

Untersuchung der betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen

0	Ausgangsverfahren: Antragsfassung	08.11.2024
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand
Vorhabenträgerin: DB InfraGO AG Anlagen- und In- standhaltungsmanagement Netz Neustrelitz Adolf-Friedrich-Straße 21 17235 Neustrelitz  Datum Unterschrift Datum Unterschrift Datum Unterschrift		
Vertreter der Vorhabenträgerin: DB InfraGO AG, I.II-O-M-W Projekte Warnemünde ABS Berlin - Rostock Wismarsche Straße 390 19055 Schwerin  Datum Unterschrift		Verfasser: DB Systemtechnik GmbH, Akustik und Erschütterungen  Datum Unterschrift
Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt		



Systemtechnik

Bericht

Streckenertüchtigung Rostock-Berlin: Bf Fürstenberg

Strecke 6088 Berlin-Gesundbrunnen – Neubrandenburg – Stralsund

km 77,460 bis km 78,500

Planfeststellungsabschnitt km 76,044 - km 80,408

Untersuchung der betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen

Bericht: 23-72281-TT-TVE35-BE-V1.0-ETU1

Datum: 30.08.2024

Version: 1.0

Auftragnehmer: DB Systemtechnik GmbH, Akustik und Erschütterungen

Bearbeiter: Dr.-Ing. Christof Weißenborn

christof.weissenborn@deutschebahn.com



Angaben zum Auftrag

Die DB InfraGO AG beabsichtigt die Trasse Rostock-Berlin für die Fahrzeit < 2 Stunden zwischen den Bahnhöfen Bf Rostock Hbf und Berlin Hbf auszubauen. Dazu müssen die Streckengeschwindigkeiten auf bis zu 160 km/h angehoben werden. Es ist eine Radsatzlast von 25 t anzusetzen.

Für den Bereich des Bahnhof Fürstenberg der Strecke 6088 sind Oberbauerneuerungen der Gleise 1, 2 und 4 (3n) und der Weichen 1 bis 6, Bahnkörperertüchtigung für 25 t Radsatzlast, Herstellung eines Überholgleises 3n mit einer Gleisnutzlänge $l = 740$ m und Geschwindigkeitsanhebungen in verschiedenen Teilbereichen geplant. Die Planfeststellungsgrenzen befinden sich aufgrund von Signalanpassungen bei km 76,044 und km 80,408.

Die DB InfraGO AG hat die DB Systemtechnik mit der Erschütterungstechnischen Untersuchung beauftragt. Der vorliegende Bericht enthält Aussagen zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen für den Bereich des obengenannte Planfeststellungsabschnittes.

Auftraggeber:

DB InfraGO AG
I.NI-O-M-W
Wismarsche Str. 390
19055 Schwerin

Auftragnehmer:

DB Systemtechnik GmbH
Akustik und Erschütterungen (TT.TVE 35)
Haus 17 - Gasometer, Torgauer Str. 12-15
10829 Berlin

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Weißenborn
christof.weissenborn@deutschebahn.com

Verteiler des Berichtes:

Auftraggeber: digital im PDF-Format
Aufstellende Fachabteilung: digital im PDF-Format

Änderungsindex

Version	Datum	Änderungsinhalte
V1.0	30.08.2024	Erstellung des Dokumentes

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Aufgabenstellung und Beschreibung der Baumaßnahme	8
1.1 Projekt und Aufgabenstellung für die Untersuchung	8
1.2 Beschreibung und Einordnung der Baumaßnahme	8
2 Fachliche Grundlagen und rechtliche Einordnung	10
2.1 Erschütterungen aus dem Schienenverkehr	10
2.2 Gesetzliche Grundlagen	10
2.3 Technisches Regelwerk	11
2.4 Sekundärer Luftschall	13
3 Planungsgrundlagen und Betriebsprogramm	15
3.1 Unterlagen und technische Daten	15
4 Örtliche Gegebenheiten und Gebietseinstufung	18
4.1 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 1, km 77,46 bis km 77,65	19
4.2 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 2, km 77,65 bis km 78,1	19
4.3 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 3, km 78,1 bis km 78,5	20
4.4 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 4, km 78,5 bis km 79,1	20
4.5 Lage und Geologische Einordnung	21
5 Prognose	22
5.1 Verfahren	22
5.2 Messungen und weitere Eingangsdaten	23
5.3 Ergebnisse	24
6 Zusammenfassung	28
7 Unterschriften	28
Anhang A Angaben zu den örtlichen Gegebenheiten	29
A1 Untersuchte Immissionsorte	29
Anhang B Ansätze für Emission und Transmission	33
B1 Emissionsansätze für das Vorhaben Bf Fürstenberg	33
B2 Meßtechnisch ermittelte Ausbreitungsfunktion	34
B3 Gebäude-Übertragungsfunktionen für die Prognose (Auswahl)	35
Anhang C Ergebnisse	36
C1 Maximale Immissionspegel	36
C2 Sekundärer Luftschall	37

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Messbericht 23123: Messtechnische Untersuchung der Erschütterungseinwirkungen aus dem Schienenverkehr, Bf. Fürstenberg, Strecke 6088, Bonk - Maire - Hoppmann Part-GmbH, Garbsen, 01.11.2023

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbolik

ABA	Abstell- und Behandlungsanlage
A_u	unterer Anhaltswert zur Beurteilung nach DIN 4150-2
A_o	oberer Anhaltswert zur Beurteilung nach DIN 4150-2
A_r	Anhaltswert für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nach DIN 4150-2
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
Bf	Bahnhof
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
DIN	Deutsches Institut für Normung
EG, OG	Erdgeschoss, Obergeschoss
EÜ	Eisenbahnüberführung
FNP	Flächennutzungsplan
GOK	Geländeoberkante
IO	Immissionsort
KB_{Fmax}	maximale während eines Ereignisses oder Beurteilungszeitraums aufgetretene Schwingstärke
KB_{FTm}	Taktmaximal-Effektivwert
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke, unter Berücksichtigung der Häufigkeit und Einwirkungs-dauer der aufgetretenen Ereignisse über den Beurteilungszeitraum (Tag / Nacht) gemittelte Schwingstärke
KB-Wert	Skalarer Wert zur Kennzeichnung der Erschütterungsstärke in Gebäuden
L_m	Beurteilungspegel sekundärer Luftschall
MP	Messpunkt
NHN	Normalhöhennull
SGV	Schienengüterverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
t	Tonnen
v_e	Entwurfsgeschwindigkeit
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VGH	Verwaltungsgerichtshof
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz

Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis

a) Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien:

- [1] Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG).
- [2] Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG).
- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG).
- [4] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV).
- [5] Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebbahnen – Teil VI: Schutz vor Schallimmissionen aus Schienenverkehr, Fachstelle Umwelt, Eisenbahn-Bundesamt.
- [6] Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung 51.20-51pv/001-0230#015 vom 31.01.2017
- [7] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke – Baunutzungsverordnung (BauNVO)
- [8] DB-Richtlinie 820.2050 Grundlagen des Oberbaus – Erschütterungen und sekundärer Luftschall (einschließlich der Anhänge), herausgegeben von der DB Netz AG, in der Fassung vom 15.09.2017
- [9] DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen.
- [10] DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.
- [11] DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- [12] DIN 45669: Teil 1 – Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen.
- [13] DIN 45669: Teil 2 – Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren.
- [14] DIN 45672-1: Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen – Teil 1: Messverfahren für Schwingungen
- [15] DIN 45672-2: Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Teil 2: Auswerteverfahren
- [16] VDI 3837: Erschütterungen durch oberirdische Schienenbahnen, spektrales Prognoseverfahren.
- [17] Urteil des BVerwG vom 21.12.2010, Az. 7 A 14.09.

b) Planungsunterlagen:

- [18] Streckenertüchtigung (SE) Rostock-Berlin: Bf Fürstenberg, Strecke 6088 Berlin-Gesundbrunnen – Neubrandenburg – Stralsund von km 77,460 bis km 78,500, Planfeststellungsabschnitt km 76,044 - km 80,408, Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung, HTG Ingenieurbüro für Bauwesen GmbH, Juli 2024
- [19] Trassierungsentwurf P_1v3 bis P_3v3 (3 Blätter), km 77,4+09 bis km 79,2+19, ivd Schwerin, 03/2023, geprüft, 09/2023, übergeben als PDF 12.10.2023
- [20] Streckenertüchtigung Rostock - Berlin Planfeststellungsabschnitt Bahnhof Fürstenberg Untersuchung der betriebsbedingten Schallimmissionen, Vössing Ingenieure, August 2024
- [21] Prognose Betriebsprogramm 2030 Nullfall und Planfall inkl. Deutschlandtakt, Strecke 6088 Löwenberg bis Neustrelitz, DB Netz, I.NB-O-I, 17.04.2023
- [22] Eigene Ortsbegehungen Mai bis September 2023
- [23] Messbericht 23123: Messtechnische Untersuchung der Erschütterungseinwirkungen aus dem Schienenverkehr, Bf. Fürstenberg, Strecke 6088, Bonk - Maire - Hoppmann PartGmbH, Garbsen, 01.11.2023
- [24] Atlas zur Geologie von Brandenburg, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, 2010
- [25] Geologische Karten des Landes Brandenburg, Geologische Karte 1 : 25.000, https://inspire.brandenburg.de/services/gk_wms, abgerufen Mai 2024
- [26] Geotechnischer Abschlussbericht, PF 00733 0, Strecke 6088 Bf Fürstenberg, km 77,460 - 78,500, DB ProjektBau GmbH, Berlin, 28.12.2012
- [27] Plangenehmigung Nr. 113/99, Aktenzeichen: 1012.Pap, Eisenbahn-Bundesamt Hamburg/Schwerin, 08.10.1999

- [28] Plangenehmigung 51124.51101 Pap 2530 vom 25.07.2008 von Strecken-km 63,600 bis km 77,460
- [29] Plangenehmigung 51113.51101 Pap/3126 vom 28.02.2012 von Bahn-km 78,500 - 84,175
- [30] Bebauungsplan Nr. 7 „Feldbäckerei“, Stadt Fürstenberg, Satzungsfassung vom 7.1.2008, PAN Planungsgesellschaft, Potsdam
- [31] Streckenertüchtigung Bahnhof Fürstenberg km 77,46 bis km 78,5 - Information zur angrenzenden Bebauung, Schreiben des Bauamtes der Stadt Fürstenberg an die DB Netz AG, 12.6.2023
- [32] Kartendarstellung und Basemap / Präsentationsgraphiken: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Datenquellen: https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.html

c) Literaturhinweise und sonstige Unterlagen:

- [33] Zeichert, K.; Sinz, A.; Schuemer, R.; Schuemer-Kohrs, A.: „Erschütterungswirkungen aus dem Schienenverkehr, Bericht über ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes (Berlin) und des Bundesbahnzentralamtes (München)“, Februar 1993, siehe auch Veröffentlichung in Zeichert, K.; Sinz, A.; Schuemer, R.; Schuemer-Kohrs, A.: „Erschütterungen durch Eisenbahnverkehr und ihre Wirkungen auf Anwohner“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41 (1994), Heft 2 und 4.
- [34] Said, A.; Fleischer, D.; Fastl, H.: „Forschungsvorhaben, Laborversuche zur Ermittlung von Unterschiedsschwellen bei der Wahrnehmung von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr (spürbare Erhöhung - Wesentliche Erhöhung)“, OPB Bericht Nr. 12842-1, August 1999 (unveröffentlicht); veröffentlicht u. a. in Said, A.; Fleischer, D.; Kilcher, H.; Fastl, H.; Grütz, H.: „Zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen aus dem Schienenverkehr“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48 (November 2001).
- [35] Wettschureck, R.; Hauck, G.; Diehl, R.J.; Willenbrink, L.: „Geräusche und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr“ in Müller, G.; Möser, M. (Hrsg), Taschenbuch der technischen Akustik, 3. Auflage 2003.
- [36] Said, A.; Grütz, H.-P.; Garburg, R.: „Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53(2006) Nr. 1, Januar 2006.

d) Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [10]	12
Tabelle 2: Nach 24. BImSchV [4] abgeleitete zumutbare Innenraumpegel für L_i	14
Tabelle 3: Betriebsprognose 2030 für die Strecke 6088 (Nullfall mit DT) nach [21]	15
Tabelle 4: Betriebsprognose 2030 für die Strecke 6088 (Planfall mit DT) nach [21]	17
Tabelle 5: Höchste gemessene bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}	24
Tabelle 6: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} Nullfall / Planfall im UB1	25
Tabelle 7: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} Nullfall / Planfall im UB2	25
Tabelle 8: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} Nullfall / Planfall im UB3	26
Tabelle 9: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} Nullfall / Planfall im UB4	27
Tabelle 10: Höchster sekundärer Luftschallpegel im Planfall	37

e) Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Streckenverlauf und geplante Baumaßnahmen im Bf Fürstenberg [32]	9
Abbildung 2: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 1	29
Abbildung 3: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 2	30
Abbildung 4: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 3	31
Abbildung 5: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 4	32
Abbildung 6: Emissionsansatz im gesamten Untersuchungsgebiet	33
Abbildung 7: baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme ΔL_B	34
Abbildung 8: Gebäude-Übertragungsfunktionen ΔL_G	35
Abbildung 9: Immissionspegel auf oberster Geschoßdecke	36

1 Aufgabenstellung und Beschreibung der Baumaßnahme

1.1 Projekt und Aufgabenstellung für die Untersuchung

Die DB InfraGO AG beabsichtigt die Trasse Rostock-Berlin für die Fahrzeit < 2 Stunden zwischen den Bahnhöfen Bf Rostock Hbf und Berlin Hbf auszubauen. Dazu müssen die Streckengeschwindigkeiten auf bis zu 160 km/h angehoben werden. Es ist eine Radsatzlast von 25 t anzusetzen.

