

Unterlage für eine Entscheidung nach § 18 AEG

Anlage 15.2

Nur zur Information

wird ersetzt durch
Anlage 15.2b

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:

Umbau Knoten Frankfurt (Main)-Sportfeld,
2. Ausbaustufe

Abschnitt:

6-gleisiger Ausbau
Frankfurt (Main)-Sportfeld – Abzweig Gutleuthof

Untersuchungsumfang:

Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten
Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luft-
schall im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen nach § 26 BImSchG

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPP-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **10225-VVE-1**
Datum: **30.03.2012**

Auftraggeber:

DB ProjektBau GmbH
Regionalbereich Mitte
Hahnstraße 52
60528 Frankfurt am Main

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. Rolf Schneider
Dipl.-Phys. Magnus Holz

Umfang des Dokumentes:

Textteil:	47	Seiten
Anhang 1:	4	Seiten
Anhang 2:	4	Seiten
Anhang 3:	21	Seiten
Anhang 4:	2	Seiten
Anhang 5:	4	Seiten
Anhang 6:	2	Seiten
Anhang 7:	2	Seiten
Anhang 8:	6	Seiten
Anhang 9:	3	Seiten

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	8
3	Bearbeitungsgrundlagen	9
3.1	Rechtsgrundlagen und Regelwerke	9
3.2	Planunterlagen	11
4	Anforderungen an den Schwingungsschutz	12
4.1	Erschütterungen	12
4.1.1	Beurteilungsverfahren	12
4.1.2	Anhaltswerte	13
4.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung	14
4.2	Sekundärer Luftschall	15
4.2.1	Grundlagen der Beurteilung	15
4.2.2	Anforderungswerte	16
4.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“	17
4.2.4	Kriterien einer wesentlichen Änderung	18
5	Untersuchungsraum	18
5.1	Beschreibung des Planvorhabens	18
5.1.1	Bestandssituation	18
5.1.2	Planung	19
5.2	Immissionsschutzrechtliche Einstufung	20
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	20
6.1	Immissionsprognose	22
6.1.1	Emission	25
6.1.2	Transmission	25
6.1.3	Immission	27
6.2	Betriebsparameter	29
7	Untersuchungsergebnisse	30
7.1	Prognose-Nullfall	31
7.1.1	Erschütterungen	31
7.1.2	Sekundärer Luftschall	33

7.2	Prognose-Planfall	33
7.2.1	Erschütterungen	33
7.2.2	Sekundärer Luftschall	35
7.3	Prüfung auf wesentliche Änderung	36
7.4	Extrapolation der Untersuchungsergebnisse	37
7.5	Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen	38
7.5.1	Grundsätzlich mögliche Maßnahmen	38
7.5.2	Maßnahmen an der Quelle	38
7.5.3	Maßnahmen im Ausbreitungsweg	41
7.5.4	Maßnahmen am Immissionsort	42
7.6	Maßnahmen	43
7.7	Prognose mit Vorsorgemaßnahmen	44
7.7.1	Erschütterungen	44
7.7.2	Sekundärer Luftschall	46
8	Abschließende Bemerkungen	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Übertragung von Erschütterungen	23
Abbildung 2	Prognose schienenverkehrsinduzierter Erschütterungen	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	13
Tabelle 2	Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall	17
Tabelle 3	Erstreckung der Vorsorgemaßnahme	44

Anhänge

Anhang 1	Lagepläne
Anhang 2	Betriebsprogramm
Anhang 3	Emissionen
Anhang 4	Transmission
Anhang 5	Erschütterungsimmissionen ohne VMN
Anhang 6	Sekundäre Luftschallimmissionen ohne VMN
Anhang 7	Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“
Anhang 8	Immissionen mit VMN
Anhang 9	Einfügedämmung Sonderoberbauformen

Abkürzungsverzeichnis

16. BImSchV	Verkehrslärmschutzverordnung
24. BImSchV	Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung
A	Anhaltswert
A _r	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _u	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVerwG	Bundes-Verwaltungsgericht
D	Korrektursummand zur Berücksichtigung der Raumnutzung [dB]
ΔL	Pegeldifferenz [dB]
EC	EuroCity
ExC	ExpressCargo
f	Frequenz [Hz]
GV	Güterverkehr
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
IC	Intercity
ICE	IntercityExpress
IP	Immissionsort
ICG	InterCargozug
IRC	InterRegioCargozug
L _i	A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)]
L _{r,i}	Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]
L _{r,sek}	Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall [dB(A)]

