

neue Anlage 12.11a

Nur zur Information

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:

S-Bahn Rhein-Main:

4-gleisiger Ausbau Frankfurt (M) West – Friedberg

Abschnitt:

S6 2. Baustufe: Friedberg – Bad Vilbel,
Strecke 3900 Kassel Hbf – Frankfurt (Main) Hbf,
km 165,900 bis km 183,095

Untersuchungsumfang:

Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb
resultierenden Erschütterungsimmissionen

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen nach § 26 BImSchG

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **08160-ABE-1**
Datum: **17.10.2014**

Auftraggeber:

DB ProjektBau GmbH
Regionalbereich Mitte
Hahnstraße 52
60528 Frankfurt am Main

Sachbearbeiter:

Dipl.-Phys. Heike Kaiser
Dipl.-Phys. Magnus Holz

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Umfang des Dokumentes:

Textteil: 39 Seiten

Anhang 1: 10 Seiten
Anhang 2: 3 Seiten
Anhang 3: 4 Seiten
Anhang 4: 13 Seiten
Anhang 5: 6 Seiten
Anhang 6: 1 Seite

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	6
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	8
3	Bearbeitungsgrundlagen	9
3.1	Gesetze, Normen und Richtlinien	9
3.2	Planunterlagen und projektspezifische Informationen	10
4	Beschreibung des Baustellenbetriebs	10
5	Anforderungen an den Schwingungsschutz	12
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	12
5.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	15
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	17
6.1	Emissionen	18
6.2	Transmission	19
6.2.1	Transferfunktion T1	19
6.2.2	Transferfunktionen T2 und T3	20
6.3	Immissionen	21
7	Untersuchungsergebnisse	22
7.1	Emissionen	22
7.1.1	Abbrucharbeiten	22
7.1.2	Rammarbeiten	22
7.1.3	Verdichtungsarbeiten	24
7.2	Immissionen	24
7.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	25
7.2.1.1	Abbrucharbeiten	25
7.2.1.2	Rammarbeiten	30
7.2.1.3	Verdichtungsarbeiten	33
7.2.1.4	Maßnahmen	35
7.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	35
7.2.2.1	Abbrucharbeiten	35

7.2.2.2	Rammarbeiten	36
7.2.2.3	Verdichtungsarbeiten	38
8	Abschließende Bemerkungen	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen /4/	13
Tabelle 2	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen /4/	14
Tabelle 3	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke /5/	16
Tabelle 4	Relevante Einwirkungsbereiche (vgl. Abschnitt 4)	25
Tabelle 5	Maximale bewertete Schwingstärken bei Abbrucharbeiten	26
Tabelle 6	1. Schritt der Beurteilung von Abbrucharbeiten während des Nachtzeitraums	29
Tabelle 7	Maximale Ereignisanzahl bei Abbrucharbeiten während des Nachtzeitraums	30
Tabelle 8	Maximale bewertete Schwingstärken bei Rammarbeiten	31
Tabelle 9	Zulässige reine Rammdauer im Tagzeitraum (Stufe II)	32
Tabelle 10	Schwinggeschwindigkeiten infolge von Abbrucharbeiten	36
Tabelle 11	Schwinggeschwindigkeiten infolge von Rammarbeiten	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte /5/	16
Abbildung 2	Ursachen-Wirkungs-Prinzip	18
Abbildung 3	Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude mit der Entfernung /3/	20

Anhänge

Anhang 1	Lageplanausschnitte
Anhang 2	Emissionen
Anhang 3	Transmissionen
Anhang 4	Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
Anhang 5	Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen
Anhang 6	Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _o	oberer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _r	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _u	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _v	Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
c _p	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden [m/s]
[d]	Tag
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaß- nahmen [d]
D	Dämpfungsgrad [%]
[dB]	Dezibel
EÜ	Eisenbahnüberführung
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
FÜ	Fuß- und Radwegeüberführung
G	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbli- che Anlagen untergebracht sind
[Hz]	Hertz, Schwingung je Sekunde
Holz	Holzbalkendecken
Hrsg.	Herausgeber
HS	harmonisch / stationär
I	impulsförmig
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]

KB _{FT_r}	Beurteilungsschwingstärke [-]
[kJ]	Kilojoule [kg m ² / s ²]
LAI	Landesausschuss für Immissionsschutz
LQ	Linienquelle
M	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
n	Abnahmekoeffizient [-]
Nr.	Nummer
Nutz	Art der baulichen Nutzung
O	Oberflächenwelle
PQ	Punktquelle
r	Abstand [m]
R	Raumwelle
Stb.	Stahlbetondecken
SÜ	Straßenüberführung
T	Übertragungsfunktion
v ₀	Referenzwert für die Schwingschnelle [5 · 10 ⁻⁸ m/s]
v _i	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v _{max}	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v _z	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
W	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind

1 Zusammenfassung

Im Rahmen der Genehmigungsplanung für den 4-gleisigen Ausbau der Strecke 3900 im Zuge der S-Bahn Rhein-Main, S 6 2. Baustufe (Bad Vilbel – Friedberg) wurde geprüft, ob die aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden oder zu Schäden an baulichen Anlagen führen können. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Im Rahmen der durchzuführenden Bautätigkeiten können relevante Erschütterungsimmissionen durch herabfallende Massen während der Abbrucharbeiten an vorhandenen Bauwerken hervorgerufen werden. In Abständen größer als 12 m bei Stahlbetondecken bzw. 21 m bei Holzbalkendecken ist selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum auch ohne besondere Vorinformation (Stufe I) nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen. Bei Gebäuden in Abständen von 6 m bei Stahlbetondecken bzw. 13 m bei Holzbalkendecken können die Anforderungen für Stufe II unabhängig von der tatsächlichen Einwirkzeit unterschritten werden.
- Im Nachtzeitraum überschreiten die zu erwartenden maximalen Schwingstärken in nahezu allen Einwirkungsbereichen den oberen Anhaltswert nach **DIN 4150-2**. Dort können die Anforderungen der Norm nicht erfüllt werden. In Bezug auf die Beurteilungsschwingstärken lässt sich eine maximale Anzahl von Ereignissen (Herabfallen von Massen) definieren, bei deren Unterschreitung eine Einhaltung des Beurteilungsanhaltswertes für die Nacht möglich ist. In Minimalabständen von 8 m zwischen Baufeld und Gebäude beträgt dieser Höchstwert bei Stahlbetondecken 17 Ereignisse während des 8-stündigen Nachtzeitraums, bei Holzbalkendecken weniger als 10 Ereignisse.
- Zur Herstellung der Verbauten im Bereich der Ingenieurbauwerke werden Vibrationsrammungen notwendig. Zur Vermeidung erheblich belästigender Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden sollten ausschließlich Rammgeräte zum Einsatz kommen, die über ein im Betrieb veränderliches statisches Moment verfügen. Hierdurch ist gewährleistet, dass das statische Moment erst nach Erreichen der angestrebten Betriebsdrehzahl „eingeschaltet“ wird.

Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die eingesetzten Rammgeräte eine hinreichend hohe Leistung haben, um zu vermeiden, dass die Arbeitsfrequenz der Geräte unter Last unter 35 Hz fällt. Hierdurch wird vermieden, dass es zu resonanznahen Anregungen von Geschossdecken und somit zu hohen Schwingungsintensitäten kommen wird.

