

Erschütterungstechnische Untersuchung

Am Knittlinger Berg, Bretten, Gölshausen



M.Sc. Marvin Binnig

Bericht-Nr.: ACB-0123-226369/02

17.01.2023

Titel: **Erschütterungstechnische Untersuchung**

Am Knittlinger Berg, Bretten, Gölshausen

Auftraggeber: Deutsche Reihenhäuser AG
Straßburger Allee 67
67657 Kaiserslautern

Auftrag vom: 21.11.2022

Bericht-Nr.: ACB-0123-226369/02

Ersetzt vom: Bericht-Nr.: -
-

Umfang: 19 Seiten

Datum: 17.01.2023

Bearbeiter: M.Sc. Marvin Binnig

Zusammenfassung: Im Rahmen der Planung des Bauvorhabens am Knittlinger Berg in Bretten wurden erschütterungstechnische Untersuchungen im Plangebiet durchgeführt, die den Einfluss von Erschütterungsemissionen durch den Schienenverkehr der nahegelegenen Bahnlinie 4201, Karlsruhe – Heilbronn, auf das Plangebiet ergründen sollen.

Für die Erstellung der Prognoseberechnungen wurden am 09.12.2022 im Plangebiet Messungen zur Erschütterungsausbreitung aus den Bahnanlagen durchgeführt. Anhand der Prognoseberechnungen kann festgestellt werden, dass nach derzeitigem Planungsstand bei den Gebäuden keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [2] und DIN 4150-3 [3] zu erwarten

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.

sind. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Erschütterungsimmissionen einzelner Züge in den Gebäuden spürbar sind.

Aus den Prognoseberechnungen zum sekundären Luftschall kann weiterhin abgeleitet werden, dass der Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls den Richtwert nach dem Urteil des BVG vom 19.04.2014 in den Gebäuden einhalten wird. Durch vereinzelte Zugvorbeifahrten sind jedoch hörbare Geräuschspitzen in den Gebäuden nicht auszuschließen.

Auf Schutzmaßnahmen an den Gebäuden gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb kann verzichtet werden.

Inhalt

1 Anlass und Aufgabenstellung	5
2 Das Untersuchungsgebiet	5
3 Beurteilungsgrundlage und Immissionsrichtwerte.....	7
3.1 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.....	7
3.2 Sekundärer Luftschall	9
4 Messkampagne	10
4.1 Messgeräte und Zubehör	10
4.2 Messgeometrie	11
4.3 Messobjekte	12
5 Prognose Erschütterungseinwirkungen und sekundärer Luftschall ...	13
5.1 Vorbemerkung	13
5.2 Gebäude	14
5.3 Zugzahlen.....	14
5.4 Messergebnisse.....	15
5.5 Prognose Erschütterungen.....	16
5.6 Bewertung	17
6 Zusammenfassung	18
Quellenverzeichnis	19

1 Anlass und Aufgabenstellung

Auf dem Gelände entlang des Knittlinger Bergs in 75015 Bretten ist der Bau eines Wohnparks mit 19 Wohneinheiten geplant. Im Rahmen der Planung dieses Bauvorhabens wurden erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt, die den Einfluss von Erschütterungsemissionen durch den Schienenverkehr der nahgelegenen Bahnlinie 4201, Karlsruhe – Heilbronn, auf das Plangebiet ergründen sollen. Das Plangebiet befindet sich südlich des Bahnhofs Gölshausen.

Die ACCON GmbH (ACCON) wurde am 21.11.2022 damit beauftragt, in einer Untersuchung die Erschütterungsimmissionen auf dem Gelände durch den Bahnverkehr messtechnisch zu erfassen und unter Berücksichtigung der Zugverkehrszahlen zu beurteilen.

2 Das Untersuchungsgebiet

Das geplante Gelände befindet sich auf einem Gelände an der Straße Knittlinger Berg in 75015 Bretten, die die Fläche im Norden und Westen begrenzt. Im Süden schließt unbebaute Grünfläche und im Osten gewerbliche Fläche an das Plangebiet an. Der Bahnhof Gölshausen befindet sich in unmittelbarer Nähe in nördlicher Richtung. Während der erschütterungstechnischen Messkampagne wurde das Gelände als teils unbebaute und teils versiegelte Fläche genutzt. Das Plangebiet kann als urbanes Gelände eingestuft werden und ist gemäß Flächennutzungsplan der Stadt Bretten [4] in einem zum großen Teil als Mischgebiet ausgewiesenes Areal befindlich.

