

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
Schwieberdinger Str. 62
70435 Stuttgart

Telefon +49(711)136757 0
Telefax +49(711)136757 9

www.mbbm-ind.com

Dr.-Ing. Andreas Gömmel
Telefon +49(711)136757 16
andreas.goemmel@mbbm-ind.com

05. März 2024
M178840/01 Version 1 GML/EZR

SWU Verkehr GmbH

Untersuchungen zur Auswirkung der veränderten Erschütterungsimmissionen nach dem geplanten Umbau der Gleise im Bereich Ehinger Tor

Bericht Nr. M178840/01

Auftraggeber:	SWU Verkehr GmbH Postfach 38 67 89028 Ulm
Auftragsnummer:	48716067/03/600
Bearbeitet von:	Dr.-Ing. Andreas Gömmel
Berichtsumfang:	13 Seiten

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung, Vorgehensweise	4
2 Unterlagen	4
3 Bewertungsrelevante Gebäude und Abstände	5
4 Grundlagen der Prognose	5
4.1 Zugtypen/Achslasten	5
4.2 Abnahme über die Entfernung	6
4.3 Fahrgeschwindigkeiten	7
4.4 Streckenbelastung für Prognoseberechnungen	7
5 Bewertungsgrundlage	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Erschütterungen	8
5.3 Sekundärer Luftschall	10
6 Prognose und Bewertung	11
6.1 Vorgehensweise	11
6.2 Prognoseergebnisse	12
6.3 Bewertung	13
6.4 Mögliche Maßnahmen (informativ, da keine erheblichen Änderungen zu erwarten)	13

Zusammenfassung

Die SWU beabsichtigen, den Streckenabschnitt der Straßenbahnlinien 1 und 2 am Ehinger Tor umzubauen. Dabei ist vorgesehen, die Streckenführung geringfügig zu verändern, so dass die Gleise nach dem Umbau einige Meter näher am (für diese Untersuchung relevanten, weil nächstliegenden) Sparkassen-Gebäude Ehinger Str. 23 liegen. Die Immissionsarten Erschütterung und Sekundärluftschall sollten prognostiziert und bewertet werden. Weiterhin waren die in Zukunft neu eingesetzten, 7-teiligen Avenio-Züge zu berücksichtigen.

Analog zum hier anwendbaren Verfahren nach der RiL 820.2050 [1] wurden die prognostizierten Erschütterungen nach DIN 4150-2 [2] und die Sekundärluftschallimmissionen nach der 24. BlmschV [3] bewertet. Die Prognose hatte zum Ergebnis, dass im Prognose Nullfall (Ist-Zustand) die Vorgaben der Regelwerke eingehalten werden. Für den Prognose Planfall werden die Vorgaben an die Erschütterungsmissionen ebenfalls eingehalten. Die Vorgaben für den Sekundärluftschall werden lediglich im Nachtzeitraum um 1 dB überschritten. Diese Überschreitung ist einerseits wegen der Nutzung als Geschäftsgebäude nicht relevant und ist andererseits gem. RiL 820.2050 nicht als wesentliche Pegelerhöhung anzusehen.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:



Dr.-Ing. Andreas Gömmel

1 Situation und Aufgabenstellung, Vorgehensweise

Die SWU beabsichtigen, den Streckenabschnitt der Straßenbahnlinien 1 und 2 am Ehinger Tor umzubauen. Dabei ist vorgesehen, die Streckenführung zu verändern. Im Vorfeld sollten Prognosen zur Veränderung der zu erwartenden Erschütterungs- und Luftschallimmissionen erstellt werden. Dieser Bericht bewertet die (spürbaren) Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen. Letztere werden durch die im Boden weitergeleiteten Erschütterungen verursacht und daher mit ähnlichen Methoden prognostiziert.

Es ist zu berücksichtigen, dass zu den momentan eingesetzten Avenio-M- und Combino-Zügen (jeweils 5-teilig) zukünftig 7-teilige Avenio-Züge fahren sollen. Die Achslasten der Avenio-Züge liegen hierbei in der gleichen Größenordnung.

