

Prognosegutachten über die Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb auf das Wohngebäude Frankenstraße in Bubenreuth



Dipl.Phys. H.Venghaus

Bericht-Nr.: ACB-1218-8527/02

10.12.2018

Titel Prognosegutachten über die Erschütterungseinwirkungen aus dem
Bahnbetrieb auf das Wohngebäude Frankenstraße in Bubenreuth

Auftraggeber: Deutsche Reihenhäuser AG
Straßburger Allee 67
67657 Kaiserslautern

Auftrag vom: 21.11.2018 per Email

Bericht-Nr.: ACB-1218-8527/02

Umfang: 17 Seiten

Datum: 10.12.2018

Bearbeiter: Dipl.Phys. Helmut Venghaus

Zusammenfassung:

Auf dem ehemaligen Gelände einer Tennisanlage in 91088 Bubenreuth, Frankenstraße, soll voll-flächig auf der Decke einer Tiefgarage ein Wohnkomplex mit 36 Wohneinheiten über 4 Etagen von der Deutschen Reihenhäuser AG erstellt werden. Wegen der Nähe des Gebäudekomplexes zur DB-Strecke 5919 war die Erstellung eines erschütterungstechnischen Prognosegutachtens notwendig.

Zur Erstellung der Prognoseberechnungen wurden in dem Gebiet Messungen zur Erschütterungsausbreitung aus den Bahnlagen im Erdreich durchgeführt. Aus diesen Messdaten wurde geschlossen, dass für das Gebäude Schutzmaßnahmen gegen die einwirkenden Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb vorzusehen sind. Zum Zeitpunkt der Messungen fuhr auf der Strecke 5919 die Güterzüge noch nicht annähernd die zulässige Streckengeschwindigkeit, so dass die für die Prognose durchgeführten Analysen der Messdaten - bezogen auf den in naher Zukunft zu erwartenden Bahnbetrieb - zu geringe Erschütterungswerte liefern würden.

Von daher wird empfohlen zur Einhaltung der geforderten Anhaltswerte bezüglich der Erschütterungsimmissionen gemäß DIN 4150-2 und der Schallpegel aus dem daraus entstehenden sekundären Luftschall den Wohnbereich oberhalb der Tiefgarage mittels elastischer Lagerung zu entkoppeln. Wegen der Ausbreitungsbedingungen im Erdreich sind für die Entkopplung resultierende Resonanzfrequenzen unterhalb von 7 Hz erforderlich. Deshalb gilt es zu prüfen, ob dieses noch mit Elementen auf Elastomerbasis erreicht werden kann, oder ob hierzu Stahlfedern verwendet werden müssen.

Aus den berechneten Prognosewerten zu den Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb kann weiterhin abgeleitet werden, dass keine Belastungen aus dem standardmäßigen Bahnbetrieb erfolgen, die zu Schäden an der Bausubstanz gemäß DIN 4150-3 führen werden.

Inhalt

1 Aufgabenstellung	4
2 Grundlagen.....	4
3 Beurteilungsgrundlage	6
3.1 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen	7
3.2 Sekundärer Luftschall	7
3.3 Sekundärer Luftschall – Beurteilung nach LfU Bayern.....	8
4 Durchführung der Messungen	8
4.1 Verwendete Messgeräte	9
4.2 Chronologischer Messablauf.....	9
5 Prognoseergebnisse	10
5.1 Vorbemerkung	10
5.2 Analyse der Messergebnisse.....	11
5.3 Prognose ohne Schutz vor Erschütterungseinwirkungen.....	12
5.4 Prognose mit Schutz vor Erschütterungseinwirkungen.....	13
6 Zusammenfassung	15

1 Aufgabenstellung

Die Deutsche Reihenhaushaus AG plant auf dem Gelände einer Tennisanlage an der Frankenstrasse in 91088 Bubenreuth die Erstellung einer 4-geschoßigen Wohnanlage auf der Decke einer Tiefgarage. Die zur Bahnlinie 5919 gerichtete Hausfront wird in einem Abstand von etwas mehr als 20m errichtet. Wegen dieses geringen Abstands ist es notwendig, die aus dem Bahnbetrieb entstehenden Erschütterungseinwirkungen auf die zukünftige Wohnanlage in einem Prognosegutachten einzuschätzen und daraus abzuleiten, ob die gültigen Richtlinien bezüglich Erschütterungsimmissionen und daraus entstehenden sekundären Schallimmissionen in den Wohnungen eingehalten werden.

