

Erschütterungstechnische Untersuchung Verlängerung der Stadtbahnlinie U13 nach Ditzingen und Neubau des Betriebshofs Weilimdorf Bauphase

Dipl.Phys.Helmut Venghaus

Bericht-Nr.: ACB-0623-8723/11

28.06.2023

Titel: Erschütterungstechnische Untersuchung
Verlängerung der Stadtbahnlinie U13 nach Ditzin-
gen
und Neubau des Betriebshofs Weilimdorf
Bauphase

Auftraggeber: Stuttgarter Straßenbahnen AG
Schockenriedstraße 50
70565 Stuttgart

Auftrag vom: 29.10.2019

Bericht-Nr.: ACB-0623-8723/11

Ersetzt Bericht-Nr.:
vom:

Umfang: 32 Seiten

Datum: 28.06.2023

Bearbeiter: Dipl.Phys.Helmut Venghaus

0423-8723/11

Diese Unterlage ist für den Auftraggeber bestimmt und darf nur insgesamt kopiert und
verwendet werden.
Bei Veröffentlichung dieser Unterlage (auch auszugsweise) hat der Auftraggeber sicherzustellen, dass
die veröffentlichten Inhalte keine datenschutzrechtlichen Bestimmungen verletzen.

Inhalt

Quellenverzeichnis	5
1 Anlass und Aufgabenstellung	7
2 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen	7
2.1 Hinweise der Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz bezüglich Erschütterungsimmissionen.....	7
2.2 Ermittlung der KB-Werte	11
2.2.1 KB _F -Wert	11
2.2.2 KB _{FT} -Wert.....	11
2.3 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen	12
2.4 Sekundärer Luftschall	12
2.5 Vorbelastung durch Erschütterungen.....	13
3 Örtliche Gegebenheiten	14
4 Bauablauf/Erschütterungsemissionen	15
4.1 Bauphasen/Bautätigkeiten.....	15
4.2 Einwirkungsbereiche.....	16
4.3 Erschütterungsemissionen.....	17
5 Berechnungsverfahren	18
6 Ergebnisse Baulärmeinwirkungen.....	20
6.1 Bauphase 1.1 – Baufeldfreimachung/Erdarbeiten (Gleisbau).....	22
6.2 Bauphase 1.2 – Planum (Gleisbau), Bodenverdichtung	22
6.3 Bauphase 1.3 – Oberbau (Gleisbau).....	25
6.4 Bauphase 2.1 – Betonieren (Haltestellenbau).....	25
6.5 Bauphase 2.2 – Verfüllen/Verdichten (Haltestellenbau).....	25
6.6 Bauphase 2.3 – Anlieferung/Abladen (Haltestellenbau).....	25
6.7 Bauphase 2.4 – Pflastern (Haltestellenbau)	25
6.8 Bauphase 3.1 – Baufeldfreimachung (Betriebshof)	25
6.9 Bauphase 3.2 – Rohbau/Betonieren (Betriebshof)	25
6.10 Bauphase 3.3 – Oberbau (Betriebshof)	26
6.11 Bauphase 4.1 – Rammen Spundbohlen (Verbau).....	26
6.12 Bauphase 4.2 – Einbringen Borpfähle (Verbau)	27
6.13 Zusammenfassende Beurteilung der Erschütterungsimmissionen.....	27
7 Minderungsmaßnahmen Bauerschütterungen	28
7.1 Prinzipielle Minderungsmöglichkeiten.....	28
7.2 Diskussion und Empfehlung vorzusehender Minderungsmaßnahmen.....	28

7.2.1	Arbeiten mit Vibrationswalzen	28
7.2.2	Vibrationsrammen.....	29
7.2.3	Erstellung Bohrpfahlwände	29
7.2.4	Ersatzwohnraum und Entschädigung.....	29
8	Allgemeine Hinweise und Auflagenvorschläge	30
	Vorschläge für Auflagen	30
9	Zusammenfassung	31

Quellenverzeichnis

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen herangezogen:

- [1] „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) vom 15. März 1974, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362) geändert worden ist
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Stand 06.03.2018
- [3] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Technische Fachinformation, Referat 34 – Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz, 76231 Karlsruhe, Stand Oktober 2018
- [4] DIN 4150-1:2022-12, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Beuth Verlag, Berlin 2022
- [5] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beuth Verlag, Berlin 1999
- [6] DIN 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beuth Verlag, Berlin 2016
- [7] Achmus, M., Kaiser, J.: Prognose von Bauwerkerschütterungen infolge Ramm- und Vibrationsverdichtungsarbeiten. XIII. Donau-Europäische Konferenz, Ljubljana, 2006
- [8] Achmus, M.: Gebäudeschäden infolge Erschütterungseinwirkungen aus Tiefbauarbeiten. 41. Bausachverständigentag -Schäden an erdberührten Bauteilen-, Frankfurt, 2006
- [9] H.Amick M.Gendreau, Construction Vibrations and Their Impact on Vibration-Sensitive Facilities, presented at ASCE Construction Congress 6, Orlando, Florida, February 22, 2000
- [10] D.M.Hiller G.I.Crabb, Groundborne vibration caused by mechanised construction works, TRANSPORT RESEARCH LABORATORY TRL REPORT 429, Crowthorne, Berkshire, RG45 6AU, 2000
- [11] © OpenStreetMap-Mitwirkende; OpenStreetMap® sind „Open Data“, die gemäß der Open Data Commons Open Database Lizenz (ODbL) durch die OpenStreetMap Foundation (OSMF) verfügbar sind
- [12] „Schalltechnische Untersuchung, Verlängerung der Stadtbahnlinie U13 nach Ditzingen und Neubau des Betriebshofs Weilimdorf“; ACCON GmbH; Bericht-Nr. ACB-1222-8723/09 Entwurf vom 22.12.2022

- [13] „Erschütterungstechnische Untersuchung, Verlängerung der Stadtbahnlinie U13 nach Ditzingen und Neubau des Betriebshofs Weilimdorf“; ACCON GmbH; Bericht-Nr. ACB-1222-8723/08 Entwurf vom 20.12.2022
- [14] O.Babir et al.; Digitale Produktentwicklung im Bahnbau, EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM 2023, Hrsg. Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V. (VDEI), DVV Media Group GmbH, Hamburg, 2023

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Stadtbahnlinie U13 der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) verkehrt derzeit von Stuttgart-Hedelfingen über Stuttgart-Bad Cannstatt (Wilhelmsplatz) bis Stuttgart-Feuerbach (Pfostenwäldle).

Im Rahmen der Weiterentwicklung des ÖPNV in der Region soll die U13 zukünftig nach der Haltestelle Rastatter Straße nach Norden von der Bestandsstrecke abzweigen und über eine neue Trasse nach Ditzingen geführt werden. Zudem ist die Errichtung eines neuen Betriebshofs geplant, der östlich der Ditzinger Gewerbegebiete „Porschestraße“ und „südlich der Zeisstraße“ vorgesehen ist. Der geplante Betriebshof dient dem Abstellen von Straßenbahnfahrzeugen in der nächtlichen Betriebspause sowie der Durchführung von Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten.

Im Rahmen des erforderlichen Planfeststellungsverfahrens sind unter anderem die erschütterungstechnischen Auswirkungen des Vorhabens zu ermitteln und darzulegen.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung werden die mit dem Baubetrieb in Zusammenhang stehenden Vibrationseinwirkungen gemäß anerkannter Berechnungsmethoden prognostiziert und anhand einschlägiger Normen beurteilt. Laut derzeitigen Planungen zum Bauablauf werden mit Ausnahme des Einbaus der Weichen und Kreuzungen zwischen den Haltestellen Wolfbusch und Rastatter Strasse keine Arbeiten im Nachtzeitraum durchgeführt.

Die im Zuge des Betriebs der Strecke und des Betriebshofs anfallenden Geräusche werden in einer eigenen schalltechnischen Untersuchung ermittelt und beurteilt, sie sind nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

2 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen

2.1 Hinweise der Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz bezüglich Erschütterungsimmissionen

Eine für Anlagenbetreiber und Überwachungsbehörden gleichermaßen bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Erschütterungsimmissionen auf bauliche Anlagen und auf Menschen in Gebäuden als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind, existiert nicht. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen i.S. des BImSchG [1] ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen [2]. Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) verweist weiterhin darauf, dass in der Praxis diese Anhaltswerte vor Gericht mangels anderer Bewertungsgrundlagen meist wie „Grenzwerte“ behandelt werden [3].

Als wesentliche Regelwerke bezüglich Schwingungseinwirkungen sind die

- DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [5]

und die

- DIN 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen [6]

heranzuziehen.

Bezogen auf die Wirkung auf Menschen [5] im Beurteilungszeitraum „*nachts*“ gilt die Zeit von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr. Der Beurteilungszeitraum „*tags*“ liegt in der Zeit von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr. Innerhalb des Beurteilungszeitraums „*tags*“ werden noch die Ruhezeiträume

- von 6 Uhr bis 7 Uhr
- von 19 Uhr bis 22 Uhr
- sonn- und feiertags von 6 Uhr bis 22 Uhr

definiert.

Der von den Raumbegrenzungsflächen abgestrahlte Schall (sekundärer Luftschall) wird nach Geräusch-Richtlinien behandelt (siehe hierzu 2.4).