Es sind Oberbauerneuerungen der Gleise 1, 2 und 4 (3n) und der Weichen 1 bis 6, Bahnkörperertüchtigung für 25 t Radsatzlast, Herstellung eines Überholgleises 3n mit einer Gleisnutzlänge von 740 m und Geschwindigkeitsanhebungen in verschiedenen Teilbereichen geplant. Desweiteren werden die EÜ Schützenstraße und EÜ Gelderner Straße von Grund auf neu errichtet.

Für Teilbereiche des gesamten Umbaubereiches liegen bereits Planrechtsbeschlüsse aus nördlich und südlich angrenzenden Planungsabschnitten vor [27], [28], [29].

In den Planunterlagen zur Einleitung eines Genehmigungsverfahrens nach §18 AEG (Allgemeines Eisenbahngesetz) sind Aussagen zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen zu treffen, um ggf. erforderliche Schutz- oder Minderungsmaßnahmen zu ergreifen. Dies erfordert erschütterungstechnische Messungen im Freifeld sowie Beweissicherungsmessungen in Gebäuden. Spezifikation, Begleitung und Auswertung der Messung sind Bestandteil der Erschütterungstechnischen Untersuchung, die Messungen selbst wurden vom Prüflabor der Ingenieurgemeinschaft Bonk-Maire-Hoppmann ausgeführt.

1.2 Beschreibung und Einordnung der Baumaßnahme

Die Baumaßnahme im Gleisbereich erstreckt sich im Bereich des Bahnhof Fürstenberg von km 77,4+45 – km 79,1+23 der Strecke 6088 [19].

Die für Immissionen relevanten Umbaumaßnahmen sind:

1. km 77,46 bis km 77,65: Anhebung Streckengeschwindigkeit von 120 km/h auf 160 km/h
2. km 77,65 bis km 78,1: Änderung Gleislage und Neubau Überholgleis, v_e bleibt bei 120 km/h
3. km 78,1 bis km 78,5: Anhebung Streckengeschwindigkeit von 90 km/h auf 120 km/h und Änderung der Gleislage sowie Neubau Überholgleis
4. km 78,5 bis km 79,12: Änderung der Gleislage und Verlängerung des Überholgleises, v_e bleibt bei 120 km/h aufgrund gültigen Planrechts [29]

Weitergehende Erläuterungen hierzu finden sich in der Planunterlage, u.a. in [18].

Die Planungen für:

- Abschnittsweise Verschiebung des Hauptgleises
- Neubau/Verlängerung Überholgleis
- Rückbau und Neubau von Gleisanlagen,
- Anhebung der Entwurfsgeschwindigkeit

sind hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die betriebsbedingten Erschütterungen zu untersuchen.

In Abbildung 1 ist die Baumaßnahme in das Gebiet des Landkreises Oberhavel eingeordnet.



Abbildung 1: Streckenverlauf und geplante Baumaßnahmen im Bf Fürstenberg [32]

2 Fachliche Grundlagen und rechtliche Einordnung

2.1 Erschütterungen aus dem Schienenverkehr

Beim Betrieb von Schienenverkehrswegen lassen sich Erschütterungen nicht vollständig vermeiden. Diese entstehen durch Schwingungen, die bei Zugüberfahrt durch den Rad-Schiene-Kontakt aufgrund von periodischen und nicht periodischen Anregungen ausgelöst werden. Die Erschütterungen werden vom Fahrweg in den Baugrund eingeleitet und bei der Weiterleitung mit zunehmendem Abstand vom Fahrweg gedämpft.

Vom Baugrund aus werden sie wiederum über die Fundamente in die anliegenden Gebäude eingeleitet. Innerhalb der Gebäude kommt es dadurch zu einer Anregung von Deckenschwingungen, die aufgrund von Resonanzeffekten, je nach Bauweise des Gebäudes, unterschiedlich stark ausgeprägt sind.

Je nach Stärke der Schwingungen werden diese Erschütterungen von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden fühlbar wahrgenommen und von diesen als mehr oder weniger belästigend empfunden. Weiterhin kann durch die Körperschallanregung der Raumbegrenzungsflächen unter Umständen sekundärer Luftschall hörbar abgestrahlt werden.

2.2 Gesetzliche Grundlagen

Erschütterungen gehören zu den im BImSchG [3] bereits in der Überschrift und im § 3 Abs. 2 BImSchG ausdrücklich erwähnten Immissionen, die „nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“. Die für den Bau öffentlicher Verkehrswege geltenden §§ 41 - 43 BImSchG befassen sich jedoch ausschließlich mit Verkehrsrgeräuschen (primärer Luftschall). Demzufolge können auch aus der geltenden Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) keine Immissionsgrenzwerte oder sonstigen konkreten Regelungen zu Erschütterungen oder sekundärem Luftschall unmittelbar entnommen werden.

Der Bau oder die Änderung von Schienenverkehrswegen des Bundes einschließlich der für ihren Betrieb notwendigen Anlagen ist im Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG [1]) geregelt. Demnach dürfen diese nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan zuvor festgestellt oder genehmigt worden ist. Einzelheiten zur Durchführung des Planfeststellungsverfahrens werden wiederum im Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG [2]) geregelt. Nach § 74 Abs. 2 Satz 2 VwVfG hat die Planfeststellungsbehörde (dies ist bei Schienenverkehrswegen das Eisenbahn-Bundesamt) dem Träger des Vorhabens nach eingehender Abwägung aller Belange Vorkehrungen oder die Errichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte anderer erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich oder mit dem Vorhaben unvereinbar, so hat der Betroffene Anspruch auf angemessene Entschädigung in Geld, § 74 Abs. 2 Satz 3 VwVfG.

Über diese allgemeinen Grundsätze hinaus gibt es – anders als für den Primärschall – derzeit keine verbindlichen gesetzlichen oder untergesetzlichen Regelungen, die Immissionsgrenzwerte oder Beurteilungsverfahren für Immissionen infolge Erschütterungen oder sekundärem Luftschall an spurgeführten Verkehrswegen festlegen. Bei der Ermittlung und Beurteilung muss deshalb auf allgemeine immissionsschutzrechtliche Grundsätze, die aktuelle Rechtsprechung sowie antizipierte Sachverständigenäußerungen, wie sie z. B. in allgemein anerkannten Regelwerken (z.B. DIN oder VDI-Richtlinien) oder Fachveröffentlichungen mitgeteilt sind, zurückgegriffen werden.

Es besteht somit zwar eine grundsätzliche rechtliche Verpflichtung, im Rahmen der Planung von Schienenverkehrswegen allgemein zu untersuchen und zu beurteilen, inwieweit von diesen belästigende Erschütterungseinwirkungen auf die betroffenen Anlieger ausgehen, ohne dass hierfür allerdings konkrete Prognoseverfahren oder Immissionsgrenzwerte verbindlich und gesetzlich geregelt wurden.

Im Ergebnis der planrechtlichen Entwicklungen hat das Eisenbahn-Bundesamt als planfeststellende Behörde im Jahr 2017 verfügt [6]:

...

3. Festlegung über das Vorliegen einer unzumutbaren Erschütterungsimmission

a. Der Maßstab für die Einordnung einer betriebsbedingten Erschütterungsimmission durch neu zu bauende Schienenwege als unzumutbar ergibt sich aus der Tabelle 1 der DIN 4150-2 vom Juni 1999 mit den maßgeblichen Parametern A_u und A_r als Anhaltswerte.

b. Bei Schienenwegen, die geändert werden, sind betriebsbedingte Erschütterungsimmissionen unzumutbar, wenn die maßgeblichen Anhaltswerte aus der Tabelle 1 der DIN 4150-2 vom Juni 1999 überschritten werden und die Erschütterungsimmission, bezogen auf die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} , vorhabenbedingt um mindestens 25 % gegenüber der Vorbelastung (Prognosenullfall) zunimmt.

c. Abschnitte mit Beurteilungsschwingstärken mit KB_{FT_r} ab einem Bereich von 1,1 tags und 0,7 nachts als Vorbelastung, die vorhabenbedingt gering (ab dritte Nachkommastelle) ansteigt, sind gutachterlich besonders zu untersuchen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls im Hinblick auf den Eigentums- und Gesundheitsschutz in der Abwägung über zu treffende Schutzmaßnahmen zu betrachten.

...

4. Vorbehalt

Zur Umsetzung von Schutzmaßnahmen in Folge der Messung nach Baubeginn bzw. nach Fertigstellung des Vorhabens kann ein planrechtliches Ergänzungsverfahren vorbehalten werden. Die nachträgliche Festsetzung von Schutzmaßnahmen am Fahrweg ist zu vermeiden.

Diese Verfügungslage entspricht der ständigen höchstrichterlichen Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts¹. Bei diesem Wert handelt es sich um eine Wahrnehmungsschwelle, die sich auf empirisch hinreichend abgesicherte Erkenntnisse stützen kann (vgl. BVerwG, Urteil vom 21. Dezember 2010 - 7 A 14.09 - Buchholz 316 § 74 VwVfG Nr. 81 Rn. 31 ff.)."

2.3 Technisches Regelwerk

Grundsätzlich stellt die Normenreihe der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ mit ihren Teilen 1 bis 3 ([9],[10],[11]) eine zu dieser Thematik einschlägige Fachnorm als Äußerung allgemeinen technischen Sachverständs dar. Die wesentlichen Inhalte der Normenreihe bzgl. der Einwirkungen aus Schienenverkehr sowie die vorgenannten gesetzlichen Grundlagen bilden ebenfalls die Grundlage der DB Richtlinie 820.2050, vgl. [8].

Die DIN 4150 enthält im Teil 2 ein für die Beurteilung der Lästigkeit von Erschütterungseinwirkungen beim Aufenthalt von Menschen in Gebäuden geeignetes Beurteilungsverfahren sowie weitere Kriterien, nach denen eine Beurteilung zu erfolgen hat. In Tabelle 1 sind die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für die Beurteilungsgrößen $KB_{F_{max}}$ und KB_{FT_r} in Abhängigkeit der Gebietseinstufung sowie des Tages- und Nachtzeitraums zusammengestellt, bei deren Unterschreitung davon auszugehen ist, dass eine erhebliche Belästigung von Menschen in Gebäuden vermieden wird.

¹ Urteil vom 23.06.2021, 7 A 10.20, Rn. 35: "Sind - wie hier - bei einer Bestandsstrecke Erschütterungsbelastungen bereits vorhanden, ist die Zumutbarkeitsschwelle für neu hinzutretende Erschütterungen zudem erst dann überschritten, wenn sich die Vorbelastung vorhabenbedingt um 25 % oder mehr erhöht (vgl. BVerwG, Urteil vom 13. Dezember 2018 - 3 A 17.15 - BVerwGE 164, 127 Rn. 55 m.w.N.; vgl. auch Urteil vom 29. Juni 2017 - 3 A 1.16 - Buchholz 442.09 § 18 AEG Nr. 77 Rn. 106.

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [10] für Wohn- und Schlafräume sowie vergleichbar genutzte Räume

Einwirkungsorte		Tags		Nachts	
		A_u	A_r	A_u	A_r
1	Einwirkungsorte in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleichbar Industriegebiete BauNVO, §9)	0,4	0,2	0,3	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, §8)	0,3	0,15	0,2	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 1, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	0,1	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2)	0,15	0,07	0,1	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurklinken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	0,05	0,1	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 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen werden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.					