Die ACCON GmbH wurde beauftragt in diesem Gelände die Erschütterungsausbreitungen im Untergrund messtechnisch zu erfassen und basierend auf diesen Ergebnissen in einem erschütterungstechnischen Prognosegutachten die zukünftige Situation zu beurteilen und im Falle unerwünscht hoher Erschütterungsimmissionen und dem daraus folgenden sekundären Luftschall Vorschläge zu erarbeiten, mit deren Hilfe die Immissionen auf ein zuträgliches Maß verringert werden können.

2 Grundlagen

An der Frankenstraße in 91088 Bubenreuth soll auf dem noch existierenden Areal einer Tennisanlage ein Wohnkomplex mit 36 Wohneinheiten oberhalb einer Tiefgarage errichtet werden [5] (Lageplan Abbildung 1). Das Gelände befindet sich zwischen der westlich angrenzenden Bahnstrecke 5919, der nördlichen Grenze Frankenstraße und der südlichen Mehrzweckhalle und soll im Zusammenhang mit dem östlich angrenzenden Siedlungsgebiet nach gültigem Flächennutzungsplan [7] als allgemeines Wohngebiet (WA) ausgewiesen werden (Abbildung 2). Ein Bebauungsplan existiert nur für das nördlich an die Frankenstraße angrenzende Gewerbegebiet „An der Frankenstrasse“ [6].

Die Tiefgarage wird eine Ebene haben. Die darauf zu errichtenden Wohnbereiche werden vollflächig die Tiefgarage überdecken und in 4 Volletagen ausgebaut [5].



Abbildung 1: Geplante Bebauung in Bubenreuth, Frankenstrasse – schraffierte Fläche Aufstellbereich der Wohneinheiten auf der Tiefgarage; grün eingefärbt Grundstücksbereich mit Parkierungsbereich (grau eingefärbt) [9]



Abbildung 2: Flächennutzungsplan der Gemeinde Bubenreuth [7], hellgrün umrandet das Areal der heutigen Tennisanlage

In Abbildung 3 wird die Geologie des Areals dargestellt [8]. Das Baugelände befindet sich an der Grenze zweier geologischer Schichten. Nach den Ergebnissen der Schwingungsmessungen im Erdreich wird davon ausgegangen, dass der Gebäudekomplex im bindigen Lockergestein errichtet wird, wie in der Karte (Abbildung 3) angegeben.



Abbildung 3: Geologie im Untersuchungsbereich Bubenreuth, rot schraffiert Baubereich des Gebäudekomplexes [8]

Es wird angenommen, dass wegen des westlich zur Bahnlinie verlaufenden Flusses Regnitz der Grundwasserstand im Baubereich weniger als 5m unter der Geländeoberkante anzutreffen sein wird.

3 Beurteilungsgrundlage

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen unterscheidet die DIN-4150-Reihe [1], [2] 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 [2] werden im Folgenden zusammengefasst.

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

Einwirkungsort	tags (6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰ Uhr)			nachts (22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰ Uhr)		
	A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
Industriegebiet (GI)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
Gewerbegebiet (GE)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
Mischgebiet (MI)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
Allgemeines/reines Wohngebiet (WA)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
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_u ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke kleiner oder gleich dem Anhaltswert A_r ist.

Die Anforderungen der Norm sind im Allgemeinen nicht eingehalten, wenn

- die maximale bewertete Schwingstärke größer als der obere Anhaltswert A_o ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke größer als der Anhaltswert A_r ist.

Bei Schienenverkehr erhält der obere Anhaltswert eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Im vorliegenden Fall, wo eine städtebauliche Planung die Untersuchung erforderlich macht, ist nach Norm die Einhaltung des unteren Anhaltswertes A_u und des Anhaltswertes A_r wünschenswert und daher zu prüfen.

