Gleislage



f [Hz]	k [dB]	I [%]
8	1,4	14,9
10	0,3	3,4
12,5	-1,9	-25,0
16	-8,2	-156,3
20	-5,9	-97,0
25	4,4	39,7
32	13,9	79,9
40	21,7	91,8
50	19,6	89,6
63	16,6	85,2
80	14,6	81,4
100	13,3	78,3
125	12,0	75,0
160	10,7	70,9
200	9,5	66,5
250	8,3	61,4

Berechnung der Schieneneinsenkung nach Zimmermann

Berechnung der Eigenfrequenz und der Einfügungsdämmung nach Wettschureck / Kurze

Eingabewerte

Quelle / Bemerkung

Fahrzeug:

Achslast 1	Q_1	=	100 kN	(1)
Abstand	a_{12}	=	2000 mm	(2)
Achslast 2	Q_2	=	100 kN	(1)
Abstand	a_{23}	=	0 mm	
Achslast 3	Q_3	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 4	Q_4	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 5	Q_5	=	0 kN	
Abstand	a_{34}	=	0 mm	
Achslast 6	Q_6	=	0 kN	
Geschwindigkeit	v	=	80 km/h	(1)

Schiene: 60E1 (UIC60)

Trägheitsmoment	I_s	=	3,04E+07 mm ⁴	(2)
E-Modul	E_s	=	2,10E+05 N/mm ²	(2)
Widerstandsmoment	W_u	=	3,76E+05 mm ³	(2)
Masse je Meter	m_s	=	60,2 kg	(2)

Zwischenlage: EVA

Statische Steifigkeit	$C_{Zw, stat}$	=	600 kN/mm	(2)
Dynamische Steifigkeit	$C_{Zw, dyn}$	=	1600 kN/mm	(2)
Verlustfaktor	η_{Zw}	=	0,10	(2)

Schwelle: B70

Zeichnung Nr.:

Schwellenmasse	m_{schw}	=	280 kg	(2)
Schwellenabstand	a_{schw}	=	600 mm	(1)

Schotter:

Schotterbetthöhe	d_{Sch}	=	400 mm	(1) bis zur Schwellenunterkante
Lastausbreitungswinkel	α	=	15 °	(2)
stiffness per seat	C_{Sch}	=	109 kN/mm	(2)
Dichte Schotter	ρ_{Sch}	=	1800 kg/m ³	(2)
Verlustfaktor	η_{Sch}	=	0,50	(2)

Unterschottermatte: B123

Dicke	d_{USM}	=	23 mm	
Stat. Bettungsmodul	$C_{USM, stat}$	=	0,013 N/mm ³	(1) Auswertebereich: 0,012 - 0,037 N/mm ²
Dyn. Bettungsmodul	$C_{USM, dyn}$	=	0,034 N/mm ³	bei 0,037 N/mm ² ; f = 21,8 Hz
Verlustfaktor	η_{USM}	=	0,21	

Untergrund:

Ev2 Modul	$Ev2$	=	500 MN/m ²	(2)
Poissonzahl	μ	=	0,30	(2)
Dichte Untergrund	ρ_U	=	2200 kg/m ³	(2)

Quellenverzeichnis / Erklärungen:

(1) gemessen auf Normschotterplatte gemäß DIN 45673-5 (08/2010) und DIN 45673-1 (05/2000)
(2) Gemäß Berechnungsparametern per E-Mail erhalten am 27.09.17
(3) Annahmen durch Getzner Werkstoffe GmbH
(4)

Projekt:

Produkt:

Kommentar:

Strecke Stollberg - Oelsnitz Ausbau Stufe 5

USM B123

10to Achslast, 400mm Schotterbetthöhe, Brücke

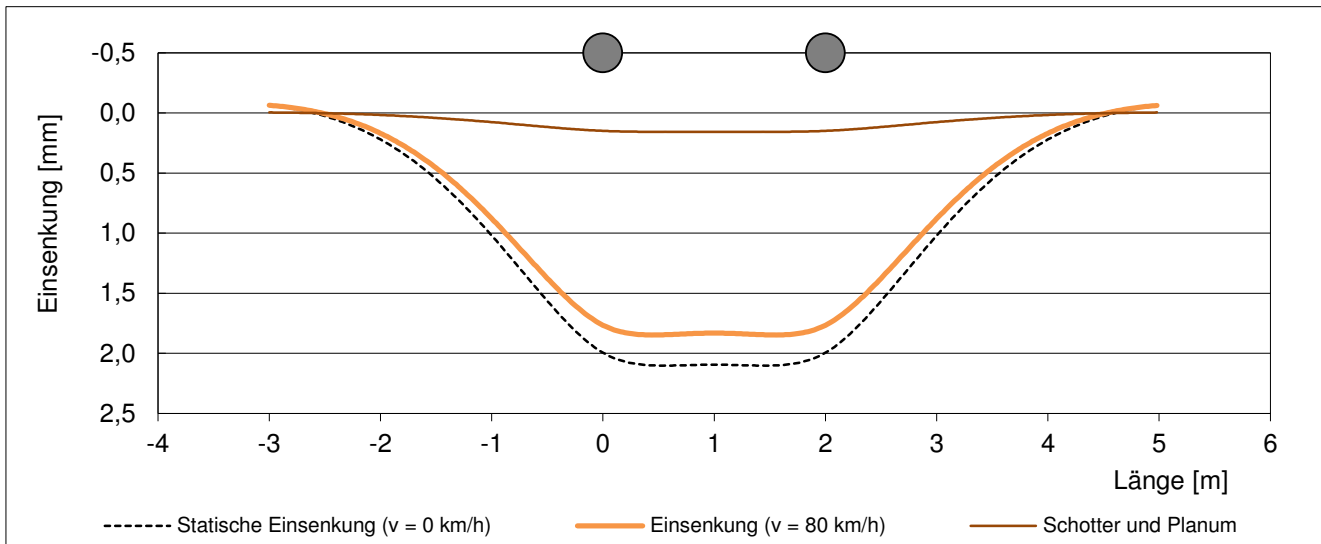
Berechnung der Schieneneinsenkung nach Zimmermann

Maximale Schieneneinsenkung

Zug stehend = 2,1 mm

bei Geschwindigkeit $v = 80 \text{ km/h}$ = 1,8 mm

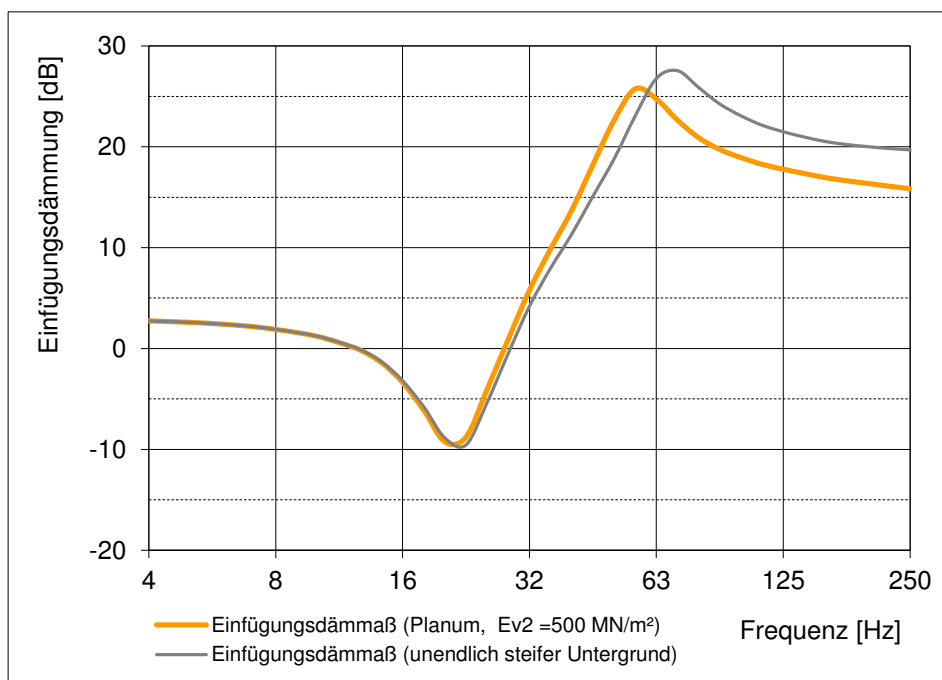
Max. Einsenkung Schotter und Planum = 0,2 mm

**Berechnung der Eigenfrequenz**

Eigenfrequenz = 21,8 Hz

wirksame mitschwing. Masse = 972 kg

Anteil mitschw. Masse des Zuges = 15 % (2)

Berechnung der Einfügungsdämmung nach Wettschureck / Kurze inkl. Verbesserung der Gleislage

f [Hz]	k [dB]	I [%]
8	1,9	19,6
10	1,2	12,8
12,5	-0,2	-1,8
16	-3,4	-47,4
20	-9,3	-190,5
25	-4,0	-58,8
32	5,8	48,7
40	13,7	79,4
50	22,6	92,6
63	24,7	94,2
80	20,9	91,0
100	18,9	88,7
125	17,8	87,1
160	16,9	85,8
200	16,4	84,8
250	15,8	83,9

Anlage 8: Untersuchungsbericht Geotomographie GmbH

Untersuchungsbericht

Projekt

Downhole Tests zur Bestimmung von S-Wellengeschwindigkeit und Dämpfungsverhältnis in Stollberg/Erzgebirge, Auer Straße

Auftraggeber

Geotechnisches Ingenieurbüro
Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH
Stöhrerstraße 14
04347 Leipzig

Ausfertigung: 1/1

Seitenanzahl: 12 (ohne Anlagen)

Bestelldatum: 05.06.2019

Datum: 15.11.2019

Für den Bericht




Geotomographie GmbH
Neuwied, Germany

Dr. Thomas Fechner
(Geschäftsführer)



Dr. Lutz Karl
(Projektmanager)

Inhaltsverzeichnis

1.	Erkundungsumfang.....	4
2.	Downhole-Test	4
2.1	Allgemeines.....	4
2.2	Messorte	5
2.3	Messdurchführung.....	6
2.4	Ermittlung der S-Wellengeschwindigkeit.....	7
2.5	Berechnung des Dämpfungsverhältnisses	8
2.5.1	Allgemeines.....	8
2.5.2	Fensterung der Seismischen Signale.....	8
2.5.3	Dispersionsmethode	9
2.5.4	Amplitudenmethode.....	10
2.6	Ergebnisse der Dämpfungsbestimmung.....	10
3.	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	11
4.	Literaturliste	11



Anlagenverzeichnis

Anlage A1-7:	Seismische Signale
Anlage B:	Übersicht Scherwellengeschwindigkeiten
Anlage C1-C2:	Beispiele für Dämpfungsauswertung
Anlage D:	Übersichtstabelle Dämpfungsergebnisse



1. Erkundungsumfang

In Vorbereitung der Ausschreibungsplanung zur Anlage einer neuen Straßenbahntrasse in der Auer Straße in Stollberg/Erzgeb. wurden auf zwei Grundstücken vertikalseismische Messungen (Downhole-Tests) durchgeführt. Insgesamt 7 Bohrungen standen zur Verfügung, an denen am 15. Oktober 2019 die Messungen durchgeführt wurden.

2. Downhole-Test

2.1 Allgemeines

Die vertikalseismische Profilierung (VSP), auch Downhole-Test genannt, ist ein seismisches Messverfahren, bei dem Schallwellen an der Erdoberfläche angeregt und mittels Bohrlochaufnehmern in einer Bohrung in verschiedenen Tiefen registriert werden. Der Schallanregungspunkt befindet sich dabei üblicherweise in unmittelbarer Nähe zur Bohrung (Abb. 1).

Bei der VSP Messung können sowohl P-Wellen als auch Scherwellen (S-Wellen) angeregt und ausgewertet werden. Für jede Signalposition werden die Erstankunftszeiten (Laufzeiten) der verschiedenen seismischen Wellentypen an den Signalaufnehmern festgestellt.

Über Korrelationsmodelle oder Bohrkerninformationen lassen sich dann Rückschlüsse über den lithologischen Aufbau des Untergrundes ableiten.

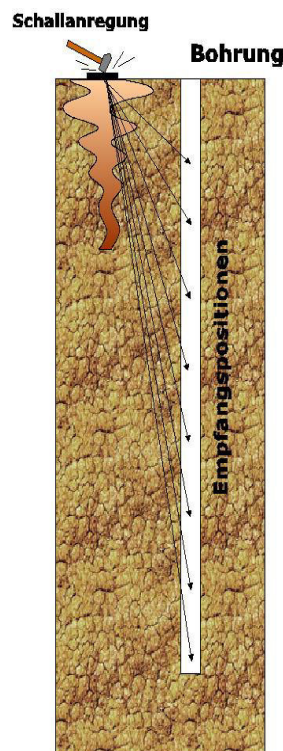


Abb.1: Prinzip der VSP Messung.

2.2 Messorte

Drei der benutzten Bohrungen befinden sich unmittelbar am Zaun der Celebrate Records GmbH auf der Seite zur Auer Straße hin. Die übrigen vier Bohrungen befinden sich auf dem Grundstück der PTF Pfüller GmbH & Co. KG, zwei in Richtung Auer Straße, zwei auf der Seite zur Albert-Schweitzer-Straße. Die Lage der Bohrungen kann den Abbildungen 2 und 3 entnommen werden.



Abb. 2: Lageplan Celebrate Records GmbH.

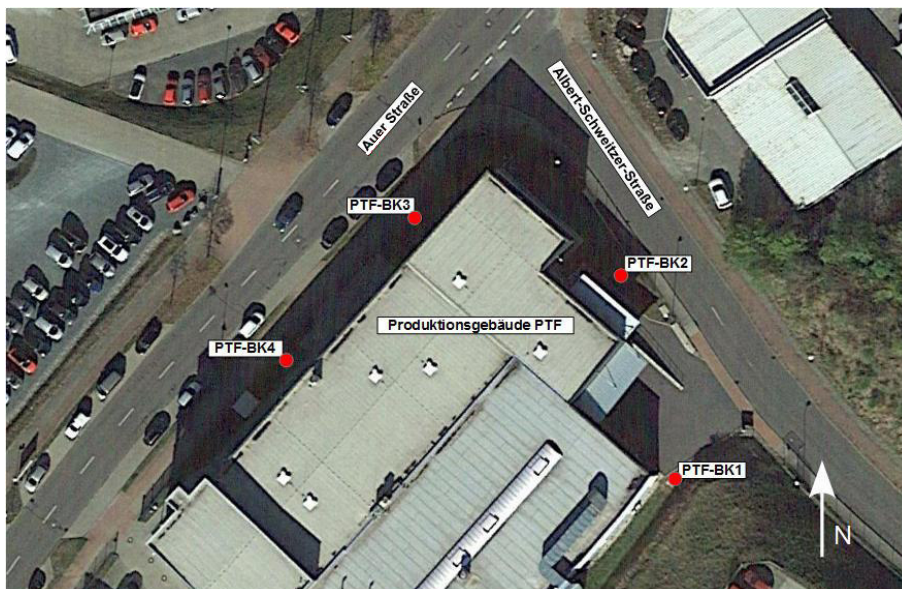


Abb. 3: Lageplan PTF Pfüller GmbH & Co. KG.

Die Bohrungen sind mit CR-BK1 bis 3 und PTF-BK1 bis 4 gekennzeichnet. Der Ausbau erfolgte mit einem Kunststoffrohr. Die größte erreichbare Meßtiefe variierte zwischen 6 und 7 m.

Der Untergrund besteht mit Ausnahme einer dünnen Deckschicht aus kompaktem, schiefrigem Felsen. Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.3 Messdurchführung

Im konkreten Fall erfolgte die Anregung mit einem Scherwellenvibrator vom Typ ELVIS VII (Abb. 4). Dieser erzeugt sinusförmige, horizontale Schwingungen über einen Zeitraum von 10 Sekunden, wobei die Frequenz der Anregung linear von 30 Hz auf 240 Hz über den Meßzeitraum ansteigt (Sweep-Anregung). Die Frequenzgrenzen wurden zu Meßbeginn mit Blick auf optimale Signalamplituden durch eine Anzahl von Testanregungen festgelegt.

Die Signalaufnahme erfolgte mittels eines digitalen Bohrlochgeophones vom Typ BGK1000 (Abb. 5), welches durch einen mechanischen Arm an die Bohrlochwand an jedem Tiefenpunkt der Messung angekoppelt wurde. Das Bohrlochgeophon verfügt über drei Geophonelemente mit einer Eigenfrequenz von 15 Hz, deren Achsen Winkel von 90° zueinander bilden, so daß eine tri-axiale Anordnung entsteht. Die Ausrichtung der Horizontalkomponenten gegen Nord wurde mit Hilfe eines eingebauten magnetischen Kompasses ermittelt.

Die Anregung durch einen Vibrator erfordert, daß die aufgenommen Signale mit der Anregungsfunktion (Sweep) kreuzkorreliert werden müssen, um ein mit einer Impulsanregung, z.B. Hammerschlag, vergleichbares Signal zu erhalten. Diese Korrelation wird unmittelbar während der Messung im Bohrlochgeophon selbst durchgeführt.

Der vertikale Meßpunktabstand im Bohrloch betrug ein Meter. An jedem Meßpunkt wurden drei Anregungen durchgeführt, danach wurde die Anregungsrichtung um 180° gedreht und weitere drei Anregungen durchgeführt. Der Polarisationswechsel der Anregung dient dazu, mögliche P-Wellenkomponenten in der Signalausbreitung zu identifizieren und von der Scherwellenauswertung (S-Wellenauswertung) auszuschließen. Im vorliegenden Fall war jedoch kein P-Wellenanteil erkennbar, so daß alle sechs Wiederholungen der Anregung zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses gestapelt werden konnten.