Die Bearbeitung erfolgte in den folgenden Schritten:

1. Aufarbeitung vorhandener Messdaten im Nahfeld der Ulmer Straßenbahn.
2. Prognose der spürbaren Erschütterungen und des Sekundärluftschalls für den Nullfall vor Umbau und den Planfall nach Umbau gemäß der RiL 820.2050 [1].
3. Bewertung der Prognoseergebnisse nach DIN 4150-2 [2] und 24. BImSchV [3].

2 Unterlagen

- [1] Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, DB Netze AG, 01.01.2017
- [2] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [3] 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV)
- [4] SWU-Verkehr GmbH, Plan (Maßstab 1:250) 2868 Erweiterung und barrierefreier Umbau Ehinger Tor, Variante 4.05, 02.11.2023
- [5] OpenStreetMap-Mitwirkende <https://www.openstreetmap.org/copyright>
- [6] Müller-BBM-Bericht Nr. M178840/02, „SWU Verkehr GmbH, Untersuchungen zur Auswirkung der veränderten Erschütterungsmissionen nach dem geplanten Umbau der Gleise im Bereich Donaustadion“ vom 05.03.2024
- [7] DIN 4150-1:2022-12, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
- [8] DIN EN 61672-1: Elektroakustik – Schallpegelmessung – Teil 1: Anforderungen, Juli 2014

3 Bewertungsrelevante Gebäude und Abstände

Im Vergleich zum momentanen Streckenverlauf ändert sich die Gleislage nur geringfügig [4]. Vor dem Sparkassengebäude Ehinger Str. 23 verringert sich der Abstand bei gleichzeitiger naher Lage des Gebäudes an den Gleisen. Momentan liegt der Abstand der relevanten Gebäudeecke (Stütze zum 1. OG) bei 22,6 m. Nach Umbau verringert sich der Abstand auf 18,4 m (siehe Skizze in Abbildung 1).

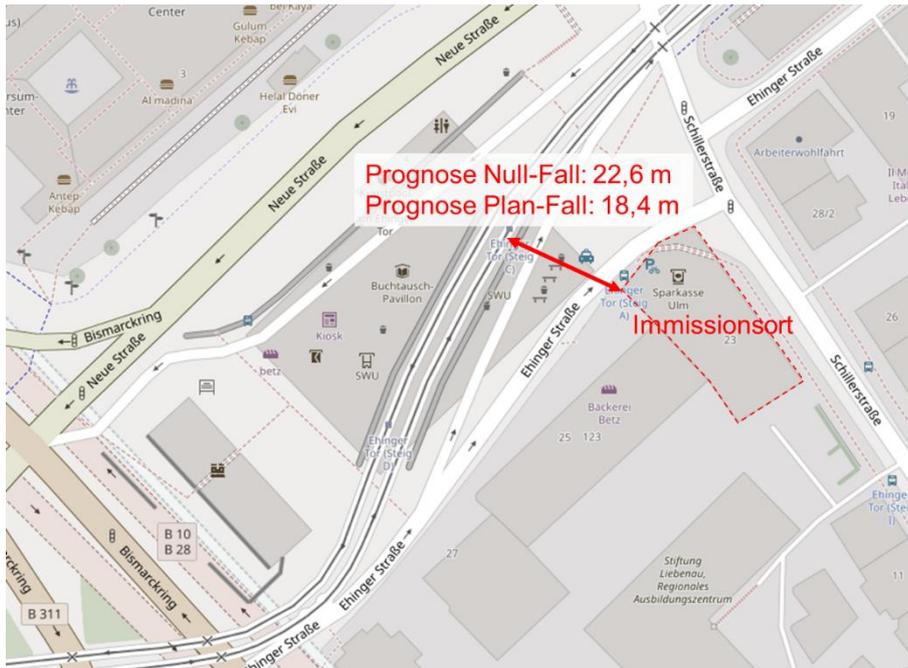


Abbildung 1. Makierung des relevanten Immissionsorts mit Angabe der Abstände vor und nach dem Umbau. Hintergrund: [5].

