

# Erschütterungstechnisches Prognosegutachten Bebauungsplanverfahren "Südlich der Zugspitzstraße" in Farchant



Dipl.-Phys. Helmut Venghaus  
Bericht-Nr.: ACB-0621-9716/02

15.06.2021

Titel:	Erschütterungstechnisches Prognosegutachten Bebauungsplanverfahren "Südlich der Zugspitzstraße" in Farchant
Auftraggeber:	C.Hentschel Consult Ing.-GmbH Oberer Graben 3a 85354 Freising
Auftrag vom:	22.04.2021
Bericht-Nr.:	ACB-0621-9716/02
Umfang:	13 Seiten
Datum:	15.06.2021
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Helmut Venghaus

---

#### Zusammenfassung

Die Gemeinde Farchant plant südlich der bestehenden Wohnbebauung an der Zugspitzstraße die Erweiterung des Baugebiets als allgemeines Wohngebiet, deren im westlichen Bereich gelegenen Gebäude im Einflußbereich des Bahnbetriebs auf der Strecke 5504 liegen.

Zur Erstellung der Erschütterungsprognose wurden im Untersuchungsgebiet Messungen bezüglich der Schwingungsausbreitung im Erdreich aus dem Bahnbetrieb durchgeführt. Auf der Basis dieser Emissionsspektren wurde ein Ausbreitungsmodell für die Schwingungen im Erdreich erarbeitet und anschließend für die Erstellung der Prognose über Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden angewandt.

Die Prognoseergebnisse zeigen an, dass keine unzulässig hohen Immissionen bezüglich Erschütterungen und sekundärem Luftschall in den geplanten Gebäuden zu erwarten sind und demnach aus Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen verzichtet werden kann.

## **Inhalt**

<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Aufgabenstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Beurteilungsgrundlagen .....</b>	<b>5</b>
2.1 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen .....	6
2.2 Sekundärer Luftschall .....	6
<b>3 Örtliche Gegebenheiten .....</b>	<b>7</b>
<b>4 Erschütterungsemissionen .....</b>	<b>9</b>
4.1 Messungen.....	9
4.2 Messergebnisse.....	9
<b>5 Prognoseergebnisse .....</b>	<b>11</b>
5.1 Prognostizierte Zugzahlen für das Jahr 2030 .....	11
5.2 Ergebnis ohne Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb .....	11
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>12</b>

## Quellenverzeichnis

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen herangezogen:

- [1] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (16.BImSchV, Verkehrslärmschutzverordnung vom 25.09.1990), geänderte Fassung vom 18.12.2014 (BGBl Jahrgang 2014 Teil I Nr. 61, S. 2269; Bonn 23.12.2014)
- [2] DIN 4150-3:2016-12; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [3] DIN 4150-2:1999-06; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [4] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV vom 04.02.1997), geänderte Fassung vom 23.09.1997 (BGBl. I S. 2329)
- [5] Bundesverwaltungsgericht BVerwG - 7 A 14.09, 21.12.2010
- [6] Bundesverwaltungsgericht BVerwG - 7 A 24.12; 19.04.2014
- [7] Eisenbahn-Bundesamt; Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebebahnen – Anhang III-4; Dezember 2012
- [8] DIN 45669, Teil 1 „Messung von Schwingungsimmissionen – Anforderungen an Schwingungsmesser“, September 2019
- [9] DIN 45669, Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen – Messverfahren“, Juni 2005
- [10] DIN 45672, Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen Teil 1: Messverfahren“, Februar 2018
- [11] DIN 45672, Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Auswerteverfahren“, Juli 1995
- [12] Wipfler Plan, Strukturkonzept „Südlich der Zugspitzstraße“ V2, Paf Mai 2021
- [13] Wipfler Plan, Strukturkonzept „Südlich der Zugspitzstraße“ V3, Paf Mai 2021
- [14] DB AG, Zugzahlenprognose 2030 (KW 38/2019) des Bundes für die Strecken 5504

## 1 Aufgabenstellung

Die Gemeinde Farchant plant südlich der vorhandenen Baureihe an der Zugspitzstraße eine Erweiterung der Siedlung um 6 einzeln stehende Wohngebäude. Zumindest die beiden Gebäude im westlichen Bereich des Baugebiets liegen im Einflußbereich der Bahnstrecke München-Garmisch Partenkirchen-Mittenwald.

Zur Ermittlung der eventuell notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb wurde die ACCON GmbH mit der Prognoseerstellung für die Gebäude beauftragt.

