

Erschütterungstechnische Untersuchung

2-gleisiger Ausbau der Strecke Heilbronn – Eppingen zwischen Bahn-km 126,3+82 und Bahn-km 129,4+22

Dipl.Phys. Helmut Venghaus
Bericht-Nr.: ACB-0122-9528/05

25.01.2022

Titel:	Erschütterungstechnische Untersuchung 2-gleisiger Ausbau der Strecke Heilbronn – Eppingen zwischen Bahn-km 126,3+82 und Bahn-km 129,4+22
Auftraggeber:	Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH Postfach 11 40 76001 Karlsruhe
Auftrag vom:	12.02.2021
Bericht-Nr.:	ACB-0122-9528/05 <i>Alle zuvor erstellten Berichte verlieren hiermit ihre Gültigkeit</i>
Ersetzt Bericht-Nr.:	ACB-0821-9528/04
vom:	24.09.2021
Umfang:	21 Seiten Text und 10 Seiten Anlagen
Datum:	25.01.2022
Bearbeiter:	Dipl.Phys. Helmut Venghaus

Diese Unterlage ist für den Auftraggeber bestimmt und darf nur insgesamt kopiert und verwendet werden.
Bei Veröffentlichung dieser Unterlage (auch auszugsweise) hat der Auftraggeber sicherzustellen, dass die veröffentlichten Inhalte keine datenschutzrechtlichen Bestimmungen verletzen.

Inhalt

Quellenverzeichnis	4
1 Anlass und Aufgabenstellung	5
2 Örtliche Gegebenheiten/geplante Baumaßnahme	5
3 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen	6
3.1 Einführung	6
3.2 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen	8
3.3 Berücksichtigung der Vorbelastung	8
3.4 Belastung der Gebäude durch Schwingungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb.....	9
3.5 Sekundärer Luftschall	9
4 Bestimmung der Erschütterungsemissionen	10
4.1 Messverfahren	10
4.2 Zusatzuntersuchung Coradia Continental ohne/mit Weiche	13
4.3 Ergebnisse aus den Messungen	13
5 Prognose der Erschütterungsimmissionen	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Ermittlung der KB-Kennwerte.....	16
5.3 Prüfung auf wesentliche Änderung.....	17
5.4 Untersuchte Gebäude	18
5.5 Besondere Gebäude im Untersuchungsbereich	19
6 Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb	19
6.1 Ergebnisse	19
6.2 Mögliche Maßnahmen gegen erhöhte Emissionen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb.....	20
6.3 Schutzmaßnahmen gegen erhöhte sek.Schallimmissionen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb im Bereich der Weichen W703 und W704	20
7 Zusammenfassung	21
Anlagen.....	22

Quellenverzeichnis

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen herangezogen:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist
- [2] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (16. BImSchV – Verkehrslärmschutzverordnung), 18. Dezember 2014
- [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] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)
- [5] DIN 4150-2:1999-06; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [6] DIN 4150-3:2016-12; Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [7] DB Netz AG: Ril 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, DB Netz AG, 01.01.2017
- [8] DIN 45669, Teil 1 „Messung von Schwingungsmissionen – Anforderungen an Schwingungsmesser“, September 2019
- [9] DIN 45669, Teil 2 „Messung von Schwingungsmissionen – 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] „Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung“, Eisenbahn-Bundesamt, Zentrale vom 30.01.2017
- [13] Railway Induced Vibration Abatement Solutions (RIVAS), Measurement report about a new under sleeper test track in a curve, Deliverable D3.8, EU-FP7 SCP0-GA-2010-265754, International Union of Railways (UIC), 31.12.2013,
- [14] F. Müller-Boruttau, Emissionsschutz mit SYSTEME GRÖTZ BSO/MK – Ergebnis der Funktionsnachweismessung und Potenzial, Auftragsnr. 177.41, Präsentation bei DB Netz AG, Frankfurt, 20.11.2002

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) plant auf einer Länge von ca. 3.2 km den 2-gleisigen Ausbau der Strecke 4950 bzw. der AVG-Strecke 94950 auf dem Streckenabschnitt zwischen dem Haltepunkt (Hp) Leingarten-West und Bahnhof (Bf) Schwaigern. Im Rahmen des erforderlichen Planfeststellungsverfahrens sind unter anderem die schalltechnischen Auswirkungen des vorgesehenen Streckenausbaus zu ermitteln und zu beurteilen.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung werden die mit dem zukünftigen Betrieb der Strecke in Zusammenhang stehenden Einwirkungen nach der DIN 4150-2 in Bezug auf Menschen und DIN 4150-3 in Bezug auf Gebäude ermittelt und beurteilt.

Die aus den Schwingungsimmissionen entstehenden sekundären Luftschallimmissionen in den Innenräumen werden entsprechend der derzeit angewandten Rechtsprechung beurteilt.

Bei Überschreitung der sich daraus ergebenden Anforderungen sind Schutzmaßnahmen zu konzipieren.

Die im Zuge der Errichtung der Strecke anfallenden baubedingten Erschütterungen werden in einer eigenen erschütterungstechnischen Untersuchung gesondert ermittelt und beurteilt.

2 Örtliche Gegebenheiten/geplante Baumaßnahme

Die Kraichgaubahn verbindet als Strecke 4950 die Kreisstadt Heilbronn mit der Stadt Eppingen. Im Bereich zwischen dem Hp Leingarten und dem Bf Schwaigern verläuft die Strecke auf einer Länge von rd. 3,2 km derzeit nur eingleisig. Im Zuge der Stärkung des ÖPNV plant die AVG den zweigleisigen Ausbau dieses Streckenabschnitts. Den Verlauf der Strecke sowie die ungefähre Lage des Ausbaubereichs verdeutlicht Abbildung 1.



Abbildung 1: Übersichtsplan Strecke 4950 (Quelle: OpenRailwayMap, Daten © OpenStreetMap-Mitwirkende)

Der Spurplan in Abbildung 2 skizziert die geplanten baulichen Änderungen (Roteinträge) grob auf. Demnach wird zwischen der Weichenspitze (W822) bei Bahn-km 126,382 in Leingarten und der Weichenspitze (W702) bei Bahn-km 129,422 in Schwaigern durch Bau eines neuen durchgehenden Gleises nördlich des bestehenden Gleises der zweigleisige Ausbau realisiert. Im Zuge des Ausbaus werden zudem insgesamt 4 neue Weichen (W702 bis W704 und W822) eingebaut, sowie die Weiche W701 um ca. 12 m in Richtung Leingarten verlegt. Am Hp

Schwaigern-Ost wird zusätzlich ein Bahnsteig nördlich des neuen Gleises errichtet. Die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit wird seitens der AVG mit 100 km/h angegeben.

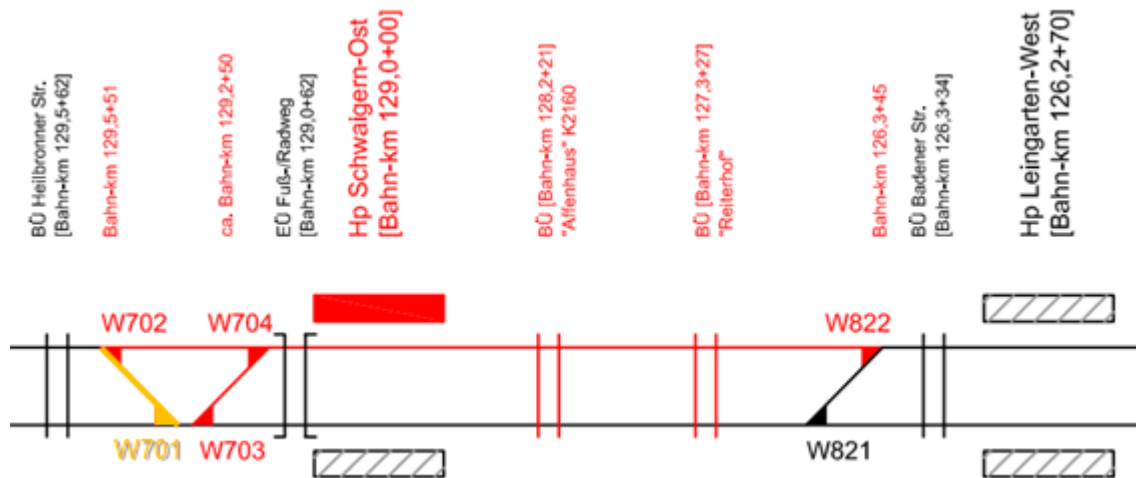


Abbildung 2: Spurplanskizze Strecke 4950 mit geplanten zusätzlichen Weichen W702, W703, W704, W822 und Verlegung der Weiche W701 (Quelle: AVG)

Basierend auf den vorliegenden Planunterlagen befinden sich die Spitzen der Weichen, die den zweigleisigen Ausbau markieren in Leingarten bei km 126,2+83 und in Schwaigern bei km 129,4+22. Vom Bauanfang bei km 126,3+45 bis zur Weiche 822 sowie von Weiche 702 bis zum Bauende bei 129,5+51 sind bereits im heutigen Zustand 2 Gleise vorhanden. In diesen Abschnitten werden die Gleise nur überarbeitet und geringfügige Anpassungen vorgenommen.

