


# FESTSTELLUNGSENTWURF

Aufhebung des Bahnübergangs im Zuge der  
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße in Sarstedt

## Erschütterungstechnische Prognoseeinschätzung zu baubedingten Erschütterungsimmissionen

Gliederung der Unterlage 17.3:

17.3.1 Erläuterungsbericht

<p>aufgestellt:</p> <p>Stadt Sarstedt, Fachbereich 3 Sarstedt, den 16.07.2018</p>  <p>Rembert Andermann</p>	

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Aufgabenstellung dieses Gutachtens .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Örtliche Verhältnisse .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Bauablauf.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Beurteilungsverfahren Erschütterung .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 3, “Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 Einwirkung auf den Menschen .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3 Einwirkung auf die Arbeitsplätze Dentallabor nach der VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3.....</b>	<b>15</b>
<b>5. Abschätzung und Bewertung der aus den Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1 Abschätzung und Bewertung Einsatz Schlagramme Baugrubenverbau Trog.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Abschätzung und Bewertung Verdichtungsarbeiten .....</b>	<b>21</b>
<b>5.3 Abschätzung und Bewertung Einsatz Stemmeißel beim Rückbau Bahnübergang... </b>	<b>24</b>
<b>6 Beurteilung und Zusammenfassung .....</b>	<b>27</b>
<b>Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke.....</b>	<b>31</b>
<b>Quellen, Richtlinien, Verordnungen .....</b>	<b>32</b>

## ERLÄUTERUNGSBERICHT

zur geplanten Aufhebung des Bahnübergangs im Zuge der Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße in Sarstedt.

### 1. Aufgabenstellung dieses Gutachtens

Die Stadt Sarstedt plant die Aufhebung des Bahnübergangs der Strecke 1732 im Zuge der Friedrich-Ludwig-Jahrstraße. Als Ersatzmaßnahme ist eine Straßenunterführung (Trogstrecke) der Bahnstrecke ca. 120 m südlich des Bahnübergangs vorgesehen.

Im Rahmen der geplanten Maßnahme kommen verschiedene Bauverfahren, bei deren Ausführung Erschütterungen zu erwarten sind, zum Einsatz. Für einen Teil der erforderlichen Bauverfahren ist damit eine Einwirkung von Erschütterungen auf die bauliche Substanz der angrenzenden Bebauung sowie auf die Bewohner in den Gebäuden nicht auszuschließen. Maßgebend für die Beurteilung der durch die Baumaßnahmen ausgelösten Erschütterungen sind die DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ in Hinsicht auf die Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und mit Bezug auf die Einwirkung auf den Menschen die DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“.

Ergänzend zu der Beurteilung auf die bauliche Substanz von Gebäuden und der Einwirkung auf den Menschen sind hier noch die Einwirkungen auf ein Dentallabor in dem Gebäude Ziegelleistraße 4 zu beurteilen.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung besteht darin, die mögliche Einwirkung von Erschütterungen auf die umliegende Bebauung und die darin befindlichen Menschen zu prognostizieren und auf Grundlage der oben genannten Regelwerke zu beurteilen. Für den Fall, dass abzusehen ist, dass die Anforderungen unter Berücksichtigung der gewählten Bauverfahren nicht einzuhalten sind, werden Hinweise zur Reduzierung der Erschütterungen gegeben. In der vorliegenden Untersuchung werden die vorgesehenen Bauverfahren als bekannt vorausgesetzt, und daher nicht im Detail erläutert.

## 2. Örtliche Verhältnisse

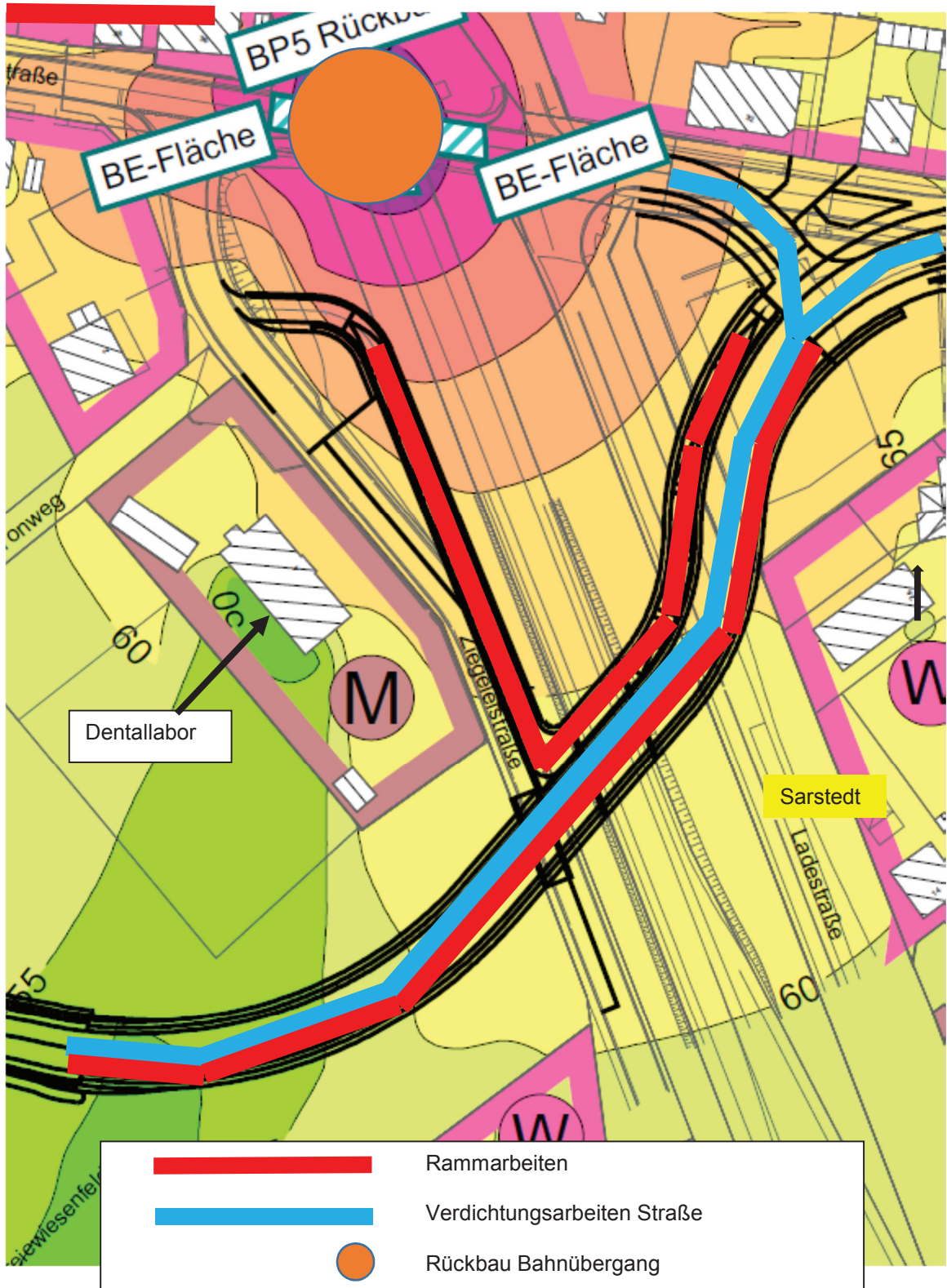
Die örtlichen Verhältnisse sind in dem Erläuterungsbericht zu dem Vorhaben vom Dezember 2017, sowie unter Kap. 4 der schalltechnischen Untersuchung zum Betrieb – Unterlage 17.1, beschrieben.