## 2 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen unterscheidet die DIN-4150-Reihe 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. Die wesentlichen Beurteilungsgrundlagen der DIN 4150-2 [8] werden im Folgenden zusammengefasst.

Tabelle 2: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [8] 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
<b><u>allgemeines und reines Wohngebiet</u></b>	<b><u>0,15</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>0,07</u></b>	<b><u>0,1</u></b>	<b><u>0,2</u></b>	<b><u>0,05</u></b>
Sondergebiete Kliniken	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Die Anforderungen der Norm sind eingehalten, wenn

- die maximale bewertete Schwingstärke kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A<sub>u</sub> ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke kleiner oder gleich dem Anhaltswert A<sub>r</sub> ist.

Die Anforderungen der Norm sind dagegen nicht eingehalten, wenn

- die maximale bewertete Schwingstärke größer als der obere Anhaltswert A<sub>o</sub> ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke größer als der Anhaltswert A<sub>r</sub> ist.



Die Bedingungen für den unteren und oberen Anhaltswert gelten für jedes einzelne Ereignis (z. B. Zugvorbeifahrt,  $KB_{Fmax}$ ), während sich der Anhaltswert  $A_r$  auf einen über die zu beurteilende Zeit zu bildenden Mittelwert bezieht ( $KB_{FTT}$ ).

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus Schienenverkehr gelten folgende Besonderheiten:

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien  $A_u$  (für  $KB_{Fmax}$ ) und  $A_r$  (für  $KB_{FTT}$ ). Die oberen Anhaltswerte  $A_o$  erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung (siehe unten).

Bei der Ermittlung von  $KB_{FTT}$  wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.

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  $A_o$  nichts die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne  $KB_{FTT}$ -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.

## 2.1 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 3: Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen in Abhängigkeit vom KB-Wert

KB = 1,6	stark spürbar
KB = 0,6	gut spürbar
KB = 0,14	gerade spürbar
KB = 0,1	Fühlschwelle

## 2.2 Sekundärer Luftschall

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

Zitat

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

Tabelle 4: 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 4 beziehen sich auf Mittelungspegel ( $L_{m,sek}$ ) über die jeweilige Beurteilungszeit. Es soll vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen (hier bei einer Einzelvorbeifahrt) den Richtwert um 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.

### 3 Örtliche Gegebenheiten

Das Baugebiet befindet sich auf der Ostseite der eingleisigen Strecke 5504 seitlich der Partenkirchner Straße. Das Gelände des gesamten Untersuchungsbereichs ist eben.

Zur Zeit der Erstellung dieses Berichts liegen zwei Planungsvarianten vor, die sich im wesentlichen durch die Führung der Erschließungsstraße unterscheiden (Abbildung 1, Abbildung 2). Der kürzeste Abstand zwischen Gleisachse der Strecke 5504 und einem Gebäude ist bei beiden Varianten immer größer als 30m. Das Planungsgebiet wird als allgemeines Wohngebiet (WA) eingestuft.

Das Erdreich ist gebildet aus Flussablagerungen mit Sand und Kies, z. T. unter Flusslehm oder Flussmergel.