4 Grundlagen der Prognose

4.1 Zugtypen/Achslasten

Folgende Zugtypen sind zu berücksichtigen:

- Combino (Länge 31 m, 6 Achsen, max. Achslast 10,2 t)
- Avenio M (5-teilig, Länge 31 m, 6 Achsen, max. Achslast 10,0 t)
- Avenio M (7-teilig, noch nicht in Betrieb, Länge 42 m, 8 Achsen, max. Achslast 10,7 t)

Die maximale Abweichung der Achslasten liegt damit bei 7 % und kann bei der Prognose vernachlässigt werden. Die höhere Achszahl des geplanten 7-teiligen Avenio M wurde über eine längere Vorbeifahrtsdauer berücksichtigt.

Als Eingangsspektren konnten Messdaten aus dem Jahr 2024 im Bereich der Haltestelle Donaustadion [6] herangezogen werden. Die zu erwartenden Maximalgeschwindigkeiten sind an beiden Standorten gleich, so dass keine Korrektur angesetzt werden muss.

Die Spektren der beiden momentan betriebenen Zugtypen unterscheiden sich je nach Terzband um max. 6 dB. Da die Sekundärluftschallimmissionen durch die Frequenzanteile über 50 Hz bestimmt werden, wird sich bei zunehmender Nutzung der Avenio-M-Reihe eine Verbesserung im Vergleich mit der Combino-Reihe ergeben. Da für die Berechnung nicht bekannt ist, in welcher Verteilung beide Fabrikate eingesetzt werden, wurde zur Bewertung der Pegelmittelwert beider Zugtypen angesetzt (siehe Abbildung 2).

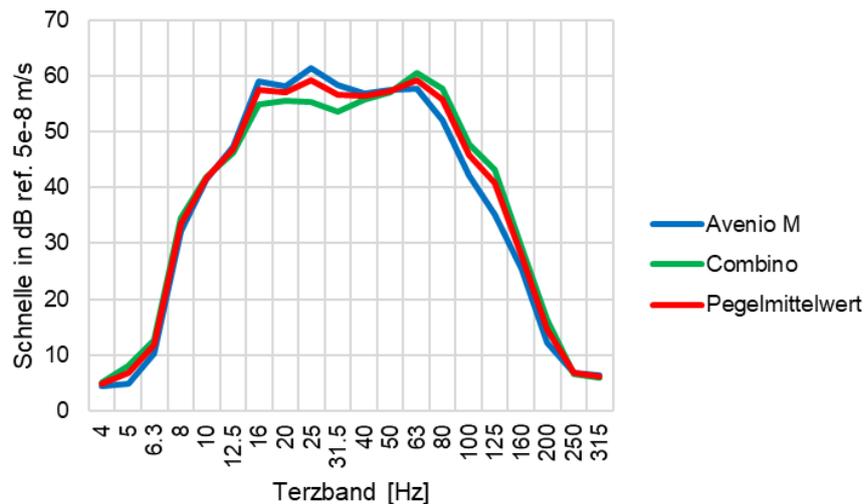


Abbildung 2. Terzbandspektren (Maximalpegel) der Schwinggeschwindigkeit in dB ref. 5e-8 m/s im Abstand von 8 m zur Gleismitte des Zugtyps Avenio M und Combino sowie Pegelmittelwert der Spektren. Messung im Bereich der Haltestelle Donaustadion.

4.2 Abnahme über die Entfernung

Die im Nahfeld (8 m) ermittelten Spektren wurden gemäß der folgenden Gleichung aus der DIN 4150-1 [7] ermittelt:

$$v = v_1 \left(\frac{R}{R_1} \right)^{-n} \exp[-\alpha(R - R_1)] \quad (1)$$

Die Variablen haben die folgenden Bedeutungen:

- v : Schwinggeschwindigkeit (Terzband-abhängig) in der prognostizierten Entfernung
- v_1 : Schwinggeschwindigkeit des Referenzspektrums (siehe Abbildung 2)
- R : Prognoseentfernung von der Gleismitte
- R_1 : Entfernung des Messpunkts des Referenzspektrums von der Gleismitte (8 m)

