

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

Dipl. Phys. Helmut Venghaus  
Bericht-Nr.: ACB-0523-8723/08

29.05.2023

Titel:	Erschütterungstechnische Untersuchung Verlängerung der Stadtbahnlinie U13 nach Ditzingen und Neubau des Betriebshofs Weilimdorf
Auftraggeber:	Stuttgarter Straßenbahnen AG Schockenriedstraße 50 70565 Stuttgart
Auftrag vom:	29.10.2019
Bericht-Nr.:	ACB-0523-8723/08
Ersetzt Bericht-Nr.:	-
vom:	
Umfang:	31 Seiten
Datum:	29.05.2023
Bearbeiter:	Dipl. Phys. Helmut Venghaus

---

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**

<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Anlass und Aufgabenstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Immissionstechnische Einstufung .....</b>	<b>5</b>
2.1 Allgemeines .....	5
2.2 Streckenneubau.....	5
2.3 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.....	6
2.4 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen .....	8
2.5 Sekundärer Luftschall .....	9
<b>3 Örtliche Gegebenheiten .....</b>	<b>10</b>
<b>4 Erschütterungsemissionen und Ausbreitung im Erdreich.....</b>	<b>11</b>
4.1 Erschütterungsemissionen.....	11
4.1.1 Gerade Strecke.....	11
4.1.2 Weichen und Kreuzungen.....	11
4.2 Messung.....	11
4.2.1 Erschütterungsemissionen DT8 .....	11
4.2.2 Messung der Schwingungsausbreitung im Erdreich.....	13
4.2.3 Zusammenfassung der Messergebnisse zur Schwingungsausbreitung im Erdreich .....	18
4.2.4 Erhöhte Schwingungsemissionen aus dem Bereich von Weichen und Kreuzungen .....	19
<b>5 Erschütterungsimmissionen .....</b>	<b>20</b>
5.1 Zugzahlen in den Streckenabschnitten und Gebietsnutzung.....	20
5.2 Erschütterungsprognosen.....	22
5.2.1 Erschütterungsprognose Messort 1 .....	22
5.2.2 Erschütterungsprognose Messort 2 .....	23
5.2.3 Erschütterungsprognose Messort 3 .....	24
5.2.4 Erschütterungsprognose Messort 4 .....	25
5.2.5 Erschütterungsprognose Messort 5 .....	26
5.2.6 Erschütterungsprognose Messort 6 .....	27
5.2.7 Erschütterungsprognose Betriebshof .....	28
<b>6 Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>30</b>
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>30</b>
<b>Anlagen.....</b>	<b>32</b>

## 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] DIN 4150-1 Erschütterungen im Bauwesen - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
- [3] DIN 4150-2 1999-06; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [4] DIN 4150-3 2016-12; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [5] Regierungspräsidium Freiburg Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, <https://maps.lgrb-bw.de/>, Stand Oktober 2022
- [6] Stadt Stuttgart, Flächennutzungsplan wirksam seit 27.07.2001, zuletzt geändert am 27.01.2022
- [7] Diverse Planunterlagen der Stuttgarter Straßenbahnen AG
- [8] Bundesverwaltungsgericht, BVerwG 7 A 11.10, Urteil vom 15. Dez. 2011
- [9] International Union of Railways (UIC), RIVAS - Railway Induced Vibration Abatement Solutions, Deliverable D3.6 - Description of the vibration generation mechanism of turn-outs and the development of cost-effective mitigation measures, Project co-funded by the European Commission within the 7. Framework Program -RIVAS SCP0-GA-2010-265754, Document Code RIVAS\_UIC\_ WP3-3\_D3\_6\_V02, Status Final, Date 28.02.2013
- [10] Eisenbahn-Bundesamt; Hinweise zur Erstellung Schalltechnischer Untersuchungen in der eisenbahnrechtlichen Planfeststellung von Neu- oder Ausbaumaßnahmen von Schienenwegen; Schreiben 23.20/51103 Pa vom 15.06.2009

## 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 während der nächtlichen Betriebspause sowie der Durchführung von Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten. Er hat also einerseits eine verkehrliche Funktion und andererseits die Funktion einer Werkstatt.

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 zukünftigen Betrieb der Strecke in Zusammenhang stehenden verkehrlich bedingten Schwingungseinwirkungen gemäß gültiger Normen unter Nutzung von Messungen vor Ort ermittelt und beurteilt. Bei Überschreitung der zulässigen Anhaltswerte sind Schutzmaßnahmen zu konzipieren.

Die im Zuge der Errichtung der Strecke anfallenden Baustellenemissionen werden in einer eigenen erschütterungstechnischen Untersuchung ermittelt und beurteilt, sie sind nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

## 2 Immissionstechnische Einstufung

### 2.1 Allgemeines

Bei der Beurteilung der von Betriebsanlagen des Schienenverkehrs ausgehenden Schwingungsemissionen ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Wesentlich sind dabei die lokalen Ausbreitungsbedingungen von Schwingungen im Erdreich und die Struktur der im Einflußbereich erstellten Gebäude.

Der Schienenweg ist vom Anwendungsbereich des § 41 BImSchG [1] insoweit erfasst, als von diesem durch die Teilnahme am Verkehr bedingte Lärmimmissionen ausgehen. Hierunter fallen z. B. die Immissionen durch Fahrvorgänge von Schienenfahrzeugen auf den Gleisen der freien Strecken sowie auf Gleisen in Personenbahnhöfen, Güterbahnhöfen, Abstellanlagen oder auch KV-Terminals. Die Beurteilung dieser Immissionen erfolgt nach der DIN 4150-2 [3] für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden und der DIN 4150-3 [4] für Einwirkungen auf die Gebäudestrukturen.

### 2.2 Streckenneubau

Bei dem geplanten Vorhaben handelt es sich vom Abzweig der Bestandsstrecke bis zur neuen Endhaltestelle Ditzingen-Hülben um einen Streckenneubau im Sinne der 16. BImSchV.

Die prognostizierten Erschütterungseinwirkungen der geplanten Strecke werden zur Ermittlung eventueller Schutzansprüche daher direkt mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 verglichen. Bei Überschreitung der Anhaltswerte kann ein Anspruch auf Schutz gegen Erschütterungsimmissionen entstehen bzw. sollten Schutzmaßnahmen konzipiert werden. Hierbei sind auch die aufgrund einwirkender Erschütterungen verursachten sogenannten sekundären Schallimmissionen zu berücksichtigen. Diese Schallimmissionen werden erzeugt durch die von außen angeregte Schwingung von Decken und Wänden.

Bei der Anspruchsermittlung ist gemäß [10] der Beurteilungszeitraum zu berücksichtigen, für den eine schützenswerte Nutzung vorliegt. So besteht für ganztägig genutzte Gebiete/bauliche Anlagen wie z.B. Wohngebäude, Hotels, Krankenhäuser und Sanatorien Anspruch auf Einhaltung der Tag- und Nachtgrenzwerte. Bei Gebäuden wie z.B. Schule, Kindertagesstätte oder Büro besteht Anspruch auf Einhaltung der Taggrenzwerte, bei z.B. nächtlicher Büronutzung ist sinngemäß der Grenzwert Tags auch für den Nachtbereich heranzuziehen. Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen unterscheidet die DIN-4150-Reihe [3],[4] zwischen Einwirkungen auf den Menschen in Gebäuden und schädlichen Einwirkungen auf Gebäude. Die Beurteilung bezieht sich auf alle drei Schwingrichtungen, wobei nur der Maximalwert der größten Einzelkomponente zur Beurteilung herangezogen wird. Bei Bahnerschütterungen ist das erfahrungsgemäß die vertikale Komponente.

### **2.3 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen**

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999) [3] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 [3] werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden (siehe Tabelle 1). Die geplante Trasse streift dabei unterschiedliche eingestufte Flächennutzungen, so dass im folgenden Bericht die lokale Nutzung der zu begutachtenden Areale gesondert vorgenommen werden.

Tabelle 1: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [3] für Menschen in Gebäuden

Einwirkungsort	tags (6 <sup>00</sup> - 22 <sup>00</sup> Uhr)			nachts (22 <sup>00</sup> - 6 <sup>00</sup> Uhr)		
	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
Industriegebiet	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
Gewerbegebiet	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
Mischgebiet	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
allgemeines und reines Wohngebiet	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
Sondergebiete Kliniken	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

### KB<sub>F</sub>-Wert

Die DIN 4150-2 [3] berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung des Schwinggeschwindigkeitssignals die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Diese Frequenzbewertung wird mittels Hochpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 5,6 Hz erreicht:

$$KB(f) = \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)\right)^2}} \quad f_0 = 5,6 \text{ Hz} \quad /1/$$

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 Zugvorbeifahrten soll den unteren Anhaltswert  $A_u$  nach DIN 4150-2 [3] 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  $KB_{FT,r}$ , welche die Verkehrsmenge innerhalb eines Tages- und Nachtzeitraumes berücksichtigt, nicht größer als der Beurteilungswert  $A_r$  ist.

### KB<sub>FT,r</sub>-Wert

Der  $KB_{FT,r}$  - Wert dient der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen unter Einbeziehung der Häufigkeit vorbeifahrender Züge. Je mehr Züge auf einem Streckenabschnitt verkehren, desto höher wird der  $KB_{FT,r}$  - Wert. Dabei wird ein Tag in 1920 30-Sekunden Abschnitte und eine Nacht in 960 30-Sekunden Abschnitte eingeteilt, die sogenannten Takte. Maßgebend für die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke ist hierbei der Maximalwert eines jeden Taktes, der Taktmaximalwert  $KB_{FT,i}$ . Jeder Takt, bei dem Erschütterungsimmissionen aus den Zugvorbeifahrten den Wert von 0,1 überschreiten, geht in die Berechnung des  $KB_{FT,r}$  - Wertes folgendermaßen mit ein:

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

Hierbei ist  $M$  die Anzahl an zu erwartenden Zügen pro Tag- oder Nachtzeitraum,  $N_r$  die Anzahl der Takte im Beurteilungszeitraum (1920 tags bzw. 960 nachts) und  $Z$  die Anzahl an messtechnisch erfassten Zugvorbeifahrten. Bei stark variierendem Charakter der Erschütterungsimmissionen durch die auf der Bahnstrecke verkehrenden, unterschiedlichen Zuggattungen bzw. durch stark variierende Distanzen der einzelnen Gleisachsen zum Untersuchungsgebiet, werden die Erschütterungsimmissionen nach Charakteristik gruppiert und gesondert ausgewertet.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus Schienenverkehr gelten zusätzlich folgende Besonderheiten:

- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen  $A_u$ - und  $A_r$ - Werte der Tabelle 1 der DIN 4150-2
- Bei städtebaulichen Planungen sollten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 eingehalten werden.
- Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert  $A_o$  nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne  $KB_{FTi}$ - Werte gebietsunabhängig über  $A_o = 0,6$ , so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z. B. Flachstellen an Rädern) und diese sind möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von  $KB_{FTT}$  zu berücksichtigen.