- ❑ Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich, dass bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (Stufe II) in Abständen größer als 35 m bei Stahlbetondecken bzw. 10 m bei Holzbalkendecken selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Für Gebäude in geringen Abständen kann eine Konfliktfreiheit durch geeignete Beschränkung der reinen Rammdauer erreicht werden.
- ❑ Gemäß der Bauphasenbeschreibung werden Rammarbeiten während des Nachtzeitraums im Zuge des Neubaus der EÜ Friedberger Straße in Nieder-Wöllstadt erforderlich. Es ist zu erwarten, dass in dem nächstgelegenen Gebäude Friedberger Straße 3 (W, Abstand 9 m) maximale bewertete Schwingstärken auftreten, die den dort maßgebenden oberen Anhaltswert nach **DIN 4150-2** deutlich überschreiten. Selbst bei sehr geringen reinen Rammdauern von weniger als einer Stunde während der Nacht ist es nicht möglich, den Beurteilungsanhaltswert einzuhalten.
- ❑ Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalzen im Zuge des Gleisbaus sind weitgehend auf den Tagzeitraum beschränkt. Bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (Stufe II) ist in Abständen größer als 18 m bei Stahlbetondecken bzw. 9 m bei Holzbalkendecken bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen. Beschränkt sich die reine Einwirkzeit auf nur noch 8 Stunden, so reduzieren sich die genannten Grenzabstände auf 11 m bei Stahlbetondecken bzw. 6 m bei Holzbalkendecken. Im Umkehrschluss sollte die reine Einwirkzeit von Verdichtungsarbeiten bei Gebäuden mit Stahlbetondecken, die in einem Minimalabstand von 8 m an das Baufeld angrenzen, nicht mehr als 5,5 h betragen.

- ❑ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen weder durch möglicherweise herabfallenden Massen bei den Abbrucharbeiten noch bei Vibrationsrammungen oder Verdichtungsarbeiten zu erwarten.
- ❑ Im Rahmen der geplanten Baumaßnahmen können relevante Erschütterungsemissionen auch beim Einbau von Ramppfählen zur Gründung von Signalauslegern, Oberleitungsmasten oder Lärmschutzwänden entstehen. Bedingt durch die gegebenen Abstandsverhältnisse und die kurzen temporären Einwirkdauern sind diese Erschütterungen jedoch als unkritisch einzustufen.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Ausbaus der S-Bahn Rhein-Main soll die Strecke 3900 Kassel Hbf – Frankfurt (M) Hbf 4-gleisig ausgebaut werden. Sie wird derzeit ab Frankfurt (M) West von der S-Bahn (Linie S6) und anderen Zugkategorien im Mischbetrieb genutzt. Der 4-gleisige Ausbau ist notwendig, um die S-Bahn zukünftig getrennt von den übrigen Verkehren auf gesonderten Gleisen zu führen. Dadurch sollen die Verbesserung der derzeitigen unbefriedigenden Betriebsqualität und die Reduzierung der Verspätungen im S-Bahn-Betrieb erreicht werden. Außerdem wird die Durchführung des integralen Taktfahrplans der S-Bahn Rhein-Main, der einen 15-Minuten-Takt vorsieht, restriktionsfrei ermöglicht.

Die Gesamtmaßnahme „4-gleisiger Ausbau zwischen Frankfurt (M) West und Friedberg“ gliedert sich in 2 Baustufen. Für die 1. Baustufe zwischen Frankfurt (M) West und Bad Vilbel liegt für den Abschnitt Bad Vilbel ein rechtskräftiger Planfeststellungsbeschluss aus dem Jahr 2004 vor. Im Abschnitt Frankfurt ist derzeit noch ein Planänderungsverfahren anhängig. Die hier diskutierte 2. Baustufe zwischen Bad Vilbel und Friedberg schließt mit einem (überlappenden) Planungsbereich bis km 183,095 direkt an die 1. Baustufe an.

Der 4-gleisige Ausbau zwischen Bad Vilbel und Friedberg orientiert sich an der bestehenden Strecke, um die Eingriffe in vorhandene Anlagen sowie in Umwelt und Landschaft zu minimieren. Als Zwangspunkte sind dabei die bestehenden Bebauungsgrenzen und die künftigen Planungen der Städte Bad Vilbel, Karben, Wöllstadt und Friedberg zu beachten.

Aufgabenstellung der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung ist es, die Schwingungsimmissionen, die aus den erforderlichen Bauaktivitäten zur Herstellung der Viergleisigkeit resultieren, sowohl hinsichtlich der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden als auch auf bauliche Anlagen im Umfeld der Baumaßnahmen zu ermitteln und zu beurteilen. So können bereits im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mögliche Konfliktpotentiale infolge der baubetrieblichen Aktivitäten aufgezeigt werden. Soweit erforderlich, sind geeignete planerische, organisatorische und / oder bauliche Maßnahmen zur Vermeidung oder zumindest zur Minimierung dieser Immissionskonflikte zu erarbeiten.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Gesetze, Normen und Richtlinien

Der durchgeführten schalltechnischen Untersuchungen liegen die folgenden Gesetze, Richtlinien und Regelwerke zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie), Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), Mai 2000
- /3/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /4/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /5/ DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Februar 1999

3.2 Planunterlagen und projektspezifische Informationen

Zur Bearbeitung wurden weiterhin die nachfolgenden Studien, Planunterlagen, Schriftsätze und sonstigen Informationen herangezogen:

- /6/ Vibrationen: Ursachen, Messung, Analysen und Maßnahmen, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Dokumentation zur D-A-CH-Studientagung 1991
- /7/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen, Hrsg. Wolfgang Haupt, 1986
- /8/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107
- /9/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, August 1996
- /10/ S-Bahn Rhein- Main, S6, 2. Baustufe, Planfeststellung, Anlage 3: Lagepläne, DB ProjektBau GmbH, Maßstab: 1:1.000, Stand April 2014
- /11/ S-Bahn Rhein- Main, S6, 2. Baustufe, Entwurfsplanung: Lagepläne Baustellenerschließung und Transportwege, DB ProjektBau GmbH, Maßstab 1:5.000 bzw. 1:2.000, Stand Mai 2014
- /12/ S-Bahn Rhein- Main, S6, 2. Baustufe, Planfeststellung, Anlage 7: Übersichtslagepläne Baustraßen, DB ProjektBau GmbH, Maßstab: 1:5.000, Stand 2010
- /13/ 4-gleisiger Ausbau S6, 2. Baustufe, Bad Vilbel – Friedberg, Entwurfsplanung: Bauphasenbeschreibung und bautechnischer Terminplan, DB ProjektBau GmbH, Stand Juli 2013
- /14/ S-Bahn Rhein-Main, S6, 2. Baustufe, Planfeststellung: Erläuterungsbericht, Stand März 2011

4 Beschreibung des Baustellenbetriebs

Zur Beschreibung des gesamten Baugeschehens wird zwischen statischen und dynamischen Baustellenbereichen differenziert. Unter stati-

schen Baustellenbereichen versteht man die Baustellen, die örtlich gebunden sind und bei denen die Schwankungen der hervorgebrachten Geräuschemissionen ausschließlich aus der Abfolge der hier durchgeführten Bauarbeiten resultieren. Bei den dynamischen Bauarbeiten handelt es sich im Wesentlichen um räumlich fortschreitende Baustellenbereiche. Im vorliegenden Fall sind dies im Wesentlichen die Bauarbeiten zur Herstellung des Gleiskörpers sowie von Stütz- und Schallschutzwänden.

Aus Sicht des Erschütterungsschutzes sind solche Bauaktivitäten von Bedeutung, die mit dem Einleiten hoher Wechselkräfte in den Untergrund verbunden sind. Erschütterungsrelevante Tätigkeiten werden somit vorwiegend im Bereich der Ingenieurbauwerke durchgeführt. Im vorliegenden Fall ist zu erwarten, dass Abbrucharbeiten an Eisenbahn- oder Straßenüberführungen (EÜ bzw. SÜ) sowie Rammarbeiten im Zuge der Herstellung neuer Bauwerke mit relevanten Erschütterungsimmissionen verbunden sind. Relevante Erschütterungsimmissionen sind dabei insbesondere im Umfeld folgender Bauwerke zu erwarten:

- ☐ SÜ Friedberger Straße bei km 182,575 in Bad Vilbel,
- ☐ EÜ Königsberger Straße bei km 181,955 in Dortelweil,
- ☐ EÜ Bahnsteigzugang Hp Dortelweil bei km 181,383,
- ☐ EÜ Theodor-Heuss-Straße bei km 181,016 in Dortelweil,
- ☐ FÜ Fußweg (Hauptstraße) bei km 177,077 in Okarben,
- ☐ EÜ Hauptstraße bei km 176,305 in Okarben,
- ☐ SÜ Wartweg bei km 173,405 in Nieder-Wöllstadt,
- ☐ EÜ Bahnsteigzugang Hp Nieder-Wöllstadt bei km 172,982,
- ☐ EÜ Friedberger Straße (B 3) bei km 173,850 in Nieder-Wöllstadt,
- ☐ SÜ Wingertstraße (Wingertsgasse) bei km 169,980 in Bruchengärten.