3 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen

3.1 Einführung

Es existieren zurzeit keine gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen aus Schienenverkehrswegen. Art und Grad der individuellen Beeinträchtigung durch Erschütterungen hängen vom Ausmaß der Erschütterungsbelastung und anderer situativer Faktoren ab.

Die in der Norm DIN 4150 festgelegten Beurteilungsverfahren haben den Zweck, die oben genannten Einflüsse bestmöglich zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall erfolgt die Beurteilung der Erschütterungen gemäß dem Teil 2 dieser Norm: „Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, DIN 4150 Teil 2, Ausgabe 1999 [5].

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 [5] werden im Folgenden zusammengefasst.

Tabelle 2: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [8] 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

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 dagegen 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.

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_{FTr}).

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_{FTr}). Die oberen Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung (siehe unten).

Bei der Ermittlung von KB_{FTr} 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 nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FTr}-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_{FTr} 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 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

3.3 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 Erschütterungsimmissionen Betroffene Vorbelastungen „schutzmindernd“ zurechnen lassen. Demnach können Betroffene lediglich verlangen, dass durch das Hinzutreten neuer Erschütterungsimmissionen infolge von Ausbaumaßnahmen die Vorbelastungen nicht wesentlich erhöht werden. Es besteht kein Anspruch auf Verbesserung der Erschütterungsimmissionssituation. Bis zum Erreichen der Kriterien für neu zu bauenden Strecken ist jede Erhöhung zulässig. Als Größenordnung, ab der eine Erhöhung von Erschütterungsimmissionen 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 Erschütterungsimmissionen 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 $KB_{FTTr} < A_r$, dann sind die erschütterungstechnischen Anforderungen ebenfalls eingehalten.
- Ist $KB_{FTTr} > A_r$, und beträgt die Erhöhung der Erschütterungsimmissionen der KB_{FTTr} - Werte im Prognose-Fall < 25 % gegenüber der Belastung im Prognose-Nullfall dann liegt keine wesentliche Erhöhung vor und die Anforderungen sind eingehalten

- Ist $KB_{FT} > A_r$, und erhöht der KB_{FT} 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 [12].

3.4 Belastung der Gebäude durch Schwingungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb

Die DIN 4150, "Erschütterungen im Bauwesen", Teil 3, vom Dez. 2016 [6] nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind. Diese Anhaltswerte liegen um ein Vielfaches höher als die Anhaltswerte bei Einwirkung auf Menschen in Gebäuden. Im Allgemeinen sind aus dem Schienenverkehr keine Überschreitungen im Sinne dieser Norm zu erwarten. Das bedeutet, dass im vorliegenden Fall keinerlei Bauschäden aufgrund von betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen befürchtet werden müssen.

3.5 Sekundärer Luftschall

Durch Körperschallübertragung bzw. -anregung der Raumbegrenzungsflächen kann in Gebäuden sogenannter „sekundärer Luftschall“ entstehen und einen u.U. nicht zu vernachlässigenden Anteil am gesamten Innenraumpegel hervorrufen.

Die messtechnische Ermittlung des sekundären Luftschalls ist derzeit nicht eindeutig geregelt und nur bei unterirdischen Strecken mit vertretbarem Aufwand durchführbar. Das Prognoseverfahren beruht auf den (spektralen) Körperschallschnelle-Pegeln, welche physikalisch mit dem Abstrahlgrad der Raumbegrenzungsflächen verbunden sind.

Die Ermittlung des Abstrahlverhaltens Körperschall-Luftschall in den betroffenen Gebäuden (von der Bausubstanz abhängig) ist nur mit hohem Aufwand möglich. Es hat sich eine Vorgehensweise entwickelt und bewährt, den Zusammenhang zwischen dem Körperschall-Schnellepegel in Fußbodenmitte und dem im Raum entstehenden sekundären Luftschallpegel bzw. Gesamtinnenschallpegel durch Korrelationsbetrachtungen aus messtechnisch ermittelten und statistisch verwerteten Beziehungen zu bestimmen. Das hierzu angewandte Verfahren wird in [7] beschrieben

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 [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 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.

Auch für den sekundären Luftschall gilt:

Bei Änderungen an bestehenden Verkehrsanlagen ist eine vorhandene Belastung schutzmindernd anzurechnen. Bei Überschreitungen der aus der 24. BImSchV abgeleiteten Innenraumpegel ist daher zu überprüfen, ob es zu einer erheblichen Verschlechterung gegenüber dem Prognose-Nullfall kommt. Wie bei Luftschallimmissionen allgemein üblich, ist hierbei eine Pegelerhöhung ab 3 dB(A) (aufgrund des im Immissionsschutz üblichen Rundungsverfahrens in der Praxis bereits ab 2,1 dB) als deutliche Erhöhung anzusehen.

Die oben beschriebene Beurteilung des sekundären Luftschalls entspricht der EBA Verfügung zum Umgang mit sekundärem Luftschall in der Planfeststellung vom 30.01.2017 [12].

4 Bestimmung der Erschütterungsemissionen

4.1 Messverfahren

Die fahrzeugbedingten Erschütterungsemissionen werden im Wesentlichen durch Anzahl, Art und Geschwindigkeit der Züge bestimmt, die lokalen Bodenbeschaffenheiten und der Trassenaufbau liefern zusätzliche Beiträge.

Zu den heute auf dieser Strecke verkehrenden Regionalstadtbahnen werden zukünftig auch Coradia Continental Züge fahren. Die maximal zulässigen Streckengeschwindigkeiten werden zukünftig nur unwesentlich verändert sein.

Mit dem Bau des zusätzlichen Gleises wird auch beim Bestandsgleis der Oberbau gänzlich erneuert. Daraus ergibt sich in der überwiegenden Anzahl dieser Maßnahmen eine reduzierte

Erschütterungsemission, die nur sehr bedingt prognostizierbar ist. Dieser Austausch des Oberbaus wird mit einer Minderungswirkung von 1,5 dB des Schwingschnellpegels für den Prognosefall eingerechnet und bleibt im Prognose-Nullfall unberücksichtigt.

Die Ausdehnung der Baumaßnahme erfolgt über unterschiedliche geologische Formationen, so dass von unterschiedlichen lokalen Erschütterungseinleitungen in das Erdreich ausgegangen werden muß. Um diese lokalen Gegebenheiten erfassen zu können, wurden in 8 Abschnitten des Untersuchungsbereichs Messquerschnitte orthogonal zum bestehenden Trassenverlauf eingerichtet, an denen die Schwingungseinleitung in das Erdreich und deren Ausbreitung erfasst wurde.

Tabelle 5: Auslagen der Messquerschnitte

Quer-schnitt	Strecke km (±40 m)	Ort	Besonderheit	Abstände Messpunkte zum Gleis			
				[m]	[m]	[m]	[m]
1	129,4	Schwaigern Heil-bronnerStr 35	Weiche, Ein-schnitt	18	22	26	30
2	128,6	Schwaigern Kern-erstr 100	Verringerter Ab-stand	8	12	16	24
3	129,2	Schwaigern Kriegsbergstr 5	Zukünftig Weiche	6,5	10,5	14,5	18,5
4	128,2	Leingarten Hof-statt 1	Verringerter Ab-stand	8	12	15	20
5	127,0		Dammlage	8	12	16	20
6	126,4	Leingarten Ba-derstr 43	2-gleisiger Bestand	8	10	14,5	18,5
7	126,5	Leingarten Schalkweg	Bestand Weiche, Dammlage	8	12	16	20
8	127,3	Leingarten Lerch-enberg 2	Bogen, ebenes Gelände	12	16	20	24



Abbildung 3: Planskizze zu den Lagen der Messquerschnitte 1-4 (Schwaigern)



Abbildung 4: Planskizze zu den Lagen der Messquerschnitte 5-8 (Leingarten)

Es wurden am 31.05. und am 01.06.2021 jeweils eine Messung vormittags und eine nachmittags ausgeführt. Dabei wurden an jedem Querschnitt mindestens 25 Vorbeifahrten aufgezeichnet. Zwei benachbarte Querschnitte wurden gleichzeitig messtechnisch erfasst.