## 2.4 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 2: Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen nach  $KB$  - Wert

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



## 2.5 Sekundärer Luftschall

Im Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVG) vom 19.04.2014 [8] wird für den aus Erschütterungsimmissionen entstehenden sekundären Luftschall festgelegt:

*„Weder für die Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmissionen 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, unabhängig von der Lage des Gebäudes und der Gebietseinstufung, folgende Richtwerte:

Tabelle 3: 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 3 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  $\Delta L = 5\text{dB(A)}$  wird wegen der geänderten Gesetzeslage nicht mehr angewandt.

Die Berechnungen zu den zu erwartenden sekundären Luftschallpegeln basieren auf vorliegenden Erkenntnissen und Erfahrungswerten zu untersuchten Gebäuden mit ähnlichen Strukturen. So wird anhand von Deckendimension und -material die entsprechende Abstrahlcharakteristik abgeleitet, wodurch eine Approximation zu dem Schalldruckpegel  $L_p$  während der einzelnen Zugvorbeifahrten möglich ist. Eine A-Bewertung des so berechneten Schalldruckpegels berücksichtigt dabei die Störwirkung von sekundärem Luftschall auf die Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Gehörs.

Bei der Berechnung des Beurteilungspegels  $L_{m,sek}$  wird die Einwirkzeit der Immissionen durch die Zugvorbeifahrten auf Basis der Zugprognosezahlen berücksichtigt. Diese erfolgt separat für den Tag- (6 bis 22 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (22 bis 6 Uhr).

### 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 Endhaltepunkte Ditzingen-Hülben. Neben der neuen Endhaltestelle werden insgesamt 4 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 Betriebshofs ist violett hervorgehoben.

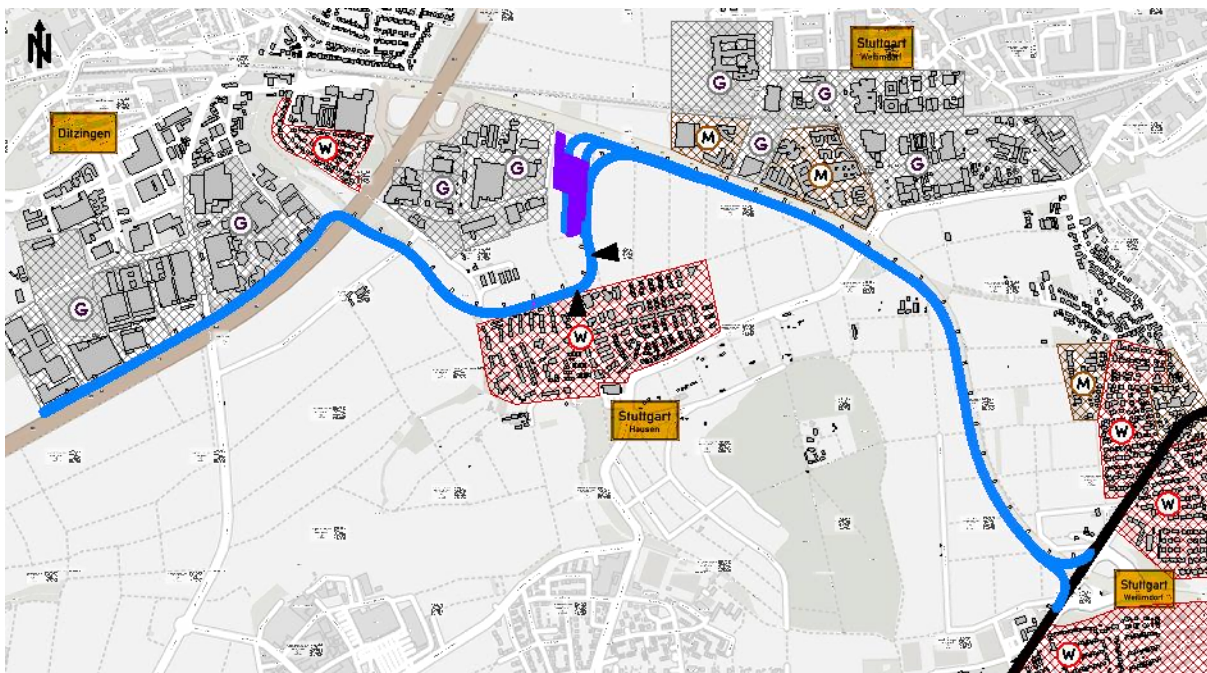


Abbildung 1: Übersichtsplan mit Kennzeichnung geplanter Trassenverlauf (blau) und Lage des geplanten Betriebshofs (violett). (Quelle Hintergrundbild: OpenStreetMap)

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

## **4 Erschütterungsemissionen und Ausbreitung im Erdreich**

### **4.1 Erschütterungsemissionen**

#### **4.1.1 Gerade Strecke**

Die fahrzeugbedingten Emissionen werden durch Anzahl, Art und Geschwindigkeit der Züge bestimmt. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Zugzahlen des Betriebsprogramms nach erfolgtem Streckenausbau wurden von der SSB zur Verfügung gestellt und sind in Anlage 1 aufgeführt. Bei der Berechnung wurde zur sicheren Seite auf die Zugbelastung werktags (Mo-Fr) abgestellt, da sich hieraus tendenziell höhere Emissionswerte ergeben.

Als Fahrzeuge für den Stadtbahnbetrieb kommen nach Angaben des Auftraggebers voraussichtlich Triebzüge des Typs DT 8.14 bzw. DT 8.15 zum Einsatz, die auf dem DT 8.12 basieren und nach unserem Kenntnisstand baugleich sind. Diese Fahrzeuge weisen als Einzeleinheit (sog. Kurzzug) jeweils eine Länge von 39,1 m auf, verfügen über 8 Achsen und ebenso viele Antriebsmotoren.

#### **4.1.2 Weichen und Kreuzungen**

Als Fahrbahnart wird basierend auf den vorliegenden Unterlagen im gesamten zu betrachtenden Bereich ein tiefliegender Rasenbahnkörper angesetzt. Ausgenommen davon sind der Betriebshof, Brücken und Weichenbereiche, hier wird Schwellengleis im Schotterbett angesetzt, sowie straßenbündige Wegquerungen, bei denen ein straßenbündiger Bahnkörper angesetzt wird.

Die zukünftige geplante zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit wird seitens des Auftraggebers bereichsweise mit bis zu  $v = 80$  km/h angegeben. Für die vorliegende Untersuchung wurde für die Prognoseermittlung durchgehend mit der angegebenen Höchstgeschwindigkeit gerechnet.

### **4.2 Messung**

#### **4.2.1 Erschütterungsemissionen DT8**

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Erschütterungsemissionen der Stadtbahnzüge messtechnisch erfasst, um aktuelle Eingangswerte für die durchzuführende Erschütterungsprognose zur Verfügung zu haben. Die Messungen wurden am 20.07.2022 in der Zeit von 11:30 Uhr bis 13:30 Uhr auf dem Gelände der Solitudestr. 129, 70499 Stuttgart, das sich nördlich der Haltestelle Wolfbusch befindet, durchgeführt. In diesem Bereich ist der Abzweig der U13 in Richtung Ditzingen geplant. Das Wetter war heiß (ca. 33°C) und trocken.

Tabelle 4: Verwendete Messgeräte

Art der Messgeräte	Hersteller	Typ	Serien-Nummer
8 Kanal PC-Messsystem	imc	CS-8008	123003
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14010
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14015
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14016
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14017
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14010
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14015
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14016
Beschleunigungssensor	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s <sup>2</sup>	14016

Die Messwerte wurden digital auf Festplatte gespeichert. Die Beschleunigungssensoren unterliegen einer regelmäßigen Überprüfung auf Einhaltung ihrer Spezifikationen.

Die Sensoren wurden an Erdspeissen befestigt, die in ausreichender Tiefe im Erdreich verankert wurden. Die Positionen der Messpunkte werden in den jeweiligen Berichtsabschnitten gesondert dargestellt.

Tabelle 5: Messliste

Messung Nr.	Uhrzeit	Gleis Nr.	v km/h	Beschleunigung +/-	Bemerkung
1	11:54	2	48	+	2 Flachstellen
2	12:03	1	52	-	
3	12:05	2	39	+	
4	12:13	1	42	-	
5	12:14	2	48	+	
6	12:21	1	43	-	
7	12:23	2	50	+	
8	12:30	1	43	-	
9	12:34	2	48	+	
10	12:38	1	37	-	
11	12:43	2	45	+	
12	12:51	1	39	-	
13	12:53	2	36	+	
14	13:03	2	46	+	
15	13:05	1	33	-	
16	13:11	1	36	-	
				+	= beschleunigend
				-	= verzögernd

Aus den erfassten Messdaten konnten die in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellten Emissionsspektren herausgearbeitet werden. Die durchgezogen Linien geben den Mittelwert aus den erfassten Messdaten wieder. Die Kurven „Qo0,9“ geben die Spitzenwerte aus der Messreihe (= Quantil<sub>0,9</sub>) an.