L_{vA}	A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)]
MI	Mischgebiet gemäß § 6 BauNVO
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
N	Anzahl von Zügen
PNF	Prognose-Nullfall
PPF	Prognose-Planfall
r, R	Abstand [m]
RB	Regionalbahn
RE	Regionalexpress
σ	Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-]
SB	S-Bahn
T_r	Beurteilungszeit [tags 16 h, nachts 8 h]
T_e	Einwirkzeit der Zugereignisse [s]
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v_{max}	Höchstgeschwindigkeit [km/h]
VMN	Vorsorgemaßnahme
WA	Allgemeines Wohngebiet gemäß § 4 BauNVO

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe wurde für den 6-gleisigen Ausbau Bahnhof Frankfurt (Main)-Stadion – Abzweig Gutleuthof geprüft, ob Konflikte aufgrund von Erschütterungen bzw. von sekundären Luftschallimmissionen nach Inbetriebnahme der ausgebauten Bahnstrecke zu erwarten sind und welche Maßnahmen zur Konfliktbewältigung bzw. zur Konfliktreduzierung geeignet sind. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ❑ Im gesamten Streckenabschnitt besteht eine erschütterungstechnische **Vorbelastung** durch die vorhandenen Gleisanlagen (Strecken 3520, 3683 und 3624). Für die Gebäude im Einwirkungsbereich wurde geprüft, ob es durch den Betrieb der künftig 6-gleisigen Strecke zu einer Erhöhung der gegenwärtig auftretenden Erschütterungsimmissionen kommen wird. Soweit dies der Fall ist, wird untersucht, ob diese eine „wesentliche Änderung“ im Hinblick auf den Immissionsschutz darstellen, die erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen erforderlich machen.
- ❑ Unter Berücksichtigung der bestehenden und der planungsbedingten Abstände zu nahe gelegenen Gebäuden kommt es im Prognose-Planfall in 2 der 4 exemplarisch untersuchten Gebäude zu einer Steigerung der Erschütterungsimmissionen, die als „**wesentliche Änderung**“ einzustufen ist. Mögliche technische Vorsorgemaßnahmen zur Minderung der künftigen schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen sind somit unter Berücksichtigung des Angemessenheitsgrundsatzes zu prüfen.
- ❑ Hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen ergeben sich sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall in einem der 4 untersuchten Gebäude Beurteilungspegel, die die in Anlehnung an die **24. BImSchV** herangezogenen Immissionsrichtwerte überschreiten. Eine „wesentliche Änderung“ der Beurteilungspegel ist jedoch nicht gegeben. Ein Anspruch auf mögliche Vorsorgemaßnahmen besteht somit hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen nicht.

- Die untersuchten Gebäude sind repräsentativ für die jeweils umliegenden Gebäude und deren Schwingungsübertragungsverhalten. Die Untersuchungsergebnisse für die exemplarischen Gebäude lassen sich daher auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der geplanten Baumaßnahme gelegenen Gebäude extrapolieren. Aufgrund der prognostizierten Betroffenheiten in den einzelnen Streckenabschnitten werden daher erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen erforderlich.
- Als geeignete Vorsorgemaßnahme kommen in den jeweiligen Streckenabschnitten Schotteroberbauten mit „besohnten Schwellen“ für die neu zu bauenden bzw. baulich zu verändernden Gleise sowie in Teilbereichen auch in den vorhandenen, baulich nicht zu ändernden Gleisen in Betracht. Die Vorsorgemaßnahme sollte in den nachfolgend aufgeführten Teilbereichen vorgesehen werden:

Strecke Nr.	Vorsorgemaßnahme (Besohlte Schwellen)			
	Bereich 1		Bereich 2	
	von km	bis km	von km	bis km
3624	32,6+60	33,0+00	-	-
3657	32,6+60	33,0+00	33,6+20	33,7+10
3520	32,6+60	33,0+00	33,6+20	33,7+10
3683	32,6+60	33,0+00	-	-

Die Kilometrierungsangabe bezieht sich hierbei auf die Strecke 3520.

