

Erschütterungstechnische Untersuchung

Umgestaltung Bahnhofsvorplatz in Heilbronn im Zuge der Ergänzung eines dritten Gleises

Dipl.-Phys. H. Venghaus

Bericht-Nr.: ACB-0423-216273/03

13.04.2023

Titel: Erschütterungstechnische Untersuchung
Umgestaltung Bahnhofsvorplatz in Heilbronn
im Zuge der Ergänzung eines dritten Gleises

Auftraggeber: Stadtwerke Heilbronn GmbH
Etzelstraße 9
74076 Heilbronn

Auftrag vom: 08.12.2021

Bericht-Nr.: ACB-0423-216273/03

Ersetzt Bericht-Nr.: -
vom:

Umfang: 23 Seiten

Datum: 13.04.2023

Bearbeiter: Dipl.-Phys. H. 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

Quellenverzeichnis	4
1 Anlass und Aufgabenstellung	5
2 Örtliche Gegebenheiten/geplante Baumaßnahme	5
3 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen	7
3.1 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.....	7
3.2 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen	9
3.3 Sekundärer Luftschall	9
3.4 Berücksichtigung der Vorbelastung	10
4 Erschütterungsemissionen	11
4.1 Daten aus Messungen im Bereich Abstellanlage	11
4.2 Umrechnung der Erschütterungsemissionen auf den Untersuchungsbereich Bahnhofsvorplatz	12
5 Erschütterungsimmissionen	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Situationsbeschreibung Prognose 0-Fall für Immissionsorte IO 01 – IO 04.....	14
5.3 Situationsbeschreibung Prognose Fall A für Immissionsorte IO 01 – IO 04	15
5.4 Situationsbeschreibung Prognose Fall B für Immissionsorte IO 01 – IO 04	16
5.5 Situationsbeschreibung Prognose für den Immissionsort IO 05	17
5.6 Ergebnisse der Prognoseberechnungen	18
6 Zusammenfassung	23

Quellenverzeichnis

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen herangezogen:

- [1] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [2] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [3] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV vom 04.02.1997), geänderte Fassung vom 23.09.1997 (BGBl. I S. 2329)
- [4] Baunutzungsverordnung (BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [5] Diverse Planungsunterlagen der Stadtwerke Heilbronn Verkehrsbetriebe GmbH zum Umbau Bahnhofsvorplatz Heilbronn, Stand April 2023
- [6] ACCON GmbH, Erschütterungstechnische Untersuchung Erweiterung Wende- und Abstellanlage am Hbf Heilbronn, Bericht-Nr.: ACB-0720-8405/05 vom 10.07.2020
- [7] „Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung“, Eisenbahn-Bundesamt, Zentrale vom 30.01.2017

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Stadtwerke Heilbronn GmbH (SWHN) betreiben und unterhalten das Stadtbahnnetz innerhalb Heilbronn. Direkt in der Innenstadt von Heilbronn führt eine zweigleisige Stadtbahnstrecke vom Hauptbahnhof über die Bahnhofstraße, die Kaiserstraße / Untere Neckarstraße, Allee bis zum Pfühlpark. Beim Hauptbahnhof / Haltestelle Willy-Brandt-Platz ist vorgesehen, die nutzbaren Bahnsteigflächen zu vergrößern. Dies soll durch Schaffung eines zusätzlichen Bahnsteiges mit einem zusätzlichen dritten Gleis geschehen. Die in Bezug auf Erschütterungen wesentlichen Änderungen werden zum überwiegenden Teil aus den zusätzlich eingebauten oder in der Lage veränderten Weichen erwartet.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung sollen die im Bereich Hauptbahnhof / Haltestelle Willy-Brandt-Platz mit dem zukünftigen Betrieb der Strecke in Zusammenhang stehenden Erschütterungseinwirkungen gemäß DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 ermittelt und beurteilt werden. Bei Überschreitung der darin aufgeführten Anforderungen sind Schutzmaßnahmen zu konzipieren.

2 Örtliche Gegebenheiten/geplante Baumaßnahme

In der Innenstadt von Heilbronn führt eine zweigleisige Stadtbahnstrecke vom Hauptbahnhof über die Bahnhofstraße, die Kaiserstraße / Untere Neckarstraße, Allee bis zum Pfühlpark. Beim Hauptbahnhof / Haltestelle Willy-Brandt-Platz ist vorgesehen, die nutzbaren Bahnsteigflächen zu vergrößern. Dies soll durch Schaffung eines zusätzlichen Bahnsteiges mit einem zusätzlichen dritten Gleis geschehen. In Folge dessen muss die bisher unter der Überdachung angeordnete Bushaltestelle für die Fahrtrichtung stadteinwärts auf die südliche Straßenseite verlegt werden. Zudem ist der Einbau zusätzlicher Weichen und/oder die Verlagerung bestehender Weichen erforderlich.

Den Verlauf der Strecke sowie die ungefähre Lage der Haltestelle Hauptbahnhof / Willy-Brandt-Platz verdeutlicht Abbildung 1.

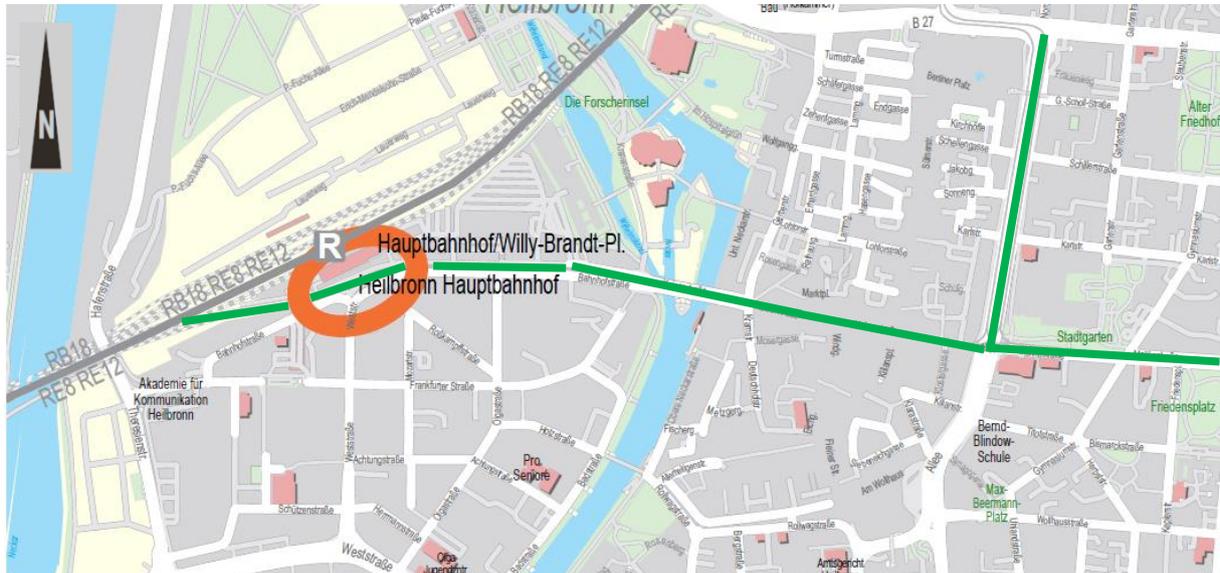


Abbildung 1: Übersichtsplan (Quelle: © OpenStreetMap-Mitwirkende)