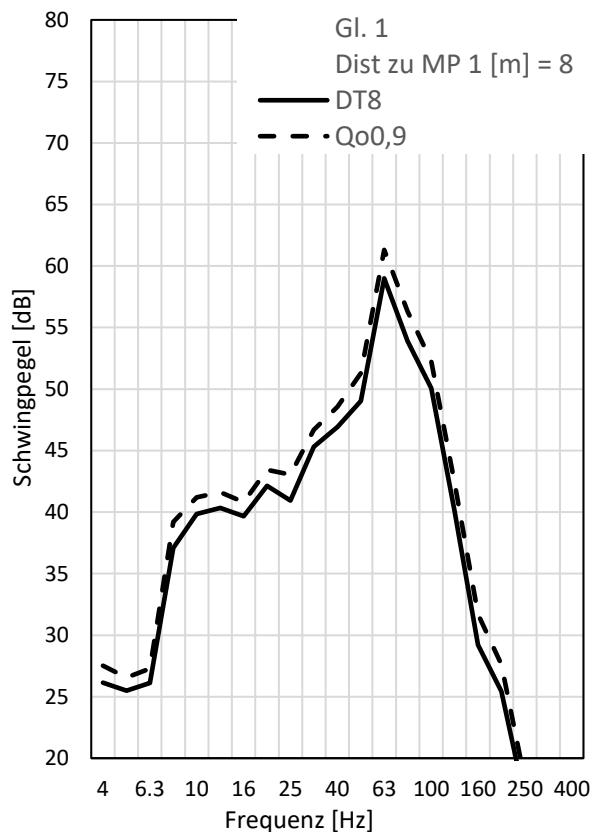


Abbildung 2: Emissionsspektren der in die Haltestelle Wolfbusch einfahrenden Züge

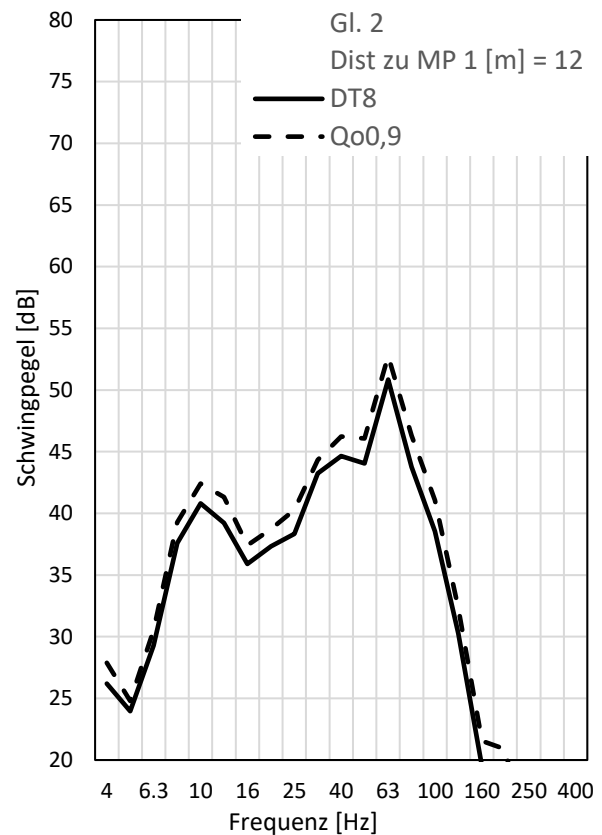


Abbildung 3: Emissionsspektren der aus der Haltestelle Wolfbusch ausfahrenden Züge

#### 4.2.2 Messung der Schwingungsausbreitung im Erdreich

Die Schwingungsausbreitung im Erdreich wurden mit Hilfe von Impulseinträgen bestimmt. Dazu wurde ein Holzpflöck, der in der Mitte von zwei auf einer Linie liegenden Messketten stand (Abbildung 4), mit einem schweren Hammer in die Erde getrieben. Die Abstände der Sensoren zum Holzpflöck betrugen 8 m, 10 m, 12 m und 16 m. Es wurden jeweils mindestens 10 Schläge ausgeführt, um eine statistisch gesicherte Bestimmung der lokalen Ausbreitungsbedingungen zu erreichen.





Abbildung 4: Eine Seite eines Messquerschnittes;  
im Vordergrund Holzpflock und Hammer

Die geplante Trasse wird eine Länge von ca. 5 km haben und durch unterschiedliche geologische Bereiche geführt. Daher wurde eine gesonderte Messreihe zur Prüfung der Schwingungsausbreitung im Erdreich an 6 relevanten Standorten geplant (Abbildung 5).

Aus den anfänglich geplanten Messorten 1-6 wurden an den Messorten 1, 2, 4, 5 die angestrebten Untersuchungen durchgeführt.

An den Messorten 3 und 6 konnte wegen des dichten Pflanzenbewuchses keine Messungen durchgeführt werden.

Die Trassenführung entlang der Autobahn A81 wird an Stelle des heute noch vorhandenen Schallschutzwalles verlaufen. Eine Ausbreitungsmessung auf dem heutigen Wall würde zu keinen verwertbaren Ergebnissen führen. Unter Berücksichtigung der Gebietsstruktur in diesem Trassenabschnitt und des daraus ableitbaren geringen Gefahrenpotentials einer Fehleinschätzung der zukünftigen Erschütterungsimmissionen wurde auf den Messort 6 ebenfalls verzichtet.

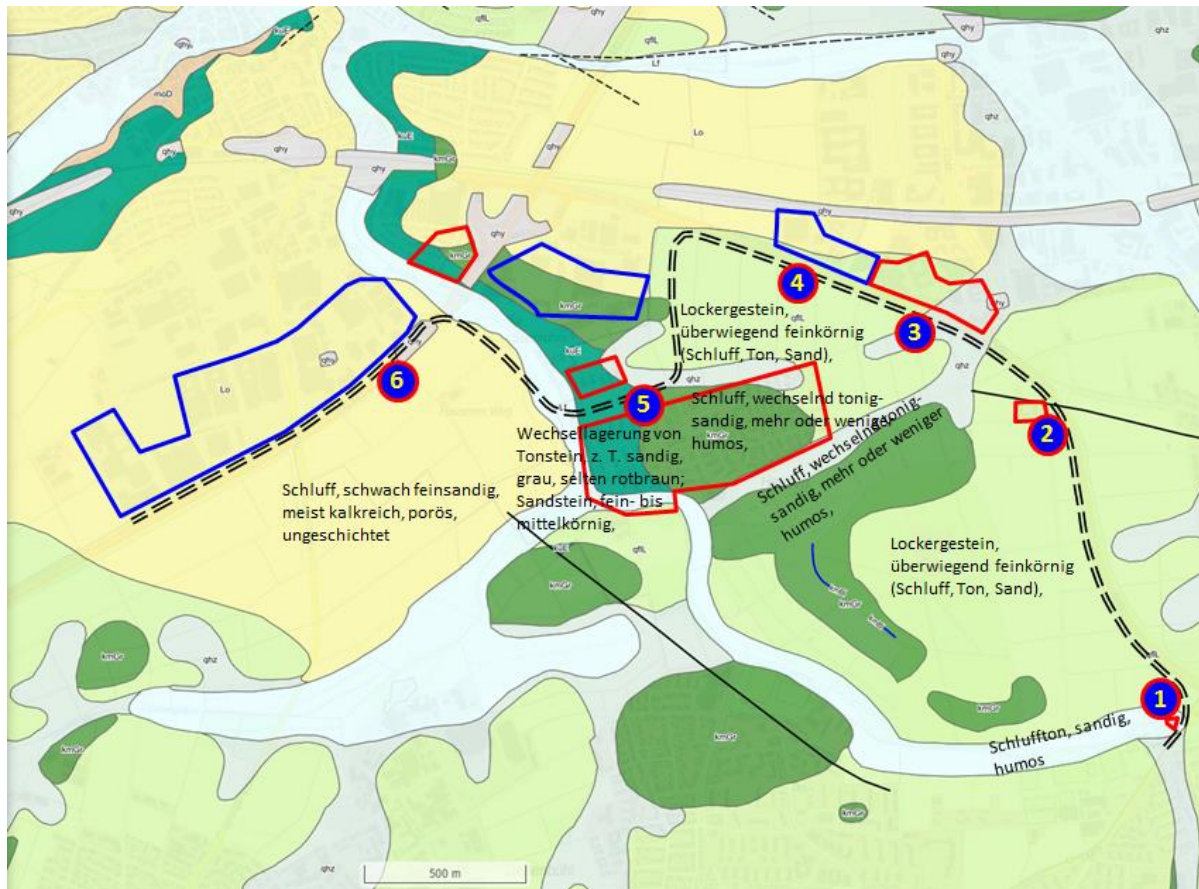


Abbildung 5: Geologische Übersichtskarte [4] in der Umgebung der geplanten Trasse der U13 und ungefähre Lage der Messorte 1-6 zur Bestimmung der Schwingungsausbreitung im Erdreich; rot umrandete Gebiete deuten Siedlungsbereiche an, in denen Schlafräume vermutet werden, blau umrandete Gebiete zeigen Gewerbebereiche an ohne Schlafräume

Am Messort 1 (Solitudestr.1, 70499 Stuttgart) wurden die Messungen zur Bestimmung der Schwingungsausbreitung im Erdreich an den identischen Messpunkten zur Bestimmung der Schwingungsemissionen des DT8 vorgenommen. Der Untergrund in diesem Bereich besteht über einen großen Bereich hauptsächlich aus einer Rasenfläche, die von der bestehenden Bahntrasse durch einen asphaltierten Weg getrennt ist.

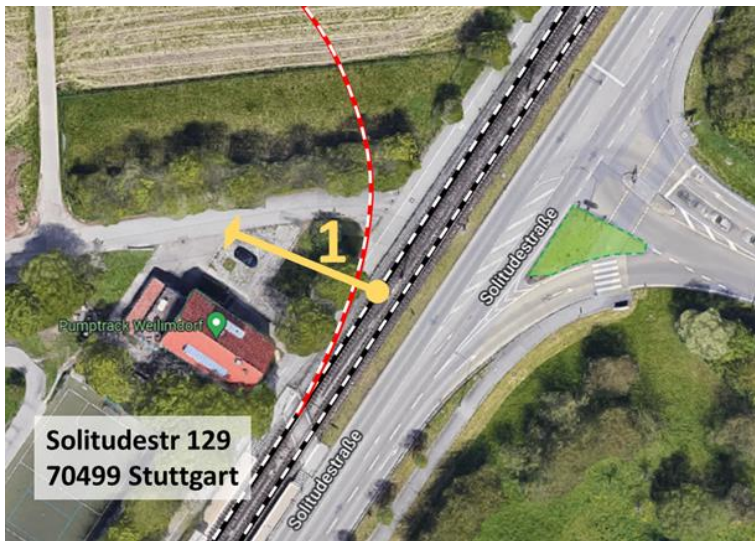


Abbildung 6: Lage des Messortes 1 gegenüber von Wohnhaus Solitudestr.1, 70499 Stuttgart

Am Messort 2 (Ditzinger Str. 91, 70499 Stuttgart) bestand das Gelände aus einer Grasfläche. Anhand der Eindringtiefe des Holzpflocks pro Schlag wird vermutet, dass dieser Bereich wegen aufgeschütteten Erdreichs weicher war als in den anderen Untersuchungsgebieten.



Abbildung 7: Lage des Messortes 2 gegenüber von Wohnhaus Ditzinger Str.91, 70499 Stuttgart

Am Messort 4 (Weissacher Str. 1, 70499 Stuttgart) wurde Ackerboden angetroffen. Es ist davon auszugehen, dass auch auf dem Ackerboden im Bereich des Messorts 3 gleiche Ausbreitungsbedingungen anzutreffen sind.