Die Bedingungen für den unteren 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}).

3.1 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 2: 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

3.2 Sekundärer Luftschall

Im Urteil des Bundesverwaltungsgerichts [4] vom 19.04.2014 wird für den aus Erschütterungsimmisionen entstehenden sekundären Luftschall festgelegt

Weder für die Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmisionen 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 Verkehrswegeschallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV) [3] 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 3: Richtwerte für Sekundärschall in Gebäuden (24.BImSchV [3])

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 soll vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen (hier: Einzelvorbeifahrt) den Richtwert um mehr als 10 dB überschreiten. Der im Urteil des Bundesverwaltungsgerichts erwähnte Abschlag durch Anwendung des Schienenbonus von $\Delta L = 5 \text{ dB(A)}$ wird wegen der geänderten Gesetzeslage nicht mehr angewandt.

3.3 Sekundärer Luftschall – Beurteilung nach LfU Bayern

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz geht bei seiner Beurteilung der Lärmsituation an Schienenwegen von den Kriterien der TALärm aus [10], da diese die besondere Thematik des sekundären Luftschalls bei Körperschallübertragungen beinhaltet. Danach gilt in Wohn- und Schlafräumen ein mittlerer Schallpegel des abgestrahlten Körperschalls (= sekundärer Luftschall) unabhängig von der Gebietsnutzung

- **Mittelungspegel tagsüber 35 dB(A), nachts 25 dB(A)**

Nach TALärm sollen diese Mittelungswerte von Schallpegelspitzen um nicht mehr als 10 dB(A) überschritten werden. Es wird in diesem Bericht die Beurteilung des sekundären Schalls nach den Vorgaben des LfU Bayerns vollzogen.

4 Durchführung der Messungen

Die Messungen wurden am 04.12.2018 im Zeitraum von ca. 15:00 Uhr bis ca. 19:00 Uhr durchgeführt. Es wurden die Erschütterungsemissionen aus 26 Zugfahrten erfasst. Die Messungen wurden von Herrn Helmut Venghaus durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Messungen war das Wetter leicht regnerisch bei Temperatur von ca. 5 °C. Der Boden kann am Messtag als durchfeuchtet jedoch frostfrei beschrieben werden.

Zum Zeitpunkt der Messungen sind keine Betriebsstörungen auf der Eisenbahnstrecke bemerkt worden.

Für die Schwingungsmessungen wurden in beiden Untersuchungsbereichen Beschleunigungssensoren auf Erdpflocken befestigt und in ausreichender Tiefe im Boden verankert.



Abbildung 4: Auslagen der Messkette [5]



Abbildung 5: Messkette, die Pfeile deuten die Lage der Sensoren im Gelände an

4.1 Verwendete Messgeräte

Im Rahmen der Messkampagne wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Messsysteme verwendet.

Tabelle 4: Verwendete Messgeräte

Art der Messgeräte	Hersteller	Typ	Serien-Nummer
4 Kanal PC-Messsystem	DataTranslation	9837	123003
Beschleunigungssensor MP 1	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s ²	17346
Beschleunigungssensor MP 2	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s ²	17347
Beschleunigungssensor MP 3	PCB Piezotronics Inc.	393A03; 1 V/9,81 m/s ²	17348

Die Messwerte wurden digital auf Festplatte gespeichert. Die Beschleunigungssensoren unterliegen einer kontinuierlichen Überwachung auf Einhaltung ihrer Spezifikationen.

4.2 Chronologischer Messablauf

Die Messung erfolgte für die in der Tabelle 5 dargestellten Zugvorbeifahrten. Die Züge auf der DB-Strecke 5919 verkehren auf den Gleisen 1 und 2 nach Tabelle 5. Die Züge auf der DB-Strecke 5919 wurden nicht weiter unterschieden und gesammelt mit der Bezeichnung Gleis 3 in der Untersuchung mit berücksichtigt.