Der Lageplan in Abbildung 2 zeigt die Bestandssituation, Abbildung 3 skizziert die geplanten baulichen Änderungen (Roteinträge) auf.

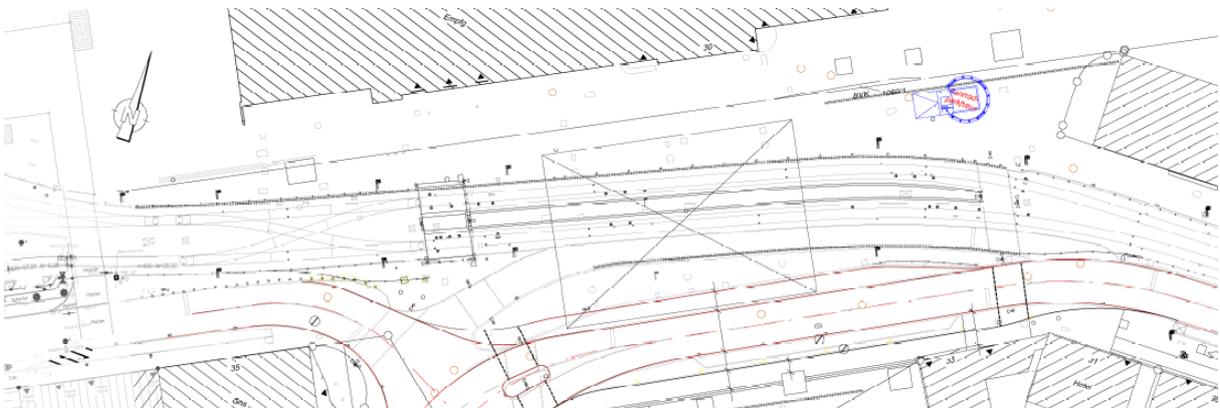


Abbildung 2: Bahnhofsvorplatz Heilbronn Bestandssituation (Quelle: SWHN)

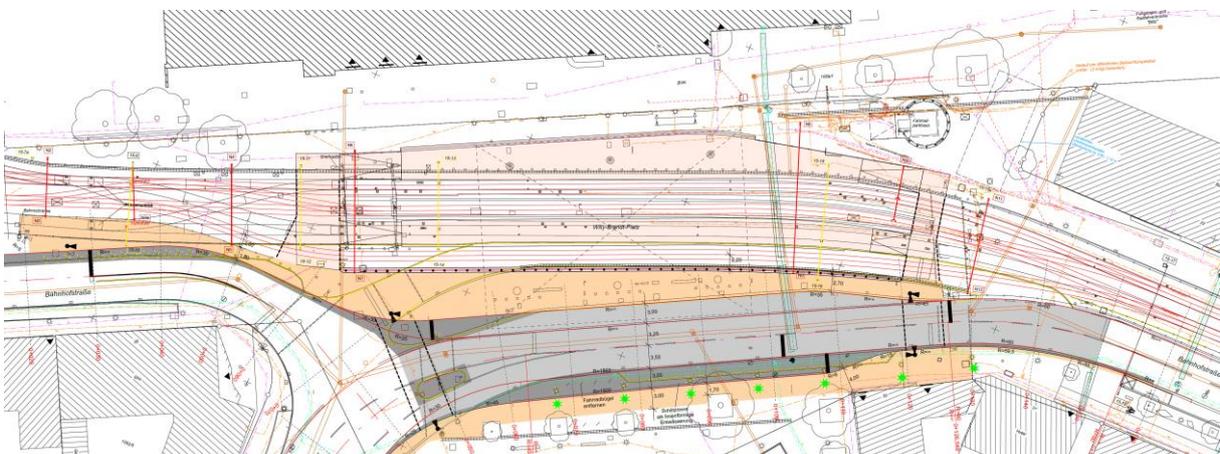


Abbildung 3: Bahnhofsvorplatz Heilbronn mit geplanten Änderungen (Quelle: SWHN)

3 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen

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. Bei Bahnerschütterungen ist das erfahrungsgemäß die vertikale Komponente.

3.1 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) [1] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 [1] 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). Der südliche Teil des Plangebietes, im Bereich des Rathauses, soll einer Nutzung als Gewerbefläche und der nördliche Teil als Mischgebiet zugeführt werden.

Tabelle 1: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] 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 [1] 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 [1] 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_{FTi} , welche die Verkehrsdichte innerhalb eines Tages- und Nachtzeitraumes berücksichtigt, nicht größer als der Beurteilungswert A_r ist.

KB_{FTi} -Wert

Der KB_{FTi} - Wert dient der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen unter Einbeziehung der Häufigkeit vorbeifahrender Züge. Je mehr Züge auf einem Streckenabschnitt verkehren, desto höher wird der KB_{FTi} - Wert. Es werden aus den Zeitschrieben einer Zugvorbeifahrt die Maximalwerte eines Taktes von jeweils 30 Sekunden Dauer zur Auswertung herangezogen. Demnach wird ein Tag in 1920 Abschnitte von jeweils 30 Sekunden und eine Nacht in 960 Abschnitte von jeweils 30 Sekunden eingeteilt. Maßgebend für die Berechnung der Beurteilungsschwingstärke ist hierbei der Maximalwert KB_{FTi} eines jeden Taktes. Jeder Takt, bei dem Erschütterungsimmissionen aus den Zugvorbeifahrten den Grenzwert von 0,1 überschreiten, geht in die Berechnung des KB_{FTi} - Wertes folgendermaßen mit ein:

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

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 [1].
- Bei städtebaulichen Planungen sollten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [1] 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_{FTi} zu berücksichtigen.