Abbildung 8: Lage des Messortes 4 gegenüber von Gewerbegebiet Weissacher Str.1, 70499 Stuttgart

Am Messort 5 (Hausenring 75, 70499 Stuttgart) wurde Ackerboden angetroffen. An den nächstgelegenen Garagen südlich des Messquerschnittes wurde eine ausgeprägte Rissbildung festgestellt, die darauf hinweist, dass in diesem Bereich Setzungen des Untergrunds anzutreffen sind. Begründet wird diese Annahme durch die unterschiedliche Geologie in diesem Bereich (siehe Abbildung 5).



Abbildung 9: Lage des Messortes 5 gegenüber von Wohnhaus Hausenring 5, 70499 Stuttgart

#### 4.2.3 Zusammenfassung der Messergebnisse zur Schwingungsausbreitung im Erdreich

Die Ausbreitung von Schwingungen im Erdreich wird in der DIN 4150-1 [2] in Ansätzen erklärt. Wesentlich darin ist die angegebene Formel, nach der die Abnahme der Schwingamplituden mit zunehmendem Abstand von einer oberflächennahen Quelle beschrieben wird /4/.

$$A(r, f) = A_0 \left( \frac{r}{r_0} \right)^n \exp(\alpha(f)(r_0 - r))$$

mit

$A(r, f)$  = Amplitude im Erdreich im Abstand  $r$  zur Quelle bei der Frequenz  $f$

$A_0$  = Amplitude im Erdreich im Abstand  $r_0$  zur Quelle bei der Frequenz  $f$

$r$  = Abstand zur Quelle [m]

$r_0$  = Bezugsabstand zur Quelle (in der Regel  $\geq 8$ m) /4/

$f$  = Frequenz [Hz]

$n$  = Geometriefaktor [dimensionslos]  
abhängig von Quellentyp; Punktquelle  
 $n = 1$ ; Linienquelle  $n = 0,5$

$\alpha(f)$  = Materialparameter der frequenzabhängigen Dämpfung [1/m]

Die Formel /4/ lässt sich somit in zwei Anteile aufspalten

- Geometrieanteil abhängig von ( $n$ )
- Lokaler Materialparameter ( $\alpha(f)$ )

Da der Geometrieanteil ortsunabhängig bleibt, sind die Messergebnisse nur in Bezug auf die ortsbezogenen Materialparameter der Böden zu analysieren.

Die in der Abbildung 10 dargestellten Ergebnisse der Materialparameter  $\alpha(f)$  zeigen für die Ackerböden (Messort 4 & Messort 5) einen sehr ähnlichen Verlauf.

Am Messort 2 ist ein wesentlich höherer Dämpfungswert festzustellen, was die Annahme unterstützt, dass hier auf aufgeschüttetem Erdreich gemessen wurde.

Am Messort 1 ist eine wesentlich stärkere Zunahme der Dämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz festzustellen. Dieses ist sehr wahrscheinlich auf die bearbeitete Oberfläche (gepflasterter Parkplatz etc.) zurückzuführen.

Da am Messort 1 die Sensorpositionen sowohl für die Messungen für den Impulseintrag ins Erdreich (= Punktquelle) als auch für die Erschütterungsemissionen der Straßenbahnzüge DT8 (= Linienquelle) genutzt wurden, kann hier eindeutig nachgewiesen werden, dass die Materialparameter  $\alpha(f)$  aus beiden Anregungsarten gleich sind. Dieser Nachweis ist von großer Bedeutung, da im Rahmen der nachfolgenden Prognoseberechnungen die aus der Anregung mit einer Punktquelle (Hammerschlag) gewonnenen Materialparameter auf die Schwingungsausbreitung aus einer Linienquelle (Stadtbahnlinie) angewendet werden müssen.

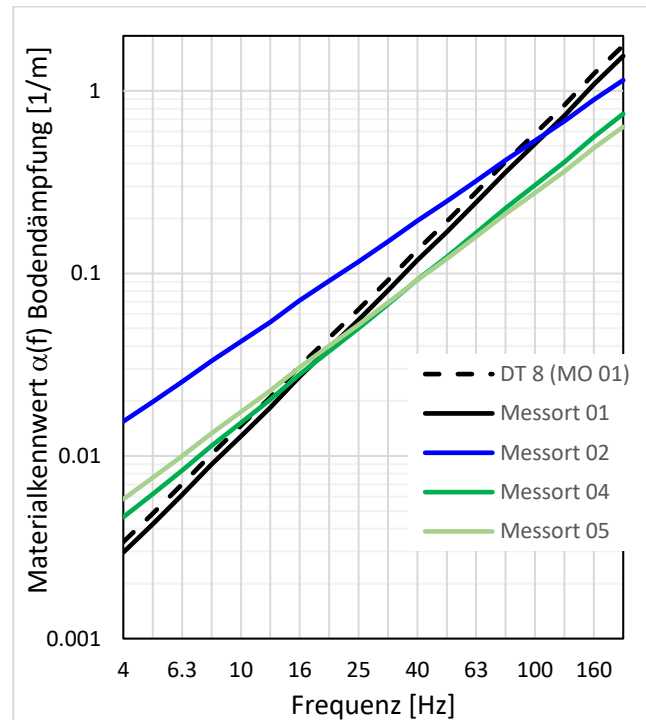


Abbildung 10: Frequenzabhängigkeit der lokalen Materialparameter  $\alpha$  an den untersuchten Messorten; zum Vergleich ist der Materialparameter  $\alpha$  am Messort 1 analysiert aus der Linienquelle „DT8“ mit eingetragen

#### 4.2.4 Erhöhte Schwingungsemissionen aus dem Bereich von Weichen und Kreuzungen

Es wird davon ausgegangen, dass alle in dem hier zu betrachtenden Streckenabschnitt eingeplanten Weichen bzw. Kreuzungen nicht mit beweglichen Herzstücken ausgerüstet werden. Wegen der Störstellen in der Lauffläche des Schienenkopfes kommt es bei Weichen und Kreuzungen zu einer erhöhten Schwingungsemission. Dieser Quellentyp ist als Punktquelle anzusehen.

Die Schwingungsemission aus dieser Quelle wirkt als Superposition zu den Schwingungsemissionen aus dem Fahrbetrieb auf ungestörter Schienenlauffläche. In Abbildung 11 wird die Erhöhung der Schwingungsemission als Differenzpegel im Bezugsabstand von  $r_{0W} = 8$  m zur Störstelle in der Weiche/Kreuzung angegeben, wenn diese mit mehr als 20 km/h überfahren wird.

Nach [15] können durch den Einbau weicher Zwischenlagen zwischen Schiene und Schwelle und zusätzlich einem Einbau von Unterschottermatten diese punktuell erhöhten Emissionen wirkungsvoll reduziert werden. Die in Abbildung 12 dargestellte potenzielle Schwingungsreduktion ist jedoch von mehreren Streckenparametern abhängig. Für diese Untersuchungen wurden Werte herangezogen, wie sie an Weichen mit engeren Kurvenradien ( $R < 300$  m) erwartet werden. Ein weiterer wesentlicher Parameter ist die Streckengeschwindigkeit. Hier ergibt sich ein Zusammenspiel von anregender Frequenz bei Überfahrung der Störstelle und den Resonanzfrequenzen des Gleisaufbaus. In einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 40

km/h und 70 km/h ist eine Reduktion der Schwingungsemissionen im Bereich um  $\Delta L \approx 2$  dB zu erwarten. Die nachfolgenden Prognoseberechnungen gehen davon aus, dass in den Bereichen, in denen bei Weichen und Kreuzungen die angesprochenen Unterschottermatten verbaut werden sollen, dieses über eine Länge von mindestens 5 m bezogen auf das Herzstück in jede Fahrtrichtung erfolgt.

Im Bereich von Messort 1 und Messort 4 sind die veränderten Schwingungsemissionen zu berücksichtigen.

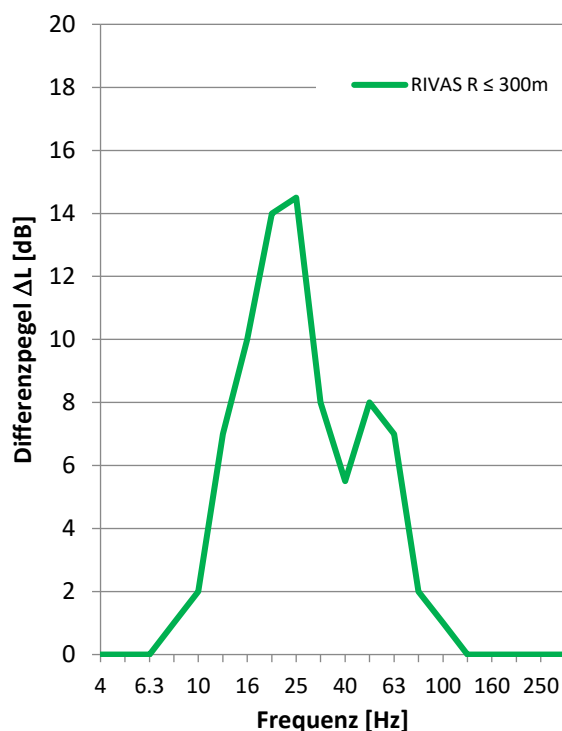


Abbildung 11: Erhöhung der Schwingungsemission aus der Überfahrt der Störstelle in der Schienenlaufläche bei Weichen/Kreuzungen mit Radien  $R < 300$ m im Verhältnis zur ungestörten Laufläche [15]

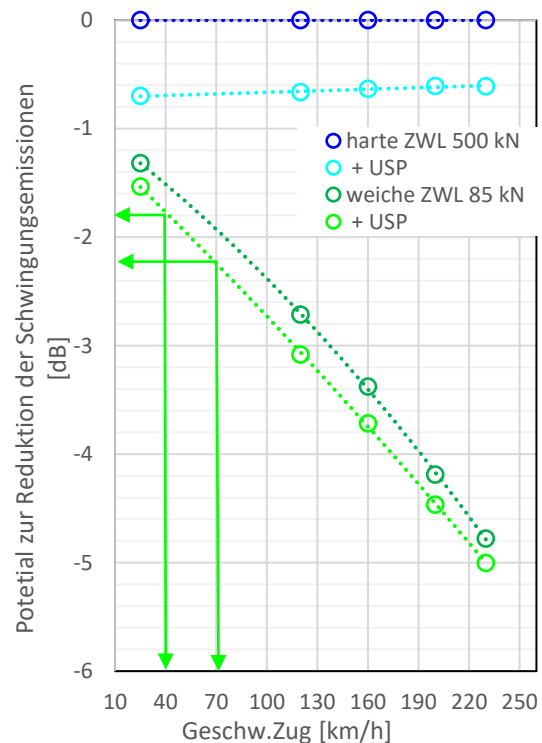


Abbildung 12: Potential zur Reduktion der Schwingungsemission an Weichen/Kreuzungen durch Einsatz von weichen Zwischenlagen (ZWL) sowie Schwellenbesohlung (USP) im Verhältnis zu einer standardmäßig verbauten ZWL

## 5 Erschütterungsimmissionen

### 5.1 Zugzahlen in den Streckenabschnitten und Gebietsnutzung

Die Einflüsse der geplanten Stadtbahnstrecke sind abhängig von

- der lokalen Streckengeschwindigkeit in Bezug auf die Wirkung des einzelnen Zuges
- der Anzahl der Züge in den jeweiligen Beurteilungszeiträumen.



