

Unterlage: **17.5 Erschütterungsgutachten**
17.5.1 Erschütterungstechnische Untersuchung
zum Baubetrieb – Bereich Auer Straße

Fachbereich: **Erschütterungsschutz**

Bearbeiter/in: Martin Völkel
Funktion: Fachplaner für Erschütterungsschutz
Ingenieurbüro: FUCHS Ingenieurbüro für Verkehrsbau GmbH
Neefestraße 88 | 09116 Chemnitz
Tel.: 0371 369999-0 | Fax: 0371 369999-11
E-Mail: info@ib-fuchs.com

Vorhaben: **Chemnitzer Modell, Stufe 5 – Ausbau Stollberg –
Oelsnitz – St. Egidien**

Vorhabenträger: Zweckverband Verkehrsverbund Mittelsachsen
Am Rathaus 2
09111 Chemnitz

Bundesland: Sachsen

Landkreis: Erzgebirgskreis

Stadt: Stollberg

Unterschrift: gez. Völkel

24.05.2022



Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	4
2. Grundlagen	4
2.1. Berechnungsgrundlagen.....	4
2.2. Beurteilungsgrundlagen.....	6
3. Örtliche Gegebenheiten	7
4. Erschütterungsmessungen	9
4.1. Objekt und Messpunkte	9
4.2. Messaufbau	11
4.3. Messtechnik.....	12
4.4. Maschinen- und Geräteeinsatz	14
4.5. Messdatum und -zeit	17
4.6. Messdurchführung.....	17
5. Erschütterungsprognose.....	17
5.1. Grundsätzliches.....	17
5.2. Celebrate Records GmbH.....	18
5.3. PTF Pfüller GmbH & Co. KG	23
6. Erschütterungsschutzmaßnahmen.....	26
7. Zusammenfassung.....	28
8. Literaturverzeichnis	29
9. Anlagen.....	30
9.1. Messpunkte Celebrate Records GmbH.....	30
9.2. Übersicht Messergebnisse Celebrate Records GmbH	31
9.3. Übersicht Messergebnisse PTF Pfüller GmbH & Co. KG	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Celebrate Records GmbH, Mindestabstände Baugeräte, Maximalwerte aller Messungen	20
Tabelle 2: Celebrate Records GmbH, Mindestabstände Baugeräte, Grenzwerte 1 µm/s	21
Tabelle 3: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Mindestabstände Baugeräte, Maximalwerte.....	24

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizzierung Übertragungsweg von Erschütterungen	5
Abbildung 2: Grenzwerte der Gebrauchstauglichkeit für schwingungsempfindliche Nutzungen	6
Abbildung 3: Beschreibung der VC-Kurven nach typischer Nutzung	7
Abbildung 4: Standort Celebrate Records GmbH.....	8
Abbildung 5: Standort PTF Pfüller GmbH & Co. KG	9
Abbildung 6: schematische Darstellung Messpunkte Celebrate Records GmbH	10
Abbildung 7: schematische Darstellung PTF Pfüller GmbH & Co. KG	11
Abbildung 8: Celebrate Records, Terzspektrum Ruhemessung	18
Abbildung 9: Celebrate Records GmbH, Lageskizze Mindestabstände	22
Abbildung 10: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Terzspektrum Ruhemessung	23
Abbildung 11: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Lageskizze Mindestabstände	25

1. Aufgabenstellung

Im Zuge des Chemnitzer Modells ist geplant, die bestehende „Pilotstrecke“ von Chemnitz nach Stollberg weiter bis nach St. Egidien auszubauen. Dabei soll eine Eingleisige, elektrifizierte Eisenbahnstrecke geschaffen werden. Entlang der neugeplanten Strecke ist vorgesehen, neue Verkehrsstationen zu schaffen und diese zu bedienen. Mit dieser Maßnahme soll das Verdichtungsband Niederdorf / Stollberg / Oelsnitz, sowie das Gewerbegebiet Stollberger Tor erschlossen werden.

Im Zuge der Umsetzung der Neubaustrecke, wird die Auer Straße in Stollberg weitreichend umgestaltet. Es wird eine neue Bahntrasse mittig integriert und die vorhandene Straße in zwei seitlich angeordnete Fahrwege geteilt. Diese Umbaumaßnahmen führen im späteren Baubetrieb zu erheblichen Eingriffen und zur Nutzung verschiedenster Bautechnologien.

Bereits im Vorfeld der Planung haben die Celebrate Records GmbH und die PTF Pfüller GmbH & Co. KG aufgrund der erheblichen Baumaßnahmen Bedenken durch Erschütterungen bei der Umsetzung geäußert.

Die Celebrate Records GmbH ist ein Hersteller von Schallplatten, mit eigenem Tonstudio und Mastering. Die Räumlichkeiten für das Mastering enthalten hochsensible Schneidegeräte, die eine sehr geringe Erschütterungstoleranz besitzen. Kleinste Vibrationen würden das Schallplattenmastering stark beeinflussen, wodurch die benötigte Qualität nicht mehr gewährleistet werden könnte.

Die PTF Pfüller GmbH & Co. KG ist ein Fertigungsbetrieb für Hochpräzisionsbauteile für z.B. Messtechnik, Medizintechnik, Halbleiterindustrie und die Luft- und Raumfahrtindustrie. Es werden hochmoderne Fertigungsmaschinen eingesetzt, die die Bearbeitung von Bauteilen im Bereich $< 1 \mu\text{m}$ ermöglichen. Auch hier ist man in den Fertigungsprozessen auf geringe äußere Vibrationen angewiesen, um die Qualität der Produkte gewährleisten zu können.

Ziel dieser Untersuchung soll die Abschätzung von baubedingten Erschütterungen auf die beiden Firmen sein. Es soll untersucht werden, in welchem Maße Erschütterungen bis ins Innere der Gebäude übertragen werden können und welche Bauverfahren im späteren Baubetrieb kritisch werden könnten. Ebenso sollen mögliche Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungen aus dem Baubetrieb erarbeitet werden.

2. Grundlagen

2.1. Berechnungsgrundlagen

Im Allgemeinen bilden die DIN 4150-2 [1] und DIN 4150-3 [2] die Grundlage für erschütterungstechnische Untersuchungen. Die DIN 4150-2 [2] dient dabei der Beurteilung von Erschütterungen auf Menschen im Gebäude und die DIN 4150-3 [3] betrachtet die Wirkung auf die Gebäude selbst. Die hier durchgeführten Untersuchungen nehmen jedoch eine Sonderstellung ein. Betrachtet werden hier Maschinen und Geräte in Gebäuden bzw. der Einfluss von Erschütterungen auf verschiedenen Fertigungsverfahren.

Mit Hilfe der Bildung von Übertragungsfunktionen wurde sich dem Black-Box-Verfahren bedient. Dieses Verfahren betrachtet ein System unter Vernachlässigung seiner inneren Struktur. Das Systemverhalten wird nur durch die wirkungsspezifische Input-Output-Relation analysiert, was bedeutet, dass eine Aktion am Eingang eine Reaktion am Ausgang zur Folge hat, die miteinander verglichen werden kann. Im konkreten bedeutet das, dass die auf die Gebäude einwirkenden Erschütterungen und die im Gebäudeinneren entstehenden Erschütterungen bekannt sein müssen, um Aussagen über das Systemverhalten zu erlangen, ohne das System selbst näher beschreiben zu müssen.

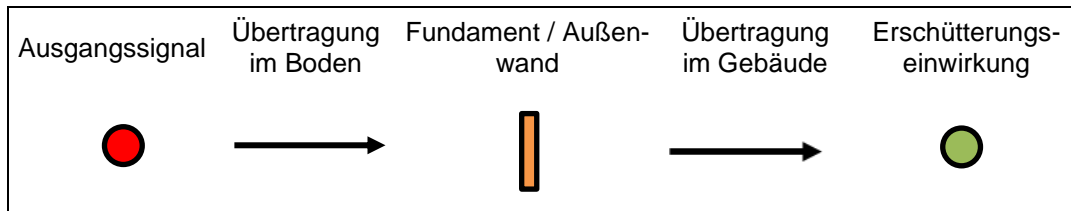


Abbildung 1: Skizzierung Übertragungsweg von Erschütterungen

In Abbildung 1 wird der Weg, den die Erschütterungen zurücklegen vereinfacht dargestellt. Vom Ausgangssignal bis zum Ort der Erschütterungseinwirkung wird das Signal vielfältig gedämpft oder verstärkt. Dämpfungen oder auch Verstärkungen treten im Baugrund, an den Fundamenten und Außenwänden sowie im Inneren der Gebäude beispielsweise im Betonboden auf. Dabei bildet der Gesamtweg ein einzigartiges Systemverhalten, dass je nach Standort unterschiedlich ist.

Im vorliegenden Fall wurde das Systemverhalten durch drei Messpunkte in dieser Kette vereinfacht beschrieben. Es wurden das Ausgangssignal, das Signal am Ort der Erschütterungseinwirkung und ein Signal in gewisser Entfernung im Baugrund aufgezeichnet. Mit Hilfe dieser Signale wurden Übertragungsfunktionen gebildet. Dabei ist eine Übertragungsfunktion in der ingenieurwissenschaftlichen Systemtheorie eine mathematische Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal eines linearen dynamischen Systems in einem Bildraum. Es werden das Eingangs- und Ausgangssignal zueinander in Beziehung gesetzt und Dämpfungen oder Verstärkungen zu analysieren. Im konkreten Fall wurden die Erschütterungssignale im Terzband von 1 – 315 Hz betrachtet.