Bei Baumaßnahmen sind die zeitliche Begrenzung der einzelnen erschütterungsrelevanten Arbeiten zu berücksichtigen. Daher sind für diese Immissionen zeitlich abgestufte Beurteilungsgrößen heranzuziehen. Hierbei gelten für den Beurteilungszeitraum „*tags*“ die in Tabelle 1 aufgeführten Anhaltswerte. Für den Beurteilungszeitraum „*nachts*“ sind die gebietspezifischen Anhaltswerte in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 1 Anhaltswerte der DIN 4150-2 [5] für Menschen in Gebäuden bei Baulärm tagsüber

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
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									

Unter Dauer **D** ist die Anzahl von (Werk-)Tagen zu verstehen, an denen Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen auftreten. Tage, an denen die Anhaltswerte A_u bzw. A_r unterschritten werden, sind nicht mitzuzählen.

Es gelten für tagsüber durch Baumaßnahmen verursachte Erschütterungen von höchstens 78 Tagen Dauer die Immissionswerte der Tabelle 1. Für Erschütterungen, die über den 78. Tag der Einwirkung hinaus gehen und für nachts auftretende Erschütterungen gelten grundsätzlich die Immissionswerte der Tabelle 2. Für Einwirkungsdauern **D**, die zwischen einem Tag und 6 Tagen liegen, werden die Immissionswerte der Tabelle 1 linear interpoliert.

Tabelle 2 Anhaltswerte der DIN 4150-2 [5] für Menschen in Gebäuden im Beurteilungszeitraum „*nachts*“

Einwirkungsort	nachts (22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰ Uhr)		
	A _u	A _o	A _r
Industriegebiet	0,3	0,6	0,15
Gewerbegebiet	0,2	0,4	0,1
Mischgebiet	0,15	0,3	0,07
allgemeines und reines Wohngebiet	0,1	0,2	0,05
Sondergebiete Kliniken	0,1	0,15	0,05

Die Art der baulichen Nutzung der Gebiete ergibt sich:

- aus Festsetzungen im Bebauungsplan
- aus der tatsächlichen baulichen Nutzung, sofern diese erheblich von der im Bebauungsplan festgesetzten baulichen Nutzung abweicht oder
- aus der tatsächlichen Nutzung, sofern keine Bebauungspläne aufgestellt sind.

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baustellen erfolgt in den drei Stufen I, II und III:

- Bei Unterschreitung der **Stufe I** ist nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.
- Liegen die Erschütterungen zwischen den Immissionswerten der **Stufe I** und **Stufe II** und sind die in Tabelle 3 Zeile d) aufgeführten Maßnahmen durchgeführt, liegen ebenfalls in der Regel keine erheblichen Belästigungen vor.
- Überschreiten die Erschütterungseinwirkungen jedoch die **Stufe II**, so können die unter Tabelle 3 Zeile d) beschriebenen Maßnahmen dazu beitragen, die unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß zu beschränken.
- Mit zunehmender Überschreitung der **Stufe II** nimmt die Wahrscheinlichkeit erheblicher Belästigungen trotz ergriffener Maßnahmen zu. Solange die Stufe III aber nicht überschritten wird, können die Pflichten des Betreibers als erfüllt angesehen werden, wenn alle im Einzelfall anwendbaren Maßnahmen nach Tabelle 3 Zeile d) getroffen werden.
- Sofern nicht bereits bei Überschreitung der **Stufe II** ein erschütterungsärmeres Bauverfahren gewählt wurde, gewinnt diese Maßnahme bei Überschreitung der **Stufe III** besondere Bedeutung, da von dieser Schwelle an auch aufwendige, aber weniger erschütterungsintensive Bauverfahren zunehmend als verhältnismäßig anzusehen sind.

Tabelle 3 Vorschläge zur Verminderung von erheblichen Belästigungen durch Erschütterungsimmissionen [2]

a)	Aktive Schutzmaßnahmen	Schaffung optimaler Betriebsbedingungen, Wartung und Pflege von Maschinen und Werkzeugen, Vermeidung unnötiger Lagerspiele, Verwendung scharfer Werkzeuge (Bohrer, Meißel usw.), Wahl der richtigen Temperatur der Werkstücke beim Schmieden, Übergang zu einer anderen Technik (z. B. Ersetzen von "Einrütteln" von Spundbohlen durch "Einpressen" oder unwuchtfreies Anlaufen von Rüttlern oder Vibrationsbären), sorgfältiges Auswuchten oder Einsatz von Massenausgleichern, Auswahl unschädlicher Erregerfrequenzen, Schwingungsisolierung mit Feder- und Dämpfungselementen, die den Kräften und Massen der Maschinen und gegebenenfalls der Masse des Fundamentes entsprechend dimensioniert werden.
b)	Ausbreitungsweg	Untersuchungen zeigen, dass die Ausbreitung von Schwingungen im Erdboden durch vertikal eingebrachte Schlitze oder Kanäle rechtwinklig zur Ausbreitungsrichtung (mit gasgefüllten Matten) behindert werden kann.
c)	Passive Schutzmaßnahmen	An den zu schützenden baulichen Anlagen können durch Veränderungen der Schwingungseigenschaften des Bauwerks oder von Bauteilen die Einwirkungen von resonanzbedingten Erschütterungen vermieden oder gemindert werden. Abfederung von Gebäuden Anbringen von Schwingungstilgern
d)	Maßnahmen zur Verminderung erheblicher Belästigungen, insbesondere bei nur vorübergehend betriebenen Anlagen (z.B. Baustellenanlagen)	Umfassende Information der Betroffenen z. B. über die Maßnahmen, die Verfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Betrieb. Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen und die damit verbundenen Belästigungen sowie Empfehlungen über Verhaltensweisen zur Minderung von Erschütterungswirkungen auf die Betroffenen. Einrichtung einer Anlaufstelle für Beschwerden. Zusätzliche betriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten usw.). Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Einwirkungen auf Menschen und Gebäude. Nachweis des Nichtentstehens von Gebäudeschäden durch Beweissicherung

Bezüglich der Einwirkung auf Gebäude [6] werden keine Beurteilungszeiträume vorgegeben.

Die Immissionswerte für die Beurteilung der Einwirkungen auf Gebäude (Tabelle 4) sind nach der Gebäudeart und nach der Dauer der Einwirkungen gestaffelt. Grundlage hierfür sind die Anhaltswerte nach DIN 4150-3:2016-12. Die Zuordnung der Gebäude zu den Zeilen nach Tabelle 4 erfolgt durch Inaugenscheinnahme.

Tabelle 4 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke durch kurzzeitige Erschütterungen [5].

Messort	Fundament, Maximale Schwingungsrichtung			Oberstes OG, horizontale Schwingungen	Deckenebenen, vertikale Schwingung
Frequenzbereich	< 10 Hz	10 - 50 Hz	50 – 100 Hz	1 - 100 Hz	1 – 100 Hz
Industriebau, gewerbliche Bauten	20	20 - 40	40 – 50	40	20
Wohngebäude	5	5 - 15	15 – 20	15	20
Empfindliche Bauten, Denkmalschutz	3	3 - 8	8 – 10	8	20

2.2 Ermittlung der KB-Werte

2.2.1 KB_F -Wert

Die DIN 4150-2 [5] berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung des Schwinggeschwindigkeitssignals die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Diese Frequenzbewertung wird mittels Hochpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 5,6 Hz erreicht:

$$KB(f) = \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)\right)}} \quad f_0 = 5,6 \text{ Hz} \quad (1)$$

Nach dieser Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit erhält man den dimensionslosen KB - Wert. Zusätzlich wird auf das KB - bewertete Signal der gleitende Effektivwert mit der Zeitkonstanten 0,125 s angewendet und man erhält den KB_F - Wert (siehe Gl. 2), welcher maßgebend für die Bewertung der Erschütterungsimmissionen auf das menschliche Empfinden ist.

$$KB_F(t) = \sqrt{\frac{1}{0,125} \int_{\xi=0}^t e^{-\frac{t-\xi}{0,125}} KB^2(\xi) d\xi} \quad (2)$$

Der maximal erreichte KB_F - Wert (KB_{Fmax}) der einzelnen Vibrationsereignisse soll den unteren Anhaltswert A_u nach DIN 4150-2 [5] möglichst nicht überschreiten. Überschreitet KB_{Fmax} den oberen Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung an die Norm nicht eingehalten. Ist KB_{Fmax} größer als A_u , jedoch kleiner als der obere Anhaltswert A_o , dann ist die Norm eingehalten, falls die zeitabhängige Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} , welche die Ereignisdichte innerhalb eines Tages- und Nachtzeitraumes berücksichtigt, nicht größer als der Beurteilungswert A_r ist.

2.2.2 KB_{FT} -Wert

Der KB_{FT} - Wert dient der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen unter Einbeziehung der Häufigkeit der Vibrationsereignisse im Beurteilungszeitraum. Dabei werden die Beurtei-

lungszeiträume in 30-Sekunden Abschnitte/Takte unterteilt (Tag = 1920 Takte; Nacht = 960 Takte). Maßgebend für die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke ist hierbei der Maximalwert eines jeden Taktes (Taktmaximalwert KB_{FTi}). Jeder Takt, bei dem Erschütterungsimmersionen den unteren Anhaltswert $A_u > 0,1$ überschreiten, geht in die Berechnung des KB_{FT} - Wertes folgendermaßen ein:

$$KB_{FT} = \sqrt{\frac{M}{N_r}} * \sum_{i=1}^Z KB_{FTi}^2 \quad (3)$$

Hierbei ist M die Anzahl der Takte pro Tag- oder Nachtzeitraum mit Taktmaximalwerten KB_{FTi} , N_r die Anzahl der Takte im Beurteilungszeitraum (1920 tags bzw. 960 nachts).

2.3 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen

Die Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen hängt von der Höhe des KB - Wertes und von der Frequenzzusammensetzung der Erschütterungseinwirkung ab. Für die subjektive Wahrnehmung spielt daneben das übrige Umfeld (Vorhandensein von anderen störenden Umwelteinflüssen) eine Rolle. Die folgende Tabelle kann deshalb nur zur orientierenden Einschätzung der Wirkung von Erschütterungen dienen.