Damit die Berechnungsergebnisse zur sicheren Seite ausfallen, wird für die Streckengeschwindigkeit durchgehend eine Geschwindigkeit von 80 km/h angesetzt. Damit werden lokale Besonderheiten wie Einflüsse von Kurven, Gehwegquerungen etc. berücksichtigt. Die erheblich stärker ausfallenden Erhöhungen durch Kreuzungen und Weichen werden lokal gesondert in die Berechnungen mit aufgenommen.

Die Anzahl der Züge in den Beurteilungszeiträumen variiert entlang der Neubaustrecke. Für die erschütterungstechnischen Prognoseberechnungen sind folgende Einteilungen in Abschnitte hilfreich (Abbildung 13)

- Bestandsstrecke Rastatter Straße – Wolfbusch
- Rastatter Straße - Anst. B295
- Wolfbusch - Anst. B295
- Anst. B295 - BF4
- BF4 – Ditzingen

Die Aufteilung der Zugzahlen der einzelnen Straßenbahnlinien in den Streckenabschnitten ist im Anhang beigefügt.

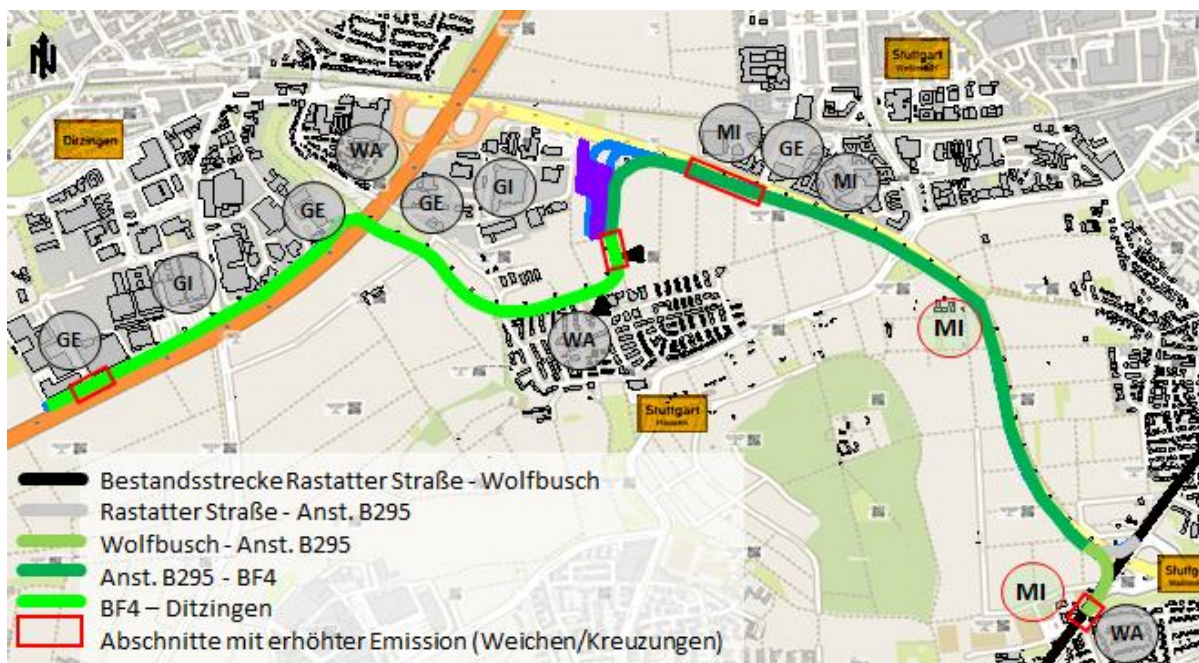


Abbildung 13: Einteilung der Streckenabschnitte mit unterschiedlicher Anzahl von Zügen in den Beurteilungszeiträumen; Kennzeichnung der Gebietsnutzung [5]

Der Abschnitt Rastatter Straße - Anst. B295 hat aus erschütterungstechnischer Sicht keine Auswirkungen auf bebaute Gebiete bzw. liegt außerhalb des zu untersuchenden Streckenneubaus und wird deshalb bei den Prognoseberechnungen nicht weiter berücksichtigt.

Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der Immissionsorte erfolgte anhand von Bebauungsplänen und Auszügen aus den Flächennutzungsplänen der Städte Stuttgart und Ditzingen. Hierbei wurde berücksichtigt, dass für ganztagig genutzte Gebiete/bauliche Anlagen wie z.B.

Wohngebäude, Hotels, Krankenhäuser und Sanatorien ein separierter Anspruch auf Einhaltung der Tag- bzw. Nachtgrenzwerte besteht. Bei Gebäuden wie z.B. Schule, Kindertagesstätte oder Büro besteht Anspruch auf Einhaltung der Taggrenzwerte, bei z.B. nächtlicher Büronutzung ist sinngemäß der Anhaltswert Tag auch für den Nachtbereich heranzuziehen. In Abbildung 13 sind die entsprechenden Gebietsnutzungen eingetragen. Rötlich gekennzeichnete Gebiete unterliegen keiner offiziellen Einstufung und wurden nach gutachterlicher Einschätzung vor Ort der jeweiligen Kategorie zugeordnet.

## **5.2 Erschütterungsprognosen**

### **5.2.1 Erschütterungsprognose Messort 1**

Das Gelände beiderseits der Solitudestraße ist eben, die B295 verläuft in Tieflage und unterquert die Solitudestraße. Auf der südöstlichen Seite der Solitudestraße befindet sich entlang des Ittiswegs ein WA mit einem Abstand von ca. 70 m zum Streckenabschnitt „Wolffbusch - Anst. B295“.

Auf der Nord-Ost-Seite des Gleisdreiecks befindet sich am Südende der Haltestelle Rastatter Straße das Anwesen Solitudestrasse 169. Dieses ist ein Gärtnereibetrieb, von dem das Wohnhaus derzeit in 25 m Abstand zur Bestandstrasse liegt und für den abzweigenden Ast Weichen bzw. ein Kreuzungsbereich im Abstand von ca. 27 m zum Haus eingebaut werden. Für dieses Areal existiert kein Bebauungsplan und ist nach Flächennutzungsplan als „Fläche für Landwirtschaft mit Ergänzungsfunktion (LE)“ ausgewiesen. Da hier neben dem Gärtnereibetrieb eine Wohnnutzung vorliegt, wird das Gebiet als Mischgebiet MI eingestuft.

Da für diese Gebäude aus der bestehenden Strecke schon eine Vorbelastung herrührt, ist im Rahmen dieser Prognoseberechnungen die veränderte Belastung durch die Neubautrasse in Bezug zum Ist-Zustand zu prüfen.

Auf der Nordwestseite der bestehenden Bahntrasse befindet sich das Jugendzentrum Pumptrack Weilimdorf (Solitudestr 129), das in einem Abstand von ca. 9 m zum bestehenden Gleis in Fahrtrichtung Süd steht.

Zukünftig werden nach Bau der U13-Strecke in unmittelbarer Nähe vor dem Jugendzentrum Weichen und Kreuzungen eingebaut, um den Abzweig aus der bestehenden Trasse zu ermöglichen. Die Abstände der nächstgelegenen Weichen zum Haus beträgt ca. 24 m.

Da für diese Gebäude aus der bestehenden Strecke schon eine Vorbelastung herrührt, ist im Rahmen dieser Prognoseberechnungen die veränderte Belastung durch die Neubautrasse in Bezug zum Ist-Zustand zu prüfen.



Abbildung 14: Lageplan Bereich Messort 1 (Solitudestr 129 Solitudestr.169); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

### Fazit

In dem WA südöstlich der Solitudestraße sind sowohl im Ist-Zustand als auch zukünftig keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen und daraus ableitbaren sekundären Schallimmissionen zu erwarten.

In dem Jugendzentrum Pumptrack Weilimdorf (Solitudestr 129) werden wegen des Einbaus der Kreuzungen und Weichen die Erschütterungsimmissionen um fast das 4-fache zunehmen. Da dieses Jugendzentrum nicht für Übernachtungen gedacht ist, ergeben sich keine wesentlichen Anforderungen zum Schutz gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb in Bezug auf Schlafräume.

Im Bereich der Solitudestrasse 169 ist mit einem merklichen Anstieg der Erschütterungsimmissionen aus dem Einbau der Weichen und Kreuzung zu rechnen. Gleichwohl werden nach Prognose (siehe Anlage 2.1 - Messort 1; Vergleich „Ist-Zustand“ – „Prognose“) im Nachtzeitraum weder der obere Anhaltswert  $A_o = 0,3$  noch der Beurteilungswert  $A_r = 0,07$  überschritten.

#### 5.2.2 Erschütterungsprognose Messort 2

Das Einzelhaus an der Ditzinger Straße 91 wird der Nutzung MI zugeordnet.

Die zukünftige Trasse verläuft hier auf der Bogeninnenseite niveaugleich zur B295, die sich ca. 3 m unterhalb des Geländes Ditzinger Straße 91 befindet.