Als Grundlage dieses Gutachtens dienen:

- Übersicht zu Bauphasen und Arbeitsvorgängen der Baumaßnahmen (GRBV v. 24.11.2017),
- Abstimmung mit dem Auftraggeber zu den möglichen zum Einsatz kommenden Geräten bei den Baumaßnahmen

Nachfolgend eine Übersicht der Örtlichkeit im Bereich der möglicherweise erschütterungsrelevanten Baumaßnahmen

Abb. 1: Übersicht „BÜ Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße“ in Sarstedt (Quelle Lageplan Schalltechnische Untersuchung)



### 3. Bauablauf

Die Errichtung des Straßenneubaus und des Trogbauwerks der Straßenunterführung unter der Bahnstrecke 1732 erfordern im Wesentlichen folgende Abläufe auf der Baustelle:

- Baugrubenverbau Gleisbereich (Bohrgeräte)
- Baugrubenverbau im Trogbereich (Rammgeräte)
- Einbau Hilfsbrücken
- Straßenbauarbeiten
- Rückbau vorhandener Bahnübergang (BÜ)

Es werden zunächst die Vorarbeiten zur Vorbereitung des Baugrubenverbaus vorgenommen. Der Baugrubenverbau wird im Gleisbereich mittels Bohrgeräte zum Einbringen der Verankerung durchgeführt. Im weiteren Verlauf werden zum Einbringen der Spundwände bis zu drei Rammgeräte für den Einsatz vorgesehen. Dann erfolgt die Durchführung der Straßenbaumaßnahmen zur Herstellung des Straßenneubaus.

Für die Bewertung von Erschütterungen sind hier folgende Arbeiten bzw. Baugeräte maßgebend:

- Baugrubenverbau im Trogbereich mittels Schlagramme:  
Dauer 45 Tage, Einsatzzeit Tag 8 h / Nacht 4 h.
- Straßenbauarbeiten, hier Verdichtungsarbeiten mittels Vibrationswalze  
Arbeitsgewicht bis max. 12 t:  
Dauer 60 Tage, Einsatzzeit Tag 8h
- Rückbau vorhandener BÜ, hier Einsatz Stemmmeißel ca. 1000 kg:  
Dauer 100 Tage; Einsatzzeit Tag 8h / Nacht 4 h.

## 4. Beurteilungsverfahren Erschütterung

### 4.1 Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen"

Anhaltswerte für zulässige Schwinggeschwindigkeitsamplituden zur Beurteilung der Wirkungen auf Gebäude sind in der DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf bauliche Anlagen" angegeben. Im vorliegenden Fall werden dem Charakter der angrenzenden Bebauung entsprechend zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen die Anhaltswerte für Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartigen Bauten heranzuziehen.

Die in der DIN 4150, Teil 3, genannten Anhaltswerte haben dabei nicht ohne weiteres die Bedeutung von Immissionsgrenzwerten im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes.

Zur Bewertung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude und Bauteile können diese Werte jedoch als Beurteilungshilfe dienen, denn sie kennzeichnen für den überwiegenden Teil der heute vorhandenen Gebäude eine Schwelle, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes kaum zu erwarten sind, bei deren Überschreitung das Risiko derartiger Schäden aber zunimmt.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150, Teil 3, ist z.B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen,
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken.

Bei Wohngebäuden und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartigen Bauten und als besonders erschütterungsempfindlich einzustufende Bauten (vgl. Tabelle 1, Zeilen 2 und 3 aus DIN 4150, Teil 3) ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden;
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Es wird zwischen kurzzeitigen Bauwerkerschütterungen und Dauererschütterungen unterschieden. Die Erschütterungen bei einem Einsatz der vorgesehenen Vibrationsramme und von Verdichtern sind als Dauererschütterungen zu bewerten, Erschütterungen aus dem Einsatz einer Schlagramme sind als kurzzeitige Erschütterungen zu bewerten.

Hinsichtlich der Empfindlichkeit in Bezug auf die Einwirkung von Erschütterungen werden die Gebäude in drei Klassen unterteilt.

Für Dauererschütterungen ist unter Zugrundelegung von Abschnitt 6 der DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf bauliche Anlagen" davon auszugehen, dass für Wohngebäude bei Schwinggeschwindigkeiten von 5 mm/s, gemessen im obersten Stockwerk für die horizontale Richtung, keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind. Im Deckenbereich können dabei Werte von bis zu 10 mm/s in Deckenmitte auftreten, ohne dass eine Verminderung des Gebrauchswertes der Decke zu erwarten ist.

Bei kurzzeitigen Bauwerkerschütterungen betragen die entsprechenden Anhaltswerte für Wohngebäude genutzte Bauten bei Frequenzen von 10 - 50 Hz im Fundamentbereich 5 - 20 mm/s und für horizontale Schwingungen der obersten Deckenebene horizontal 15 mm/s (unabhängig vom Frequenzbereich). Im Deckenbereich können frequenzunabhängig Werte bis zu 20 mm/s auftreten.

Die oben erläuterten Anhaltswerte sind in den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 angegeben.

Nach bisherigen Erfahrungen sind bei Einhaltung der oben genannten Werte auch keine leichten Schäden zu erwarten.

In den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 werden für die möglicherweise betroffenen Gebäude die Anhaltswerte für kurzzeitige- und für Dauererschütterungen angegeben, die bei Ausführung der Baumaßnahmen eingehalten werden sollten um Schäden an der baulichen Substanz der auszuschließen.