Tabelle 5: Messablauf am 04.12.2018

Datum: 26.07.2018				
MessNr	Uhrzeit		Gleis	km/h
1	16:23	Regio	1	124
2	16:28	Regio	3	90
3	16:33	Regio	1	157
4	16:34	Regio	3	174
5	16:37	Gz	2	106
6	16:42	S-Bahn	3	68
7	16:47	Regio	3	115
8	16:58	Regio	1	171
9	17:02	Regio	2	60
10	17:08	Regio	1	130
11	17:11	Gz	2	100
12	17:18	GZ	3	76
13	17:22	Regio	1	113
14	17:24	ICE	3	173
15	17:26	ICE	1	169
16	17:30	Gz	3	90
17	17:35	Regio	2	106
18	17:42	S-Bahn	3	65
19	17:51	Gz	1	69
20	18:00	S-Bahn	3	76
21	18:02	ICE	1	180
22	18:13	Regio	2	71
23	18:16	S-Bahn	3	50
24	18:21	Gz	1	84
25	18:25	S-Bahn	2	54
26	18:28	Gz	3	109

5 Prognoseergebnisse

5.1 Vorbemerkung

Die Entstehung von Erschütterungen im Erdreich aus der Anregung von fahrenden Zügen ist mehreren Ursprüngen zuzuordnen.

Eine wesentliche Anregung entstammt aus der gesamten Masse eines Züge, den nicht-abgefederten Massen (Drehgestelle, Räder) und den Unrundheiten der Räder bzw. Rauheiten des Rad-Schiene-Kontaktes. Insbesondere die letztgenannten Quellen sind starken Veränderungen unterworfen, so dass eine Prognose der zeitlichen Signale von Erschütterungsemissionen sich auf zwei Werte beziehen muss

- die mittleren Erwartungswerte der auftretenden Emissionsmaxima mehrerer Zugvorbeifahrten

- die maximalen Erwartungswerte der auftretenden Emissionsmaxima mehrerer Zugvorbeifahrten

Für die Beurteilung heranzuziehen sind die mittleren Erwartungswerte aus mehreren Vorbeifahrten. Die **maximalen** Erwartungswerte dokumentieren nur den Bereich, der bei vereinzelt auftretenden Schwingamplituden auftreten kann.

Die Berechnungen der Erschütterungsemissionen und –immissionen werden auf der Basis von Schwingschnellen (oder auch Schwinggeschwindigkeiten genannt) durchgeführt. Die Umrechnung auf die nach DIN 4150 Teil 2 genannten körperbezogenen Schwingwerte KB erfolgen auf der Basis von [mm/s]-Amplituden mit einer Frequenzfilterung von

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

Die nachfolgenden Ergebnisse der Prognoseberechnungen werden erstellt für unterschiedliche Abstände von Gebäudestrukturen, wie sie in diesem Gutachten untersucht wurden.

In den nachfolgend dargestellten Ergebnistabellen aus den Prognoseberechnungen sind die Vorgaben aus der örtlichen Geologie [8] bezüglich der notwendigen Bodenverfestigung unter den Fundamenten der Gebäude berücksichtigt

5.2 Analyse der Messergebnisse

Die an den Messorten aufgenommenen Schwingensignale wurden auf die reine Einwirkdauer reduziert und danach einer Frequenzanalyse auf Terzbandbreite unterzogen. Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Ergebnisse dieser Berechnungen für die beiden Messorte.