Die Datenaufzeichnungen an den Querschnitten 1, 3, 7, 8 erfolgten mit

- 4x Geophone Typ SM 7 ($f_{\text{res}} = 10 \text{ Hz}$)
- Datenwandler imc CS 8008; sampling rate 2 kHz
- Datenspeicherung direct auf CPU

Die Datenaufzeichnungen an den Querschnitten 2, 4, 5, 6 erfolgten mit

- 4x Geophone Typ SM 7 ($f_{\text{res}} = 10 \text{ Hz}$)
- Datenwandler DataTranslation; sampling rate 2,024 kHz
- Datenspeicherung direct auf CPU

4.2 Zusatzuntersuchung Coradia Continental ohne/mit Weiche

Um die Messungen an den 8 Querschnitten mit Regionalstadtbahnen an der Ausbaustrecke mit den Emissionen des Coradia Continental Zuges ergänzen zu können, wurden an der DB Strecke 5381 (Ingolstadt – Neuburg a.d. Donau) die Schwingungsemissionen dieser Zugattung an einem Streckenabschnitt untersucht, in dem Messquerschnitte in gerader Strecke ohne Störung im Gleisbau und einen Bereich mit Weiche eingerichtet werden konnten.

Die Ergebnisse aus diesen Messungen fließen in die Prognoseberechnungen zur Ausbaustrecke ein.

4.3 Ergebnisse aus den Messungen

In der Abbildung 5 und Abbildung 6 werden Terzspektren dargestellt, die zum Teil extrapolierten Schwingemissionen für den Emissionsmesspunkt (8 m Entfernung zur Gleisachse) wurden.

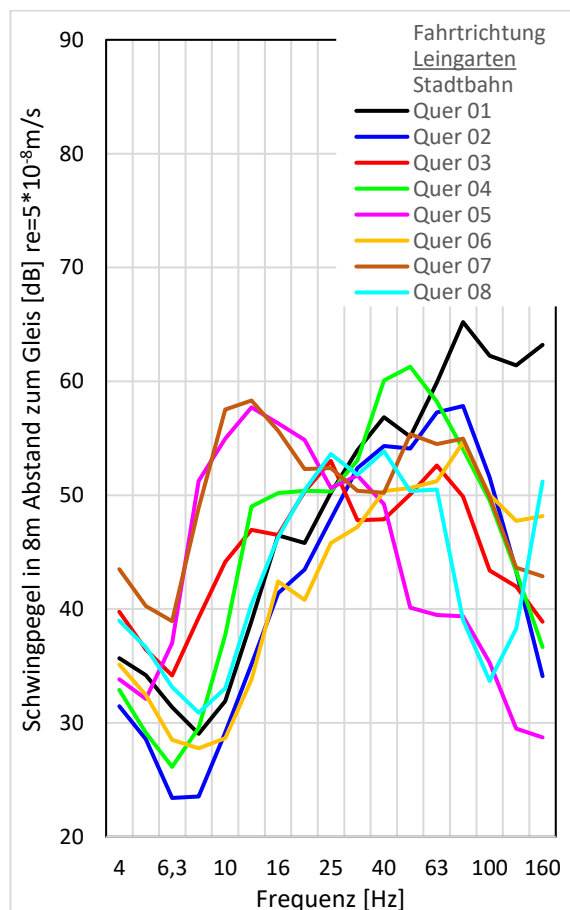


Abbildung 5: Spektren Schwingemission am Emissionsmesspunkt 8m Abstand zum Bestandsgleis Fahrtrichtung Leingarten

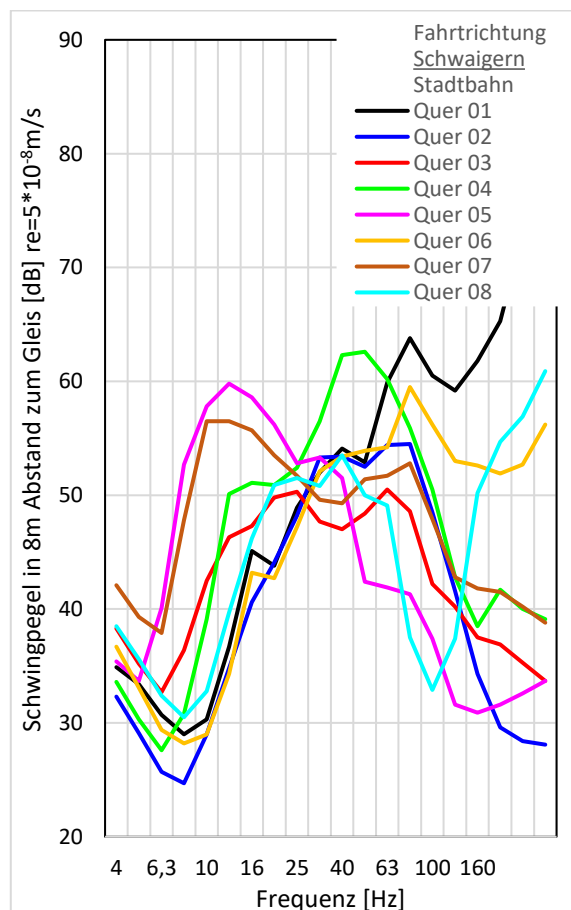


Abbildung 6: Spektren Schwingemission am Emissionsmesspunkt 8m Abstand zum Bestandsgleis Fahrtrichtung Schwaigern

Es wurden die Ergebnisse nach Fahrtrichtung getrennt dargestellt, da die Geschwindigkeiten der Züge in einigen Messabschnitten von der Fahrtrichtung abhingen. Die Unterschiede bleiben jedoch so gering, dass darauf für das Prognoseverfahren keine Rücksicht genommen werden muß.

Es heben sich die Ergebnisse der Querschnitte 1, 5 und 7 ab.

- Querschnitte 5 und 7 => Dammlage, Anhebung der Schwingungsemissionen im Frequenzbereich zwischen 6,3 Hz und 25 Hz, jedoch eine geringere Emission im Frequenzbereich oberhalb von 80 Hz
- Querschnitte 1 und 7 => sie liegen im Einflußbereich von Weichen mit erhöhter Emission im Frequenzbereich oberhalb von 100 Hz

Die Auswertungen der Messungen zum Coradia Continental Zug werden in Abbildung 7 gezeigt.

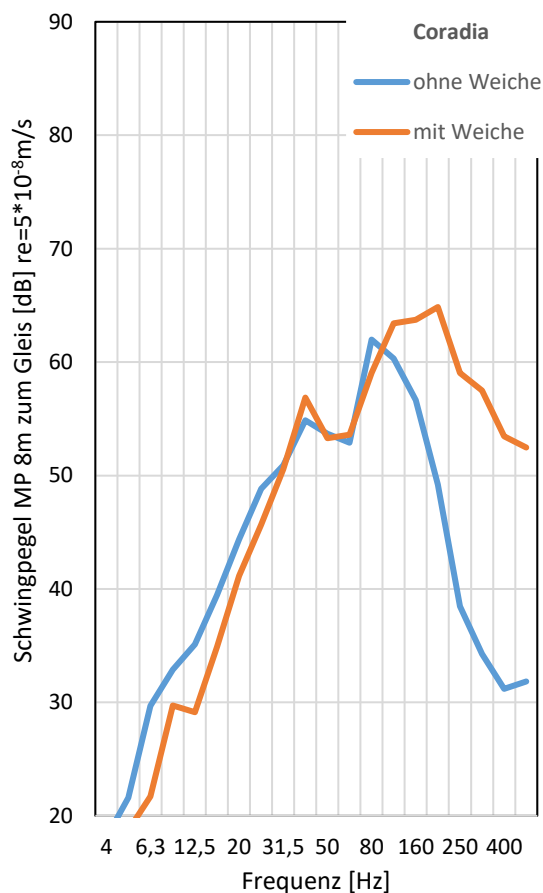


Abbildung 7: Spektren Schwingemission am Emissionsmesspunkt 8m Abstand zum Gleis

Die Spektren für den Coradia Continental zeigen, dass dieser Zug in etwa die gleichen Schwingungsemissionen im Erdreich erzeugt wie die Stadtbahn. Weiterhin zeigt Abbildung 7 sehr deutlich die Anhebung der höheren Frequenzanteile bei Überfahung der Weichen.