Für die Errichtung des Neubaus der EÜ Friedberger Straße in innerstädtischer Lage von Nieder-Wöllstadt wird eine raumsparende Bautechnologie mit Ramm- und Bohrarbeiten erforderlich. Diese Arbeiten müssen insbesondere auch am Wochenende und in der Nacht ausgeführt werden.

Auch an anderen Bauwerken werden Nachtarbeiten innerhalb der geplanten Sperrpausen erforderlich. Hierbei handelt es sich jedoch neben Abbrucharbeiten weitgehend um Tätigkeiten zum Ein- bzw. Ausbau von Hilfsbrücken und Brückenüberbauten, bei denen es zu keinen relevanten Erschütterungsemissionen kommen wird.

Entlang der gesamten Strecke werden Verdichtungsarbeiten unter Einsatz von Vibrationswalzen zum Aufbau der Gleise erforderlich. Es wird davon ausgegangen, dass diese Bauarbeiten überwiegend tagsüber, das heißt zwischen 07.00 Uhr und 20.00 Uhr, stattfinden.

In den Lageplanausschnitten in **Anhang 1** sind die relevanten Untersuchungsbereiche mit den nächstgelegenen schutzbedürftigen Gebäuden im Umfeld dargestellt.

Im Rahmen der geplanten Baumaßnahmen können entlang der gesamten Strecke relevante Erschütterungsemissionen auch beim Einbau von Rammpfählen zur Gründung von Signalauslegern, Oberleitungsmasten oder Lärmschutzwänden entstehen. Bedingt durch die gegebenen Abstandsverhältnisse und die jeweils sehr kurze temporäre Einwirkdauer sind diese Erschütterungen jedoch als unkritisch einzustufen und werden daher nicht detailliert betrachtet.

5 Anforderungen an den Schwingungsschutz

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das in **DIN 4150-2** /4/ beschriebene Beurteilungsverfahren angewendet. Hierfür sind

- ☐ die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und
- ☐ die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}

als maßgebende Beurteilungsgrößen mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen.

Zunächst erfolgt ein Vergleich der für den Baubetrieb erwarteten maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u und A_o gemäß **DIN 4150-2**. Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , dann 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 Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , jedoch kleiner als A_o ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}

zu ermitteln und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FT} kleiner oder gleich A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Für die zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der **DIN 4150-2** /4/ herangezogen. Sie sind in **Tabelle 1** zusammengestellt und werden festgelegt nach der Anzahl von Tagen, an denen die Erschütterungseinwirkungen stattfinden. Bei der Ermittlung der Dauer der einwirkenden Erschütterungen ist gemäß **DIN 4150-2**, Abschnitt 6.5.4.2 nicht die gesamte Dauer der Baumaßnahme, sondern die zusammenhängende Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich relevanten Erschütterungseinwirkungen entstehen. Bei einer Einwirkdauer D zwischen einem Tag und sechs Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

Tabelle 1 Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen /4/

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

Die in **Tabelle 1** benannten Anhaltswerte gelten **ausschließlich** für den Tagzeitraum (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr), die Beurteilung erfolgt in drei Stufen:

☐ **Stufe I:**

Bei Unterschreitung ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

☐ **Stufe II:**

Bei Unterschreitung ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen im Sinne von Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** er-

griffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.

□ **Stufe III:**

Bei Überschreitung sind die Einwirkungen unzumutbar. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Bei Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen muss nach **DIN 4150-2** eine Beurteilung nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell erfolgen. Abweichend hierzu wird in der Erschütterungsleitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz /2/ für Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen eine Beurteilung nach den Anhaltswerten aus Tabelle 1 der **DIN 4150-2** für zeitlich unbegrenzte Einwirkungen gefordert. Diese Anforderungen sind in **Tabelle 2** zusammengestellt.

Tabelle 2 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen /4/

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	3,0	0,07	0,10	0,20	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05

Bei der Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist zu beachten, dass der Zeitraum von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr als Tagzeitraum anzusehen ist. Die Zeiträume von 06.00 Uhr bis 07.00 Uhr und von 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr sind gemäß **DIN 4150-2**, Ziffer 3.7.4 als Ruhezeiten einzustufen.

Im Rahmen der hier untersuchten Baumaßnahmen sind keine erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten mit einer durchgehenden Dauer von mehr als 78 Tagen geplant. Der Baubetrieb beschränkt sich – soweit möglich – auf den Tagzeitraum. Während der Sperrpausen sowie zur Herstellung einzelner Bauwerke in innerstädtischer Lage sind jedoch auch Bauarbeiten am Wochenende und in der Nacht erforderlich.

5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen werden die Vorgaben der **DIN 4150-3** /5/ herangezogen. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden zu erwarten sind.

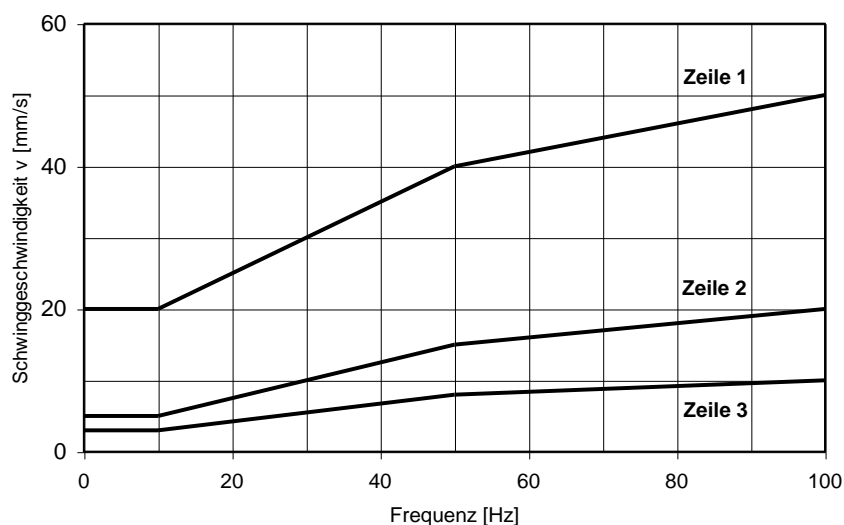
Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm stellt z. B. die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen sowie die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken dar. Bei Wohngebäuden wird auch bei Rissbildung in Putz und Wänden von einer Minderung des Gebrauchswertes ausgegangen.

Die maßgebenden Anhaltswerte für **kurzzeitige** Erschütterungen an Gebäudefundamenten sowie für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses sind in **Tabelle 3** zusammengefasst. Die Interpolation der Anhaltswerte für verschiedene Erschütterungsfrequenzen ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Tabelle 3 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke /5/

Zeile	Gebietsnutzung	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i [mm/s]			
		Fundament Frequenz [Hz]			oberste Deckenebene, horizontal
		<10 Hz	10...50	50...100*	alle Frequenzen
1	gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20...40	40...50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5...15	15...20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. unter Denkmalschutz stehend)	3	3...8	8...10	8
* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Abbildung 1 Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte /5/



Kurzzeitige Erschütterungen sind im Sinne der Norm Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen. Als kurzzeitige Erschütterungen (instationäre Einwirkungen) sind Einwirkungen zu werten, die z. B. während der An- und Auslaufphase von Vibrationsrammen entstehen.

Neben den in **Tabelle 3** genannten Anhaltswerten nennt die **DIN 4150-3** einen Anhaltswert von

$$v_z = 20 \text{ mm/s}$$

für das Auftreten kurzzeitiger **vertikaler** Deckenschwingungen.