3.2 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	Föhlschwelle

3.3 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) 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 $\Delta L = 5$ 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 bis 22 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (22 bis 6 Uhr).

3.4 Berücksichtigung der Vorbelastung

Für bestehende Schienenwege gibt die DIN 4150-2 (siehe Absatz 6.5.3.4 c) an, dass die Anhaltswerte nach Tabelle 1 bereits vor Streckenausbau teilweise überschritten werden und nennt zur Beurteilung verschiedene, nicht quantifizierbare Kriterien.

Gemäß der ständigen Rechtsprechung müssen sich im Zuge eines Streckenausbaus von höheren Erschütterungsmissionen Betroffene Vorbelastungen „schutzmindernd“ zurechnen lassen. Demnach können Betroffene lediglich verlangen, dass durch das Hinzukommen neuer Erschütterungsmissionen infolge von Ausbaumaßnahmen die Vorbelastungen nicht wesentlich erhöht werden. Es besteht kein Anspruch auf Verbesserung der Erschütterungsmissionssituation. Bis zum Erreichen der Kriterien der DIN 4150-2 für neu zu bauenden Strecken ist jede Erhöhung zulässig. Als Größenordnung, ab der eine Erhöhung von Erschütterungsmissionen als wesentlich gilt, wird ein

Unterschied von 25 % gegenüber der Vorbelastung

gewertet. Diese Schwelle basiert auf Laborstudien und wurde von Verwaltungsgerichten in verschiedenen Verfahren akzeptiert.

Die Beurteilung der Erschütterungsmissionen wird im vorliegenden Fall anhand folgender Kriterien durchgeführt:

- Ist $KB_{Fmax} < A_u$, sind keine weiteren Betrachtungen erforderlich. Die Anforderungen der DIN4150 Teil 2 sind eingehalten.
- Ist $KB_{Fmax} > A_u$ und $KB_{FTr} < A_r$, dann sind die erschütterungstechnischen Anforderungen ebenfalls eingehalten.
- Ist $KB_{FTr} > A_r$, und beträgt die Erhöhung der Erschütterungsmissionen der KB_{FTr} - Werte im Prognose-Fall $< 25 \%$ gegenüber der Belastung im Prognose-Nullfall dann liegt keine wesentliche Erhöhung vor und die Anforderungen sind eingehalten
- Ist $KB_{FTr} > A_r$, und erhöht der KB_{FTr} sich im Prognose-Fall um mehr als 25 % gegenüber der Belastung im Prognose-Nullfall, dann liegt eine spürbare Erhöhung vor

Die oben beschriebene Beurteilung der Erschütterungsimmissionen entspricht der EBA Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen in der Planfeststellung vom 30.01.2017 [7].

4 Erschütterungsemissionen

Die in diesem Gutachten verwendeten Prognoseansätze beruhen auf Messungen, die im Zuge der Einfahrt zum geplanten Betriebshof südwestlich des Bahnhofs Heilbronn erfasst wurden (siehe Gutachten Bericht-Nr.: ACB-0720-8405/05 vom 10.07.2020).

Die in Bezug auf Erschütterungen wesentlichen Änderungen werden zum überwiegenden Teil aus den zusätzlich eingebauten oder in der Lage veränderten Weichen erwartet. Von daher bietet sich die Verwendung der Daten aus der zuvor genannten Untersuchung an, da hierzu gleichzeitig Messungen im Einflussbereich von Weichen und auf gerader Strecke durchgeführt wurden.

4.1 Daten aus Messungen im Bereich Abstellanlage

Im September 2019 wurden im Bereich der Abstellanlage südwestlich des Hauptbahnhofs Heilbronn Messungen bezüglich der Erschütterungsemissionen fahrender Züge auf gerader Strecke und bei Überquerung der Herzstücke von Weichen durchgeführt [6]. Die Geschwindigkeiten der Messzüge lagen zwischen 16 km/h und 21 km/h und somit nur unwesentlich unter den Plangeschwindigkeiten des hier zu betrachtenden Umbauabschnittes mit ca. 25 km/h. Aus diesen Messungen konnte nachgewiesen werden, dass die Erschütterungsemissionen an Weichen im Frequenzbereich um $f \approx 63$ Hz um ca. 15 dB höher sind als auf gerader Strecke (Abbildung 4).

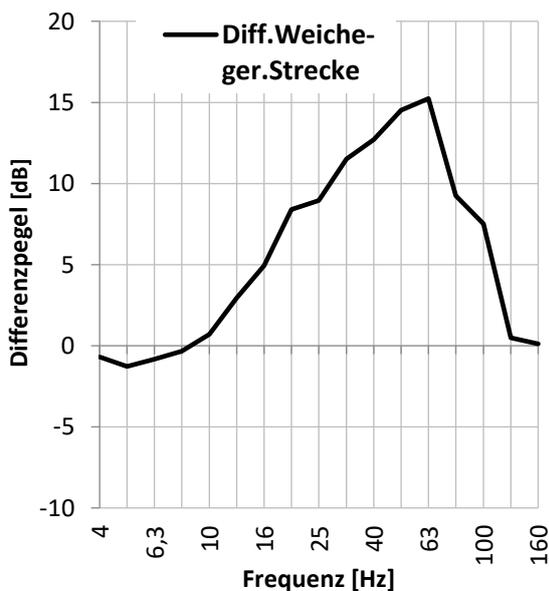


Abbildung 4: Erhöhung der Erschütterungsemissionen bei Weichenüberfahung im Vergleich zur geraden Strecke

In Abbildung 5 werden die Erschütterungsemissionen dargestellt, die im Abstand von ca. 3 m zur Gleisachse gemessen wurden. Da die in diesem Gutachten zu betrachtenden Abstände zwischen den Immissionsorten und den relevanten Gleisbereichen wesentlich größer sind, wird in Abbildung 6 die Ausbreitungsdämpfung der Erschütterungen aus den Messungen [6] dargestellt und dabei vorausgesetzt, dass in dem in dieser Untersuchung zu betrachtenden Bereich eine ähnliche Geologie anzutreffen ist.