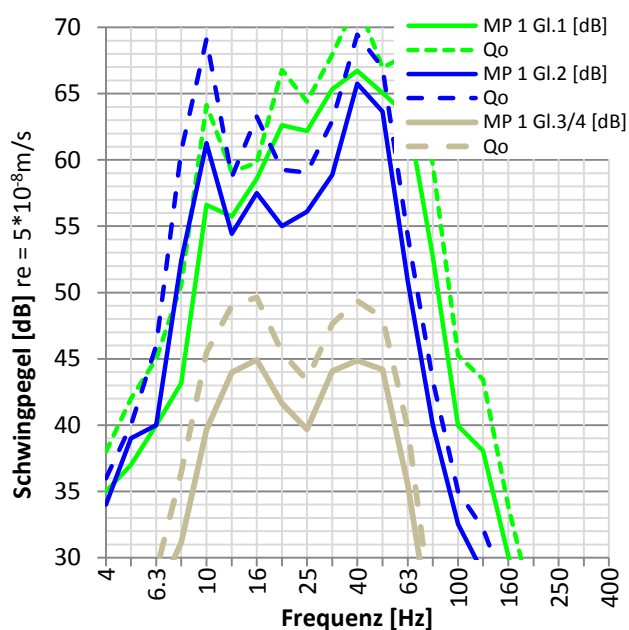


Abbildung 6: Schwingpegel zur Bahnlinie nächstgelegenen Messpunkt in 8m Abstand zum Gleis 1

Die Abbildung 6 zeigt die Schwingpegel aus den Gleisen am Messpunkt in 8m Abstand zu Gleis 1. Die Frequenzverläufe aus den Gleisen 1 und 2 heben sich von den weiter entfernten Gleisen sehr stark ab. Dieses kann zwar durch die Abstände zum Messpunkt begründet werden, weist aber weitaus mehr auf die wesentlich höheren Geschwindigkeiten hin, die auf der DB-Strecke 5919 gefahren werden. Dazu muss angemerkt werden, dass die Strecke zum Zeitpunkt dieser Messungen noch nicht mit der zukünftig zu erwartenden Geschwindigkeit der jeweiligen Zugart befahren wurde. Somit stellen die hier gewonnenen Ergebnisse nur eine Abbildung des Messtages dar.

5.3 Prognose ohne Schutz vor Erschütterungseinwirkungen

Wie aus Abbildung 6 zu entnehmen ist, werden die auf den Wohnkomplex erwarteten Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb vornehmlich aus den Gleisen der Strecke 5919 erwartet. Die Ergebnisse aus der Strecke 5900 dienen nur der Information und haben keinen Einfluss auf die Massnahmen, die aus den Prognoseergebnissen abgeleitet werden.

In der nachfolgenden Tabelle 7 werden die prognostizierten Erschütterungswerte für den kritischeren Nachtzeitraum in den untersuchten Gebäuden aufgelistet, wobei die Berechnungen ohne Schutzmassnahmen vor Erschütterungseinwirkungen durchgeführt wurden.

Tabelle 7: Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmassnahmen

. Erschütterungsimmission					
Prognose - mittlere Spitzen- und Beurteilungswert					
Abstände zu Gleis 1					
Quelle	10	12.5	16	20	25
Gleis 1	0.315	0.239	0.179	0.141	0.112
Gleis 2	0.301	0.253	0.208	0.176	0.149
Gleis	0.038	0.035	0.031	0.027	0.024
KB_{FT}	0.098	0.078	0.062	0.051	0.042

Die zur Bahntrasse nächstgelegene Hausfront hat einen Abstand von ca. 21 m zur Achse des Gleises 1. Nach Tabelle 7 ist aus den Gleisen eine Erschütterungsimmission zu erwarten, bei denen der untere Anhaltswert nachts $A_u = 0,10$ für allgemeine Wohngebiete (WA) bis zu einem Abstand von mehr als 25m zum Gleis 1 überschritten wird. Der nächtliche Beurteilungswert $A_r = 0.07$ wird im Abstand von 20 m zu Gleis 1 unterschritten.

In der Tabelle 8 werden die prognostizierten sekundären Luftschallpegel für den Innenraum angegeben. Wegen der hohen Ausbreitungsdämpfungen im Erdreich für Frequenzen oberhalb von 20Hz kann man davon ausgehen, dass der von Wänden und Decken abgestrahlte Luftschall in den Nächten keine belastigende Wirkung erzeugen wird. Die Orientierungswerte nach [10] werden eindeutig unterschritten werden.