Für **dauerhafte** Erschütterungen (stationäre Einwirkungen), die z. B. beim Betrieb von Vibrationsrammen entstehen, nennt die Norm entsprechend für das Auftreten vertikaler Deckenschwingungen einen Anhaltswert von

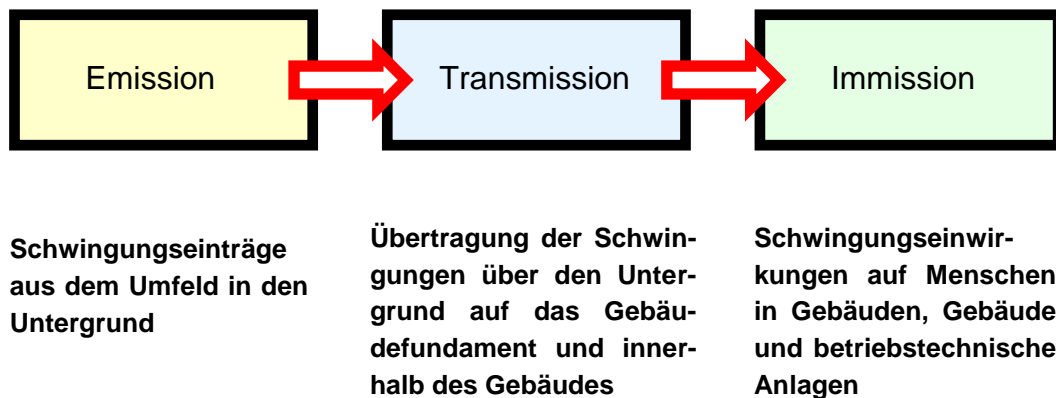
$$v_z = 10 \text{ mm/s.}$$

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Die Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baustellenbetrieb zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird für repräsentative Ausbreitungsbedingungen und Gebäudetypen durchgeführt. Da erschütterungsrelevante Bauaktivitäten in unterschiedlichen Abständen zu schutzwürdig genutzten Gebäuden stattfinden, werden die Erschütterungsimmissionen anhand von Ausbreitungskurven ermittelt, für die eine Beurteilung in beliebigen Abständen möglich ist.

Zur Berechnung der Ausbreitungskurven werden für die erschütterungstechnisch relevanten Bauaktivitäten empirisch ermittelte Emissionsspektren herangezogen und mit Hilfe von Ausbreitungs- und Übertragungsmodellen in Abhängigkeit des Abstandes zur Immissionsquelle ausgewertet. Die Ermittlung der aus den Baumaßnahmen resultierenden Schwingungsimmissionen an und in Gebäuden erfolgt auf der Grundlage von Ausbreitungsberechnungen. Hierbei wird für die Übertragung der Schwingungen stets von dem in **Abbildung 2** dargestellten Ursachen-Wirkungs-Prinzip ausgegangen.

Abbildung 2 Ursachen-Wirkungs-Prinzip



6.1 Emissionen

Erschütterungsemissionen sind Schwingungen, die von Baumaschinen in den Untergrund eingeleitet werden. Bei der Durchführung von Baumaßnahmen können durch die Anwendung bestimmter Bauverfahren verfahrensbedingt nennenswerte Erschütterungen auftreten. Hierbei sind solche Bauverfahren von Bedeutung, die mit dem Einleiten hoher Wechselkräfte in den Untergrund verbunden sind. Diese Emissionsquellen lassen sich in der Regel als impulsförmige oder stationäre Punktquellen charakterisieren.

Die im vorliegenden Fall maßgebenden erschütterungsrelevanten Bauaktivitäten werden in Abschnitt 4 bzw. 7.1 beschrieben und in **Anhang 2** als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden und in 8 m Abstand zum Emittenten (Bezugsabstand). Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen dar.

Da die dynamischen Beanspruchungen im Regelfall in vertikaler Richtung in den Untergrund eingeleitet werden und üblicherweise die Vertikalkomponenten der Schwingschnelle am Fundament und auf den Geschossdecken die Schwingschnellen in den übrigen beiden Raumrichtungen deutlich überschreiten, werden die Prognosebetrachtungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungseinwirkungen vorgenommen.

6.2 Transmission

6.2.1 Transferfunktion T1

Die Transferfunktion T1 beschreibt die geometrische Amplitudenabnahme, die durch die Verminderung der Energiedichte mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle hervorgerufen wird und die vom Quellentyp und der Ausbreitungsform (Wellenart) abhängig ist. Für die T1-Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach **DIN 4150-1** /3/ zu Grunde gelegt.

Die zusätzliche Minderung der Amplituden durch Absorption der Schwingungsenergie im Boden (Materialdämpfung) erfolgt frequenzabhängig und wird durch den Dämpfungsgrad **D**, die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden und den Abnahmekoeffizienten **n** quantifiziert. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der **DIN 4150-1** werden dabei folgende Parameter berücksichtigt:

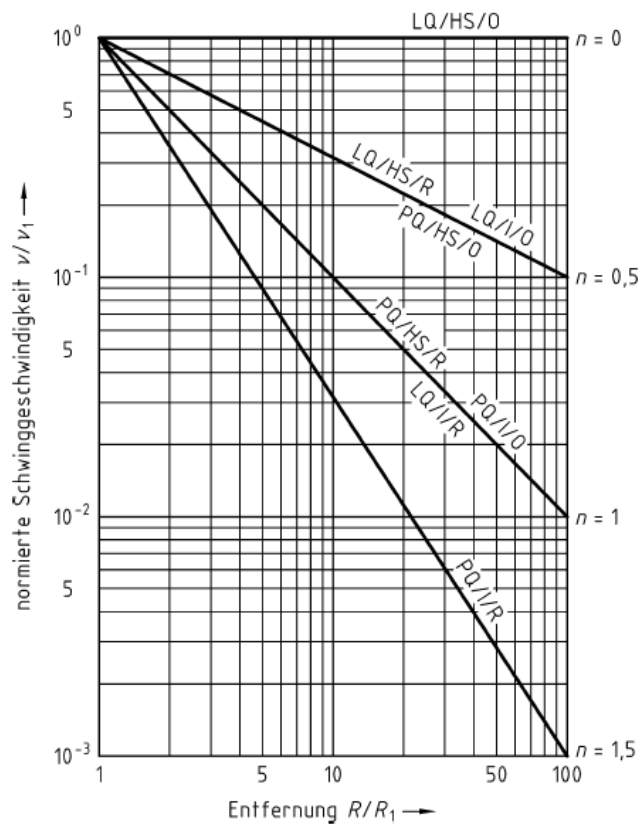
$$D = 1 \%$$
$$c_p = 200 \text{ m/s}$$

Der Abnahmekoeffizient **n** ergibt sich aus

- ☐ dem geometrischen Quellentyp: Punktquelle (PQ) oder Linienquelle (LQ);
- ☐ dem zeitlichen Quellentyp: harmonisch / stationär (HS) oder impulsförmig (I);
- ☐ der Wellenart: Raumwelle (R) oder Oberflächenwelle (O).

In **Abbildung 3** wird die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle für verschiedenen Quellentypen und Wellenarten dargestellt.

Abbildung 3 Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude mit der Entfernung /3/



6.2.2 Transferfunktionen T2 und T3

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T2-Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in **Anhang 3.1** angegebenen standardisierten Übertragungsfunktion für ein- bis zweigeschossige Gebäude /8/ ermittelt.

Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschossdecken. Da im vorliegenden Fall bekannt ist, dass die im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme befindlichen Gebäude sowohl Holzbalkendecken als auch Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton aufweisen, werden die erforderlichen Berechnungen für beide Deckenkonstruktionen durchgeführt.