Bei der Beurteilung werden die ermittelten KB-Werte den entsprechenden Anhaltswerten gegenübergestellt. Dabei ist nach folgender Vorgehensweise zu verfahren:

Es ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} zu ermitteln und mit den Anhaltswerten A_u und A_o zu vergleichen:

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung nicht eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als A_u , aber kleiner oder höchstens gleich A_o , ist die Anforderung dieser Norm dann eingehalten, wenn die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} nicht größer als A_r nach Tabelle 1 ist.²

Die DIN 4150-2 spricht hier ausdrücklich von Anhaltswerten und nicht von Grenzwerten.

Konkrete Anhaltswerte werden in der DIN 4150-2 ausschließlich für die Beurteilung von Wohn- und Schlafräumen sowie vergleichbar genutzten Räumen angegeben. Für Büro- und Gewerberäume werden keine Kriterien genannt. In den meisten Fällen kann davon ausgegangen werden, dass bei einer derartigen Nutzung die Belästigung durch Erschütterungen aus dem Schienenverkehr als nicht erheblich einzustufen ist. Für Sonderfälle sind je nach Einzelfall gesonderte Beurteilungskriterien festzulegen.

² Die oberen Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als bei anderen Immissionen (z.B. aus Industrieanlagen), siehe Abs. 6.5.3.1 - 6.5.3.4 der DIN 4150-2. Tatsächlich spielt der A_o bei der Beurteilung prognostizierter Erschütterungsimmissionen aus dem Schienenverkehr keine praktische Rolle: wenn der Wert von 0,6 (Kap.6.5.3.5 der DIN 4150-2) mehr als nur gelegentlich überschritten wird (z.B. regelmäßig bei einer bestimmten Zuggattung), dann wäre auch A_r überschritten. Daher ist es sachgerecht, die Beurteilung nur anhand der Anhaltswerte A_u und A_r durchzuführen.

Die Anhaltswerte der DIN 4150-2 sowie das Beurteilungsverfahren gelten allerdings nur für den Neubau von Schienenverkehrswegen. Beim Ausbau oder der baulichen Veränderung von bestehenden Schienenverkehrswegen des oberirdischen Schienenverkehrs weist die DIN 4150-2 in Abschnitt 6.5.3.4 ausdrücklich darauf hin, dass die Anhaltswerte nach Tabelle 1 vielerorts überschritten werden. Es müssen daher häufig den Anwohnern auch Erschütterungsimmissionen zugemutet werden, die oberhalb des Niveaus liegen, ab dem mit zunehmender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten können. Die Grenze der Zumutbarkeit kann nur im Einzelfall festgestellt werden [10].

Die DIN 4150-2 gibt hier also keine konkreten Regelungen vor, sondern verweist auf den jeweiligen Einzelfall unter Berücksichtigung der vorhandenen Situation und der nachfolgenden Kriterien:

- Historische Entwicklung der Belastungssituation,
- Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen,
- Vermeidbarkeit von Anhaltswertüberschreitungen (z. B. Einhaltung des Standes der Technik bei Gleisanlagen und Fahrzeugen),
- Duldungspflichten nach dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme.

Eine vorhandene Vorbelastung aus einer bestehenden oder planungsrechtlich anzunehmenden, bestandsgeschützten Anlage ist bei der Beurteilung der Immissionswirkungen auch nach der bisherigen Rechtsprechung immer als schutzmindernd anzurechnen.

Entsprechend den vorstehenden Ausführungen besteht im Umfeld von Aus- oder Umbaumaßnahmen lediglich der Anspruch, dass durch das Hinzutreten neuer Erschütterungsimmissionen die bereits vorhandene Vorbelastung nicht wesentlich erhöht wird.

Kriterien zur Beurteilung von möglichen Schäden an umliegenden Gebäuden nennt die DIN 4150-3 („Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ [11]). In der Norm werden Anhaltswerte für maximale Schwingungsereignisse benannt, bei deren Einhaltung eine Schädigung der Bausubstanz oder eine Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit (hierunter sind z. B. Risse im Putz, Abriss von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Bauteilen u. ä. zu verstehen) ausgeschlossen werden kann. Diese Anhaltswerte werden bei seitlich neben dem Bahnkörper stehenden Bauwerken bei Einwirkungen aus vorbeifahrenden Zügen nach allen vorliegenden Erfahrungen deutlich unterschritten.

Auch wenn diese Schwingungen fühlbar und deutlich wahrnehmbar sind, so kann eine nachhaltige Schädigung der Gebäudestruktur, z.B. in Form von Rissbildungen in Decken oder Wänden, bei den üblicherweise im Schienenverkehr auftretenden Größenordnungen der Erschütterungen und baulichen Verhältnissen auch bei unmittelbar am Gleiskörper stehender Bebauung mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden. Deswegen erfolgt hierzu keine nähere Beurteilung.

2.4 Sekundärer Luftschall

Neben Erschütterungseinwirkungen können die über den Baugrund in die Gebäude eingetragenen Schwingungen auch als „sekundärer Luftschall“ bezeichnete Immissionen hervorrufen. Hierunter versteht man den durch die Schwingungsanregung von Umfassungsbauteilen (Wände, Wohnungsdecken) abgestrahlten Schallanteil innerhalb von Räumen. Dieser kann u. U. als tieffrequentes Geräusch in den Räumen wahrgenommen werden. Sekundärer Luftschall ist vor allem in Räumen wahrzunehmen, die gegenüber dem von außen einwirkenden Luftschall (Primärschall) vollkommen abgeschirmt sind. An oberirdischen Trassenführungen, wie den hier zu untersuchenden Streckenabschnitten, tritt der sekundäre Luftschall immer in Verbindung mit dem deutlich dominierenden Primärschall auf, so dass der sekundäre Luftschall i.d.R. nicht als eigenständige Immission wahrgenommen wird.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls, hervorgerufen von öffentlichen Verkehrsmitteln, existieren – ebenso wie bei den Erschütterungen – keine gesetzliche Regelungen und Grenzwerte. Im Vergleich zum übrigen Verkehrslärm handelt es sich beim sekundären Luftschall um ein relativ

tieffrequentes Geräusch, das von allen Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt wird und nicht richtungsorientiert hörbar ist.

Basis der Bewertung sind die Mittelungspegel in den Bewertungszeiträumen tags 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr und nachts 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr.

Bei Planungsvorhaben der Deutschen Bahn für oberirdischen Schienenverkehr erfolgt die Beurteilung des sekundären Luftschalls anhand der Anhaltswerte für Innenraumpegel, die sich indirekt aus der 24. BImSchV ableiten lassen, siehe Tabelle 2.

Wie bei der Beurteilung von Erschütterungen ist bei den ursächlich mit den Erschütterungen zusammenhängenden, sekundären Luftschallbelastungen eine Vorbelastung schutzmindernd anzurechnen. Allgemein gilt bei der Beurteilung von Luftschallimmissionen eine Pegelerhöhung um 3 dB oder mehr als spürbare Änderung. Die aus der 24. BImSchV abgeleiteten, zumutbaren Innenraumpegel gelten für alle Arten von Verkehrslärm.

Tabelle 2: Nach 24. BImSchV [4] abgeleitete zumutbare Innenraumpegel für unterschiedliche Raumnutzungen als Anhaltswerte zur Beurteilung des sekundären Luftschalls L_i , ebenso in [8]

Anhaltswerte für zumutbare Innenraumpegel L_i in Anlehnung an 24. BImSchV			
Raumnutzung		$L_{i,T}$ [dB(A)] tags 6-22 Uhr	$L_{i,N}$ [dB(A)] nachts 22-6 Uhr
1	Räume die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Lese- räume 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 Auf- enthalt von Menschen bestimmt sind.	Entsprechend der Schutzbedürftig- keit der jeweiligen Nutzung festzu- setzen	

3 Planungsgrundlagen und Betriebsprogramm

3.1 Unterlagen und technische Daten

Vom Auftraggeber/Planer wurden die Lagepläne der Verkehrsanlagen sowie die Trassierung als georeferenzierte Daten übergeben [19]. Die Gebietseinstufung erfolgt in Übereinstimmung mit der Schalltechnischen Untersuchung für den Verkehrslärm [20].

Die Zugzahlen bzw. die Angaben zur Betriebsprognose [21] einschließlich des Deutschlandtaktes (DT) werden auch bei der entsprechenden Schalltechnischen Untersuchung [20] berücksichtigt. **Es verkehren im Nullfall und im Planfall in der Summe jeweils 91 Züge, eine Erhöhung liegt somit nicht vor.**

Die bereits planfestgestellte Geschwindigkeitsanhebung auf 160 km/h [29], siehe Kapitel 1.1 des vorliegenden Berichtes, wird im Planfall wie folgt berücksichtigt: Ab dem km 78,5 wird die geplante Geschwindigkeitserhöhung von 90 km/h auf 120 km/h als genehmigt vorausgesetzt und nicht mehr als immissionssteigernd bewertet, zudem bleibt die angestrebte Geschwindigkeit noch unter den bereits genehmigten 160 km/h.

Tabelle 3: Betriebsprognose 2030 für die Strecke 6088 (Nullfall mit DT) nach [21]

	Anzahl Tag 6-22 Uhr	Anzahl Nacht 22-6 Uhr	Anzahl 30 s -Takte	V _{max} km/h
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 77,4+50 bis km 77,6+65				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	7	2	1	120
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 77,4+50 bis km 77,6+65				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	8	1	1	120
SGV	10	5	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 77,6+65 bis km 78,1				
SPFV	7	2	1	120
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 77,6+65 bis km 78,1				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	8	1	1	120
SGV	10	5	1	100/120

	Anzahl Tag 6-22 Uhr	Anzahl Nacht 22-6 Uhr	Anzahl 30 s -Takte	V_{max} km/h
Strecke 6088, Gleis 3, km 77,6+65 bis km 78,1				
SPNV	16	3	1	60
Strecke 6088, Gleis 4, km 77,6+65 bis km 78,3+45				
	Kein Zugverkehr	Kein Zugverkehr	Kein Zugverkehr	Kein Zugverkehr
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 78,1 bis km 78,3+45				
SPFV	7	2	1	90
SGV	13	7	1	90
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 78,1 bis km 78,3+45				
SPNV	16	3	1	90
SPFV	8	1	1	90
SGV	10	5	1	90
Strecke 6088, Gleis 3, km 78,1 bis km 78,3+45				
SPNV	16	3	1	60
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 78,3+45 bis km 79,0				
SPNV	16	3	1	90
SPFV	7	2	1	90
SGV	13	7	1	90
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 78,3+45 bis km 79,0				
SPNV	16	3	1	90
SPFV	8	1	1	90
SGV	10	5	1	90
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, ab km 79,0				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	7	2	1	160
SGV	13	7	1	100/120

	Anzahl Tag 6-22 Uhr	Anzahl Nacht 22-6 Uhr	Anzahl 30 s -Takte	V_{max} km/h
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, ab km 79,0				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	8	1	1	160
SGV	10	5	1	100/120

Tabelle 4: Betriebsprognose 2030 für die Strecke 6088 (Planfall mit DT) nach [21]

	Anzahl Tag 6-22 Uhr	Anzahl Nacht 22-6 Uhr	Anzahl 30 s -Takte	V_{max} km/h
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 77,4+50 bis km 77,6+65				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	7	2	1	160
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 77,4+50 bis km 77,6+65				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	8	1	1	160
SGV	10	5	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 77,6+65 bis km 77,8+30				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	7	2	1	120
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 77,6+65 bis km 77,8+30				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	8	1	1	120
SGV	10	5	1	100/120

	Anzahl Tag 6-22 Uhr	Anzahl Nacht 22-6 Uhr	Anzahl 30 s -Takte	V _{max} km/h
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, km 77,8+30 bis km 79,0				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	7	2	1	120
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, km 77,8+30 bis km 79,0				
SPNV	16	3	1	120
SPFV	8	1	1	120
SGV	2	5	1	100/120
Strecke 6088, Gleis 3, km 77,8+30 bis km 79,0				
SPNV	8	0	1	60
Strecke 6088, Richtung Neustrelitz, ab km 79,0				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	7	2	1	160
SGV	13	7	1	100/120
Strecke 6088, Richtung Löwenberg, ab km 79,0				
SPNV	16	3	1	160
SPFV	8	1	1	160
SGV	10	5	1	100/120

4 Örtliche Gegebenheiten und Gebietseinstufung

Schutzwürdige Bebauungen, d.h. Wohnungen und vergleichbar genutzte Räume zum dauerhaften Aufenthalt sind nach [9], [16], [8] in einem Abstand von maximal 80 m zur Fernbahn potentiell von Erschütterungsimmissionen betroffen. Die sogenannten Emissionsquerschnitte für die weitere Untersuchung beziehen sich immer auf den kürzesten Abstand eines Immissionsortes zur Gleisanlage, d.h. in der Regel senkrecht zur Gleisachse. Innerhalb dieser Abstände sind Wohngebäude in Übereinstimmung mit [20] als Mischgebiet (MI) oder Allgemeines Wohngebiet einzustufen. Sie werden in der Prognose entsprechend ihrer Einstufung nach [10] berücksichtigt.