**Tabelle 1:** Anhaltswerte für Dauererschütterungen (Vibrationsramme, Vibrationswalze) nach DIN 4150, Teil 3

Gebäude	Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3	Anhaltswert DIN 4150, T3 horizontale Schwingungen oberste Geschoßebene	Anhaltswert DIN 4150, T3 vertikale Deckenschwingungen
Wohnbebauung	Dauererschütterungen nach Zeile 2 von Tab. 3 DIN 4150 T3. für Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung vergleichbare Gebäude $v_{max} = 5 \text{ mm/s}$ (frequenzunabhängig) Für vertikale Schwingungen im Deckenbereich 10 mm/s	5 mm/s	10 mm/s

**Tabelle 2:** Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen (Schlagramme, Stemmeiße) nach DIN 4150, Teil 3

Gebäude	Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3	Anhaltswert DIN 4150, T3 Fundament	Anhaltswert DIN 4150, T3 horizontale Schwingungen oberste Geschoßebene	Anhaltswert DIN 4150, T3 vertikale Deckenschwingungen
Wohnbebauung	Kurzzeitige Erschütterungen nach Zeile 2 von Tab. 1 DIN 4150 T3 für Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung vergleichbare Gebäude	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz $\leq 10 \text{ Hz}$ angenommen)	15 mm/s (alle Frequenzen)	20 mm/s (alle Frequenzen)

## 4.2 Einwirkung auf den Menschen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz können grundsätzlich Immissionen durch Erschütterungen schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen. Gesetzliche Regelungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen gibt es dagegen noch nicht. Das Regelungsdefizit begründet sich in der Verordnungsermächtigung des § 43 Abs. 1 BImSchG, in der Erschütterungen nicht angesprochen sind.

Aufgrund fehlender gesetzlicher Grenzwerte gilt die DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" als Äußerung einschlägigen Sachwissens und als geeignete, wenn auch unverbindliche Grundlage für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen.

Dieses Normblatt nennt für Erschütterungsimmissionen Anhaltswerte, bei deren Einhaltung nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist. Die DIN 4150-2 vom Juni 1999 stellt hierzu den aktuellen Kenntnisstand dar.

Nachfolgende **Tabelle 4** enthält die Anhaltswerte A der bewerteten Schwingstärke  $KB_F$ , zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Sie beziehen sich wie folgt auf die beiden Beurteilungsgrößen:

- $KB_{Fmax}$  - die maximale bewertete Schwingstärke,
- $KB_{FTr}$  - die Beurteilungs-Schwingstärke, siehe unten.

**Tabelle 3:** Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2

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 ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO).	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 (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO).	0.2	5	0.1	0.15	0.3	0.07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeines Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO).	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 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die in der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, enthaltenen Zahlenwerte werden wie bereits erwähnt als „Anhaltswerte“ bezeichnet. Damit wird klargestellt, dass es sich bei diesen Werten um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte können erhebliche Belästigungen der in den Gebäuden lebenden Menschen im Allgemeinen ausgeschlossen werden.

Die beiden Beurteilungsgrößen sind in der Regel getrennt für die drei Richtungskomponenten x, y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln, wobei die jeweils größte der drei der Beurteilung zugrunde zu legen ist.

Die Beurteilung erfolgt ausschließlich anhand der Kriterien  $A_u$  (für  $KB_{Fmax}$ ),  $A_o$  (für  $KB_{Fmax}$ ) und  $A_r$  (für  $KB_{FTr}$ ).

- ist  $KB_{Fmax} \leq A_u$ , so ist die Anforderung der Norm eingehalten,
- ist  $KB_{Fmax}$  größer als der (obere) Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten,
- Für häufigere Einwirkungen, bei denen  $KB_{Fmax}$  größer als  $A_u$  ist, ist ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$ . Ist  $KB_{FTr}$  nicht größer als der Anhaltswert  $A_r$  nach Tabelle 1 der DIN-Norm 4150, Teil 2, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Das  $A_r$ -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung von häufig, aber unregelmäßig wiederkehrenden Erschütterungen; es entspricht dem Grundgedanken des Mittelungspegels beim Schall. Bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke wird eine Einwirkung während der Ruhezeiten tags (Werktags 6:00 – 7:00 Uhr und 19:00 – 22:00 Uhr, an Sonn- und Feiertagen 6:00 – 22:00 Uhr) mit einem Faktor von 2 gewichtet.

#### Beurteilung von Erschütterungen aus Baumaßnahmen nach Abschn. 6.5.4 der DIN 41509, Teil 2

Für Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen finden die im nachfolgenden beschriebenen Beurteilungskriterien Anwendung. Nach der DIN 4150, Teil 2 werden die Anhaltswerte für Erschütterungen aus Baumaßnahmen (Abschn. 6.5.4) in Abhängigkeit von der Dauer in Tagen festgelegt. Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkung ist nach der DIN 4150 die Anzahl von Tagen zu verstehen an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den jeweiligen Werten der Tabelle 1 für  $A_u$  oder  $A_r$  liegen, nicht mitzuzählen. Im vorliegenden Fall wird die relevante Einwirkung von Erschütterungen aus den geplanten Maßnahmen mit einem

Zeitraum von etwa 6 – 26 Tagen angenommen, da die Arbeiten räumlich fortschreitend sind. Aufgrund der abstandsbedingten Abnahme der Erschütterungen liegt diese Annahme unter den Angaben in der schalltechnischen Untersuchung.

Die Beurteilung erfolgt in drei Stufen:

1. Eine untere Stufe I, bei deren Unterschreitung auch ohne Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.
2. Ein mittlere Stufe II, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls die im folgenden genannten Maßnahmen a) bis e) ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Anhaltswerte der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.
3. Eine obere Stufe III, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen können vermindert werden durch:

- a) umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;
- c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich die Betroffenen wenden können, wenn Sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;

- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungs-einwirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Einwirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der Baumaßnahmen durchzuführen.

Für die oben angegebene Einwirkungsdauer von 6 - 26 Tagen sind die bei Beurteilung zugrunde zulegenden Anhaltswerte für die drei Stufen zusammengestellt. Für nachts auftretende Erschütterungen sowie an Sonn- und Feiertagen gelten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, dabei wird eine Gebietseinstufung als WA entsprechend Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 angenommen.

**Tabelle 4:** Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen bei Baumaßnahmen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2 für eine Dauer von 6 – 26 Tagen

Anhaltswerte	$A_u$	$A_o$	$A_r$
Stufe I	0.4	5	0.3
Stufe II	0.8	5	0.6
Stufe III	1.2	5	1.0

Zur Beurteilung der KB-Werte sind die maximalen bewerteten Schwingstärken  $KB_{Fmax}$  mit den Anhaltswerten  $A_u$  (unterer Anhaltswert) und  $A_o$  (oberer Anhaltswert) bei Baumaßnahmen nach der folgenden Methodik zu vergleichen:

- ist  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert  $A_u$ , so ist die Anforderung der jeweiligen Stufe eingehalten,
- ist  $KB_{Fmax}$  größer als der (obere) Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Anforderung für die jeweilige Stufe nicht eingehalten,
- Für häufige Einwirkungen, bei denen  $KB_{Fmax}$  größer als  $A_u$  aber kleiner als  $A_o$  ist, sind die Anforderungen der Norm dann eingehalten, wenn die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FT}$  für die jeweilige Stufe nicht größer ist als

der Anhaltswert  $A_r$  ist.