Die Eigenfrequenzen von Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 25 Hz und 40 Hz, die von Holzbalkendecken zwischen 10 Hz und 20 Hz. Die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen /9/ für die jeweils ungünstigste Ausbreitungssituation sind für Stahlbetondecken

in **Anhang 3.2** und für Holzbalkendecken in **Anhang 3.3** dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert der T3-Funktion berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Die z. B. durch Vibrationsrammen induzierten Schwingungen wirken sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Raumrichtung. Da im Regelfall die in vertikaler Richtung in Bauwerke eingeleiteten dynamischen Beanspruchungen bedingt durch das Übertragungsverhalten der Gebäude zu maximalen Schwinggeschwindigkeiten führen, werden hier ausschließlich die vertikalen Schwingungskomponenten betrachtet.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baustellenbetrieb erfolgt hinsichtlich

- ☐ Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden gemäß **DIN 4150-2** und
- ☐ Einwirkungen auf bauliche Anlagen gemäß **DIN 4150-3**.

Für die beurteilungsrelevanten erschütterungstechnischen Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden unter Zugrundelegung der angegebenen Transferfunktionen die gemäß **DIN 4150-2** relevanten Beurteilungsgrößen **KB_{Fmax}** und **KB_{FTr}** ermittelt. Zur Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen ist gemäß **DIN 4150-3** der Maximalwert der unbewerteten Schwingschnelle **v_{max}** [mm/s] zu bestimmen.

Unter Berücksichtigung der oben angegebenen Parameter werden zunächst flächendeckende Ausbreitungsberechnungen durchgeführt. Anhand von Ausbreitungskurven in Abhängigkeit von den Abstandsverhältnissen können für die jeweiligen Baumaßnahmen differenziert für typische Räume in Gebäuden **Grenzabstände** ermittelt werden, innerhalb derer nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Überschreitungen der relevanten Anforderungswerte kommen wird. Soweit sich Objekte außerhalb der rechnerisch ermittelten Grenzabstände befinden, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass aus Sicht des Erschütterungsschutzes keine Konflikte zu erwarten sind.

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Emissionen

7.1.1 Abbrucharbeiten

Erschütterungsrelevante Belastungen können während der Abbrucharbeiten an derzeit bestehenden Bauwerken beim Herabfallen großer Massen auftreten. Grundsätzlich ist das Herabfallen von schweren Massen aus großen Fallhöhen zu vermeiden. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch herabfallende Massen zu impulsartigen dynamischen Lasten kommt.

Die der erschütterungstechnischen Beurteilung zugrunde gelegten Emissionen beim Herabfallen solcher Massen sind in **Anhang 2.1** in Form eines Terzspektrums angegeben. Das Spektrum stellt im Sinne einer oberen Abschätzung eine obere Einhüllende mehrerer messtechnisch ermittelter Einzelspektren dar. Der Emissionsansatz kennzeichnet Massen mit einer Fallenergie von **10 kJ**. Diese Fallenergie entspricht einer herabfallenden Masse von ca. 400 kg bei einer Fallhöhe von ca. 2,50 m.

Bei herabfallenden Massen handelt es sich um Punktquellen, die zu einer impulsförmigen Schwingungsanregung an der Oberfläche führen. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 1$$

berücksichtigt.

Bezüglich der Abbrucharbeiten am Einzelbauwerk wird davon ausgegangen, dass diese in einem Zeitraum von maximal 72 Stunden bzw. **3 Tagen** abgeschlossen werden können.

7.1.2 Rammarbeiten

Vibrationsrammungen werden insbesondere zur Herstellung des Verbaus zur Baugrubensicherung im Bereich der Ingenieurbauwerke erforderlich.

Beim Einsatz von Vibrationsrammen werden stationäre Erschütterungen erzeugt. Aus erschütterungstechnischer Sicht sind für den Einsatz von Vibrationsrammen in der Regel hohe Arbeitsfrequenzen ($f > 35 \text{ Hz}$) güns-

tiger als tiefe, da damit der Resonanzbereich von Geschossdecken in Gebäuden im Allgemeinen und insbesondere der schwingungsempfindlichen Holzbalkendecken nicht erreicht wird. Vibratoren mit tiefer Arbeitsfrequenz ($f < 35 \text{ Hz}$) können, insbesondere beim Auftreffen von Rammwiderständen, durch das Absenken der Betriebsfrequenz in den Deckenresonanzbereich und durch die stärkere Energieabstrahlung auch in größerer Entfernung noch starke Erschütterungen hervorrufen. Im Nahbereich zu schutzwürdig genutzten Gebäuden werden daher in der Regel nur hochfrequente Vibratoren ($f \geq 35 \text{ Hz}$) mit regelbarer Frequenz und ausreichender Leistung eingesetzt, um das Absinken der Betriebsfrequenz in den Deckenresonanzbereich zu verhindern.

Beim Anfahren und Abschalten von Vibratoren mit einem unveränderlichen statischen Moment können beim Durchfahren von Deckeneigenfrequenzen kurzzeitig Resonanzüberhöhungen auftreten. Das Durchlaufen von Resonanzfrequenzen beim Anfahren und Abschalten kann durch die Verwendung moderner Geräte mit im Betrieb regelbarem, veränderlichem statischen Moment verhindert werden.

In der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass eine Vibrationsramme mit einem veränderlichen statischen Moment zum Einsatz kommt, was dem derzeitigen Stand der Technik entspricht. Die Arbeitsfrequenz wird mit

$$f \approx 35 \text{ Hz}$$

angenommen. Das der Berechnung zugrunde gelegte Emissionsspektrum ist in **Anhang 2.2** dargestellt.

Für den Fall, dass sich Spundbohlen nicht bis zur maximalen Tiefe mit einer Vibrationsramme einbringen lassen, wird die statische Tragfähigkeit der Profile mit Hilfe einer Schlagramme hergestellt. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung werden für die Herstellung des Verbaus als „worst case“ ausschließlich Vibrationsrammungen behandelt, da die ggf. erforderlichen Schlagrammungen aufgrund der deutlich geringeren Einwirkzeiten von untergeordneter Bedeutung sind.

Bei Vibrationsrammen handelt es sich um Punktquellen, die zu einer harmonisch-stationären Schwingungsanregung an der Oberfläche führen. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 0,5$$

berücksichtigt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Rammarbeiten am Einzelbauwerk in einem Zeitraum von mindestens **7 Tagen**, jedoch an nicht mehr als 26 Tagen durchgeführt werden.

7.1.3 Verdichtungsarbeiten

Erschütterungstechnische relevante Bauaktivitäten stellen zudem die Verdichtungsarbeiten als Grundlage für den Gleisbau dar. Hierbei handelt es sich um einen dynamischen Baubetriebsbereich, der entlang der gesamten Strecke fortschreitet.

Im Sinne einer oberen Abschätzung des möglichen Konfliktpotentials wird davon ausgegangen, dass die Verdichtungsarbeiten entlang der Trasse ausschließlich dynamisch mit einer Vibrationswalze (z. B. BOMAG BW 213 Variocontrol) durchgeführt werden. Im Emissionsansatz wird vorausgesetzt, dass die Vibrationwalze mit einer Arbeitsfrequenz von

$$f \approx 25 \text{ Hz}$$

betrieben wird. Das Emissionsspektrum ist in **Anhang 2.3** dargestellt.

Bei der Vibrationswalze handelt es sich ebenfalls um eine Punktquelle, die zu einer harmonisch-stationären Schwingungsanregung führt. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 0,5$$

berücksichtigt. Die Gesamtdauer von Verdichtungsarbeiten innerhalb eines abgrenzbaren Einwirkungsbereichs wird auf maximal **1 Tag** abgeschätzt.

7.2 Immissionen

In der nachfolgenden **Tabelle 4** sind die Bauwerke zusammengestellt, in deren Umfeld relevante Immissionen infolge erschütterungsintensiver Bautätigkeiten zu erwarten sind. Zu jedem Bauwerk werden repräsentative Gebäude benannt, die jeweils minimale Abstände bzw. ein maximales Schutzbedürfnis bzgl. der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden aufweisen.