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Wohnanlage mit 19 Wohneinheiten, die auf 3 separate Reihenhauskomplexe aufgeteilt sind. Der westlichste Reihenhauskomplex besteht aus 5 Wohneinheiten und erreicht mit einem Abstand von ca. 9 m den geringsten Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse. Eine Ansicht des Plangebietes ist in Abbildung 1 dargestellt.

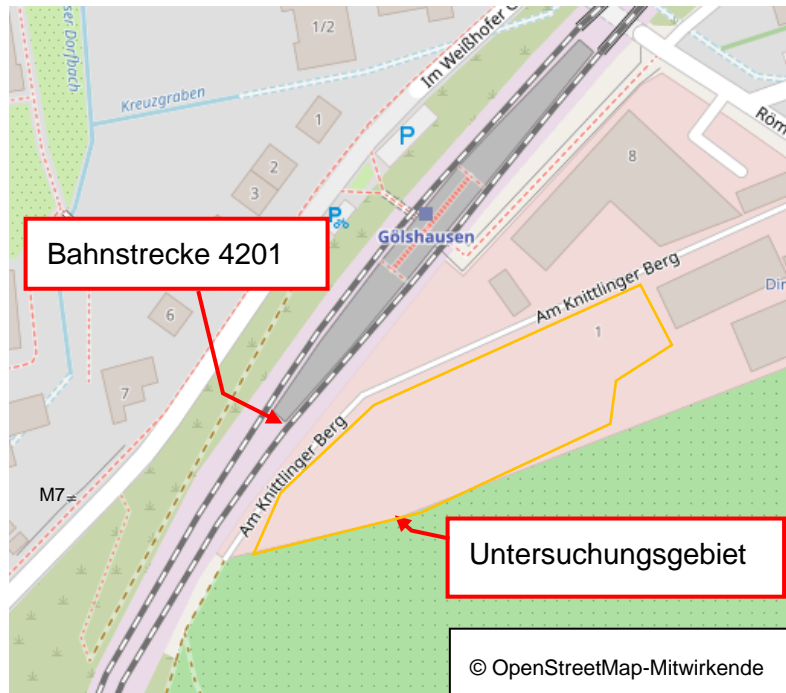


Abbildung 1: Ungefähre Lage des Untersuchungsgebietes mit der angrenzenden Bahnstrecke 4201

Quelle:

<https://www.openstreetmap.org/search?query=49.04444%2C8.72432#map=19/49.04444/8.72432>



Abbildung 2: Planskizze des Bauvorhabens [6]

3 Beurteilungsgrundlage und Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen unterscheidet die DIN-4150-Reihe [2][3] 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.

3.1 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150-2 [2] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 [2] 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 (s. Tabelle 1). Das Plangebiet ist laut Flächennutzungsplan der Stadt Bretten in einem Areal von als Mischgebiet ausgewiesenes Gelände befindlich, sodass die prognostizierten Erschütterungsimmissionen auf das Plangebäude den entsprechenden Anhaltswerten gegenübergestellt wird.

Tabelle 1: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [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	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_F-Wert

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

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

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 [2] 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 Verkehrsdichte innerhalb eines Tages- und Nachtzeitraumes berücksichtigt, nicht größer als der Beurteilungswert A_r ist.

$KB_{FT,r}$ -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 Grenzwert von 0,1 überschreiten, geht in die Berechnung des $KB_{FT,r}$ -Wertes folgendermaßen mit ein:

$$KB_{FT,r} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^L M_j * KB_{FTm,j}^2} \quad (3)$$

Hierbei ist M die Anzahl an zu erwartenden Zügen je Schicht j (z.B. Güterzüge oder Regionalzüge), N_r die Anzahl der Takte im Beurteilungszeitraum (1920 tags bzw. 960 nachts) und L die Anzahl an unterschiedlichen Schichten.

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 [2].
- Bei städtebaulichen Planungen sollten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [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 $KB_{FT,i}$ -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 $KB_{FT,r}$ zu berücksichtigen.

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

3.2 Sekundärer Luftschall

Im Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVG) vom 19.04.2014 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 für Wohnräume, unabhängig von der Lage des Gebäudes und der Gebietseinstufung, folgende Richtwerte:

Tabelle 3: Richtwerte für Sekundärschall in Gebäuden

Beurteilungszeitraum	Tag (6 - 22 Uhr)	Nacht (22 - 6 Uhr)
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 $\Delta L = 5$ dB(A) wird wegen der geänderten Gesetzeslage nicht mehr angewandt.