Bei Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke sind die Zuschläge für Ruhezeiten anzuwenden. Es ist vorgesehen die Baumaßnahmen im Zeitraum zwischen

Tag 6:00 – 22:00 Uhr bzw. Nacht 22:00 – 6:00 Uhr

durchzuführen. Im Zeitraum Tag von 6:00 – 22:00 Uhr liegen 4 Stunden innerhalb der Ruhezeiten und sind daher mit einem Faktor 2 zu gewichten. Da die erschütterungsintensiven Arbeiten nicht über den ganzen Zeitraum ausgeführt werden (Rüstzeiten, Pausen etc.) wird im folgenden eine reine Einwirkzeit für Erschütterungen von ca. 8 Stunden tags / 4 Stunden nachts angenommen. Diese liegt über den tatsächlich zu erwartenden reinen Einsatzzeiten. In der nachfolgenden Tabelle werden die Werte der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  angegeben, bei denen der Anhaltswert  $A_r$  der Beurteilungsschwingstärke für die genannte Einwirkzeit von 8 h tags nicht überschritten wird. Im Nachtzeitraum 22:00 – 6:00 Uhr gelten die üblichen Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 ohne Berücksichtigung der Sonderregeln für Erschütterungen aus Baumaßnahmen, dabei wird von einer Gebietseinstufung als Wohngebiet ausgegangen.

**Tabelle 5:** Maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  für eine Einwirkzeit von max. 8 h tags bzw. 4 h nachts bei der die Anhaltswerte  $A_r$  der Beurteilungsschwingstärke eingehalten werden für eine Dauer von 6 – 26 Tagen

Anhaltswerte	$A_r$	Maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax}$ bei deren Einhalten die Anhaltswerte $A_r$ nicht überschritten werden
Stufe I	0.3	0.38
Stufe II	0.6	0.76
Stufe III	1.0	1.26
Anforderungen für Arbeiten im Nachtzeitraum nach Zeile 4 (WA) der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2		$A_r = 0.05$ wird bei $KB_{Fmax} = 0.1$ erreicht bzw. überschritten

Bei der Beurteilung der Baumaßnahmen werden hier die Anhaltswerte der Stufe III zu Grunde gelegt. Diese Betrachtung ist unter dem Aspekt gerechtfertigt, dass sich die nachfolgenden Betrachtungen alle auf den Minimalabstand der Arbeiten zu der

möglicherweise betroffenen Wohnbebauung beziehen. Mit zunehmendem Abstand der Arbeiten von den Wohngebäuden sind jedoch niedrigere Werte zu erwarten, die überwiegend die Anhaltswerte der Stufe II einhalten dürften. Bei Einhaltung eines Wertes von  $KB_{Fmax} = 1.26$  werden die Anforderungen der Stufe III eingehalten.

Für den Nachtzeitraum werden die Anforderungen der DIN 4150, Teil bereits bei Überschreitung eines Wertes von  $KB_{Fmax} = 0.1$  nicht eingehalten.

### 4.3 Einwirkung auf die Arbeitsplätze Dentallabor nach der VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3

Hier ist die Einwirkung auf die Arbeitsplätze im Dentallabor zu bewerten. Die Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen an Arbeitsplätzen wird nach der o.a. VDI Richtlinie beurteilt. Bei den Arbeitsplätzen im Dentallabor wird von einer Tätigkeit mit hohen Anforderungen an die Feinmotorik ausgegangen.

Maßgebend bei der Beurteilung sind hier die Beurteilungsbeschleunigung  $a_{w(8h)}$  und deren maximaler Wert  $\max\{a_{wF}(t)\}$ . Die Beurteilungsbeschleunigung wird auf einen Zeitraum von 8 h (entsprechend einem üblichen Arbeitstag) bezogen.

Die Anhaltswerte für Arbeitsbereiche mit hohen Anforderungen an die Feinmotorik sind in der VDI Richtlinie wie folgt angegeben:

Beurteilungsbeschleunigung:  $a_{w(8h)} = 0.015 \text{ m/s}^2$

Maximale frequenzbewertete Beschleunigung:  $\max\{a_{wF}(t)\} = 0.045 \text{ m/s}^2$

Da die Prognose auf Grundlage der die DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" durchgeführt wurden, sind die Anhaltswert der VDI 2057 Blatt 3 auf die bewertete Schwingstärke nach der DIN 4150, Teil 2 umzurechnen. Hierzu werden hier die Anhaltswerte der VDI 2057 Blatt 3 mit 20 multipliziert.

Damit ergeben sich für die Beurteilung des Dentallabors folgende Anhaltswerte auf Grundlage der DIN 4150, Teile 2:

$$KB_{FTr} = 0.3$$

Der Beurteilungszeitraum gemäß VDI 2057 liegt bei 8 h, die tatsächliche Einwirkzeit bei Betrieb der Schlagramme ist für diesen Zeitraum mit etwa 4 h anzusetzen damit ergibt sich für die bewertete Schwingstärke ein Wert von

$$KB = 0.42$$

der nicht überschritten werden sollte, um die Anforderungen der VDI 2057 für die Arbeitsplätze im Dentallabor einzuhalten.

## 5. Abschätzung und Bewertung der aus den Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen

Die folgenden Abschätzungen beruhen auf allgemeinen zur Erschütterungsprognose für den Betrieb von Baumaschine in der Literatur angegebenen Verfahren und Vergleichswerten aus eigenen Messungen.

### 5.1 Abschätzung und Bewertung Einsatz Schlagramme Baugrubenverbau Trog

Vorgesehen ist bei beiden Maßnahmen der Einsatz einer Schlagramme vergleichbar DELMAG D 12.