Tabelle 4 Relevante Einwirkungsbereiche (vgl. Abschnitt 4)

Nr.	Bauwerk	nächstgelegenes Gebäude mit schutzbedürftiger Nutzung	r [m]
		Bad Vilbel	
1	SÜ Friedberger Straße (B3)	Im Schleid 3	42 m
		Dortelweil	
2	EÜ Königsberger Straße	Sudetenstraße 12 / 14	38 m
3	EÜ Bahnsteigzugang	Weitzesweg 2a	8 m
4	EÜ Theodor-Heuss-Straße	Theodor-Heuss-Straße 22-24 Hans-Kudlich-Straße 17	8 m 38 m
		Okarben	
5	FÜ Fußweg (Hauptstraße)	Wiesenstraße 2	19 / 25 m
6	EÜ Hauptstraße	Bahnstraße 3 / 4	22 m
		Nieder-Wöllstadt	
7	SÜ Wartweg	Kudlich-Siedlung 1	15 m
8	EÜ Bahnsteigzugang	Mauergartenweg 2 Eisenbahnstraße 36	16 m 13 m
9	EÜ Friedberger Straße (B3)	Friedberger Straße 3	9 m
		Bruchenbrücken	
10	SÜ Wingertstraße	Wingertstraße 35	8 m

7.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

7.2.1.1 Abbrucharbeiten

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen infolge herabfallender Massen während der Abbrucharbeiten werden zunächst die maximalen beurteilten Schwingstärken KB_{Fmax} unter Berücksichtigung der jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenzen für Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken ermittelt. Bei dem zugrunde gelegten Emissionsspektrum ergeben sich jeweils maximale Einwirkungen für Deckeneigenfrequenzen von

- ☐ $f_0 = 25 \text{ Hz}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ $f_0 = 20 \text{ Hz}$ bei Holzbalkendecken.

Die Schwingstärken wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.1.1** für Stahlbetondecken (Stb, $f_0 = 25 \text{ Hz}$) und für Holzbalkendeckenkonstruktionen (Holz, $f_0 = 20 \text{ Hz}$) bestimmt und für die jeweiligen Einwirkungsbereiche in **Tabelle 5** zusammengefasst.

Tabelle 5 Maximale bewertete Schwingstärken bei Abbrucharbeiten

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	KB _{Fmax} [-]	
			Stb	Holz
	Bad Vilbel			
1	Im Schleid 3	42 m	0,10	0,30
	Dortelweil			
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	0,10	0,30
3	Weitzesweg 2a	8 m	0,60	1,85
4	Theodor-Heuss-Straße 22-24	8 m	0,60	1,85
	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	0,10	0,30
	Okarben			
5	Wiesenstraße 2	19 m	0,25	0,70
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	0,20	0,65
	Nieder-Wöllstadt			
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	1,00	0,30
8	Mauergartenweg 2	16 m	0,90	0,25
9	Friedberger Straße 3	9 m	0,60	1,85
	Bruchenbrücken			
10	Wingertstraße 35	8 m	0,60	1,85

Es wird zunächst geprüft, ob der obere Anhaltswert

$$A_{o, \text{Tag}} = 5$$

(bzw. $A_{o, \text{Tag}} = 6$ in Gewerbegebieten)

nach Tabelle 2 der **DIN 4150-2** /4/ (vgl. **Tabelle 1**) im Tagzeitraum bei den gegebenen Abstandsverhältnissen eingehalten werden kann. Gemäß **Tabelle 5** wird A_o während der Abbrucharbeiten im Tagzeitraum für beide Deckenkonstruktionen in allen Bereichen deutlich unterschritten.

Unter der Voraussetzung, dass die Abbrucharbeiten am Einzelbauwerk einen Zeitraum von maximal 3 Tagen und Nächten nicht überschreiten, betragen die unteren Anhaltswerte A_u im Tagzeitraum jeweils

$$A_{u, \text{Tag}} = 0,67 \text{ bei Stufe I,}$$

$$A_{u, \text{Tag}} = 1,07 \text{ bei Stufe II,}$$

$$A_{u, \text{Tag}} = 1,47 \text{ bei Stufe III.}$$

Da im vorliegenden Fall in einzelnen Bereichen die unteren Anhaltswerte überschritten sind, wird als 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2**

die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$ erforderlich. Der $KB_{FT,r}$ -Wert wird in **Anhang 4.1.2** für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten

$A_{r, Tag} = 0,37$ bei Stufe I,

$A_{r, Tag} = 0,73$ bei Stufe II,

$A_{r, Tag} = 1,13$ bei Stufe III

verglichen. Den Diagrammen kann entnommen werden, dass in Abständen größer als

- ☐ $r_1 > 12 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ $r_1 > 21 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum auch ohne besondere Vorinformation (**Stufe I**) nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist.

Die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen können vermindert werden, sofern die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** aufgeführten Maßnahmen a) bis e) ergriffen werden:

a) Umfassende Informationen 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 Bau betriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);

d) Benennung einer anspricht Stelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;

e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude.

Unter diesen Voraussetzungen ist der Beurteilungsanhaltswert der **Stufe II** heranzuziehen. Bei Gebäuden in Abständen von

- ☐ $r_{II} > 6 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ $r_{II} > 13 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

kann A_r für Stufe II unabhängig von der tatsächlichen Einwirkzeit unterschritten werden.

Bei Gebäuden mit Holzbalkendecken in minimalen Abständen von

$$r_{II, \min} = 8 \text{ m}$$

(Bereiche 3, 4, 9 und 10) sollte die tatsächliche Einwirkzeit, in der herabfallende Massen Erschütterungen hervorrufen, eine Gesamtdauer von maximal **8 Stunden** während des Tagzeitraums nicht überschreiten.

Ungebremst herabfallende schwere Massen stellen jeweils ein Einzelergebnis und keine dauerhafte Erschütterungseinwirkung dar. Die Einwirkdauer einer herabfallenden Masse ist deutlich kürzer als 30 Sekunden, somit belegt jede herabfallende Masse nur einen Takt von jeweils 30 Sekunden Dauer. Im Umkehrschluss bedeutet dies also, dass in Abständen von im Mittel 1 Minute Massen herabfallen können, ohne dass erheblich belästigende Erschütterungen auftreten.

Unzumutbare Einwirkungen (**Stufe III**) infolge von Abbrucharbeiten während des Tagzeitraums ergeben sich in keinem Fall.

Im Nachtzeitraum sind die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der **DIN 4150-2** /4/ (vgl. **Tabelle 2**) der Beurteilung zugrunde zu legen. In **Tabelle 6** werden die jeweils von der Art der baulichen Nutzung abhängigen oberen Anhaltswerte A_o den maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} gegenübergestellt. Man erkennt, dass die zu erwartenden Schwingstärken in nahezu allen Bereichen A_o überschreiten. Dort können die Anforderungen der Norm nicht erfüllt werden.

Tabelle 6 1. Schritt der Beurteilung von Abbrucharbeiten während des Nachtzeitraums

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	Nutz	A _{o,N} [-]	KB _{Fmax} [-]	
					Stb	Holz
	Bad Vilbel					
1	Im Schleid 3	42 m	M	0,3	0,10	0,30
	Dortelweil					
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	W	0,2	0,10	0,30
3	Weitzesweg 2a	8 m	W	0,2	0,60	1,85
4	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	W	0,2	0,10	0,30
	Okarben					
5	Wiesenstraße 2	19 m	W	0,2	0,25	0,70
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	M	0,3	0,20	0,65
	Nieder-Wöllstadt					
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	M	0,3	0,30	1,00
8	Mauergartenweg 2	16 m	M	0,3	0,25	0,90
9	Friedberger Straße 3	9 m	W	0,2	0,60	1,85
	Bruchenbrücken					
10	Wingertstraße 35	8 m	W	0,2	0,60	1,85

Basierend auf dem zweiten Schritt der Beurteilung (Bestimmung von **KB_{FTr}**) wird anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.1.3** für die jeweils nächstgelegenen Gebäude die maximale Einwirkdauer bestimmt, innerhalb der Erschütterungsimmissionen durch herabfallende Massen auftreten können, ohne Überschreitungen des jeweils maßgebenden Beurteilungsanhaltswerts **A_r** hervorzurufen. Unter der Voraussetzung, dass jede herabfallende Masse genau einen Takt mit einer Zeitdauer von 30 Sekunden belegt, ergibt sich hieraus die in **Tabelle 7** benannte maximale Anzahl möglicher Ereignisse während des Nachtzeitraums.