Abb. 4: Vibrator Elvis VII am Standort von Celebrate Records GmbH.



Abb. 5: Bohrlochgeophon BGK1000.

Der horizontale Abstand des Vibrators von den Bohrungen (Offset) betrug 0,8 bis 1,2 m. Der genaue Abstand kann der Geschwindigkeitstabelle, Tabelle 1, entnommen werden.

2.4 Ermittlung der S-Wellengeschwindigkeit

Die erste Horizontalkomponente wurde zunächst mit der Tiefe dargestellt (Anlage A). Die unmittelbare Identifikation des Ersteinsatzes war wegen der geringen Bohrlochtiefe und der hohen seismischen Geschwindigkeiten nicht möglich. Deshalb wurde eine deutliche Phase innerhalb des S-Wellen-Wavelets ausgewählt und dessen zeitliches Maximum bestimmt. Die Laufzeiten des Phasenmaximums wurden entsprechend des Offsets der seismischen Quelle auf die wirkliche Tiefe korrigiert. Zur Korrektur wurden ein horizontal geschichteter Untergrund und eine Wellenausbreitung entlang gerader Strahlen unterstellt. Diese Annahmen sind bei kleinen Offsets gerechtfertigt.

Wegen der geringen Bohrlochtiefe wurde ab einer Tiefe von 2 bis 3 m bis zum Ende der Bohrung eine lineare Regression aller korrigierten Laufzeitdaten durchgeführt. Eine weitere Unterteilung in Geschwindigkeitsbereiche war nicht möglich. Aus dem Anstieg der Geraden lässt sich die gemittelte Geschwindigkeit für das Bohrloch ableiten.

Tabelle 1 enthält die S-Wellengeschwindigkeiten, Anlage B zeigt die Regressionseraden in Verbindung mit den identifizierten Laufzeiten. Die Qualität der Anpassung der Regressionsgeraden an die Laufzeiten ist als gut zu bewerten. Dies wird durch ein Bestimmtheitsmaß R^2 nahe 1 bestätigt.

	CR-BK1	CR-BK2	CR-BK3	PTF-BK1	PTF-BK2	PTF-BK3	PTF-BK4
Vs in m/s	773	783	951	1119	1064	924	921
Vibrator-Offset in m	1.0	1.0	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2

Tab. 1: Ermittelte Scherwellengeschwindigkeiten.

Die S-Wellengeschwindigkeiten liegen im Bereich zwischen 773 und 1119 m/s, wobei die höheren Geschwindigkeiten am Standort der PTF Pfüller GmbH & Co. KG festgestellt wurden. An diesem Standort wiederum zeigen die Bohrlöcher an der Albert-Schweitzer-Straße, die hangaufwärts verläuft, die höchsten Geschwindigkeiten. Das Geschwindigkeitsniveau entspricht dem für oberflächennahen, leicht verwitterten Fels.

Bei bekannter Dichte ρ kann der dynamische Schubmodul G_0 unmittelbar aus der Scherwellengeschwindigkeit V_s berechnet werden:

$$G_0 = V_s^2 \cdot \rho. \quad [1]$$

2.5 Berechnung des Dämpfungsverhältnisses

2.5.1 Allgemeines

Das Dämpfungsverhältnis kennzeichnet die Eigenschaft von Boden und Fels die dynamische Energie, die mit der Übertragung seismischer Wellen verbunden ist, in Wärme und plastische Verformung umzusetzen. Diese Umsetzung führt zu einer Verringerung der Amplituden der seismischen Wellen. Eine Schwierigkeit der Bestimmung des Dämpfungsverhältnisses liegt darin, daß die materialbedingte Amplitudenabnahme entlang des Wellenpfades durch den Effekt der geometrischen Dämpfung überlagert wird, welcher ebenfalls zu einer Verringerung der Amplituden führt. Die geometrische Dämpfung beruht auf der sich bei Raumwellen mit dem Abstand zur Quelle quadratisch vergrößernden Oberfläche der Wellenfront. Der Anteil der durch die geometrische Dämpfung verursachten Amplitudenabnahme überwiegt den der Materialdämpfung in der Regel bei weitem.

Zur Trennung der beiden Dämpfungsformen wird bei Feldversuchen meist von der Eigenschaft Gebrauch gemacht, daß die geometrische Dämpfung die Amplituden seismischer Wellen unabhängig von ihrer Frequenz beeinflusst, währenddessen die Materialdämpfung, wenn sie als Reibungsdämpfung verstanden wird, die Amplituden frequenzabhängig verringert und außerdem zu einer geringfügigen Streuung (Dispersion) der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle führt.

Sowohl der Ansatz der Nutzung einer frequenzabhängigen Amplitudenabnahme als auch der Dispersionsansatz wurde auf die Daten aus den Downhole-Tests in Stollberg/Erzgeb. angewendet und werden anschließend näher beschrieben.

2.5.2 Fensterung der seismischen Signale

Unabhängig von der Art der verwendeten Bestimmungsmethode wird davon ausgegangen, daß die aufgezeichneten seismischen Signale nur die zu untersuchende Wellenart, hier die S-Welle, und nur das auf dem kürzesten Weg ankommende Wavelet enthält. In diesem Fall kann der gesamte Signalverlauf zur weiteren Verarbeitung herangezogen werden. Erkennbar ist dies an einer Wellenform die sich in Phasenlage, Frequenz und Amplitude über den gesamten untersuchten Bereich nur gleichförmig, aber nicht sprunghaft ändert.

Im Fall der Meßdaten in Stollberg/Erzgeb. sind keine direkten P-Wellen erkennbar. Die Signale wirken jedoch oft unstet und zeigen sprunghafte Veränderungen mit der Tiefe. Ursache hierfür können Reflexionen an der Felsoberkante, an Schichtgrenzen, an Klüften und auch der Oberfläche sein, die zu Wellenpaketen führen, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung wie das direkte S-Wellen Wavelet ausbreiten und sich mit diesem überlagern.

In diesem Fall ist es erforderlich, das S-Wellen Wavelet, durch eine Fensterfunktion aus dem übrigen Signal zu extrahieren. Versuche von Stewart (1992) und auch eigene Untersuchungen haben gezeigt, daß eine kurze Fensterlänge von ein bis zwei Hauptzyklen des Signals zu den besten Ergebnissen führt. Für die Downhole-Tests in Stollberg/Erzgeb. wurde eine Fensterlänge von einem Zyklus festgelegt und die Fenstergrenzen auf Nulldurchgänge des Ausgangssignals gelegt. Die Beispiele der Anlage C zeigen die Fensterung jeweils in den Abbildungen A und B auf der linken Seite.

Die Art der Fensterung hat allerdings großen, oft ungünstigen Einfluß auf die Frequenzbereichsdarstellung des gefensterten Signals.

2.5.3 Dispersionsmethode

Der Zusammenhang zwischen Dämpfungsverhältnis D_S und Geschwindigkeit V_S wird in Aki & Richards (1980) wie folgt beschrieben:

$$V_S(\omega) = \frac{V_S(\omega_{ref})}{1 + \frac{2D_S}{\pi} \ln \frac{\omega_{ref}}{\omega}} \quad [2]$$

dabei ist die Frequenz als $\omega = 2\pi/T$ gekennzeichnet. $V_S(\omega_{ref})$ bezeichnet die Scherwellengeschwindigkeit an einer Referenzfrequenz ω_{ref} , T die Schwingungsdauer.

Eine allgemeinere Form, die eine Variabilität des Dämpfungsverhältnisses mit der Frequenz erlaubt $D_S(\omega)$ wird durch Meza-Fajardo & Lai (2007) und später Lai & Özcebe (2015) gegeben:

$$D_S(\omega) = \frac{\frac{2\omega V_S(\omega)}{\pi} \int_{x=0}^{\infty} \left[\frac{1}{V_S(x)} \right] \frac{dx}{x^2 - \omega^2}}{\left\{ \frac{2\omega V_S(\omega)}{\pi} \int_{x=0}^{\infty} \left[\frac{1}{V_S(x)} \right] \frac{dx}{x^2 - \omega^2} \right\}^2 - 1} \quad [3]$$

Unter der Annahme eines konstanten Dämpfungsverhältnisses approximiert diese Gleichung jene von Aki & Richards (1980).

Zur experimentellen Ermittlung der Frequenz-Geschwindigkeitsfunktion (Dispersionskurve) bietet sich zunächst an, die beim Downhole-Test in gleichmäßigen Tiefenabständen gewonnenen Signale einer kombinierten Slant-Stack-Fourier-Transformation zu unterziehen und damit das gesamte Wellenfeld in ein Phasengeschwindigkeits-Frequenzspektrum zu überführen. Alternativ kann auch eine 2-dimensionale Fourier-Transformation verwendet werden, um ein Frequenz-Wellenzahl-Spektrum zu erzeugen.

Durch Extraktion der Maxima aus beiden 2D-Spektren ist dann eine Bestimmung der Dispersionskurve möglich. Zur Anwendung dieser Methoden ist jedoch eine Auslagenlänge, d.h. in diesem Fall eine Bohrlochtiefe, erforderlich, die nicht kleiner als etwa eine Wellenlänge sein darf. Obwohl diese Grenze insbesondere bei Nutzung der Slant-Stack-Fourier-Transformation weich ist, hat sich wegen der hohen Scherwellengeschwindigkeiten von über 775 m/s in allen Bohrlöchern gezeigt, daß die Meßtiefen für dieses Verfahren nicht ausreichen.

Die Hauptenergie der erzeugten Wellen liegt bei etwa 80 bis 100 Hz, was schon bei den Bohrlöchern mit den geringsten Geschwindigkeiten zu Wellenlängen von etwa 7 bis 10 m führt. Die Auslagen zwischen zwei und maximal 7 m Tiefe waren jedoch nur maximal 5 m lang.

Als alternative Methode zur Bestimmung der Dispersionskurve kann auf Basis des Kreuzleistungsspektrums aus jeweils zwei Signalen verschiedener Tiefe der frequenzabhängige Phasenunterschied $\varphi(\omega)$ zwischen den beiden Signalen ermittelt werden. Der Phasenunterschied steht über den Laufwegunterschied ΔL in direkter Beziehung zur Scherwellengeschwindigkeit:

$$V_S(\omega) = \frac{\omega \Delta L}{\varphi(\omega)} \quad [4]$$

Beispiele für Dispersionskurven, die mittels Kreuzleistungsspektrum berechnet wurden sind in den Abbildungen E der Beispiele in Anlage C zu finden. Die Bestimmung des Dämpfungsverhältnisses erfolgte dann durch Anpassung der Funktion von Aki & Richards (1980), Gleichung 2, mittels eines dreidimensionalen Optimierungsprozesses der D_S , $V_S(\omega_{ref})$ und ω_{ref} als Freiheitsgrade benutzt. Dabei wird nur der Frequenzabschnitt der Dispersionskurve berücksichtigt, der mit einer Bandbreite von +/- 10 Hz um die Frequenz mit der höchsten spektralen Energie liegt.

Wegen der großen Ähnlichkeit der Ergebnisse wird auf die Auswertung der Gleichung von Meza-Fajardo & Lai (2007), Gleichung 3, verzichtet.

2.5.4 Amplitudenmethode

Unter den Amplitudenmethoden wird die Methode des spektralen Amplitudenverhältnisses verwendet, wie sie in Stewart (1992) für SCPT-Versuche empfohlen wird. Bei dieser wird das Verhältnis der Spektralampplituden von zwei Signalen verschiedener Tiefe gebildet und bezüglich der Amplitudenachse logarithmisch dargestellt. Das Dämpfungsverhältnis läßt sich aus dem Anstieg der logarithmischen Verhältnisfunktion nach folgender Gleichung ermitteln:

$$D_S = V_S \frac{z}{\Delta L} = V_S \frac{d(\ln \frac{A_1}{A_2})}{d\omega \Delta L}. \quad [5]$$

Als neue Größen werden hier die Beträge der Amplituden der beiden beteiligten Signale A_1 , A_2 und der Anstieg z eingeführt.

Der Anstieg wird durch lineare Regression ermittelt; der Frequenzbereich wird wie bei der Dispersionsmethode auf ein Frequenzband von +/- 10 Hz um das spektrale Maximum festgelegt.

Die Beispiele der Anlage C zeigen in den Abbildungen C jeweils die beiden verglichenen Amplitudenspektren. In den Abbildungen D ist das logarithmische Verhältnis der Beispielspektren angegeben, wobei der Bereich, in der der Anstieg bestimmt wurde, rot markiert ist.

2.6 Ergebnisse der Dämpfungsbestimmung

Die verbliebenen beiden Methoden beruhen auf dem Vergleich zweier seismischer Signale aus unterschiedlichen Tiefen. Unter der Annahme homogener Bodeneigenschaften liefern Tiefenpaare mit großen Abständen i.d.R. verlässlichere Dämpfungsergebnisse als Paare mit kürzeren Abständen. Deshalb wurden zunächst Paare mit möglichst großen Abständen ausgewertet. Von der Verwendung zumindest des oberflächennächsten Meßpunktes bei 1 m Tiefe muß abgesehen werden, weil für die Art der Auswertung eine approximiert ebene Wellenfront erforderlich ist, die sich erst mit zunehmendem Abstand zur Quelle aus einer kugelförmigen Front entwickelt (Near-Field-Effekt). Im weiteren Verlauf der Auswertung wurden auch eine Anzahl der Paarkombinationen mit geringeren Abständen untersucht. Die Anlage D gibt die Ergebnisse in tabellarischer Form wieder.

Leider zeigten sich bereits bei den Paaren mit den größten Abständen (zwischen 2 und 7 m Tiefe) bei allen Bohrungen zum Großteil unrealistisch hohe, z.T. aber auch unrealistisch tiefe Dämpfungswerte, die weit außerhalb des erwarteten Bereichs für Dämpfung im Fels liegen. Dieser wird mit etwa 3 bis 5 % unter anderem von Studer & Koller (1997) angegeben.

Auch die Abweichung zwischen den beiden Verfahren ist unbefriedigend hoch, wie auch die Beispiele in Anlage C zeigen. Sie können mehrere 100 % betragen. Der Übergang zu kürzeren Paarabständen brachte, wie vermutet auch keine Verbesserung des Ergebnisses und ebenso große Unterschiede in den Dämpfungswerten im Vergleich zu den Messungen mit großen Paarabständen.

Zudem zeigte sich, daß die Dämpfungsergebnisse stark von der Größe des Frequenzabschnitts um das spektrale Maximum abhängig sind, der für die Kurvenanpassung bei beiden Methoden verwendet wird, was so nicht zu erwarten war und die Wahl des Frequenzbereichs eine zusätzliche Variabilität in die Dämpfungsergebnisse einbringt.

Angesichts der großen Streuung und der Lage der Ergebniswerte weit außerhalb des Erwartungsbereichs muß der Downhole-Test in Bezug auf die Dämpfung als nicht erfolgreich gewertet werden. Es wird empfohlen auf Werte aus der Literatur zurückzugreifen.

3. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Im vorliegenden Bericht werden die Messungen und Ergebnisse der Downhole-Versuche an zwei Grundstücken an der Auer Straße in Stollberg/Erzgeb. dargestellt. Die Messungen wurden mit einem Scherwellenvibrator vom Typ ELVIS VII und einem digitalen Bohrlochgeophon vom Typ BGK1000 am 15.10.2019 durchgeführt.

Die Bestimmung der Scherwellengeschwindigkeit ergab Werte von etwa 775 bis 1100 m/s. Die Bestimmung des Dämpfungsverhältnisses war nicht erfolgreich.

4. Literaturliste

Aki, K. & Richards, P.G., 1980. Quantitative Seismology, 2nd edn, University Science Books, California.

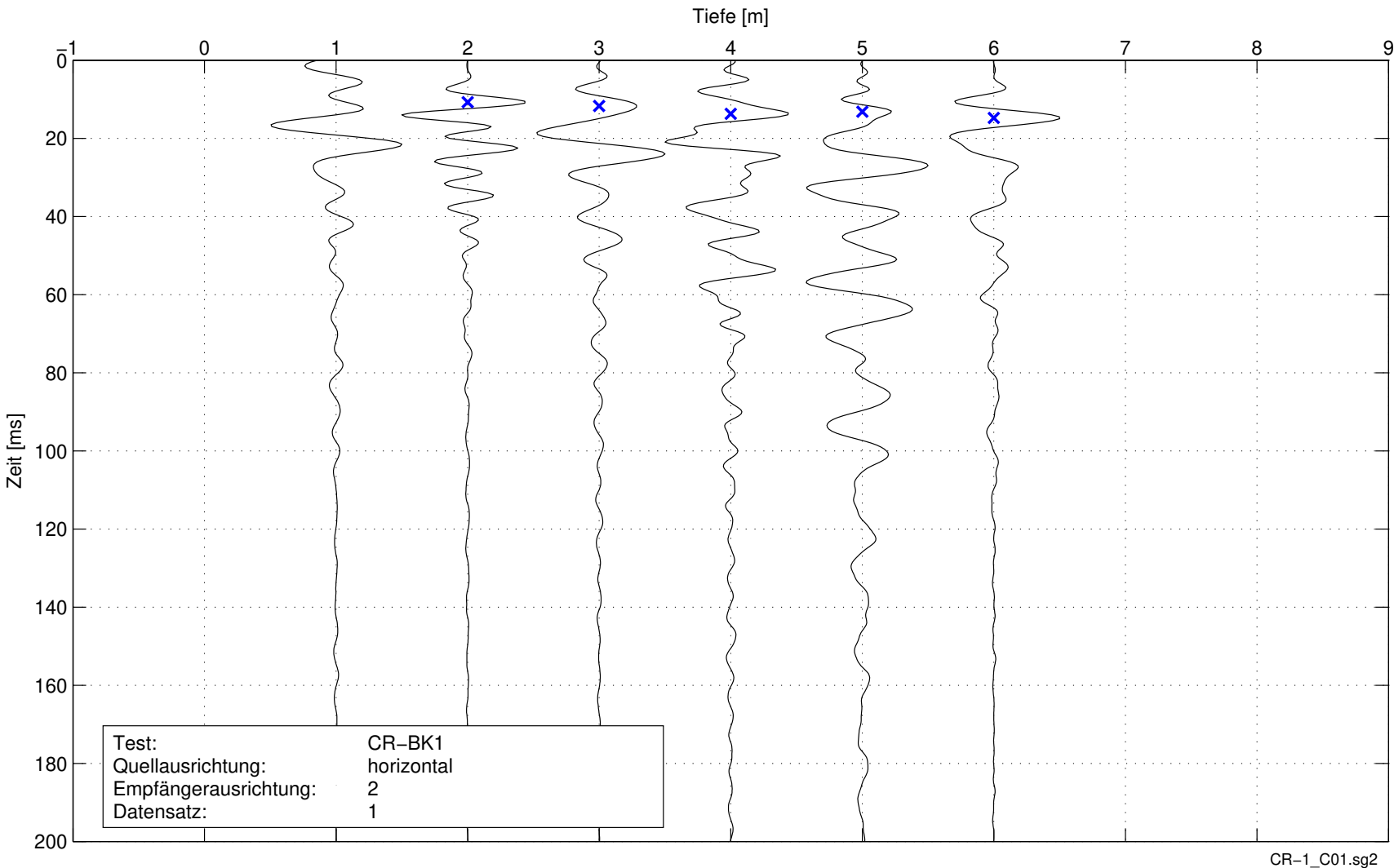
Lai, C.G., Özcebe, A.G., 2015. Non-conventional methods for measuring low-strain dynamic properties of geomaterials. Proceedings of the 6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 1-4 November 2015, Christchurch, New Zealand.