- n : Exponent abhängig von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingung. Hier angenommen: $n = 0,3$ (Linienquelle, stationäre Anregung, Weiterleitung über Raum- und Oberflächenwelle)
- α : Abklingkoeffizient, $\alpha \approx 2\pi D_B f / c$
- D_B : Dämpfungsgrad des Bodens. Hier angenommen: $D_B = 1\%$
- f : Frequenz
- c : Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle. Hier angenommen: $c = 200$ m/s

Damit ergeben sie die beiden angesetzten Terzbandspektren in den Entfernungen 22,6 m und 18,4 m wie in Abbildung 3 dargestellt.

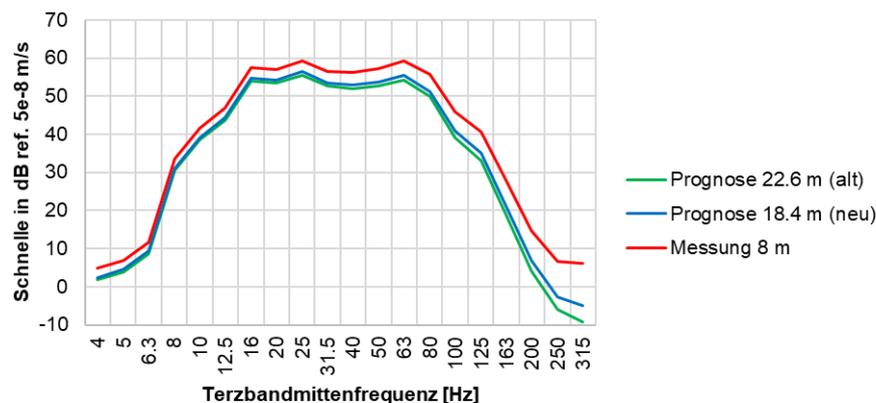


Abbildung 3. Bewertungs-Terzbandspektren (Maximalpegel) der Schwingschnelle in dB ref. 5e-8 m/s im Abstand von 8 m, 18,4 m und 22,6 m zur Gleismitte.

4.3 Fahrgeschwindigkeiten

Es ist davon auszugehen, dass die Geschwindigkeiten im Haltestellenbereich gleichbleiben. Für den Nullfall wurde eine Vorbeifahrtsdauer von 25 s angesetzt, für den Planfall wegen der längeren Züge 35 s.

4.4 Streckenbelastung für Prognoseberechnungen

Tabelle 1. Streckenbelastung für Prognoseberechnungen gem. aktuellem Fahrplan.

	Nullfall	Planfall
Tags (6h00-22h00)	432	432
Nachts (22h00-6h00)	48	48

Die Maßnahme dient nicht der Kapazitätserhöhung, daher wurden für Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall die gleichen Zugmengen angesetzt.

5 Bewertungsgrundlage

5.1 Allgemeines

Die Berechnung und Bewertung der Immissionen erfolgt aufgrund der von der Streckennutzung unabhängigen Prognoseverfahren analog zur entsprechenden Richtlinie der Deutschen Bahn (DB), der RiL 820.2050 [1].

5.2 Erschütterungen

Zur Beurteilung der spürbaren Erschütterungsmissionen auf Menschen in Gebäuden gibt die RiL 820.2050 im Anhang 03 [1] beim Aus- bzw. Umbau von bestehenden Schienenverkehrswegen ein zweistufiges Verfahren vor. Dabei sind die nach der Inbetriebnahme zu erwartenden Immissionswerte (Prognose-Planfall) zu ermitteln und anhand der folgenden Kriterien zu bewerten:

1. Überprüfung auf Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4105-2 [2].

Sind die erschütterungstechnischen Anforderungen (Taktmaximalwert $KB_{Fmax} \leq A_u$ bzw. Beurteilungsschwingstärke $KB_{FTr} \leq A_r$) eingehalten, sind keine weiteren Beurteilungsschritte erforderlich.