Messtechnisch wurden das Verhalten der Übertragung im Boden und die Gesamtübertragung von Eingang zu Ausgang betrachtet. Damit sollte die Übertragung durch die Fundamente und die Übertragung im Gebäude rechnerisch bestimmt werden. Mit diesen Informationen sollte dann eine maximale Schwinggeschwindigkeit über die jeweiligen Frequenzen bestimmt werden, die außen am Gebäude anliegen darf, womit die jeweiligen Schwinggeschwindigkeitsgrenzen im Inneren trotzdem eingehalten werden würden. Mit Hilfe der Übertragungsfunktionen im Bereich des Baugrundes sollte dann eine theoretische Rückrechnung erfolgen, um den Mindestabstand zum Gebäude zu bestimmen, der eingehalten werden muss damit die theoretischen Maximalwerte nicht überschritten werden.

2.2. Beurteilungsgrundlagen

Zur Beurteilung der auftretenden Schwinggeschwindigkeiten im Inneren der Gebäude wurde die VDI 2038 [3] herangezogen. Diese Richtlinie findet Anwendung bei Schwingungen die zu Störungen an Bauwerken, Bauteilen, Maschinen und Geräten führen. Dabei werden explizit nur solche Einwirkungen behandelt, die für die Gebrauchstauglichkeit relevant sind. Gleichzeitig wurden zur Grenzwertbildung die „Vibration Criteria curves“ (VC-Kurven) nach Eric Ungar und Colin Gordon [4] herangezogen. Diese Grenzwertkurven werden in der Halbleiter-, Medizintechnik- oder Pharmaindustrie eingesetzt, um maximale Schwinggeschwindigkeiten zu beschreiben die eingehalten werden müssen, um bestimmte Geräte sinnvoll nutzen zu können. Diese Kurven finden aber auch immer breiter Anwendung, da auch in verschiedensten anderen Bereichen hochsensible Geräte verwendet werden.

Grenzwerte der Gebrauchstauglichkeit für schwingungsempfindliche Nutzungen

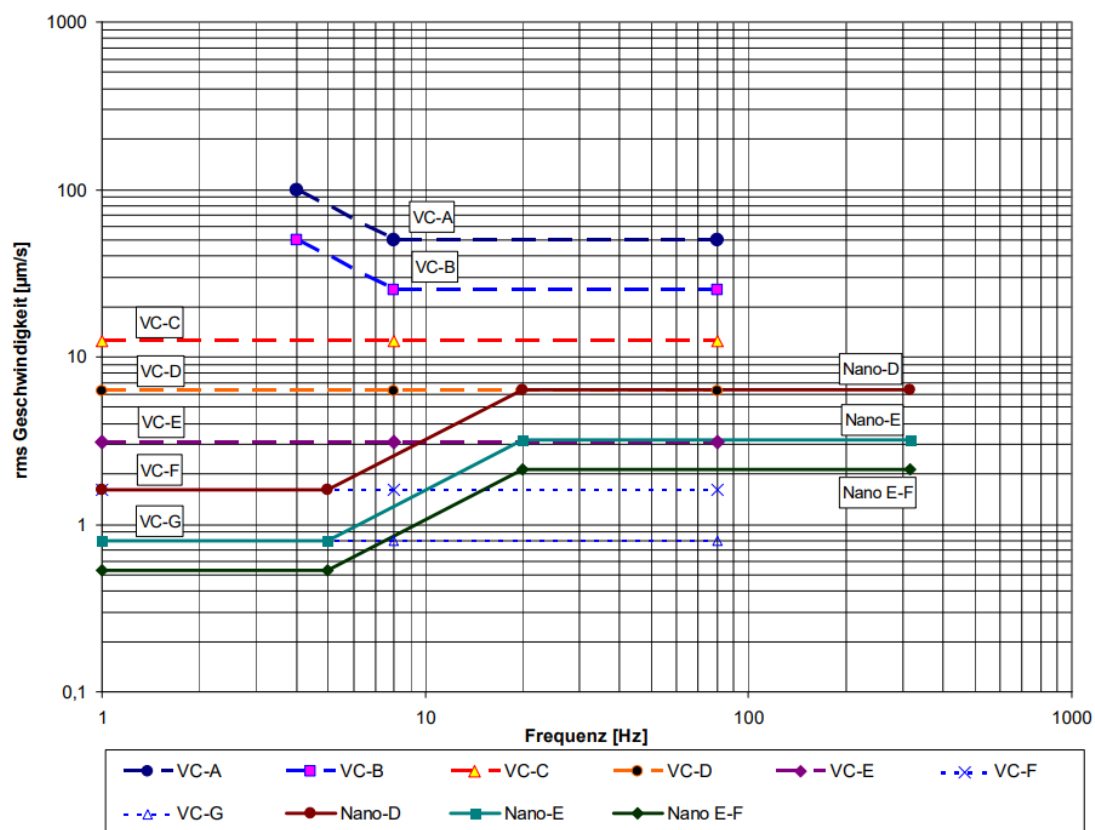


Abbildung 2: Grenzwerte der Gebrauchstauglichkeit für schwingungsempfindliche Nutzungen

Es werden verschiedene Anforderungsklassen beschrieben, die je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausgeprägt sind. Ein Hinweis welche Klasse Anwendung findet gibt bspw. die Strukturgröße in der gearbeitet wird, bzw. die Genauigkeit, die erreicht werden soll.

VC-Linien (Vibration Criteria)	Schwingungspegel RMS-Terzspektren in $\mu\text{m/s}$	Tabelle typischer Nutzungen	Struktur- größe/ Genauigkeit
Menschlich Fühlschwelle	100 (4-80 Hz)	menschliche Fühlschwelle, für empfindliche Schlafbereiche, Opern oder Theater, für Mikroskope mit 100-facher Vergrößerung	30 μm
VC-A	50 (4-80 Hz)	unter fast allen Umständen geeignet für optische Mikroskope mit bis zu 400-facher Vergrößerungen	8 μm
VC-B	25 (1-80 Hz)	ein geeigneter Standard für Inspektionsgeräte, allgemeine anspruchsvolle Labore, Lithografiegeräte (inkl. Stepper) bis zu 3 μm Strukturbreite	3 μm
VC-C	12,5 (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
VC-D	6,25 (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
VC-E	3,1 (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
VC-F	1,6 (1-80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen, dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet.	-
VC-G	0,8 (1-80 Hz)	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen, dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet.	

Abbildung 3: Beschreibung der VC-Kurven nach typischer Nutzung

3. Örtliche Gegebenheiten

Objekt 1

An der Adresse Am Birkenwäldchen 2 in 09366 Stollberg liegt das Firmengebäude der Celebrate Records GmbH. Es befindet sich direkt an der Kreuzung Auer Straße / Am Birkenwäldchen, östlich der Auer Straße und nördlich der Straße Am Birkenwäldchen. Das Aufnahmestudio und die Räumlichkeiten für das Schallplattenmastering befinden sich im Untergeschoss des westlichen Anbaus. Der Anbau ist ca. 17 m von der Auer Straße entfernt. Zwischen Straße und Gebäude befindet sich ein Geh- und Radweg sowie eine Rasenfläche.

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien



Abbildung 4: Standort Celebrate Records GmbH

Bei der Errichtung des Gebäudes wurden keine relevanten erschütterungsschutzmaßnahmen getroffen. Nach einem Baugrundgutachten der Geotechnischen Ingenieurbüro Dipl.-Ing A. Pampel GmbH aus dem Jahr 2016 befindet sich am Firmensitz bis zu einer Tiefe von 2,2 m weicher bis halbfester Tonschieferzersatz. Ab einer Tiefe von 2,2 m ist fester, nicht rammbarer Tonschieferzersatz vorgefunden worden.

Objekt 2

Die Gebäude der PTF Pfüller GmbH & Co. KG befinden sich an der Auer Straße 7 in 09366 Stollberg. Die Firma liegt an der Kreuzung Auer Straße / Albert-Schweizer-Straße westlich der Auer Straße und südliche der Albert-Schweizer-Straße. Es sind zwei Werkhallen vorhanden wobei in der nördlichen Halle die erschütterungssensibleren Maschinen untergebracht sind. Die Maschinen befinden sich im Erdgeschoss. Diese Werkhalle ist ca. 10 m von der Auer Straße entfernt gelegen.



Abbildung 5: Standort PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Die Bodenplatte der nördlichen Werkhalle wurde in drei Teilplatten untergliedert. Im Zentrum der Halle befindet sich die Qualitätsabteilung der Firma. Dieser Bereich ist wiederum schwingungstechnisch abgekoppelt worden zum Rest der Werkhalle und in Richtung des Baugrunds. Nach einem Baugrundgutachten der Geotechnischen Ingenieurbüro Dipl.-Ing A. Pampel GmbH aus dem Jahr 2016 befindet sich am Firmensitz bis zu einer Tiefe von 0,45 m weicher Schluff und bis zu einer Tiefe von 1,4 m steifer bis halb fester Tonschieferzersatz. Ab einer Tiefe von 1,4 m ist fester, nicht rammbarer Tonschieferzersatz vorgefunden worden.

4. Erschütterungsmessungen

4.1. Objekt und Messpunkte

Im Zuge der erschütterungstechnischen Untersuchungen wurden für beide Standorte gesondert Messungen durchgeführt. Dabei wurden je nach vorhandener Aufstellfläche unterschiedlich große Umfänge gewählt. Die Messpunkte wurden in den Gebäuden in der Nähe zu den erschütterungsempfindlichen Geräten und Maschinen ausgewählt, um zu gewährleisten, dass die Einwirkung der Erschütterungen auf die Geräte und Maschinen möglichst präzise abgeschätzt werden können.