Für Schlagrammen kann die maximale Komponente der Schwinggeschwindigkeit am Fundament  $v_{i, \max}$  (Fundament) unabhängig von der Richtung näherungsweise wie folgt angegeben werden:

$$v_{i, \max} (\text{Fundament}) = 4 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r} \quad (1)$$

$v_{i, \max}$  (Fundament) maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament [mm/s]  
 $E$  Schlagenergie [kJm]  
 $r$  Abstand der Ramme zum Gebäude in [m]

Die maßgebende Größe zur Berechnung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament ist neben dem Abstand die maximale Energie je Schlag  $E$  [kJm], die von der Schlagramme in den Erdboden eingeleitet wird.

$$E = m * g * h \quad (2)$$

$m$ : Masse Fallgewicht Kg  
 $h$ : Fallhöhe [m]  
 $g$ : Erdbeschleunigung 9.81 m/s<sup>2</sup>

Bei Anwendung von Gleichung (1) beträgt die Überschreitungswahrscheinlichkeit



ca. 50 %, d.h. bei 50 % der durchgeführten Prognosen ist mit einer geringfügigen Überschreitung der prognostizierten Werte zu rechnen.

Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen auf das Gebäude und den darin befindlichen Menschen ist dabei der Übergang vom Baugrund auf das Fundament, vom Fundament auf die oberste Deckenebene bzw. auf die Geschossdecken.

Die über den Baugrund in das Fundament eingeleiteten Schwingungen werden dabei je nach Frequenz von den baulichen Strukturen der Gebäude verstärkt.

Die vertikalen Schwingungen der Geschossdecken in Deckenmitte liegen bei Einsatz von Schlagrammen etwa um einen Faktor 2 über dem Wert für die vertikale Richtung am Fundament.

Die Horizontalschwingungen der obersten Deckenebene liegen für Wohngebäude etwa um den Faktor 2 über den entsprechenden Maximalwert am Fundament. Diese Faktoren sind in hohem Maße von der baulichen Struktur der Gebäude abhängig, die vorstehenden Faktoren stellen Mittelwerte aus verschiedenen Messungen dar. Bei zahlreichen von uns durchgeführten Erschütterungsmessungen bei Durchführung von Rammarbeiten mit Schlagrammen sind diese Faktoren bestätigt worden. Dies gilt auch für die Gleichung zur Ermittlung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament.

Hier wird vom Einsatz einer Schlagramme DELMAG D12 mit einer Schlagenergie von

$$E = 46 \text{ kNm}$$

ausgegangen.

Bei den durchzuführenden Rammarbeiten sollten die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 nicht überschritten werden um Gebäudeschäden in Folge von Erschütterungseinwirkungen aus den Arbeiten mit einiger Sicherheit auszuschließen. Mit den maximalen Verstärkungsfaktoren für horizontale Schwingungen der obersten Geschossebene und für vertikale Deckenschwingungen werden die Werte ermittelt, die maximal am Fundament auftreten dürfen, ohne dass es zu einer Überschreitung der maßgebenden Anhaltswerte kommt. In der nachfolgenden

Tabelle sind die Anhaltswerte und die daraus abgeleiteten zulässigen Werte am Fundament aufgeführt.

Die maximale Schwinggeschwindigkeit  $v_{\max}$  liegt unter Berücksichtigung des in der DIN 4150, Teil „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ angegebenen Näherungsverfahrens um einen Faktor von ca. 2 über der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{F\max}$ .

Um die Anforderungen DIN 4150, Teil 2 gemäß der Sonderregelungen für Erschütterungen aus Baumaßnahmen einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{F\max} = 1.26$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{\max} = 2.52 \text{ mm/s}$$

erreicht.

Um die Anforderungen DIN 4150, Teil 2 für den Nachtzeitraum einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{F\max} = 0.1$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{\max} = 0.2 \text{ mm/s}$$

erreicht.

Um die Anforderungen Arbeitsplatz Dentallabor auf Grundlage der VDI 2057 einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{F\max} = 0.42$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{\max} = 0.84 \text{ mm/s}$$

erreicht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal am Fundament zulässigen Werte angegeben bei den die oben angegebenen Werte eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Anforderungen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 erfüllt. Diese wurden unter Berücksichtigung der Übergangsfaktoren Fundament – horizontale

Schwingungen oberste Deckenebene bzw. Fundament – Geschossdecke ermittelt.

**Tabelle 6 :** Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude für Einsatz Schlagramme für kurzzeitige Erschütterungen

	Bei der Beurteilung zugrunde zu legender Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3 für kurzzeitige Erschütterungen	Anhaltswert	Maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit am Fundament
Fundament	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz $\leq 10$ Hz angenommen)	<b>5 mm/s</b>	<b>5 mm/s</b>
Oberste Deckenebenen horizontale Schwingungen	15 mm/s alle Frequenzen	<b>15 mm/s</b>	<b>7.5 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2 Sonderregeln Erschütterungen aus Baumaßnahmen Beurteilung Tag	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über <b>2.52 mm/s</b> liegen.	<b>2.52 mm/s</b>	<b>1.26 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2 Beurteilung Nacht	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über 0.2 mm/s liegen.	<b>0.2 mm/s</b>	<b>0.1 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Arbeitsplatz VDI 2057 Dentallabor	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über 0.84 mm/s liegen.	<b>0.84 mm/s</b>	<b>0.42 mm/s</b>

Bei Einhalten der oben angegebenen Werte können Schäden an der baulichen Substanz bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der in Wohngebäuden befindlichen Menschen ausgeschlossen werden. Die Anforderungen Stufe III der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen aus Baumaßnahmen im Zeitraum von 6 – 22 Uhr werden eingehalten wenn die angegebenen Werte am Fundament nicht überschritten werden. Dies gilt auch für die Beurteilung der Arbeitsplätze Dentallabor.

Die bei einem Einsatz einer Schlagramme mit 46 kNm zu erwartenden Werte für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur

Bebauung in der nachfolgenden Tabelle angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden. Die Werte wurden unter Verwendung von Gleichung 1 ermittelt.

**Tabelle 7 :** Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Schlagramme mit einer Energie von 46 kNm.

Abstand zu den Rammarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament $v_{max}$ [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 in Wohngebäuden für Nachtzeitraum eingehalten? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	5.4	nein	nein	nein
10	2.7	ja	nein	nein
15	1.9	ja	nein	nein
20	1.4	ja	nein	nein
25	1.1	ja	ja	nein
30	0.9	ja	ja	nein
35	0.8	ja	ja	nein
40	0.7	ja	ja	nein
50	0.5	ja	ja	nein
60	0.5	ja	ja	nein
70	0.4	ja	ja	nein
80	0.3	ja	ja	nein
90	0.3	ja	ja	nein
100	0.3	ja	ja	nein

Für das Dentallabor in dem Gebäude Ziegeleistraße 4 werden die Anforderungen Arbeitsplatz nach der VDI 2057 für den Minimalabstand zu den Rammarbeiten von 19 m nicht eingehalten. Diese werden erst ab einem Abstand von ca. 65 m eingehalten.

Bei Durchführung der Arbeiten mit der Schlagramme im Nachtzeitraum werden die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 möglicherweise in einem Umkreis von bis zu 270 m nicht eingehalten.