Tabelle 5: Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen nach KB - Wert

KB - Wert	Wahrnehmung
1,6	stark spürbar
0,6	gut spürbar
0,14	gerade spürbar
0,1	Fühlschwelle

2.4 Sekundärer Luftschall

Im Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVG) vom 19.04.2014 wird für den aus Erschütterungsimmersionen entstehenden sekundären Luftschall festgelegt:

„Weder für die Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmersionen aus sekundärem Luftschall noch für eine diesbezügliche Zumutbarkeitsschwelle gibt es normative Festsetzungen. Welche Innenschallpegel für die Bewohner von Häusern zumutbar sind, kann jedoch in Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV [12]) bestimmt werden, da es sich auch beim sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt ... Zutreffend geht diese auch davon aus, dass in Übereinstimmung mit den Vorgaben der 24. BImSchV die Zumutbarkeitsschwelle für einwirkenden sekundären Luftschall bei 40 dB(A)/tags für Wohnräume und 30 dB(A) nachts für Schlafräume liegt.“

Danach gelten für Wohnräume, unabhängig von der Lage des Gebäudes und der Gebietseinstufung, folgende Richtwerte:

Tabelle 6: Richtwerte für Sekundärschall in Gebäuden

Beurteilungszeitraum	Tag (6 - 22 Uhr) Wohnzimmer	Nacht (22 - 6 Uhr) Schlafzimmer
Sekundärluftschall	40 dB(A)	30 dB(A)

Die Richtwerte in Tabelle 6 beziehen sich auf Mittelungspegel ($L_{m,sek}$) über die jeweilige Beurteilungszeit.

Es wird bei der Dimensionierung bei evtl. notwendig werdenden Schutzmaßnahmen darauf Rücksicht genommen, dass kurzzeitige Geräuschspitzen bei einer Einzelvorbeifahrt den Richtwert um nicht mehr als 10 dB überschreiten.

Der im Urteil des BVG erwähnte Abschlag durch Anwendung des Schienenbonus von $\Delta L = 5$ dB(A) wird wegen der geänderten Gesetzeslage nicht mehr angewandt.

Die Berechnungen zu den zu erwartenden sekundären Luftschallpegeln basieren auf den Ergebnissen zu den Schwinggeschwindigkeiten in Deckenmitte des Obergeschosses des Plangebäudes. So wird anhand von Deckendimension und -material die entsprechende Abstrahlcharakteristik abgeleitet, wodurch eine Approximation des Schalldruckpegels L_p während der einzelnen Erschütterungsereignisse möglich ist. Durch die A-Bewertung des so berechneten Schalldruckpegels wird die Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Gehörs berücksichtigt.

Bei der Berechnung des Beurteilungspegels L_r wird die Einwirkzeit der Immissionen durch die Bauarbeiten berücksichtigt. Diese erfolgt separat für den Tag- (6 bis 22 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (22 bis 6 Uhr).

2.5 Vorbelastung durch Erschütterungen

Eine Vorbelastung durch Erschütterungseinwirkungen ist derzeit für den größten Teil der geplanten Linie U 13 nicht gegeben. Lediglich im Bereich des Abzweigs von der Bestandsstrecke (Haltestelle Wolfbusch, Haltestelle Rastatter Straße) sind aus dem Betrieb auf der Bestandsstrecke Erschütterungsimmissionen im nahestehenden Freizeitzentrum in der Solitudestrasse 129 und einem Gärtnereibetrieb mit Wohnbereich in der Solitudestrasse 169 vorhanden. Da in dem Freizeitzentrum keine dauerhaften Übernachtungsmöglichkeiten vorhanden sind, ist für dieses Gebäude keine eingehendere Untersuchung notwendig. Für das Gebäude in der Solitudestrasse 169 werden entsprechende erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt.

3 Örtliche Gegebenheiten

Die Stadtbahnlinie U13 der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) verkehrt derzeit von Stuttgart-Hedelfingen über Stuttgart-Bad Cannstatt (Wilhelmsplatz) bis Stuttgart-Feuerbach (Pfostenwäldle). Im Rahmen der Weiterentwicklung des ÖPNV in der Region soll die U13 zukünftig nach der Haltestelle Rastatter Straße nach Norden von der Bestandsstrecke abzweigen und über eine neue Trasse nach Ditzingen geführt werden. Die neue Trasse verläuft zunächst parallel zur B 295 nach Nordwesten. Im Bereich des Gewerbegebiets Ditzingen West ist ein neuer Betriebshof geplant. Dort schwenkt die Trasse zunächst nach Süden bis nach Stuttgart-Hausen, passiert die nördliche Randbebauung von Stuttgart-Hausen in westlicher Richtung, um kurz nach Hausen erneut nach Nordwesten in Richtung Ditzingen abzuschwenken. Nach Unterquerung der Autobahn A 81 erfolgt ein weiterer Schwenk in Richtung Südwesten. Von da ab verläuft die geplante Trasse parallel zur Autobahn bis zum neuen Endhaltepunkt Ditzingen-Hülben. Neben der neuen Endhaltestelle werden insgesamt 6 weitere Haltestellen im Zuge des Ausbauprojekts realisiert. Die Gesamtlänge der Streckenverlängerung beträgt rd. 4,8 km. Der Grobverlauf der geplanten Trasse ist in Abbildung 1 blau hinterlegt, die Lage des geplanten Betriebshofes ist violett hervorgehoben.

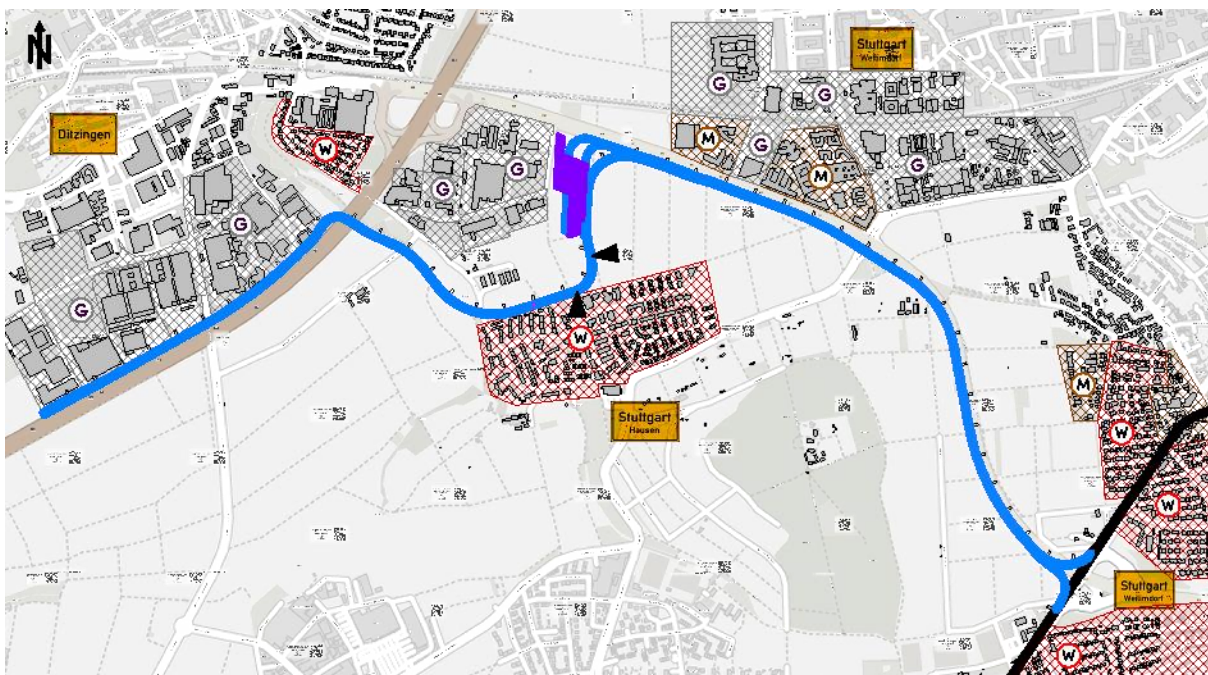


Abbildung 1: Übersichtsplan mit Kennzeichnung geplanter Trassenverlauf (blau) und Lage des geplanten Betriebshofs (violett). (Quelle Hintergrundbild: OpenStreetMap [11])

Die Grundstücke im nahen Einflussbereich des neuen Streckenabschnitts Richtung Endhaltestelle Ditzingen-Hülben sind zu einem Großteil durch gewerbliche Nutzungen (G) geprägt. Am Anfang der Strecke sowie im Bereich Stuttgart-Hausen und nördlich der Unterquerung der A 81 sind größere Wohngebiete (W) gelegen. Dazwischen befinden sich vereinzelt Wohnnutzungen im Außenbereich.

4 Bauablauf/Erschütterungsemissionen

Entsprechend den vorliegenden Unterlagen geht der Bau der Streckenverlängerung mit dem Bau von neuen Haltestellen und eines neuen Betriebshofs einher. Im Zuge des Neubaus der Streckengleise wird zudem die Errichtung einiger Eisenbahnüberführungen (EÜ) erforderlich, beispielsweise zur Querung der B 295 oder des Beutenbachs. Bei der Errichtung von Brückenköpfen wird im Regelfall ein Verbau erforderlich, der oftmals durch starke Erschütterungsemissionen gekennzeichnet ist. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird dies - wo erforderlich - gesondert vom Streckenneubau betrachtet.

Ein detaillierter Bauablaufplan lag zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens nicht vor. Für die Beurteilung der baubedingten Erschütterungseinwirkungen wurden daher basierend auf Erfahrungswerten anderer, ähnlich gelagerter Untersuchungen aus erschütterungstechnischer Sicht relevante Bauphasen/Bautätigkeiten angenommen.