Die Berechnungen zu den zu erwartenden sekundären Luftschallpegeln basieren auf den Ergebnissen zu den Schwinggeschwindigkeiten in Deckenmitte des Obergeschosses des Plangebäudes. So wird anhand von Deckendimension und -material die entsprechende Abstrahlcharakteristik abgeleitet, wodurch eine Approximation 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_r wird die Einwirkzeit der Immissionen durch die Zugvorbeifahrten auf Basis der Zugprognosezahlen berücksichtigt. Diese erfolgt separat für den Tag- (6:00 bis 22:00 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (22:00 bis 6:00 Uhr).

4 Messkampagne

Die Messungen wurden am 09.12.2022 im Zeitraum von ca. 8:30 bis 11:00 Uhr durchgeführt. Während der Messperiode wurde der südliche Bereich des Plangebietes mit 3 Messsensoren erschütterungstechnisch erschlossen, in der Erschütterungsimmissionen aus insgesamt 13 Zugvorbeifahrten digital aufgezeichnet wurden.

Zum Zeitpunkt der Messungen war es windstill und bewölkt bei Temperaturen um ca. 0°C. Es konnten keine Betriebsstörungen auf der Eisenbahnstrecke bemerkt werden.

4.1 Messgeräte und Zubehör

Im Rahmen der Messkampagne wurde das in Tabelle 4 aufgeführte Messsystem verwendet. Die Erschütterungsmessungen werden mit Messgeräten vom Typ VibroStar 6000 durchgeführt. Hierbei handelt es sich um autonome Messeinheiten mit 6 Eingangskanälen, welches bis zu 2 Messsensoren betreiben kann. Im Wesentlichen besteht eine Messeinheit aus einem Datenlogger zur eigentlichen Erfassung der Daten und einem Industriecomputer zur Speicherung und Verarbeitung der Daten. Als Messsensoren werden triaxiale Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer (Geophone) der Firma Walesch Electronic vom Typ MST 1031 eingesetzt. Eine Auflistung der verwendeten Messgeräte ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Details zu den Messpositionen (MPs).

Messposition	Messgerät	Geophon	Seriennr.
MP1	MST 21	iC 325	1616813
MP2	MST 21	iC 187	1335509
MP3	MST 22	iC 413	1841615

4.2 Messgeometrie

Das zu untersuchende Gelände war zum Zeitpunkt der Messungen eine ungenutzte Fläche mit teils festem und teils lockerem Untergrund. Im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes befand sich ein Bereich von lockerem Sediment, wo die Planbebauung den geringsten Abstand zu den Gleisen haben soll. Hier wurden 3 Messpunkte (MP1 bis MP3) orthogonal zur Bahntrasse angeordnet, um die Ausbreitungscharakteristik der Erschütterungen zu messen. Die Messpositionen wurden im Abstand zur nahegelegenen Gleisachse in 8m (8m-Punkt), 9m und 16 m aufgestellt. Durch die vor Ort bestehende Vegetation wurde kein weiterer Messpunkt in größerem Abstand positioniert. Der 9 m Punkt liegt im Bereich der geplanten Häuserfront, die den Gleisachsen am nächsten ist.

Eine schematische Darstellung der Verteilung der Messpunkte im Gelände mit Angabe zu den Distanzen zur nächstgelegenen Gleisachse ist in Abbildung 3 dargestellt. Abbildung 4 zeigt Fotos von der Lage der MPs im Gelände.

Die Messensoren sind auf einem Dreibein befestigt und werden auf dem von Vegetation befreiten Boden horizontal ausgerichtet. Die Aufzeichnung der Bodenschwingungen geschieht dabei kontinuierlich in 4 Minuten Blöcken. Die 3 Komponenten des Geophons sind so ausgerichtet, dass die x-Komponente in Richtung der Bahntrasse zeigt, die y-Komponente parallel zur Bahntrasse und die z-Komponente in vertikaler Richtung.