Für das Bauvorhaben Bf Fürstenberg waren 4 Untersuchungsbereiche zu bilden, siehe auch Kap. 1.2, in denen eine Änderung der Entwurfsgeschwindigkeit des jeweiligen Abschnittes und / oder Änderungen an der Streckenführung in den Planunterlagen [19], [21] ausgewiesen ist, die für Erschütterungsimmissionen relevant sind.

4.1 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 1, südlich der Havelbrücke, km 77,46 bis km 77,65

Die Bahnstrecke verläuft hier zweigleisig und überführt die Steinförder Straße, die sich in einem Einschnitt befindet. Das Planum liegt auf ca. 61 m NHN, auf einer Länge von ca. 90 m nach der EÜ befindet sich das Gelände links und rechts der Strecke etwa in Gleichlage, um dann zur Havelbrücke hin deutlich abzufallen. Die Havelbrücke bei km 77,65 wird in Dammlage erreicht.

Bahnlinks befinden sich die Wohnhäuser Steinförder Straße 24, 26, 27, 28 in einer Entfernung von 35 m bis 120 m. Rechts der Strecke liegen die nächsten zu Wohnzwecken genutzten Gebäude an der Steinförder Straße beginnend mit Hausnummer 18 in etwa 160 m Entfernung und gegenüber der Bahnstrecke deutlich niedriger auf ca. 55m NHN. Die Steinförder Straße 20 wird als Hotel / Pension genutzt.

Weiterhin existiert seit 2008 der Bebauungsplan „Feldbäckerei“ rechts der Bahnstrecke zwischen der Steinförder Straße und der Havel [30]. Das Gelände wurde im Jahr 2023 verkauft, Baugenehmigungen oder weitere Planungsabsichten sind nicht bekannt. In den Festsetzungen des B-Planes sind Schutzanforderungen unter „1.5.3.2 Regelungen in nachfolgenden Verfahren“ folgendermaßen formuliert: „... Der Immissionsschutz für die geplanten konkreten Nutzungen muss im Rahmen der Baugenehmigung nachgewiesen werden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Bau und Betrieb der vorgesehenen Anlagen ist die immissionsschutzrechtliche Verträglichkeit mit den angrenzenden Nutzungen nachzuweisen. ...“

Als Referenzgebäude für die vorliegende Untersuchung wurde für die Messung ausgewählt:

- **UB1_w1:** Steinförder Straße 24, Flurst. 293, 16798 Fürstenberg (WA)

Zusätzlich werden Berechnungen ausgeführt für:

- **UB1_w2:** Steinförder Straße 26, Flurst. 279, 16798 Fürstenberg (WA)

4.2 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 2, nördlich der Havelbrücke, km 77,65 bis km 78,1

Die Strecke verläuft hier zunächst in Dammlage bis zu 6 m über dem umgebenden Gelände. Derzeit zweigen unmittelbar nach der EÜ Havelbrücke die Bahnhofsgleise 3 und 4 von den Streckengleisen ab. Links der Bahn liegt zwischen der Havel und der EÜ Schützenstraße das Gelände des ehemaligen Kraftfuttermischwerkes. Die nächste Wohnbebauung an der Schützenstraße ist ca. 130 m entfernt. Bahnrechts befindet sich ein Mischgebiet mit einzelnen Wohnhäusern und eine Arztpraxis in 40 m bis 60 m Abstand zu den durchgehenden Streckengleisen.

Für das Gebiet links des Bahndamms wurde die Aufstellung eines Bebauungsplanes Nr. 17 „Ehemaliges Kraftfuttermischwerk-Quartier Havelstraße“ beschlossen. Eine Entwurfszeichnung vom Juni 2023 weist in den streckennahen Bereichen zwei Mischgebiete/urbane Gebiete aus, das nächste geplante Allgemeine Wohngebiet liegt mindestens 95 m entfernt. Nördlich der Schützenstraße liegt an der Bahnstrecke eine geplante Grünfläche des B-Plans Nr. 17, an die sich Flächen des Geltungsbereiches für den Bebauungsplan Nr. 16 „Zur Mühle“ anschließen, die bis ca. zum km 78,3 reichen. Der Aufstellungsbeschluss wurde bereits im August 2021 gefasst. Das Verfahren ruht seitdem.

Rechts der Bahn liegt an der Schützenstraße bei km 77,9 eine Parkfläche, die sich bis zur Bahnhofstraße erstreckt. Das Gelände liegt nur noch ca. 3 m unterhalb der Bahnstrecke und steigt zum Bahnhof hin weiter an, wo Gleichlage erreicht wird. Es folgen mehrgeschossige Wohngebäude älterer

Bauart an der Bahnhofstraße und der Luisenstraße in einer Entfernung von ca. 65 m vom nächsten durchgehenden Streckengleis.

Das Empfangsgebäude ist seit 2017 verkauft. Es beherbergt einen Jugendbildungs-Verein und wird touristisch und gastronomisch genutzt, eine dauerhafte Wohnung ist nicht erkennbar. Das unmittelbar am Gebäude verlaufende Gleis 3 wird zurückgebaut, der Hausbahnsteig wird nach dem Umbau nicht mehr genutzt.

Berechnungen werden ausgeführt für:

- **UB2_o1:** Schliemannstraße 30, Flurst. 1186, 16798 Fürstenberg (MI)
- **UB2_o2:** Schützenstraße 10a, Flurst. 913/1, 16798 Fürstenberg (MI)
- **UB2_o3:** Luisenstraße 2, Flurst. 644, 16798 Fürstenberg (WA)

4.3 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 3, nördlich des Bahnhofs bis EÜ Gelderner Straße, km 78,1 bis km 78,5

Die zukünftig 3 Gleise verlassen den Bahnhof und schwenken in einer langen Kurve nach Norden, dabei rücken Sie von der Bebauung an der Luisenstraße und der Gelderner Straße ab. Links der Bahn befindet sich nur ein Wohnhaus am Kieferweg 1 in ca. 120 m Entfernung, bahnrechts liegen die Häuser an der Luisenstraße, der Forststraße und der Gelderner Straße in Abständen von 65 m bis 100 m von den Streckengleisen, das Gelände liegt hier wieder niedriger als das Gebiet des Bahnhofes mit ehemals 10 Gleisen auf einer Breite von ca. 100 m. Die Bahnstrecke überführt die EÜ Gelderner Straße, der Untersuchungsbereich endet bei km 78,5 in Höhe des in ca. 45 m Entfernung befindlichen Wohngebäudes Gelderner Straße 13. Hier liegt die Strecke auf einem Damm ca. 5 m über dem Straßenniveau.

Berechnungen werden ausgeführt für:

- **UB3_w1:** Kiefernweg 1, Flurst. 14/4, 16798 Fürstenberg (MI)
- **UB3_o1:** Luisenstraße 5, Flurst. 867, 16798 Fürstenberg (WA)
- **UB3_o2:** Luisenstraße 11, Flurst. 932, 16798 Fürstenberg (WA)
- **UB3_o3:** Gelderner Straße 16, Flurst. 60/62 und 60/67, 16798 Fürstenberg (WA)

4.4 Fürstenberg (Havel), Untersuchungsbereich 4, nördlich der EÜ Gelderner Straße, km 78,5 bis km 79,1

Ab dem km 78,5 rücken die Gleise der Strecke 6088 weiter von der Strecke ab und verlaufen dann parallel zur B96 / Unter den Linden. Bahnlinks befindet sich keine weitere Bebauung, bahnrechts schwenkt die Gelderner Straße nach Osten von den Gleisen weg, hier liegen 3 Wohnhäuser etwa 4 m bis 5 m unterhalb des Streckenniveaus in ca. 50 m bis 120 m Entfernung. Ursprünglich verlief in dem heute bewaldeten Gebiet zwischen der Strecke 6088 und der Gelderner Straße die Bahnstrecke 6759 Britz-Fürstenberg, die bis 1996 bedient wurde. Bei km 78,8 und weiter nördlich befinden sich entlang der B96 weitere Wohnhäuser im Abstand von 50 m und mehr. Etwa bei km 79,1 endet der Umbaubereich, kurz danach auch die Ortslage Fürstenberg.

Als weiteres Referenzgebäude wurde für die Messung ausgewählt:

- **UB4_o1:** Gelderner Straße 1, Flurst. 65/5, 16798 Fürstenberg (WA)

Zusätzlich werden Berechnungen ausgeführt für:

- **UB4_o2:** Unter den Linden 37, Flurst. 70, 16798 Fürstenberg (WA)

4.5 Lage und Geologische Einordnung

Die grundlegende Oberflächenstruktur wurde durch das Brandenburger Stadium der Weichselkaltzeit geprägt [24]. Nacheiszeitliche Erosionen und Ablagerungen bestimmen die Bodenstruktur [25], die ausweislich der durchgeführten Untersuchungen [26] hauptsächlich aus oberflächennah anstehenden nährstoffarmen Sanden und teilweise kiesig-sandige Substraten mit relativ geringer Bindigkeit besteht. In wenigen Bereichen wurden bindige Böden und organische Einschlüsse angetroffen. Die Dammlagen der Bahnstrecke sind wahrscheinlich während der Errichtung der Strecke im 19. Jahrhundert wie damals üblich aus in der Umgebung gewonnenen Erdmassen geschüttet.

Für die Erschütterungstechnische Untersuchung ist somit von ähnlichen Ausbreitungsverhältnissen in allen Untersuchungsgebieten auszugehen, die meßtechnisch durch Ausbreitungsmessungen sowie abgestimmte Prognoseansätze und Vergleichsrechnungen aus den Gebäudemessungen zu qualifizieren sind.

5 Prognose

5.1 Verfahren

Ein allgemeines und anerkanntes Prognoseverfahren für Erschütterungswirkungen auf rein rechnerischer Basis, vergleichbar mit dem Rechenverfahren nach 16. BImSchV für den Schienenverkehrslärm, existiert bisher nicht. Dies liegt in der Vielfalt von Einwirkungen im Ausbreitungsweg von Erschütterungen sowie der Ortsabhängigkeit von Einflussparametern und den nur schwer zu ermittelnden und mathematisch schwer zu beschreibenden Materialparametern.

Grundsätzlich wird die Entstehung und Übertragung der Erschütterungen auf die 3 folgenden Teilfunktionen aufgeteilt:

- Emission (Anregungssystem aus Zug + Einflüsse aus Oberbau und Fahrweg),
- Transmission (Übertragung und Weiterleitung der Schwingungen über den Baugrund vom Bahnkörper zu den betroffenen Gebäuden),
- Immission (Einleitung in das Gebäude und Weiterleitung innerhalb des Gebäudes).

Die frequenzabhängigen Erschütterungen der Gebäudedecken werden anhand folgender Gleichung ermittelt:

$$L_{V-Raum}(f) = L_E(f) + \Delta L_B(f) + \Delta L_G(f)$$

mit:	$L_{V-Raum}(f)$:	Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort (oberste Deckenebene)
	$L_E(f)$:	Terzschnellespektrum der Erschütterungen (Emission)
	$\Delta L_B(f)$:	baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmission)
	$\Delta L_G(f)$:	Gebäudespezifische Übertragungsfunktion (Immission)

Zur Ermittlung der baugrund- und abstandsbedingten Abnahme des Erschütterungspegels wird aus den Ausbreitungsmessungen die frequenzabhängige Abnahme der Terzschnellepegel-Spektren berechnet. Die hierzu ausgeführte Regressionsrechnung berücksichtigt neben der geometrischen Pegelabnahme und den Materialdämpfungen des Baugrundes auch die meßtechnisch ermittelten Pegeldifferenzen für jedes Gleis einschließlich des Einflusses der gleisnahen Einbauten. Die frequenzabhängigen Pegelabnahmen wurden somit für jedes Gleis separat bestimmt.

Während die Emissions-Messungen repräsentative Werte für jede Zuggattung ergeben, wird deren Anzahl im Beurteilungszeitraum rechnerisch berücksichtigt. Die Anzahl der Zugvorbeifahrten wird dem jeweiligen Betriebsprogramm entnommen. Tagesabhängige, geringere Zugzahlen während einzelner Messungen werden so in ihrer Häufigkeit korrigiert und wirken sich nicht immissionsmindernd aus. Das gleiche gilt für eventuell verminderte Zuggeschwindigkeiten während der Messungen.