4.1 Bauphasen/Bautätigkeiten

Das Bauvorhaben wird nach fachgutachterlicher Sicht in vier wesentliche Phasen unterteilt:

1. Neubau der Streckengleise von Weilimdorf bis Ditzingen-Hülben
2. Neubau Haltestellen
3. Neubau eines Betriebshofs
4. Verbau

Anhand der getroffenen Grobeinteilung wurden basierend auf Erfahrungen anderer, vergleichbarer Untersuchungen folgende Bautätigkeiten aufgelistet, aus denen Erschütterungen hervorgehen können:

Tabelle 7 Bauphasen/Bautätigkeiten mit erschütterungstechnischer Relevanz - Gleisbau

Phase	Nr.	Bauphase	Beschreibung Bautätigkeit
Gleisbau	1	Baufeldfreimachung/ Erdarbeiten	Oberboden abheben Fläche ebnen
	2	Planum	Planum herstellen
	3	Oberbau	Gleistragplatte betonieren

Tabelle 8 Bauphasen/Bautätigkeiten mit erschütterungstechnischer Relevanz - Haltestellen

Phase	Nr.	Bauphase	Beschreibung Bautätigkeit
Haltestellenbau	1	Betonieren	Zufuhr Beton/Bahnsteigkante Einbringen Beton Bahnsteigkante setzen
	2	Verfüllen/Verdichten	Zufuhr Material Abschütten Füllmaterial Einbringen Füllmaterial Füllmaterial verdichten
	3	Anlieferung/Abladen	Zufuhr Material Platten entladen und verfahren
	4	Pflastern	Zufuhr Material Platten entladen und verfahren Platten schneiden/einpassen Platten einrütteln

Tabelle 9 Bauphasen/Bautätigkeiten mit erschütterungstechnischer Relevanz - Betriebshof

Phase	Nr.	Bauphase	Beschreibung Bautätigkeit
Bau Betriebshof	1	Baufeldfreimachung/ Erdarbeiten	Oberboden abheben Fläche ebnen
	2	Rohbauarbeiten/ Betonieren	Baukran Zufuhr Beton Betonieren
	3	Oberbau	Schotter ausbringen/verdichten Schwellen/Schienen abladen verlegen Schrauben festlegen

Tabelle 10 Bauphasen/Bautätigkeiten mit erschütterungstechnischer Relevanz - Verbau

Phase	Nr.	Bauphase	Beschreibung Bautätigkeit
Verbau	1	Verbau	Rammen Spundbohlen
	2	Verbau	Einbringung Bohrpfähle

4.2 Einwirkungsbereiche

Im Umfeld des geplanten Streckenverlaufs sind relevante Einwirkungen durch Bauerschütterungen nur in den Bereichen zu erwarten, in denen sich schützenswerte Bebauung im näheren Umfeld befindet. Basierend auf der Grobeinteilung in 4 Phasen, wurden folgende relevante Einwirkungsbereiche identifiziert:

1. Neubau der Streckengleise von Weilimdorf bis Ditzingen-Hülben
 - Streckenanfang, von Bestandsstrecke bis max. ca. km 0+300
 - Hofstelle Ditzinger Str. 91, von ca. km 1+000 bis ca. km 1+300
 - MI/GE nördlich der B 295, von ca. km 1+400 bis ca. km 2+200
 - Wohngebiet Hausen, von ca. km 2+600 bis ca. km 3+200
 - WA/GE nördlich der A 81, von ca. km 3+500 bis ca. km 4+800
2. Neubau Haltestellen
 - Haltestelle Ditzinger Straße, bei ca. km 1+300
 - Haltestelle Weilimdorf Bf, bei ca. km 1+850
 - Haltestelle Hausen, bei ca. km 2+850
 - Haltestelle Schuckertstr., bei ca. km 3+800
3. Neubau eines Betriebshofs
 - Umfeld Betriebsgelände
4. Verbau
 - EÜ Solitudestraße, bei ca. km 0+100 und km 0+200
 - EÜ Beutenbach, bei ca. km 3+100
 - EÜ Scheffzental, bei ca. km 3+200

Andere Bereiche sind aus technischer Sicht im Hinblick auf Einwirkungen durch Bauerschütterungen nicht relevant. So befinden sich beispielsweise im Umfeld der neuen Endhaltestelle keine schützenswerten Nutzungen. Die vorliegende Untersuchung beschränkt die Betrachtungen daher auf die als relevant eingestuften Bereiche.

4.3 Erschütterungsemissionen

Auf Basis der in Tabelle 7 bis Tabelle 10 zusammengestellten Bauphasen/Bautätigkeiten mit erschütterungstechnischer Relevanz werden die zum Einsatz kommenden Baumaschinen und Bauverfahren abgeleitet. Den in Frage kommenden Baumaschinen und Bauverfahren werden gutachterlich baubetriebstypische Erschütterungsemissionen zugeordnet, die sich im Wesentlichen auf deren Gewichtsklassen und anregenden Frequenzanteilen beziehen. Als maßgebliche Baumaschinen werden dabei im Wesentlichen Großgeräte berücksichtigt, deren Erschütterungsemissionen sich aus Vibrationen rotierender Massen oder Impulseinträgen ins Erdreich ergeben.

Bei der Ermittlung der Erschütterungsemissionen der einzelnen Bauphasen wird nicht jeder denkbare Arbeitsschritt behandelt. Vielmehr dominieren in der Praxis bestimmte Arbeiten bzw. der Einsatz bestimmter Geräte die Emissionssituation. Die übrigen hier nicht gelisteten zur Anwendung kommenden (Klein-) Geräte können entweder aufgrund ihrer Einsatzzeit und Erschütterungsentwicklung als nicht relevant angesehen werden oder sind vergleichbar mit einer der aufgeführten Maschinen und sind daher in den Berechnungen nicht gesondert berücksichtigt worden.

Die angegebenen Erschütterungsemissionen beziehen sich auf den Lastbetrieb. Der Leerlauf ist demgegenüber zu vernachlässigen bzw. hat keinen signifikanten Einfluss auf die Be-

urteilung. Die anteiligen Betriebszeiten der einzelnen Quellen im Lastbetrieb entsprechen durchschnittlichen Erfahrungswerten und tragen dem Umstand Rechnung, dass im realen Baubetrieb stets auch Pausen für Umsetzvorgänge, Rüstzeiten, Materialaufnahme etc. entstehen, und somit so gut wie kein Gerät in der Praxis durchgängig in Volllast in Betrieb ist.

Da derzeit nicht geklärt werden kann, welche der unterschiedlichen Maschinen in den einzelnen Bauphasen zeitgleich in Betrieb sind, wird zur sicheren Seite ein zeitgleicher Betrieb aller gelisteten Maschinen je Bauphase postuliert. Die prognostizierten Erschütterungsemissionen der einzelnen Bauphasen stellen somit obere Abschätzungen der tatsächlich auftretenden baubetriebsbedingten Emissionen dar. Diese Untersuchung ist in diesem Sinne als eine Machbarkeitsstudie zu verstehen, um sich abzeichnende Konfliktpotenziale bereits vor einer Baumaßnahme zu erkennen und damit Schutzmaßnahmen zu deren Vermeidung/Vermeidung schon im Vorfeld treffen zu können.

Die Abbildung der Emissionsquellen erfolgt im Rechenmodell anhand von Punkt- und/oder Linienquellen, denen die Emissionen der einzelnen Bauphasen zugeordnet werden.

Dabei wird bei linienhaften Bautätigkeiten mit Vorschub davon ausgegangen, dass die jeweiligen Bautätigkeiten sich innerhalb eines Tages auf einen maximal 50 m langen Streckenabschnitt konzentrieren bzw. die nachfolgend aufgeführten Erschütterungseinwirkungen der einzelnen Bautätigkeiten für jeweils 50 m lange Streckenabschnitte gültig sind.

5 Berechnungsverfahren

Eine rechtlich vorgeschriebene Berechnungsvorschrift bezüglich der Erschütterungsausbreitung ähnlich zu den Baulärberechnungen ist bislang nicht eingeführt worden. Im Deutschen Raum hat sich das Berechnungsmodell nach Achmus [7] und [8] durchgesetzt, das eine Abschätzung der Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude aus der Emission unterschiedlicher Baumaschinen ermöglicht, mit einer

- 50% Wahrscheinlichkeit zur Einschätzung der mittleren Erwartungsgröße
- 2,25% Wahrscheinlichkeit zur Einschätzung der maximalen Erwartungsgröße

In [13] wurden an mehreren Stellen entlang der geplanten Trasse der U13 Messungen zur Schwingungsausbreitung im Erdreich durchgeführt. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass entlang der zukünftigen Trasse tragfähiger fester Untergrund angetroffen wird und dementsprechend die darauf abgestimmten Berechnungsgrundlagen nach Achmus angewendet werden können.

Basierend auf den in Tabelle 7 bis Tabelle 10 zusammengestellten Bauphasen werden in Tabelle 11 die wesentlichen erschütterungsintensiven Baumaschinen aufgeführt.