Tabelle 8: Prognoseergebnisse sekundärer Luftschall ohne Schutzmassnahmen

. sekundärer Luftschall [dB(A)]					
Prognose - mittlere Vorbeifahrpegel und Beurteilungswert					
Abstände zu Gleis 1					
	10	12.5	16	20	25
Gleis 1	22.1	18.9	15.5	12.6	9.8
Gleis 2	18.2	15.7	12.8	10.2	7.5
Gleis	-0.2	-1.6	-3.2	-4.9	-6.7
$L_{sek,Am}$	10.6	7.7	4.5	1.7	-1.0

Sehr vereinzelt auftretende Spitzenwerte eines Zuges mit schlechtem Rollmaterial können die oberen Anhaltswerte nachts $A_0 = 0,2$ kurzzeitig überschreiten.

Tabelle 9: Prognoseergebnisse Spitzenwerte der Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmassnahmen

. Erschütterungsimmission					
Prognose - erwartete maximale Spitzenwerte					
Abstände zu Gleis 1					
KB(Fmax)	10	12.5	16	20	25
Gleis 1	0.501	0.384	0.292	0.232	0.188
Gleis 2	0.558	0.476	0.400	0.343	0.296
Gleis	0.063	0.057	0.051	0.045	0.040

Auch wenn nach den in Tabelle 7 dargestellten Prognoseergebnissen für Abstände von 20m die Anhaltswerte A_r nur noch knapp überschritten werden, wird dringend darauf verwiesen, dass Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen vorzusehen sind, da in diesen Messungen noch nicht die zukünftig auf der Strecke verkehrenden schnellen Güterzüge erfasst werden konnten. Weiterhin sind noch keine belastbaren Umrechnungsfaktoren für die Güterzüge mit höherer Geschwindigkeit auf diesem Untergrund bekannt, mit denen eine gesicherte Prognose erstellt werden kann. Als gesichert muss aber angenommen werden, dass die zukünftig in diesem Streckenabschnitt verkehrenden Güterzüge höhere Erschütterungsemissionen produzieren werden, als die zum Messdatum angetroffenen Güterzüge. Damit werden Massnahmen zum Schutz gegen Erschütterungen für diesen Gebäudekomplex als notwendig erachtet.

5.4 Prognose mit Schutz vor Erschütterungseinwirkungen

Aus dem Diagramm in Abbildung 6 kann entnommen werden, dass insbesondere Schwingungsanteile im Frequenzbereich um 10 Hz sehr hohe Energieanteile besitzen, was für die hier vermuteten Erdschichten kennzeichnend ist. Schwingungen mit Frequenzanteilen unterhalb von 20 Hz werden mit relativ geringer Ausbreitungsdämpfung weit in die Nachbarschaft abgestrahlt.

Schutzmaßnahmen an Gebäuden gegen Erschütterungsimmissionen können zum einen durch Einbettung des Gebäudes in eine elastische Schicht erreicht werden, zum anderen durch die Ab-

trennung des Kellerbereiches von den oberen Wohnbereichen mittels einer elastischen Entkopplung.

Eine Einbettung des Gebäudekörpers in eine elastische Schicht wird für dieses Bauobjekt in Bubenreuth nicht als zielführend erachtet, da

- a) in diesem Gebiet ein hoher Grundwasserpegel vermutet wird, der Schutzmaßnahmen an den elastischen Matten gegen das Eindringen von Wasser in die Matten benötigt
- b) eine resultierende Resonanzfrequenz (= Masse Gebäude auf Federsteife der Elastomermatte) unterhalb von $f_{res} < 7$ Hz benötigt wird, um einen ausreichenden Schutz gegen Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb zu erreichen.

Von daher sollte für diesen Gebäudekomplex eine Trennung unterhalb der Decke der Tiefgarage eingeplant werden. Die Decke ist an allen Auflagerungen im Wandbereich und den Säulen durch Feder Elemente vom Baukörper der Tiefgarage zu entkoppeln (Abbildung 7).