- Durch diese Schutzmaßnahmen kann gewährleistet werden, dass es nach Realisierung der Ausbaumaßnahmen in allen Immissionsorten, wo eine Vorsorgemaßnahme berücksichtigt wurde, es zu keinen gegenüber der Vorbelastung höheren Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen durch den Schienenverkehr kommt. Die Vorsorgemaßnahmen können die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen jedoch lediglich reduzieren. Eine Einhaltung der Anhaltswerte ist bei der gegebenen Vorbelastung und mit den nach dem gegenwärtigen Stand der Technik verfügbaren oberbautechnischen Maßnahmen unter Beachtung des Grundsatzes einer wirtschaftlichen Angemessenheit nicht möglich. Es verbleibt ein

geringer Restkonflikt in 2 der 4 messtechnisch untersuchten Gebäude.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Der Ausbau des Schienenverkehrsknotens Frankfurt (Main)-Sportfeld ist als Teilmaßnahme im Projekt Frankfurt RheinMain^{plus} erfasst. Das Gesamtvorhaben besteht aus drei Ausbaustufen, wobei die 2. Ausbaustufe den Bau von zwei zusätzlichen Gleisen zwischen Frankfurt (Main)-Sportfeld und dem Abzweig Gutleuthof einschließlich der Umgestaltung des Ostkopfes des Bahnhofs Frankfurt (Main)-Sportfeld vorsieht.

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Störungen des stationären Abrollvorganges zurückzuführen sind. Verantwortlich hierfür sind einerseits Inhomogenitäten der Schiene, andererseits auch das Rad selbst, welches in der Regel einen ungleichmäßigen Verschleiß erfährt. Die impulsförmige Anregung des Radsatzes und des Gleiskörpers wiederum hat die Anregung von Eigenschwingungen des Gesamtsystems zur Folge. Auch schwankende Vertikalsteifigkeiten bei Schotteroberbauten mit Schwellen oder bei festen Fahrbahnen sind ursächlich für einen instationären Abrollvorgang.

Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über das Erdreich auf nahe stehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können. Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwingstärken zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens von Menschen in Gebäuden führen. Über die Geschossdecken werden Schwingungen des Gebäudekörpers auf den Menschen übertragen, die vom Körper direkt als mechanische Schwingungsmissionen wahrgenommen werden. Weiterhin führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen in Form von hörbarem (sekundärem) Luftschall. Selbst Immissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, können dann akustisch wahrnehmbar sein.

Geräusche und Erschütterungen zählen gemäß **§ 3** des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**BImSchG**) /1/ je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Im Rahmen der Planung für den 6-gleisigen Ausbau des Knotens Frankfurt (Main)-Sportfeld – Abzweig Gutleuthof ist daher zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungen bzw. sekundärem Luftschall, hervorgerufen vom künftigen Betrieb nach Fertigstellung der Baumaßnahme, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im gesamten Untersuchungsraum eine erschütterungstechnische Vorbelastung durch die vorhandenen Bahnstrecken 3624, 3520 und 3683 besteht. Sofern zukünftig Erschütterungs- oder sekundäre Luftschallimmissionen zu erwarten sind, die die Beurteilungswerte gemäß **DIN 4150-2** bzw. die Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24. BImSchV** überschreiten, sind die Belastungen im Planfall der gegebenen Vorbelastung (Nullfall) gegenüberzustellen. Anhand dieses Vergleichs wird dann geprüft, ob die geplante Baumaßnahme zu einer „**wesentlichen Änderung**“ führen kann, das heißt zu einer erheblichen Erhöhung der Immissionen gegenüber der Vorbelastungssituation.

Soweit relevante Konfliktpotentiale festgestellt werden, sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Minimierung der Immissionskonflikte zu erarbeiten. Hierbei ist der Grundsatz der wirtschaftlichen Verhältnismäßigkeit zum Schutzzweck zu beachten.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Rechtsgrundlagen und Regelwerke

Für die Durchführung der erschütterungstechnischen Untersuchung werden die folgenden Normen und Regelwerke herangezogen:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung

- /2/ Verwaltungs-Verfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /3/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. September 2006
- /4/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /5/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az. BVerwG 7 A 14.09
- /6/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /7/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /8/ DIN 45669, Teil 1 „Messung von Schwingungsimmissionen: Anforderungen an Schwingungsmesser“, September 2010
- /9/ DIN 45669, Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen: Messverfahren“, Juni 2005
- /10/ DIN 45672, Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen: Messverfahren“, Dezember 2009
- /11/ DIN 45672, Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen: Auswerteverfahren“, Juli 1995
- /12/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht LIS 107
- /13/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, in der aktuell gültigen Fassung
- /14/ Mess- und Prognoseverfahren, Peter Steinhauser, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

3.2 Planunterlagen

Zur Bearbeitung standen nachfolgende Planunterlagen und Schriftsätze zur Verfügung:

- /15/ Umbau Knoten Frankfurt (Main)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe, Sechsgleisiger Ausbau Frankfurt (Main)-Sportfeld – Abzweig Gutleuthof, Lagepläne Vorplanung und Erläuterungsbericht, DB ProjektBau GmbH, Niederlassung Mitte, Frankfurt am Main, Stand 2004
- /16/ Betriebskonzept Prognose 2025 mit Aufteilung Tag / Nacht, DB Netz AG, Regionalbereich Mitte, Frankfurt am Main
- /17/ Angaben zu den Bebauungsplänen im Umfeld der Trasse, Internetangebot der Stadt Frankfurt am Main, Stadtplanungsamt, www.planas-frankfurt.de
- /18/ Planungsverband Ballungsraum Frankfurt / Rhein-Main: Auszüge aus dem Flächennutzungsplan 2009, www.planungsverband.de
- /19/ Erschütterungsmessungen an der Strecke Frankfurt am Main – Mannheim, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 93169 vom 11.01.1993
- /20/ Erschütterungstechnische Untersuchung Dresdner Bahn, Strecke 6135 im Planfeststellungsabschnitt III, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 94155-3-VVE-6 vom 07.05.2009
- /21/ Körperschallmessungen im Erdboden an der NBS bei Burgsinn, Bericht Nr. 256 025, Versuchsanstalt München, Abteilung für Elektrophysik, Februar 1993
- /22/ Emissionsmessungen ET 423 an der Rodgaustrecke im Bereich Niederroden, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 93186/E2 vom 26.07.2005
- /23/ Messbericht – Erschütterungen: Umbau Knoten Frankfurt (Main)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe, 6-gleisiger Ausbau Frankfurt (Main)-Sportfeld – Abzweig Gutleuthof, Erschütterungstechnische Bestandsanalyse auf Grundlage von Messungen in vier Gebäuden in dem für den Ausbau vorgesehenen Streckenabschnitt, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 10225-VME-1 vom 03.11.2011

4 Anforderungen an den Schwingungsschutz

4.1 Erschütterungen

Im Gegensatz zur schalltechnischen Problemstellung existieren derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen anerkannten Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ herangezogen. Bei Einhaltung dieser Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine erheblich belästigenden Einwirkungen darstellen, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen anzusehen sind.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in **§ 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG)** /2/ begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

In dem hier zu beurteilenden Einwirkungsbereich besteht bereits eine erschütterungstechnische Vorbelastung. Soweit künftig eine Überschreitung der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ zu erwarten ist, ist der Sachverhalt zu klären, ob die geplante Baumaßnahme zu einer „wesentlichen Erhöhung“ der Erschütterungsimmissionen führt. Hierbei sind die Kriterien des gegenwärtigen Kenntnisstandes zur Wirkung von Erschütterungen, sowie die diesbezügliche Rechtsprechung anzuwenden.

4.1.1 Beurteilungsverfahren

Zur Bewertung der Erschütterungsimmissionen im Einwirkungsbereich von Bahnanlagen sind gemäß **DIN 4150-2** /7/ zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

- ☐ die maximale zeit- u. frequenzbewertete Schwingstärke **KB_{Fmax}**,
- ☐ die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}**.

Beide Beurteilungsgrößen sind getrennt für die drei Richtungskomponenten X, Y (horizontal) und Z (vertikal) zu ermitteln. Der jeweils größte der drei Werte ist der Beurteilung zu Grunde zu legen.

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so werden die Anforderungen der Norm erfüllt. Dann gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht** als „**erheblich belästigend**“ einzustufen sind. Übersteigt die maximale bewertete Schwingstärke den unteren Anhaltswert, erfolgt die Beurteilung in einem weiteren Prüfschritt auf Basis der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert A_r .