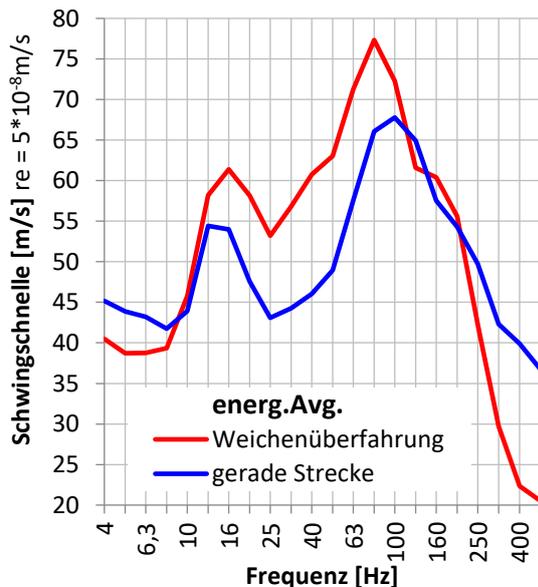


Abbildung 5: Erschütterungsemissionen in ca. 3m Abstand zur Gleisachse [6]

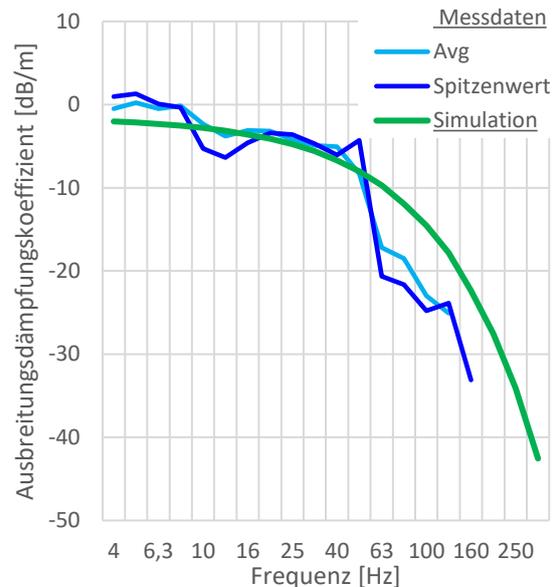


Abbildung 6: Dämpfungskurve Erschütterungsausbreitung im Erdreich [6]

4.2 Umrechnung der Erschütterungsemissionen auf den Untersuchungsbereich Bahnhofsvorplatz

Wie zuvor angemerkt, konnten die Messpunkte seitlich des Gleises im Bereich der Abstellanlage, bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten, nur im Nahfeld eingerichtet werden. Auch die Messpunkte zur Bestimmung der Erschütterungsausbreitung im Erdreich befanden sich noch im Nahfeld der Gleise.

Deshalb müssen die in Abbildung 5 dargestellten Erschütterungsemissionen auf die hier anzustellenden Ausbreitungsberechnungen angepasst werden, wobei vorausgesetzt wird, dass die Kurve der Ausbreitungsdämpfung auch für den aktuellen Untersuchungsraum gültig ist.

In Abbildung 7 werden die umgerechneten Emissionsspektren für den bei der Berechnung von Schwingungsemissionen im Erdreich bevorzugten Normmesspunkt angegeben. Der Normmesspunkt liegt im Abstand von 8 m zur Gleisachse und markiert den Abstand zur Quelle, in dem für tragfeste Böden die Wellenausbreitung vom Nahfeld ins Fernfeld überwechselt.

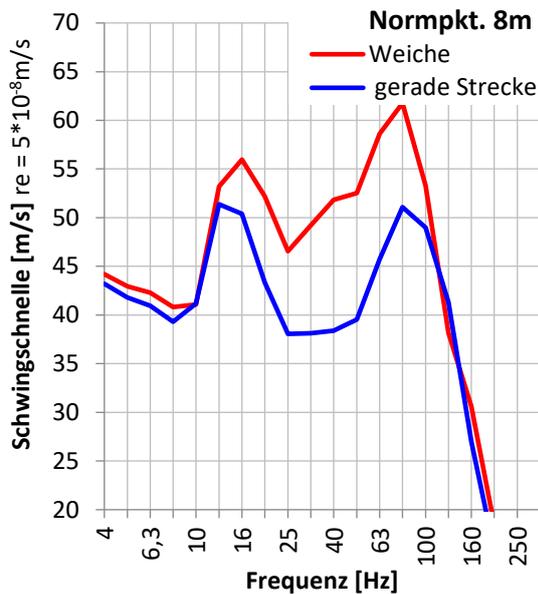


Abbildung 7: Schätzung der Emissionsspektren für den Normaufpunkt 8m seitlich zur Gleisachse für gerade Strecke bzw. Weichenüberfahung

Die in Abbildung 7 angegebenen Emissionsspektren werden in den nachfolgenden Prognoseberechnungen verwendet.

5 Erschütterungsimmissionen

5.1 Allgemeines

Die Einflüsse des Schienenverkehrs wurden gebäudespezifisch an 5 ausgewählten Immissionsorten betrachtet

- östlich der Haltestelle Hbf
 - o IO 01 = Bahnhofstraße 22 (Bürogebäude)
 - o IO 02 = Bahnhofstraße 29 (Wohnen)
 - o IO 03 = Bahnhofstraße 31 (Hotel)
 - o IO 04 = Bahnhofstraße 33 (Wohnen)
- westlich der Haltestelle Hbf
 - o IO 05 = Bahnhofstraße 35 (Bürogebäude)

Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der Immissionsorte erfolgte anhand von Bebauungsplänen und Auszügen aus dem Flächennutzungsplan. Hierbei wurde berücksichtigt, dass für ganztägig genutzte Gebiete/bauliche Anlagen wie z.B. Wohngebäude, Hotels, Krankenhäuser und Sanatorien Anspruch auf Einhaltung der Tag- und Nachtgrenzwerte besteht. Bei Gebäu-

den wie z.B. Schule, Kindertagesstätte oder Büro besteht Anspruch auf Einhaltung der Taggrenzwerte, bei z.B. nächtlicher Büronutzung ist sinngemäß der Grenzwert tagsüber auch für den Nachtbereich heranzuziehen.

Nachfolgend werden die Erschütterungsimmissionen auf die oben genannten Immissionsorte für

- Prognose 0-Fall = keine Veränderung der Trasse;
Prognose der Zugzahlen 2 Gleise im Jahr 2030
- Prognose Fall A = Ausbau der Trasse auf 3 Gleise;
Prognose der Zugzahlen 3 Gleise im Jahr 2030
- Prognose Fall B = Ausbau der Trasse auf 3 Gleise & zusätzlichem Gleiswechsel Ost;
Prognose der Zugzahlen 3 Gleise im Jahr 2030

berechnet.

Zur besseren Unterscheidung werden in den nachfolgenden Planskizzen die Bestandsgleise und deren Abstände zu den Immissionsorten in der Farbe Blau dargestellt.