2. Überprüfung auf wesentliche Zunahme der Erschütterungsmissionen.

Erhöhen sich die Erschütterungsmissionen (KB_{FTr}) um weniger als 25 % gegenüber dem Prognose-Nullfall, liegt keine erhebliche bzw. keine wesentliche Zunahme der Erschütterungsmissionen vor, und die Anforderungen sind eingehalten.

Erhöhen sich die Immissionen im Vergleich zum Prognose-Nullfall um mindestens 25 %, liegt eine erhebliche bzw. wesentliche Zunahme der Erschütterungsmissionen vor.

Nur wenn die Erschütterungsmissionen aus dem Schienenverkehr nach dem Bauvorhaben wesentlich zunehmen, und gleichzeitig die prognostizierten Erschütterungen die gebietsabhängigen Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [2] übersteigen, sind Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsmissionen zu abwägen (siehe auch Abschnitt 6.4).

Die Beurteilung nach DIN 4150-2 [2] erfordert einen Vergleich von messtechnisch bestimmten oder anhand von Prognoseberechnungen für Fußböden ermittelten KB -Werten mit den Schwingstärke-Anhaltswerten A aus der Norm. Unterschieden wird dabei der sogenannte Taktmaximalwert KB_{Fmax} und die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} . Der KB_{Fmax} -Wert berücksichtigt dabei die maximal zu erwartenden, spürbaren Erschütterungen infolge eines einzelnen Ereignisses (in diesem Fall einer Zugvorbeifahrt). Der KB_{FTr} -Wert beschreibt den auf die Beurteilungszeit (tags 16h, nachts 8h) bezogenen Taktmaximal-Effektivwert.

Die DIN 4150-2 [2] unterscheidet bei der Bewertung der Erschütterungsmissionen nach Einwirkungsarten sowie der Einwirkungszeit (tags/nachts). Die Anhaltswerte zur Bewertung sind in Tabelle 2 dargestellt. Entlang der Ammertalbahn liegen Gebiete gemäß der Zeilen 1 bis 4.

Tabelle 2. Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (DIN 4150-2, Tabelle 1[2], fett: herangezogene Anhaltswerte).

Zeile	Einwirkungsort	Tag			Nacht		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. Krankenhäuser, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung – BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 – 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 – 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen worden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

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_{FTTr}).
- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen A_u - und A_r -Werte nach Tabelle 2.
- Bei der Ermittlung von KB_{FTTr} wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.
- 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_{FTTr} -Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über $A_o = 0,6$, so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z. B. Flachstellen an Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von KB_{FTTr} zu berücksichtigen.

5.3 Sekundärer Luftschall

Entsprechend der RiL 820.2050 [1] werden zur Bewertung des sekundären Luftschalls in Gebäuden Richtwerte für zumutbare Innenraumpegel anhand der 24. BImSchV [3] abgeleitet. Sie sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3. Immissionsrichtwerte für zumutbare Innenraumpegel L_i in Anlehnung an die 24. BImSchV [3].

Raumnutzung	$L_{i,T}$ [dB(A)] tags	$L_{i,N}$ [dB(A)] nachts
1 Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2 Wohnräume	40	-
3 Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4 Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5 Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6 Sonstige Räume, die nicht nur vorübergehend zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	Entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Gemäß der RiL 820.2050 [1] werden für die Beurteilung von sekundärem Luftschall ausschließlich die im Beurteilungszeitraum Tag (06:00 bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr) gemittelten Schalldruckpegel herangezogen. Kurzzeitige Geräuschspitzen werden nicht separat berücksichtigt. Dies entspricht laut [1] auch den sonst üblichen Grundsätzen bei der Beurteilung von Verkehrs- und insbesondere Schienenverkehrslärm, nach denen ebenfalls nur Beurteilungs- und kein Spitzenpegel verwendet werden.

Als Zumutbarkeitsschwelle werden daher die Mittelungspegel über den Beurteilungszeitraum gemäß Tabelle 3, Zeile 1 (nachts) und Zeile 2 (tags) berücksichtigt. Eine Überlagerung von primären und sekundären Luftschallimmissionen erfolgt dabei nicht.