Aus den Terzschnellepegel-Spektren am Immissionsort lassen sich anschließend die Beurteilungswerte gemäß DIN 4150 sowie die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls gemäß [8] berechnen.

Für die ausführliche Darstellung der Vorgehensweise und mathematischen Formulierungen wird auf die Ausführungen in [8] und [16] verwiesen. Eingangsgrößen sind die im Anhang B1 dargestellten Emissionsdaten, siehe Kapitel 5.2.1. Die Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich für die gemessenen Immissionsorte aus den vorliegenden konkreten Meßwerten (Anhang B3) und für die weiteren berechneten Gebäude sowohl aus der Übertragung ermittelter Daten als auch aus empirischen Ansätzen gemäß [8].

Im Ergebnis stehen für jedes untersuchte Gebäude die maximalen Terzschnellepegel-Spektren auf der obersten Geschoßdecke zur Verfügung, aus denen die Taktmaximal-Effektivwerte gebildet werden. Die Übertragungssysteme H_{4-3} , H_2 nach [16] und die Ergebnisse sind für die gemessenen Referenz-Gebäude in den Anhängen zu finden.

5.2 Messungen und weitere Eingangsdaten

Die Gebäude- und Freifeldmessungen fanden im September 2023 an den zwei ausgewählten Gebäuden in den Untersuchungsbereichen 1 und 4 statt, Details finden sich im als Anlage 1 enthaltenen Meßbericht [23]. Für die erschütterungstechnische Untersuchung werden diese Daten über alle Messungen hinweg ausgewertet, um für die Prognose repräsentative Angaben zu Emission, Ausbreitung und Gebäudeverhalten zu gewinnen.

Im Einzelnen wurden untersucht:

- Ausbreitungsmessungen an beiden Meßquerschnitten zur Einschätzung der örtlichen Bodenverhältnisse in Geländegleichlage (UB1_w1) und Dammlage (UB4_o1) bis zu einer Entfernung bis zu ca. 60 m,
- Messungen in den ausgewählten Referenzgebäuden, fallweise ergänzt um weitere Meßpunkte auf dem Ausbreitungsweg.

5.2.1 Emissionsansätze

Im Regelverkehr ist die Strecke 6088 als Mischverkehrsstrecke mit Schienenpersonennahverkehr, Schienenpersonenfernverkehr und Güterverkehr genutzt. Die gemessenen Vorbeifahrten aller drei erfaßter Zugkategorien wurden auf den 8-m-Emissionspegel (Max-Hold nach [8]) aller Messungen hin ausgewertet und dieser Wert als Eingangsgröße in die Prognose übernommen. Abweichende Geschwindigkeiten sind rechnerisch und durch Abgleich mit eigenen Meßdaten an der Strecke 6088 aus anderen Projekten korrigiert.

Im Ergebnis stehen für alle im Prognose-Planfall und im Prognose-Nullfall verkehrenden Zugkategorien geeignete Anregungsdaten zur Verfügung.

Die Emissionsdaten finden sich im Anhang B1.

5.2.2 Transmissionsverhalten

Die Meßquerschnitte der Freifeldmessungen wurden gewählt, um das Ausbreitungsverhalten der betriebsbedingten Erschütterungen in Nähe der Bebauung bestimmen zu können. Die beiden Meßquerschnitte im UB1 und UB4 liefern trotz der unterschiedlichen Höhenverhältnisse (Dammlage gegenüber Geländegleichlage) sehr ähnliche Ausbreitungsfunktionen, dies entspricht den Erkenntnissen der oben erwähnten Geotechnischen Untersuchungen.

Für die weiteren Berechnungen kam nur eine gemeinsame Ausbreitungsfunktion für die gesamte Strecke zur Anwendung. Auch hier geht der konservativste Ansatz mit der geringsten Ausbreitungsdämpfung in die Prognose ein. Die Darstellung ist in Anhang B2 enthalten.

5.2.3 Ansätze für die Gebäude

Die für die Beweissicherungsmessungen ausgewählten Gebäude repräsentieren die aufgrund ihrer Lage zur Bahnstrecke bzw. ihrer Bauweise am stärksten betroffenen Häuser und erlauben Rückschlüsse auf die weitere Bebauung.

Für die vermessenen Immissionsorte liegen als Ergebnis der Messungen die Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} der bewerteten Schwingstärke $KB(t)$ vor. Der höchste aufgezeichnete Einzelwert KB_{Fmax} dieser als Vorbelastung geltenden Schwingungsimmissionen, zumeist in der obersten Etage gemessenen, ist für die einzelnen Gebäude nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 5: Höchste gemessene bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} in Bezug zu den gebäudenächsten Gleisen [23]

Immissionsort	KB_{Fmax} (Messung) EG	KB_{Fmax} (Messung) OG	Entfernung nächstes durchgehendes Streckengleis
			6088
UB1_w1	0,134	0,617	34,8 m
UB4_o1	0,246	0,292	47,9 m

Die niedrigen Eigenfrequenzen der Holzbalkendecken dominieren in den untersuchten Referenzgebäuden das Immissionsverhalten: Die pegelbestimmenden Überhöhungen der Schwingungen auf den Geschoßdecken liegen zwischen 10 Hz und 20 Hz, nur in einem Fall bei 40 Hz, siehe auch Anhang B3.

5.3 Ergebnisse

Die plangegebene Vorbelastung in allen Untersuchungsbereichen bestimmt sich aus dem Betriebsprogramm für den Nullfall, also ohne Baumaßnahme (Änderung der Entwurfsgeschwindigkeit des jeweiligen Abschnittes und /oder Änderungen an der Streckenführung).

Für jedes der Referenzobjekte und sowie für zusätzlich ausgewählte gleisnahe Immissionsorte wurden die Prognoserechnungen nach [8],[16] ausgeführt.

Die zur Berechnung verwendeten maximalen Schwingungs-Emissionen sind im Anhang B1 in Abbildung 6 dargestellt. Die Ausbreitungsdämpfung im Gelände sowie die ermittelten Pegeldifferenzen für jedes Gebäude führen zu jeweils unterschiedlichen Immissionen abhängig von der betrachteten Zugkategorie.

Für die zu untersuchenden, aber nicht vermessenen Gebäude werden ähnliche und für diese Bauweise typische Gebäudeübertragungsfunktionen angesetzt (Abbildung 8 im Anhang B3). Für alle Gebäude kommen aufgrund der Bauweise die Holzbalkendecken mit niedrigen Eigenfrequenzen der Geschoßdecke zum Ansatz, bei der die auch die geringste Ausbreitungsdämpfung im Baugrund vorliegt.

Unter den o.g. Randbedingungen resultiert für die einzelnen Untersuchungsbereiche:

Untersuchungsbereich 1

In diesem Abschnitt ist die Anhebung der Geschwindigkeit von derzeit 120 km/h auf 160 km/h geplant. Zusätzlich wird die vorhandene Weichenverbindung zwischen Gleis 1 und 2 in Lage und Richtung geändert. Es war für die Immissionsorte UB1_w1 und UB1_w2 also die Auswirkung der Geschwindigkeitsanhebung zu untersuchen.

Als Ergebnis der Berechnung sind die maximalen Terzschnellepegel-Spektren in Abbildung 9 dargestellt, die jeweils die höchste Immission beispielhaft ausweisen. Aus diesen spektralen Schwingungsverläufen resultieren für jedes Gleis und jede Zugart die einzelnen Taktmaximal-Effektivwerte und bilden zusammen mit den Verkehrszahlen die Beurteilungsschwingstärke [8]. Diese Beurteilungsgröße ist in Tabelle 6 für Nullfall und Planfall aufgeführt.

Tabelle 6: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} Nullfall / Planfall im Untersuchungsbereich 1

IO Gebietseinstufung	km 6088	Entfernung zum nächsten Gleis Nullfall/Planfall		Nullfall KB_{FTTr}	Planfall KB_{FTTr}	Δ
UB1_w1	77,47	34,8 m / 34,8 m	Tag	EG: 0,044 OG: 0,133	EG: 0,050 OG: 0,161	14% 21%
WA			Nacht	EG: 0,034 OG: 0,106	EG: 0,037 OG: 0,120	9% 13%
UB1_w2	77,47	77,5 m / 77,5 m	Tag	EG: 0,017 OG: 0,073	EG: 0,019 OG: 0,085	13% 16%
WA			Nacht	EG: 0,014 OG: 0,061	EG: 0,015 OG: 0,065	7% 9%

Die Ergebnisse sind für jeden Immissionsort wie folgt zu interpretieren:

1. Ist die berechnete Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} im Prognose-Planfall kleiner als der Anhaltswert $A_r=0,07$ im WA (Tagzeitraum) oder $A_r=0,05$ im WA (Nachtzeitraum), so sind die Forderungen nach [6],[10] eingehalten und es werden keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
2. Sind die berechneten Werte für KB_{FTTr} größer als die jeweiligen Anhaltswerte, so ist die Zunahme der Beurteilungsschwingstärke heranzuziehen. Ist diese Zunahme größer als 25%, müssen Schutzmaßnahmen geprüft werden.

Ausweislich der Berechnungen werden die Anhaltswerte A_r der jeweiligen Gebietseinstufung für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} oft bereits in der plangegebenen Vorbelastung (Nullfall) überschritten. Im Planfall nimmt die Beurteilungsschwingstärke in den schwingungsempfindlichen Obergeschossen durch die emissionssteigernde Geschwindigkeitsanhebung erwartungsgemäß zu, die höchste Zunahme der Beurteilungsschwingstärke an dem streckennächsten Immissionsort UB1_w1 bleibt unter dem Signifikanzkriterium von 25%.

Untersuchungsbereich 2

Im UB2 sind sowohl Wohngebiete als auch Mischgebiete anzutreffen. Die Streckengeschwindigkeit von 120 km/h wird nicht geändert, jedoch verläuft das Bahnhofsgleis mit reduzierter Geschwindigkeit zukünftig auf der westlichen Seite. Ebenfalls kommt es im Planfall zu Verkehrsverlagerungen im Vergleich zum Nullfall zwischen den Gleisen sowie zu den angesprochenen Gleisverschiebungen. Hierin liegen die nur geringen Unterschiede in den Beurteilungsschwingstärken begründet.

Tabelle 7: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} Nullfall / Planfall im Untersuchungsbereich 2

IO Gebietseinstufung	km 6088	Entfernung zum nächsten Gleis Nullfall/Planfall		Nullfall KB_{FTTr}	Planfall KB_{FTTr}	Δ
UB2_o1	77,70	49,4 m / 54,8 m	Tag	EG: 0,025 OG: 0,082	EG: 0,026 OG: 0,086	3% 5%
MI			Nacht	EG: 0,021 OG: 0,070	EG: 0,021 OG: 0,072	0% 3%
UB2_o2	77,86	38,3 m / 44,0 m	Tag	EG: 0,031 OG: 0,053	EG: 0,032 OG: 0,056	2% 7%
MI			Nacht	EG: 0,025 OG: 0,043	EG: 0,026 OG: 0,044	1% 4%

IO Gebietseinstufung	km 6088	Entfernung zum nächsten Gleis Nullfall/Planfall		Nullfall KB _{FT}	Planfall KB _{FT}	Δ
UB2_o3	78,08	68,9 m / 71,6 m	Tag	EG: 0,017 OG: 0,070	EG: 0,017 OG: 0,073	3% 4%
WA			Nacht	EG: 0,014 OG: 0,060	EG: 0,015 OG: 0,062	4% 4%

Die Ergebnisse sind für jeden Immissionsort wie folgt zu interpretieren:

1. Ist die berechnete Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} im Prognose-Planfall kleiner als der Anhaltswert A_r=0,1 im MI bzw. A_r=0,07 im WA (Tagzeitraum) oder A_r=0,07 im MI bzw. A_r=0,05 im WA (Nachtzeitraum), so sind die Forderungen nach [6],[10] eingehalten und es werden keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
2. Sind die berechneten Werte für KB_{FT} größer als die jeweiligen Anhaltswerte, so ist die Zunahme der Beurteilungsschwingstärke heranzuziehen. Ist diese Zunahme größer als 25%, müssen Schutzmaßnahmen geprüft werden.

Auch hier sind die Anhaltswerte A_r der jeweiligen Gebietseinstufung für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} teilweise bereits in der plangegebenen Vorbelastung (Nullfall) überschritten. Im Planfall nimmt die Beurteilungsschwingstärke in den schwingungsempfindlichen Obergeschossen nur geringfügig zu und liegt an allen untersuchten Immissionsorten unter dem Signifikanzkriterium von 25%.