Objekt 1 Celebrate Records GmbH

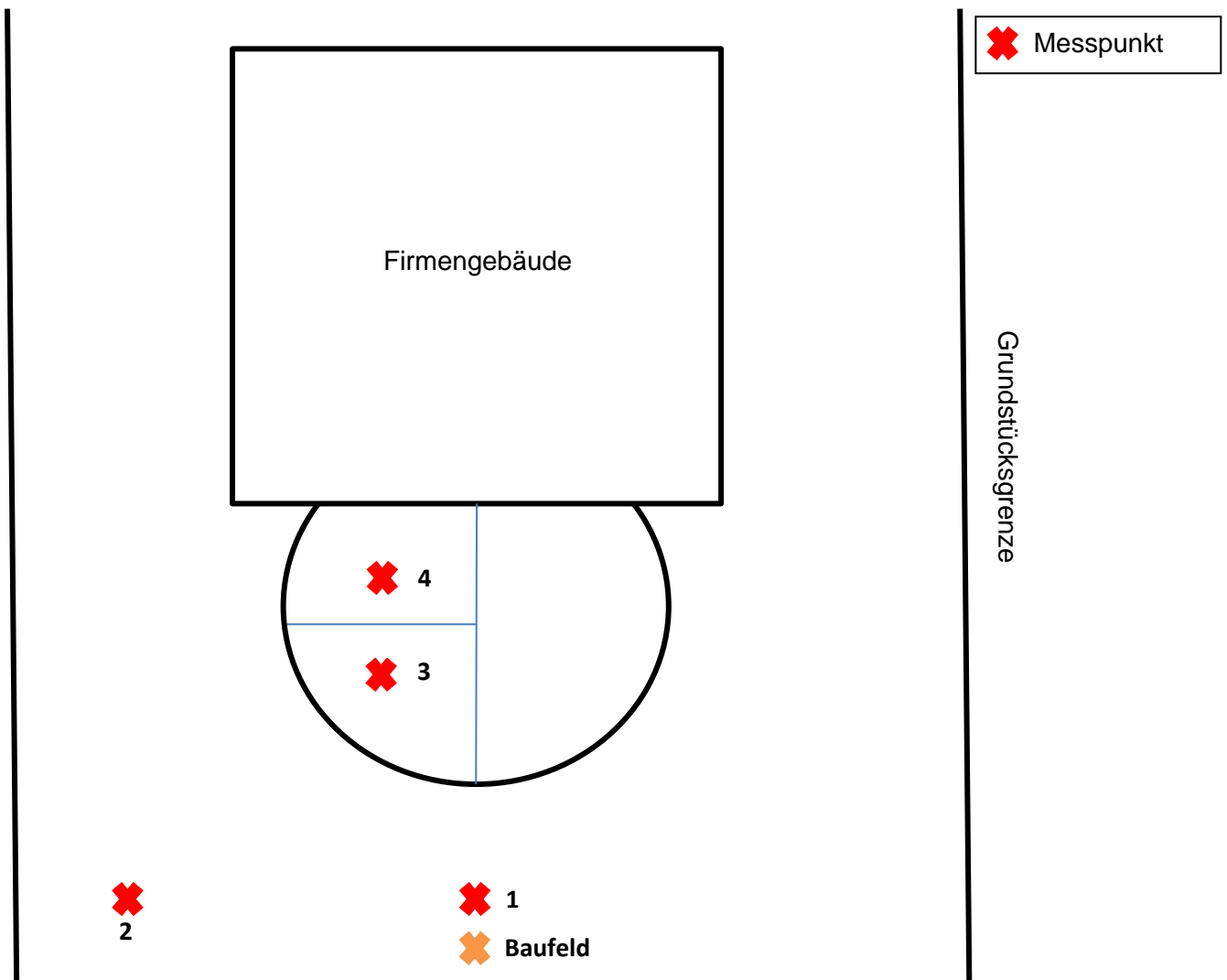


Abbildung 6: schematische Darstellung Messpunkte Celebrate Records GmbH

Beim Standort Celebrate Records GmbH wurden insgesamt vier Messpunkte verwendet. Ein Messpunkt beschrieb das Ausgangssignal direkt am Baufeld, auf der Wiese vor dem Gebäude. Dieser Punkt sowie das Baufeld wurden mittig zum Firmengebäude platziert. Ein weiterer wurde in ca. 13 m Entfernung ebenfalls auf der Wiese eingerichtet. Zwei Messpunkte befanden sich im Untergeschoss des Gebäudes in jeweils einem Raum, der für das Mastering genutzt wird.

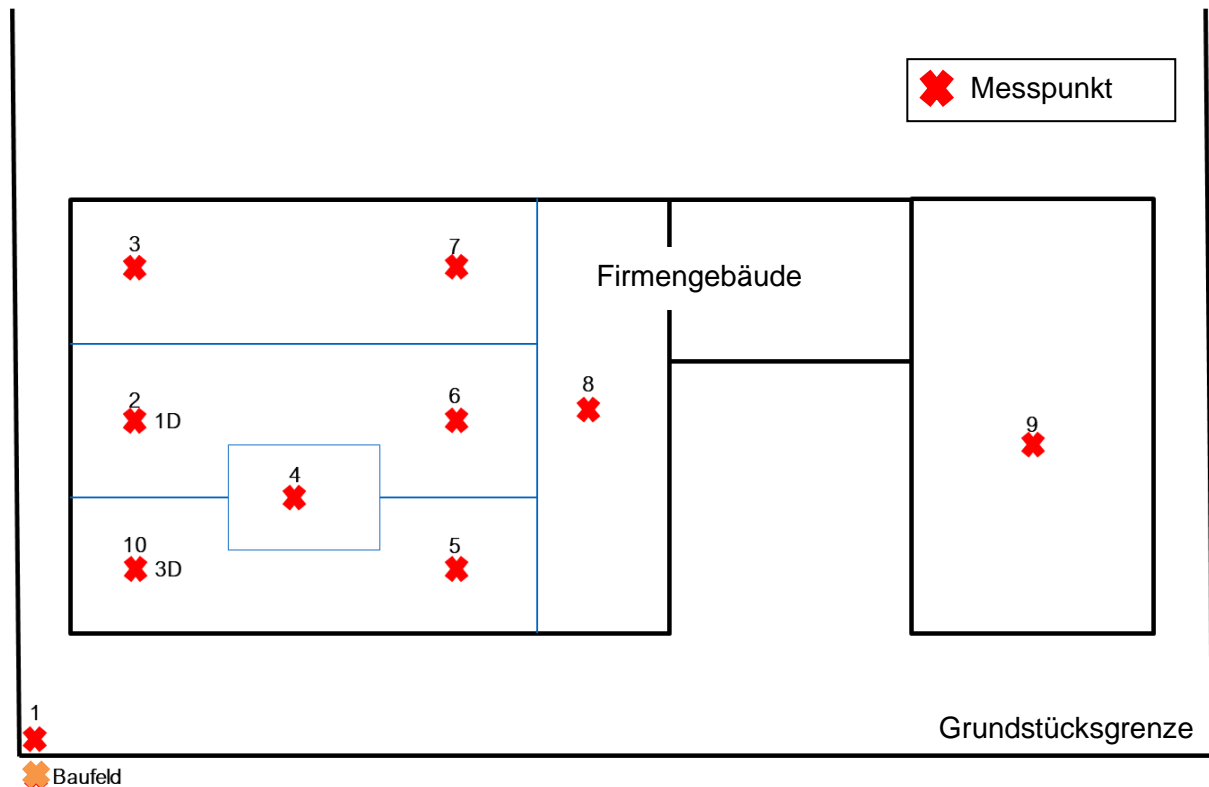
Objekt 2 PTF Pfüller GmbH & Co. KG


Abbildung 7: schematische Darstellung PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Durch das sehr begrenzte Platzangebot in der Umgebung der PTF Pfüller GmbH & Co. KG war die einzige vertretbare Möglichkeit für Erschütterungsanregungen der Wiesenbereich an der Kreuzung Auer Straße / Albert-Schweizer-Straße. Hier wurde das Baufeld errichtet und ein Sensor zur Aufzeichnung der Ausgangssignale positioniert. Des Weiteren wurden neun Messpunkte in den Firmengebäuden verteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass pro Bodenplatte in der nördlichen Werkhalle zwei Messpunkte vorhanden waren und die Qualitätssicherung extra vermessen wurde. Ein weiterer Messpunkt war im Ausbildungsbereich und einer in der derzeit für eher größere Arbeiten genutzten südlichen Werkhalle.

4.2. Messaufbau

Der Messaufbau wurde entsprechend der DIN 45669-2 [5] durchgeführt. Es wurde darauf geachtet fest verbaute Untergründe zu verwenden die weder lose noch locker sind. Die Messpunkte in den Gebäuden lagen im Raum, wenn möglich in mittiger Lage oder aber mit ausreichendem Abstand zu einer Wand. Die Ankopplung wurde durch eine Sensorhalteplatte mit entsprechenden Füßen (rund bzw. spitz) realisiert, an die der jeweilige Sensor fest verschraubt wurde. Sensoren im Erdreich wurden mit Hilfe verrohrter Bohrlöcher in den Boden eingebracht. Dabei wurde das Bohrlochende nach Möglichkeiten begradigt. Die Sensoren wurden in einer eigens angefertigten Kapsel in das jeweilige Rohr eingebracht. Durch die Kapsel konnte ein

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Verkippen der Sensoren im Rohr verhindert werden. Zusätzlich wurden die Sensoren mit feinkörnigem Sand „eingegraben“ wodurch eine bestmögliche Ankopplung an den Erdboden realisiert werden sollte.