Werden die Richtwerte nicht eingehalten, ist zu überprüfen, ob es durch die Maßnahmen zu einer erheblichen Verschlechterung gegenüber dem Prognose-Nullfall kommt. Dabei ist eine Pegelerhöhung ab 3 dB als wesentliche Änderung anzusehen.

Hier wird die Raumart „Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume“ zur Bewertung angesetzt.

6 Prognose und Bewertung

6.1 Vorgehensweise

Zur Prognose der Immissionswerte im Gebäude muss die Reaktion des Gebäudes auf die von außen einwirkenden Erschütterungen betrachtet werden. Hierzu sind Annahmen über das Eigenschwingverhalten der einzelnen Bauteile (insbesondere für das Gebäude als Ganzes auf dem Erdreich sowie für Decken und schwimmende Estriche) erforderlich.

Das Eigenschwingverhalten der einzelnen Bauteile wird mit idealisierten Korrekturspektren angenähert, die anhand baulastdynamischer Modelle entwickelt wurden.

Hierbei werden Korrekturspektren angesetzt für

- den Übergang Erdreich – Fundament,
- die Erschütterungsförderung im Gebäude,
- die Übertragung auf Decken verschiedener Bauarten, Deckenstärken und Spannweiten, d. h. verschiedener Eigenfrequenzen von 8 Hz bis 63 Hz, inkl. dem Einfluss von schwimmenden Estrichen.

Die Prognoseberechnungen werden im Frequenzbereich durchgeführt. Die Korrekturspektren werden terzweise zu den in Abschnitt 4.2 beschriebenen Prognose-Schnellepegel-Terzspektren addiert.

- Erschütterungsimmisionen

Der *KB*-Wert wird aus den Terzspektren bzw. Prognosespektren berechnet. Die Prognosespektren werden hierzu terzweise einer Korrektur unterzogen, die der *KB*-Bewertung des Erschütterungszeitsignals nach [1] entspricht. Zur Ermittlung des $KB_{F_{max,prog}}$ -Wertes wird der Summenwert des *KB*-korrigierten Terzspektrums gebildet. Die Beurteilungs-*KB*-Werte ($KB_{F_{Tr,prog}}$) werden unter Berücksichtigung der in Abschnitt 4.4 aufgeführten Streckenbelastung für die Tag- und Nachtzeit berechnet.

- Sekundäre Luftschallimmisionen

Bauwerksschwingungen werden von Raumbegrenzungsflächen (Wände und vor allem Geschossdecken) abgestrahlt und können als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen werden.

Die Berechnung der bewertungsrelevanten Pegel erfolgt in den Terzbändern 25 Hz bis 63 Hz mit der spektralen Korrelationsmethode unter Berücksichtigung von Betondecken. Dazu wird zunächst terzweise der sekundäre Luftschallpegel $L_{sek,Zug}(f)$ berechnet, dieser im Anschluss nach DIN EN 61672-1 [8] A-bewertet und durch energetische Addition aller Terzpegel zu $L_{sek,Zug,A}$ [dB(A)] bestimmt.

6.2 Prognoseergebnisse

6.2.1 Prognose-Nullfall (Abstand 22,6 m zum nächstgelegenen Gebäude)

Die prognostizierten spürbaren Erschütterungen und sekundären Luftschallpegel sind für verschiedene mögliche Deckeneigenfrequenz und in einem Abstand von 22,6 m von der Gleistrassenmitte in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4. Maximale Prognoseergebnisse Prognose-Nullfall, $a = 22,6 \text{ m}$, $v_{\text{Prognose}} = 20 \text{ km/h}$ und anzusetzende Anhalts-/Richtwerte.