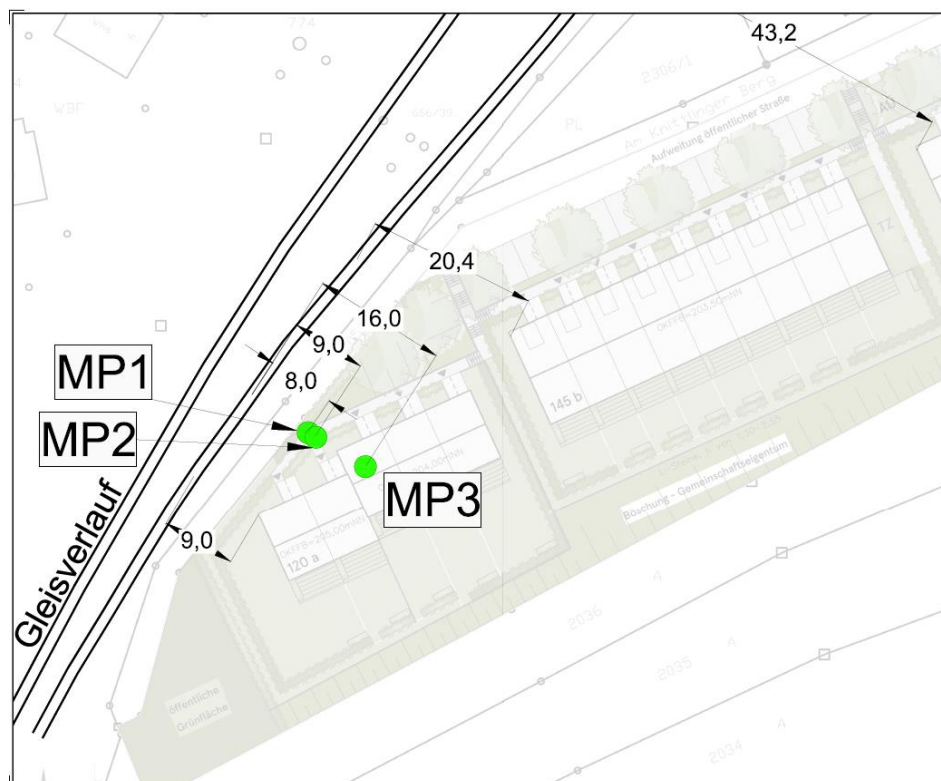


Abbildung 3: Planskizze mit den verwendeten Messpositionen (grüne Markierungen) und den Distanzen zur nächstgelegenen Gleisachse in m



Abbildung 4: Lage der Messpunkte im Gelände

4.3 Messobjekte

In Tabelle 5 sind die Züge aufgelistet, deren Erschütterungsimmissionen an den einzelnen Messpunkten aufgezeichnet wurden.

Tabelle 5: Messliste vom 09.12.2022

Messnr.	Uhrzeit	Zugart	Geschwindigkeit in km/h
1	8:33	S-Bahn	35
2	8:54	S-Bahn	27
3	8:55	S-Bahn	33
4	9:09	S-Bahn	17
5	9:10	S-Bahn	30
6	9:19	S-Bahn	84
7	9:33	S-Bahn	18
8	9:34	S-Bahn	17
9	9:49	S-Bahn	30
10	9:56	S-Bahn	46
11	10:08	S-Bahn	35
12	10:12	S-Bahn	34
13	10:27	S-Bahn	39

5 Prognose Erschütterungseinwirkungen und sekundärer Luftschall

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

Die Berechnungen der Erschütterungsimmissionen werden auf der Basis von Schwinggeschwindigkeiten durchgeführt. Die Umrechnung auf die nach DIN 4150-2 [2] genannten körperbezogenen Schwingwerte KB erfolgen auf der Basis von [mm/s]-Amplituden.

5.2 Gebäude

Die Berechnungen zur Erstellung der Prognosen bezüglich der möglichen Erschütterungseinwirkungen auf die zukünftigen Gebäude aus dem Eisenbahnbetrieb basieren auf dem Gebäudemodell eines Reihenhauskomplexes aus 5 Wohneinheiten mit einer Grundfläche von ca. 256 m², was den Plangebäuden mit dem geringsten Abstand zu den Bahngleisen entspricht. Die Prognose zu den Erschütterungsimmissionen auf die Geschossdecken erfolgt auf der Annahme, dass das Gebäude aus Erdgeschoss und 1 Obergeschoss besteht, und die Etagendecken aus Beton erstellt werden.