Objekt 1 Celebrate Records GmbH

Die beiden Messpunkte im Außenbereich wurden in ca. 2,5 m Tiefe in den Erdboden eingebracht. Dafür wurde ein verrohrtes Bohrloch verwendet in welches jeweils ein Triaxialsensor wie bereits beschrieben eingebracht wurde. Im Untergeschoss des Gebäudes wurden die beiden Masteringräume mit jeweils einem Uniaxialsensor ausgestattet. Wie in Anlage 9.1 gezeigt wurden die Sensoren mittels Halteplatten auf spitzen Füßen auf Teppichboden aufgestellt. Alle Sensoren wurden mittels Kabel ans Frontend angebunden.

Objekt 2 PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Der Messpunkt im Außenbereich wurden in ca. 2,5 m Tiefe in den Erdboden eingebracht. Dafür wurde ein verrohrtes Bohrloch verwendet in welches ein Triaxialsensor wie bereits beschrieben eingebracht wurde. In den Werkhallen der Firma wurden mehrere Messpunkte ausgewählt. Dadurch das nicht alle Messpunkte bedient werden konnten, war es nötig die einzelnen Messungen zu wiederholen und die Sensoren an den jeweiligen Messpunkten neu zu verteilen. Die Sensoren wurden mittels Halteplatten auf runden Füßen auf harten Böden aufgestellt. Alle Sensoren wurden mittels Kabel ans Frontend angebunden

4.3. Messtechnik

Verwendet wurde das folgende Messsetup:

Beschleunigungsaufnehmer Triaxial

Hersteller	Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.
2x Typ	KS823B
Empfindlichkeit	51 mV/(m/s ²)
Frequenzbereich	0,07 – 6000 Hz (\pm 3 dB)
Eigenfrequenz	> 9 kHz
Eigenrauschen	< 26 μ g (0,5 – 20000 Hz)
Temperaturbereich	-30 – 90 °C

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Beschleunigungsaufnehmer Uniaxial

Hersteller	Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.
2x Typ	KS48C
Empfindlichkeit	100 mV/(m/s ²)
Frequenzbereich	0,07 – 4000 Hz (\pm 3 dB)
Eigenfrequenz	> 7 kHz
Eigenrauschen	< 14 μ g (0,5 – 10000 Hz)
Temperaturbereich	-20 – 120 °C

Mobiles Multikanal-Frontend

Hersteller	HEAD acoustics GmbH
Typ	SQuadriga III
Frequenzbereich	0 – 20000 Hz
ICP-Versorgung	2 mA / 4 mA bei 23 V

Software

ArtemiS SUITE 13.0

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

4.4. Maschinen- und Geräteeinsatz

Objekt 1 Celebrate Records GmbH

Durch die große zur Verfügung gestellte Fläche konnte hier ein 2,5 m x 2,5 m weite Baugrube hergestellt werden. Diese Grube wurde zunächst bis in ca. 2 m Tiefe errichtet, um möglichst festen Baugrund zu erreichen. Im Anschluss wurde mit verschiedenen Geräten und Maschinen direkt in der Baugrube gearbeitet. Zusätzlich wurde ein Bohrgerät verwendet, um auch Erschütterungen aus dem Bohrbetrieb zu untersuchen. Zum Einsatz kamen:

Bodenverdichter

Hersteller	Weber Maschinentechnik GmbH
Typ	CR 8
Masse	601 kg
Nennleistung	9,5 kW
Frequenz	67,5 Hz

Stampfer

Hersteller	Weber Maschinentechnik GmbH
Typ	SRV 590
Masse	62 kg
Nennleistung	2,7 kW
Schlagzahl	700 1/min

Bagger mit Meiselaufsatz

Hersteller	Epiroc Construction Tools GmbH
Typ	MB 1500
Max. Druck	180 bar
Schlagzahl	330 – 680 1/min

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Bagger mit Fräßaufsatz

Hersteller	KEMROC Spezialmaschinen GmbH
Typ	KR 18
Max. Drehmoment	2000 Nm
Max. Schneidkraft	17778 N
Drehzahl	100 U/min
Meißelanzahl	44

Ankerbohrgerät

Hersteller	Interoc
Typ	AN 150
Drehzahl	40 - 86 1/min
Einzelschlagenergie	500 nm

Sprengungen

Probesprengungen mit 50 g und 70 g Lademenge. Durchgeführt durch die Fa. Jens Weiß – Bohren & Sprengen GmbH aus Annaberg-Buchholz.

Objekt 2 PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Durch das sehr geringe Platzangebot wurden die Untersuchungen an diesem Standort in verkleinertem Umfang durchgeführt. Zur Simulation von Verdichtungsarbeiten kam ein Bodenverdichter zum Einsatz. Um das Übertragungsverhalten in tieferen Lagen des Bodens zu untersuchen, kamen zwei verschiedene Bohrgeräte zum Einsatz, wobei mit zwei unterschiedlichen Bohrkronen gearbeitet wurde, um möglichst vielfältige Erschütterungen auszulösen, bzw. möglichst starke Erschütterungen zu erwirken. Eingesetzt wurden die folgenden Maschinen und Geräte:

Bodenverdichter

Hersteller	Weber Maschinenteknik GmbH
Typ	CR 8
Masse	601 kg
Nennleistung	9,5 kW
Frequenz	67,5 Hz

Ankerbohrgerät

Hersteller	Interoc
Typ	AN 150
Drehzahl	40 - 86 1/min
Einzelschlagenergie	500 nm

Bohrgerät

Hersteller	Liebherr
Typ	LB16-180
Drehmoment	0 – 180 kNm
Drehzahl	0 – 52 1/min
Bohrkronen	Progressivbohrschnecke
	Felsbohreimer

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

4.5. Messdatum und -zeit

Objekt 1 Celebrate Records GmbH

Datum 21.01.2022 bis 23.01.2022

Uhrzeit 9:00 Uhr – 16:00 Uhr

Objekt 2 PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Datum 10.12.2021 bis 12.12.2021

Uhrzeit 9:00 Uhr – 16:00 Uhr

4.6. Messdurchführung

Auf Grundlage der gängigen Regelwerke wurde mit der in Punkt 4.3 aufgeführten Messtechnik an allen Messorten im Einzelnen erfasst:

- Der zeitliche Verlauf der Schwinggeschwindigkeit v_x gleichzeitig an mehreren Standorten. Da wo mehr Standorte als vorhandene Sensoren vorhanden waren, wurden alle Standorte nacheinander gemessen. Dabei wurden die Sensorstandorte im Außenbereich immer beibehalten.
- Maschinen- und Geräteparameter, Arbeitstiefen

Im Allgemeinen erfolgten die Messungen über einer Zeitdauer von jeweils 120 s. Vor der erfassten Stichprobengesamtheit erfolgten zur Information zusätzliche Messungen für die Bestimmung der Grundbelastung ohne definierte Anregung an allen Messpunkten.

5. Erschütterungsprognose

5.1. Grundsätzliches

Um Aussagen über zu erwartende Erschütterungseinwirkungen aus dem Baubetrieb treffen zu können, wurden in verschiedenen Versuchsreihen möglichst praxisnah Erschütterungen in die Gebäude induziert. Dabei wurden mögliche Bautechnologien die später zum Einsatz kommen könnten abgewogen und ein geeigneter Versuchsplan erstellt.

Durch die kleine Baufläche an der PTF Pfüller GmbH & Co. KG wurde ein verkleinerter Versuchsaufbau entwickelt. Dabei sollten die hier erhaltenen Ergebnisse mit den Ergebnissen bei der Celebrate Records GmbH zusammengeführt werden, um trotzdem weitläufigere Aussagen treffen zu können. Daten, die die Ausbreitung im Boden beschreiben und solche die von anderen Geräten, die nicht zum Einsatz kamen bei der PTF Pfüller GmbH, sollten mit Hilfe von theoretischen Berechnungen auch auf diesen Standort übertragen werden.

5.2. Celebrate Records GmbH

Grenzwertbestimmung

Zur Festlegung eines Grenzwertes wurden unter Rücksprache mit den Verantwortlichen der Firma die DIN 45536 [7] und DIN 45537 [8] herangezogen. Aus diesen beiden Normen ergeben sich für das Schallplattenmastering eine peak-to-peak-Amplitude von 80 nm in der Rillenauslenkung, um den normgerechten Signal-Rausch-Abstand zu gewährleisten.

Ausgehend von 80 nm maximalen Schwingweges der Erschütterungen wurde unter zu Hilfe-nahme des Schwinggesetzes für harmonische Schwingungen, eine maximale Schwinggeschwindigkeit von 5 µm/s bei 1 Hz vereinfacht ermittelt.

$$s = \frac{v}{2\pi f}$$

v = Schwinggeschwindigkeit s = Schwingweg f = Frequenz

Unter Berücksichtigung der VDI 2038 [3] in Verbindung mit den VC-Kurven [4] wurde zunächst die VC-E-Kurve mit maximal 3,125 µm/s Schwinggeschwindigkeit ausgewählt. Dadurch, dass das maschineneigene Schwingverhalten nicht bekannt ist, diese Geräte sehr alt sind und daher nicht so schwingungsoptimiert wie moderne Geräte sind und dass diese Untersuchungen eine gewisse Ungenauigkeit bieten, wurde die nächstniedrigere Kurve die VC-F-Kurve (1,6 µm/s) als Grenzwert ausgewählt, um auf der sicheren Seite der Betreiber zu sein.