Die Verläufe der neuen Gleise werden in der Farbe Rot dargestellt. Die Abstände zwischen Immissionsorten und naher Gleisachse werden an maßgeblichen Stellen in der Farbe Orange eingetragen, während die Abstände zwischen den Herzstücken von Weichen/Kreuzungen in der Farbe Rot gekennzeichnet sind.

5.2 Situationsbeschreibung Prognose 0-Fall für Immissionsorte IO 01 – IO 04

Im Prognose 0-Fall werden die Erschütterungseinwirkungen auf die Immissionsorte bei zukünftiger Entwicklung der Zugzahlen auf den beiden Bestandsgleisen berechnet. In Tabelle 4 werden die Prognosezahlen für die Zugbewegungen im Jahre 2030 angegeben [5].

Tabelle 4: Prognostizierte Zugzahlen auf den Gleisen Prognose 0-Fall

Prognose 0-Fall (2 Gleise)				
		werktags		
		DT	ET	ET
		6 - 19	19 - 22	22 - 0
von Ost nach Bhf	Gleis 1	85	21	20
von Bhf nach Ost	Gleis 2	81	18	20
von Bhf nach West	Gleis 1	46	8	9
von West nach Bhf	Gleis 2	43	11	12
Einrücker	Gleis 1	39	13	11
Ausrücker	Gleis 2	39	12	12
ET: Einfachtraktion DT: Doppeltraktion				

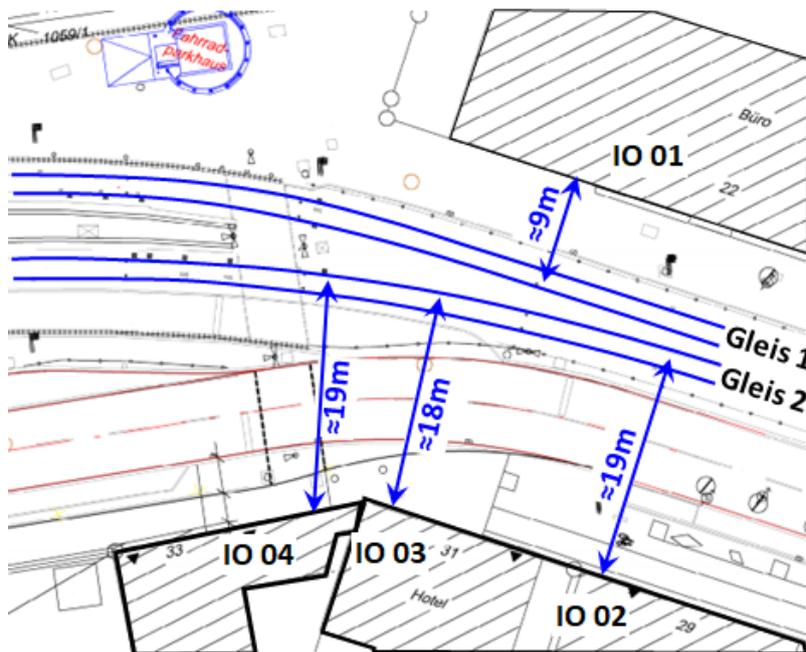


Abbildung 8: Abstände der nahen Gleisachsen zu den Immissionsorten IO 01 – IO 04; Abstandsangaben dienen zur groben Orientierung

Die Abbildung 8 gibt die Lage der Gleise und die maßgeblichen Abstände bezogen auf die Immissionsorte IO 01 – IO 04 an.

5.3 Situationsbeschreibung Prognose Fall A für Immissionsorte IO 01 – IO 04

Im Prognose Fall A werden die Erschütterungseinwirkungen auf die Immissionsorte bei zukünftiger Entwicklung der Zugzahlen auf den Gleisen 1-3 berechnet. In Tabelle 5 werden die Prognosezahlen für die Zuggbewegungen im Jahre 2030 angegeben [5].

Tabelle 5: Prognostizierte Zugzahlen auf den Gleisen Prognose Fall A

Prognose Fall A (3 Gleise)				
		werktags		
		DT	ET	ET
		6 - 19	19 - 22	22 - 0
von Ost nach Bhf	Gleis 1	85	21	20
von Bhf nach Ost	Gleis 2	81	18	20
	Gleis 3	38	7	8
von Bhf nach West	Gleis 1	46	8	9
von West nach Bhf	Gleis 2	43	11	12
	Gleis 3	-	-	-
Einrücker	Gleis 1	39	13	11
Ausrücker	Gleis 2	39	12	12
Ausrücker	Gleis 3	38	7	8

ET: Einfachtraktion DT: Doppeltraktion

Die Abbildung 9 gibt die Lage der Gleise so wie Herzstück der Weiche und die maßgeblichen Abstände bezogen auf die Immissionsorte IO 01 – IO 04 an.

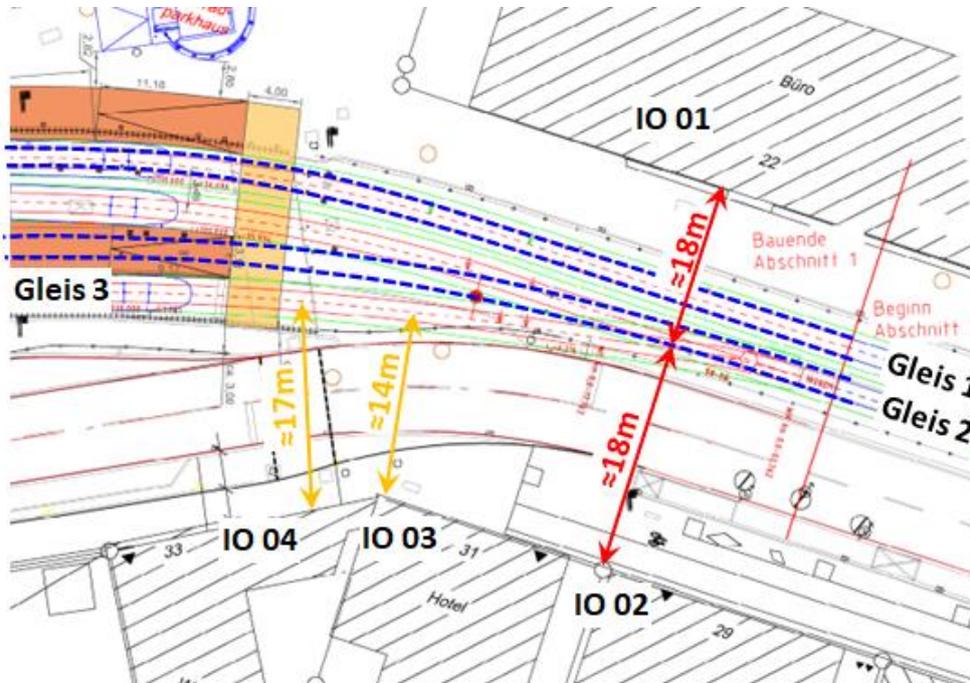


Abbildung 9: Prognosefall A - Abstände wesentlicher Quellen zu den Immissionsorten IO 01 – IO 04; Abstandsangaben dienen zur groben Orientierung