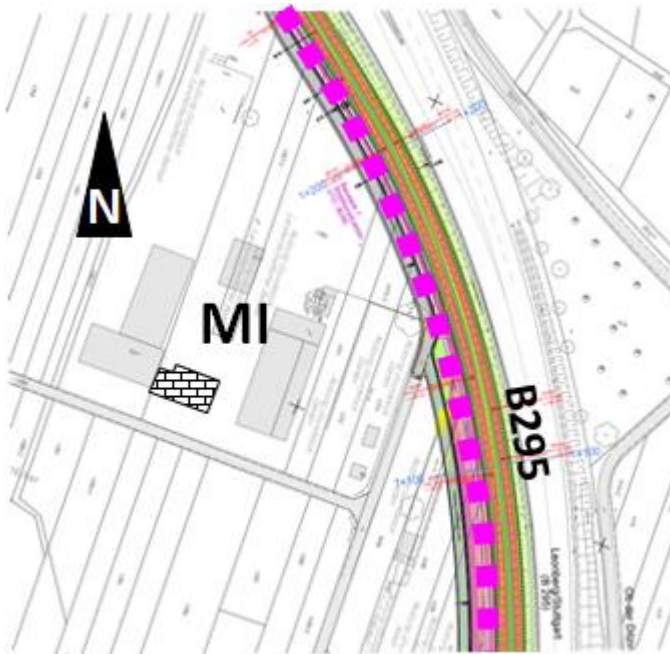


Abbildung 15: Lageplan Bereich Messort 2 (Ditzinger Str. 91); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

#### Fazit

In dem als MI eingestuften Wohngebäude Ditzinger Straße 91 (Bereich Messort 2) werden aus den zukünftigen Betriebserschütterungen auf der Neubautrasse weder unzulässig hohe Erschütterungsimmissionen noch daraus ableitbare sekundäre Schallimmissionen in unzulässigem Maße erwartet.

#### 5.2.3 Erschütterungsprognose Messort 3

In dem ebenen Gelände im Bereich des Messortes 3 befindet sich auf der Nordseite der B295 ein Gebäuderiegel, in einem als Mischgebiet ausgewiesenen Bereich. Das am stärksten betroffene Gebäude Mittlerer Pfad 19 liegt im Einflußbereich eines Gleiswechsels.

Die zukünftige Trasse verläuft hier südlich der B295.



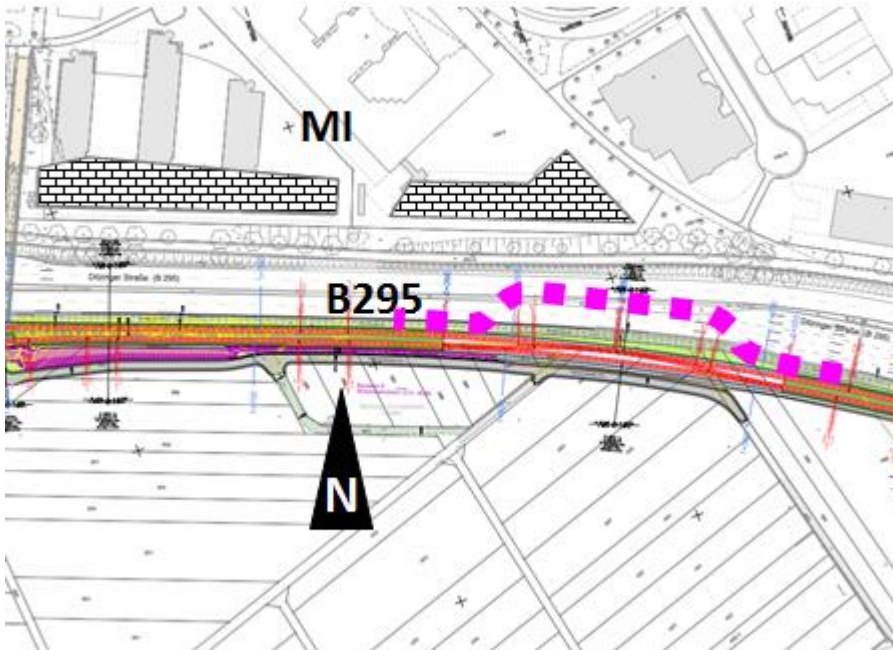


Abbildung 16: Lageplan Bereich Messort 3 (Mittlerer Pfad 19); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

### Fazit

In dem als MI eingestuften Wohn-/Bürogebäude Mittlerer Pfad 19 (Bereich Messort 3) werden aus den zukünftigen Betriebserschütterungen auf der Neubautrasse keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen und daraus ableitbare sekundäre Schallimmissionen erwartet.

#### 5.2.4 Erschütterungsprognose Messort 4

In dem ebenen Gelände im Bereich des Messortes 4 befinden sich auf der Nordseite der B295 mehrere Gebäudeblöcke, die in einem als Mischgebiet ausgewiesenen Bereich liegen. Das am stärksten betroffene Gebäude Friolzheimer Str. 3 liegt im Einflußbereich mehrerer Gleiswechsel.

Die zukünftige Trasse verläuft hier südlich der B295.

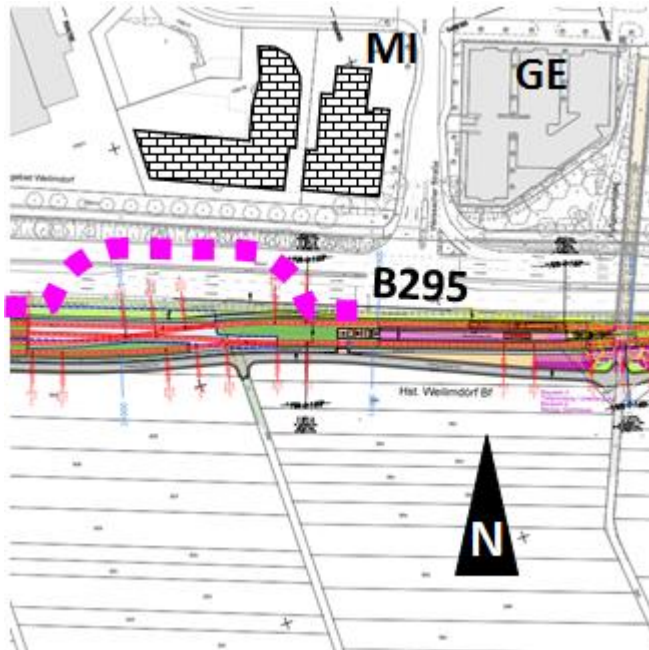


Abbildung 17: Lageplan Bereich Messort 4 (Friolzheimer Str.3); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

### Fazit

In dem als MI eingestuften Wohn-/Bürogebäude Friolzheimer Str.3 (Bereich Messort 4) werden aus den zukünftigen Betriebserschütterungen auf der Neubautrasse keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen und daraus ableitbare sekundäre Schallimmissionen erwartet.

#### 5.2.5 Erschütterungsprognose Messort 5

In dem ebenen nach Westen leicht abfallenden Gelände im Bereich des Messortes 5 befinden sich mehrere Wohnblöcke der Siedlung Hausen, das als allgemeines Wohngebiet ausgewiesen ist. Die am stärksten betroffenen Gebäude

- Hausenring 67
- Hausenring 73
- Hausenring 79
- Hausenring 91E

liegen alle im Einflußbereich der zukünftigen Bahntrasse bei einem ähnlichen Abstand von ca. 18 m zur nahen Gleisachse.

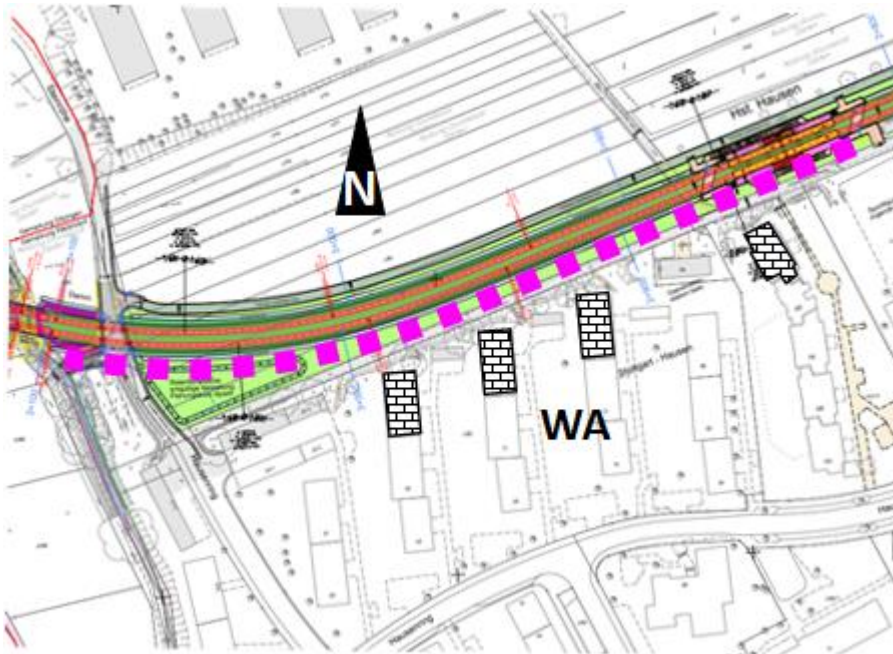


Abbildung 18: Lageplan Bereich Messort 5 (Hausenring); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

### Fazit

In der als WA eingestuften Siedlung Hausenring (Bereich Messort 5) werden aus den zukünftigen Betriebserschütterungen auf der Neubautrasse keine unzulässig hohen Erschütterungsimmisionen und daraus ableitbare sekundäre Schallimmisionen erwartet.

#### 5.2.6 Erschütterungsprognose Messort 6

Im Bereich des Messortes 6 liegt das Gewerbegebiet Ditzingen-Ost zwischen der Schuckertstraße über die Gerlingerstraße hinweg bis zum Thalesplatz. Auf der südöstlichen Seite endet das Gewerbegebiet an der BAB A81. Die zukünftige Bahntrasse wird auf der Grenzlinie zwischen BAB und Gewerbegebiet liegen, die derzeit durch einen Abkommensschutzwall gebildet wird. Als betroffene Gebäude werden eingeschätzt:

- Trumpf 1 - Fa. Trumpf Produktions- und/oder Lagerbereich – im Einflußbereich von Weichen (Gleiswechsel);
  - Abstand ca. 25 m zur nahen Gleisachse
- Trumpf 2 – Fa. Trumpf Bürogebäude
  - Abstand ca. 14 m zur nahen Gleisachse
- Autohaus, Schuckertstr. 29
  - Abstand ca. 9 m zur nahen Gleisachse



Abbildung 19: Lageplan Bereich Messort 6 (Gewerbegebiet Ditzingen-Ost); violett gepunktete Linie zeigt den Abstand, für den in einem Wohnhaus ein  $KB_{Fmax}$ -Wert von 0,1 (Fühlgrenze) prognostiziert würde

## Fazit

In dem Gewerbegebiet Ditzingen-Ost (Bereich Messort 6) werden aus den zukünftigen Betriebserschütterungen auf der Neubautrasse keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen und daraus ableitbaren sekundären Schallimmissionen erwartet. Es können jedoch in den Räumlichkeiten Schuckertstr 29 und dem hier gekennzeichneten Gebäude Trumpf 1 in Ausnahmefällen Erschütterungsimmissionen im Bereich der Fühlgrenze auftreten

### 5.2.7 Erschütterungsprognose Betriebshof

Im südöstlichen Quadranten zur Kreuzung Zeißstraße/Ditzinger Straße (B295) wird der neue Stadtbahnbetriebshof errichtet (Abbildung 20). In der nordwestlichen Ecke dieses Geländes wird ein Dienst-/Sozialgebäude erstellt, in dem Büros, Ruhe- bzw. Pausenräume eingerichtet werden. Die westliche Großhalle auf dem Gelände wird als Wartungshalle genutzt und in der östlichen Großhalle werden die Züge abgestellt. Östlich des Betriebshofes liegen die Durchgangsgleise der U13-Strecke.