Tabelle 11 Erschütterungsrelevante Baumaschinen in den betrachteten Bauphasen

Nr.	Phase	Bauphase	Relevante Maschine	Arbeitsgewicht bzw. anregende Kraft	Arbeitsfrequenz [Hz]
1.1	Gleisbau	Baufeldfreimachung/ Erdarbeiten	Bagger Raupen nicht relevant	-	-
1.2		Planum	Vibrationswalze	5 t	45
1.3		Oberbau		-	-
2.1	Haltestelle	Anliefern/Abladen	fallende Massen	1 t	Impuls
2.2		Betonieren	-	-	-
2.3		Verfüllen/Verdichten	Rüttelplatte	0,7 t	10
2.4		Pflastern	-	-	-
3.1	Betriebshof	Baufeldfreimachung/ Erdarbeiten	Bagger Raupen nicht relevant	-	-
3.2		Rohbau/Betonieren		-	-
3.3		Oberbau	Stopfmaschine	1,5 t	35
4.1a	Verbau	Einbringen von Spundbohlen	Vibrationsramme	30-69 kNm	50-45
4.1b			Impulsramme	9-54 kNm	< 0,5
4.2		Einbringung Bohrpfähle	Bohrgerät	2 kNm	2

Zur Prüfung ob die Richtwerte für Gebäudeschwingungen entsprechend DIN 4150-3 [5] eingehalten werden, sind die Fundamentschwingwerte v_R^F [mm/s] nach den in [7] und [8] angegebenen Prognosegleichungen (Tabelle 12) zu berechnen. Diese Gleichungen wurden auf der Basis von Erfahrungswerten bei mitteldichten Böden entwickelt. Die Gültigkeit dieser Formeln ist auf einen Radius von weniger als 70 m beschränkt. Bei Abständen darüber hinaus führen die Formeln zu einer Überschätzung der Schwingwerte an den Fundamenten.

Tabelle 12 Prognosegleichungen für die max. i-ten Komponente der Fundamentalschwingungsgeschwindigkeit

		50% Überschreitungswahrscheinlichkeit	2,25% Überschreitungs- wahrscheinlichkeit
	Vibration	$v_{i50}^F = 7,9 \frac{\sqrt{W/f}}{r}$	$v_{imax}^F = 18,52 \frac{\sqrt{W/f}}{r}$
Rammung	Schlagammung Dieselbär	$v_{i50}^F = 2,45 \frac{\sqrt{E}}{r}$	$v_{imax}^F = 3,82 \frac{\sqrt{E}}{r}$
	Schlagammung Freifallbär	$v_i^F = 11,07 \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$	
Verdichtung	Vibrationsplatte	$v_{i50}^F = 4,31 \frac{\sqrt{G}}{r}$	$v_{imax}^F = 10,87 \frac{\sqrt{G}}{r}$
	Vibrationswalze		
<i>E bzw. W/f in kNm, r in m, G in t, v in mm/s</i>			

Auf der Basis der berechneten Schwingwerte am Fundament der Gebäude können die Deckenschwingungen abgeschätzt werden. Da Geschoßdecken eine Resonanzcharakteristik aufweisen, deren Frequenzverlauf von der frei schwingenden Deckenfläche abhängt, wurden hierfür 2 Annahmen getroffen

- Decke Wohnzimmer für Schwingungsimmissionen im Beurteilungszeitraum „tagsüber“ A = 5,5 x 4 m² mit einer Grundfrequenz von 21 Hz
- Decke Schlafzimmer für Schwingungsimmissionen im Beurteilungszeitraum „nachts“ A = 4,5 x 3,5 m² mit einer Grundfrequenz von 23 Hz

Es ist aus den unterschiedlichen Grundfrequenzen der Decken zu entnehmen, dass insbesondere bei Vibrationsanregung die Übertragung der Schwingungen vom Fundament der Gebäude zu den jeweiligen Geschoßdecken frequenzabhängig ist.

6 Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle 13 werden die Berechnungsergebnisse für die einzelnen erschütterungsrelevanten Baumaschinen zusammenfassend dargestellt. Es werden die notwendigen Abstände zwischen Maschine und Gebäude jeweils für die 50% bzw. 2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit bezogen auf die freischwingende Wohnzimmerdecke ermittelt. Als Beurteilungszeitraum wurde „tagsüber“ gewählt entsprechend Tabelle 1 für die Stufe II bei einer Arbeitsdauer von 6 bis 26 Tagen. In Tabelle 14 werden zusätzlich die Ergebnisse für den Beurteilungszeitraum „nachts“ mit dem Ansatz für ein Mischgebiet dargestellt (Decke Schlafzimmer).

Tabelle 13 Berechnung des minimalen Abstands Baumaschine – Gebäude bei 50% bzw. 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit - tagsüber

50% Überschreitungswahrscheinlichkeit							2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit			
Stufe II; tagsüber Ar = 0.6, 6 Tage<D<26 Tage							Stufe II; tagsüber Ao = 5			
	Gewicht Energie	Arbeits- frequenz	lin FRF- Faktor	Vibration Decke WZ [mm/s]	Vibration Fundament [mm/s]	Mindest- abstand [m]		Vibration Decke WZ [mm/s]	Vibration Fundament [mm/s]	Mindest- abstand [m]
Rammen	Vibrationsramme leicht	30 kNm	50 Hz	1.69	0.6	0.36	18	5	2.96	5
	schwer	69 kNm	45 Hz	1.86	0.6	0.32	31	5	2.68	9
	Schlagramme	9 kNm	0.6 Hz	2.50	0.6	0.24	31	5	2.00	6
	Dieselbär kl. groß	54 kNm	0.9 Hz	2.50	0.6	0.24	76	5	2.00	15
	Pfahlbohrung	2 kNm	2 Hz	2.50	0.6	0.24	15	5	2.00	2
Verdichten	Vibrationsplatte halbtags	0.7 t	63 Hz	1.47	0.6	0.41	7	5	3.39	3
	Vibrationswalze halbtags	8.5 t	45 Hz	1.86	0.6	0.32	28	5	2.68	12
	Gleisstopfen halbtags	1.5 t	35 Hz	2.37	1.6	0.67	15	5	2.11	7

Tabelle 14 Berechnung des minimalen Abstands Baumaschine – Gebäude bei 50% bzw. 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit – MI nachts

50% Überschreitungswahrscheinlichkeit							2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit			
Stufe II; MI nachts Ar = 0.07							Stufe II; MI nachts Ao = 0.3			
	Gewicht Energie	Arbeits- frequenz	lin FRF- Faktor	Vibration Decke SZ [mm/s]	Vibration Fundament [mm/s]	Mindest- abstand [m]		Vibration Decke SZ [mm/s]	Vibration Fundament [mm/s]	Mindest- abstand [m]
Rammen	Vibrationsramme leicht	30 kNm	50 Hz	1.91	0.07	0.04	167	0.3	0.16	92
	schwer	69 kNm	45 Hz	2.06	0.07	0.03	288	0.3	0.15	158
	Schlagramme	9 kNm	0.6 Hz	2.50	0.07	0.03	263	0.3	0.12	96
	Dieselbär kl. groß	54 kNm	0.9 Hz	2.50	0.07	0.03	643	0.3	0.12	234
	Pfahlbohrung	2 kNm	2 Hz	2.50	0.07	0.03	124	0.3	0.12	29
Verdichten	Vibrationsplatte halbtags	0.7 t	63 Hz	1.56	0.07	0.04	57	0.3	0.19	48
	Vibrationswalze halbtags	8.5 t	45 Hz	2.06	0.07	0.03	262	0.3	0.15	218
	Gleisstopfen halbtags	1.5 t	35 Hz	2.62	0.07	0.03	140	0.3	0.11	117

Bei der Berechnung der Mindestabstände für die 50% Überschreitungswahrscheinlichkeiten wird davon ausgegangen, dass die jeweiligen erschütterungsrelevanten Baumaschinen andauernd in Betrieb sind und insbesondere bei den Verdichtungsarbeiten an der Stelle stehenbleiben. Diese Annahme ist für stationär arbeitende Baumaschinen sinnvoll. Bei beweglichen Baumaschinen wie Vibrationswalzen, Rüttelplatten und Gleisstopfmaschinen wird davon ausgegangen, dass sie maximal nur zur Hälfte eines Arbeitstages auf einen Immissionsort einwirken. Daraus begründet sich die Anwendung der Beurteilungswerte A_r bezüglich der Schwingschnelleamplituden, die aus der 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit berechnet wurden. Die Anwendung der oberen Anhaltswerte A_o aus Tabelle 1 bezüglich der 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit ist dadurch begründet, dass kurzzeitig auftretende Spitzenwerte emittierter Erschütterungen in einem größeren Umkreis zur Quelle nachweisbar sein können.

Aus Tabelle 14 kann entnommen werden, dass wegen der großen Abstände aus den Berechnungen der 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit Nacharbeiten mit dem hier untersuchten Maschinenpark nur in Ausnahmefällen möglich sein werden. Hierzu sind Einzelnachweise zu erbringen. Der Nachtzeitraum wird im weiteren Verlauf des Gutachtens nicht weiter berücksichtigt.

6.1 Bauphase 1.1 – Baufeldfreimachung/Erdarbeiten (Gleisbau)

Im Rahmen von Arbeiten zur Baufeldfreimachung oder/und Erdarbeiten werden keine Maschinen eingesetzt, aus deren Betrieb wesentliche Erschütterungsemissionen zu erwarten sind.

6.2 Bauphase 1.2 – Planum (Gleisbau), Bodenverdichtung

Im Rahmen der Arbeiten zur Bodenverdichtung bzw. Herstellung des Planums werden Vibrationswalzen eingesetzt. Schwere Vibrationswalzen überschreiten mit einer 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit in Abständen von 28 m zur Walze die Richtwerte A_r . Bezogen auf die oberen Anhaltswerte A_o sollte bei einer 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit der Abstand zwischen Vibrationswalze und Gebäude über 12 m betragen.