Die Prognoseberechnungen erfolgen für die Deckenmitte einer frei schwingenden Deckenfläche in den Obergeschossen. Die für die Beurteilung heranzuziehende Übertragungsfunktion der Schwinggeschwindigkeiten von Erdreich auf Fundament, von Fundament auf Deckenebene und von Erdreich auf Deckenebene ist in Abbildung 5 dargestellt.

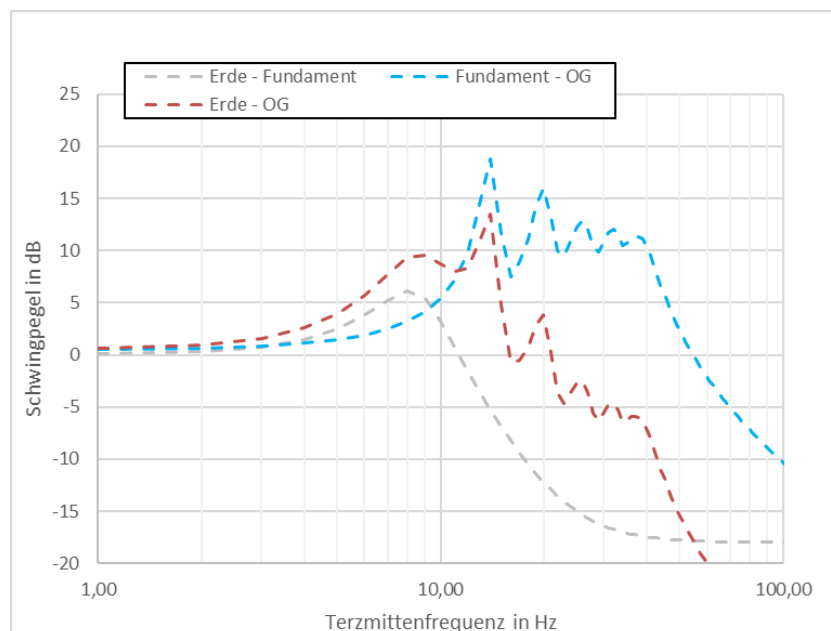


Abbildung 5: Übertragungsfunktion für Schwingungen aus dem Erdreich ins OG

5.3 Zugzahlen

Entsprechend den Angaben der Deutschen Bahn und dem aktuellen Fahrplan [5] ist von folgenden Zugzahlen auszugehen:

Tabelle 6: Prognosewerte der Zugzahlen auf der Strecke 4201

Prognose Strecke 4201

Km:	20,0	bis	21,2
Zugart	Anzahl pro Tag	Anzahl pro Nacht	max. zul. Geschwindigkeit in km/h
S-Bahn	94	14	100
	94	14	Summe beider Richtungen

5.4 Messergebnisse

Als Grundlage zur Prognose zu den zu erwartenden Deckenschwinggeschwindigkeiten auf das Plangebäude dienen die im Erdreich gemessenen Schwinggeschwindigkeiten. Die Amplitudenspektren der gemessenen Zugschütterungen werden dabei anhand der für das Plangebäude charakteristischen Transferfunktion (s. Kapitel 5.2) auf die zu erwartenden maximalen Deckenschwingungen umgerechnet.

Die Amplitudenspektren der Erschütterungsimmissionen gemessen an den Messpunkten MP2 (Punkt der nächstgelegenen Gebäudefront) und MP3 (16-m-Punkt) werden in folgender Grafik dargestellt Abbildung 6. Die Messdaten wurden dabei getrennt für an der Haltestelle Gölshausen haltende Züge und für den durchfahrenden Zug (Kraichgau-Sprinter) ausgewertet. Betrachtet wird hierbei die Schwingrichtung, bei der die Erschütterungen maximal sind, was in diesem Fall die X-Komponente ist, die in Richtung der Bahntrasse zeigt.