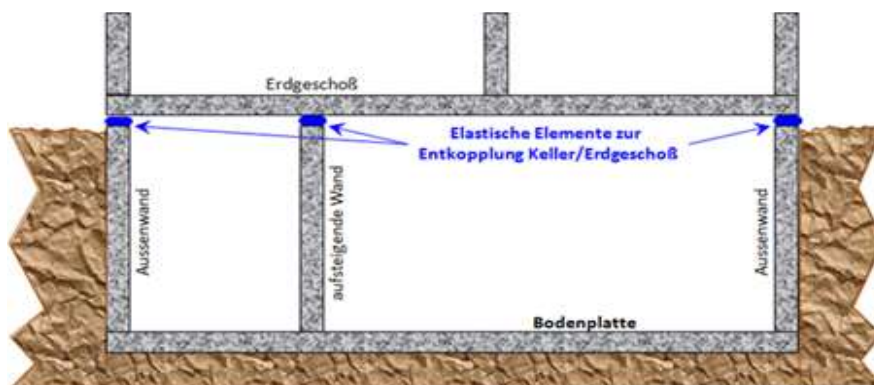


Abbildung 7: Skizze - Erschütterungsschutzmaßnahme durch Trennung der Tiefgarage vom Wohnbereich mit Hilfe von elastischen Lagern

Da eine resultierende Resonanzfrequenz von $f_{res} < 7$ Hz anzustreben ist, sollte geprüft werden, ob hier noch Elemente auf Elastomerbasis verwendet werden können, oder ob die Verwendung von Stahlfedern vorzuziehen ist.

Tabelle 10: Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen mit Schutzmassnahme – Trennung EG von Keller

. Erschütterungsimmission					
bei Schutzmaßnahme "Trennung Keller von EG"					
Abstimmfrequenz $f_{res} = 7$ Hz					
Abstände zu Gleis 1					
Quelle	10	12.5	16	20	25
Gleis 1	0.128	0.109	0.092	0.081	0.072
Gleis 2	0.178	0.163	0.147	0.135	0.124
Gleis 3/4	0.039	0.037	0.034	0.032	0.030
KBFT	0.05	0.045	0.04	0.036	0.033

Bezüglich des aus den Erschütterungsimmissionen entstehenden sekundären Luftschalls in den Wohnungen ergibt sich aus den Prognoseberechnungen, dass die Spitzenpegel aus den vorüberfahrenden Zügen vereinzelt wahrgenommen werden können, jedoch wird der nächtliche Mit-

lungspegel gemäß [10] auch mit dem Einsatz von Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb weiterhin unterschritten.

6 Zusammenfassung

Auf dem ehemaligen Gelände einer Tennisanlage in 91088 Bubenreuth, Frankenstrasse, soll vollflächig auf der Decke einer Tiefgarage ein Wohnkomplex mit 36 Wohneinheiten über 4 Etagen von der Deutschen Reihenhäuser AG erstellt werden. Wegen der Nähe des Gebäudekomplexes zur DB-Strecke 5919 war die Erstellung eines erschütterungstechnischen Prognosegutachtens notwendig.

Zur Erstellung der Prognoseberechnungen wurden in dem Gebiet Messungen zur Erschütterungsausbreitung aus den Bahnlagen im Erdreich durchgeführt. Aus diesen Messdaten wurde geschlossen, dass für das Gebäude Schutzmaßnahmen gegen die einwirkenden Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb vorzusehen sind. Zum Zeitpunkt der Messungen fuhr auf der Strecke 5919 die Güterzüge noch nicht annähernd die zulässige Streckengeschwindigkeit, so dass die für die Prognose durchgeführten Analysen der Messdaten - bezogen auf den in naher Zukunft zu erwartenden Bahnbetrieb - zu geringe Erschütterungswerte liefern würden.

Von daher wird empfohlen zur Einhaltung der geforderten Anhaltswerte bezüglich der Erschütterungsimmissionen gemäß DIN 4150-2 und der Schallpegel aus dem daraus entstehenden sekundären Luftschall den Wohnbereich oberhalb der Tiefgarage mittels elastischer Lagerung zu entkoppeln. Wegen der Ausbreitungsbedingungen im Erdreich sind für die Entkopplung resultierende Resonanzfrequenzen unterhalb von 7 Hz erforderlich. Deshalb gilt es zu prüfen, ob dieses noch mit Elementen auf Elastomerbasis erreicht werden kann, oder ob hierzu Stahlfedern verwendet werden müssen.