Tabelle 7 Maximale Ereignisanzahl bei Abbrucharbeiten während des Nachtzeitraums

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	Nutz	A _{r, N} [-]	Ereignisse [-]	
					Stb	Holz
	Bad Vilbel					
1	Im Schleid 3	42 m	M	0,07	≈ 850	≈ 190
	Dortelweil					
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	W	0,05	≈ 330	≈ 75
3	Weitzesweg 2a	8 m	W	0,05	≈ 17	< 10
4	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	W	0,05	≈ 330	≈ 75
	Okarben					
5	Wiesenstraße 2	19 m	W	0,05	≈ 55	< 10
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	M	0,07	≈ 200	≈ 42
	Nieder-Wöllstadt					
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	M	0,07	≈ 65	< 10
8	Mauergartenweg 2	16 m	M	0,07	≈ 70	< 10
9	Friedberger Straße 3	9 m	W	0,05	≈ 19	< 10
	Bruchenbrücken					
10	Wingertstraße 35	8 m	W	0,05	≈ 17	< 10

7.2.1.2 Rammarbeiten

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen durch Vibrationsrammungen ergeben sich bei dem zugrunde gelegten Emissionsspektrum jeweils die ungünstigsten maximalen beurteilten Schwingstärken **KB_{Fmax}** für Deckeneigenfrequenzen von

- ☐ **f₀ = 31,5 Hz** bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ **f₀ = 20 Hz** bei Holzbalkendecken.

Die Schwingstärken wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.2.1** dargestellt und für die jeweiligen Einwirkungsbereiche in **Tabelle 8** zusammengefasst.

Tabelle 8 Maximale bewertete Schwingstärken bei Rammarbeiten

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	KB _{Fmax} [-]	
			Stb	Holz
	Bad Vilbel			
1	Im Schleid 3	42 m	0,50	0,25
	Dortelweil			
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	0,55	0,25
3	Weitzesweg 2a	8 m	1,60	0,70
4	Theodor-Heuss-Straße 22-24	8 m	1,60	0,70
	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	0,55	0,25
	Okarben			
5	Wiesenstraße 2	25 m	0,75	0,30
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	0,80	0,35
	Nieder-Wöllstadt			
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	1,10	0,50
8	Eisenbahnstraße 36	13 m	1,20	0,50
9	Friedberger Straße 3	9 m	1,50	0,70
	Bruchenbrücken			
10	Wingertstraße 35	8 m	1,60	0,70

Es zeigt sich, dass der obere Anhaltswert $A_{o, Tag}$ im Tagzeitraum bei den gegebenen Abstandsverhältnissen für beide Deckenkonstruktionen in allen Bereichen deutlich eingehalten werden kann. Da im vorliegenden Fall die unteren Anhaltswerte $A_{u, Tag}$ in nahezu allen Einwirkungsbereichen überschritten sind, wird als 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2** die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} erforderlich.

Bei einer für die Rammarbeiten am Einzelbauwerk zu erwartenden Bauzeit von mindestens 7 Tagen, jedoch nicht mehr als 26 Tagen betragen die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **Tabelle 1**

$A_{r, Tag} = 0,3$ bei Stufe I,

$A_{r, Tag} = 0,6$ bei Stufe II,

$A_{r, Tag} = 1,0$ bei Stufe III.

Der KB_{FTr} -Wert wird in **Anhang 4.2.2** für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt. Den Diagrammen kann entnommen werden, dass

bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (**Stufe II**) in Abständen größer als

- ☐ $r_{II} > 35 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ $r_{II} > 10 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist.

Unter der Voraussetzung, dass bei den hier gegebenen Abstandsverhältnissen der Anhaltswert der **Stufe II** im Tagzeitraum eingehalten werden kann, ergeben sich für die nächstgelegenen Gebäude innerhalb der maßgebenden Einwirkungsbereiche die in **Tabelle 9** benannten Einschränkungen hinsichtlich der tatsächlichen Rammdauer.

Tabelle 9 Zulässige reine Rammdauer im Tagzeitraum (Stufe II)

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	Rammdauer [h]	
			Stb	Holz
	Bad Vilbel			
1	Im Schleid 3	42 m	16 h	16 h
	Dortelweil			
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	16 h	16 h
3	Weitzesweg 2a	8 m	2,25 h	12 h
4	Theodor-Heuss-Straße 22-24 Hans-Kudlich-Straße 17	8 m 38 m	2,25 h 16 h	12 h 16 h
	Okarben			
5	Wiesenstraße 2	25 m	8,0 h	16 h
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	8,5 h	16 h
	Nieder-Wöllstadt			
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	4,75 h	16 h
8	Eisenbahnstraße 36	13 m	4 h	16 h
9	Friedberger Straße 3	9 m	2,5 h	14 h
	Bruchenbrücken			
10	Wingertstraße 35	8 m	2,25 h	12 h

Unzumutbare Einwirkungen (**Stufe III**) infolge von Rammarbeiten während des Tagzeitraums ergeben sich ausschließlich bei Gebäuden mit Stahlbe-

tondecken in minimalen Abständen von weniger als 10 m zur Baustelle erst bei reinen Rammzeiten von mehr als 8 Stunden.

Gemäß der Bauphasenbeschreibung /13/ werden Rammarbeiten während des Nachtzeitraums im Zuge des Neubaus der EÜ Friedberger Straße in Nieder-Wöllstadt (Bereich 9) erforderlich. Es ist zu erwarten, dass in dem nächstgelegenen Gebäude Friedberger Straße 3 (**W**, Abstand 9 m) maximale bewertete Schwingstärken bis zu

$$KB_{Fmax} \approx 1,5 / 0,7$$

auf den Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken auftreten. Der obere Anhaltswert für Gebäude in Einwirkungsbereichen, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind,

$$A_{o, Nacht} = 0,2$$

ist somit deutlich überschritten. Selbst bei sehr geringen reinen Ramm-dauern von weniger als einer Stunde während der Nacht ist es gemäß Anhang 4.2.3 nicht möglich, den Beurteilungsanhaltswert von

$$A_{r, Nacht} = 0,05$$

zu unterschreiten.

7.2.1.3 Verdichtungsarbeiten

Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalzen im Zuge des Gleisbaus sind weitgehend auf den Tagzeitraum beschränkt. Die Arbeiten schreiten entlang der gesamten Strecke fort, wobei davon ausgegangen werden kann, dass sich die Arbeitsdauer in einzelnen Einwirkungsbereichen auf maximal einen Tag beschränkt.

Bei dem zugrunde gelegten Emissionsspektrum ergeben sich jeweils die ungünstigsten maximalen beurteilten Schwingstärken KB_{Fmax} für Deckeneigenfrequenzen von

- ☐ $f_0 = 25 \text{ Hz}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ $f_0 = 20 \text{ Hz}$ bei Holzbalkendecken.

Die Schwingstärken wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.3.1** dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert $A_{o, Tag}$ unabhängig

von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden.

Da im vorliegenden Fall die unteren Anhaltswerte überschritten sind, wird als 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2** die Bildung der Beurteilungsschwingstärke **KB_{FT,r}** erforderlich. Der KB_{FT,r}-Wert wird in **Anhang 4.3.2** für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten

A_{r, Tag} = 0,4 bei Stufe I,

A_{r, Tag} = 0,8 bei Stufe II,

A_{r, Tag} = 1,2 bei Stufe III

verglichen. Den Diagrammen kann entnommen werden, dass bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (**Stufe II**) in Abständen größer als

- ☐ **r_{II} > 18 m** bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ **r_{II} > 9 m** bei Holzbalkendecken

nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Beschränkt sich die reine Einwirkzeit auf nur noch 8 Stunden, so reduzieren sich die genannten Grenzabstände auf

- ☐ **r_{II, 8h} > 11 m** bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ **r_{II, 8h} > 6 m** bei Holzbalkendecken.