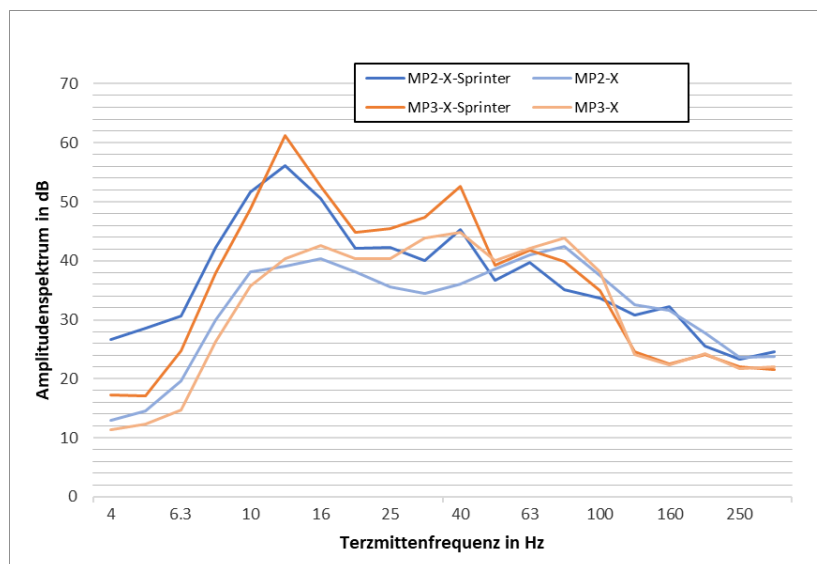
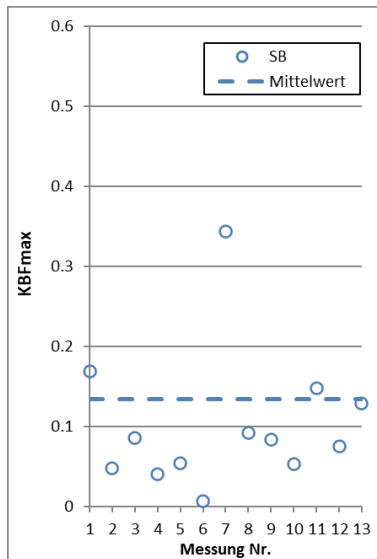


Abbildung 6: Amplitudenspektrum der gemessenen Schwingungen an MP2 und MP3

Daraus ergeben sich die maximalen, frequenzbewerteten KB-Werte (KB_{Fmax}) auf Deckenebene (Abbildung 7). Nach der Prognose liegt der Großteil der Erschütterungsimmissionen der einzelnen Zugvorbeifahrten unter der Fühlschwelle von 0,1. Der maximale KB-Wert, der bei den Messungen aufgezeichnet wurde, liegt bei 0,34, der während der Zugvorbeifahrt des Kraichgau Sprinters erreicht wurde, der vier Mal täglich verkehrt und im Vergleich zum regulären S-Bahnverkehr der S4 nicht an der nahegelegenen Haltestelle Gölshausen hält. Der energetische Mittelwert aller maximalen KB_F -Werte liegt bei 0,13.

Abbildung 7: KB_{Fmax} – Werte der einzelnen S-Bahnvorbeifahrten (SB) der X-Komponente

5.5 Prognose Erschütterungen

Auf der Basis der Messungen wird für das erschütterungskritischste Plangebäude, welches in einem Abstand zu den Bahngleisen von mindestens 9 m liegt, die prognostizierten Erschütterungswerte dargestellt. Hierzu werden zum einen Einzelereignisse, sowie die prognostizierte Gesamtbetrachtung der Immissionen aller Züge auf allen Gleisen innerhalb eines Tages- oder Nachtzeitraumes und unter Berücksichtigung der täglichen Zugzahlen anhand der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} aufgelistet.

Für die Plangebäude werden die Prognoseergebnisse den Anhaltswerten (A_o und A_r) für den kritischeren Nachtzeitraum für ein als Wohngebiet ausgewiesenes Gelände gegenübergestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse zu maximalen KB_F-Werten und Prognose der KB_{FTr}-Werte

	KB _{Fmax} mittlerer	A_o nachts	A_o tags	KB _{FTr} tags	A_r tags	KB _{FTr} nachts	A_r nachts
SB	0.13	0.3	5.0	0.03	0.10	0.02	0.07

Nach Tabelle 7 sind aus den Anregungen durch den regulären Bahnverkehr keine Erschütterungsimmisionen zu erwarten, bei denen der obere Anhaltswert A_o von 0,30 (MI, nachts) überschritten wird. Die Prognose zu den Erschütterungen durch den Kraichgau Sprinter im OG des Plangebäudes ergeben einen KB_{Fmax} von 0,34, welcher über dem oberen Anhaltswert liegt. Da diese Zugattung jedoch nach derzeitigem Fahrplan täglich vier Mal auf der Bahnstrecke verkehrt, und davon ein Mal im Nachtzeitraum (ca. 5:52 Uhr), ist dieses als seltenes Ereignis einzustufen, welche gemäß DIN 4150-2 [2] bei oberirdischem Schienenverkehr zulässig sind.