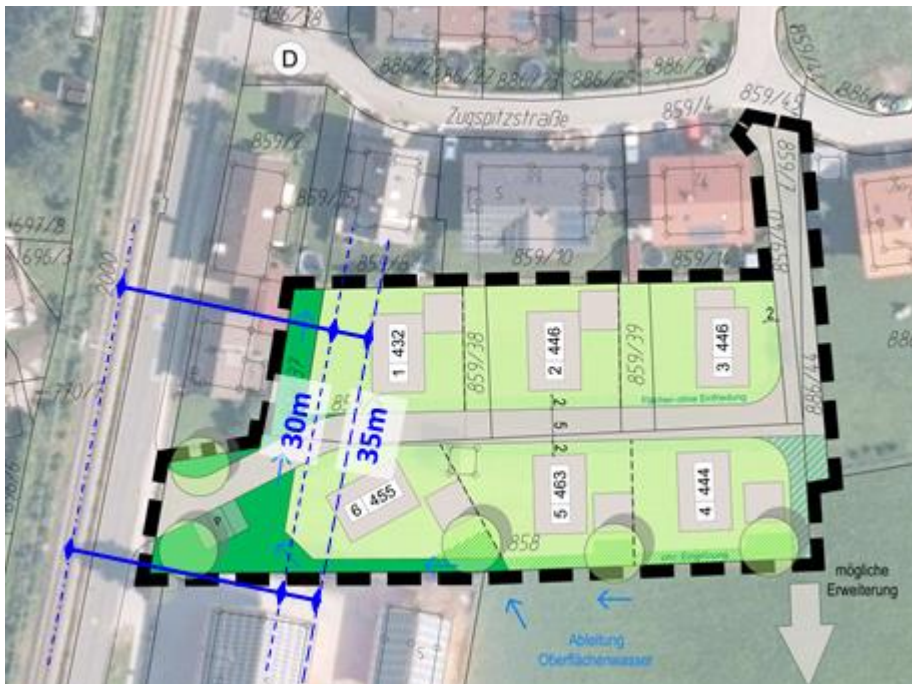


Abbildung 1: Planungsvariante 2 [12]



Abbildung 2: Planungsvariante 3 [13]



## 4 Erschütterungsemissionen

### 4.1 Messungen

Am 28.05.2021 wurden im hier zu betrachtenden Gebiet südlich des Gebäudes Partenkirchner Str 9 Messungen im Erdreich mit vertikaler Schwingungserfassung durchgeführt (Abbildung 3). Die Messungen erfolgten bei trockenem Wetter und Temperaturen von ca. 18°C. Während der Messungen waren keine Störungen des Bahnbetriebs vermeldet.

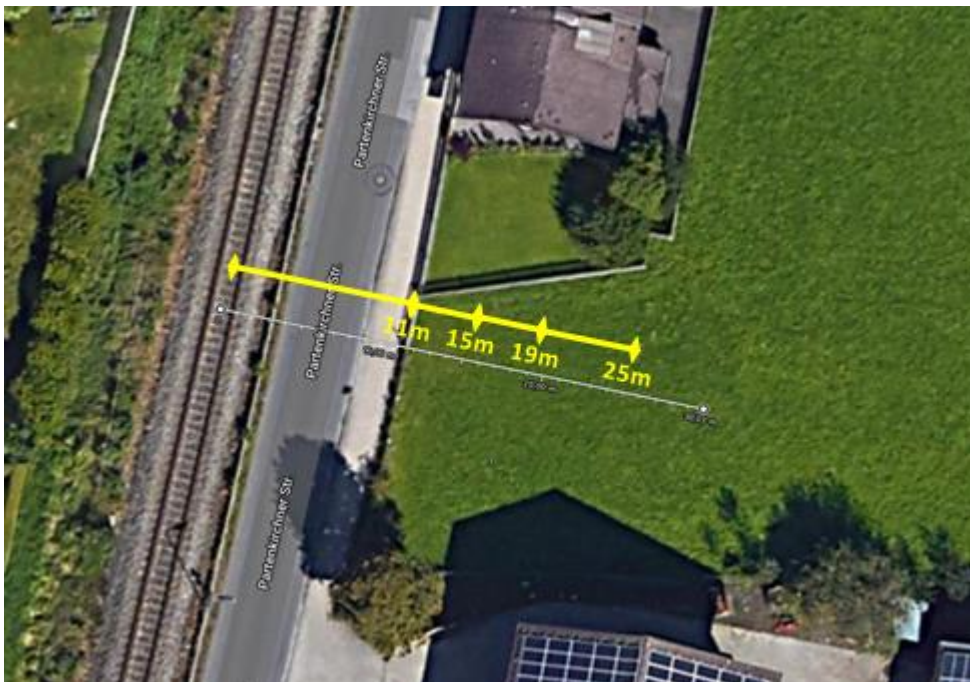


Abbildung 3: Auslage der Sensoren im Erdreich (gelb)

### 4.2 Messergebnisse

Die Messungen wurden am 28.05.2021 in der Zeit von ca. 09<sup>00</sup> Uhr bis 14<sup>00</sup> Uhr durchgeführt. In dieser Zeit wurden 9 fahrende Züge erfasst, die zur Auswertung herangezogen wurden (Tabelle 5). Da auf dieser Strecke überwiegend Triebzüge der Baureihe ET 441 mit geringen Unterschieden in der Geschwindigkeit verkehren, gibt die Anzahl der gemessenen Züge eine ausreichend gesicherte Datenbasis zur Erstellung der Prognose.