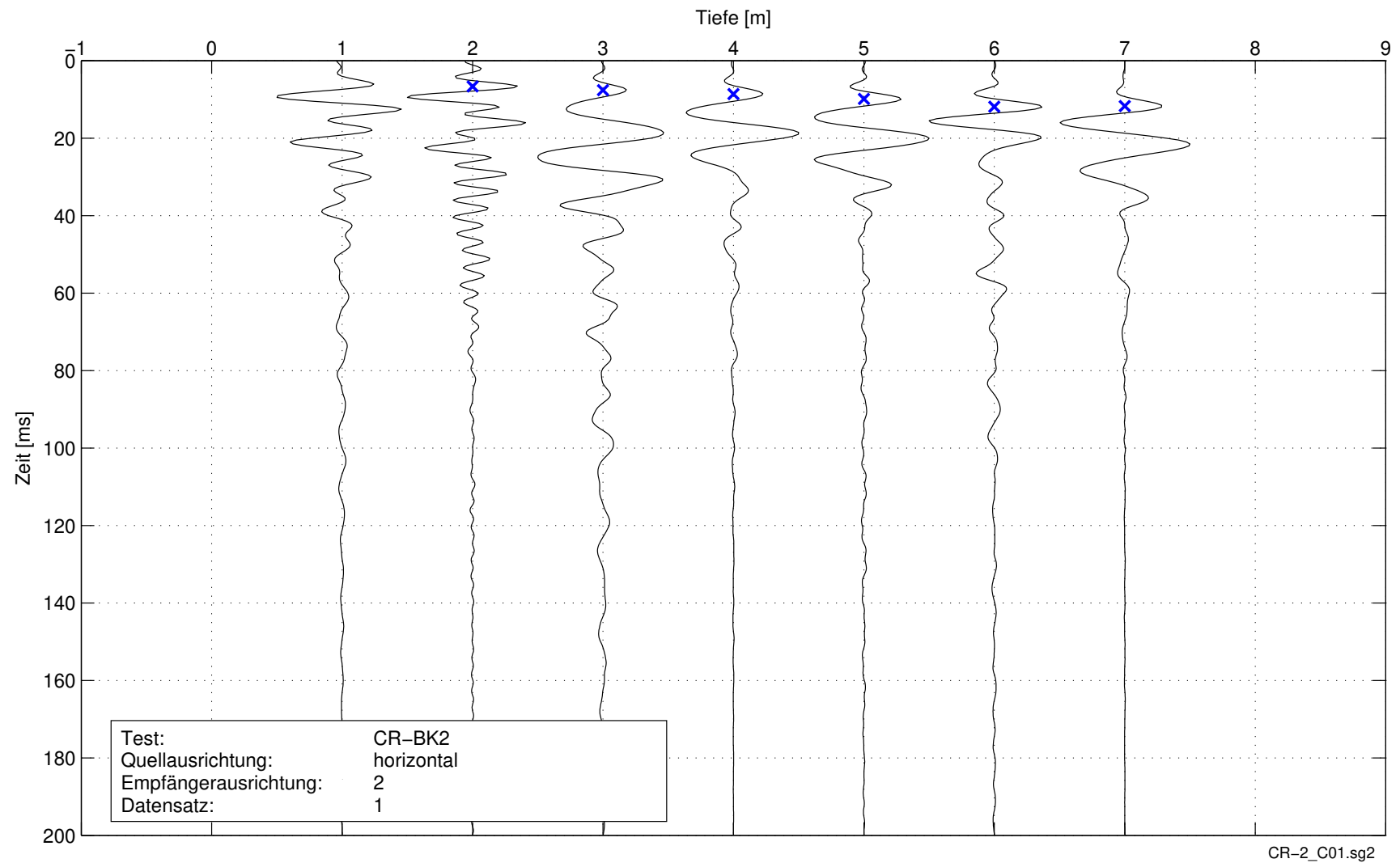
Meza-Fajardo, K.C., Lai, C.G., 2007. Explicit causal relations between material-damping ratio and phase velocity from exact solutions of the dispersion equations of linear viscoelasticity. Geophys. J. Int.; 171: 1247-1257.

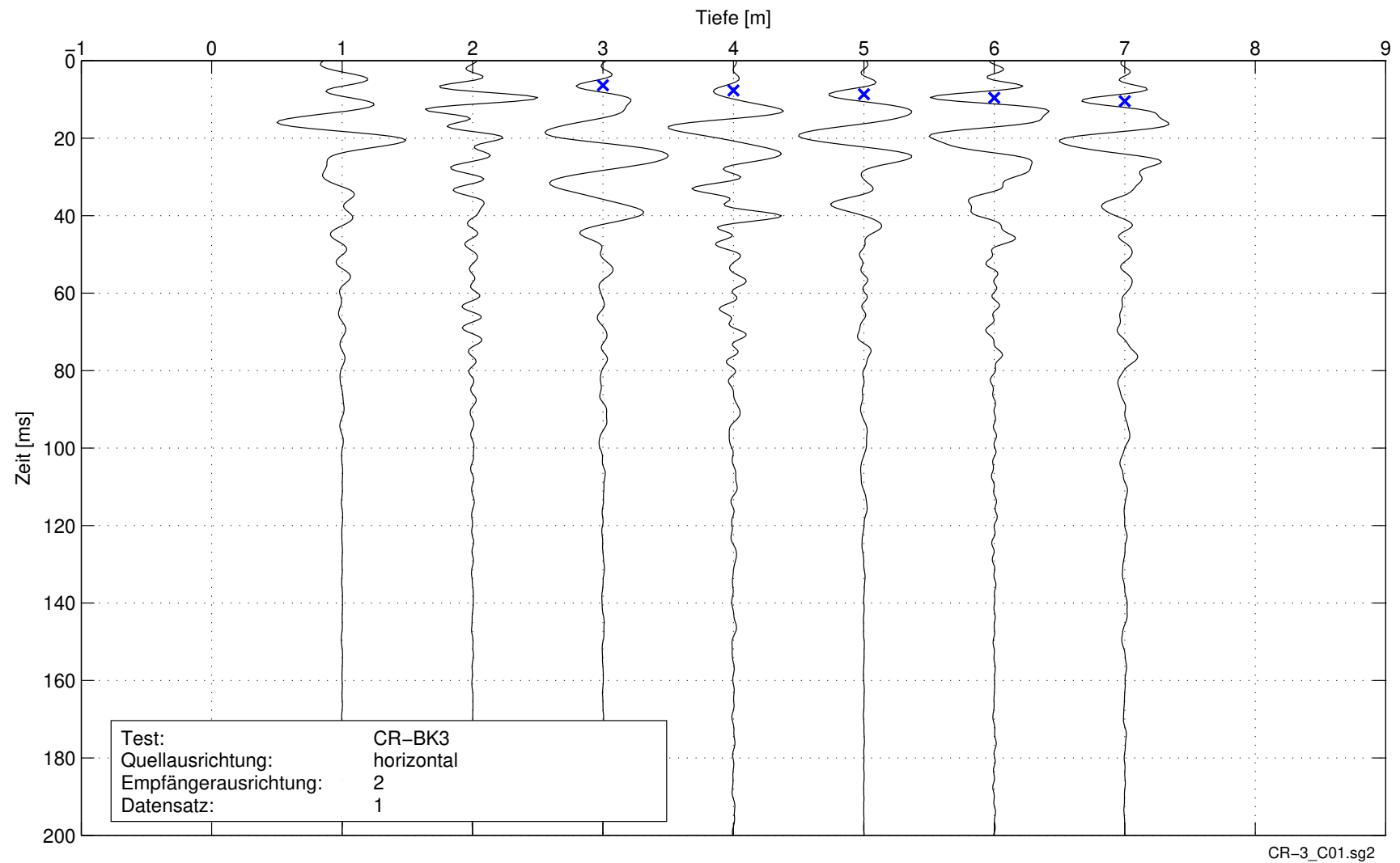


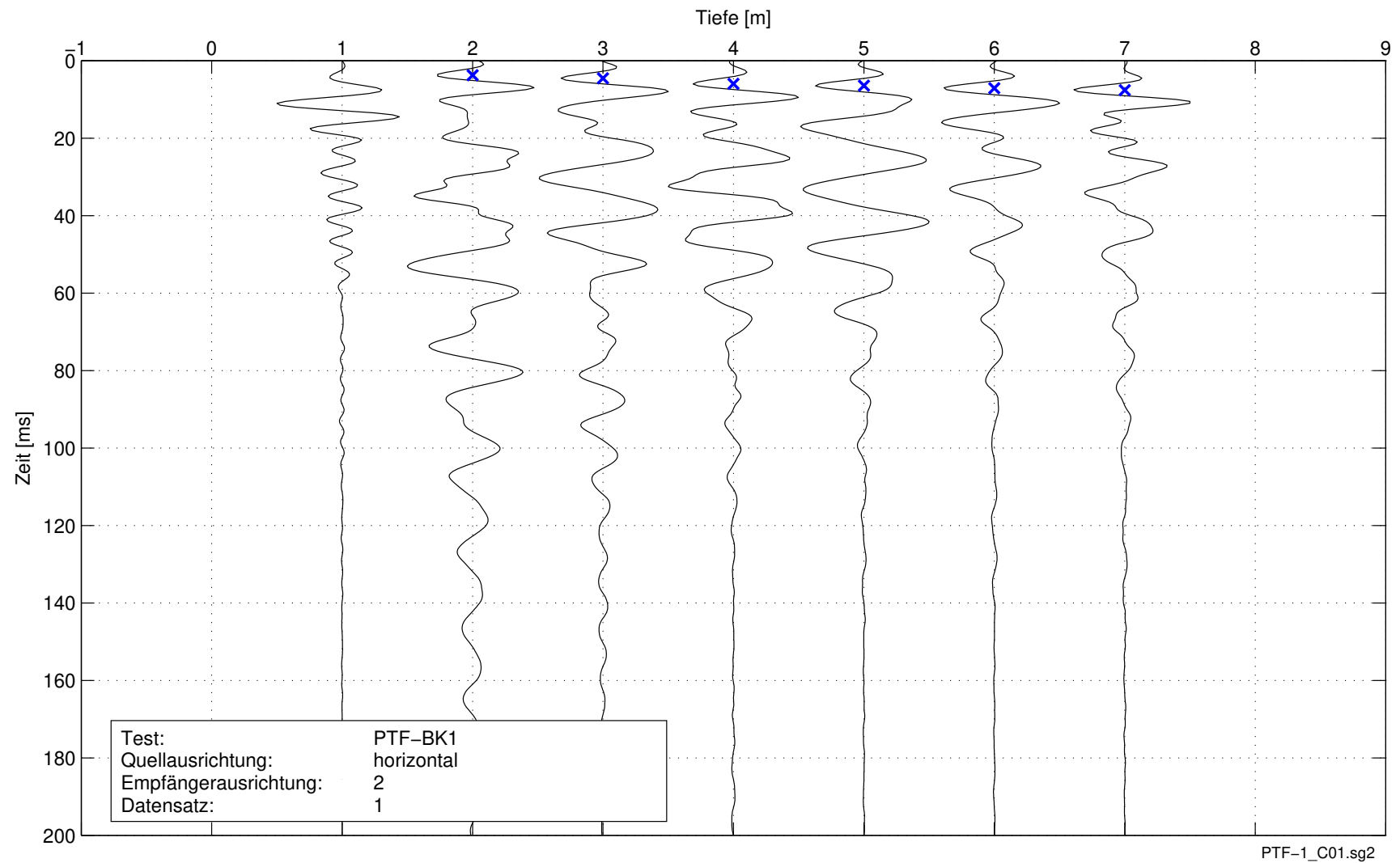
- Stewart, W.P., 1992. Insitu measurements of dynamic soil properties with emphasis on damping. Ph.D. thesis, University of British Columbia, Department of Civil Engineering, Vancouver.
- Studer, J.A., Koller, M.G., 1997. Bodendynamik; Grundlagen, Kennziffern, Probleme. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin.