Zur Validierung der Grenzkurve wurde an beiden Messpunkten im Gebäude eine Ruhemes-sung durchgeführt, bei der keine definierte Anregung vorlag.

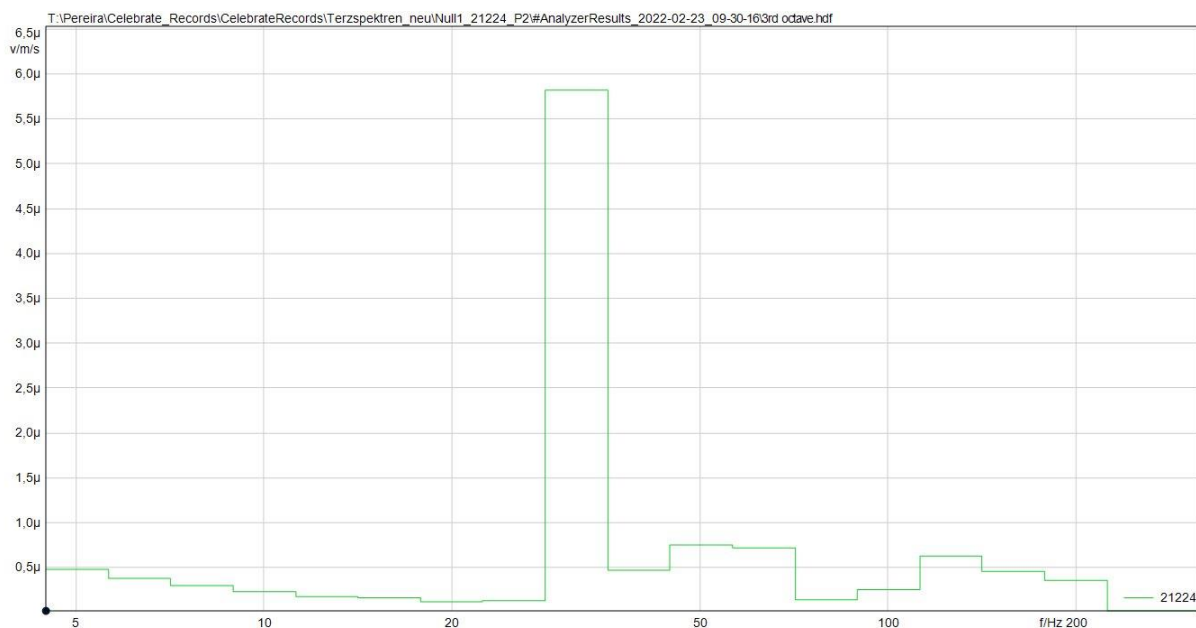


Abbildung 8: Celebrate Records, Terzspektrum Ruhemessung

Wie Abbildung 8 von einem Messpunkt veranschaulicht, wurde in der Ruhemessung das Einhalten der Grenzwertkurve nachgewiesen. Der Ausreißerwert bei ca. 30 Hz kommt vermutlich durch Lüftungsanlagen oder andere elektronische Geräte die Vibrationen verursachen zustande. Die Grenzkurve findet somit in der nachfolgenden Betrachtung wie beschriebene Anwendung.

Messergebnisse

Die ermittelten Messergebnisse wurde, wie beispielhaft in Anlage 9.3 für die Verdichtungsarbeiten mit dem Plattenverdichter gezeigt, aufbereitet. Es wurden für alle durchgeführten Arbeiten die Übertragungsfunktionen im Baugrund und die Übertragungsfunktionen ins Innere ermittelt. Im Anschluss wurde die Übertragungsfunktion im Baugrund auf einen Meter Wegstrecke normiert, um später die theoretische Abschätzung des Mindestabstandes der Geräte zu berechnen. Dann wurde durch Abzug der Dämpfung im Baugrund von der Gesamtdämpfung ins Innere, die Dämpfung von der Außenwand zum Messpunkt im Inneren berechnet. Somit konnte mittels Rückrechnung und Einsetzen der Grenzwerte ein Maximalwert für die Schwinggeschwindigkeit an der Gebäudefassade ermittelt werden. Über die theoretische Bodendämpfung wurde dann ein Mindestabstand erstellt, der eingehalten werden muss, um die maximalen Werte am und im Gebäude nicht zu überschreiten.

Die Tabelle der Anlage 9.3 enthält nur positive minimale Entfernungen. Rechnerisch negative Entfernungswerte wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit entfernt, da in diesen Frequenzbereichen die Grenzwerte von vornherein eingehalten werden. Unplausible Entfernungswerte (starke Abweichung zu restlichen Werten) wurden ebenfalls eliminiert.

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Im Ergebnis erhielt man folgende Abstandstabelle:

Tabelle 1: Celebrate Records GmbH, Mindestabstände Baugeräte, Maximalwerte aller Messungen

f [Hz]	Minimale Entfernung [m] für Grenzwert 1,6 $\mu\text{m/s}$					
	Meisel	Sprengung 70g	Fräse	Bohren	Verdichten	Baubetrieb
5		4,36				
6,3		3,38				
8		2,59				
10		2,22				
12,5		2,24				
16	2,67	4,82				
20	14,48	9,74				
25	16,13	23,60	1,67			2,72
31,5	27,06	61,75	21,43			16,58
40	17,59	53,65	2,06			7,45
50	19,15	47,57	3,97		19,98	8,82
63	23,54	28,67	8,70		36,53	10,19
80	28,65	29,91	16,78	9,25	19,96	13,32
100	30,59	46,27	12,75	2,00	27,41	10,26
125	24,93	58,34	7,93		31,88	11,82
160	29,09	74,03	15,25		26,58	17,45
200	48,90		9,71		17,16	17,56
250		50,86				4,64
315		4,28				
Mindest- entfernung	48,90	74,03	21,43	9,25	36,53	17,56

Es konnte für alle durchgeführten Arbeiten ein Mindestabstand ermittelt werden, der eingehalten werden müsste, damit die Grenzwerte nicht überschritten werden würden. Es wurde zusätzlich der allgemeine Baubetrieb beim Herstellen der Baugrube ausgewertet. Gut in der Tabelle erkennbar ist, dass jede Maschine bzw. Gerät einen eigenen Frequenzbereich nutzt. Das Bohren passiert in einem sehr engen Frequenzband, wohingegen das Sprengen breitbandige Erschütterungen auslöst, was man auch so in einer theoretischen Betrachtung erwartet hätte.

Zur Validierung der Ergebnisse wurden Erfahrungswerte der Firma mit anderen Bauprojekten aus der Nachbarschaft berücksichtigt. Nach Schilderung des Geschäftsführers wurden in der Vergangenheit Umbauarbeiten an der Volksbankfiliale in der Auer Straße 11A durchgeführt, bei denen es zu Verdichtungsarbeiten mit Plattenrüttlern kam. Demnach konnte während den Verdichtungsarbeiten nicht die notwendige Qualität beim Mastering erreicht werden.

Der Bereich der damaligen Arbeiten war ca. 30 m bis 40 m vom Firmengebäude entfernt. Damit stimmen diese Aussage und die Messergebnisse so weit überein, dass der frühere Baubereich teilweise im kritischen Bereich der Messergebnisse liegt. Um den Aussagen gerecht zu werden und um auf der planerisch sicheren Seite im späteren Baubetrieb zu sein, wurde die Grenzkurve verschärft. Als neuer Grenzwert wurde 1 $\mu\text{m/s}$ über alle Frequenzen eingeführt. Dieser Wert würde nach wie vor durch die Ruhemessungen unterschritten werden und

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

würde nur eine minimale Überschreitung des Ruhepegels bedeuten. Die sich aus dem neuen Grenzwert ergebenden Mindestabstände sind wie folgt:

Tabelle 2: Celebrate Records GmbH, Mindestabstände Baugeräte, Grenzwerte 1 $\mu\text{m/s}$

f [Hz]	Minimale Entfernung [m] für 1 $\mu\text{m/s}$					
	Meisel	Sprengung 70g	Fräse	Bohren	Verdichten	Baubetrieb
5	2,39	6,52	1,74			
6,3	0,92	5,26	0,54			0,46
8		4,47				
10		4,57				
12,5	1,72	4,90				
16	6,40	7,44				
20	18,49	12,66	2,29			1,35
25	20,33	29,13	4,70			5,73
31,5	34,05	75,21	26,80			20,53
40	21,23	63,16	5,13	3,76		10,30
50	22,66	54,60	8,02		23,15	11,65
63	27,88	33,40	13,32	0,48	42,04	13,01
80	31,33	34,02	21,03	13,61	26,16	15,99
100	32,94	51,22	15,30	3,94	30,36	12,70
125	28,19	63,79	10,22		34,57	13,81
160	32,11	84,21	17,72		34,28	19,19
200	55,33		12,02		20,58	19,93
250	4,89	68,86				8,43
315		9,16		9,14		
Mindest- entfernung	55,33	84,21	26,80	13,61	42,04	20,53

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Zur Veranschaulichung wurden die ermittelten Abstände in einer Karte zusammengefasst, dabei wurden die Abstände um das gesamte Gebäude gezeichnet:

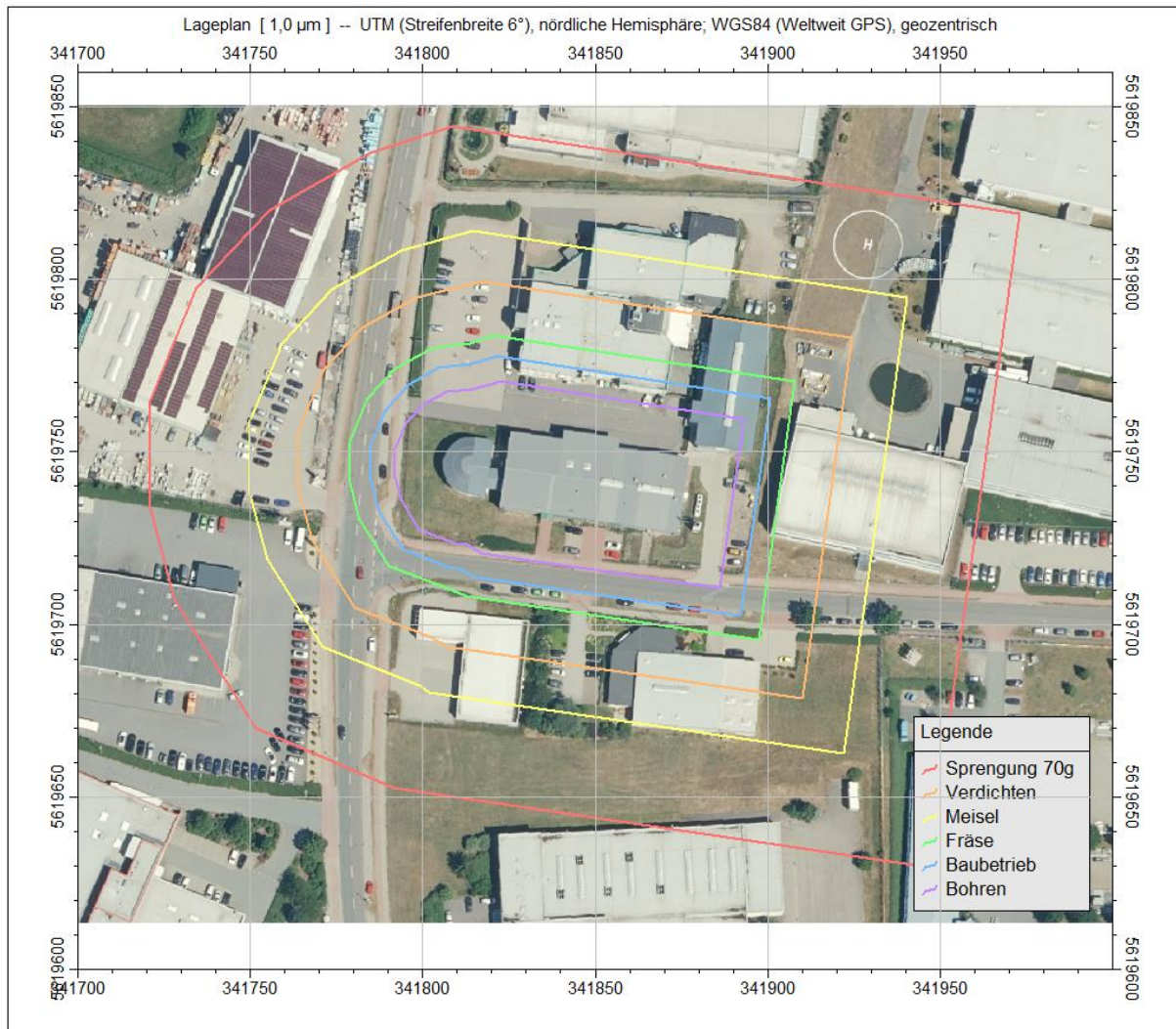


Abbildung 9: Celebrate Records GmbH, Lageskizze Mindestabstände

5.3. PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Grenzwertbestimmung

Zur Festlegung eines Grenzwertes wurden die VDI 2038 [3] in Verbindung mit den VC-Kurven [4] herangezogen. Dabei wurde eingezogen, dass bei den Bearbeitungsprozessen in der Firma in Bereichen $< 1 \mu\text{m}$ gearbeitet wird. Es wurde als Grenzwertkurve im Inneren die VC-D-Kurve mit $6,25 \mu\text{m/s}$ für Strukturen von $0,3 \mu\text{m}$ Größe angesetzt.

Zur Validierung der Grenzkurve wurde an allen Messpunkten im Gebäude eine Ruhemessung durchgeführt, bei der keine definierte Anregung vorlag.

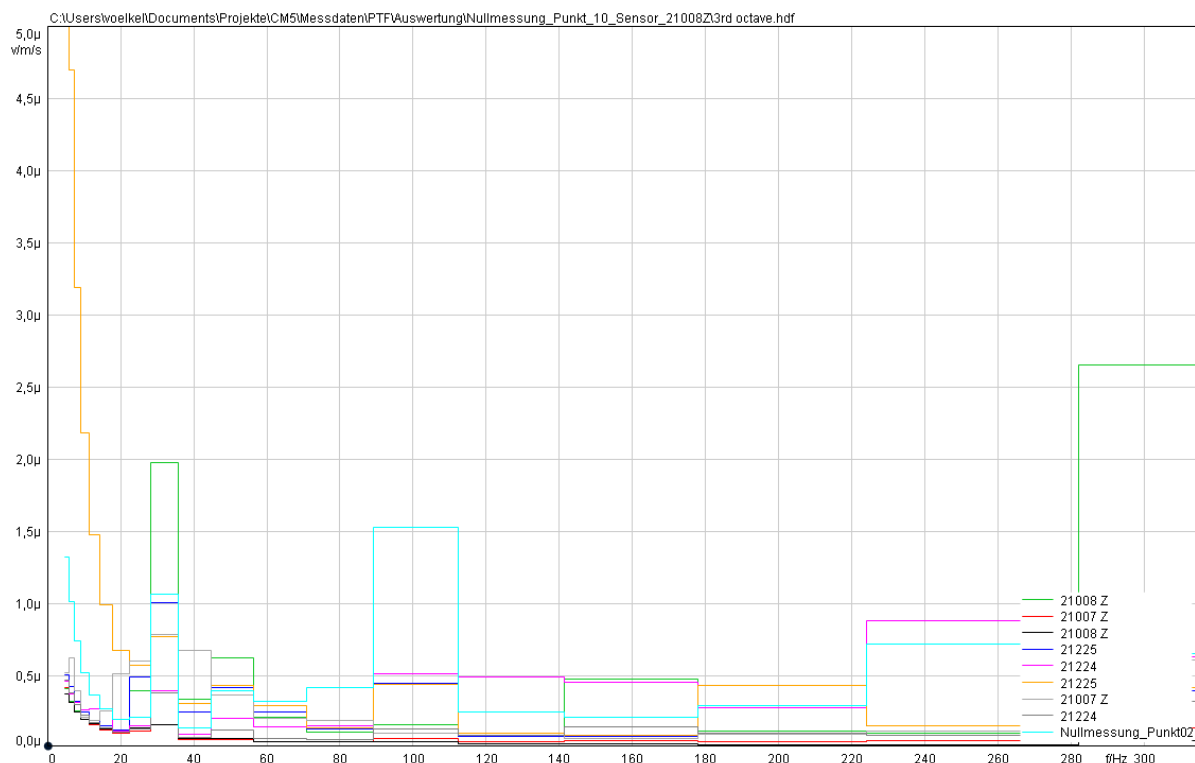


Abbildung 10: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Terzspektrum Ruhemessung

In Abbildung 10 sind die Ruhemessungen aller Messpunkte im Inneren der Gebäude veranschaulicht. Das Einhalten der Grenzwertkurve im Ruhezustand konnte somit nachgewiesen werden. Die Grenzkurve findet somit in der nachfolgenden Betrachtung wie beschrieben Anwendung.

Messergebnisse

Die ermittelten Messergebnisse wurde, wie beispielhaft in Anlage 9.4 für die Verdichtungsarbeiten mit dem Plattenverdichter gezeigt, aufbereitet. Es wurden für alle durchgeführten Arbeiten die Übertragungsfunktionen ins Innere ermittelt. Für die Übertragungsfunktionen im Baugrund wurden, die ermittelten Messwerte bei der Celebrate Records GmbH übernommen.

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Für Arbeiten, die bei der Celebrate Records GmbH aber nicht bei der PTF Pfüller GmbH & Co. KG durchgeführt wurden, wurden die jeweils schlechtesten Dämpfungswerte im Baugrund mit den schlechten vorhandenen Dämpfungswerten im Inneren der PTF Pfüller GmbH & Co. KG kombiniert. Somit konnten trotzdem theoretische Aussagen getroffen werden, die auf der sicheren Seite der Firma liegen sollten.

Die Tabelle der Anlage 9.4 enthält nur positive minimale Entfernungen. Rechnerisch negative Entfernungswerte wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit entfernt, da in diesen Frequenzbereichen die Grenzwerte von vornherein eingehalten werden. Unplausible Entfernungswerte (starke Abweichung zu restlichen Werten) wurden ebenfalls eliminiert.