Zu Beginn des Trassenabschnitts von km 0,0 bis km 0,4 stehen die Gebäude Solitudestr 129 und Solitudestr 169 (Abbildung 2) im Einflussbereich der Erschütterungsemissionen aus Verdichtungsarbeiten. Da die Gebäude jedoch am äußersten Rand der Baugebiete stehen, ist nur von einer kurzfristigen Belastung auszugehen. Die tägliche Einwirkdauer aus dem Betrieb schwerer Vibrationswalzen sollte hier auf 4 Stunden begrenzt werden. Bei Einsatz von Maschinen im Zuge des Einbaus von Weichen und Kreuzungen sollte insbesondere in der Nähe des Gebäudes Solitudestrasse 169 auf Maschinen mit stärkerer Erschütterungsemission im Nachtzeitraum verzichtet werden.

Die Gebäudegruppe Ditzinger Str. 91 im Trassenabschnitt zwischen km 1,1 und km 1,2 (Abbildung 4) befindet sich außerhalb des Einflussbereiches der Erschütterungsemissionen der Vibrationswalzen. Es sind in diesem Abschnitt keine gesonderten Schutzmaßnahmen bei der Bodenverdichtung vorzusehen.

Die Wohn- und Gewerbegebäude nördlich der Weilimdorfer Straße (B295) im Trassenabschnitt zwischen km 1,4 und km 2,1 (Abbildung 4) befinden sich außerhalb des Einflussbereiches der Erschütterungsemissionen der Vibrationswalzen. Es sind in diesem Abschnitt keine gesonderten Schutzmaßnahmen bei der Bodenverdichtung vorzusehen

Im Trassenabschnitt km 2,2 bis km 2,6 im Bereich des zukünftigen Betriebshofes stehen die Gewerbegebäude auf der Ostseite der Trasse (Abbildung 3) außerhalb des Einflussbereiches der Erschütterungsemissionen der Vibrationswalzen. Es sind in diesem Abschnitt keine gesonderten Schutzmaßnahmen bei der Bodenverdichtung vorzusehen.

Im Trassenabschnitt km 2,7 bis km 3,1 stehen beidseits der Trasse die Wohngebäude des Ortsteils Hausen (Abbildung 3). Es ist davon auszugehen, dass die Erschütterungsimmissionen mit 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit in den zur Trasse nächstgelegenen Gebäuden die zulässigen Richtwerte A_r überschreiten. Die tägliche Einwirkdauer aus dem Betrieb schwerer Vibrationswalzen sollte hier auf 4 Stunden begrenzt werden.

Im Trassenabschnitt km 3,7 bis km 4,8 (Ende der Trasse stehen Gewerbe- und Industriegebäude auf der Nordseite der Trasse (Abbildung 5) an der Grenze des Einflussbereiches der Erschütterungsemissionen der Vibrationswalzen bezogen auf die 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit. Es sind in diesem Abschnitt aus derzeitiger Sicht keine gesonderten Schutzmaßnahmen bei der Bodenverdichtung vorzusehen. Sollten in den Betriebsgebäuden störanfällige Prozesse ablaufen, könnten hier Anforderungen bezüglich reduzierter Erschütterungsemissionen entstehen.



Abbildung 2: Bereiche in denen seitlich der Trasse Erschütterungsimmissionen aus Arbeiten zur Bodenverdichtung erwartet werden km 0 – km 0,4



Abbildung 3: Bereiche in denen seitlich der Trasse Erschütterungsimmissionen aus Arbeiten zur Bodenverdichtung erwartet werden km 2,2 – km 2,6 und km 2,7 bis km 3,1

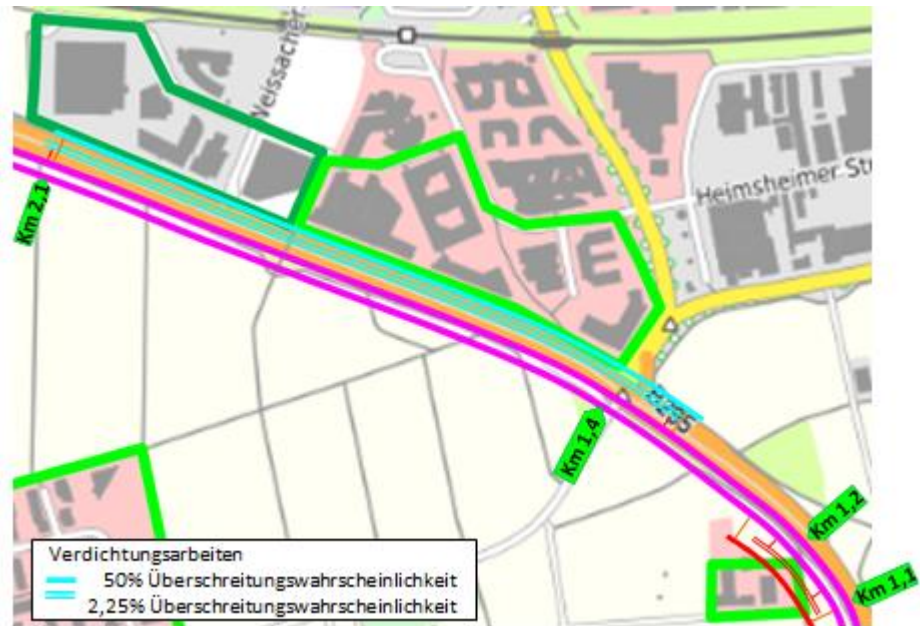


Abbildung 4: Bereiche in denen seitlich der Trasse Erschütterungsimmissionen aus Arbeiten zur Bodenverdichtung erwartet werden km 1,1 – km 1,2 und km 1,4 bis km 2,1

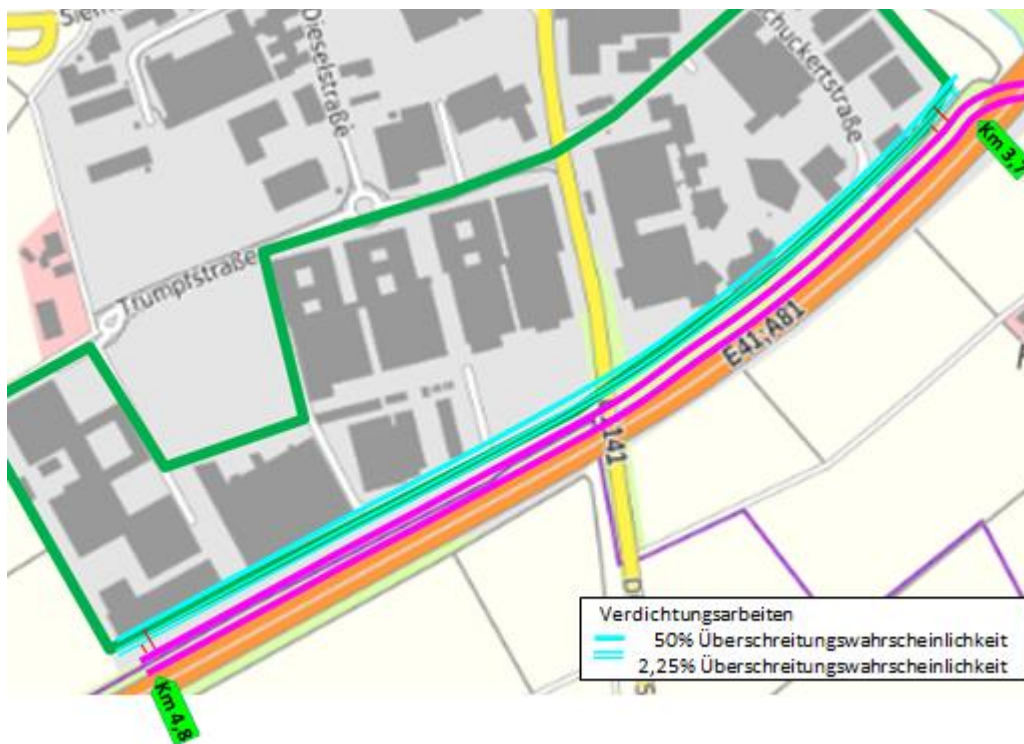


Abbildung 5: Bereiche in denen seitlich der Trasse Erschütterungsimmissionen aus Arbeiten zur Bodenverdichtung erwartet werden km 3,7 – km 4,8

6.3 Bauphase 1.3 – Oberbau (Gleisbau)

Im Rahmen der Herstellung des Oberbaus als Rasengleis sind keine Beeinträchtigungen der Gebäude zu befürchten.

6.4 Bauphase 2.1 – Betonieren (Haltestellenbau)

Beim Betonieren innerhalb des Haltestellenbaus werden keine erschütterungsrelevanten Baumaschinen eingesetzt.

6.5 Bauphase 2.2 – Verfüllen/Verdichten (Haltestellenbau)

Im Rahmen des Haltestellenbaus werden zum Verdichten des Baugrunds Rüttelplatten zum Einsatz kommen. Schwere Rüttelplatten überschreiten mit einer 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit in Abständen von 7 m zum Gerät die Richtwerte A_r . Bezogen auf den oberen Anhaltswert A_o sollte bei einer 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit der Abstand zwischen Rüttelplatte und Gebäude mindestens 3 m betragen.

In solch geringen Abständen zur Trasse stehen keine Gebäude. Es ist aus den Erschütterungsemissionen der Rüttelplatten keine Beeinträchtigung der Gebäude zu befürchten.

6.6 Bauphase 2.3 – Anlieferung/Abladen (Haltestellenbau)

Im Rahmen des Haltestellenbaus kann es bei Anlieferung/Abladen von Baumaterialien in seltenen Fällen dazu kommen, dass schwerere Massen herabfallen. Dieses wird zu den seltenen Ereignissen gezählt und von daher nicht weiter behandelt.