Deckenart	Spürbare Erschütterungen			Sek. Luftschall	
	$KB_{\text{Fmax,prog}}$ [-]	$KB_{\text{FTr,prog,tags}}$ [-]	$KB_{\text{FTr,prog,nachts}}$ [-]	$L_{\text{sek,Zug,A,tags}}$ [dB(A)]	$L_{\text{sek,Zug,A,nachts}}$ [dB(A)]
Betondecke	0,07	*	-	37 [†]	30
Anhalts- bzw. Richtwerte	$A_u = 0,2$	$A_{r,\text{Tag}} = 0,1$	$A_{r,\text{Nacht}} = 0,07$	$L_{i,T} = 45 \text{ dB(A)}$	-

Die Bewertung der Prognoseergebnisse zeigt, dass für den Prognose-Nullfall in einem Abstand von 22,6 m die Anhalts- bzw. Richtwerte sowohl für die spürbaren Erschütterungen Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind, als auch für den sekundären Luftschall eingehalten werden.

6.2.2 Prognose-Planfall (Abstand 18,4 m)

Die prognostizierten spürbaren Erschütterungen und sekundären Luftschallpegel sind für verschiedene mögliche Deckeneigenfrequenz und in einem Abstand von 18,4 m von der Gleistrassenmitte in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5. Maximale Prognoseergebnisse Prognose-Planfall, $a = 18,4 \text{ m}$, $v_{\text{Prognose}} = 20 \text{ km/h}$ und anzusetzende Anhalts-/Richtwerte.

Deckenart	Spürbare Erschütterungen			Sek. Luftschall	
	$KB_{\text{Fmax,prog}}$ [-]	$KB_{\text{FTr,prog,tags}}$ [-]	$KB_{\text{FTr,prog,nachts}}$ [-]	$L_{\text{sek,Zug,A,tags}}$ [dB(A)]	$L_{\text{sek,Zug,A,nachts}}$ [dB(A)]
Betondecke	0,08	-	-	38	31
Anhalts- bzw. Richtwerte	$A_u = 0,2$	$A_{r,\text{Tag}} = 0,1$	$A_{r,\text{Nacht}} = 0,07$	$L_{i,T} = 45 \text{ dB(A)}$	-

* Da $KB_{\text{Fmax,prog}} < A_u$ entfällt die Berechnung.

† Informative Erläuterung: Diese Pegel werden von den Reaktionen von Bauteilen mit Eigenfrequenzen im Terzband um 50 Hz und darüber bestimmt. In der Praxis liegen die Eigenfrequenzen zum weitaus größten Teil darunter, weswegen mit geringeren Werten zu rechnen ist. Der Wert wurde dennoch zur Bewertung herangezogen.

Die Bewertung der Prognoseergebnisse zeigt, dass für den Prognose-Planfall in einem Abstand von 18,4 m ebenfalls damit gerechnet werden kann, dass die Anhaltswerte für die spürbaren Erschütterungen für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind, eingehalten werden können. Tagsüber werden die Richtwerte für die Sekundärluftschallimmissionen ebenfalls eingehalten. Im (hier wegen der gewerblichen Nutzung nicht relevanten) Nachtzeitraum wird der Richtwert für Schlafräume um 1 dB überschritten. Die Pegelerhöhung vom Nullfall zum Planfall ist dabei < 3 dB und daher nicht als wesentlich zu betrachten.

6.3 Bewertung

Nach der DB-Richtlinie 820.2050 [1] und der DIN 4150-2 [2] in Verbindung mit der 24. BImSchV [3] führt der bauliche Eingriff der Verschwenkung der Gleise zu keiner wesentlichen Änderung der untersuchten Immissionsarten Erschütterung und Sekundärluftschall.

6.4 Mögliche Maßnahmen (informativ, da keine erheblichen Änderungen zu erwarten)

In der RiL 820.2050 der DB Netze [1] werden im Anhang A04 Maßnahmen genannt, welche zu erheben sind, wenn die Änderungen im Betrieb als erheblich einzustufen sind. Diese können z. B. sein:

- Minderungsmaßnahmen am Oberbau des Schienenverkehrswegs,
- Änderung der Zugzahlen,
- Änderung der maximalen Fahrgeschwindigkeit,
- Entschädigung in Geld der betroffenen Anwohner.