Im Ergebnis erhielt man folgende Abstandstabelle:

Tabelle 3: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Mindestabstände Baugeräte, Maximalwerte

f [Hz]	Minimale Entfernung [m] für 6,25 µm/s					
	Meisel	Sprengrung 70g	Fräse	Bohren	Verdichten	Baubetrieb
5	2,58	8,94				
6,3	3,19	7,51				
8		8,34				
10		7,49				
12,5	3,15	6,76				
16	0,33	6,49				
20	9,35	5,90				
25	16,16	10,62				1,78
31,5	10,24	9,72				
40	17,04	23,98				4,58
50	11,58	18,38				2,40
63	16,66	21,31			13,48	4,03
80	16,04	19,89			10,47	5,99
100	17,25	20,76	2,22	2,89		7,90
125	12,95	18,18	1,18			6,06
160	17,61	36,07	3,97			8,16
200			5,08			9,19
250		17,11				
315	16,92	4,25				
Mindest- entfernung	17,61	36,07	5,08	2,89	13,48	9,19

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

Es konnte für alle durchgeführten und theoretisch berechneten Arbeiten ein Mindestabstand ermittelt werden, der eingehalten werden müsste, damit die Grenzwerte nicht überschritten werden würden.

Zur Validierung der Ergebnisse wurden ebenfalls Erfahrungswerte der Firma mit anderen Bauprojekten aus der Nachbarschaft berücksichtigt. Hier konnte auf keine weitreichenderen Erfahrungen zurückgegriffen werden, weshalb die Schwinggeschwindigkeitsgrenze so beibehalten wurde.

Zur Veranschaulichung wurden die ermittelten Abstände in einer Karte zusammengefasst, dabei wurden die Abstände um das gesamte Gebäude gezeichnet:

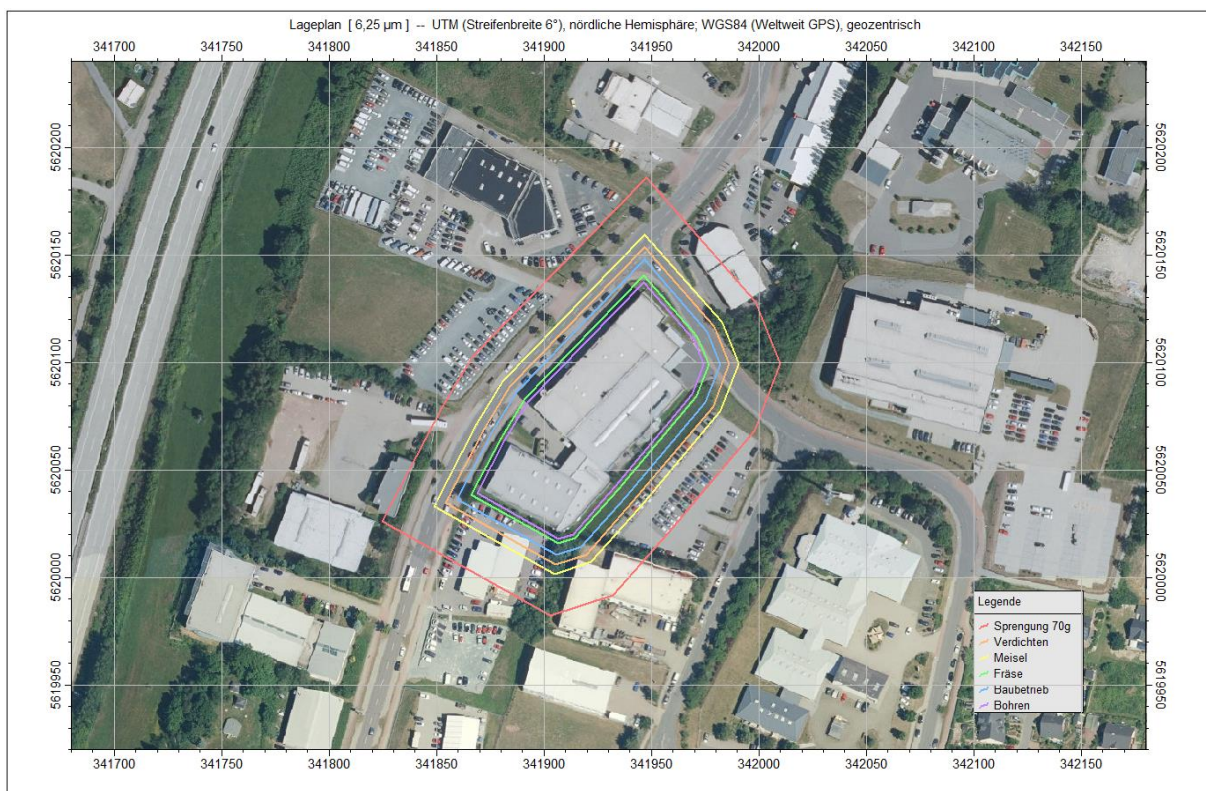


Abbildung 11: PTF Pfüller GmbH & Co. KG, Lageskizze Mindestabstände

6. Erschütterungsschutzmaßnahmen

Durch die hier ausgefertigten Untersuchungen wurde die Möglichkeit geschaffen, Erschütterungsschutzmaßnahmen, wenn benötigt näher zu beschreiben. Im Folgenden wurden organisatorische, Bautechnologische, aktive und messtechnische Erschütterungsschutzmaßnahmen betrachtet.

Organisatorische Maßnahmen

In Zusammenhang mit dieser Untersuchung, wurde mit den jeweiligen Verantwortlichen der beiden Firmen, bereits erste organisatorische Maßnahmen, die während der Baudurchführung Anwendung finden sollen, besprochen und festgehalten.

Celebrate Records GmbH:

- kurzzeitige, starke Erschütterungen wie Sprengungen, können unter kurzfristiger Absprache in Pausen oder außerhalb der regulären Arbeitszeit realisiert werden
- Seitens Celebrate Records GmbH wurde ein allgemeines Zeitfenster von freitags 15:00 Uhr bis montags 7:00 Uhr für das uneingeschränkte Arbeiten des Baubetriebs zugesichert.
- Unter regelmäßiger Absprache mit dem späteren Baubetrieb können bis zu zwei weitere Werktage für das freie Arbeiten des Baubetriebs zugesichert werden.

PTF Pfüller GmbH & Co. KG

- kurzzeitige, starke Erschütterungen wie Sprengungen, können unter kurzfristiger Absprache in Pausen oder außerhalb der regulären Arbeitszeit realisiert werden
- Die Firma fertigt 24 h am Tag, 7 Tage die Woche ohne planmäßige Unterbrechungen, weshalb allgemeine Zeitfenster für erschütterungsintensive Arbeiten nicht zugesagt werden können.
- Organisatorische Maßnahmen seitens der Firma können zum derzeitigen Zeitpunkt nicht zugesagt werden, da der endgültige Bauablauf nicht vorhanden ist und die Firma in den nächsten Jahren bis Baubeginn eine Aufstockung von Maschinen anstrebt und weitere firmeninterne Entwicklungen nicht vorhersagbar sind.

Bautechnologische Maßnahmen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Nutzung unterschiedlicher Technologien, unterschiedlich starke Erschütterungen in den Firmen auslösen. Die hier betrachteten Verfahren und die ermittelten Mindestabstände sollten in der Baustellenplanung berücksichtigt werden. Zusätzlich sollten Technologien verwendet werden, die zum einen dem Stand der Technik entsprechen und zum anderen möglichst erschütterungsarm sind.

Als sensible Bereiche in denen bevorzugt erschütterungsarme Technologien zum Einsatz kommen sollten bzw. in denen mit erhöhten Einwirkungen auf die Firmen zu rechnen ist, können die Bereiche der Untersuchung in den Einwirkungen durch die durchgeführten Sprengarbeiten prognostiziert wurden, angesehen werden. Durch eine gewisse Ungenauigkeit der Messungen, die durch den Erdboden selbst und durch eine nur punktuelle Betrachtung des Problems durch die Messungen vorhanden sind, können die ermittelten Abstände nicht als absolut angesehen werden. Im konkreten Fall wäre dies bei der Celebrate Records GmbH ein Bereich von 85 m und bei der PTF Pfüller GmbH & Co. KG ein Bereich von 36 m um die jeweilige Firma.

Aktive Erschütterungsschutzmaßnahmen

In Anlehnung an mobile Schallschutzwände, die für die Reduzierung von Baulärm eingesetzt werden können, wären auch Schlitzungen im Erdboden für die Reduzierung von Erschütterungen denkbar. Hierfür würden Schlitzte um die jeweiligen Firmen in den Erdboden eingebracht werden, die eine gewisse dicke und tiefe hätten. Damit könnten Erschütterungen und somit die Einwirkung auf die Firmen reduziert werden.

Da das Einbringen von Schlitzten für den Erschütterungsschutz sein sehr experimentelles und kaum vorhersagbares Verfahren darstellt, wird diese Maßnahme nicht empfohlen. Durch das Schlitzten würden ebenfalls Erschütterungen ausgelöst werden, die die Firmen betreffen könnten. Zusätzlich ist eine prognostische Abschätzung über die Minderungsleistung nicht möglich, weshalb ein Effekt nicht vorhergesagt werden kann.

Messtechnische Erschütterungsmaßnahmen

Im Zuge der Umsetzung der Baumaßnahme wird empfohlen, die Arbeiten im Bereich der Auer Straße erschütterungsmesstechnisch an den beiden Firmenstandorten zu begleiten. Dadurch könnten eventuelle Grenzüberschreitungen jederzeit detektiert und gegebenenfalls Maßnahmen ergriffen werden.

Es wird empfohlen bereits in einer größeren Entfernung wie den hier theoretisch kritischen Wegstrecken mit der messtechnischen Begleitung zu beginnen. Durch verbleibende Unsicherheiten in dieser Untersuchung, können die angegebenen Grenzen nicht absolut angesehen werden, sondern dienen als Orientierungswert, um kritische Bereiche besser abschätzen zu können.