6.7 Bauphase 2.4 – Pflastern (Haltestellenbau)

Im Rahmen des Haltestellenbaus werden zur Einebnung der Pflastersteine Rüttelplatten zum Einsatz kommen. Schwere Rüttelplatten überschreiten mit einer 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit in Abständen von 7 m zum Gerät die Richtwerte A_r . Bezogen auf die oberen Anhaltswerte A_o sollte bei einer 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit der Abstand zwischen Rüttelplatte und Gebäude mindestens 3 m betragen.

In solch geringen Abständen zur Trasse stehen keine Gebäude. Es ist aus den Erschütterungsemissionen der Rüttelplatten keine Beeinträchtigung der Gebäude zu befürchten.

6.8 Bauphase 3.1 – Baufeldfreimachung (Betriebshof)

Im Rahmen der Arbeiten zur Baufeldfreimachung/Erdarbeiten werden im Umfeld des Betriebshofs keine erschütterungsrelevanten Baumaschinen zum Einsatz gebracht.

6.9 Bauphase 3.2 – Rohbau/Betonieren (Betriebshof)

Im Rahmen von Rohbauarbeiten/Betonieren werden im Umfeld des Betriebshofs keine erschütterungsrelevanten Baumaschinen zum Einsatz gebracht.

6.10 Bauphase 3.3 – Oberbau (Betriebshof)

Die im Rahmen des Herstellens des Oberbaus werden im Umfeld des Betriebshofs in wenigen Teilabschnitten Gleisstopfarbeiten notwendig sein. Die daraus entstehenden Erschütterungsemissionen werden keine Beeinträchtigungen der Gebäude bewirken.

6.11 Bauphase 4.1 – Rammen Spundbohlen (Verbau)

Im Rahmen vom Vibrationsrammen von Spundbohlen (Herstellung Verbau, z.B. Brückenköpfe, Baugrube Betriebshof) können bei einer 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit noch in Abständen von 31 m zum Einsatzort spürbare Erschütterungen in den Gebäuden auftreten. Bezogen auf die Spitzenbelastung ausgehend von der 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit sollte in Rücksicht auf mögliche Gebäudeschäden der Abstand zwischen Ramme und Gebäude nicht weniger als 9 m betragen. Auf Arbeiten mit diesen Maschinen sollte im Nachtzeitraum verzichtet werden.



Abbildung 6: Bereiche in denen durch Einsatz von Vibrationsrammen Erschütterungs-
immissionen erwartet werden;
Brückenköpfe bei km 0,1



Abbildung 7: Bereiche in denen durch Einsatz von Vibrationsrammen Erschütterungs-
immissionen erwartet werden;
Brückenköpfe bei km 3,1; Baugrube
des Betriebshofes

Die Lage der Brückenköpfe an der B295 bei km 0,1 (Abbildung 6) und über den Beutenbach bei km 3,1 (Abbildung 7) sind so weit von Wohngebäuden entfernt, dass in diesen Bereich nicht von einer Überschreitung des Richtwertes A_r bezüglich der 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit und des oberen Anhaltswertes A_o bezüglich der 2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit auszugehen ist.

Falls bei der Herstellung der Baugrube für die Gebäude des Betriebshofes Spundwände gesetzt werden sollen, steht hier zu erwarten, dass zumindest der Richtwert A_r bei der 50% Überschreitungswahrscheinlichkeit in den Gewerbegebäuden östlich des Betriebshofes nicht eingehalten werden kann. In diesem Fall sind leichtere Vibrationsrammen (Leistung < 40 kNm) zu verwenden, oder das Erdreich wird durch Vorbohren aufgelockert.

6.12 Bauphase 4.2 – Einbringen Borphähle (Verbau)

In der alternativ zur Bauphase 4.1 betrachteten Bauphase 4.2 werden beim Einbringen von Bohrpfählen die Erschütterungsemissionen wesentlich reduziert, so dass hierbei keine störenden Erschütterungsimmissionen zu erwarten sind.

6.13 Zusammenfassende Beurteilung der Erschütterungsimmissionen

Zusammenfassend wird eine Übersicht erstellt, in der die Einhaltung der Erschütterungsrichtwerte A_r bzw. oberen Anhaltswerte A_o entlang der Neubautrasse in den betrachteten Bauphasen, diskutiert wird.

Da die Auswahl der erschütterungsrelevanten Baumaschinen von vornherein darauf abzielte, die Überschreitung der oberen Anhaltswerte A_o (Tabelle 1) so gering als möglich zu halten, ergibt sich daraus zwangsläufig, dass eine Überschreitung der zulässigen Schwingamplituden an den Gebäudefundament bzw. auf den Etagendecken nicht erwartet wird.

Beurteilungsbereich 1 (Streckenanstang, Bestandsstrecke bis ca. km 0+300)

In der Nähe der Übergangsbereiche von der Bestandsstrecke in die Neubautrasse stehen einzelne Gebäude (Solitudestrasse 129, Solitudestrasse 169), die insbesondere durch Verdichtungsarbeiten des Erdreichs unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen ausgesetzt werden können. Als Gegenmaßnahme empfiehlt sich hier eine zeitliche Begrenzung der täglichen Betriebsdauer von z.B. Vibrationswalzen auf weniger als 4 Stunden. Eventuell notwendige Arbeiten im Nachtzeitraum mit Maschinen, die im benachbarten Wohngebäude unzulässig hohe Erschütterungen erzeugen können, sind einer auf den Maschineneinsatz angepassten Begutachtung zu unterziehen.

Aus dem Setzen von Spundwänden für das Brückenbauwerk über die B295 bei km 0+100 werden keine Überschreitungen der Richtwerte für den Beurteilungszeitraum Tag erwartet.

Beurteilungsbereich 2 (ca. km 1+000 bis ca. km 2+200)

Alle Gebäude in diesem Streckenabschnitt liegen nach diesen Untersuchungen außerhalb des Bereichs in dem eine Überschreitung der Richtwerte erwartet wird.

Beurteilungsbereich 3 (Wohngebiet Hausen, ca. km 2+600 bis ca. km 3+200)

Aufgrund der geringen Entfernung der Wohngebäude zu den Baubereichen werden die Anhaltswerte A_r bei Bodenverdichtung mit schweren Vibrationswalzen überschritten. Dies gilt insbesondere für die Gebäude

- Hausenring 61,
- Hausenring 67,
- Hausenring 73,
- Hausenring 79.

Es ist in diesem Abschnitt eine Reduktion des Betriebsgewichts der Walzen der Reduktion der täglichen Einwirkdauer vorzuziehen.

Aus dem Setzen von Spundwänden für das Brückenbauwerk über den Beutelbach bei km 3+200 werden keine Überschreitungen der Richtwerte erwartet.

Beurteilungsbereich 4 (ca. km 3+700 bis ca. km 4+800)

Auf der nordwestlichen Seite der zukünftigen Neubautrasse befindet sich ein Gewerbegebiet, in dem die Gebäude so nah zum Bauareal stehen, dass hier aus der Bodenverdichtung eine Überschreitung der Richtwerte A_r auftreten kann. In diesen Fällen ist eine Verkürzung der täglichen Einwirkdauer ausreichend.

Sollten in den Gewerbegebäuden erschütterungsanfällige Arbeiten ausgeführt werden, wäre der Einsatz leichter Vibrationswalzen zur Bodenverdichtung zielführend.

Beurteilungsbereich 5 (Betriebshof; IO B1 bis IO B8)

Aufgrund der geringen Entfernung zu den Baubereichen werden die Anhaltswerte im westlich angrenzenden Gewerbegebiet

- Zeissstraße 1, 71254 Ditzingen
- Porschestraße 1, 71254 Ditzingen

bei Erstellen einer Baugrubensicherung mit Vibrationsrammen überschritten. Es wird hier empfohlen, entweder vor dem Setzen der Spundbohlen das Erdreich durch Vorbohren aufzulockern, oder auf andere Verfahren wie Einpressen der Spundwände oder eine Erstellung von Bohrpfählen anzuwenden.

7 Minderungsmaßnahmen Bauerschütterungen

7.1 Prinzipielle Minderungsmöglichkeiten

Hinsichtlich der prognostizierten Überschreitungen sind in einigen Teilbereichen der Neubautrasse Überlegungen zu möglichen und praktischen Minderungsmaßnahmen insbesondere für Vibrationsrammen und Vibrationswalzen anzustellen. Alle anderen derzeit bekannten erschütterungsrelevanten Maschinen haben mit ihren Einsatzgebieten genügend Abstand zu Gebäuden, so dass von diesen Maschinen keine unzulässig hohen Erschütterungsimmersionen zu erwarten sind.

Grundsätzlich sind für Maßnahmen zur Absicherung von Baugruben Arbeiten mit Impulsrammen oder Freifallbären nicht zu empfehlen.

7.2 Diskussion und Empfehlung vorzusehender Minderungsmaßnahmen

7.2.1 Arbeiten mit Vibrationswalzen

Vor Beginn der Baumaßnahme sind die Anwohner über den Zweck und die zeitliche Dauer der Baumaßnahme zu informieren (siehe Tabelle 1, Zeile 2 „Stufe II“). Die Anwohner können sich dadurch auf die zu erwartende Erschütterungsbelastung besser einstellen und sind in-

formiert, ab wann sich die Situation wieder verbessert. Dies verringert zwar nicht die Belastung, erhöht aber im Allgemeinen die Akzeptanz.

Abhängig von den Erdschichten und der nötigen Bodenverdichtung ist die Gewichtswahl der einzusetzenden Vibrationswalzen zu treffen.