Eine Betrachtung des Beurteilungswertes $A_r = 0,07$ (MI, nachts) bzw. $A_r = 0,10$ (MI, tags) führt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass dieser eingehalten wird.

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass einzelne Züge spürbare Schwingungen in den Gebäuden hervorrufen können.

Die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb werden nach den Prognosewerten keine schädigenden Wirkungen entsprechend DIN 4150-3 [3] an den Gebäudestrukturen erzeugen können.

Es wird der prognostizierte sekundäre Luftschallpegel $L_{\text{sek,Am}}$ für den Innenraum (Tabelle 8) angegeben und den Immissionsrichtwerten (IRW) für den Nachtzeitraum von 30 dB(A) und den Tagzeitraum von 40 dB(A) gegenübergestellt. Von einer unzulässig hohen Schallimmission aus dem sekundären Luftschall ist in keinem der geplanten Gebäude auszugehen.

Tabelle 8: Prognoseergebnisse sekundärer Luftschall

<u>sekundärer Luftschall</u>						IRW nachts in dB(A)	IRW tags in dB(A)
Abstände zur nächstgelegenen Gleisachse in m							
L _{sek, Amax}	9	12	16	24	32		
SB	17.6	16.0	14.6	12.7	11.2	-	-
Sprinter	21.4	20.5	19.6	18.1	16.9		
L _{sek, Am} Progn.	10.5	9.5	8.5	7.0	5.8	30	40

5.6 Bewertung

Für die vorgesehenen Bebauungen sind keine Überschreitungen der erschütterungstechnischen Immissionen nach DIN 4150-2 [2] zu erwarten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass einzelne Züge spürbare Schwingungen im Gebäude hervorrufen können, das gilt insbesondere für den durchfahrenden Kraichgau Sprinter.

Die Anhaltswerte der DIN 4150-3 [3] für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude werden basierend auf den Prognosewerten eingehalten.

Die prognostizierten sekundären Luftschallpegel $L_{\text{r,sek}}$ für den Innenraum der Gebäude weisen keine Überschreitungen der Richtwerte auf. Von einer unzulässig hohen Schallimmission aus dem sekundären Luftschall ist in den geplanten Gebäuden nicht auszugehen.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen der Planung des Bauvorhabens am Knittlinger Berg in Bretten wurden erschütterungstechnische Untersuchungen im Plangebiet durchgeführt, die den Einfluss von Erschütterungsemissionen durch den Schienenverkehr der nahegelegenen Bahnlinie 4201, Karlsruhe – Heilbronn, auf das Plangebiet ergründen sollen.

Für die Erstellung der Prognoseberechnungen wurden am 09.12.2022 im Plangebiet Messungen zur Erschütterungsausbreitung aus den Bahnanlagen durchgeführt. Anhand der Prognoseberechnungen kann festgestellt werden, dass nach derzeitigem Planungsstand bei den Gebäuden keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [2] und DIN 4150-3 [3] zu erwarten sind. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Erschütterungsimmissionen einzelner Züge in den Gebäuden spürbar sind.

Aus den Prognoseberechnungen zum sekundären Luftschall kann weiterhin abgeleitet werden, dass der Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls den Richtwert nach dem Urteil des BVG vom 19.04.2014 in den Gebäuden einhalten wird. Durch vereinzelte Zugvorbeifahrten sind jedoch hörbare Geräuschspitzen in den Gebäuden nicht auszuschließen.

Auf Schutzmaßnahmen an den Gebäuden gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb kann verzichtet werden.

Greifenberg, 17.01.2023



M. Sc. Marvin Binnig
ACCON GmbH

Quellenverzeichnis

- [1] DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [2] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [3] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [4] Flächennutzungsplan der Stadt Bretten, 1981, laufende Fortschreibung Fassung August 2022
- [5] Fahrplanauskunft S4, AVG Albta-Verkehrs-Gesellschaft mbH, 76131 Karlsruhe, <https://www.h3nv.de/fileadmin/pdf/fahrplanwechsel/fahrplan2019/S4.pdf>, aufgerufen am 22.11.2022
- [6] Diverse Planunterlagen vom Auftraggeber
- [7] <https://openrailwaymap.org/>