4.1.2 Anhaltswerte

Die Anhaltswerte **A** zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen werden in der **DIN 4150-2 /7/** jeweils in Abhängigkeit von der Art der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum angegeben. Die Anhaltswerte sind in **Tabelle 1** angegeben.

Tabelle 1 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

Zeile	Einwirkungsort	tags		nachts	
		A_u	A_r	A_u	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	0,20	0,30	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	0,15	0,20	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	0,10	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	0,07	0,10	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	0,05	0,10	0,05

4.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Nach der aktuellen Rechtsprechung /5/ müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, das heißt die Vorbelastung ist bei der Prüfung möglicher Vorsorgeansprüche und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen.

Es können nach der gegenwärtigen Rechtslage reale und geldwerte Ausgleichsansprüche beim Vorhandensein erheblich belästigender Erschütterungsimmissionen an baulich geänderten Schienenverkehrswegen nur dann bestehen, wenn die Vorbelastung durch bestehende Bahnanlagen durch das Hinzutreten weiterer Erschütterungseinwirkungen in beachtlicher Weise erhöht wird und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, unzumutbare Beeinträchtigung liegt.

Dies wird durch das aktuelle Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ bestätigt. Unter Punkt 14 des Urteils wird angeführt, dass ein Erschütterungsschutz nur dann verlangt werden kann, wenn die Erschütterungsbelastung durch den Ausbau in **beachtlicher** Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

Im Zusammenhang mit der Frage, welche Erhöhung der Erschütterungsimmission eine unzumutbare Beeinträchtigung darstellt, bestätigt das Gericht, dass eine Verstärkung der Erschütterungen dann wesentlich ist, wenn sich diese gegenüber der Vorbelastung um mindestens **25 %** erhöhen. Hierbei wird die Festsetzung der Größe dieser Wahrnehmungsschwelle durch empirische, hinreichend abgesicherte Erkenntnisse gestützt. Hierzu können Ergebnisse einer Laborstudie im Auftrag der Deutschen Bahn AG herangezogen werden.

Diese Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erschütterungsdifferenz von 25 % Erhöhung "praktisch als Labor-Unterschiedsschwelle" anzusehen ist. Bei der Durchführung der Laboruntersuchungen, bei denen mehreren Probanden Erschütterungssignale zur Beurteilung angeboten wurden, wurden strenge Vergleichsbedingungen mit kurzen Pausen (ca. 3 Sekunden) zwischen den beiden angebotenen Signalen (Reiz und Vergleich) angewendet. Es wird darauf hingewiesen, dass unter realen Bedingungen die Pausenstruktur zwischen den einzelnen Zugvorbeifahrten wesentlich größer ist, so dass die

Wahrnehmung von Erschütterungsdifferenzen erst bei größeren Reizdifferenzen zu erwarten ist.

4.2 Sekundärer Luftschall

4.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Zur Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmissionen aus sekundärem Luftschall existieren derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmimmissionen handelt. Demzufolge kann das Bundes-Immissionsschutzgesetz (**BImSchG**) /1/ herangezogen werden, das sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche befasst. In § 43 **BImSchG** wird die Bundesregierung ermächtigt, die erforderlichen Rechtsvorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen sei. Dies ist für primäre Luftschallimmissionen mit Erlass der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) /3/ geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall wurde bislang noch nicht erlassen.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV**) /3/, die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt – auch wenn der sekundäre Luftschall streng genommen nicht den Regelungen der **24. BImSchV** unterliegt, da deren Anwendung die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach § 2 der **16. BImSchV** /3/ durch den Bau oder die wesentliche Änderung einer öffentlichen Straße oder eines Schienenverkehrsweges voraussetzt. In Anlehnung an die **24. BImSchV** scheint es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der **24. BImSchV** (Korrektursummand D zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Beurteilungspegel im Innenraum (Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsicht-

lich sekundären Luftschalls heranzuziehen (siehe hierzu auch Kapitel 4.2.2).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln tags von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt.

Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des **§ 74 (2) Satz 2 VwVfG** bestimmt. Da die **24. BImSchV** nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden. Ungeachtet dessen ist die maßgebliche Grundlage der Beurteilung die von der Rechtsprechung entwickelte Zumutbarkeitsschwelle, von denen auch der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** ausgegangen ist.