Tabelle 5: Messliste Farchant 28.05.2021

28/05/2021		Richtung "Nord" = Gleis "1" Richtung "Süd" = Gleis "2"		
Messung Nr	Uhrzeit	Zugart	Gleis	km/h
3	9:25	Grundgeräusch		
5	9:48	ET 442	2	80
6	10:10	ET 442	1	84
7	10:48	ET 442	2	64
8	11:12	ET 442	1	97
9	11:48	RE	2	63
10	12:12	RE	1	110
11	12:28	ET 442	1	88
12	12:48	ET 442	2	90
13	13:11	ET 442	1	91
14	13:12	Grundgeräusch		

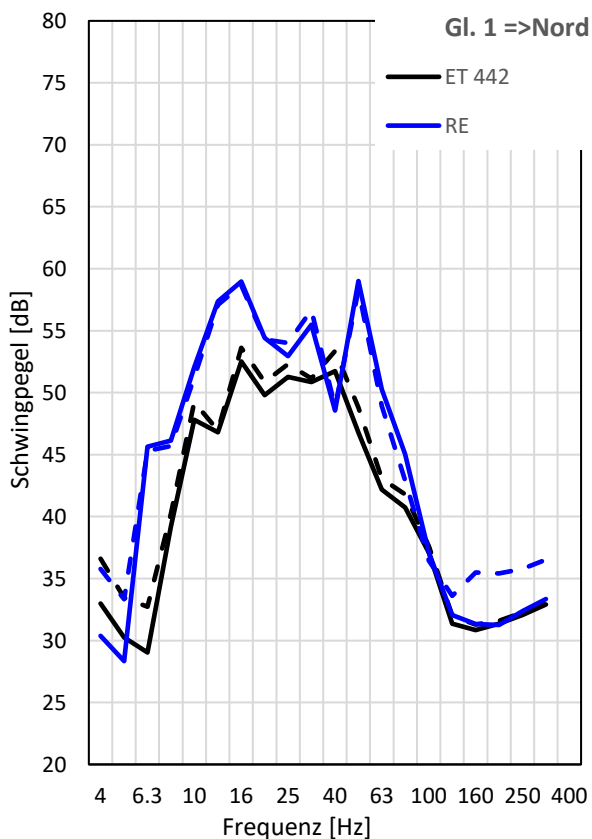


Abbildung 4: Schwingung am MP 11m Fahrtrichtung Nord

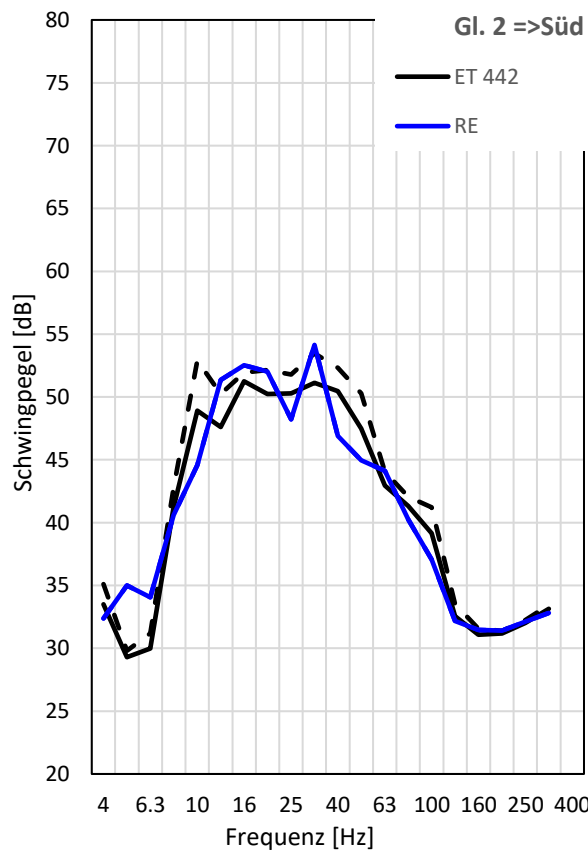


Abbildung 5: Schwingung am MP 11m Fahrtrichtung Süd

Die Geschwindigkeiten der ET 441 Züge ist in Fahrtrichtung Süd nach Verlassen des Haltepunkts Farchant zwar ein klein wenig geringer als in Fahrtrichtung Nord, was jedoch nur einen marginalen Einfluß auf die Schwingenergie im Erdreich hat. Für den lok-bespannten RE-Zug war ein wesentlich größerer Geschwindigkeitsunterschied vorhanden, der sich sehr deutlich in den oben dargestellten Spektren ausprägt.

## 5 Prognoseergebnisse

### 5.1 Prognostizierte Zugzahlen für das Jahr 2030

Für die Berechnungen der Erschütterungsimmissionen werden die von der DB AG prognostizierten Zugzahlen für das Jahr 2030 für die DB-Strecke 5504 herangezogen [14] (Tabelle 6).