Auf dem Gelände des Betriebshofes werden mehrere Gleisanlagen mit Gleisharfen eingerichtet, die zur Verteilung der Züge in die jeweiligen Einfahrtstore dienen. Diese werden jedoch nur mit Geschwindigkeiten von  $V < 15 \text{ km/h}$  befahren werden, von daher sind hieraus keine belastenden Erschütterungsimmissionen zu erwarten.

Auf dem Gelände werden zwei Gleise mit besonderen Aufgaben erstellt. In Abbildung 20 in blauer Farbe eingetragen wird ein Gleis zwischen Werkhalle und Abstellhalle eingerichtet, auf dem an einigen Tagen im Jahr auf kurzen Abschnitten leicht erhöhte Geschwindigkeiten



gefahren werden, um z.B. Bremsversuche durchführen zu können. Auch aus diesen Emissionen sind keine belästigenden Einwirkungen zu erwarten.

Das in Abbildung 20 in schwarzer Farbe eingetragene Gleis dient zur Bereitstellung der Züge in den täglichen Dienst und ist als Durchgangsgleis konzipiert, um beide Richtungen bedienen zu können. Dieses Gleis wird ebenfalls mit Geschwindigkeiten von  $V < 15 \text{ km/h}$  befahren werden, so dass auch hieraus keine belästigenden Erschütterungsimmissionen zu erwarten sind.

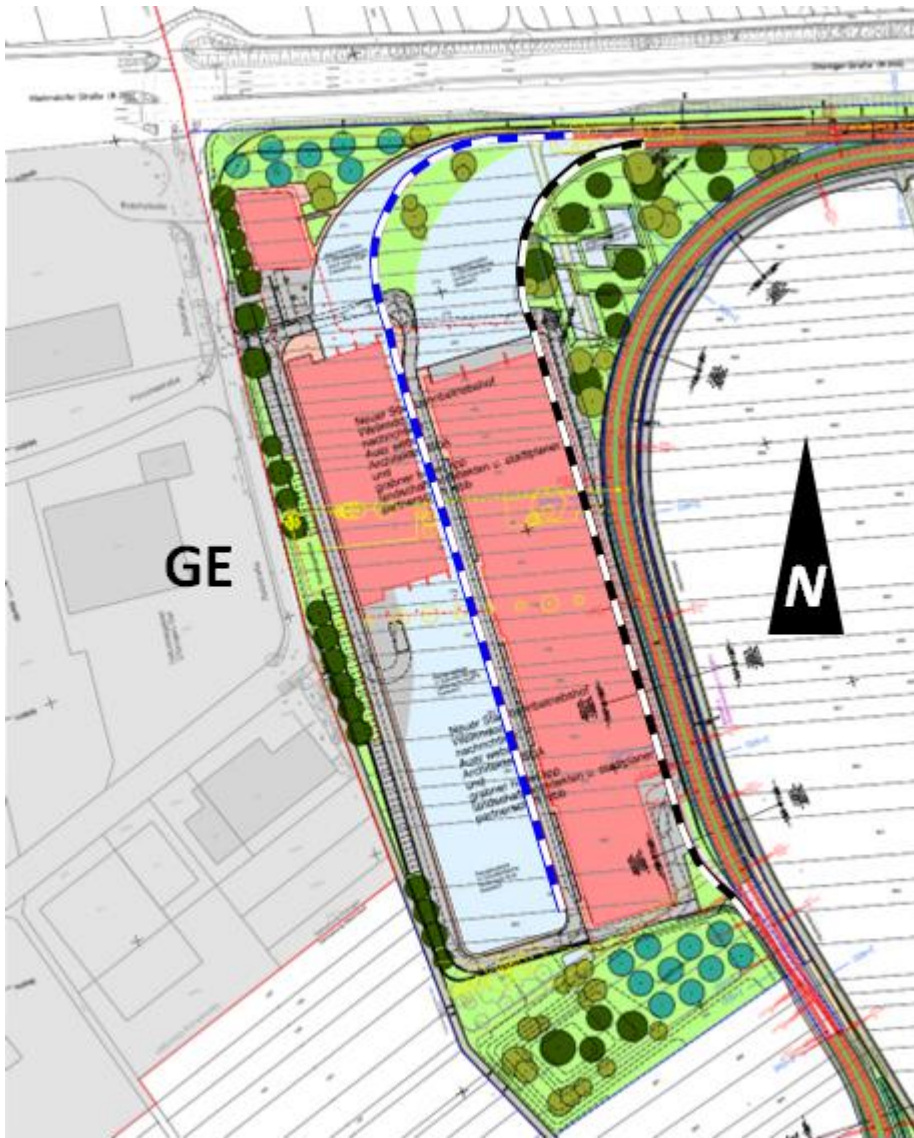


Abbildung 20: Planskizze des neuen Stadtbahnbetriebshofes

## 6 Schutzmaßnahmen

Wie aus den Prognoseberechnungen zu entnehmen ist, wird nach Neubau der U13-Trasse nur in dem Gebäude Solitude Strasse 169 (Südende der Haltestelle Rastatter Straße) zukünftig der untere Anhaltswert  $A_u = 0,15$  für Erschütterungsimmissionen entsprechend DIN 4150-2 [3] für Mischgebiete nachts überschritten, der Beurteilungswert  $A_r = 0,07$  wird weiterhin eingehalten werden. Hier wird durch den Einbau von Weichen und Kreuzung die Erschütterungsimmissionen im Wohn- bzw. Schlafbereich deutlich erhöht.

In dem überwiegenden Anteil der anderen Gebäude entlang der zukünftigen Streckenführung der U13 wird noch nicht einmal die Fühlschwelle für Erschütterungen ( $KB_{Fmax} = 0,1$ ) überschritten werden.

Daraus folgt, dass der mit den Erschütterungsimmissionen zusammenhängende sekundäre Luftschall ebenfalls unterhalb der zulässigen Orientierungswerte bleiben wird.

Von daher sind im gesamten geplanten Streckenverlauf keine Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen notwendig. Wegen der starken Veränderung im Bereich der Solitude Strasse 169 wird empfohlen, spezielle Überlegungen in Bezug auf den Einbau von Unterschottermatten im Bereich der Weichen und Kreuzung in Betracht anzustellen.

## 7 Zusammenfassung

Die Stuttgarter Straßenbahnen AG plant zur Anbindung des Gewerbegebiets Ditzingen – Ost den Neubau einer Bahntrasse zur Erweiterung der Strecke der Linie U13. Zusätzlich soll im zentralen Bereich der Neubaustrecke ein Betriebshof erstellt werden.

Die Neubautrasse wird zwischen den Haltestelle Wolfbusch und Rastatter Straße von der Bestandsstrecke nach Norden abzweigen. Im Bereich dieses Abzweigs liegt das allg. Wohngebiet am Iltisweg und in direkter Nachbarschaft das Jugendzentrum Pumptrack Weilimdorf Solitude Straße 129 und der Gärtnereibetrieb Solitude Straße 169.

Die Strecke läuft entlang der B295 und grenzt an landwirtschaftlich genutzten Flächen. Am nördlichen Scheitelpunkt der Trasse liegt durch die B295 getrennt ein Mischgebiet.

Im weiteren Verlauf wird die Trasse an dem Siedlungsgebiet Hausen entlanggeführt und schwenkt danach in Richtung Norden um abschließend auf der Grenze zwischen dem Gewerbegebiet Ditzingen-Ost und der BAB A81 zu enden.

Die Trassenführung ist so geplant, dass die Abstände von bewohnten Gebieten und/oder Bürogebäuden zur Trasse ausreichend groß sind, so dass keine unzulässig hohen Immissionen bezüglich Erschütterungen und dem daraus ableitbaren sekundären Luftschall erwartet werden. Aus den Prognoseberechnungen heraus wurde für den Bereich der Solitude Straße 169 angeregt, hier zumindest die Weichen und Kreuzungen über eine Länge von mindestens 5 m bezogen auf das Herzstück in jede Fahrtrichtung mit Unterschottermatten auszurüsten, da der

Abstand zwischen dem Herzstück der Weiche und der Hausfront weniger als 40 m beträgt und gleichzeitig die Streckengeschwindigkeit größer 20 km/h ist.

Wegen der geringen Erschütterungsimmissionen ist davon auszugehen, dass aus dem Bahnbetrieb keine Erschütterungen abgestrahlt werden, die zu Schäden an der benachbarten Gebäudesubstanz führen können.

In den Gebäuden auf dem Gelände des Betriebshofes können bei einzelnen Fahrmanövern gelegentlich spürbare Erschütterungsimmissionen auftreten, die jedoch keine dauernde belästigende Wirkung haben werden.

Auch in der westlich zum Betriebshof angrenzenden Bebauung wird es zu keinen Erschütterungsimmissionen kommen, die eine belästigende Wirkung erreichen könnten.