## 5.2 Abschätzung und Bewertung Verdichtungsarbeiten

Die folgenden Abschätzungen beruhen auf allgemeinen zur Erschütterungsprognose für den Betrieb von Baumaschine in der Literatur angegebenen Verfahren und auf Erfahrungswerten aus eigenen Messungen.

Danach kann die maximale Komponente der Schwinggeschwindigkeit am Fundament  $v_{i, \max}$  (Fundament) unabhängig von der Richtung für Vibrationsverdichter (Walzen und Platten) näherungsweise wie folgt angegeben werden:

$$v_{i, \max}(\text{Fundament}) = 4.3 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r} \quad (3)$$

$v_{i, \max}$	(Fundament) maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament [mm/s]
G	Gewicht des Verdichters in t
r	Abstand des Verdichters zum Gebäude in [m]

Bei Anwendung dieser Gleichung beträgt die Überschreitungswahrscheinlichkeit ca. 50 %, d.h. in der Hälfte der durchgeführten Prognosen ist mit einer Überschreitung der prognostizierten Werte zu rechnen. Die Gleichung ist frequenzunabhängig.

Bei der Durchführung der Verdichtungsarbeiten wird von einem Einsatz einer Vibrationswalze mit einem Arbeitsgewicht von maximal 12.5 t ausgegangen.

Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und den darin befindlichen Menschen ist dabei der Übergang vom Baugrund auf das Fundament und vom Fundament auf die oberste Deckenebene bzw. auf die Geschossdecken.

Die über den Baugrund in das Fundament eingeleiteten Schwingungen werden abhängig von der Frequenz von den baulichen Strukturen der Gebäude i.d.R. verstärkt.

Die vertikalen Schwingungen der Geschossdecken in Deckenmitte liegen für Frequenzen ab ca. 30 Hz im ungünstigsten Fall etwa um den Faktor 2 über dem Wert für die vertikale Richtung am Fundament.

Die Horizontalschwingungen im obersten Stockwerk liegen für Wohngebäude ungünstigstenfalls etwa um einen Faktor 2 über den entsprechenden Maximalwert am Fundament. Diese Faktoren sind aber in einem hohen Maße von der baulichen Struktur der Gebäude abhängig, die vorstehenden Faktoren stellen Mittelwerte aus verschiedenen Messungen dar. Bei einem Einsatz von Vibrationswalzen stellen die

oben angegebenen Faktoren den ungünstigsten Fall dar. Bei zahlreichen von uns durchgeführten Beweissicherungsmessungen bei Durchführung von Verdichtungsarbeiten sind diese Faktoren bestätigt worden. Dies gilt auch für die Gleichung zur Ermittlung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament.

Bei den durchzuführenden Verdichtungsarbeiten sollten die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 nicht überschritten werden um Gebäudeschäden in Folge von Erschütterungseinwirkungen aus den Arbeiten mit einiger Sicherheit auszuschließen. Mit den maximalen Verstärkungsfaktoren für horizontale Schwingungen der obersten Geschossebene und für vertikale Deckenschwingungen werden die Werte ermittelt die maximal am Fundament auftreten dürfen ohne dass es zu einer Überschreitung der maßgebenden Anhaltswerte kommt. In der nachfolgenden Tabelle sind Anhaltswerte und die daraus abgeleiteten zulässigen Werte am Fundament aufgeführt.

Um die Anforderungen DIN 4150, Teil 2 einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{Fmax} = 1.26$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{max} = 2.52 \text{ mm/s}$$

erreicht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal am Fundament zulässigen Werte angegeben bei denen die oben angegebenen Werte eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Anforderungen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 erfüllt. Diese wurden unter Berücksichtigung der Übergangsfaktoren Fundament - horizontale Schwingungen oberste Deckenebene bzw. Fundament – Geschossdecke ermittelt.

**Tabelle 8 :** Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude bei Einsatz Vibrationswalze

Messpunkt	Bei der Beurteilung zugrunde zu- legender Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3	Empfohlener Anhaltswert	Maximal zulässige Schwing- geschwindigkeit am Fundament
Oberste Deckenebenen horizontale Schwingungen	Dauererschütterungen nach Zeile 3 von Tab. 3 DIN 4150 T3. <b>5 mm/s</b> (alle Frequenzen)	<b>5 mm/s</b>	<b>2.5 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über <b>2.52 mm/s</b> liegen.	<b>2.52 mm/s</b>	<b>1.26 mm/s</b>

Bei Einhalten der oben angegebenen Werte können Schäden an der baulichen Substanz bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der in Wohngebäuden befindlichen Menschen ausgeschlossen werden. Die Anforderungen Stufe III der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen aus Baumaßnahmen im Zeitraum von 6 – 22 Uhr werden eingehalten wenn die angegebenen Werte am Fundament nicht überschritten werden. Dies gilt auch für die Beurteilung der Arbeitsplätze Dentallabor.

Die bei einem Einsatz der vorgesehenen Vibrationswalze mit einem Arbeitsgewicht von maximal 12.5 t zu erwartenden Werte für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur Bebauung in den nachfolgenden Tabellen angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden. Die Werte wurden unter Verwendung von Gleichung 3 ermittelt. Für den Bereich des Dentallabors Ziegeleistraße 4 sind keine beurteilungsrelevanten Erschütterungen aus den Verdichtungsarbeiten zu erwarten, daher wird für das Dentallabor in der nachfolgenden Tabelle keine Beurteilung vorgenommen.

**Tabelle 9 :** Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Verdichter mit maximal 12.5 t.

Abstand zu den Rammarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament $v_{max}$ [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	3.0	nein	nein
10	1.5	ja	nein
15	1.0	ja	ja
20	0.8	ja	ja
25	0.6	ja	ja
30	0.5	ja	ja
35	0.4	ja	ja
40	0.4	ja	ja
50	0.3	ja	ja

### 5.3 Abschätzung und Bewertung Einsatz Stemmeißel beim Rückbau Bahnübergang

Bei dem vorgesehenen Stemmeißel zur Durchführung der vorgesehenen Rückbauarbeiten wird vom einen Stemmeißel mit einem Gewicht von 1000 kg ausgegangen.

Für die Prognose bei Abbrucharbeiten mittels eines Stemmeißels können der Literatur keine entsprechenden Hinweise entnommen werden. Hier muss auf eigene Messungen aus vergleichbaren Baumaßnahmen zurückgegriffen werden.