Die in der erschütterungstechnischen Untersuchung verwendeten Zugzahlen des Betriebsprogramms nach erfolgtem Streckenausbau wurden von der NVBW – Nahverkehrsgesellschaft

Baden-Württemberg mbH zur Verfügung gestellt und sind in Anlage 1 aufgeführt. Bei der Berechnung wurde zur sicheren Seite auf die Zugbelastung werktags (Mo-Fr) abgestellt, da sich hieraus die höchsten Emissionswerte ergeben.

Zudem wurde seitens des Vorhabenträgers darauf hingewiesen, dass im Zeitbereich nachts im Gelegenheitsverkehr ca. 20 Güterzüge/Jahr auf der Strecke verkehren. Bei diesen Gelegenheitsverkehren handelt es sich in der Regel um Trafotransporte mit Lademaßüberschreitung, sog. Lü-Transporte. Die Zugzusammensetzung wurde wie folgt angegeben:

Zuglänge 150m, 550t, E-Lok, 5 Wagen (1 Trafo, 4 Begleitwagen), $v_{\max} = 40 \text{ km/h}$.

Aus erschütterungstechnischer Sicht sind diese Fahrten wegen der geringen Streckengeschwindigkeiten als weniger belastend einzustufen, als der Regelverkehr. Andererseits können diese Fahrten als seltene Ereignisse eingestuft werden.

5 Prognose der Erschütterungsimmissionen

5.1 Allgemeines

Die Einflüsse des Schienenverkehrs wurden flächenhaft in Form von sogenannten Rastererschütterungskarten sowie gebäudespezifisch an 24 ausgewählten (für die vorliegende Untersuchung maßgebenden) Immissionsorten berechnet. Die Prognosewerte der Erschütterungsimmissionen wurden dabei für die Deckenmitte im 1. Obergeschoß (1.OG) berechnet, mit einer freien Spannweite von 4 m x 5 m.

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 Gebäuden 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.

Die Ausbreitungsberechnungen für die Erschütterungen im Erdreich und deren Übertragung in die Gebäudestrukturen erfolgten auf Basis von Messungen an 8 Querschnitten im Erdreich entlang des Streckenabschnitts und einem auf den Messergebnissen basierenden Berechnungsmethodik für die Erschütterungsimmissionen in den maßgeblichen Gebäuden entlang der Ausbaustrecke angelehnt an das in [7] vorgeschlagene Berechnungsverfahren. Die Abschätzung des darauf basierenden sekundären Luftschallpegels erfolgte ebenfalls in Anlehnung an [7].

Die Berechnungsergebnisse für die Gebäude wurden in tabellarischer Form aufbereitet (Anlage 2). Diese Ergebnisse sind für die Überprüfung auf Vorliegen von etwaigen Schutzansprüchen zu verwenden.

Die Abstandslinien wurden für Immissionswerte der Erschütterungen im 1.Obergeschoß eines potentiellen Gebäudes berechnet. Bis auf zwei Ausnahmen (IO 08 - Hofstatt 1, IO 03 - Baderstr

43) sind die betrachteten Gebäude mit Betondecken erstellt. Die Abstandslinien sind im Unterschied zu den Ergebnissen der maßgeblichen Gebäude nicht auf Einzelgebäude bezogen und sollen einen visuellen Eindruck der erschütterungstechnischen Einflüsse über den gesamten Ausbauabschnitt vermitteln. Sie sind für die Überprüfung auf Vorliegen etwaiger Schutzansprüche nicht geeignet. Die entsprechenden Plandarstellungen der Karten der Abstandslinien sind für die Zeitbereich nachts in Anlage 4 dargestellt.

Auf Basis der Berechnungen zu den Erschütterungsimmissionen werden die von den Raumbegrenzungsflächen abgestrahlten sekundären Schallimmissionen in den Räumen ermittelt. Die Berechnungsergebnisse hieraus wurden in tabellarischer Form aufbereitet (Anlage 3). Diese Ergebnisse sind für die Überprüfung auf Vorliegen von etwaigen Schutzansprüchen zu verwenden. In Anlage 7 werden die zu den Erschütterungen äquivalenten Abstandslinien für den sekundären Luftschall in den betroffenen Räumen dargestellt. Sie sind für die Überprüfung auf Vorliegen etwaiger Schutzansprüche nicht geeignet.

5.2 Ermittlung der KB-Kennwerte

Die mit den Sensoren aufgenommenen Schwingschnellewerte aus dem Bahnbetrieb werden einer Frequenzfilterung (Hochpass $f_c = 5,6$ Hz) unterzogen und nachfolgend mittels gleitender Effektivwertbildung zu Schnellepegeln umgerechnet.

Die Einwirkdauer aus einer Zugvorbeifahrt wird im Untersuchungsgebiet kürzer als 30 s ausfallen. Da die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf einer zeitlichen Taktung von 30 s Dauer erfolgt, sind die bei einer Vorbeifahrt auftretenden maximalen Erschütterungswerte dem maximalen Erschütterungswertes des jeweiligen Takts gleichzusetzen.

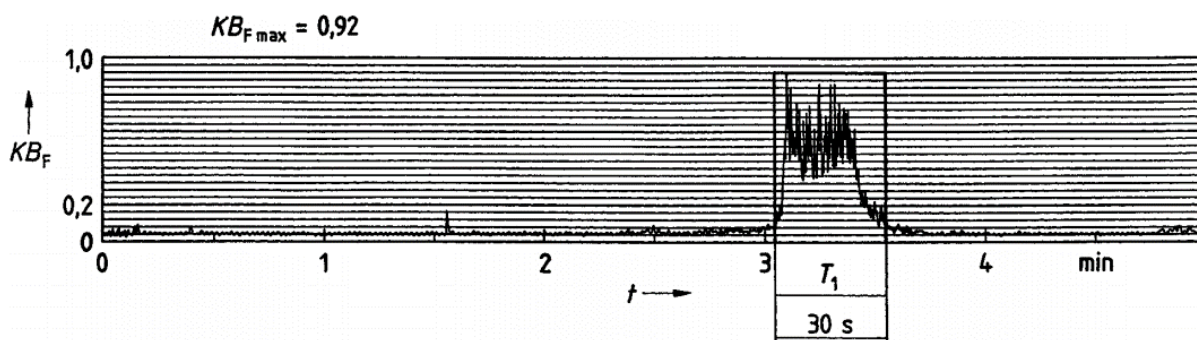


Abbildung 8: Schnellepegel einer Zugvorbeifahrt

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird berechnet aus den Taktmaximal-Effektivwerten KB_{FTm} und dem Quotienten aus Einwirkdauer T_e und Beurteilungszeit T_r entsprechend Gleichung /1/

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} * \sqrt{T_e/T_r}$$

KB_{FTm} = Taktmaximal-Effektivwert – hier gleich KB_{Fmax} ,
da die Einwirkdauer eines Zuges kürzer als 30
s dauern wird

T_e = Einwirkdauer = tägliche Betriebsdauer

T_r = Beurteilungszeiträume, tagsüber 16 h, nachts 8 h

/1/

5.3 Prüfung auf wesentliche Änderung

Für die Bebauung im Bereich des neuen zweigleisigen Abschnitts ist per Definition von einer wesentlichen Änderung auszugehen. Zur Prüfung, ob ein Anspruch auf Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen besteht, wurden die Beurteilungswerte KB_{FT} des Prognose Planfalls mit den Anhaltswerten A_r verglichen. Beim Vorliegen einer Überschreitung besteht ein Anspruch auf Schutzmaßnahmen dem Grunde nach.

In einem ersten Schritt wurden die Beurteilungspegel KB_{FT} für Erschütterungsimmissionen des Ist-Zustandes mit dem Prognose-Nullfall verglichen.