Greifenberg, 29.05.2023  
ACCON GmbH



Dipl. Phys. Helmut Venghaus

## **Anlagen**

Anlage 1 – Verkehrskennndaten

Anlage 2 – Erschütterungsimmissionen



## Anlage 1 – Verkehrskennndaten

### Schienenverkehr

	Bestand Wolfbusch - Rastatter Str.		Bestand Rastatter Str. - Wolfbusch	
	tags	nachts	tags	nachts
U13				
U6	93	20	93	20
<b>Gesamt</b>	<b>93</b>	<b>20</b>	<b>93</b>	<b>20</b>

	Anst. B295 - Rastatter Straße		Rastatter Straße - Anst. B295	
	tags	nachts	tags	nachts
U13	94	16	94	16
U7 Aus/Ein	0	5	2	5
U15 Aus/Ein	0	6	3	3
<b>Gesamt</b>	<b>94</b>	<b>27</b>	<b>99</b>	<b>24</b>

	Anst. B295 - Wolfbusch		Wolfbusch - Anst. B295	
	tags	nachts	tags	nachts
U13	0	0	0	0
U6 Aus/Ein	1	6	0	4
U16 Aus/Ein	3	3	5	6
<b>Gesamt</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

	BF4 - Anst. B295		Anst. B295 - BF4	
	tags	nachts	tags	nachts
U13	94	16	94	16
U7 Aus/Ein	0	5	2	5
U15 Aus/Ein	0	6	3	3
U6 Aus/Ein	1	6	5	4
U16 Aus/Ein	3	3	0	6
<b>Gesamt</b>	<b>98</b>	<b>36</b>	<b>104</b>	<b>34</b>

	BF4 - Ditzingen		Ditzingen - BF4	
	tags	nachts	tags	nachts
U13	94	16	94	16
U13 Aus/Ein	2	5	3	4
<b>Gesamt</b>	<b>96</b>	<b>21</b>	<b>97</b>	<b>20</b>

## Anlage 2 – Erschütterungsimmissionen

### Anlage 2.1 - Messort 1

Gebäudetyp: Wohnhaus kein Keller, EG & DG  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 70 m  
 Nutzung: WA  
 Im Einflußbereich von Weichen? Bestand: nein; zukünftig: ja

#### Ist-Zustand

Streckenbelegung „Nacht“ – Bestand Messort 1

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	20	0	0	0
Gl. 2	20	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Nach Prognoseverfahren berechnete Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ – Bestand Messort 1

<b>mittl.</b> <b>KB<sub>Fmax</sub></b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
	9	16	25	40	63
Gl. 1	0,109	0,082	0,062	0,043	0,027
Gl. 2	0,078	0,062	0,049	0,035	0,024
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,019</b>	<b>0,015</b>	<b>0,011</b>	<b>0,008</b>	<b>0,005</b>

Nach Prognoseverfahren berechnete sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ – Bestand Messort 1

<b>sekundärer Luftschall</b>					
<b>Abstände zu Gl. 1</b>					
<b>L<sub>sek,Amax</sub></b>	9	16	25	40	63
Gl. 1	35,2	25,3	16,0	6,7	6,7
Gl. 2	27,5	19,7	12,6	4,5	-4,3
<b>L<sub>sek,Am</sub> Progn.</b>	<b>17,3</b>	<b>7,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-9,8</b>	<b>-11,5</b>

## Prognose

Streckenbelegung „Nacht“ – Bestand & Wolfbusch - Anst. B295“am Messort 1

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	29	0	0	0
Gl. 2	30	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 1

<b>mittl.</b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>KB<sub>Fmax</sub></b>	9	16	25	40	63
Gl. 1	0,411	0,267	0,179	0,107	0,057
Gl. 2	0,321	0,248	0,181	0,114	0,063
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,091</b>	<b>0,064</b>	<b>0,045</b>	<b>0,027</b>	<b>0,015</b>

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 1

<b>sekundärer Luftschall</b>					
	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>L<sub>sek,Amax</sub></b>	9	16	25	40	63
Gl. 1	40,0	30,5	22,3	14,5	14,5
Gl. 2	33,5	27,3	21,4	14,9	7,4
<b>L<sub>sek,Am</sub> Progn.</b>	<b>23,9</b>	<b>15,3</b>	<b>8,0</b>	<b>0,8</b>	<b>-1,6</b>

## Anlage 2.2 - Messort 2

Gebäudetyp: Wohnhaus kein Keller, EG & DG  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 70 m  
 Nutzung: MI  
 Im Einflußbereich von Weichen? nein

### Prognose

Streckenbelegung „Nacht“ –Anst. B295“- BF4 am Messort 2

Streckenbelegung Nacht				
	DT8			
Gl. 1	36	0	0	0
Gl. 2	34	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 2

mittl. KB <sub>Fmax</sub>	Abstände zu Gl. 1				
	10	30	50	80	100
Gl. 1	0,104	0,054	0,035	0,020	0,015
Gl. 2	0,075	0,043	0,029	0,019	0,014
KB <sub>FTr</sub> Progn.	0,025	0,013	0,009	0,005	0,004

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 2

sekundärer Luftschall					
Abstände zu Gl. 1					
L <sub>sek, Amax</sub>	10	30	50	80	100
Gl. 1	33,6	12,3	2,6	-6,6	-6,6
Gl. 2	26,2	9,5	0,3	-9,5	-14,8
L <sub>sek, Am</sub> Progn.	18,3	-2,0	-11,5	-20,9	-22,0

## Anlage 2.3 - Messort 3

Gebäudetyp: Wohn-/Büroblock unterkellert, 5 Vollgeschoße

Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 50 m

Nutzung: MI

Im Einflußbereich von Weichen? ja

### Prognose

Streckenbelegung „Nacht“ –Anst. B295“- BF4 am Messort 3

Streckenbelegung Nacht				
	DT8			
Gl. 1	36	0	0	0
Gl. 2	34	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 3

mittl. KB <sub>Fmax</sub>	Abstände zu Gl. 1				
	10	30	50	80	100
Gl. 1	0,167	0,063	0,036	0,021	0,015
Gl. 2	0,141	0,068	0,041	0,024	0,013
KB <sub>FTr</sub> Progn.	0,042	0,018	0,010	0,006	0,004

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 3

sekundärer Luftschall					
Abstände zu Gl. 1					
L <sub>sek, Amax</sub>	10	30	50	80	100
Gl. 1	37,6	14,2	3,9	-6,2	-6,2
Gl. 2	32,3	13,8	4,6	-5,2	-22,9
L <sub>sek, Am</sub> Progn.	22,7	0,9	-8,9	-18,8	-22,1

## Anlage 2.4 - Messort 4

Gebäudetyp: Wohn-/Büroblock unterkellert, 5 Vollgeschoße  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 47 m  
 Nutzung: MI  
 Im Einflußbereich von Weichen? ja

### Prognose

Streckenbelegung „Nacht“ –Anst. B295“- BF4 am Messort 4

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	29	0	0	0
Gl. 2	30	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 4

<b>mittl.</b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>KB<sub>Fmax</sub></b>	8	13	25	32	65
Gl. 1	0,211	0,156	0,093	0,074	0,033
Gl. 2	0,169	0,142	0,096	0,078	0,037
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,052</b>	<b>0,040</b>	<b>0,025</b>	<b>0,020</b>	<b>0,009</b>

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 3

<b>sekundärer Luftschall</b>					
	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>L<sub>sek, Amax</sub></b>	8	13	25	32	65
Gl. 1	39,2	31,8	18,7	13,7	13,7
Gl. 2	32,2	27,1	17,3	13,3	0,9
<b>L<sub>sek, Am</sub> Progn.</b>	<b>23,9</b>	<b>17,0</b>	<b>4,9</b>	<b>0,4</b>	<b>-2,1</b>

## Anlage 2.5 - Messort 5

Gebäudetyp: Wohnblock unterkellert, 3 Vollgeschoße  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 16 m  
 Nutzung: WA  
 Im Einflußbereich von Weichen? nein

### Prognose

Streckenbelegung „Nacht“ – Abschnitt BF4 – Ditzingen am Messort 5

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	21	0	0	0
Gl. 2	20	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 5

<b>mittl.</b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>KB<sub>Fmax</sub></b>	8	12	16	20	30
Gl. 1	0,091	0,075	0,065	0,057	0,045
Gl. 2	0,070	0,061	0,054	0,049	0,040
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,017</b>	<b>0,014</b>	<b>0,012</b>	<b>0,011</b>	<b>0,009</b>

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Nacht“ –Messort 5

<b>sekundärer Luftschall</b>					
	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>L<sub>sek, Amax</sub></b>	8	12	16	20	30
Gl. 1	36,2	29,8	24,4	19,7	19,7
Gl. 2	28,1	22,8	18,5	14,8	7,7
<b>L<sub>sek, Am</sub> Progn.</b>	<b>18,5</b>	<b>12,2</b>	<b>7,0</b>	<b>2,5</b>	<b>1,6</b>

## Anlage 2.6 - Messort 6a

Gebäudetyp: Büroblock unterkellert, 6 Vollgeschoße  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 13 m  
 Nutzung: GE  
 Im Einflußbereich von Weichen? nein

### Prognose

Streckenbelegung „Tag“ – Abschnitt BF4 – Ditzingen am Messort 6

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	97	0	0	0
Gl. 2	96	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Tag“ –Messort 6

<b>mittl.</b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>KB<sub>Fmax</sub></b>	8	12	20	25	30
Gl. 1	0,060	0,049	0,038	0,034	0,030
Gl. 2	0,051	0,045	0,037	0,034	0,031
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,018</b>	<b>0,015</b>	<b>0,012</b>	<b>0,011</b>	<b>0,010</b>

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Tag“ –Messort 6

<b>sekundärer Luftschall</b>					
	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>L<sub>sek, Amax</sub></b>	8	12	20	25	30
Gl. 1	35,6	29,1	18,5	13,2	13,2
Gl. 2	27,2	21,8	13,2	9,0	5,5
<b>L<sub>sek, Am</sub> Progn.</b>	<b>21,4</b>	<b>15,1</b>	<b>4,9</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,9</b>



## Anlage 2.7 - Messort 6b

Gebäudetyp: Lager nicht unterkellert, 2 Vollgeschoße  
 Maßgeblicher Abstand zu Gleis 1: 25 m  
 Nutzung: GE  
 Im Einflußbereich von Weichen? ja

### Prognose

Streckenbelegung „Tag“ – Abschnitt BF4 – Ditzingen am Messort 6

<b>Streckenbelegung Nacht</b>				
	DT8			
Gl. 1	97	0	0	0
Gl. 2	96	0	0	0
Geschwindigkt.	70	0	0	0

Prognose der Erschütterungsimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Tag“ –Messort 6 mit Weiche

<b>mittl.</b>	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>KB<sub>Fmax</sub></b>	10	16	25	40	63
Gl. 1	0,435	0,292	0,192	0,113	0,060
Gl. 2	0,337	0,267	0,194	0,121	0,065
<b>KB<sub>FTr</sub> Progn.</b>	<b>0,123</b>	<b>0,089</b>	<b>0,061</b>	<b>0,037</b>	<b>0,020</b>

Prognose der sek. Schallimmissionen für das 1.OG in Gebäuden in angegebenen Abstand zu Gleis 1 „Tag“ –Messort 6 mit Weiche

<b>sekundärer Luftschall</b>					
	<b>Abstände zu Gl. 1</b>				
<b>L<sub>sek, Amax</sub></b>	10	16	25	40	63
Gl. 1	39,8	31,4	23,1	15,3	15,3
Gl. 2	33,4	28,1	22,2	15,7	8,2
<b>L<sub>sek, Am</sub> Progn.</b>	<b>26,0</b>	<b>18,3</b>	<b>10,9</b>	<b>3,8</b>	<b>1,4</b>