Untersuchungsbereich 3

Im UB3 ist neben der Verkehrsverlagerung und der Verschiebung der Gleise auch die Anhebung der Streckengeschwindigkeit von derzeit 90 km/h auf 120 km/h auf den durchgehenden Hauptgleisen zu untersuchen. Es sind sowohl Wohngebiete als auch Mischgebiete links der Bahn anzutreffen.

Tabelle 8: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} Nullfall / Planfall im Untersuchungsbereich 3

IO Gebietseinstufung	km 6088	Entfernung zum nächsten Gleis Nullfall/Planfall		Nullfall KB _{FT}	Planfall KB _{FT}	Δ
UB3_o1	78,14	65,3 m / 67,9 m	Tag	EG: 0,017 OG: 0,066	EG: 0,018 OG: 0,075	10% 13%
WA			Nacht	EG: 0,015 OG: 0,059	EG: 0,016 OG: 0,064	8% 8%
UB3_o2	78,27	68,8 m / 70,4 m	Tag	EG: 0,016 OG: 0,088	EG: 0,018 OG: 0,092	12% 5%
WA			Nacht	EG: 0,014 OG: 0,083	EG: 0,016 OG: 0,087	9% 5%
UB3_o3	78,40	94,9 m / 90,6 m	Tag	EG: 0,012 OG: 0,079	EG: 0,014 OG: 0,084	12% 5%
WA			Nacht	EG: 0,011 OG: 0,075	EG: 0,012 OG: 0,079	10% 6%
UB3_w1	78,36	117,6 m / 114,4 m	Tag	EG: 0,010 OG: 0,029	EG: 0,010 OG: 0,032	0% 11%
MI			Nacht	EG: 0,009 OG: 0,025	EG: 0,009 OG: 0,026	0% 4%

Die Ergebnisse sind für jeden Immissionsort wie folgt zu interpretieren:

1. Ist die berechnete Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} im Prognose-Planfall kleiner als der Anhaltswert $A_r=0,1$ im MI bzw. $A_r=0,07$ im WA (Tagzeitraum) oder $A_r=0,07$ im MI bzw. $A_r=0,05$ im WA (Nachtzeitraum), so sind die Forderungen nach [6],[10] eingehalten und es werden keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
2. Sind die berechneten Werte für KB_{FTF} **größer** als die jeweiligen Anhaltswerte, so ist die Zunahme der Beurteilungsschwingstärke heranzuziehen. Ist diese Zunahme größer als 25%, müssen Schutzmaßnahmen geprüft werden.

In der rechts der Luisenstraße befindlichen Altbausubstanz mit schwingungsempfindlichen Holzbalkendecken werden die Anhaltswerte A_r der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} für Wohngebiete oft bereits in der plangegebenen Vorbelastung (Nullfall) nicht eingehalten. Im Planfall nimmt die Beurteilungsschwingstärke an allen Immissionsorten bedingt durch die Geschwindigkeitsanhebung erwartungsgemäß zu, liegt aber an allen untersuchten Immissionsorten unterhalb des Signifikanzkriteriums von 25%.

Untersuchungsbereich 4

Im UB4 ist die angestrebte Geschwindigkeit von 120 km/h bereits planfestgestellt und wird daher auch im Nullfall so angesetzt. Die Verkehre verlagern sich durch das neue Überholgleis. Wohngebäude sind nur rechts der Strecke anzutreffen.

Tabelle 9: Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} Nullfall / Planfall im Untersuchungsbereich 4

IO Gebietseinstufung	km 6088	Entfernung zum nächsten Gleis Nullfall/Planfall		Nullfall KB_{FTF}	Planfall KB_{FTF}	Δ
UB4_o1	78,60	47,9 m / 49,8 m	Tag	EG: 0,037 OG: 0,043	EG: 0,033 OG: 0,041	-11% -3%
WA			Nacht	EG: 0,034 OG: 0,034	EG: 0,032 OG: 0,033	-4% -2%
UB4_o2	78,79	54,4 m / 55,2 m	Tag	EG: 0,032 OG: 0,087	EG: 0,029 OG: 0,084	-9% -2%
WA			Nacht	EG: 0,029 OG: 0,072	EG: 0,029 OG: 0,071	0% -1%

Die Ergebnisse sind für jeden Immissionsort wie folgt zu interpretieren:

1. Ist die berechnete Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} im Prognose-Planfall kleiner als der Anhaltswert $A_r=0,1$ im MI bzw. $A_r=0,07$ im WA (Tagzeitraum) oder $A_r=0,07$ im MI bzw. $A_r=0,05$ im WA (Nachtzeitraum), so sind die Forderungen nach [6],[10] eingehalten und es werden keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
2. Sind die berechneten Werte für KB_{FTF} **größer** als die jeweiligen Anhaltswerte, so ist die Zunahme der Beurteilungsschwingstärke heranzuziehen. Ist diese Zunahme größer als 25%, müssen Schutzmaßnahmen geprüft werden.

Die ermittelten Anhaltswerte A_r der jeweiligen Gebietseinstufung für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} werden auch hier bereits in der plangegebenen Vorbelastung (Nullfall) teilweise überschritten. Im Planfall reduziert sich die Beurteilungsschwingstärke an allen Immissionsorten geringfügig.

6 Zusammenfassung

Zur Berücksichtigung des Immissionsschutzes im Bauvorhaben Streckenertüchtigung Rostock-Berlin: Bf Fürstenberg (Strecke 6088) sind die zu erwartenden betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen vorab zu ermitteln und zu bewerten, um ggf. erforderliche Schutz- oder Minderungsmaßnahmen zu ergreifen. Neben den fühlbaren Erschütterungen wird dabei auch der sogenannte sekundäre Luftschall untersucht, der durch die Schallabstrahlung von Decken und Wänden in den Räumen entsteht.

Da in dem Streckenabschnitt bereits Gleise vorhanden sind, handelt sich um eine Änderung eines Schienenwegs durch Änderung der Gleislage und streckenweise Anhebung der Höchstgeschwindigkeit.

Die plangegebene Vorbelastung in der streckennahen Bebauung liegt aufgrund der in den Referenzgebäuden angetroffenen und in der vergleichbaren Bebauung daher angesetzten schwingungsempfindlichen Holzbalkendecken über den Anhaltswerten nach [10]. Die Beurteilungsschwingstärke durch das Ausbauvorhaben erhöht sich in den Untersuchungsbereich 1 und 3. Die Zunahme beträgt in keinem Fall mehr als 25%. Die ermittelten Innenraumpegel des sekundären Luftschalls werden auch im Prognose-Planfall eingehalten, siehe Anhang C2. Minderungsmaßnahmen sind daher nicht zu untersuchen.

7 Unterschriften

geprüft:

erstellt:

Dipl.-Ing. (FH) M. Lerzer TT.TVE 351

Dr.-Ing. Ch. Weißenborn, TT.TVE 35

freigegeben:

Dr.-Ing. J. Rothhämel, L TT.TVE 35

- Ende des Berichtes -

Anhang A Angaben zu den örtlichen Gegebenheiten

A1 Untersuchte Immissionsorte

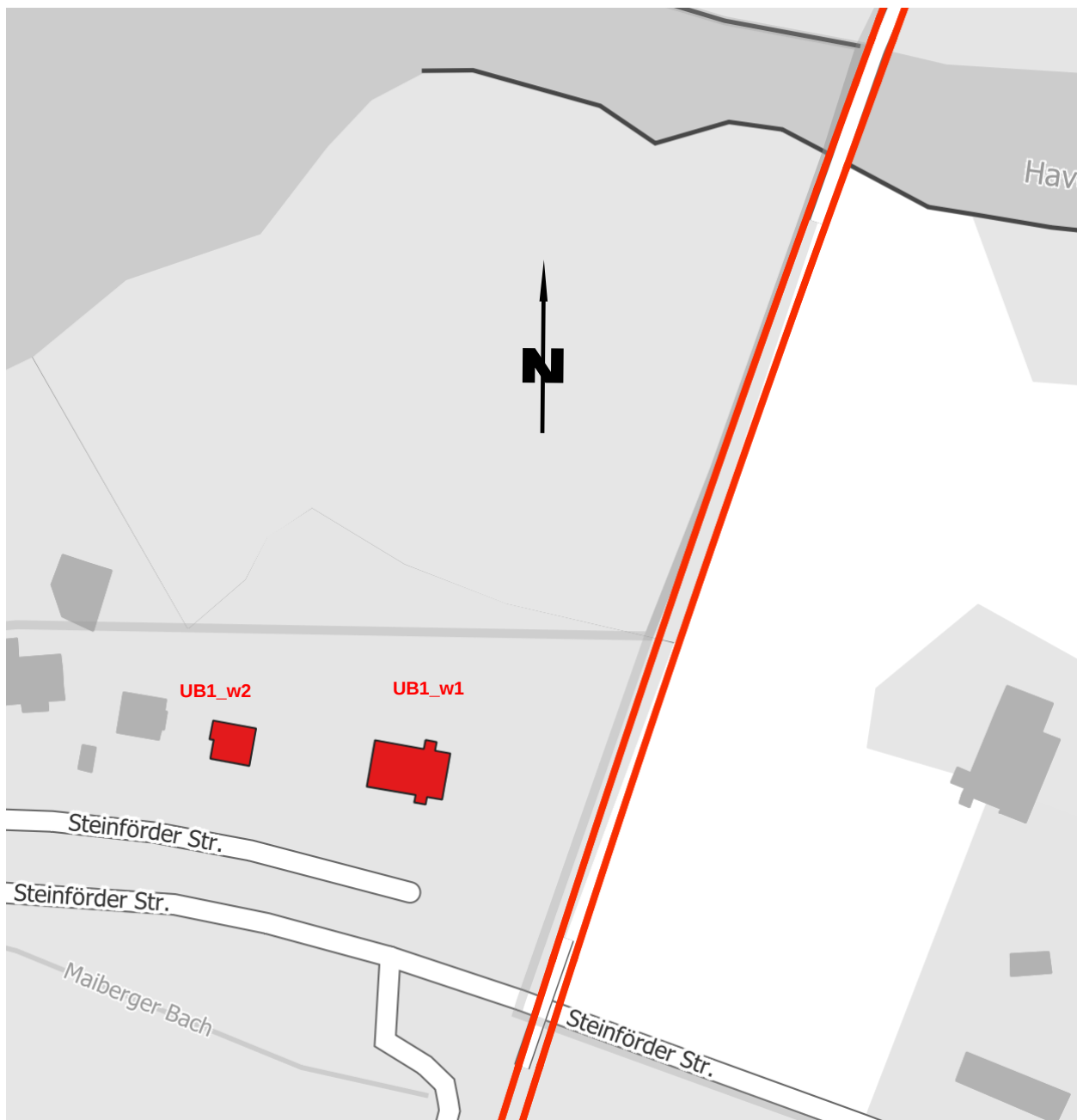


Abbildung 2: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 1

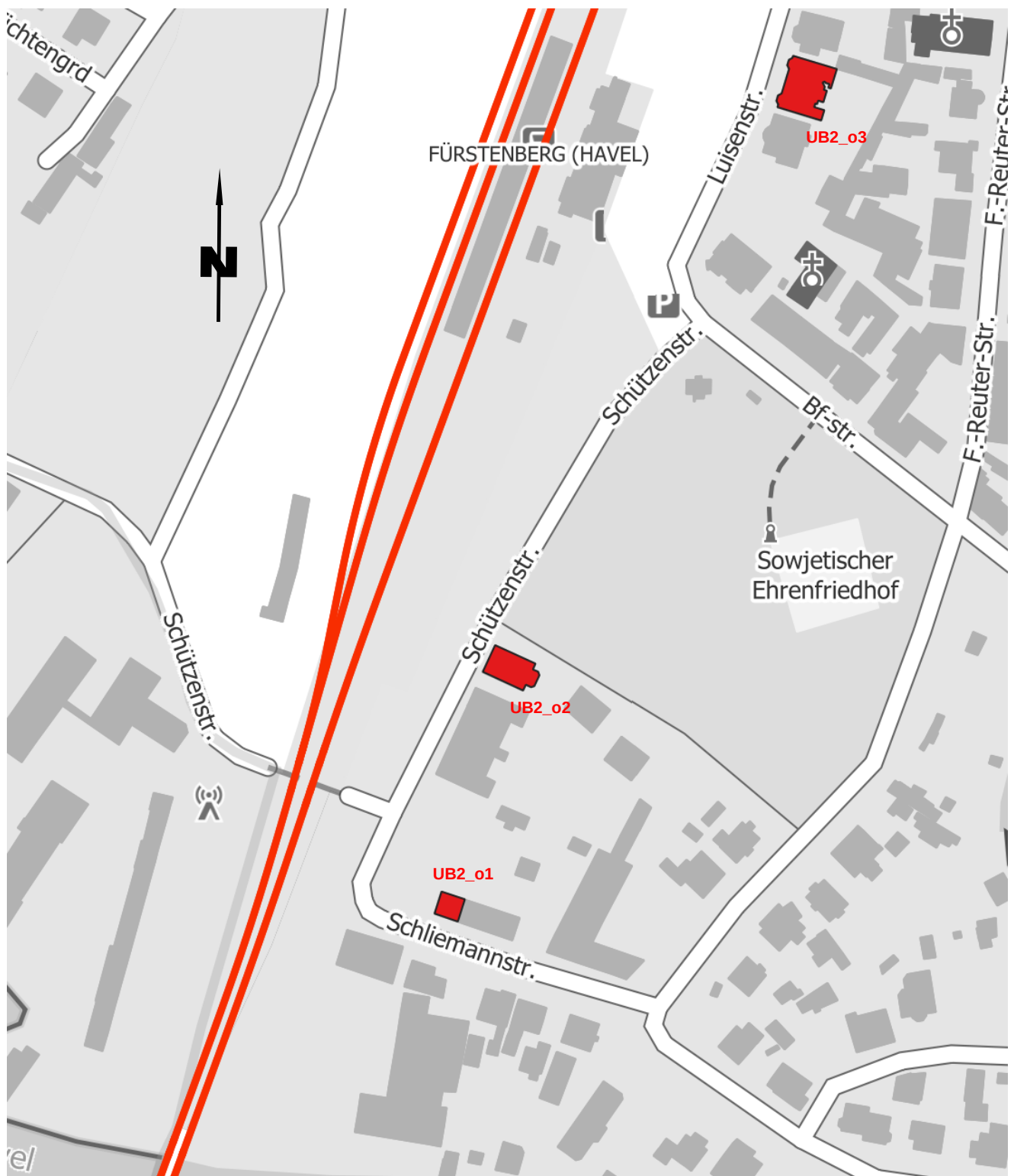


Abbildung 3: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 2

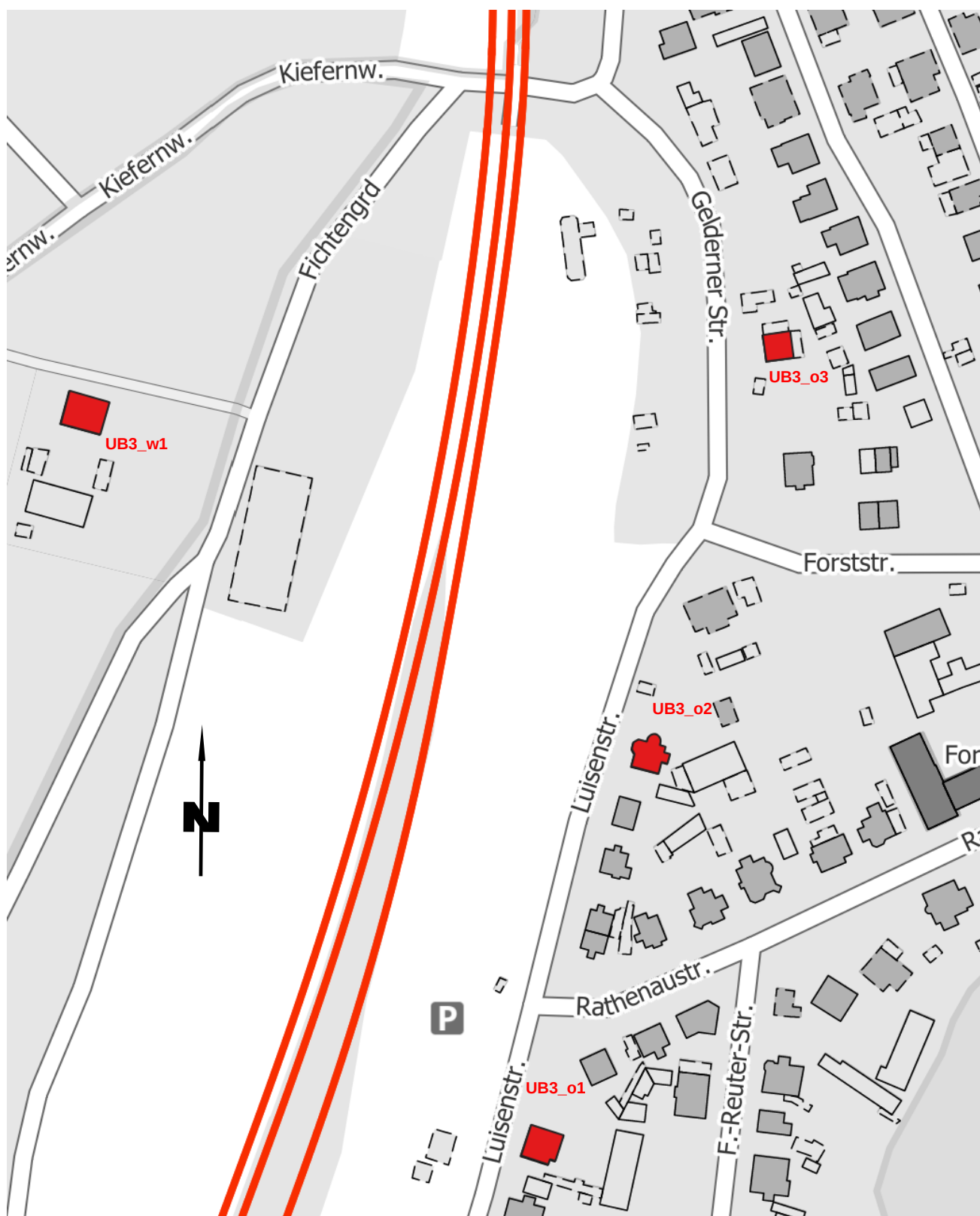


Abbildung 4: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 3



Abbildung 5: Lagedarstellung der untersuchten Immissionsorte im UB 4

Anhang B Ansätze für Emission und Transmission

B1 Emissionsansätze für das Vorhaben Bf Fürstenberg

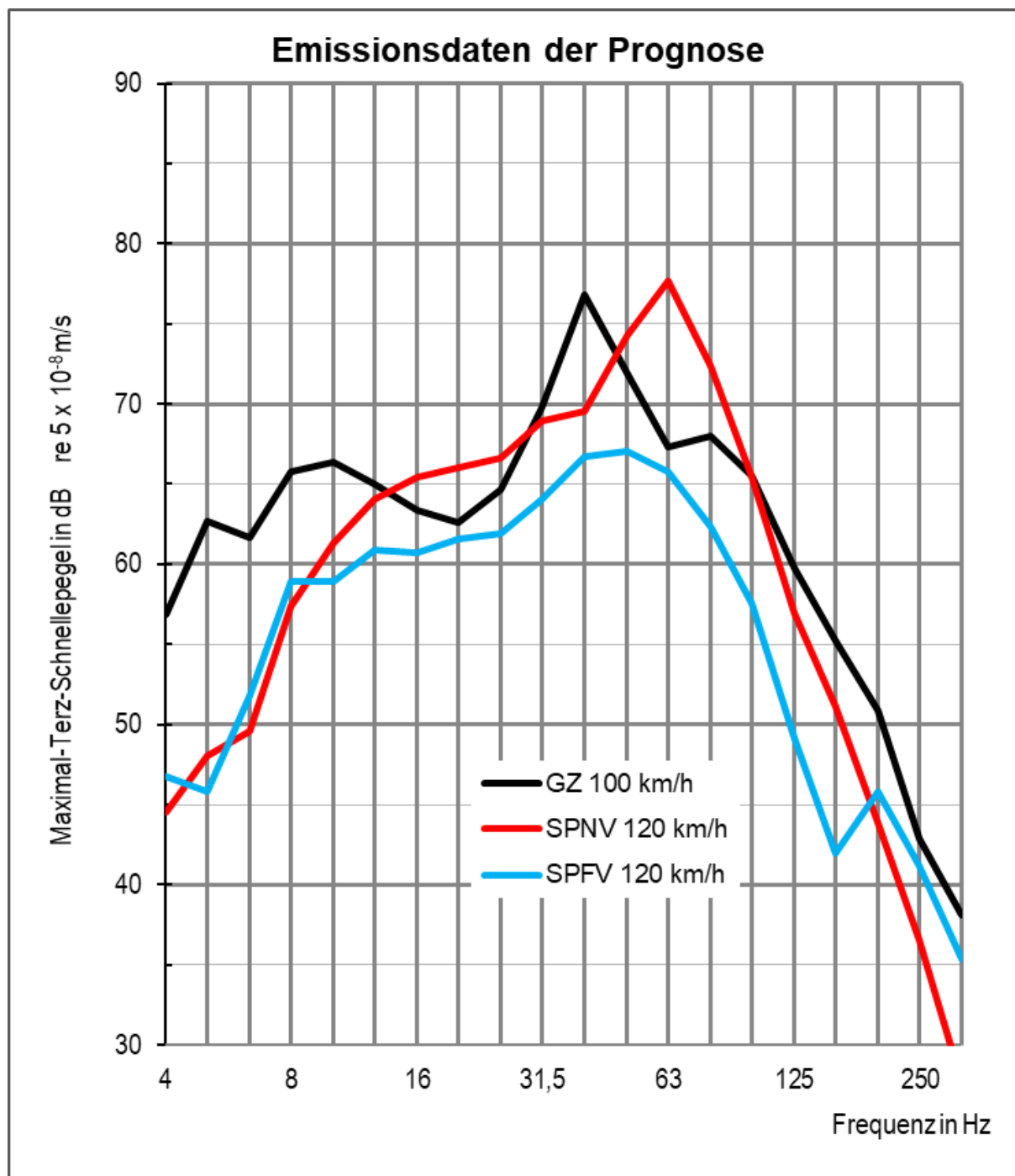


Abbildung 6: Emissionsansatz im gesamten Untersuchungsgebiet

Dargestellt sind die Emissionen in einer Entfernung von 8m zum Gleis.

B2 Meßtechnisch ermittelte Ausbreitungsfunktion

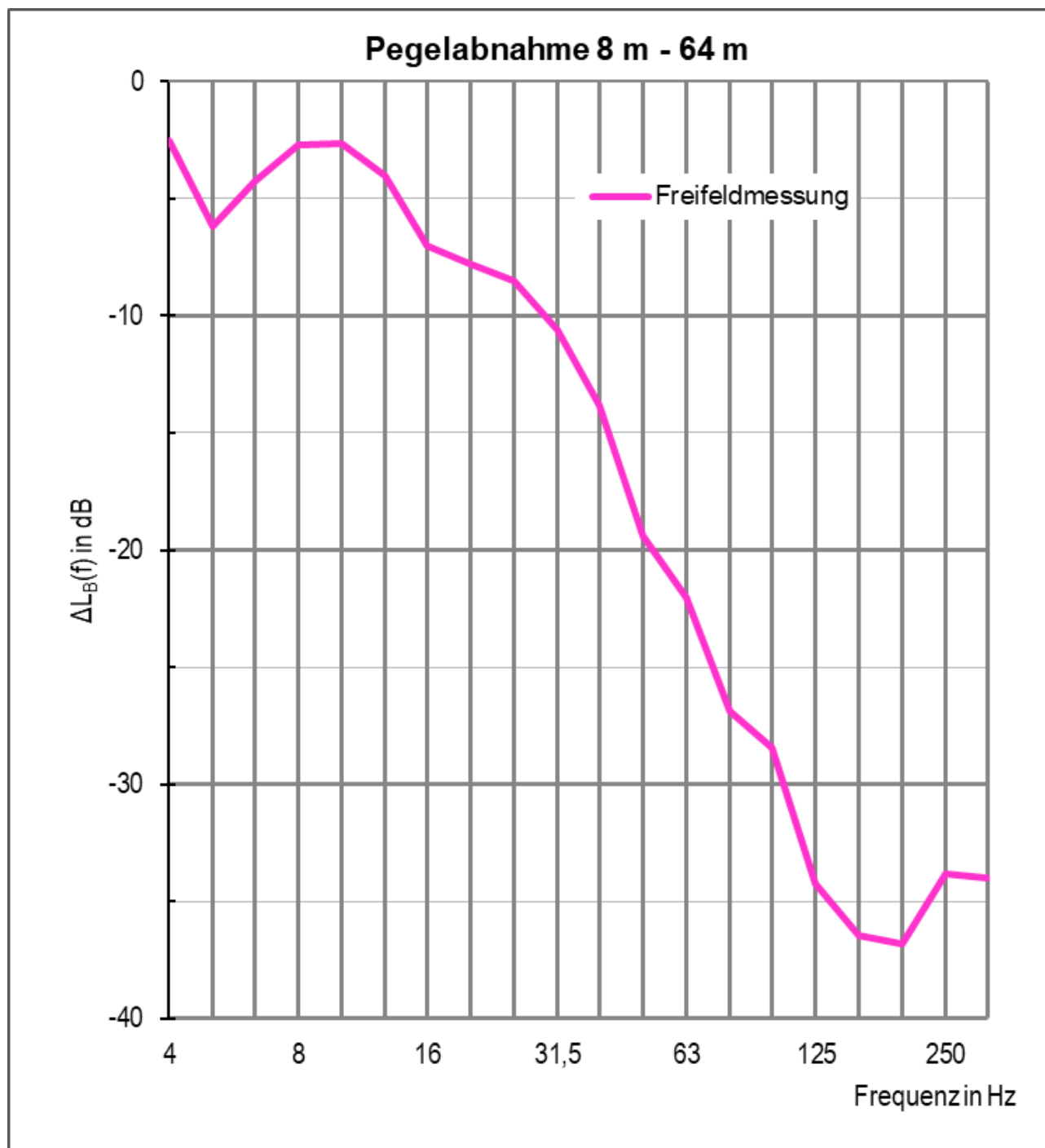


Abbildung 7: baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme ΔL_B (Transmission) als Mittelwert der größten Regressionsfunktionen der Messungen aus [23]