Im Prognose-Planfalls wird auf der Nordseite der bestehenden Gleisanlage das zusätzliche Gleis erstellt. Damit rückt die Erschütterungsquelle an zwei Gebäude im Untersuchungsraum näher heran, während bei allen anderen Gebäuden wegen der Verteilung der Züge auf beide Gleise sich die Erschütterungsimmissionen nicht verschlechtert.

Die zusätzlichen Einbauten von Weichen zu Bauanfang (W822) sowie Bauende (W702) mit der verschobenen Weiche W701 haben ebenfalls keine folgenschweren negativen Auswirkungen auf die benachbarten Wohngebäude, da hier schon im Ist-Zustand die vorhandenen Weichen für eine leicht erhöhte Emission von Erschütterungen sorgen.

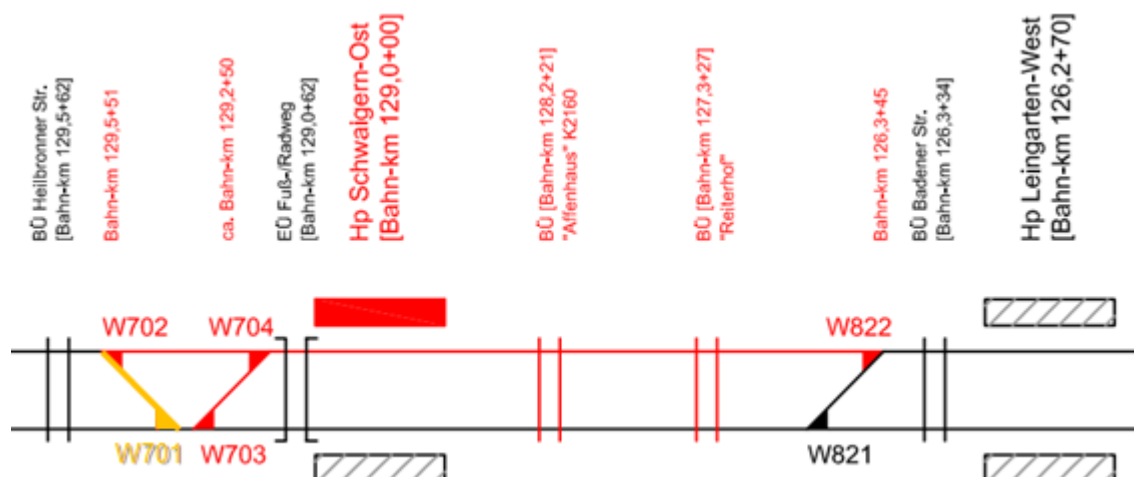


Abbildung 9: Schematische Darstellung der zukünftigen Gleise und Weichen im Untersuchungsbereich

Eine leicht erhöhte Immission aus dem Bahnbetrieb wird aus den zusätzlich geplanten Weichen W703 und W704 bei Bahn-km 129,2+50 erwartet.

Die Beurteilung der Immissionen aus dem Bahnbetrieb bezüglich Erschütterungen und dem daraus folgenden sekundären Schall wurde an 24 repräsentativ gewählten Gebäuden (Tabelle 6) im Bereich zwischen Bauanfang und Weiche 822, sowie zwischen Weiche 702 und Bauende berechnet, wobei an den Bauenden eine Überstandslänge einbezogen wurde, um mögliche Auswirkungen aus der neuen Trassenführung auf Gebäude in diesem Bereich berücksichtigen zu können.

Die Prognoseberechnungen für Erschütterungsimmissionen und sek.Luftschall erfolgte auf Basis der Querschnittmessungen in der Umgebung dieser Gebäude:

Zukünftig werden gegenüber den 14 Zügen im Nachtzeitraum 8 Züge mehr verkehren, die an einigen Streckenabschnitten gegenüber den haltenden Zügen schneller fahren. Das bedeutet eine Erhöhung der maximalen Erschütterungsimmission KB_{FTmax} in einigen Immissionsorten. Insgesamt erhöht sich somit der Beurteilungswert KB_{FT} um 25,4%. Damit ist bezüglich der Erschütterungsimmissionen das Kriterium einer von 25 % gegenüber der Vorbelastung erfüllt. Die Ergebnistabelle der Überprüfung für Erschütterungsimmissionen auf Vorliegen einer wesentlichen Änderung sowie der Überschreitung der Anhaltswerte ist in Anlage 2 beigefügt.

5.4 Untersuchte Gebäude

In der Tabelle 6 werden die Gebäude aufgelistet, die im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchungen zur Beurteilung herangezogen wurden.

Tabelle 6 Liste der Gebäude im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchungen mit Angabe der wesentlichen lokalen Veränderungen

Leingarten		
Immissionsort	Prognose aus Messungen am	Veränderungen an der Strecke
IO 03 Badener Straße 34 IO 03 Badener Straße 43 (nur zur Information)	Querschnitt 06	Erhöhung der mittl. Geschwindigkeit wegen größerer Anzahl durchfahrender Züge
IO 16 Schalkweg 1 IO 21 Schalkweg 3 (laut Eintrag im Grundbuch)	Querschnitt 07	Erhöhung der mittl. Geschwindigkeit wegen größerer Anzahl durchfahrender Züge
Schwaigern		
Immissionsort	Prognose aus Messungen am	Veränderungen an der Strecke
IO 09 Lerchenberg 1/1	Querschnitt 08	2.Gleis
IO 08 Hofstatt 1 (nur zur Information)	Querschnitt 04	2.Gleis
IO 36 Kernerstraße 100	Querschnitt 02	2.Gleis
IO 85 Ostendstraße 76 IO 86 Ostendstraße 74 IO 91 Ostendstraße 86 IO 90 Ostendstraße 84 IO 53 Ostendstraße 106 IO 54 Ostendstraße 104	Querschnitt 03	2.Gleis
IO 38 Kriegsbergstraße 1 IO 41 Kriegsbergstraße 3 IO 42 Kriegsbergstraße 3/1 IO 44 Kriegsbergstraße 5 IO 45 Kriegsbergstraße 5/1 IO 47 Kriegsbergstraße 7 IO 48 Kriegsbergstraße 9	Querschnitt 03	2.Gleis zusätzliche Weichen
IO 34 Heilbronner Straße 35 IO 34 Heilbronner Straße 21 IO 70 Alte Straße 12 IO 71 Alte Straße 10	Querschnitt 01	teilweise 2.Gleis zusätzliche Weiche

5.5 Besondere Gebäude im Untersuchungsbereich

Im Zuge von Veräußerungen ehemaliger Bahndienstgebäude wurden beschränkte persönliche Dienstbarkeiten im Grundbuch eingetragen, wonach alle über § 906 des BGB hinausgehenden Einwirkungen des Eisenbahnbetriebs zu dulden sind. Dies betrifft die in Tabelle 7 aufgelisteten Gebäude:

Tabelle 7: Gebäude mit eingetragener Dienstbarkeit

Gemarkung	FlurStk	Adresse	IO-Nr.	Eintrag vom	Lage bei ca. Bahn-km
Schwaigern	3745	Hofstatt 1		12.07.1984	128,2+25
Leingarten	183/1	Badener Straße 43		29.04.1987	126,3+45

Diese Gebäude werden im weiteren Verlauf der Untersuchung daher nur informativ berücksichtigt und in der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nicht aufgenommen.

6 Erschütterungseinwirkungen aus dem Bahnbetrieb

6.1 Ergebnisse

Die Ergebnistabelle in Anlage 2 zeigt auf, dass nur in Teilbereichen des Untersuchungsbereichs das Kriterium einer Erhöhung der Immissionen um mindestens 25% aus Erschütterungen erfüllt ist, jedoch bleibt der Anhaltswert A_r zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen an allen betroffenen Gebäuden auch nach dem Umbau der Trasse weiterhin unterschritten.

Damit wird das Beurteilungskriterium zur Zumutbarkeit der Erschütterungseinwirkungen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb eingehalten.

Die absolut auftretenden Erschütterungsimmissionen aus den einzelnen Zugvorbeifahrten werden sich in den Streckenabschnitten ohne neue Weichen W703 und W704 nicht erhöhen, da für die überwiegende Anzahl der betroffenen Gebäude das neue Gleise in größerer Entfernung als das bestehende Gleis errichtet wird.