4.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur **24. BImSchV** /5/ sind die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn aufgrund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht. Zur Vermeidung von Kommunikations- bzw. Schlafstörungen wurde festgelegt, dass die Beurteilungspegel in Wohnräumen tags 40 dB(A) bzw. in Schlafräumen nachts 30 dB(A) nicht überschreiten sollten. Für andere schutzbedürftige Räume gelten entsprechende Innenschallpegel.

Im Korrektursummanden **D** sind zum einen die Innenraumpegel für die jeweilige Raumart einbezogen, zum anderen eine Korrektur von **3 dB**, die berücksichtigt, dass die Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtet einfallendem Schall geringer ausfällt als im diffusen Schallfeld. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in **Tabelle 2** angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des

Innenschallpegels gemäß **24. BImSchV** abgeleitet werden. Der für den Tag und die Nacht zulässige Beurteilungspegel berechnet sich aus dem Korrektursummanden D wie folgt:

$$L_{r,N/T} = D + 3 \text{ dB.}$$

Tabelle 2 Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall

Zeile	Raumnutzung	$L_{ri,T}$ [dB(A)]	$L_{ri,N}$ [dB(A)]
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 zum nicht nur Vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

$L_{ri,T}$ Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für den Tag

$L_{ri,N}$ Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für die Nacht

4.2.3 Anwendung des „Schienenbonus“

Die **24. BImSchV** sieht mit dem „Schienenbonus“ einen Lästigkeitsabschlag bei der Ermittlung des Beurteilungspegels von schienenverkehrsinduziertem Lärm vor. Die Anwendung des Schienenbonus in Höhe von 5 dB(A) wird vom Bundesverwaltungsgericht in einem aktuellen Urteil /5/ bestätigt, in dem sich das Gericht mit der Beurteilung von sekundären Luftschallimmissionen befasst. So führt das Gericht aus, dass die Berücksichtigung eines Lästigkeitsunterschieds zu Gunsten des Schienenverkehrs im Rahmen der Anwendung von Anforderungswerten der **24. BImSchV** für sekundäre Luftschallimmissionen nicht die normative Verankerung fehlt. Der Schienenbonus ist vielmehr ein Teil eines in sich schlüssigen Regelungskonzeptes. Daher ist auch in diesem Zusammenhang der Schienenbonus anzuwenden.

4.2.4 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Problemstellung bei der Bewertung nach **16. BImSchV** /2/ eine Erhöhung der Beurteilungspegel um mindestens **3 dB(A)** als wesentlich eingestuft. Hierbei wird auch für die Pegel des sekundären Luftschall die übliche Rundungsregel angewendet. Es wird stets auf ganz dB(A) aufgerundet. Ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen ergibt sich demgemäß infolge einer wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel um mindestens **2,1 dB(A)** bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung. Hierbei ist zu beachten, dass im Falle der wesentlichen Änderung erst die Differenz des Beurteilungspegels gerundet wird und nicht bereits die Pegel der einzelnen Lastfälle.

5 Untersuchungsraum

5.1 Beschreibung des Planvorhabens

Das Gesamtvorhaben „Umgestaltung des Knotens Frankfurt (Main)-Sportfeld“ ist als Teilmaßnahme im Projekt Frankfurt RheinMain^{plus} erfasst und besteht aus insgesamt drei Baustufen. Die 1. Ausbaustufe umfasst den Umbau des Bf Frankfurt (Main)-Sportfeld mit einer Neuordnung der Fahrwege und Bahnsteige, die 2. Ausbaustufe den Bau von 2 zusätzlichen Gleisen zwischen Frankfurt (Main)-Sportfeld und Abzweig Gutleuthof. In der 3. Ausbaustufe erfolgt der Anschluss der geplanten Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar (Strecke 3657).

5.1.1 Bestandssituation

Im Abschnitt zwischen Frankfurt (Main)-Sportfeld und dem Abzweig Gutleuthof verlaufen die beiden Bahnstrecken 3520 Mainz Hbf – Frankfurt (Main) Hbf und 3683 Frankfurt (Main) Hbf – Kelsterbach derzeit als jeweils zweigleisige Strecken in unmittelbarer Parallellage. Ausgehend vom Bf Sportfeld mit Trassierung nahezu in West-Ost-Richtung schwenken beide Strecken vom Ostkopf aus in Richtung Norden, mit Verlauf durch den Bf Niederrad, und überqueren den Main auf zwei getrennten Brücken, um nördlich des Mains wieder in Richtung Osten zum Bahnhof Frankfurt (Main) Hbf zu verschwenken.