Aus den berechneten Prognosewerten zu den Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb kann weiterhin abgeleitet werden, dass keine Belastungen aus dem standardmäßigen Bahnbetrieb erfolgen, die zu Schäden an der Bausubstanz gemäß DIN 4150-3 führen werden.

Greifenberg, 10.12.2018



i.A. Helmut Venghaus
ACCON GmbH
Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik

Quellenverzeichnis

- [1] DIN 4150-3:2016-12; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [2] DIN 4150-2:1999-06; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [3] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV); vom 4. Februar 1997 (BGBl. I S. 172, 1253) geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. September 1997 (BGBl. I S. 2329)
- [4] Bundesverwaltungsgericht BVerwG - 7 A 24.12; 19.04.2014
- [5] Planungsunterlagen der Deutschen Reihenhaus AG, Bebauungskonzept Bubenreuth Frankenstraße Variante VII, vom 14.11.2018
- [6] Bebauungsplan Gewerbegebiet An der Frankenstrasse Gmd Bubenreuth, LDKR Erlangen/Höchstadt, Dez. 1988
- [7] Flächennutzungsplan der Gemeinde Bubenreuth, Fassung vom 07.03.2000 , <https://okgis.osrz-akdb.de/bub/downloads/fplan/a3904b17-4ac3-4b78-83c1-52ec0627dc8b/festsetzungen.pdf>
- [8] Bayerisches Landesamt für Umwelt; Gefahrenhinweiskarte Jura; Steinschlag – Rutschung – Erdfall Georisiken im Klimawandel Stadt Erlangen und Landkreis Erlangen-Höchstadt, Bayerisches Landesamt für Umwelt 2017
- [9] Bayern Atlas, https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?zoom=14&lang=de&topic=ba&bgLayer=luftbild_labels&catalogNodes=122&E=4428652.25&N=5499419.83&layers=43df73e1-e2be-4034-83da-791f716fc394
- [10] TA Lärm - Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz, 26.08.1998, Gemeinsames Ministerialblatt vom 28.08.1998

Anlagen

Berücksichtigte Verkehrsmengen des Bahnbetriebs

Strecke 5900 Bubenreuth													
km 27,0 bis km 28,0													
* v_max = bis km 26,5 = 140km/h, danach 160km/h (Hp Bubenreuth bei km 27,4)													
Prognose 2025													
Zugart-	Anzahl Züge	v_max*	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband						Fahrzeug	Anzahl			
Traktion	Tag	Nacht	km/h	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug			
				kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie			
GZ-E	54	47	100	7-Z5_A4	1	10-Z5	24	10-Z2	6	10-Z18	6	10-Z15	1
GZ-E	13	12	120	7-Z5_A4	1	10-Z5	24	10-Z2	6	10-Z18	6	10-Z15	1
S	68	16	140	5-Z5_A10	3								
	135	75	Summe beider Richtungen										

Strecke 5919 ABS /NBS Nürnberg - Erfurt													
Abschnitt Forchheim - Nürnberg, Bereich Bubenreuth													
Prognose 2025													
Zugart-	Anzahl	v_max	Fahrzeugkategorien gem Schall03 im Zugverband						Fahrzeug	Anzahl			
Traktion	Tag	Nacht	km/h	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug	Anzahl	Fahrzeug			
				kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie	Anzahl	kategorie			
GZ-E	52	47	100	7-Z5_A4	1	10-Z5	24	10-Z2	6	10-Z18	6	10-Z15	1
GZ-E	13	10	120	7-Z5_A4	1	10-Z5	24	10-Z2	6	10-Z18	6	10-Z15	1
GZ-E	2	2	160	7-Z5_A4	2	10-Z8	37						
ICE	50	6	300	3-Z9_A32	2								
RV-E	32	6	160	7-Z5_A4	1	9-Z5	5						
RV-ET	36	6	160	5-Z5_A10	3								
	185	77	Summe beider Richtungen										