Daraus ergeben sich die anzuwendenden Maßnahmen zur Verringerung der Belastung durch Erschütterungen in den Gebäuden. Zum einen können leichtere Vibrationswalzen zum Einsatz kommen. Auch wenn dabei die Einwirkdauer erhöht wird, ergibt sich insgesamt eine geringere Belastung. Zum anderen kann die tägliche Arbeitsdauer in lokalen Bereichen reduziert werden, um eine Verringerung der Erschütterungsbelastung zu bewirken.

7.2.2 Vibrationsrammen

Zum Setzen von Spundwänden werden im allgemeinen Vibrationsrammen eingesetzt. Es ist dabei zu beachten, dass in allen diesbezüglichen Bauabschnitten Maschinen moderner Bautechnik eingesetzt werden, die ohne vorheriges Hochlaufen die Spundwände in den Boden rammen und/oder nach Beendigung der Baugrubensicherung diese wieder ziehen. Damit wird vermieden, dass unter Last durch die veränderliche Arbeitsfrequenz der Ramme die Resonanzen der Geschoßdecken benachbarter Gebäude angeregt werden.

Im Falle einer unerwartet hohen Erschütterungsimmission kann in der Regel eine ausreichende Verringerung der Erschütterungsbelastung effizienter erreicht werden, wenn die tägliche Einsatzdauer der Vibrationsrammen reduziert wird. Falls wegen eines festen bzw. zähen Untergrunds unerwartet hohe Erschütterungseinträge auftreten sollten, ist ein Vorbohren des Untergrunds von sehr hoher Wirksamkeit, um die Erschütterungseinwirkungen deutlich zu reduzieren.

7.2.3 Erstellung Bohrpfahlwände

Der Einsatz von Maschinen zur Erstellung von Bohrpfahlwänden erzeugt nur unwesentliche Erschütterungseinträge in den Gebäuden seitlich der Bauareale. Sie bedeuten derzeit das geringste Potential für Erschütterungsimmissionen, um eine Absicherung einer Baugrube zu errichten.

Wir empfehlen daher beim Herstellen eines Verbaus den Einsatz von Bohrpfahlverfahren zu prüfen und sofern möglich anstelle von Rammverfahren zu verwenden. Als gleichwertig dazu kann auch die Verwendung von Einpressverfahren für Spundwände angesehen werden.

7.2.4 Ersatzwohnraum und Entschädigung

Ergibt sich aus den Baumaßnahmen die Situation, dass Erschütterungsimmissionen als nach dem Stand der Technik unvermeidbare Umwelteinwirkungen im Sinne des § 22 BImSchG einzustufen sind und auch mit der Überschreitung von Zumutbarkeitsschwellen verbunden sind, haben betroffene Eigentümer einen Anspruch auf eine angemessene Entschädigung durch den Vorhabenträger. Bei derartigen Belastungen ist davon auszugehen, dass die Wohnungen zu den Zeiten, an denen derart hohe Belastungen auftreten, wegen unzumutbarer baubedingter Erschütterungsbeeinträchtigungen nur eingeschränkt nutzbar sind. Tagsüber bedeutet dies z.B. für Mischgebiete eine Überschreitung des oberen Anhaltswertes $A_0 = 5$ bzw. eine permanente Überschreitung des Beurteilungswertes $A_r = 0,6$ (bezogen auf eine

Betriebsdauer von 6 bis 26 Tagen). Nach den durchgeführten Prognoseberechnungen wird ein solcher Zustand für den Beurteilungszeitraum „Tag“ nicht erwartet.

Nach derzeitigen Planungen ist ein nächtlicher Baubetrieb nur im Bereich des Gleisdreiecks zwischen den Haltestellen Wolfbusch und Rastatter Straße zum Einbau der Kreuzungen und Weichen vorgesehen. Erschütterungstechnisch relevante Maschinen sollten in der Nacht nicht eingesetzt werden, da nach den Berechnungsergebnissen (Tabelle 14) dieses nicht umsetzbar ist.

Hinweis:

Die Entscheidung über Entschädigungs- oder Ersatzwohnraumanprüche liegt im Ermessen der Genehmigungsbehörde.

8 Allgemeine Hinweise und Auflagenvorschläge

Für das Bauvorhaben schlagen wir vor die nachstehenden Hinweise zum Bestandteil der Angebotseinholung und Auftragsvergabe zu machen.

Vorschläge für Auflagen

- *Vor Beginn der Baumaßnahme sind die Anwohner über den Zweck und die zeitliche Dauer der Baumaßnahme zu informieren (DIN4150-2 „Stufe II“).*
- *Für Nachbarbeschwerden ist seitens der Baustelle ein Ansprechpartner zu benennen.*
- *Die Baustelle ist so zu betreiben, dass unnötige Erschütterungsbelästigungen vermieden werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.*
- *Die Einwirkzeiten erschütterungsintensiven Baugeräts sind so weit als möglich zu minimieren.*
- *Die Arbeiten sind in der Regel auf den Zeitbereich zwischen 07:00 Uhr und 20:00 Uhr begrenzt.*
- *Bautätigkeiten mit hoher Erschütterungsemission sind im Einwirkungsbereich von Wohnnutzung möglichst nicht in die Zeitbereiche 7.00 Uhr bis 8.00 Uhr und 18.00 Uhr bis 20.00 Uhr zu legen.*
- *Der Auftragnehmer ist zu verpflichten, bei der Auswahl erschütterungstechnisch günstiger Verfahren konstruktiv mitzuwirken.*
- *Beim Herstellen eines Verbaus ist der Einsatz von Bohrpfahl- oder reinen Pressverfahren (Pile-Driver-Verfahren) anzustreben und anstelle von Vibrationsrammverfahren zu verwenden. Falls Vibrationsrammverfahren genutzt werden müssen, sollten sie nur in Verbindung mit Auflockern des Erdreichs (Vorbohren) eingesetzt werden. Auf Impulsrammverfahren ist zu verzichten.*
- *Eingesetztes Baugerät muss den Anforderungen der Richtlinie 2000/14/EG und darüber hinaus dem Stand der Technik entsprechen.*

- *Die auf der Baustelle eingesetzten Baumaschinen müssen den Anforderungen der 32. Bundes-Immissionsschutzverordnung entsprechen.*
- *Die zum Einsatz kommenden Maschinen sind regelmäßig zu warten und ggf. Instand zu setzen.*

9 Zusammenfassung

Die Stadtbahnlinie U13 der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) verkehrt derzeit von Stuttgart-Hedelfingen über Stuttgart-Bad Cannstatt (Wilhelmsplatz) bis Stuttgart-Feuerbach (Pfostenwäldle). Im Rahmen der Weiterentwicklung des ÖPNV in der Region soll die U13 zukünftig nach der Haltestelle Rastatter Straße nach Norden von der Bestandsstrecke abzweigen und über eine neue Trasse nach Ditzingen geführt werden. Zudem ist die Errichtung eines neuen Betriebshofs geplant, der östlich der Ditzinger Gewerbegebiete „Porschestraße“ und „südlich der Zeisstraße“ vorgesehen ist. Der geplante Betriebshof dient dem Abstellen von Straßenbahnfahrzeugen während der nächtlichen Betriebspause sowie der Durchführung von Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten.

Im Rahmen des erforderlichen Planfeststellungsverfahrens sind unter anderem die erschütterungstechnischen Auswirkungen des Vorhabens zu ermitteln und darzulegen.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wurden die mit dem Baubetrieb in Zusammenhang stehenden Erschütterungseinwirkungen gemäß dem Berechnungsverfahren von Achmus prognostiziert und entsprechend der DIN 4150-2 und DIN 4150-3 beurteilt. Dabei wurde im Rahmen der Begutachtung erarbeitet, dass bis auf den Teilbereich Solitude Straße 169 Bautätigkeiten ausschließlich im Zeitbereich Tag stattfinden sollen. Ausnahmen davon bedürfen einer eigenen Begutachtung.

Aufgrund der räumlichen Nähe der Baumaßnahmen zu dem Immissionsort Solitude Straße 169 kann es über zeitlich begrenzte Phasen zu Erschütterungseinwirkungen aus dem Baubetrieb kommen, in denen die Anhaltswerte A_r der DIN 4150-2 teilweise überschritten werden. Als Sofortmaßnahme kann z.B. bei Überschreitung der zulässigen Anhaltswerte mit einer Verringerung der täglichen Einwirkzeit oder durch einen Einsatz leistungsschwächerer Baumaschinen die Einhaltung der vorgegebenen Werte erreicht werden. Nach derzeitigen Erkenntnissen sind bei Einhaltung der oberen Anhaltswerte A_o entsprechend DIN 4150-2 keine schädigenden Einwirkungen auf die Gebäude entsprechend DIN 4150-3 zu befürchten.

Unabhängig davon wurden dennoch Maßnahmen beschrieben, die im Sinne des Minimierungsgebots gemäß §22 BImSchG zu einer Minderung der Erschütterungen und damit zu einer größeren Akzeptanz beitragen können.

In diesem Zusammenhang wurde beispielsweise empfohlen, bei Verbautätigkeiten (Bauphase 4.1) sofern möglich dem alternativ betrachteten Bohrpfahlträgerverfahren (Bauphase 4.2) oder dem erschütterungstechnisch in etwa vergleichbaren reinen Pressverfahren (Pile-Driver-Verfahren) den Vorrang zu geben. Hierdurch können die Erschütterungsbelastungen im Vergleich zur Vibrationsrammung um ca. 80% reduziert werden. Ob eine der genannten

Maßnahmen zur Erschütterungsminderung im Zuge der Rammarbeiten in der vorliegenden Situation umsetzbar ist, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden.

Die empfohlenen Maßnahmen wurden in Form von Auflagenvorschlägen (siehe 8) zusammenfassend dargestellt.

Greifenberg, 28.06.2023

ACCON GmbH



Dipl.Phys.Helmut Venghaus