5.4 Situationsbeschreibung Prognose Fall B für Immissionsorte IO 01 – IO 04

Der Unterschied zwischen Prognose Fall A und Prognose Fall B besteht in dem Einbau eines zusätzlichen Gleiswechsels zwischen den Gleisen 1 und 2 im Bereich der östlichen Ausfahrt der Haltestelle. Die in der Tabelle 5 angegebenen Prognosezahlen bleiben gleich.

Die Abbildung 10 gibt die Lage der Herzstücke der Weichen und die maßgeblichen Abstände bezogen auf die Immissionsorte IO 01 – IO 04 an.

Wegen der Verteilung der Weichen entlang der Trasse ist es notwendig, den Immissionsort IO 01 bei diesem Planfall aufzuteilen in die Immissionsorte IO 01A und IO 01B.

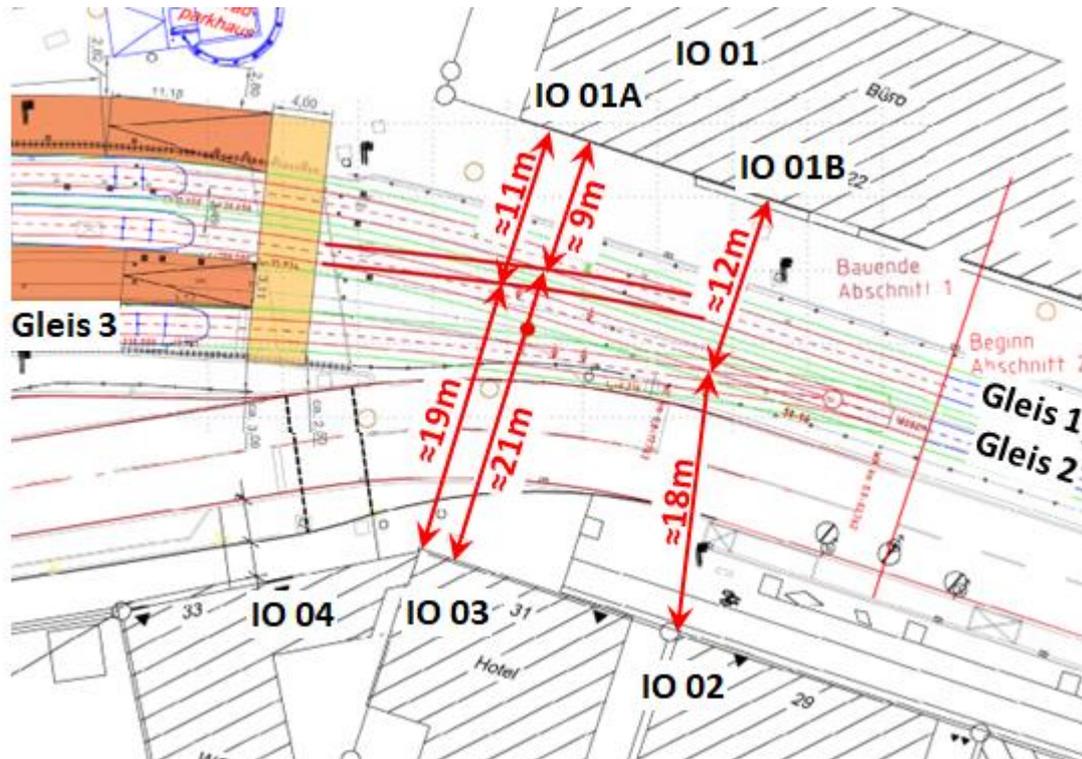


Abbildung 10: Prognosefall B - Abstände der Herzstücke zu den Immissionsorten IO 01 – IO 04; Abstandsangaben dienen zur groben Orientierung

5.5 Situationsbeschreibung Prognose für den Immissionsort IO 05

Für den Immissionsort IO 05 wird das Gleis 2 ein wenig weiter entfernt liegen, gleiches gilt für einen Teil der zu überfahrenden Herzstücke. Auf der Ostseite des Gebäudes IO 05 werden aus dem Betrieb auf dem zukünftigen Gleis 3 Erschütterungsimmissionen erwartet.

Die in der Tabelle 4 und Tabelle 5 angegebenen Prognosezahlen für die Zugbewegungen werden für die Prognoseberechnung zu IO 05 übernommen.

Die Abbildung 11 gibt die Lage der Herzstücke der Weichen und dem maßgeblichen Abstand des zukünftigen Gleis 3 bezogen auf den Immissionsort IO 05 an.