Bei Einsatz eines 1000 kg Stemmeißels in ca. 3 m Abstand wurde am Fundament ein Wert von 1.0 mm/s gemessen. Aus diesem Wert werden hier für die Abnahmecharakteristik einer Punktquelle die zu erwartenden Werte für Abstände von bis zu 50 m hochgerechnet. Bei weiteren Messungen wurden diese Ergebnisse bestätigt. Bei der Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3 werden aufgrund der impulsartigen Vorgänge beim Meißeln die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen angenommen.



In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal am Fundament zulässigen Werte für Wohngebäude angegeben bei den die oben angegebenen Werte eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Anforderungen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 erfüllt. Diese wurden unter Berücksichtigung der Übergangsfaktoren Fundament – horizontale Schwingungen oberste Deckenebene bzw. Fundament – Geschossdecke ermittelt.

**Tabelle 10 :** Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude Einsatz Stemmeißel Rückbau BÜ für kurzzeitige Erschütterungen

	Bei der Beurteilung zugrunde zu legender Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3 für kurzzeitige Erschütterungen	Anhaltswert	Maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit am Fundament
Fundament	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz $\leq 10$ Hz angenommen)	<b>5 mm/s</b>	<b>5 mm/s</b>
Oberste Deckenebenen horizontale Schwingungen	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz $\leq 10$ Hz angenommen)	<b>15 mm/s</b>	<b>7.5 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung Gebäude nach DIN 4150, Teil 3	20 mm/s; frequenzunabhängig	<b>20 mm/s</b>	<b>10 mm/s</b>
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2 Sonderregeln Erschütterungen aus Baumaßnahmen	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über <b>2.9 mm/s</b> liegen.	<b>2.9 mm/s</b>	<b>1.5 mm/s</b>

Bei Einhalten der oben angegebenen Werte können Schäden an der baulichen Substanz bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der in Wohngebäuden befindlichen Menschen ausgeschlossen werden. Ebenso werden die Anforderungen Stufe III der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen aus Baumaßnahmen im Zeitraum von 6 – 22 Uhr mit Sicherheit eingehalten wenn die angegebenen Werte am Fundament nicht überschritten werden.

Die am Fundament anzusetzenden Werte sind ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Die bei einem Einsatz eines Stemmeißels mit 1000 kg zu erwartenden Werte für

die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur Bebauung in der nachfolgenden Tabelle angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden.

Für den Bereich des Dentallabors Ziegeleistraße 4 sind keine beurteilungsrelevanten Erschütterungen aus den Stemmarbeiten zu erwarten, daher wird für das Dentallabor in der nachfolgenden Tabelle keine Beurteilung vorgenommen.

**Tabelle 11** : Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Stemmeiße 1000 kg.

Abstand zu den Ramarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament $v_{max}$ [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 in Wohngebäuden für Nachtzeitraum eingehalten? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	0.7	ja	ja	nein
10	0.4	ja	ja	nein
15	0.3	ja	ja	nein
20	0.2	ja	ja	nein
25	0.2	ja	ja	nein
30	0.2	ja	ja	nein
35	0.2	ja	ja	nein
40	0.1	ja	ja	ja
50	0.1	ja	ja	ja

Bei Durchführung der Arbeiten mit der Schlagramme im Nachtzeitraum werden die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 möglicherweise in einem Umkreis von bis zu 40 m nicht eingehalten.

## 6. Beurteilung und Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden die möglichen Auswirkungen von Erschütterungen aus den Baumaßnahmen zur Aufhebung des Bahnübergangs im Zuge der Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße in Sarstedt dargestellt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Gebäude aufgeführt bei denen Beeinträchtigungen durch Erschütterungen aus Baumaßnahmen im Sinne der DIN 4150, Teil 2 und 3 zu erwarten sind. Neben der Beurteilung nach der DIN 4150, Teil 2 und 3 wurden auch die möglichen Auswirkungen auf die Arbeitsplätze eines im unmittelbaren Bereich der Baumaßnahmen liegenden Dentallabors bewertet.

**Tabelle 12 :** Möglicherweise betroffene Gebäude

Baumaßnahme	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3	Anforderung Einwirkung auf den Arbeitsplatz Dentallabor Ziegeleistraße 4	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe 3 für Wohngebäude für den Tageszeitraum	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe 3 für Wohngebäude für den Nachtzeitraum
Baugrubenverbau im Trogbereich Schlagramme	Kein Gebäude betroffen	Bis zu einem Abstand von 65 m werden die Anforderungen Arbeitsplatz nicht eingehalten, es sind Beeinträchtigungen zu erwarten	Anforderungen bis 20 m nicht eingehalten. Nordring 4 (12 m) Ziegeleistraße 4 (20 m)	Innerhalb eines Abstandes von 270 m zu den Rammarbeiten sind alle Wohngebäude betroffen
Verdichtungsarbeiten Straßenbau	Kein Gebäude betroffen	Nicht betroffen	Kein Gebäude betroffen	Keine Verdichtungsarbeiten im Nachtzeitraum
Rückbau bestehender BÜ, Arbeiten mit Stemmeißel	Kein Gebäude betroffen	Nicht betroffen	Kein Gebäude betroffen	Innerhalb eines Abstandes von 40 m zu den Rammarbeiten sind folgende Wohngebäude betroffen: Ziegeleistr. 2 In der Bleiche 2/2a Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 33/34/35/36/38/40

In der Zusammenfassung ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Schäden an baulichen Anlagen im Sinne der DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ in Folge der vorgesehenen Baumaßnahmen können unter Berücksichtigung der vorliegenden Abstandsverhältnisse und Baumaßnahmen für die angrenzenden Gebäude ausgeschlossen werden.

- Die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ für Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe III werden für die möglicherweise betroffene Wohnbebauung im Tageszeitraum von 6:00 – 22:00 Uhr überwiegend eingehalten. Die Anforderungen werden nur für die Gebäude Nordring 4 und Ziegeleistraße 4 bei Einsatz der Schlagramme möglicherweise nicht eingehalten. Aufgrund der fortschreitenden Baumaßnahme liegt die Überschreitung jedoch bei maximal 2 Tagen. Unter Berücksichtigung dieses Zeitraumes sind hier gesonderte Maßnahmen zur Minderung nicht sinnvoll.
- Die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ für Arbeiten im Nachtzeitraum würden bei Einsatz der Schlagramme erst ab einem Abstand von 270 m eingehalten. Innerhalb dieses Korridors wären damit alle Gebäude betroffen. Bei Einsatz des Stemmeißels sind im Nachtzeitraum neun Gebäude betroffen.
- Für das Dentallabor in der Ziegeleistraße 4 sind die Anforderungen an Arbeitsplätzen mit feinmotorischen Tätigkeiten nach der VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3 bei der Beurteilung maßgebend. Für den Einsatz der Schlagramme werden die Anforderungen für einen Abstand von bis zu 65 m nicht eingehalten.
- Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Baumaßnahmen sollte als Minderungsmaßnahme für die Schlagramme eine Reduzierung der Schlagenergie erwogen werden. Bei einer Reduzierung von 46 kNm auf 23 kNm werden die Anforderungen tags für das Dentallabor eingehalten. Für das tags betroffene Gebäude Nordring 4 besteht aber weiterhin eine Betroffenheit durch Überschreitung der Anhaltswerte Tag der DIN 4150, T2. Im Vorfeld ist zu klären, in wieweit eine Reduzierung der Schlagenergie unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse möglich ist.
- Sollte eine Reduzierung der Schlagenergie in dem vorstehend beschriebenen Umfang nicht möglich sein, bieten sich für die Einwirkung auf die Arbeitsplätze im Bereich des Dentallabors hier nur organisatorische Maßnahmen d.h. die Durchführung der Rammarbeiten außerhalb der Arbeitszeiten des Dentallabors an.