Lediglich die Wohngebäude IO 08 Hofstatt 1 und IO 36 Kernerstr. 100 werden durch das heranrückende neue Gleis durch die Immissionen höher belastet. Bezogen auf den Beurteilungswert KB_{FT} fallen diese erhöhten Belastungen noch relativ milde aus, jedoch bezogen auf die maximalen Erschütterungswerte KB_{FTmax} ist von einer spürbaren Erhöhung auszugehen.

Die Ergebnisse für die Immissionen aus dem sek.Luftschall nach Anlage 3 zeigen, dass an allen betrachteten Gebäuden die Orientierungswerte für den Nachtzeitraum eingehalten werden

In der Umgebung der zusätzlich geplanten Weichen ist mit einer Erhöhung des sek.Luftschalls zu rechnen. Dieses begründet sich daraus, dass die Unterbrechung des Laufweges im Herzstück der Weichen stark höhere Frequenzanteile bei den Erschütterungsemissionen erzeugt werden, die sich im Luftschall wesentlich deutlicher bemerkbar machen.

6.2 Mögliche Maßnahmen gegen erhöhte Emissionen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb

Grundsätzlich werden die Orientierungswerte nach DIN 4150-2 und der 24.BImSchV an allen Immissionsorten eingehalten. Für den Immissionsort IO 36 Kernerstr 100 ist jedoch davon auszugehen, dass die Belastung aus den einzelnen Vorbeifahrten deutlicher als heute vernehmbar sein werden und von daher eine erhöhte Belästigung aus dem Bahnbetrieb entsteht.

Als mögliche Maßnahmen zur Verringerung gegen die Erschütterungsemissionen aus dem Bahnbetrieb sind zu sehen

- Schwellenbesohlung mit elastischen Matten
- Einfügen einer elastischen Matte zwischen Schotter und Planumsschutzschicht
- Erzeugen einer quasi-festen Fahrbahn (qFF) mit Unterschottermatten (z.B. System Grötz)
- Schlitzwand oder Betonwand im Erdreich zu Behinderung der Schwingungsausbreitung

Die Wirkung einer Schlitz- oder Betonwand im Erdreich ist extrem von den lokalen geologischen Verhältnissen abhängig und wird für diesen Bereich nicht empfohlen.

6.3 Schutzmaßnahmen gegen erhöhte sek.Schallimmissionen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb im Bereich der Weichen W703 und W704

In dem Einflußbereich der Weichen ist wegen der Unterbrechung der Lauffläche im Herzstück der Weichen mit einer erhöhten impulshaltigen Schwingungsemission zu rechnen, die zu einer deutlich vernehmbaren sek.Schallimmission innerhalb der Gebäude führt.

Es wird hierzu vorgeschlagen, jeweils mindestens 10 Schwellen in direkter Nachbarschaft zu diesen Herzstücken der Weichen als „besohlte Schwellen“ auszurüsten, um auf diesem Wege die Einleitung der höheren Frequenzanteile aus der Impulsanregung in das Erdreich unterdrücken zu können und in Folge daraus die sek.Schallimmissionen in den zu den Weichen benachbarten Gebäuden auf einem geringeren Schallpegel halten zu können.

Aus der Verlegung der Weiche W701 und der neuen Weiche W702 werden nur unwesentliche Veränderungen bezüglich Erschütterungsimmissionen und sek.Luftschall am IO 34 gegenüber der Ist-Situation erwartet, da die Verschiebung der Weiche W701 um eine Distanz von ca. 12 m vom Haus weg durch den zusätzlichen Einbau der Weiche W702 aufgehoben wird.

7 Zusammenfassung

Die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) plant auf einer Länge von ca. 3.2 km den 2-gleisigen Ausbau der Strecke 4950 bzw. der AVG-Strecke 94950 auf dem Streckenabschnitt zwischen dem Haltepunkt (Hp) Leingarten-West und Bahnhof (Bf) Schwaigern.

In der vorliegenden schalltechnischen Untersuchung wurden die mit dem zukünftigen Betrieb der Strecke in Zusammenhang stehenden Erschütterungseinwirkungen entsprechend der DIN 4150-2 ermittelt und beurteilt. Hierbei wurde festgestellt, dass kein Anspruch auf Lärmschutz dem Grunde nach vorliegt.

Eine Schädigung der Gebäudesubstanzen entlang des Untersuchungsabschnittes entsprechend DIN 4150-3 ist auf Grund der neuen Erschütterungsemissionen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb nicht zu erwarten.

Da das geplante zweite Gleis an die Gebäude nördlich der Bestandstrasse näher heranrückt steht zu erwarten, dass die maximalen Erschütterungsimmissionen einzelner Zugfahrten deutlicher spürbar sein werden.

Aus dem Bereich der Herzstücke aller Weichen werden die Emissionen mit impulshaltigen höheren Frequenzanteilen angehoben werden, was die sek.Schallimmissionen sehr wahrscheinlich hörbarer macht.

Die Erhöhungen der Immissionen bleiben aber im zulässigen Rahmen.

Es ist anzumerken, dass die in dieser Begutachtung mituntersuchten Wohnhäuser IO 03 (Baderstr 43, Leingarten) und IO 08 (Hofstatt 1) wegen der besonderen Einträge im Grundbuch keinen Anspruch auf Schutzmaßnahmen aus der neuen Situation des zukünftigen Bahnbetriebs haben. Sie werden in dieser Begutachtung mitgeführt, um nachweisen zu können, dass eine Schädigung der Bausubstanz aus den zukünftigen Erschütterungsimmissionen nicht zu erwarten ist.

Greifenberg, 25.01.2022



ACCON GmbH
Dipl.-Phys. Helmut Venghaus



ACCON GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Jörg-M. Czogalla

Anlagen

Anlage 1 – Verkehrskennndaten Schienenverkehr

Anlage 2 – Prüfung auf wesentliche Änderung und Überschreitungen (nachts) – Erschütterungen

Anlage 3 – Prüfung auf wesentliche Änderung und Überschreitungen (nachts) – sek.Luft-schall

Anlage 4 – Rasterkarten Erschütterungsimmissionen (nachts) – Planfall Streckenausbau

Anlage 5 – Rasterkarten sek.Schallimmissionen (nachts) - Planfall Streckenausbau

Anlage 1 Verkehrskenndaten Schienenverkehr

Istzustand (2022)

Schwaigern (Württ) in Richtung Leingarten		Istzustand (2022)							
Fahrzeug	Länge [m]	Achszahl	Anzahl Fahrten Montag-Freitag		Anzahl Fahrten Samstag		Anzahl Fahrten Sonn- und Feiertag		
			06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	
K01 (1x 2-Sys)	37	8	35	7	44	7	40	7	
K02 (2x 2-Sys)	74	16	27	1	1	0	1	0	
K03 (3x 2-Sys)	111	24	0	0	0	0	0	0	

Leingarten in Richtung Schwaigern (Württ)		Istzustand (2022)							
Fahrzeug	Länge [m]	Achszahl	Anzahl Fahrten Montag-Freitag		Anzahl Fahrten Samstag		Anzahl Fahrten Sonn- und Feiertag		
			06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	
K01 (1x 2-Sys)	37	8	36	6	42	6	36	5	
K02 (2x 2-Sys)	74	16	21	2	2	0	3	1	
K03 (3x 2-Sys)	111	24	1	0	0	0	0	0	

Prognose nach Ausbau

Schwaigern (Württ) in Richtung Leingarten		Prognose nach Ausbau						
Fahrzeug	Länge [m]	Achszahl	Anzahl Fahrten Montag-Freitag		Anzahl Fahrten Samstag		Anzahl Fahrten Sonn- und Feiertag	
			06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr
K01 (1x 2-Sys)	37	8	3	6	18	9	31	9
K02 (2x 2-Sys)	74	16	46	3	13	0	0	0
K03 (3x 2-Sys)	111	24	0	0	0	0	0	0
Coradia Continental 3-teilig	56.9	8	4	4	15	3	15	3
Coradia Continental 5-teilig	89.7	12	11	0	0	0	0	0

Leingarten in Richtung Schwaigern (Württ)		Prognose nach Ausbau						
Fahrzeug	Länge [m]	Achszahl	Anzahl Fahrten Montag-Freitag		Anzahl Fahrten Samstag		Anzahl Fahrten Sonn- und Feiertag	
			06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr
K01 (1x 2-Sys)	37	8	1	7	19	8	32	8
K02 (2x 2-Sys)	74	16	53	1	13	0	0	0
K03 (3x 2-Sys)	111	24	0	0	0	0	0	0
Coradia Continental 3-teilig	56.9	8	7	3	16	3	16	3
Coradia Continental 5-teilig	89.7	12	9	1	0	0	0	0

Für die Ermittlung der Emissionen werden im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung die Verkehrskenndaten Montag-Freitag zugrunde gelegt.