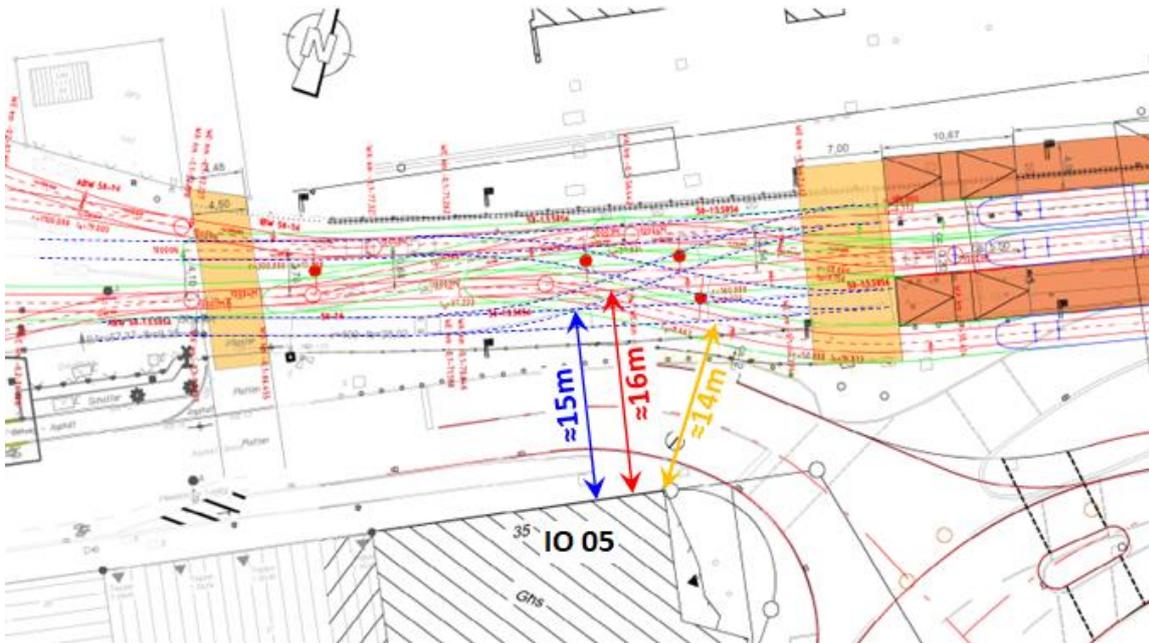


Abbildung 11: Abstände der Herzstücke und Gleisachse zum Immissionsort IO 05; Abstandsangaben dienen zur groben Orientierung

5.6 Ergebnisse der Prognoseberechnungen

Die nachfolgenden Tabellen 6 bis 10 listen die Ergebnisse aus den Prognoseberechnungen auf.

Die Ergebnisse zeigen die erwartbaren maximalen Schwingschnellen im Erdreich vor den jeweiligen Gebäuden sowie die daraus abgeleiteten maximalen Schwingwerte (KB_{Fmax}) im 1.Obergeschoß der jeweiligen Gebäude wie sie aus den Abstandsberechnungen zu den jeweiligen Quellen berechnet wurden.

Die Ergebnisse werden in 3 Gruppen dargestellt. Die linke Gruppe gibt die Schwingschnelle im Erdreich vor dem Haus an. Die daran anschließende Gruppe gibt die zugehörigen Erschütterungswerte auf dem Fußboden im 1.OG an. Die Gruppe rechts gibt die Ergebnisse der Beurteilungswerte für das 1.OG unter Berücksichtigung der Zugbewegungen im jeweiligen Beurteilungszeitraum „tagsüber“ bzw. „nachts“ an. Innerhalb der Gruppen werden die Ergebnisse bezüglich der jeweiligen Planfälle vergleichend für die einzelnen Erschütterungsquellen gegenübergestellt

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen von Bedeutung sind die Zeilen „ KB_{FTI} am IO xx“, in der die energetische Summierung aus den einzelnen Quellen berechnet wird.

Mittels Färbung der jeweiligen Ergebniswerte wird angezeigt, ob kritische Erschütterungswerte erreicht werden (rötliche Einfärbung) oder zulässige Schwingungsamplituden berechnet wurden (grünliche Einfärbung).

Bei erhöhten KB_{FTI} -Werten wurden die Veränderungen zum erwartbaren Prognose 0-Fall berechnet, angegeben in Prozent (1 bis 100). Werden in den Planfällen A bzw. B nur zulässige KB_{FTI} -Werte berechnet, wird auf die Berechnung der Veränderung verzichtet (n.rel. = nicht relevant).

Tabelle 6 Ergebnis für Immissionsort IO 01

IO 01									IO 01				
max.Schwingschnelle im Erdreich vor dem Gebäude [mm/s]					KB(Fmax) im 1.OG				Bezugswert Ar(tagsüber) = 0,15				
					Bezugswert Au(tagsüber) = 0,3				KB(FTr) im 1.OG tagsüber				
Quellen	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B IO 01A	Prognose Fall B IO 01B	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B IO 01A	Prognose Fall B IO 01B	Quellen	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B IO 01A	Prognose Fall B IO 01B
Gleis 1	0,034	0,034	0,034	0,034	0,052	0,052	0,052	0,052	Gleis 1	0,015	0,015	0,015	0,015
Gleis 2	0,022	0,023	0,023	0,023	0,040	0,041	0,041	0,041	Gleis 2	0,011	0,012	0,012	0,012
Gleis 3	0,000	0,018	0,018	0,018	0,000	0,032	0,032	0,032	Gleis 3	0,000	0,007	0,007	0,007
Herzstück 1	0,000	0,019	0,010	0,019	0,000	0,035	0,019	0,035	Herzstück 1	0,000	0,010	0,005	0,010
Herzstück 2	0,000	0,000	0,030	0,014	0,000	0,000	0,049	0,025	Herzstück 2	0,000	0,000	0,014	0,007
Herzstück 3	0,000	0,000	0,023	0,011	0,000	0,000	0,041	0,020	Herzstück 3	0,000	0,000	0,009	0,004
Vergleich der max.KB(Fmax)-Werte					0,052	0,052	0,052	0,052	KB(FTr) an IO 01	0,019	0,023	0,027	0,024
Veränderung zu Prognose 0-Fall										-	n.rel.	n.rel.	n.rel.

Tabelle 7 Ergebnis für Immissionsort IO 02

IO 02									IO 02				
max.Schwingschnelle im Erdreich vor dem Gebäude [mm/s]					KB(Fmax) im 1.OG				Bezugswert Ar(nachts) = 0,105				
					Bezugswert Au(nachts) = 0,225				KB(FTr) im 1.OG nachts				
	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B		Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B		Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B		
Gleis 1	0,011	0,011	0,011		0,019	0,019	0,019		Gleis 1	0,003	0,003	0,003	
Gleis 2	0,013	0,013	0,013		0,024	0,024	0,024		Gleis 2	0,004	0,004	0,004	
Gleis 3	0,000	0,014	0,014		0,000	0,026	0,026		Gleis 3	0,000	0,003	0,003	
Herzstück 1	0,000	0,011	0,011		0,000	0,021	0,021		Herzstück 1	0,000	0,004	0,004	
Herzstück 2	0,000	0,000	0,006		0,000	0,000	0,011		Herzstück 2	0,000	0,000	0,002	
Herzstück 3	0,000	0,000	0,006		0,000	0,000	0,011		Herzstück 3	0,000	0,000	0,001	
Vergleich der max.KB(Fmax)-Werte					0,024	0,026	0,026		KB(FTr) an IO 02	0,006	0,008	0,008	
Veränderung zu Prognose 0-Fall										-	n.rel.	n.rel.	