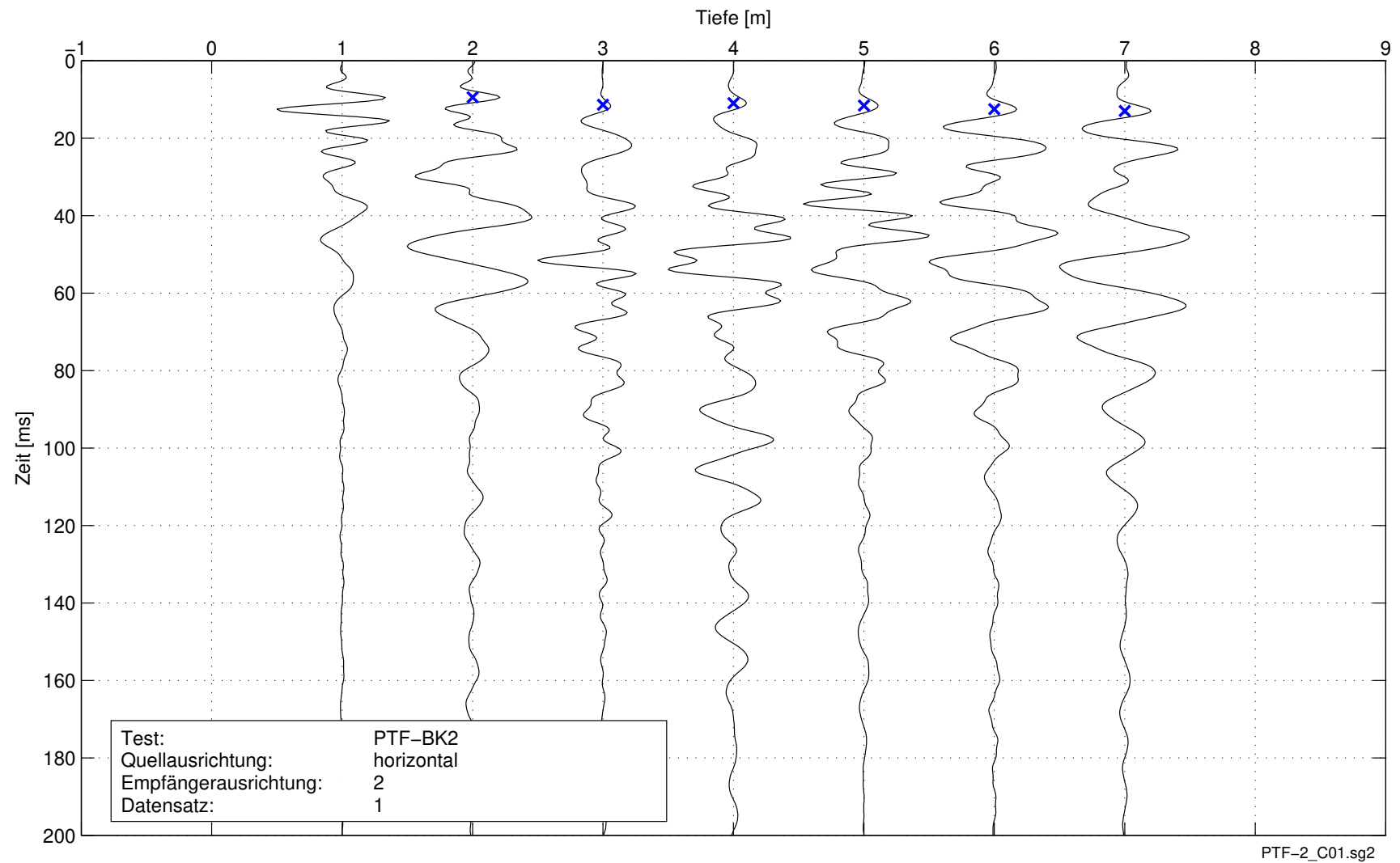


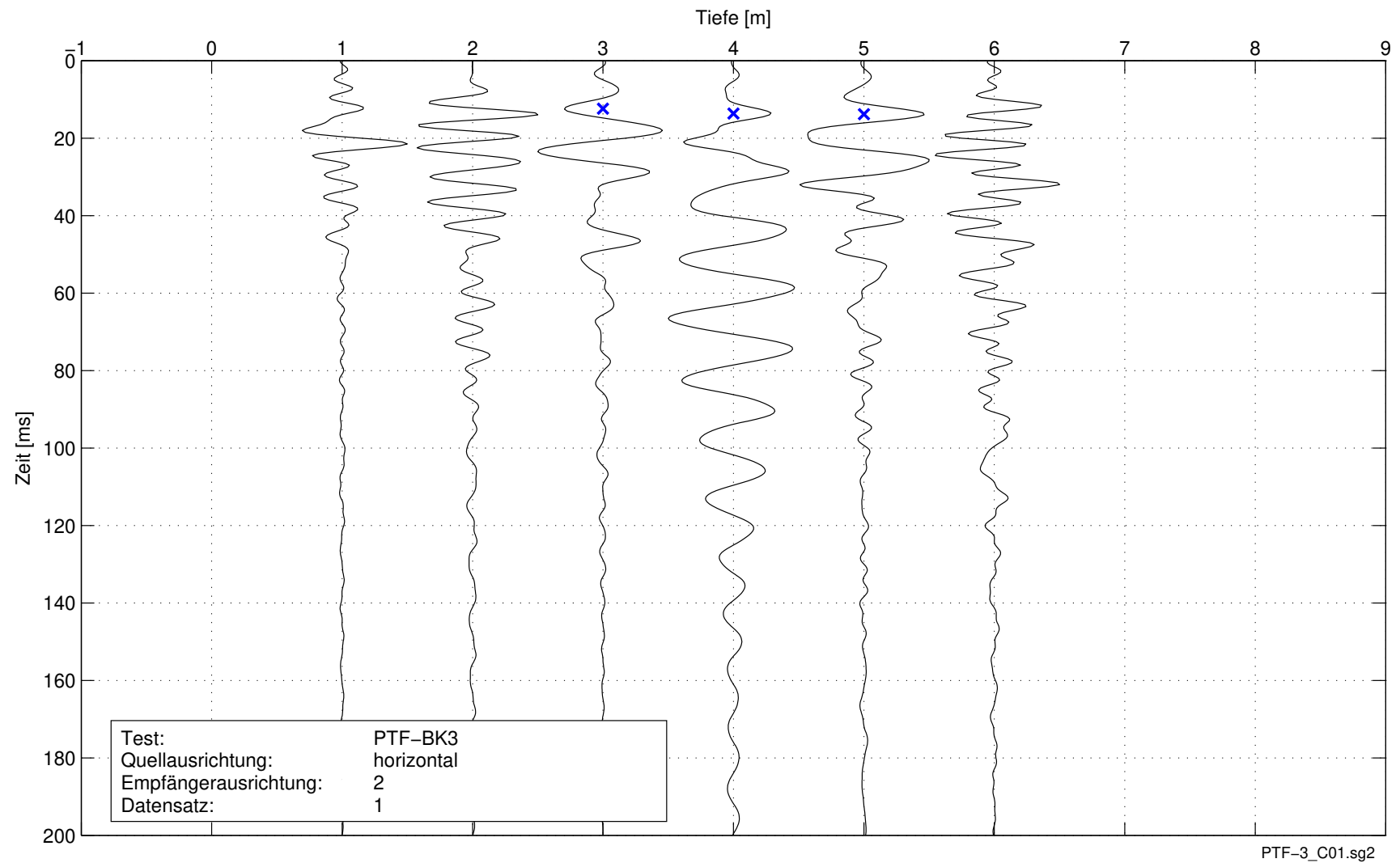


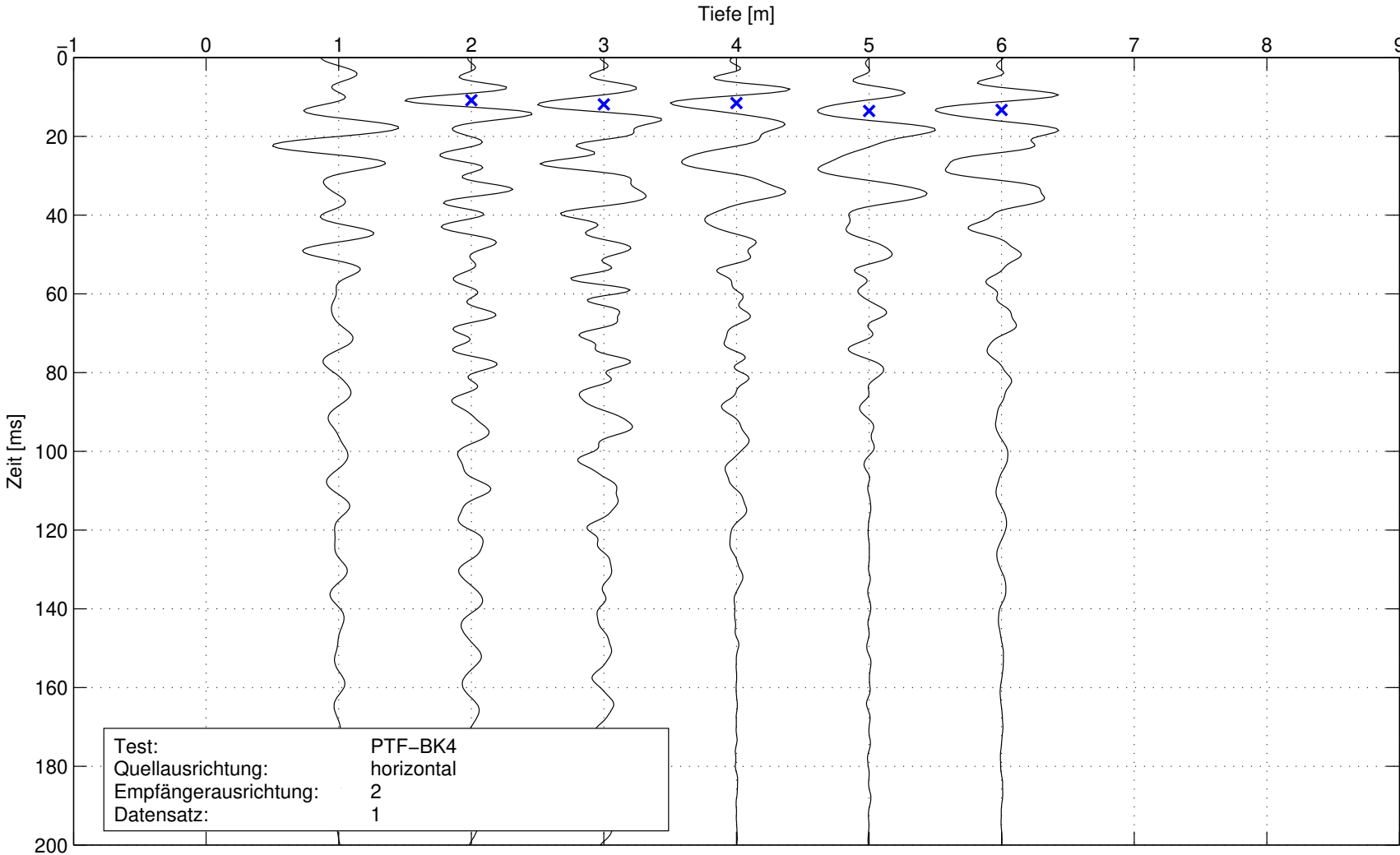






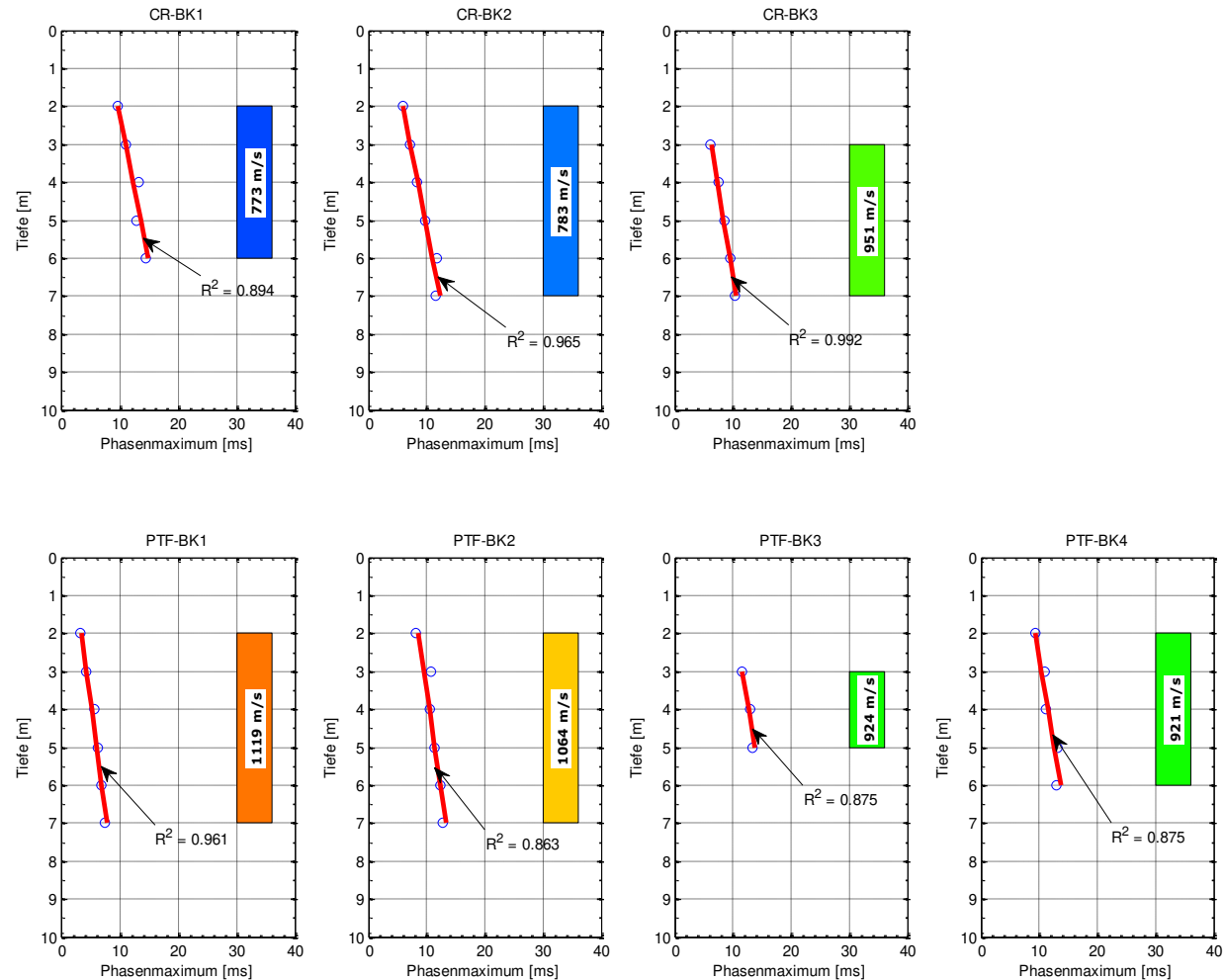






PTF-4_C01.sg2

Scherwellengeschwindigkeiten



Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen
 56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 | Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136

Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig

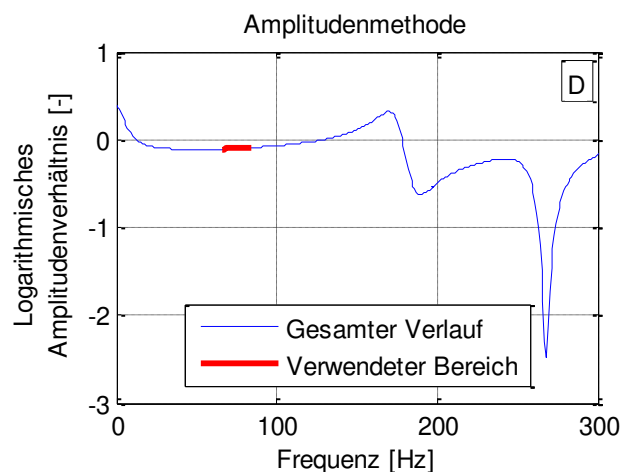
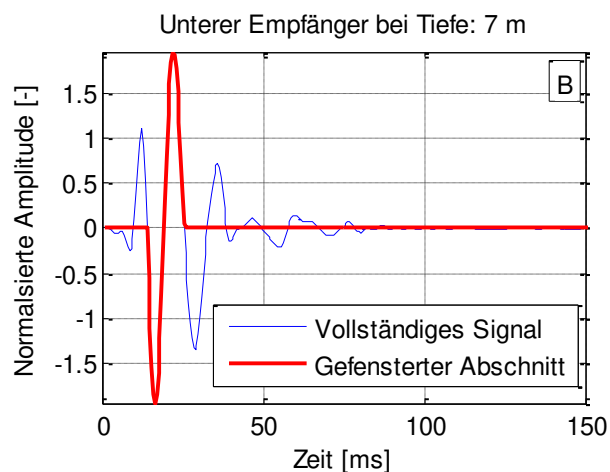
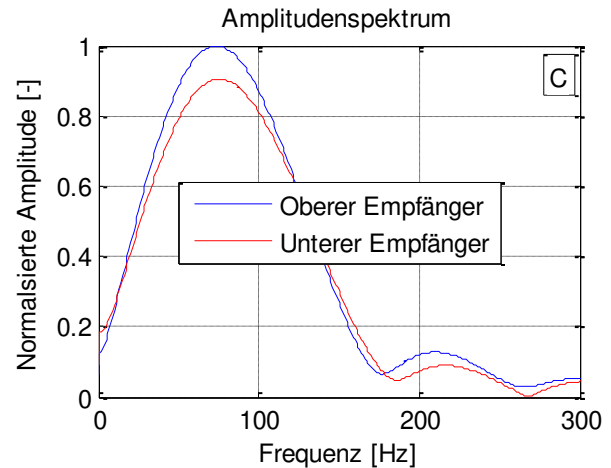
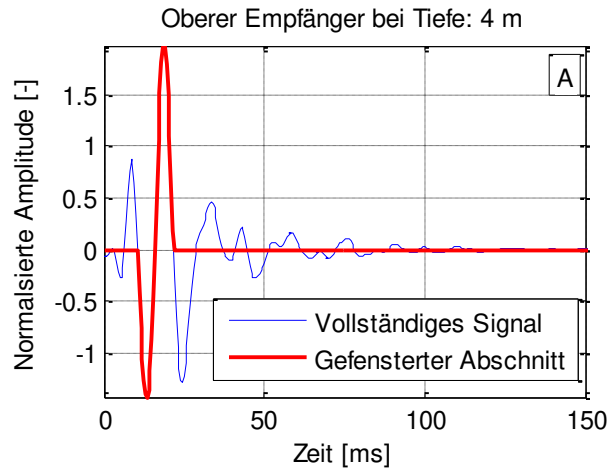
Projekt: Downhole Tests in Stollberg/Erzgeb., Auer Straße

15.11.19

Inhalt: Ermittelte Scherwellengeschwindigkeiten

Anlage B

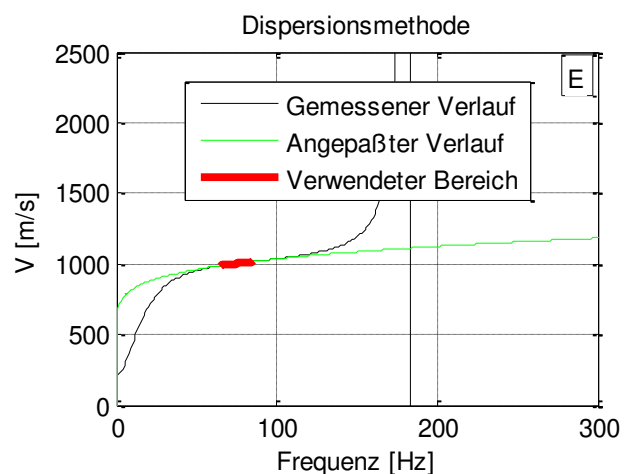
Beispiel zur Dämpfungsbestimmung Standort Celebrate Records GmbH



Bohrloch: CR-BK2
Tiefenintervall: 4 bis 7m

Dämpfungsergebnisse

Amplitudenmethode: 3.5 %
Dispersionsmethode: 16.9 %



Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen
56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 | Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136

Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig

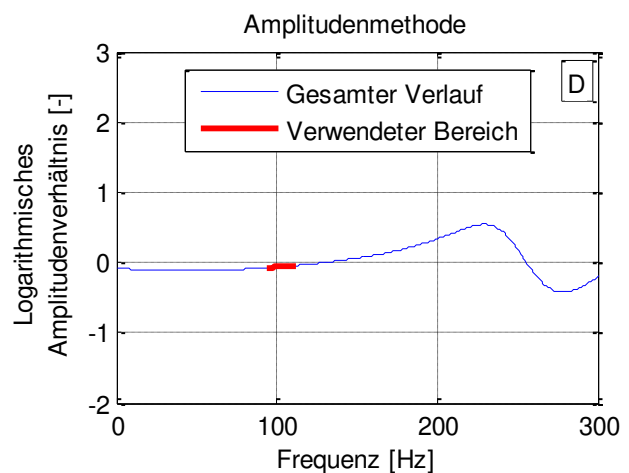
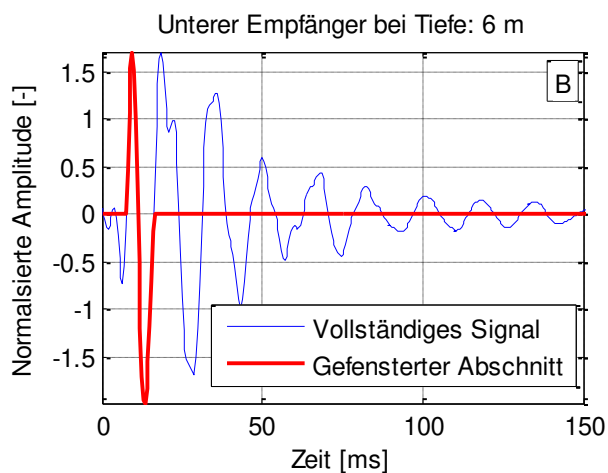
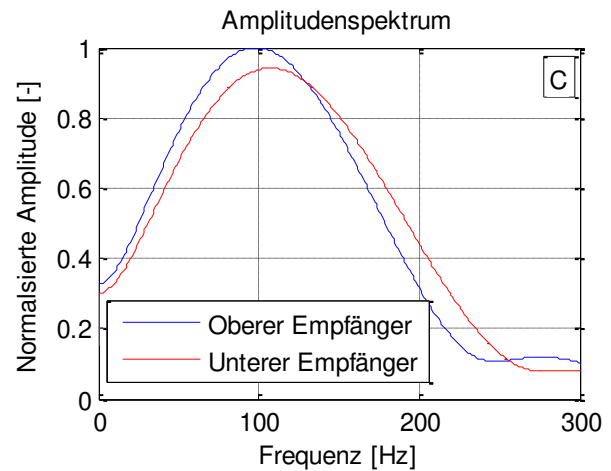
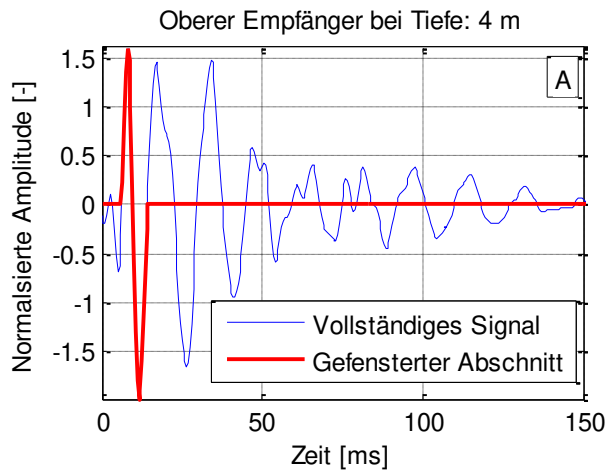
Projekt: Downhole Tests in Stollberg/Erzgeb., Auer Straße

Inhalt: Beispiele zur Dämpfungsberechnung

15.11.19

Anlage C1

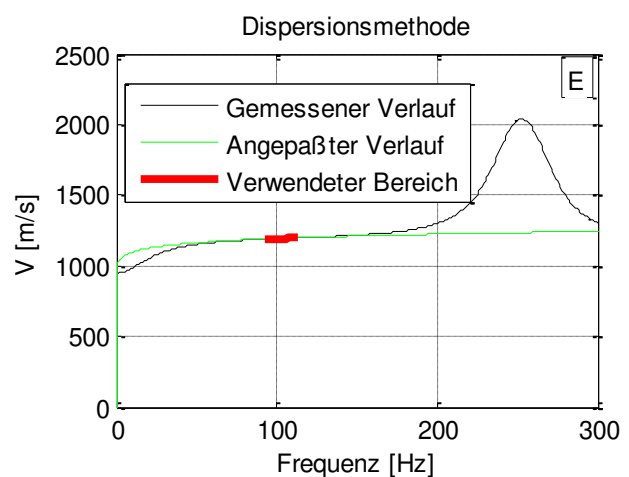
Beispiel zur Dämpfungsbestimmung Standort PTF Pfüller GmbH & Co. KG



Bohrloch: PTF-BK4
Tiefenintervall: 4 bis 6 m

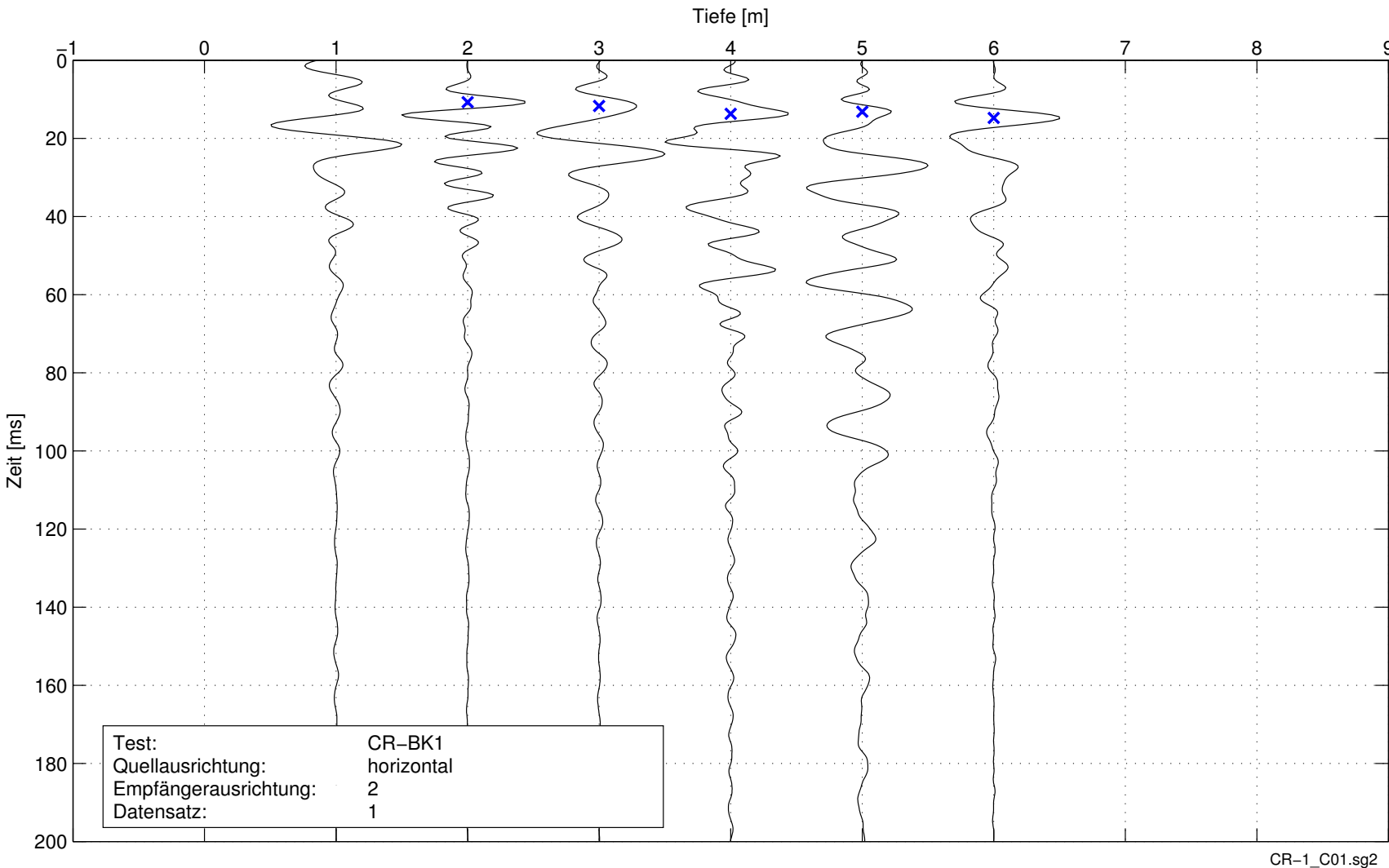
Dämpfungsergebnisse

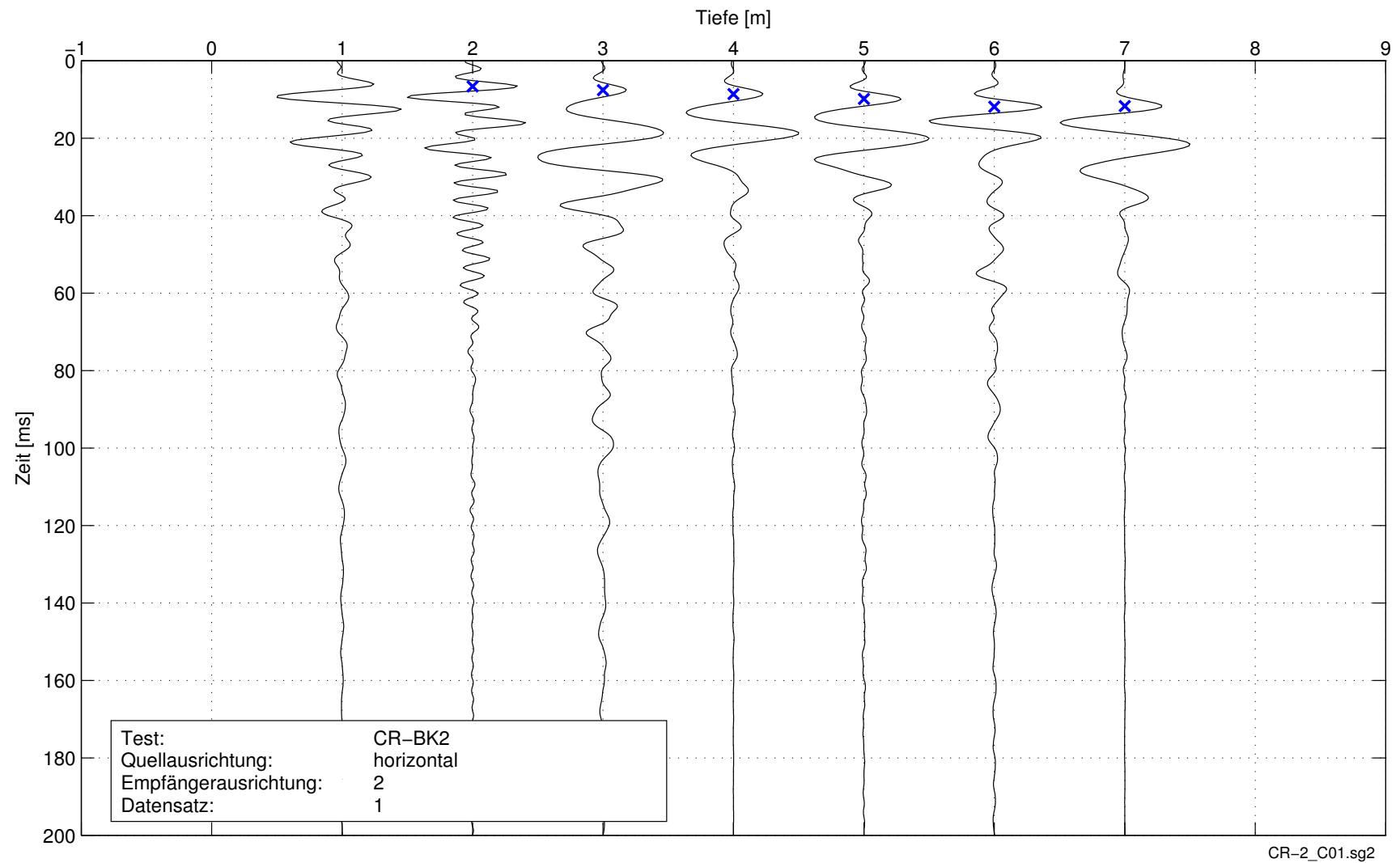
Amplitudenmethode: 13.4 %
Dispersionsmethode: 5.9 %

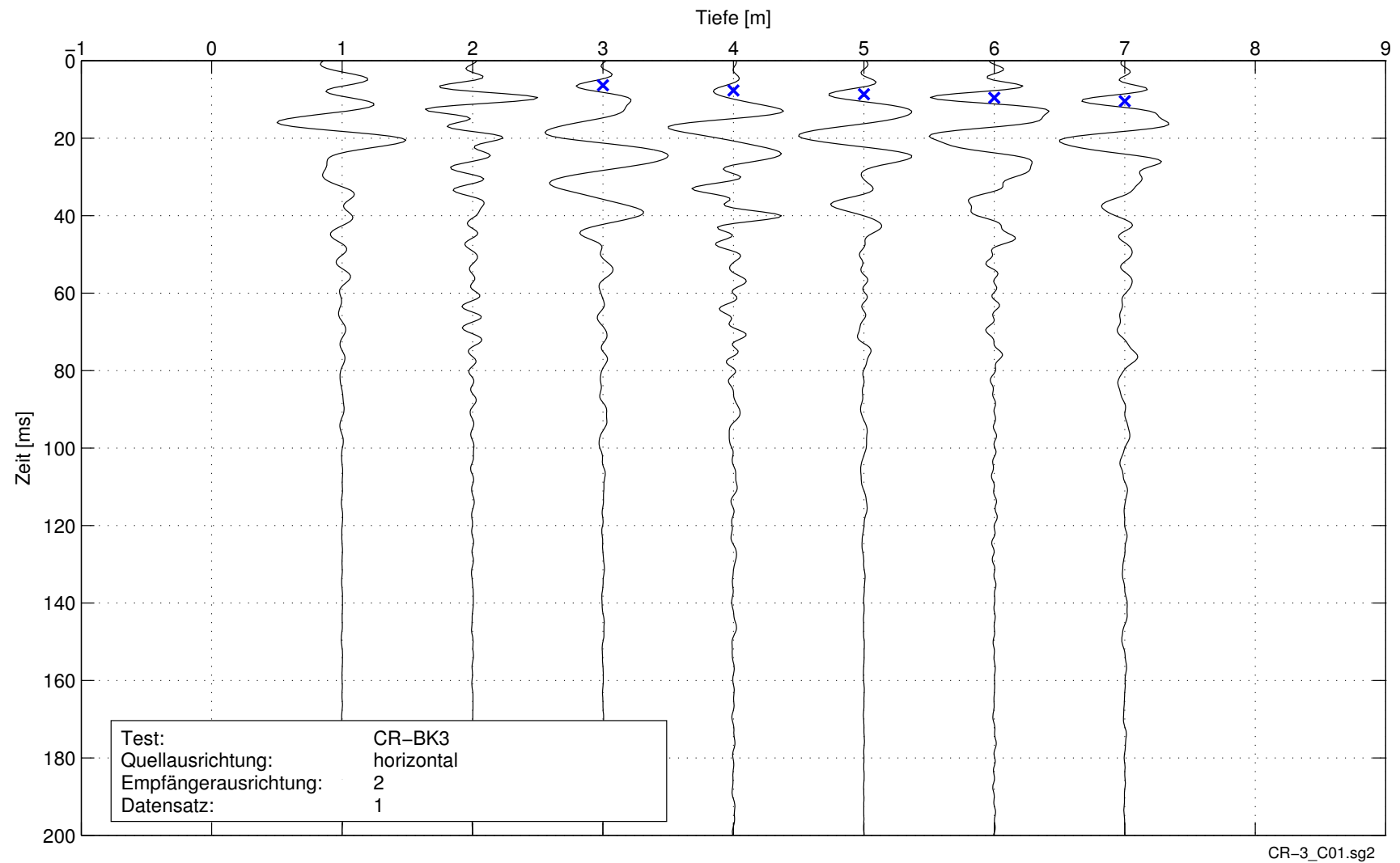


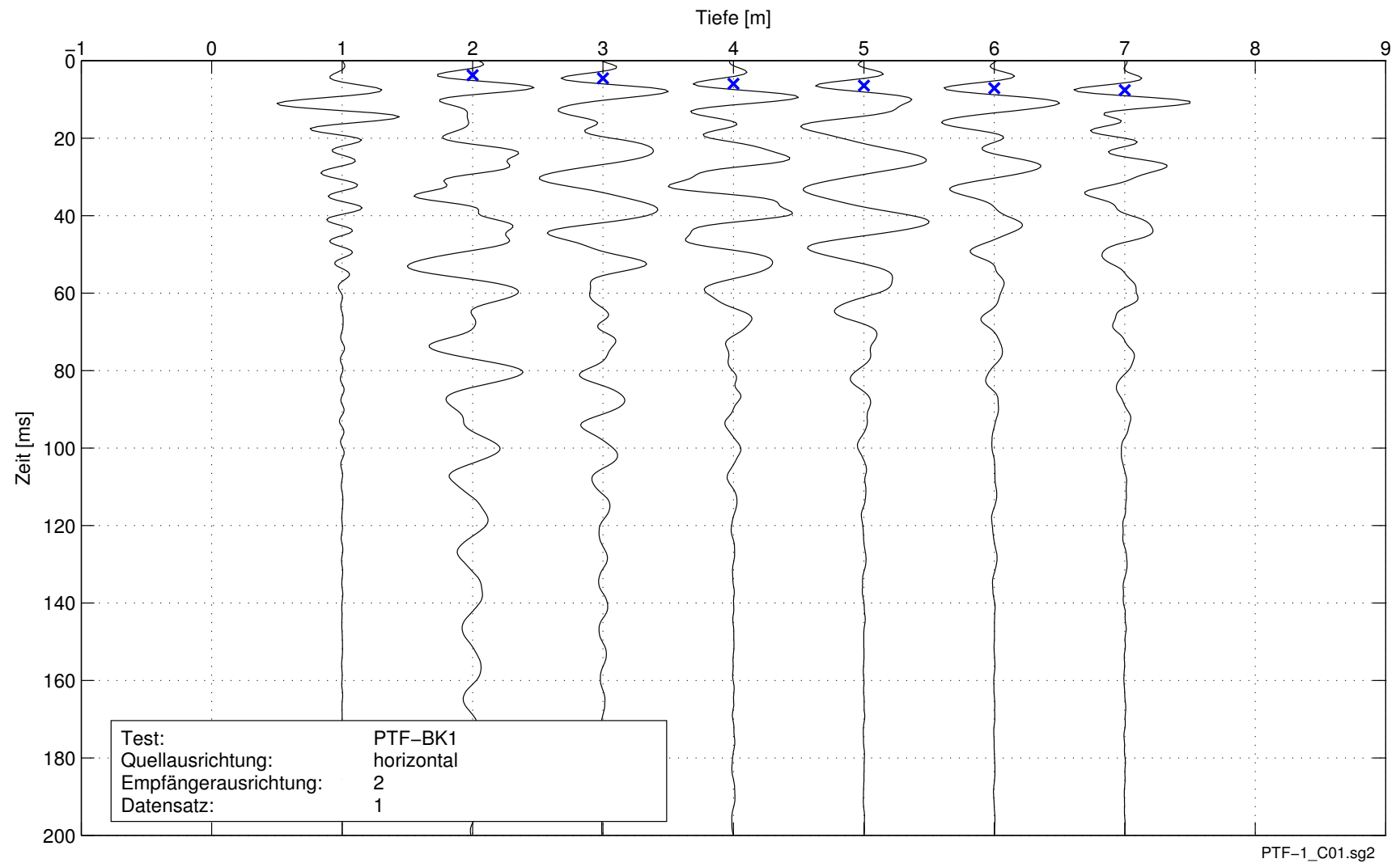
Bohrloch	Empfängertiefe		S-Wellengeschwindigkeit [m/s]	Dämpfungsverhältnis	
	oberer [m]	unterer [m]		Dispersionsmethode [%]	Amplitudenmethode [%]
CR-BK1	3	6	773	5.3	- 9.2
CR-BK2	4	7	783	16.9	3.5
CR-BK2	4	5	783	11.2	11.8
CR-BK2	3	7	783	27.5	- 9.1
CR-BK2	4	6	783	57.8	-35.7
CR-BK2	1	7	783	- 5.0	29.9
CR-BK2	6	7	783	-35.7	81.4
CR-BK3	3	5	951	42.0	-43.2
CR-BK3	3	7	951	25.8	-28.9
CR-BK3	4	5	951	19.5	73.5
PTF-BK1	2	7	1119	12.5	- 1.8
PTF-BK1	3	6	1119	15.2	6.7
PTF-BK1	4	7	1119	26.4	- 7.0
PTF-BK1	6	7	1119	99.8	-64.7
PTF-BK2	3	7	1036	16.3	-15.2
PTF-BK2	3	6	1036	64.7	-17.6
PTF-BK3	1	4	924	1.1	116.8
PTF-BK4	2	6	921	29.9	17.5
PTF-BK4	4	6	921	5.9	13.4
PTF-BK4	3	5	921	24.3	15.6