Zur sicheren Seite hin wird bei der Ermittlung der Emissionen nachts je Fahrtrichtung 1 Güterzug mit folgenden Randdaten berücksichtigt:

- Güterzug Lü:
Zuglänge 150m, 550t, E-Lok, 5 Wagen (1 Trafo, 4 Begleitwagen), Hg 40 km/h
Ansatz Trafowagen 6 Achsen mit Graugussbremsklotz, übrige Fahrzeuge mit K-Sohle, E-Lok mit Scheibenbremse

Anlage 2 Prüfung auf wesentliche Änderung und Überschreitungen (nachts) - Erschütterungen

Immissionsort		Erschütterungen						
		zul. A_r	Ist- Zustand	Prognose KB_{FTT}		Überschreitung A_r		Veränderung über +25%
				0-Fall	Ausbau	0-Fall	Ausbau	
IO 01 Badener Straße 34	GE	0,1	0,001	0,001	0,002	nein	nein	nein
IO 03 Badener Straße 43 nur zur Information	MI	0,07	0,005	0,006	0,017			
IO 16 Schalkweg 1 IO 21 Schalkweg 3 (laut Eintrag im Grundbuch)	MI	0,07	0,002 0,002	0,003 0,003	0,006 0,007	nein	nein	nein
IO 09 Lerchenberg 1/1	MI	0,07	0,003	0,004	0,004	nein	nein	nein
IO 08 Hofstatt 1 nur zur Information	MI	0,07	0,033	0,041	0,046			
IO 36 Kernerstraße 100	MI	0,07	0,008	0,010	0,015	nein	nein	ja
IO 85 Ostendstraße 76 IO 86 Ostendstraße 74 IO 91 Ostendstraße 86 IO 90 Ostendstraße 84 IO 53 Ostendstraße 106 IO 54 Ostendstraße 104	WA	0,05	0,003 0,003 0,005 0,005 0,006 0,005	0,004 0,004 0,006 0,006 0,008 0,006	0,004 0,004 0,006 0,006 0,008 0,006	nein	nein	nein
IO 38 Kriegsbergstraße 1 IO 41 Kriegsbergstraße 3 IO 42 Kriegsbergstraße 3/1 IO 44 Kriegsbergstraße 5 IO 45 Kriegsbergstraße 5/1 IO 47 Kriegsbergstraße 7 IO 48 Kriegsbergstraße 9	WA	0,05	0,007 0,005 0,007 0,007 0,013 0,003 0,003	0,008 0,006 0,008 0,008 0,016 0,004 0,004	0,008 0,006 0,009 0,009 0,018 0,004 0,004	nein	nein	ja
IO 34 Heilbronner Straße 35 IO 34 Heilbronner Straße 21 IO 70 Alte Straße 12 IO 71 Alte Straße 10	WA MI MI MI	0,05 0,07	0,005 0,007 0,008 0,008	0,006 0,008 0,010 0,010	0,008 0,008 0,011 0,011	nein	nein	nein

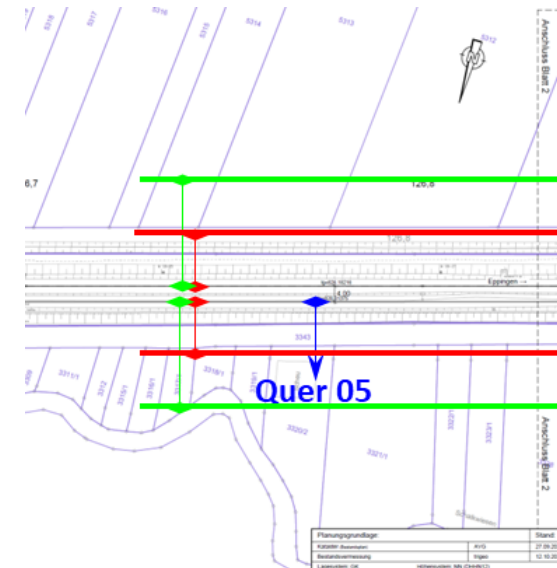
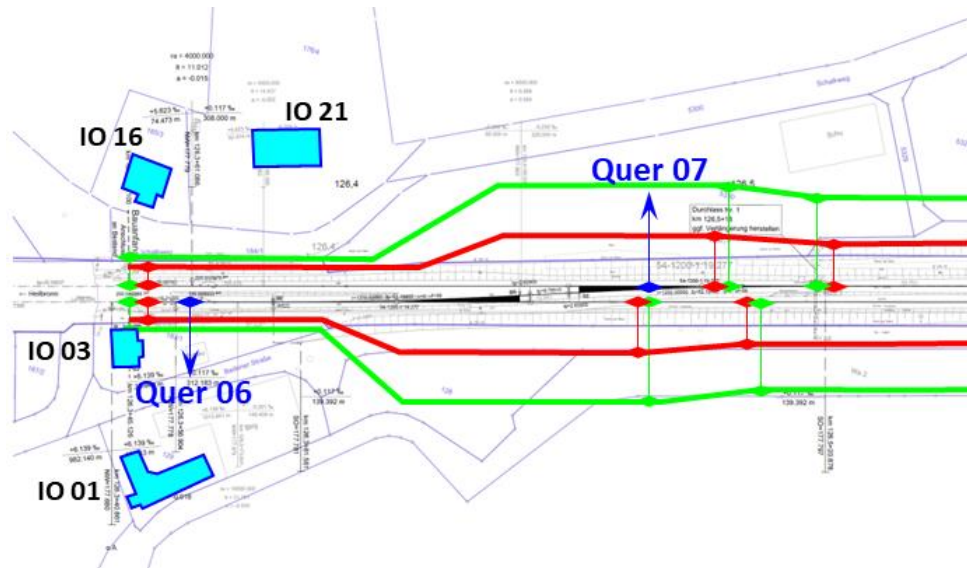
Anlage 3 Prüfung auf wesentliche Änderung und Überschreitungen (nachts) – sek.Luftschall