B3 Gebäude-Übertragungsfunktionen für die Prognose (Auswahl)

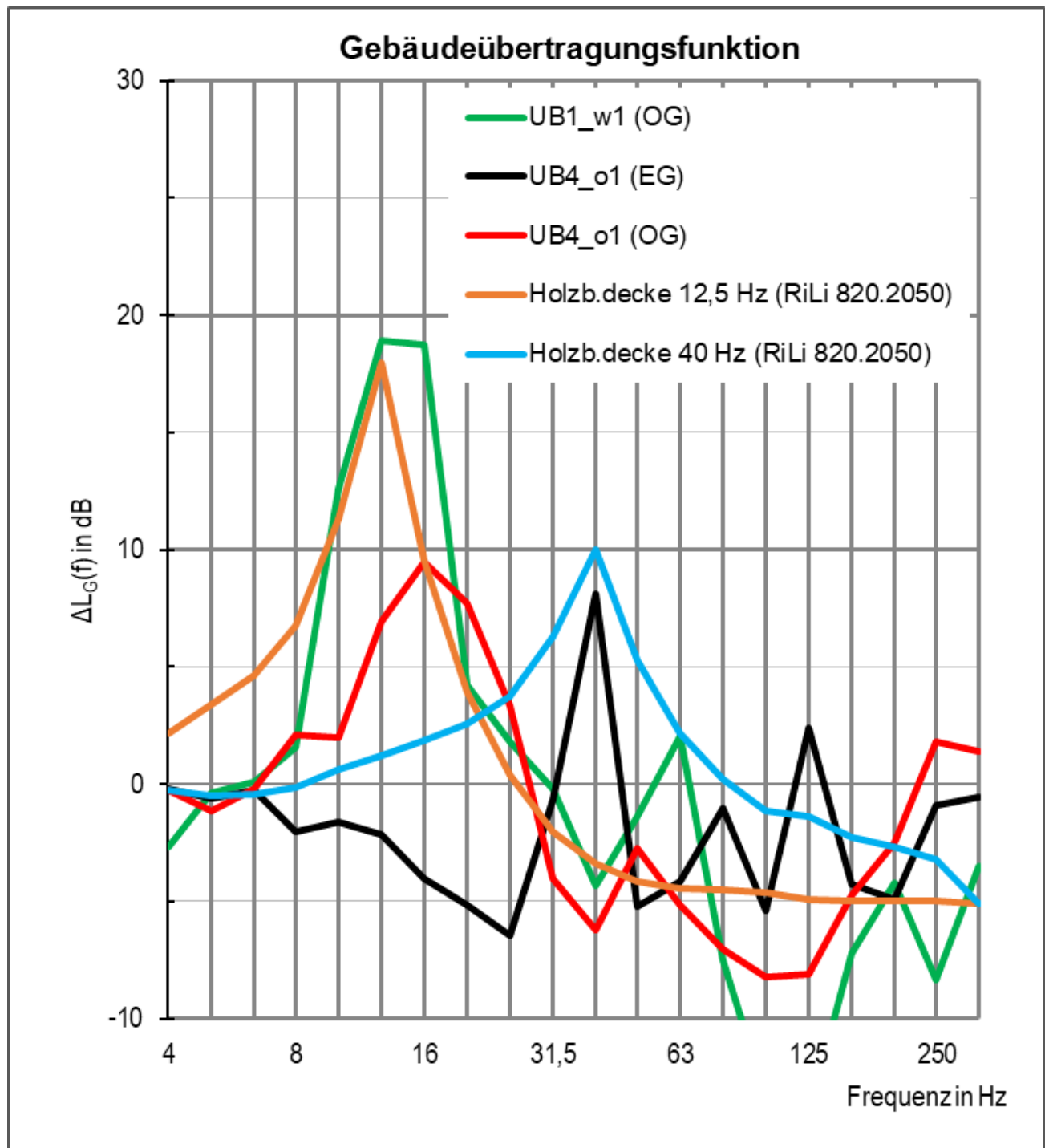


Abbildung 8: Gebäude-Übertragungsfunktionen ΔL_G für einige der prognostizierten Gebäude, im Vergleich dazu Standard-Ansätze für ähnliche Decken-Eigenfrequenzen aus der DB-Richtlinie [8]

Anhang C Ergebnisse

C1 Maximale Immissionspegel

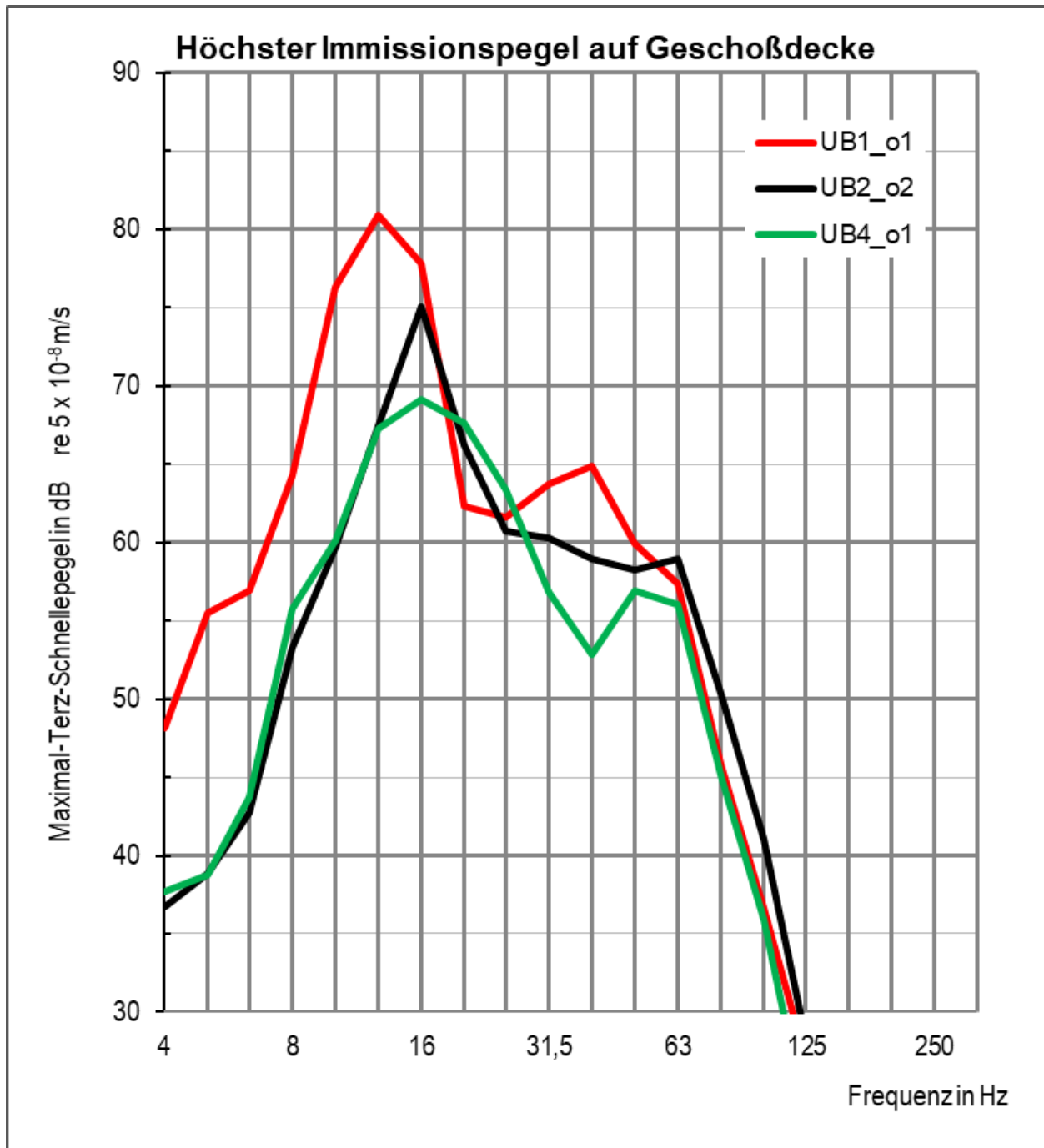


Abbildung 9: Immissionspegel auf oberster Geschoßdecke

Die Abbildungen zeigen exemplarisch als Ergebnis der Prognose die höchsten Schwingschnellepegel auf der berechneten Geschoßdecke. Diese werden in allen Gebäuden durch die Zuggattung Güterverkehr hervorgerufen.

Gut erkennbar sind die gebäudespezifischen Eigenfrequenzen.

C2 Sekundärer Luftschall

Die ermittelten größten Pegel für den sekundären Luftschall liegen im Planfall in allen prognostizierten Gebäuden unterhalb der Anhaltswerte.

Werte kleiner als 20 dB(A) sind rechnerisch ermittelbar, werden in der Praxis bei oberirdischem Schienenverkehr aber nicht wahrgenommen.

Tabelle 10: Höchster sekundärer Luftschallpegel im Planfall

IO	Entfernung zum nächsten Gleis		Planfall KB _{FT}	Max. sekundärer Luftschallpegel L _m in dB(A)
UB1_w1	34,8 m	Tag	EG: 0,050 OG: 0,161	22,3
WA		Nacht	EG: 0,037 OG: 0,120	20,0
UB1_w2	77,5 m	Tag	EG: 0,019 OG: 0,085	13,6
WA		Nacht	EG: 0,015 OG: 0,065	11,6
UB2_o1	54,8 m	Tag	EG: 0,026 OG: 0,086	17,4
MI		Nacht	EG: 0,021 OG: 0,072	15,6
UB2_o2	44,0 m	Tag	EG: 0,032 OG: 0,056	19,3
MI		Nacht	EG: 0,026 OG: 0,044	17,4
UB2_o3	71,6 m	Tag	EG: 0,017 OG: 0,073	13,4
WA		Nacht	EG: 0,015 OG: 0,062	11,9
UB3_o1	67,9 m	Tag	EG: 0,018 OG: 0,075	14,2
WA		Nacht	EG: 0,016 OG: 0,064	12,6
UB3_o2	70,4 m	Tag	EG: 0,018 OG: 0,092	14,0
WA		Nacht	EG: 0,016 OG: 0,087	12,4
UB3_o3	90,6 m	Tag	EG: 0,014 OG: 0,084	10,5
WA		Nacht	EG: 0,012 OG: 0,079	9,0

IO	Entfernung zum nächsten Gleis		Planfall KB _{FT}	Max. sekundärer Luftschallpegel L _m in dB(A)
UB3_w1	114,4 m	Tag	EG: 0,010 OG: 0,032	5,4
MI		Nacht	EG: 0,009 OG: 0,026	4,0
UB4_o1	49,8 m	Tag	EG: 0,033 OG: 0,041	17,1
WA		Nacht	EG: 0,032 OG: 0,033	16,8
UB4_o2	55,2 m	Tag	EG: 0,029 OG: 0,084	16,3
WA		Nacht	EG: 0,029 OG: 0,071	16,1