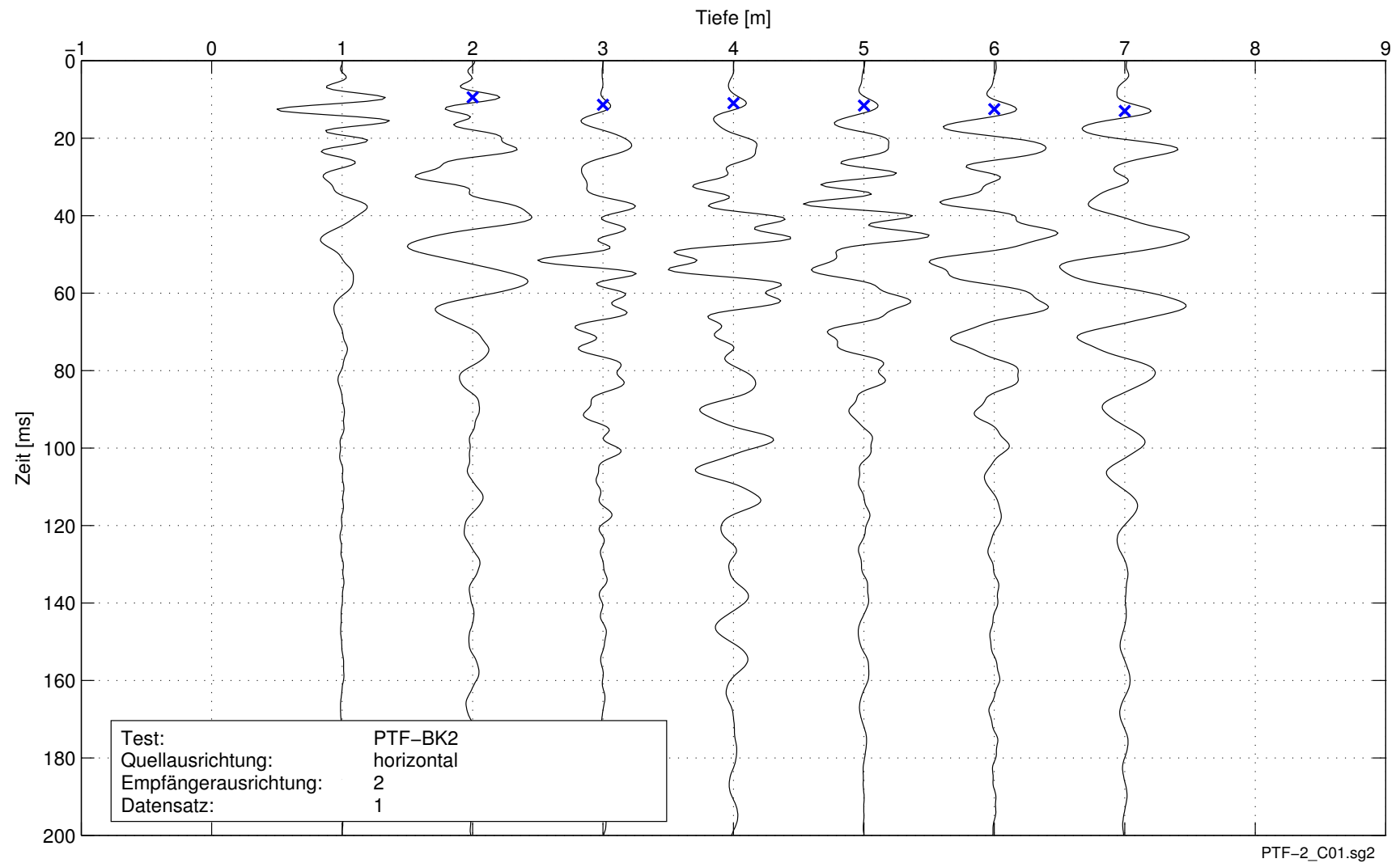
Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen 56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136	
Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig	
Projekt: Downhole Tests in Stollberg, Auer Straße	15.11.19
Inhalt: Übersichtstabelle Dämpfungsergebnisse	Anlage D

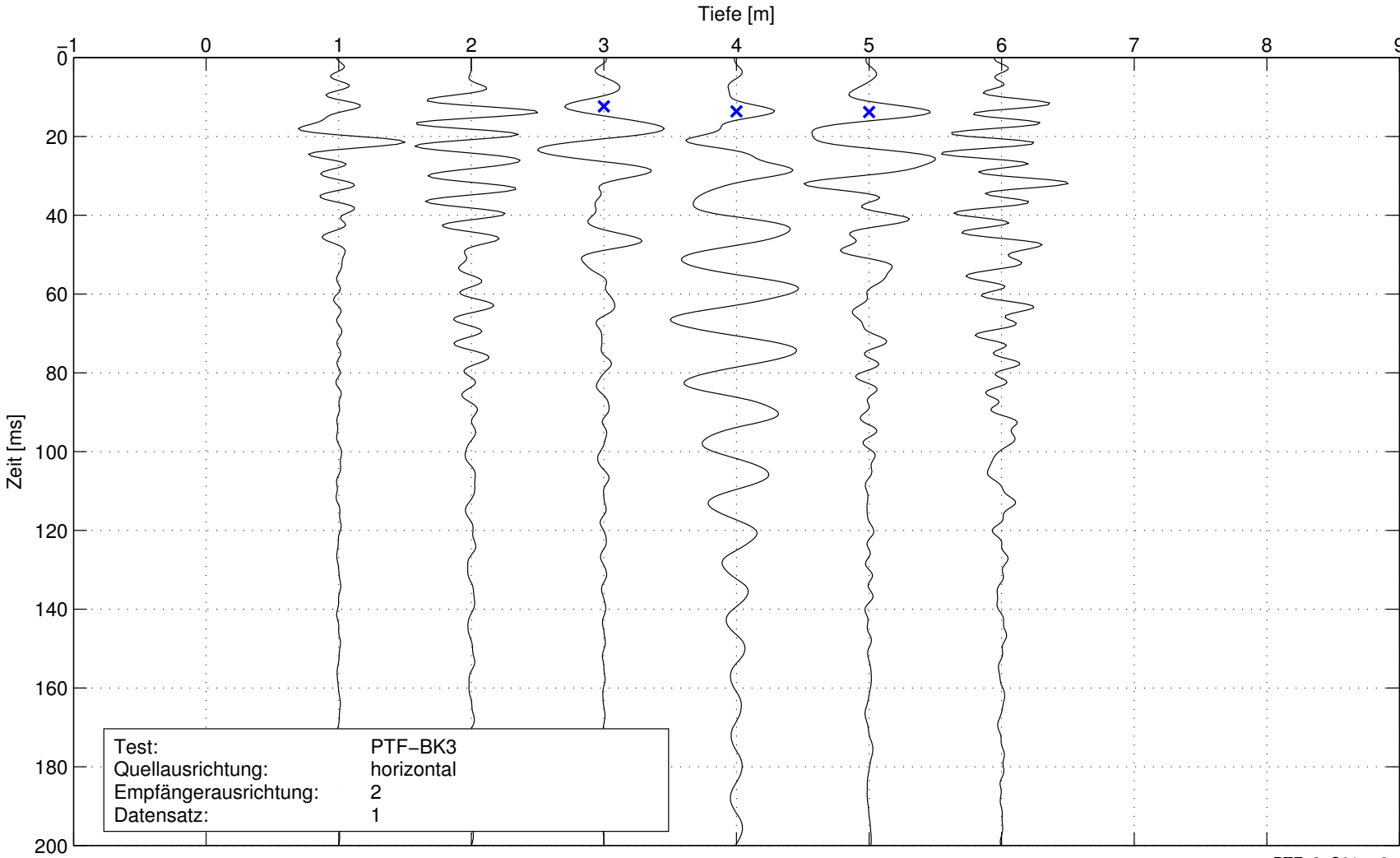


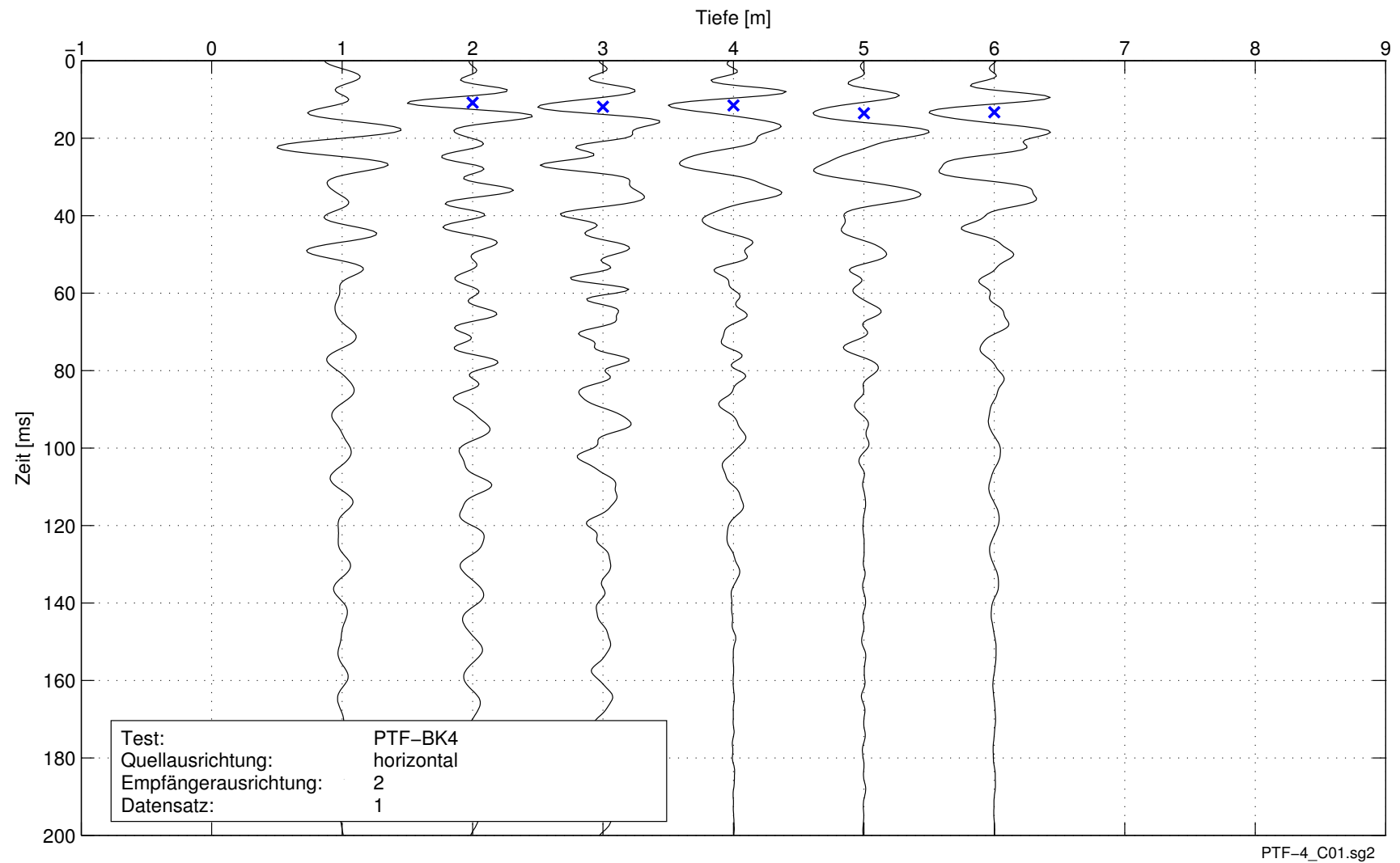




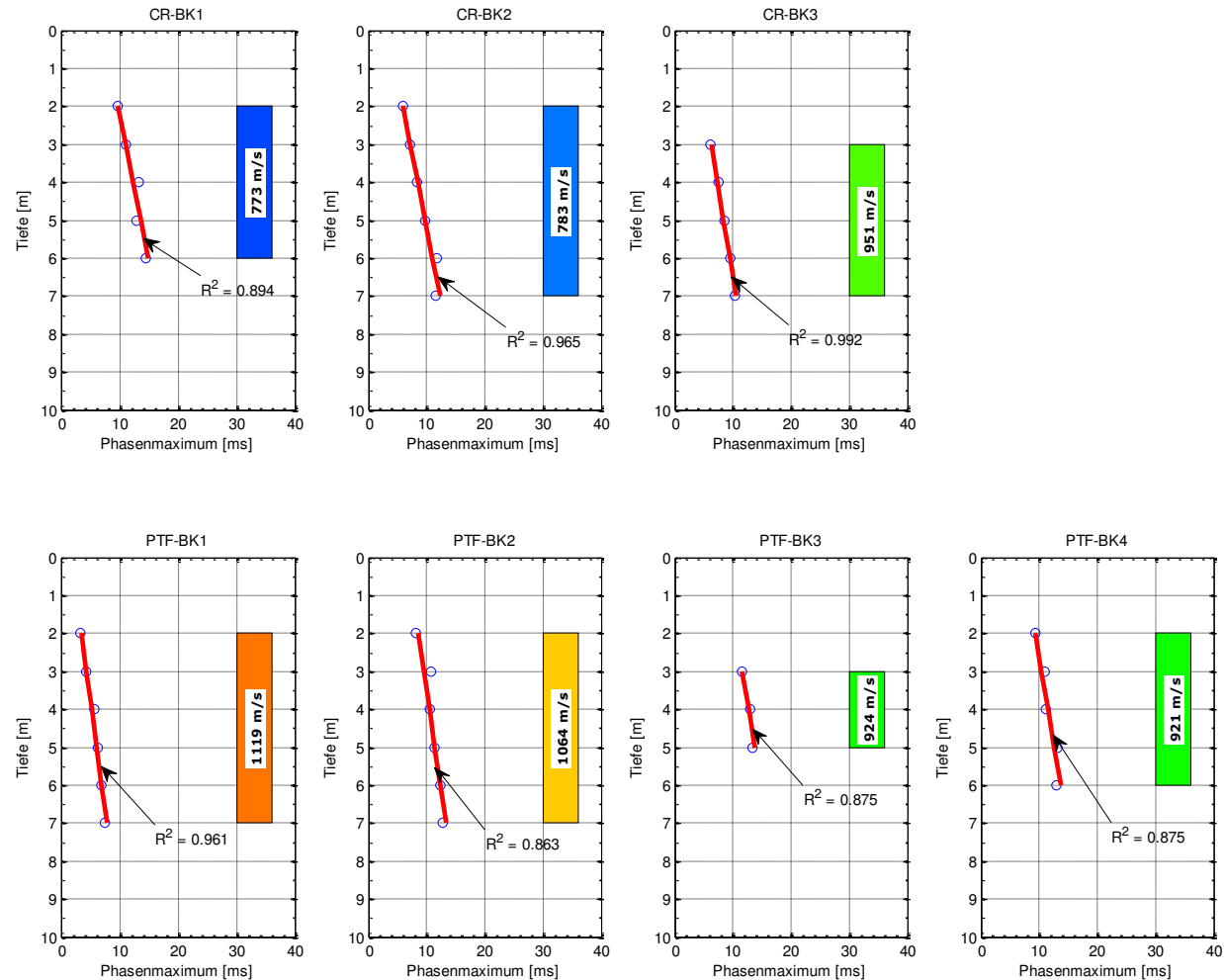








Scherwellengeschwindigkeiten



Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen
 56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 | Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136

Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig

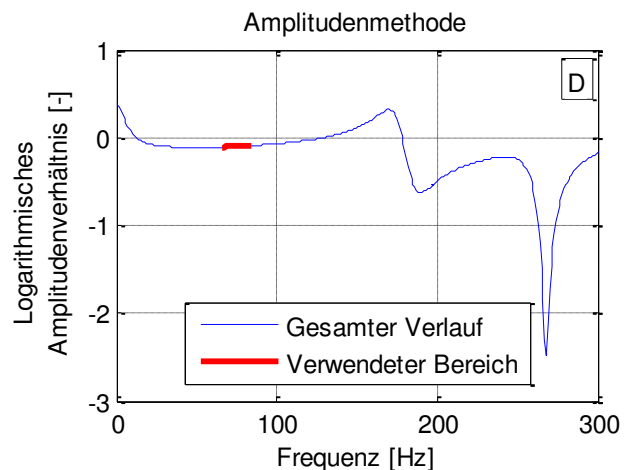
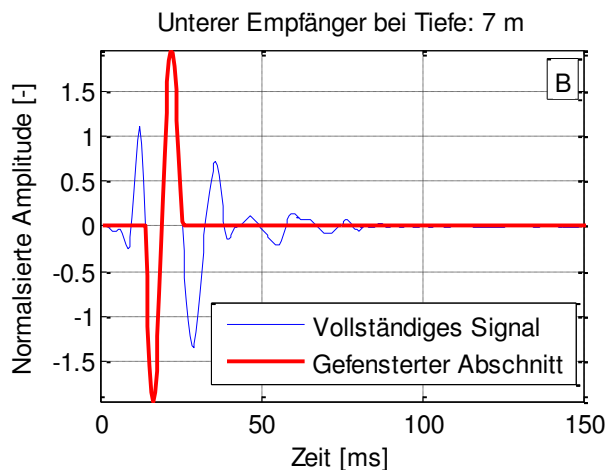
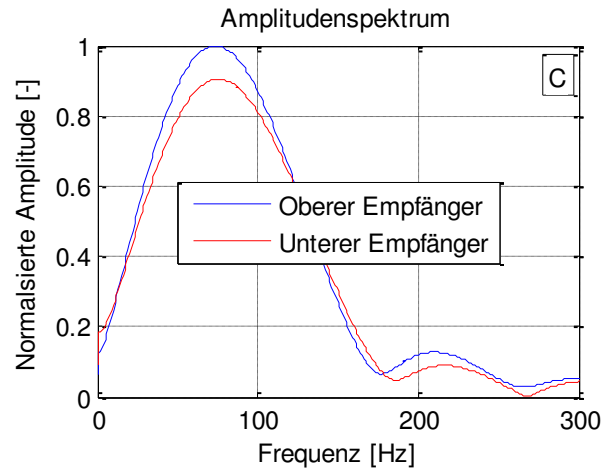
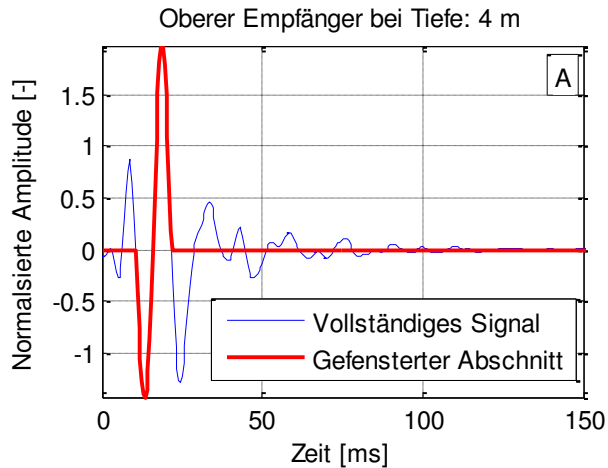
Projekt: Downhole Tests in Stollberg/Erzgeb., Auer Straße

15.11.19

Inhalt: Ermittelte Scherwellengeschwindigkeiten

Anlage B

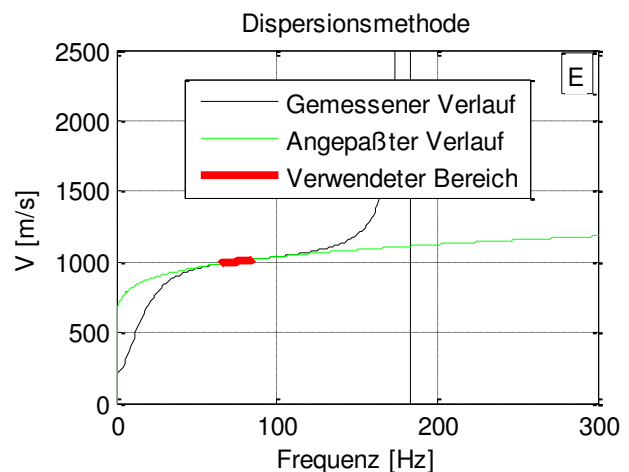
Beispiel zur Dämpfungsbestimmung Standort Celebrate Records GmbH



Bohrloch: CR-BK2
Tiefenintervall: 4 bis 7m

Dämpfungsergebnisse

Amplitudenmethode: 3.5 %
Dispersionsmethode: 16.9 %



Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen
56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 | Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136

Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig

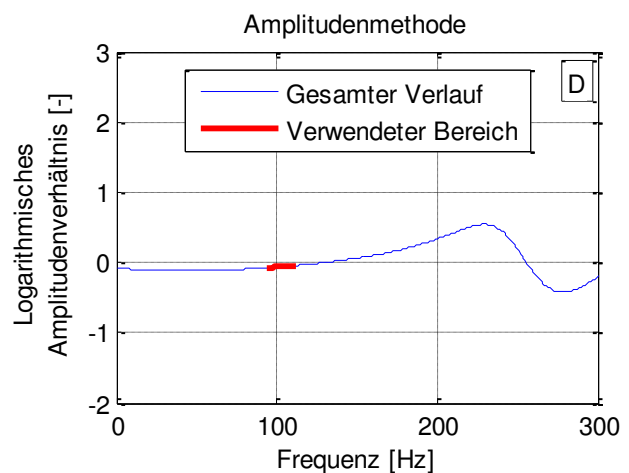
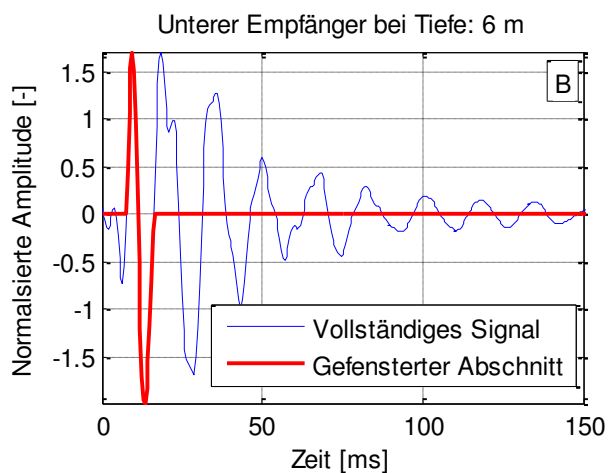
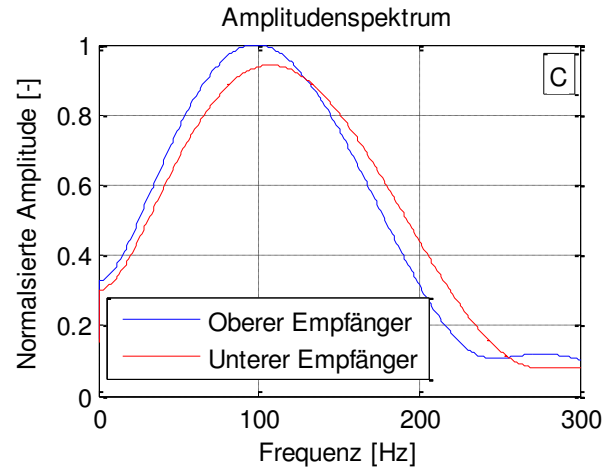
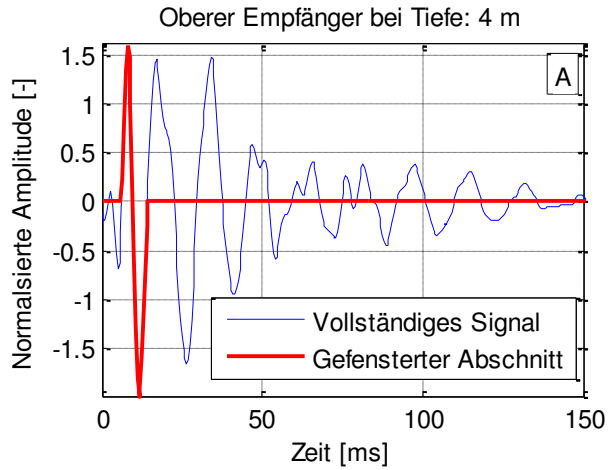
Projekt: Downhole Tests in Stollberg/Erzgeb., Auer Straße

Inhalt: Beispiele zur Dämpfungsrechnung

15.11.19

Anlage C1

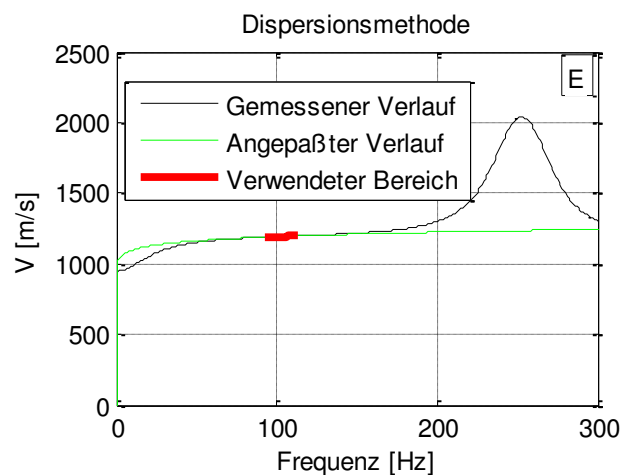
Beispiel zur Dämpfungsbestimmung Standort PTF Pfüller GmbH & Co. KG



Bohrloch: PTF-BK4
Tiefenintervall: 4 bis 6m

Dämpfungsergebnisse

Amplitudenmethode: 13.4 %
Dispersionsmethode: 5.9 %



Bohrloch	Empfängertiefe		S-Wellengeschwindigkeit [m/s]	Dämpfungsverhältnis	
	oberer [m]	unterer [m]		Dispersionsmethode [%]	Amplitudenmethode [%]
CR-BK1	3	6	773	5.3	- 9.2
CR-BK2	4	7	783	16.9	3.5
CR-BK2	4	5	783	11.2	11.8
CR-BK2	3	7	783	27.5	- 9.1
CR-BK2	4	6	783	57.8	-35.7
CR-BK2	1	7	783	- 5.0	29.9
CR-BK2	6	7	783	-35.7	81.4
CR-BK3	3	5	951	42.0	-43.2
CR-BK3	3	7	951	25.8	-28.9
CR-BK3	4	5	951	19.5	73.5
PTF-BK1	2	7	1119	12.5	- 1.8
PTF-BK1	3	6	1119	15.2	6.7
PTF-BK1	4	7	1119	26.4	- 7.0
PTF-BK1	6	7	1119	99.8	-64.7
PTF-BK2	3	7	1036	16.3	-15.2
PTF-BK2	3	6	1036	64.7	-17.6
PTF-BK3	1	4	924	1.1	116.8
PTF-BK4	2	6	921	29.9	17.5
PTF-BK4	4	6	921	5.9	13.4
PTF-BK4	3	5	921	24.3	15.6

Geotomographie GmbH – Geophysikalische Spezialmessungen 56567 Neuwied, Am Tonnenberg 18 Tel.: +49 2361 778135 Fax.: 778136	
Auftraggeber: Dipl.-Ing. Pampel GmbH, Leipzig	
Projekt: Downhole Tests in Stollberg, Auer Straße	15.11.19
Inhalt: Übersichtstabelle Dämpfungsergebnisse	Anlage D

Anlage 9: Erschütterungen infolge von Baumaßnahmen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Grund und Zweck der Untersuchung	2
2. Herangehensweise	2
3. Bestehende Anhaltswerte / Anforderungen Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen	3
4. Prognose der Erschütterungsimmissionen, Überwachung	12

1. Grund und Zweck der Untersuchung

Im Rahmen der Umsetzung des Chemnitzer Modells sollen die Anbindungen der Gemeinde Niederwürschnitz und der Stadt Oelsnitz an die Städte Stollberg und Chemnitz sowie die Erschließung des Gewerbegebiets „Stollberger Tor“ mittels des Neubaus der rund 3,5 km langen Eisenbahnstrecke vom Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“ bis zur Bestandsstrecke Stollberg – St. Egidien erfolgen.

Die vorliegende Betrachtung beinhaltet den Streckenneubau vom Bahnhof Stollberg über das Gewerbegebiet „Stollberger Tor“.

Im Zuge der Baumaßnahmen resultierende Erschütterungen sind in Bezug auf die Einwirkung auf Menschen, bauliche Anlagen und erschütterungsempfindliche Bereiche / Maschinen zu beachten.

2. Herangehensweise

Das Vorgehen zur Bewertung von Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen kann allgemein wie folgt zusammengefasst werden:

1. Abschätzung des betroffenen Bereichs
2. Definition der kritischen Objekte
3. Festlegen der betreffenden Grenzwerte
4. Festlegung zu überwachender Objekte
5. Erstellen des Überwachungskonzepts
6. Installation der Messeinrichtung
7. Bauphase

Nachfolgend werden die betreffenden Anhaltswerte zusammengefasst.

3. Bestehende Anhaltswerte und Anforderungen zu Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen

Zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen bestehen zurzeit keine gesetzlichen Vorgaben oder Rechtsverordnungen mit verbindlichen Grenzwerten. Als Stand der Technik kann nach /17/ die DIN 4150 als anerkannte Regel der Technik angesetzt werden.

3.1 Anhaltswerte nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“

Einwirkung auf Menschen in Gebäuden (Wohnbebauung)

Nach DIN 4150-2 „Schutz gegen Erschütterungen“ werden die Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen in besonders schutzbedürftigen Einwirkungsorten und vergleichbar genutzten Räumen entsprechend bewertet. Werden die Werte für den unteren Anhaltswert A_u unterschritten, sind die Anforderungen der Norm eingehalten. Sofern der untere Anhaltswert überschritten wird, ist der obere Anhaltswert zu bewerten. Wird auch dieser überschritten sind die Anhaltswerte nicht eingehalten. Werden die oberen Anhaltswerte unterschritten, ist der A_r Wert zu bewerten und eine Messung des Taktmaximalwertes durchzuführen.

Tabelle: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

Tabelle 2: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

Dauer	$D \leq 1 \text{ Tag}$			6 Tage $< D \leq 26$ Tage			26 Tage $< D \leq 78$ Tage		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A_u	A_o ^{*)}	A_r	A_u	A_o ^{*)}	A_r	A_u	A_o ^{*)}	A_r
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$.									

Dabei sind:

- Stufe I: bei deren Unterschreitung auch ohne Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist
- Stufe II: bei deren Unterschreitung nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist wenn Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen (siehe Nachfolgend) getroffen werden
Bei zunehmender Überschreitung werden nach DIN 4150-2 erhebliche Belästigungen auftreten.
- Stufe III: bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen nach Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 (Stufe II)

Entsprechend der DIN 4150-2 können die psychischen Auswirkungen wie folgt vermindert werden:

- Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, -verfahren, -dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb (vor Beginn der Maßnahme)
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen (vor Beginn der Maßnahme)
- Zusätzliche betriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise usw.; vor Beginn der Maßnahme)
- Benennung einer Ansprechstelle (vor Beginn der Maßnahme)
- Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkung auf Gebäude (vor Beginn der Maßnahme)
- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen

Für länger als 78 Tage einwirkende Erschütterungen macht die DIN 4150-2:1999 keine Angaben.

Die Ermittlung der maximal täglichen Betriebsdauer entsprechend der Stufe I / Stufe II kann nach /17/ entsprechend der Nomogramme ermittelt werden.

3.2 Einwirkung auf Gebäude nach DIN 4150-3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“

Die DIN-Norm 4150-3:2016-12 „Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes durch Erschütterungseinwirkungen ist nach DIN 4150-3:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen

Sowie bei Wohngebäuden:

- Risse im Putz von Wänden
- Vergrößerung vorhandener Risse in Gebäuden
- Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden oder Decken

Für die Beurteilung wird dabei der größte Wert $lv_{i,max}$ der drei Einzelkomponenten $i = x, y, z$ der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$ herangezogen.

Nach Abschnitt 6.3 An- und Abschaltvorgänge der DIN 4150-3 sind beim An- und Abschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen Überschreitungen der Anhaltswerte zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind.

Nachfolgende Tabelle nennt Anhaltswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i :

Tabelle: Anhaltswerte A für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Decken- ebene, horizontal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz	Alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Deckmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8
*) bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindesten die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Um Bauschäden in den benachbarten Bereichen auszuschließen, sind die Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten lt. der DIN 4150-3 (Tabelle 1 und 3) bezüglich der Schwinggeschwindigkeit einzuhalten.

Die genaue frequenzabhängige Bewertung der Erschütterungsimmissionen erfolgt entsprechend der nachfolgenden Abbildung.