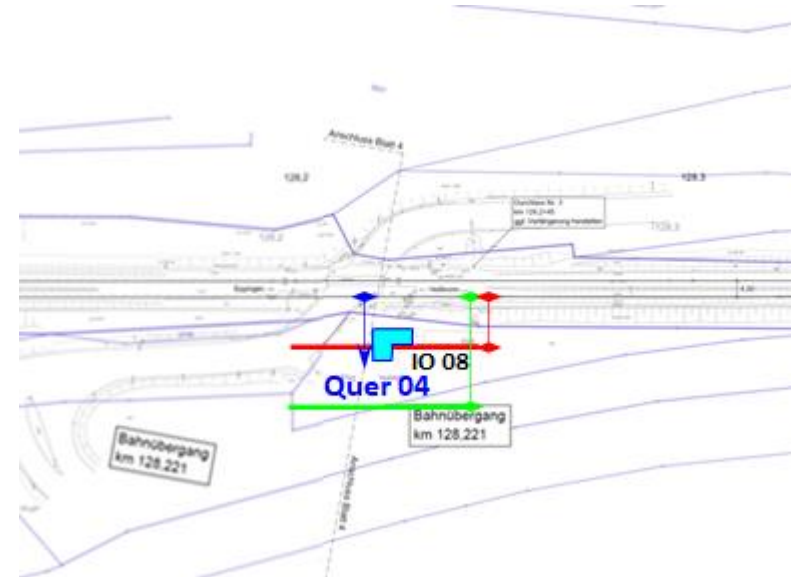
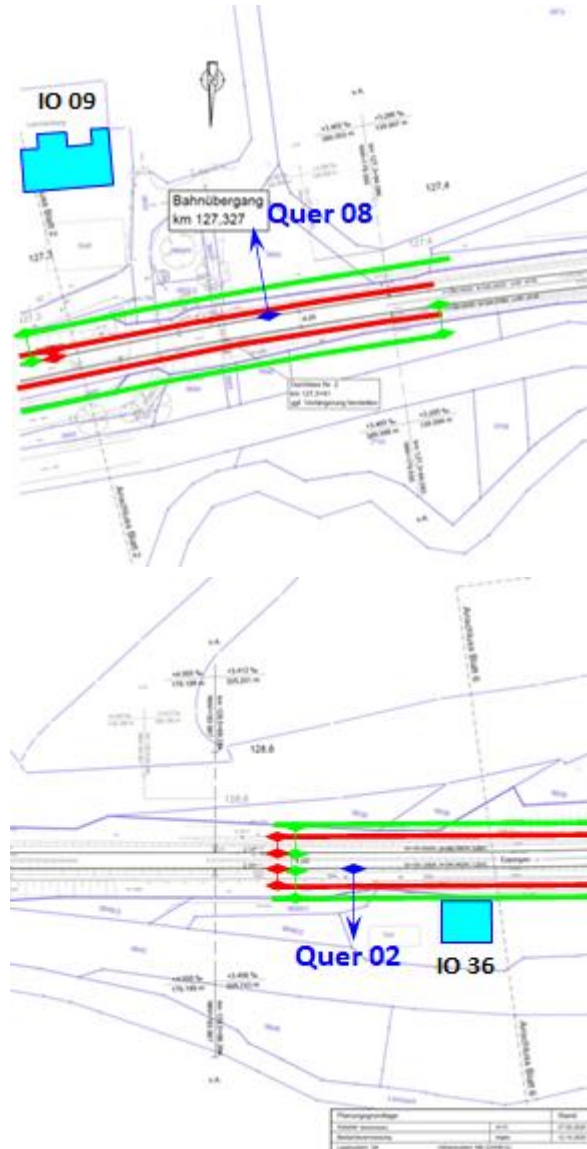
Immissionsort		zul. L _{sekAm} [dB(A)]	Sek.Luftschall					
			Ist- Zustand	Prognose		Überschreitung ΔL		Veränderung über +3dB
0-Fall	Ausbau	0-Fall		Ausbau				
IO 01 Badener Straße 34	GE		-12,1	-12,1	-7,5	nein	nein	ja
IO 03 Badener Straße 43 nur informativ	MI	30	7,4	7,4	18,9			
IO 16 Schalkweg 1 IO 21 Schalkweg 3 (laut Eintrag im Grundbuch)	MI	30	0,8 0,8	0,8 0,8	6,5 10,4	nein	nein	ja
IO 09 Lerchenberg 1/1	MI	30	-4,6	-4,6	-1,6	nein	nein	nein
IO 08 Hofstatt 1 nur informativ	MI	30	14,2	14,2	16,1			
IO 36 Kernerstraße 100	MI	30	17,6	17,6	19,5	nein	nein	nein
IO 85 Ostendstraße 76 IO 86 Ostendstraße 74 IO 91 Ostendstraße 86 IO 90 Ostendstraße 84 IO 53 Ostendstraße 106 IO 54 Ostendstraße 104	WA	30	-8,2 -8,1 -2,9 -2,9 -0,1 -2,2	-8,2 -8,1 -2,9 -2,9 -0,1 -2,2	-3,5 -3,5 2,2 2,2 5,2 2,9	nein	nein	ja
IO 38 Kriegsbergstraße 1 IO 41 Kriegsbergstraße 3 IO 42 Kriegsbergstraße 3/1 IO 44 Kriegsbergstraße 5 IO 45 Kriegsbergstraße 5/1 IO 47 Kriegsbergstraße 7 IO 48 Kriegsbergstraße 9	WA	30	1,2 -2,3 2,5 -6,3 11,1 -8,2 -8,1	1,2 -2,3 2,5 -6,3 11,1 -8,2 -8,1	6,6 2,3 8,0 -1,4 18,4 -3,5 -3,4	nein	nein	ja
IO 34 Heilbronner Straße 35 IO 34 Heilbronner Straße 21 IO 70 Alte Straße 12 IO 71 Alte Straße 10	WA MI	30	8,1 12,9 16,3 16,2	8,1 12,9 16,3 16,2	11,6 15,8 18,7 18,6	nein	nein	nein

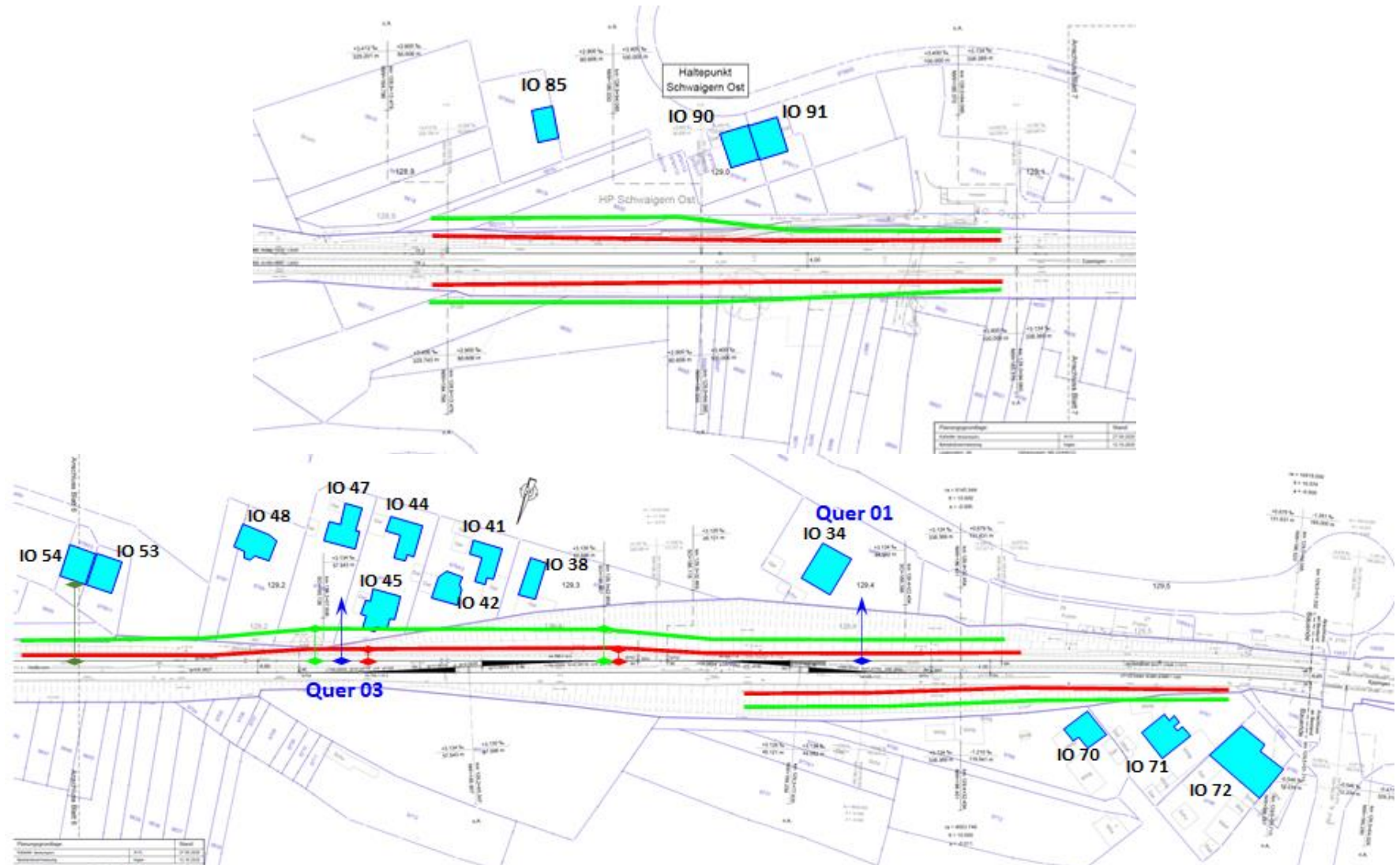
Anlage 4 Rasterkarten Erschütterungsimmissionen (nachts) - Planfall Streckenausbau

Grüne Linie => $KB_{FTmax} = 0,1$

Rote Linie => $KB_{FTmax} = 0,2$







Anlage 5 Rasterkarten sek.Schallimmissionen (nachts) - Planfall Streckenausbau

Orange Linie => $L_{Am,sek.} = 30 \text{ dB(A)}$