Im Umkehrschluss sollte die reine Einwirkzeit von Verdichtungsarbeiten bei Gebäuden, die in einem Minimalabstand von

$$r = 8 \text{ m}$$

an das Baufeld angrenzen, nicht mehr als

- ☐ **T_{II, 8m} ≤ 5,5 h** bei Stahlbetondecken bzw.
- ☐ **T_{II, 8m} ≤ 13 h** bei Holzbalkendecken.

betragen.

7.2.1.4 Maßnahmen

Es wird dringend empfohlen, dass die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** /4/ aufgeführten Maßnahmen a) bis e) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme ergriffen werden (vgl. **Anhang 6**). Demnach können die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen vermindert werden durch

- a) umfassende Informationen 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 und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);*
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;*
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude.*

7.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

7.2.2.1 Abbrucharbeiten

Infolge herabfallender Massen ergeben sich basierend auf den Ausbreitungskurven in **Anhang 5.1** für die jeweils nächstgelegenen Gebäude die in **Tabelle 10** dargestellten Schwinggeschwindigkeiten.

Gemäß **DIN 4150-3** /5/ (vgl. **Tabelle 3**) wird der Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Wohngebäude am Fundament ein Anhaltswert

$$v_{\text{Fundament}} = 5 \text{ mm/s}$$

zu Grunde gelegt. Für die Geschossdecken gilt gemäß Ziffer 5.2 der **DIN 4150-3** in vertikaler Messrichtung ein Anhaltswert von

$V_{\text{Geschossdecke}} = 20 \text{ mm/s}$.

Diese Vorgaben werden um mindestens einen Faktor 8 unterschritten. Selbst die Anforderungswerte für besonders schwingungsempfindliche Gebäude werden um mindestens den Faktor 4 unterschritten.

Tabelle 10 Schwinggeschwindigkeiten infolge von Abbrucharbeiten

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	v_{max} [mm/s]		
			Fundament	Stb	Holz
	Bad Vilbel				
1	Im Schleid 3	42 m	≈ 0,1	≈ 0,2	≈ 0,3
	Dortelweil				
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	≈ 0,1	≈ 0,2	≈ 0,3
3	Weitzesweg 2a	8 m	0,55	1,4	1,8
4	Theodor-Heuss-Straße 22-24	8 m	0,55	1,4	1,8
	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	≈ 0,1	≈ 0,2	≈ 0,3
	Okarben				
5	Wiesenstraße 2	19 m	≈ 0,2	0,5	0,8
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	≈ 0,2	0,5	0,7
	Nieder-Wöllstadt				
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	≈ 0,3	0,8	1,0
8	Mauergartenweg 2	16 m	≈ 0,3	0,7	0,9
9	Friedberger Straße 3	9 m	0,5	1,2	1,6
	Bruchenbrücken				
10	Wingertstraße 35	8 m	0,55	1,4	1,8

7.2.2.2 Rammarbeiten

Durch Vibrationsrammungen ergeben sich basierend auf den Ausbreitungskurven in **Anhang 5.2** für die jeweils nächstgelegenen Gebäude die in **Tabelle 11** dargestellten Schwinggeschwindigkeiten.

Tabelle 11 Schwinggeschwindigkeiten infolge von Rammarbeiten

Nr.	nächstgelegenes Gebäude	r [m]	v _{max} [mm/s]		
			Fundament	Stb	Holz
	Bad Vilbel				
1	Im Schleid 3	42 m	≈ 0,3	0,9	0,4
	Dortelweil				
2	Sudetenstraße 12 / 14	38 m	≈ 0,3	1,0	0,4
3	Weitzesweg 2a	8 m	0,9	2,9	1,3
4	Theodor-Heuss-Straße 22-24	8 m	0,9	2,9	1,3
	Hans-Kudlich-Straße 17	38 m	≈ 0,3	1,0	0,4
	Okarben				
5	Wiesenstraße 2	25 m	0,4	1,3	0,6
6	Bahnstraße 3 / 4	22 m	0,5	1,5	0,7
	Nieder-Wöllstadt				
7	Kudlich-Siedlung 1	15 m	0,6	2,0	0,9
8	Eisenbahnstraße 36	13 m	0,7	2,2	1,0
9	Friedberger Straße 3	9 m	0,8	2,7	1,2
	Bruchenbrücken				
10	Wingertstraße 35	8 m	0,9	2,9	1,3

Der zulässige Anhaltswert für kurzzeitige Erschütterungen auf Bauwerke bei einer Anregungsfrequenz von 35 Hz liegt für Wohngebäude gemäß **Abbildung 1** (Zeile 2) bei

$$v_i = 12 \text{ mm/s.}$$

Diese Anforderung kann für die hier untersuchten Einwirkungsbereiche um mindestens einen Faktor 13 unterschritten werden.

Der Betrieb von Vibrationsrammen stellt jedoch im Sinne der **DIN 4150-3** /5/ keine kurzzeitige, sondern eine stationäre Erschütterung dar. Gemäß Abschnitt 6.2 der **DIN 4150-3** führen vertikale Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_z \leq 10 \text{ mm/s}$$

auf Geschossdecken erfahrungsgemäß nicht zu Schäden, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen werden. Diese Vorgabe kann hilfsweise auf das Fundament übertragen werden. Der Anforderungswert wird im Vergleich mit den in

Tabelle 11 ausgewiesenen Schwinggeschwindigkeiten ebenfalls deutlich, das heißt um mindestens einen Faktor 3,5 unterschritten.

Folglich können Gebäudeschäden durch baubedingte Erschütterungen beim Betrieb der Vibrationsrammen ausgeschlossen werden.

7.2.2.3 Verdichtungsarbeiten

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand zu den eingesetzten Vibrationswalzen sind für Stahlbetondecken in **Anhang 5.3.1** und für Holzbalkendecken in **Anhang 5.3.2** dargestellt. Schwinggeschwindigkeiten oberhalb des für Dauererschütterungen benannten Anforderungswertes

$$v_z \leq 10 \text{ mm/s}$$

werden demnach selbst in geringsten Abständen zum Baufeld nicht erreicht.

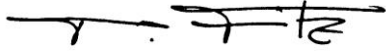
8 Abschließende Bemerkungen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (**BImSchG**) /1/ soll jede Baustelle so geplant, eingerichtet und betrieben werden, dass Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Demgemäß sind die mit Bauleistungen beauftragten Unternehmen dahingehend zu verpflichten, dass sie ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte einsetzen, die den (fortschreitenden) Stand der Technik beachten.

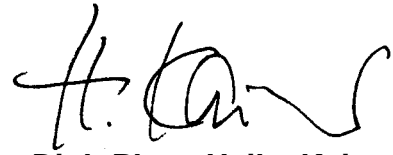
Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung zeigt, dass bei Abbrucharbeiten während des Nachtzeitraums bei den gegebenen Abstandsverhältnissen erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** nicht vollständig ausgeschlossen werden können. Die Minimierung von Immissionskonflikten während der Rammarbeiten ist zumindest während des Tagzeitraums möglich, sofern die Rammdauer auf die jeweils festgelegten maximalen Einwirkzeiten beschränkt werden kann.

Grundsätzlich sind die in der **DIN 4150-2**, Abschnitt 6.5.4.3 benannten Maßnahmen a) bis e) zur Minderung erheblicher Belästigungen zu ergreifen. Hierzu zählt insbesondere eine umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahme, das Bauverfahren, deren Dauer und die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahme.

Gebäudeschäden infolge von Abbrucharbeiten oder Vibrationsrammungen können jedoch mit Sicherheit ausgeschlossen werden.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Phys. Heike Kaiser



ANHANG

Projekt:

08160-ABE-1 □ 17.10.2014 □ S-Bahn Rhein-Main: S6, 2. Baustufe

Auftraggeber:

DB ProjektBau GmbH □ Hahnstraße 52 □ 60528 Frankfurt am Main