In nachfolgender Abbildung sind die Fundament – Anhaltswerte von Tabelle 3.1 dargestellt:

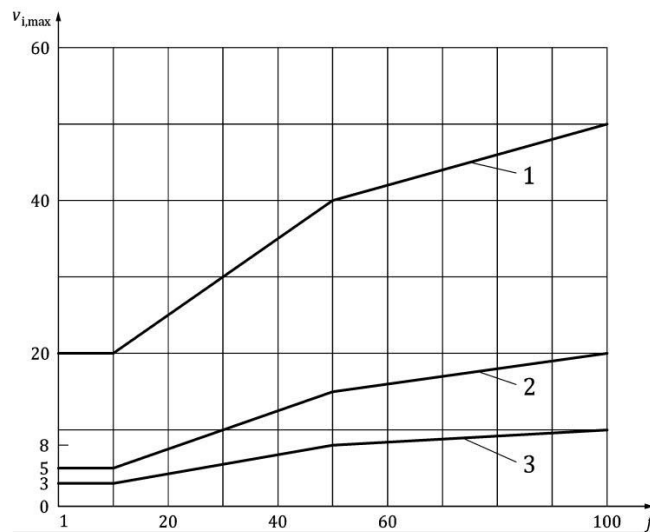


Abbildung: Fundament – Anhaltswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit v_i

Dabei sind:

- 1 Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten
- 2 Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten
- 3 Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Deckmalschutz stehend) sind

Bei Dauererschütterungen werden für die Deckenschwingung (vertikal) nach DIN 4150-3 für $v_{i,max} \leq 10$ mm/s als zulässige Deckenschwingungen angegeben. Folgende Anhaltswerte bestehen zur Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3:

Nr.	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s (Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen)
1	Gewerbe, Industriebauten	10
2	Wohngebäude	5
3	Bauten die besonders empfindlich und besonders erhaltenswert sind	2,5

3.3 Sekundärer Luftschallpegel

Sekundärer Luftschall stellt die Schallabstrahlung durch Schwingungen von Wänden und Decken innerhalb von Gebäuden dar. Für die Wohnbebauung bestehen diesbezüglich keine Anforderungen.

Im Objekt „Celebrate Records“ (Am Birkenwäldchen 2, 09366 Stollberg) befindet sich ein Tonstudio im Untergeschoß. Der Sekundärschall kann entsprechend den Angaben zu „Höchstzulässige Schalldruckpegel von Dauergeräuschen in Studios und Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen“ bewertet werden.

Für die übrigen Nichtwohngebäude mit Produktionstätigkeit sowie Bürotätigkeit beläuft sich der Innengegel Nutzungsbedingt bereits oberhalb des zu erwartenden sekundären Luftschalls.

Tabelle: Höchstzulässige Schalldruckpegel von **Dauergeräuschen** in Studios und Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen; Akustische Information 1.11-1 / 1995

Höchstzulässige Schalldruckpegel von Dauergeräuschen in Studios und Bearbeitungsräumen bei Hörfunk und Fernsehen

Freq	Hörschwelle DIN / ISO	GK0	GK5	GK10	GK15	GK20	GK25	NR30	NR35	NR40	NR45
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50	44	34	39	42	46	50	54	58	63	67	72
63	38	29	33	37	41	45	49	53	58	62	66
80	32	25	29	33	37	41	45	50	54	58	63
100	27	20	24	29	33	37	42	46	51	54	59
125	22	16	20	25	29	33	38	43	47	52	56
160	18	12	17	22	26	31	35	40	45	49	53
200	15	9	14	19	23	28	33	37	42	47	51
250	11	6	11	16	21	25	30	35	40	44	49
320	9	4	9	14	18	23	28	32	38	42	47
400	6	2	7	11	16	21	26	30	35	40	45
500	4	0	5	9	14	19	24	29	34	39	44
630	2	0	4	8	13	18	23	27	32	37	42
800	1	0	4	8	11	17	21	26	31	36	41
1k	1	0	4	8	10	15	20	25	30	35	40
1.25k	0	0	4	8	10	14	19	24	29	34	39
1.6k	-1	0	4	8	10	13	18	23	28	33	38
2k	-2	0	4	8	10	12	17	21	27	32	37
2.5k	-3	0	4	8	10	11	16	21	26	32	37
3.2k	-5	0	4	8	10	10	15	20	25	31	36
4k	-5	0	4	8	10	10	15	19	24	30	35
5k	-4	0	4	8	10	10	14	18	24	30	34
6.3k	1	0	4	8	10	10	14	18	23	29	34
8k	6	0	4	8	10	10	14	17	23	28	33
10k	10	0	4	8	10	10	14	17	22	27	32
dB(A)		14	18	22	26	30	34	39	44	48	53

Die Einstufung ist wie folgt möglich:

Produktions-Studios Hörfunk

Hörspiel . GK0

E-Musik

Sinfonische Musik . GK5

Kammermusik . GK0

U-Musik .. GK15

Räume, in denen vorwiegend Sprache aufgenommen wird . GK5-GK10

Nachr.-Sprecher, Talkrunde, Mehrzweck, Synchronstudio

Räume, die der Tonbeurteilung und Tonbearbeitung dienen. GK5-GK15

Tonregie HFK, FS, Abhörraum Archiv, Abnahmeraum, Tonnachbearbeitung HFK, FS

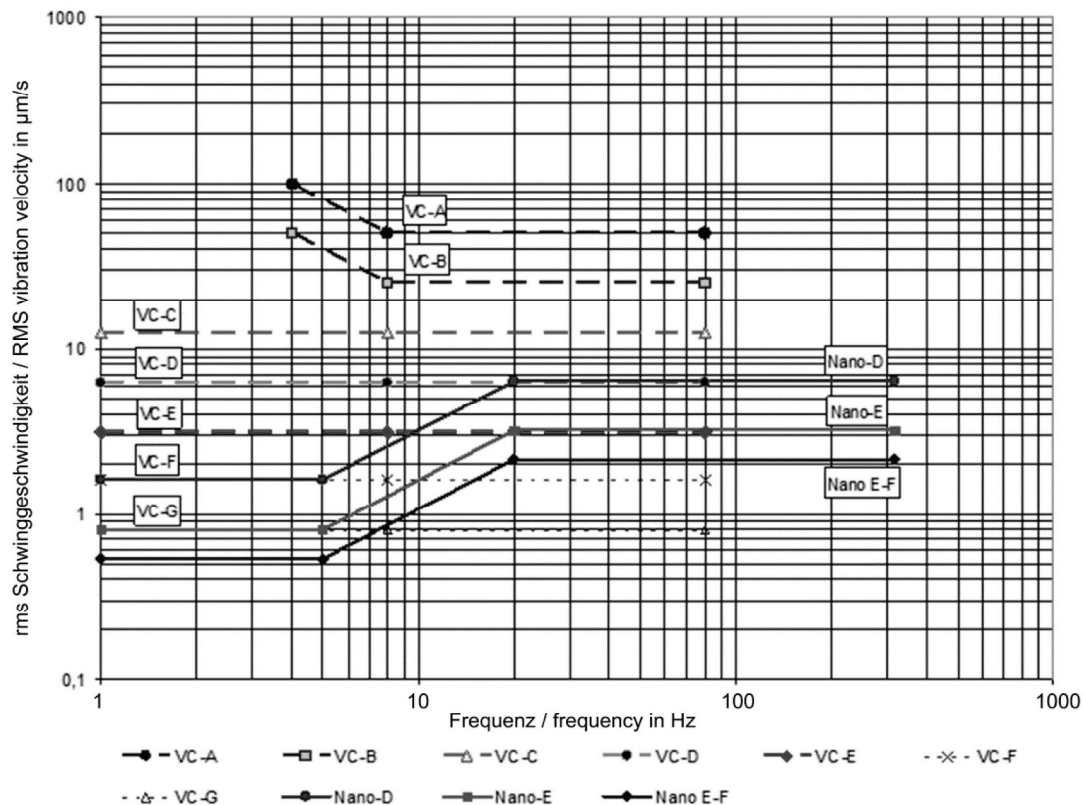
3.4 Einwirkungen auf empfindliche Geräte (VDI 2038-2)

Nach aktuellem Planungsstand befinden sich zwei Nichtwohngebäude mit vorhandenen (celebrate records) sowie geplanten (PTF Pfüller) schwingungsempfindlichen Geräten im Bereich des Streckenneubaus.

Für den Fall, dass keine frequenz- und maschinenabhängigen Anforderungswerte für die Produktionsmaschinen vorliegen, stellen VC-Linien (Vibration Criteria) eine geeignete Hilfe zur Einschätzung von Grenzkurven dar.

Die „VC-Linien“ sind international weit verbreitet und definieren Grenzkurven von Terz-Schwingungsgeschwindigkeitsspektren bei unterschiedlichen Produktionsgenauigkeiten der Geräte bzw. Strukturgrößen der Produkte. Im Nachfolgenden sind die VC-Linien entsprechend VDI 2038-2 aufgeführt:

Abbildung: Darstellung der Schwingungsspezifikationen nach VC – Linien und Nano Linien (VDI 2038-2, Bild 10)



Aufgeständerte Böden (Doppelböden) verschlechtern die Schwingungswerte erheblich und sind daher höchstens für Maschinen der Klasse VC-A möglich. Die schwingungsempfindlichen Geräte müssen geeignet entkoppelt auf separierten und dynamisch ausgelegten Fundamenten aufgestellt werden.

Tabelle: VC Linien entsprechend der VDI 2038-2

Nr.	VC-Linie	Schwingungspegel RMS-Terzspektren	Typische Nutzung	Strukturgröße / Genauigkeit
1	Menschliche Fühlschwelle	100 $\mu\text{m/s}$ (4 – 80 Hz)	menschliche Fühlschwelle, für empfindliche Schlafbereiche, für Opernhäuser, Theater, für Mikroskope mit 100-facher Vergrößerung	30 μm
2	VC-A	50 $\mu\text{m/s}$ (4 – 80 Hz)	unter fast allen Umständen geeignet für optische Mikroskope mit bis zu 400-facher Vergrößerungen	8 μm
3	VC-B	25 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	ein geeigneter Standard für Inspektionsgeräte, allgemeine anspruchsvolle Labore, Lithografiegeräte (inklusive Stepper) bis zu 3 μm Strukturweite	3 μm
4	VC-C	12,5 $\mu\text{m/s}$ (1 – 80 Hz)	ein geeigneter Standard für Mikroskope mit bis zu 1000-facher Vergrößerung, ein guter Standard für die meisten Lithografie- und Inspektionsgeräte bis hinunter zu 1 μm Strukturweite	1 μm

Nr.	VC-Linie	Schwingungspegel RMS-Terzspektren	Typische Nutzung	Strukturgröße / Genauigkeit
5	VC-D	6,25 µm/s (1 – 80 Hz)	unter fast allen Umständen passend für sehr hochwertige Elektronenmikroskope (REM, TEM), E-Beam-Systeme usw., die bis an ihre Leistungsgrenze eingesetzt werden	0,3 µm
6	VC-E	3,1 µm/s (1 – 80 Hz)	Die Einhaltung dieses Kriteriums ist sehr schwierig; es kann nur in wenigen Fällen eingehalten werden , vorzugsweise auf nicht unterkellerten Bodenplatten, erforderlich für Geräte höchster Präzision.	< 0,1 µm
7	VC-F	1,6 µm/s (1 – 80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen ; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, <u>nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet</u>	-
8	VC-G	0,8 µm/s (1 – 80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen ; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, <u>nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet</u>	-

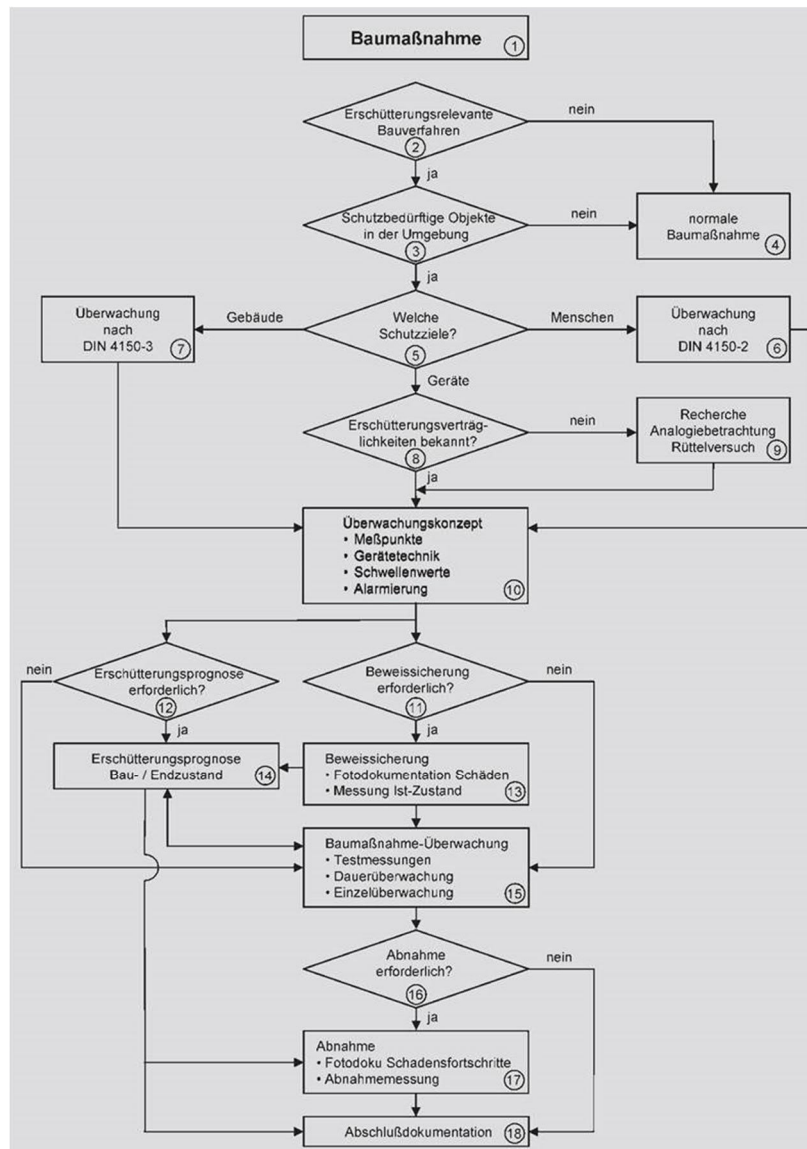
4. Prognose der Erschütterungsimmissionen, Überwachung

Im Bereich der 2 Nichtwohngebäude erfolgten weitere Messungen und Untersuchungen zur Ermittlung des Dämpfungsverhältnisse mittels Downhole-Test (siehe Untersuchung Geotomographie GmbH im Anhang). Es konnte keine Dämpfung ermittelt werden. Im Ergebnis wurden große Streuungen und Ergebnisse außerhalb des Erwartungsbereiches festgestellt. Daher konnte keine detaillierte Prognose der bauzeitlichen Erschütterungen durchgeführt werden.

Während der Bauphase werden Messungen (Langzeitüberwachungen) dem Baufortschritt entsprechend durchgeführt und dauerhaft aufgezeichnet. Bei Beginn einer erschütterungsintensiven Aktivität und in kritischen Phasen werden die Daten direkt vor Ort ausgewertet. In regelmäßigen Intervallen wird ein Messbericht erstellt.

Es wird für die Langzeitüberwachung ein Alarmkonzept insbesondere für die erschütterungsempfindlichen Bereiche der Nichtwohngebäude festgelegt. Darin wird definiert, ab welchem Erschütterungsniveau ein Alarm erfolgt, wer den Alarm erhält und welche Aktionen vorzunehmen sind. Ggf. sind mehrstufige Alarmmeldungen zu empfehlen.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Herangehensweise in Abhängigkeit der Anforderungen dargestellt:



Quelle: M. Schalk/F.-O. Henkel/M. Lerzer · Erschütterungsüberwachung bei Baumaßnahmen

Anlage 10: Unterlagen

- | | | |
|------|--|--|
| /1/ | DIN 45641 | Mittelung von Schallpegeln
Ausgabe 06/1990 |
| /2/ | DIN 45672-1 | Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
Teil 1: Messverfahren, Ausgabe Dezember 2009 |
| /3/ | DIN 45672-2 | Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
Teil 1: Auswerteverfahren , Ausgabe Juli 1995 |
| /4/ | DIN 45669-1 | Messung von Schwingungsimmissionen –
Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen,
Ausgabe September 2010 |
| /5/ | DIN 45669-2 | Messung von Schwingungsimmissionen –
Teil 2: Messverfahren, Ausgabe Juni 2005 |
| /6/ | DIN 4150 – 1 | Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung der Schwingungsgrößen
Ausgabe Juni 2001 |
| /7/ | DIN 4150 – 2 | Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
Ausgabe Juni 1999 |
| /8/ | DIN 4150 – 3 | Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
Ausgabe Februar 1999 |
| /9/ | 24. BImSchV | Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes Immissionsschutz-
gesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV)
Ausfertigungsdatum 04.02.1997 |
| /10/ | 16.BImSchV | Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
(Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) |
| /11/ | Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, | Ausgabe August 1996 (Berichtigt Februar 1999), DB Systemtechnik |
| /12/ | Richtlinie DB 820.2050 | Erschütterungen und sekundärer Luftschall (15.09.2017) |
| /13/ | Richtlinie DB 820.2050A01 | Definitionen, Abkürzungen, Quellverzeichnis (15.09.2017) |
| /14/ | Richtlinie DB 820.2050A02 | Messung und Prognose von Erschütterungseinwirkungen (15.09.2017) |

- | | | |
|------|-------------------------------|--|
| /15/ | Richtlinie DB 820.2050A03 | Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb (15.09.2017) |
| /16/ | Richtlinie DB 820.2050A04 | Erschütterungsmaßnahmen (15.09.2017) |
| /17/ | Richtlinie DB 820.2050A06 | Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen (15.09.2017) |
| /18/ | VDI 3837 | Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen
Spektrales Prognoseverfahren, Ausgabe Januar 2013 |
| /19/ | Geplanter Zustand der Anlagen | Lagepläne Verkehrsanlage Schiene, Lageplan BS 1 bis BS 10) |