Tabelle 8 Ergebnis für Immissionsort IO 03

IO 03								IO 03			
max.Schwingschnelle im Erdreich vor dem Gebäude [mm/s]				KB(Fmax) im 1.OG				Bezugswert Ar(nachts) = 0,105			
				Bezugswert Au(nachts) = 0,225				KB(FTr) im 1.OG nachts			
	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B		Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B	
Gleis 1	0,011	0,011	0,011	0,019	0,019	0,019		Gleis 1	0,003	0,003	0,003
Gleis 2	0,014	0,013	0,013	0,027	0,024	0,024		Gleis 2	0,005	0,004	0,004
Gleis 3	0,000	0,016	0,016	0,000	0,030	0,030		Gleis 3	0,000	0,004	0,004
Herzstück 1	0,000	0,012	0,012	0,000	0,021	0,021		Herzstück 1	0,000	0,004	0,004
Herzstück 2	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,017		Herzstück 2	0,000	0,000	0,003
Herzstück 3	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,019		Herzstück 3	0,000	0,000	0,002
Vergleich der max.KB(Fmax)-Werte				0,027	0,030	0,030		KB(FTr) an IO 03	0,006	0,008	0,009
								Veränderung zu Prognose 0-Fall	-	n.rel.	n.rel.

Tabelle 9 Ergebnis für Immissionsort IO 04

IO 04								IO 04			
max.Schwingschnelle im Erdreich vor dem Gebäude [mm/s]				KB(Fmax) im 1.OG				Bezugswert Ar(tagsüber) = 0,15			
				Bezugswert Au(tagsüber) = 0,3				KB(FTr) im 1.OG tagsüber			
	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B		Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	Prognose Fall B	
Gleis 1	0,010	0,010	0,010	0,018	0,018	0,018		Gleis 1	0,005	0,005	0,005
Gleis 2	0,013	0,012	0,012	0,023	0,021	0,021		Gleis 2	0,007	0,006	0,006
Gleis 3	0,000	0,017	0,017	0,000	0,031	0,031		Gleis 3	0,000	0,007	0,007
Herzstück 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		Herzstück 1	0,000	0,000	0,000
Herzstück 2	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,013		Herzstück 2	0,000	0,000	0,004
Herzstück 3	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,015		Herzstück 3	0,000	0,000	0,003
Vergleich der max.KB(Fmax)-Werte				0,023	0,031	0,031		KB(FTr) an IO 04	0,008	0,010	0,011
								Veränderung zu Prognose 0-Fall	-	n.rel.	n.rel.

Tabelle 10 Ergebnis für Immissionsort IO 05											
IO 05					IO 05						
max.Schwingschnelle im Erdreich vor dem Gebäude [mm/s]					KB(Fmax) im 1.OG						
					Bezugswert Au(tagsüber) = 0,3						
					Bezugswert Ar(tagsüber) = 0,15						
					KB(FTr) im 1.OG tagsüber						
	Prognose 0-Fall	Prognose Fall A			Prognose 0-Fall	Prognose Fall A			Prognose 0-Fall	Prognose Fall A	
Gleis 1	0,012	0,012			0,021	0,021			Gleis 1	0,005	0,005
Gleis 2	0,026	0,015			0,046	0,027			Gleis 2	0,011	0,006
Gleis 3	0,000	0,019			0,000	0,035			Gleis 3	0,000	0,007
Herzstück 1	0,015	0,011			0,028	0,019			Herzstück 1	0,006	0,005
Herzstück 2	0,014	0,009			0,025	0,017			Herzstück 2	0,006	0,004
Herzstück 3	0,013	0,014			0,024	0,025			Herzstück 3	0,006	0,006
Vergleich der max.KB(Fmax)-Werte					0,046	0,035			KB(FTr) an IO 05	0,016	0,014
					Veränderung zu Prognose 0-Fall					-	n.rel.

Die Ergebnistabellen (Tabelle 6 bis Tabelle 10) zeigen, dass aus dem zukünftigen Betrieb der erweiterten Gleisanlage der Haltestelle Willy-Brandt-Platz in Heilbronn keine unzulässig hohen Erschütterungsimmissionen gemäß der DIN 4150-2 [1] in den benachbarten Gebäuden zu erwarten sind.

Basierend auf den berechneten Schwingungsimmissionen in den Räumen kann zudem konstatiert werden, dass der daraus entstehende sekundäre Luftschall den Anforderungen der 24.BImSchV [3] genügen wird.

Potenzielle Schädigungen der Gebäude aus dem Bahnbetrieb entsprechend DIN 4150-3 [2] sind ebenfalls nicht zu befürchten.

Die durch Erschütterungsemissionen bedingten Veränderungen in den benachbarten Gebäuden werden im Bereich der östlich von der Haltestelle wegführenden Gleise minimal erhöht werden. Dies ist vornehmlich durch den zusätzlichen Einbau von Weichen bedingt.

Auf der westlichen Seite der Haltestelle kann mit einer minimalen Abnahme der Erschütterungsimmissionen gerechnet werden, da hier das höher belastete Gleis 2 und somit auch die Weichen ein wenig von den Gebäuden abrücken.

6 Zusammenfassung

Die Stadtwerke Heilbronn GmbH (SWHN) betreiben und unterhalten das Stadtbahnnetz innerhalb Heilbronn. Direkt in der Innenstadt von Heilbronn führt die zweigleisige Strecke vom Hauptbahnhof über die Bahnhofstraße, die Kaiserstraße / Untere Neckarstraße, Allee bis zum Pfühlpark. Beim Hauptbahnhof / Haltestelle Willy-Brandt-Platz ist vorgesehen, die nutzbaren Bahnsteigflächen zu vergrößern. Dies soll durch Schaffung eines zusätzlichen Bahnsteiges mit einem zusätzlichen dritten Gleis geschehen.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wurden die im Bereich Hauptbahnhof / Haltestelle Willy-Brandt-Platz mit dem zukünftigen Betrieb der Strecke in Zusammenhang stehenden Erschütterungseinwirkungen nach der DIN 4150-2 (Schwingungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden), der DIN 4150-3 (Schwingungseinwirkung auf Gebäude) und der 24.BImSchV (Schallimmissionen im Raum) ermittelt und beurteilt.

Die Datenbasis zu diesen Prognoseberechnungen wurde auf Messdaten gegründet, die im Abstellbereich westlich des Hauptbahnhofs Heilbronn erfasst wurden.

Bei den Prognoseberechnungen wurde festgestellt, dass an keinem der im Einflussbereich liegenden Gebäuden eine wesentliche Änderung vorliegt, ein Anspruch auf Schutz gegen Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb dem Grunde nach ist basierend auf den baulichen Änderungen somit nicht gegeben.

Greifenberg, 13.04.2023



ACCON GmbH
Dipl.-Phys. H. Venghaus