7. Zusammenfassung

Im Zuge der Planung zum Chemnitzer Modell Stufe 5 – Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien, wurde diese erschütterungstechnische Untersuchung angefertigt.

Es sollte in möglichst praxisnahen Szenarien die Umsetzung der Baumaßnahmen untersucht und bewertet werden. Ziel dieser Untersuchung war die Ermittlung von kritischen Bereichen für verschiedene bautechnologische Anwendungen, an den beiden Firmenstandorten „Celebrate Records GmbH“ und „PTF Pfüller GmbH & Co. KG“. Zusätzlich sollten im Anschluss erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen betrachtet und bewertet, um Vorgaben für den späteren Baubetrieb zu erarbeiten.

In mehreren Testaufbauten wurden an beiden Firmenstandorten erschütterungsrelevante Messgrößen erfasst und ausgewertet. Es konnten für verschiedene Bautechnologien jeweilige Dämpfungsspektren ermittelt werden, mit deren Hilfe eine theoretische Betrachtung des Mindestabstandes für die Baumaschinen und -geräte durchgeführt werden konnte. Im Ergebnis konnten Abstände berechnet werden, die eingehalten werden müssten, um die jeweiligen Grenzwerte nicht zu überschreiten. Dabei sind jedoch diese Abstände, auf Grund von Unsicherheiten in dieser Untersuchung, als absolut anzusehen, sondern dienen als Orientierungswerte, um erschütterungstechnisch kritische Bereiche besser beschreiben zu können.

In Folge der absehbaren Grenzwertüberschreitungen wurden verschiedene organisatorische, bautechnologische, aktive und messtechnische Erschütterungsschutzmaßnahmen untersucht und bzgl. der Umsetzbarkeit und Wirkung bewertet (vgl. 6. Erschütterungsschutzmaßnahmen).

Im Ergebnis ergibt sich aus Sicht des Immissionsschutzes die in Abschnitt 6. dargelegten Erschütterungsschutzmaßnahmen im Bereich der Firmenstandorte „Celebrate Records GmbH“ und „PTF Pfüller GmbH & Co. KG“. Diese umfassen allgemeine und während der Baudurchführung kurzfristige **organisatorische Maßnahmen** mit der jeweils betroffenen Firma, den **Einsatz erschütterungsarmer Bautechnologien** und die **messtechnische Begleitung der Baumaßnahme**. Unter Berücksichtigung der hier angefertigten Ausarbeitung, können Betroffenheiten der genannten Firmen reduziert und gleichzeitig die Belange der Firmen in Einklang mit dem Baugeschehen gebracht werden

8. Literaturverzeichnis

- | | | | |
|------|--------------|---------|---|
| [1] | DIN 4150-2 | (06/99) | DIN 4150-2 Erschütterungen im Bauwesen Teil 2: Einwirkung auf den Menschen in Gebäuden, Ersatz für Ausgabe Dezember 1992 |
| [2] | DIN 4150-3 | (12/16) | DIN 4150-3 Erschütterungen im Bauwesen - Teil3: Einwirkung auf bauliche Anlagen, Ersatz für DIN 4150-3:1999-02 |
| [3] | VDI 2038 | (11/13) | VDI 2038 Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Ausgabe November 2013 |
| [4] | VC-Kurven | (07/05) | Evolving criteria für research facilities: vibration, von H. Amick, M. Gendreau, T. Busch, C. Gordon, ausgestellt 31.07.2005 |
| [5] | DIN 45669-2 | (06/05) | DIN 45669-2 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, Ausgabe Juni 2005, Ersatz für DIN 45669-2:1995-06 |
| [6] | DIN 45669-1 | (06/20) | DIN 45669-1 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser Anforderungen und Prüfungen |
| [7] | DIN 45536 | (04/59) | DIN 45536 Schallplatte M45 (Mikrorillen-Schallplatte für 45 U/min), Ausgabedatum 04.1959 |
| [8] | DIN 45537 | (04/59) | Schallplatte M33 (Mikrorillen-Schallplatte für 33,5 U/min), Ausgabedatum 04.1959 |
| [9] | Körperschall | (08/96) | Körperschall- und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer, Deutsche Bahn AG, Ausgabe: August 1996 |
| [10] | TLB | (12/17) | Masterarbeit – Erschütterungen aus Baubetrieb, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Universität Bochum, Eingereicht Dezember 2017 |
| [12] | DMT | (01/20) | DMT Gründungstechnik GmbH – Untersuchungsbericht, Projekt Verbesserung des Hochwasserschutzes Frankfurt (Oder) auf ein HW 200, Fassung von Januar 2020 |

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

9. Anlagen

9.1. Messpunkte Celebrate Records GmbH



Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

9.2. Übersicht Messergebnisse Celebrate Records GmbH

Frequenz [Hz]	Ausgangssignal [m/s]	Ü-Funktion Baugrund	Ü-Funktion Innen MP2	Ü-Funktion Boden 1 m	Ü-Funktion Ausgang bis Messpunkt	vmax Außenwand [µm/s] für Einhal- tung Grenzwert		Minimale Entfer- nung [m] für Ein- haltung Grenzwert	
		Entfernung 12,9 m	Entfernung 11,5 m			1,6 µm/s	1 µm/s	1,6 µm/s	1 µm/s
5	5,6E-07	0,74	0,96	0,98	1,10	1,46	0,91		
6,3	4,4E-07	0,69	0,95	0,97	1,12	1,43	0,90		
8	3,6E-07	0,72	0,88	0,97	1,03	1,56	0,98		
10	2,8E-07	0,74	0,96	0,98	1,09	1,46	0,91		
12,5	2,2E-07	0,70	0,91	0,97	1,06	1,51	0,94		
16	2,6E-07	0,83	0,63	0,99	0,69	2,33	1,46		
20	4,6E-07	0,38	0,31	0,93	0,48	3,35	2,09		
25	1,8E-06	0,34	0,18	0,92	0,29	5,60	3,50		
31,5	3,9E-06	0,78	0,83	0,98	0,93	1,72	1,07	43,33	67,86
40	1,3E-06	0,28	0,24	0,91	0,42	3,80	2,38		
50	7,7E-05	0,15	0,17	0,86	0,40	3,98	2,49	19,98	23,15
63	9,1E-05	0,11	0,15	0,84	0,41	3,88	2,43	18,18	20,88
80	3,9E-06	0,38	1,21	0,93	1,86	0,86	0,54	19,96	26,16
100	5,1E-05	0,13	1,01	0,85	2,51	0,64	0,40	27,41	30,36
125	4,7E-05	0,09	1,05	0,83	3,01	0,53	0,33	24,29	26,84
160	3,7E-05	0,13	0,13	0,85	0,33	4,92	3,07	12,73	15,69
200	4,0E-05	0,11	0,05	0,84	0,14	11,04	6,90	7,33	10,04
250	1,5E-05	0,43	0,02	0,94	0,03	57,42	35,89		
315	3,9E-06	1,40	0,01	1,03	0,00	356,27	222,67		

Ü-Funktion

Ü-Funktion Boden 1 m

Ü-Funktion Ausgang bis Messpunkt

Übertragungsfunktion

Übertragungsfunktion im Boden nomiert auf 1 m Wegstrecke

Übertragungsfunktion von Ausgangssignal zu Messpunktsignal

Vorhaben:

Chemnitzer Modell, Stufe 5

Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien

9.3. Übersicht Messergebnisse PTF Pfüller GmbH & Co. KG

Frequenz	Ausgangssignal	Ü-Funktion Innen MP2	Ü-Funktion Boden 1 m	Ü-Funktion Ausgang bis Messpunkt	vmax Außenwand [µm/s] für Einhaltung Grenzwert	Minimale Entfernung [m] für Einhaltung Grenzwert
[Hz]	[m/s]	Entfernung 37 m				
5	4,87E-07	1,05	0,97	1,32	4,74	
6,3	3,75E-07	1,13	0,97	1,48	4,23	
8	2,76E-07	1,18	0,97	1,57	3,97	
10	2,18E-07	1,17	0,96	1,64	3,82	
12,5	2,14E-07	0,89	0,95	1,35	4,64	
16	7,32E-07	0,21	0,97	0,27	23,40	
20	3,06E-06	0,06	0,93	0,11	55,62	
25	1,07E-05	0,05	0,91	0,13	49,60	
31,5	2,44E-05	0,10	0,97	0,14	45,24	
40	1,64E-05	0,04	0,90	0,10	61,41	
50	2,51E-05	0,07	0,88	0,20	30,63	
63	1,63E-04	0,07	0,88	0,22	28,87	13,48
80	1,65E-04	0,05	0,91	0,10	59,71	10,47
100	1,92E-05	0,11	0,89	0,29	21,68	
125	4,96E-05	0,01	0,84	0,07	94,19	
160	6,25E-05	0,01	0,90	0,03	219,09	
200	2,70E-05	0,01	0,86	0,05	116,00	
250	1,29642E-05	0,05	0,96	0,07	88,26	
315	1,26872E-05	0,08	1,03	0,06	100,90	

Ü-Funktion

Ü-Funktion Boden 1 m

Ü-Funktion Ausgang bis Messpunkt

Übertragungsfunktion

Übertragungsfunktion im Boden nomiert auf 1 m Wegstrecke, Übernommen Messung Celebrate Records

Übertragungsfunktion von Ausgangssignal zu Messpunktsignal