Tabelle 6 Prognostizierte Zugzahlen für das Jahr 2030 Strecke 5504 [14]

#### Strecke 5504

Abschnitt Farchant - Garmisch Partenkirchen

Bereich

von\_km

bis\_km

97

98.5

#### Prognose 2030

Zugart-	Anzahl	Anzahl	v_max
Traktion	Tag	Nacht	km/h
RB-ET	7	3	110
RB-ET	31	3	110
RE-ET	8	2	110
	46	8	Summe beider Richtungen

### 5.2 Ergebnis ohne Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb

In der Abbildung 1 und der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die Abstände der vermutlich am stärksten betroffenen Gebäude angezeigt. Für die größten frei schwingenden Flächen der Geschoßdecken von Wohngebäuden wurde eine Fläche von 5 x 4 m<sup>2</sup> angesetzt mit einer Dicke der Betondecke von 0,25 m. Es wird davon ausgegangen, dass die geplanten Wohngebäude aus 2 Vollgeschoßen plus Dachgeschoß und Keller errichtet werden.

Auf Basis der Schwingungsemissionen aus den Diagrammen **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Abbildung 5 werden die bewerteten Schwingimmissionen für

mehrere Abstände bezogen auf das 1.Obergeschoß berechnet (Tabelle 8). Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen erfolgt auf den Zeitraum Tag.

Tabelle 8: Prognoseberechnung ohne Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungseinwirkungen

mittl. $KB_{Fmax}$	Abstände zu Gleis Gl. 1 =>Nord					<i>keine Maß-</i> <i>nahme</i>
	10	15	20	25	30	
Gl. 1 =>Nord	0.032	0.024	0.019	0.016	0.013	
Gl. 2 =>Süd	0.025	0.019	0.015	0.012	0.010	
$KB_{FTr.}$	<b>0.003</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	

Die berechneten Prognosewerte  $KB_{Fmax}$  unterschreiten in Abständen von 30 m und mehr zur Gleisachse deutlich die für den Beurteilungszeitraum „Nacht“ anzuwendenden unteren Anhaltswerte für allgemeine Wohngebiete (WA) von  $A_u = 0,1$ . Von daher sind sowohl für die Erschütterungen als auch keine unzulässig störenden Immissionen zu erwarten. Einzelne Zugvorbeifahrten können in seltenen Einzelfällen gespürt werden.

Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb müssen nicht eingeplant werden.

Bezüglich der aus den Erschütterungsimmisionen folgenden sekundären Schallimmissionen werden Immissionspegel abgeschätzt, wie sie in Tabelle 9 angegeben werden.

Tabelle 9: Prognoseberechnung sek.Schallimmission ohne Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungseinwirkungen

<u>sekundärer Luftschall</u>					
Abstände zu Gleis Gl. 1 =>Nord					
$L_{sek,Amx}$	10	15	20	25	30
Gl. 1 =>Nord	33.1	28.4	24.3	20.5	16.9
Gl. 2 =>Süd	31.4	26.6	22.6	18.9	15.4
$L_{sek,Am.}$	<b>9.8</b>	<b>5.0</b>	<b>1.0</b>	<b>-2.8</b>	<b>-6.3</b>

Die berechneten sekundären Schallimmissionen für Gebäude in Abständen von mehr als 30m zur Gleisachse werden ebenfalls keine unzulässig hohen Werte erreichen.

## 6 Zusammenfassung

Die Gemeinde Farchant plant südlich der bestehenden Wohnbebauung an der Zugspitzstraße die Erweiterung des Baugebiets als allgemeines Wohngebiet, deren im westlichen Bereich gelegenen Gebäude im Einflußbereich des Bahnbetriebs auf der Strecke 5504 liegen.

Zur Erstellung der Erschütterungsprognose wurden im Untersuchungsgebiet Messungen bezüglich der Schwingungsausbreitung im Erdreich aus dem Bahnbetrieb durchgeführt. Auf der Basis dieser Emissionsspektren wurde ein Ausbreitungsmodell für die Schwingungen im Erdreich erarbeitet und anschließend für die Erstellung der Prognose über Erschütterungsimmisionen in den Gebäuden angewandt.

Die Prognoseergebnisse zeigen an, dass keine unzulässig hohen Immissionen bezüglich Erschütterungen und sekundärem Luftschall in den geplanten Gebäuden zu erwarten sind und demnach aus Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmisionen verzichtet werden kann.

Greifenberg, 15.06.2021



ACCON GmbH  
Dipl.-Phys. Helmut Venghaus