- Bezüglich der Überschreitungen durch den Stemmeißel hinsichtlich der Einwirkung auf den Menschen im Nachtzeitraum kann als Minderungsmaßnahme der Einsatz eines kleineren Stemmeißels (ca. 500 kg) empfohlen werden. Hier sollte jedoch im Vorfeld ermittelt werden, in wieweit der Einsatz eines kleineren Stemmeißels eine Verlängerung der Baumaßnahme zu Folge hat.
- Bezüglich weiterer möglicher Minderungsmaßnahmen für die Überschreitungen in Bezug der Einwirkung auf den Menschen im Nachtzeitraum kommen hier grundsätzlich nur andere Bauverfahren in Frage. Dies wären zum Beispiel einer Herstellung des Baugrubenverbaus mittels Bohrpfahlverfahren. Eine derart grundsätzliche Umstellung der Bauverfahren dürfte im vorliegenden Fall jedoch aus zeitlichen und kostenmäßigen Gründen nicht zu realisieren sein. Ebenso ist es aus zeitlichen und betrieblichen Gründen nicht möglich die Arbeiten nur im Tageszeitraum 6:00 – 22:00 durchzuführen. Im Genehmigungsverfahren sollten daher für eine Durchführung der Arbeiten in den kritischen Zeiträumen Ausnahmegenehmigungen angestrebt werden.
- Aufgrund der vielgestaltigen Parameter bei der Ausbreitung von Erschütterungen im Baugrund, der Verstärkung im Gebäude und der Abhängigkeit von gerätespezifischen Parametern ist keine hinreichend genaue Prognose von Erschütterungen aus Baumaßnahmen möglich. Mit Beginn der Baumaßnahmen sollten die tatsächlichen Werte der vorgesehenen erschütterungsintensiven Baugeräte zu Beginn der jeweiligen Maßnahme im Rahmen von Probemessungen in den Gebäuden Nordring 2a und Ziegelleistr. 2 und 4 zu Beginn der jeweiligen Arbeitsabschnitte überprüft werden, um die vorgenommenen Abschätzungen und darauf beruhenden Beurteilungen zu überprüfen.
- Werden Proberammungen ausgeführt, so sollten dabei Erschütterungsmessungen durchgeführt werden, um die Ergebnisse der Prognose schon im Vorfeld der Arbeiten zu überprüfen.
- Vor Beginn der Baumaßnahmen sollten die in der DIN 4150, Teil 2 Absatz 6.5.3.4 beschriebenen Maßnahmen a) bis e) zur Ausführung kommen.

- Die bei den Baumaßnahmen eingesetzten Baugeräte sollten mit denen die in vorliegender Untersuchung zu Grunde gelegt wurden vergleichbar sein.
- Bei Abständen von unter 50 m zu den Arbeiten wird die Durchführung eines baulichen Beweissicherungsverfahrens empfohlen.

Zu den durchgeführten Erschütterungsprognosen ist abschließend zu bemerken, dass diese ein hohes Maß an Sicherheit aufweisen. Die tatsächlichen Werte bei Bauausführung dürften deutlich unter den berechneten Werten liegen. Damit ist in den vorgenommenen Bewertungen ein erhebliches Maß an Sicherheit enthalten.

Bonk-Maire-Hoppmann GbR

vertreten durch (Dipl. Phys. M. Krause)

## Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke

**Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke**

<u>Zeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
$A_o, A_u, A_r$	-	Anhaltswerte aus DIN 4150, Teil 2
$dB(A)$	-	Einheit des Schalldruckpegels bzw. des Beurteilungspegels
EG	-	Erdgeschoss
$KB_{Fmax}$		Die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax}$ ist nach DIN 4150, Teil 2 der Maximalwert von $KB_{F(t)}$ , der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist
$KB_{Fti}$		Die Messzeit wird nach DIN 4150, Teil 2 in Takte von je $T = 30 \text{ sec}$ eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_{F(t)}$ zugeordnet, im folgenden bezeichnet als $KB_{Fti}$ . Der Index $i$ nummeriert die Takte
$KB_{FTr}$		Der Wert für die Beurteilungs-Schwingstärke ist nach DIN 4150, Teil 2 ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit
$KB_{FTm}$		Quadratischer Mittelwert über die Taktmaximalwert $KB_{FTi}$
$KB_{F(t)}$		Die bewertete Schwingstärke $KB_{F(t)}$ nach DIN 4150, Teil 2 ist der gleitende Effektivwert mit der Zeitbewertung „Fast“ des frequenzbewerteten Erschütterungssignals
M	-	Mischgebiet
$v_e$	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle
$v_o$	mm/s	Bezugsschnelle
1. OG, 2. OG	-	1. Obergeschoss, 2. Obergeschoss
$v, v_{max}$	mm/s	Schwinggeschwindigkeit , maximale Schwinggeschwindigkeit

## Quellen, Richtlinien, Verordnungen

- ◇ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) i.d.F. der Bekanntmachung vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Gesetz vom 23.10.2007 (BGBl. I S. 2470)
- ◇ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12.06.1990, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1990, Teil 1, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes (BImSchG) vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180)
- ◇ DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen,
  - Vornorm Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen; Juni 2010;
  - Teil 2: Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude; Juni 1999;
  - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Dezember 2016;
- ◇ „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Erschütterungs-Leitlinie“, Länderausschuss für Immissionsschutz; 10.Mai. 2000
- ◇ „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs – und Körperschalleinwirkungen“, Bericht Nr. 107, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein – Westfalen, 1992
- ◇ „Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen“; M. Achmus, J. Kaiser, F. tom Wörden; Institut für Bauforschung e.V. Hannover Informationsreihe Bericht 20
- ◇ Eigene Messungen im Rahmen vergleichbarer Baumaßnahmen.