In diesem Streckenabschnitt verkehren der gesamte Fernverkehr, der größte Teil des Regionalverkehrs und die S-Bahn-Linie S 7 derzeit auf den südlich bzw. östlich gelegenen Gleisen der Strecke 3520, wobei der größte Teil des Fernverkehrs nördlich des Mains über die Strecke 3620 in Richtung Hbf Südseite geführt wird. Die nördlich bzw. westlich gelegenen Gleise der Strecke 3683 werden durch die S-Bahn-Linien S 8 und S 9 sowie die in Richtung Frankfurt(Main) verkehrenden Züge der RegionalExpress-Linie von Frankfurt nach Saarbrücken belegt.

Südlich des Bf Niederrad erreicht auch die Strecke 3624 aus Richtung Louisa die Parallellage zu den Strecken 3520 und 3683. Diese von Süden her eingleisige Strecke teilt sich in Höhe des Bf Niederrad in zwei Gleise auf, die südlich der Mainbrücken nacheinander höhengleich in die Strecke 3520 einmünden. Auf einem etwa 1,5 km langen Abschnitt zwischen der Eisenbahnüberführung Golfstraße und den Mainbrücken verlaufen somit bereits im Bestand fünf bzw. sechs Gleise in Parallellage.

5.1.2 Planung

Gegenstand der vorliegenden Planung ist die 2. Ausbaustufe einschließlich der Umgestaltung des Ostkopfes des Bf Frankfurt (Main)-Sportfeld. Der sechsgleisige Ausbau bis zum Abzweig Gutleuthof erfolgt durch den Neubau zweier Gleise in östlicher Parallellage zu den bestehenden Strecken 3683 und 3520. Die neuen Gleise bilden die unmittelbare Verlängerung der heute im Bf Sportfeld endenden Strecke 4010

Da das Streckengleis 3624 künftig südlich des Bf Niederrad höhenfrei in die Strecke 3520 einmünden soll, muss dieses Gleis neben den neu zu errichtenden Gleisen der Strecke 3657 auch das östliche Gleis der Strecke 3520 höhenfrei queren. Dazu ist neben der Errichtung eines Kreuzungsbauwerks südlich der Golfstraße auch die lage- und höhenmäßige Anpassung dieses Gleises erforderlich. Nördlich des Kreuzungsbauwerks verläuft das überführte Gleis der Strecke 3624 künftig auf einer Rampe zwischen den Streckengleisen der Strecke 3520, um unmittelbar südlich des Bf Niederrad anzuschließen. Da die bestehenden Gleise der Strecke 3624 im Bereich Bf Niederrad zukünftig für diese Strecke nicht mehr benötigt werden, ist für die Strecke 3657 auf einem Abschnitt von etwa 300 m Länge kein Neubau von Gleisen erforderlich, da hier die vorhandenen Gleise der Strecke 3624 in die neue Strecke integriert werden können.

Nördlich hiervon verlaufen die neuen Gleise weiter in unmittelbarer Parallellage östlich der Strecken 3683 und 3520, überqueren den Main auf einer neu zu errichtenden Brücke und schwenken anschließend parallel zur Strecke 3620 in einem Rechtsbogen nach Osten in Richtung Frankfurt (Main) Hbf, um im Bereich des Abzweigs Gutleuthof in die Strecke 3620 einzumünden.

Durch die beschriebenen Ausbaumaßnahmen wird nicht nur die derzeit inhomogene Auslastung des Knotens Frankfurt (Main)-Sportfeld angeglichen, zugleich wird durch die Neuordnung der Fahrwege bzw. die Optimierung der Gleisanlagen eine weitgehende Trennung der Verkehrsströme erreicht.

5.2 Immissionsschutzrechtliche Einstufung

Im gesamten Untersuchungsraum besteht eine erschütterungstechnische Vorbelastung durch die vorhandenen Strecken 3624, 3520 und 3683. Sofern künftig Erschütterungs- oder sekundäre Luftschallimmissionen zu erwarten sind, die die Beurteilungswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ bzw. die Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24. BImSchV** überschreiten, sind die Belastungen im Planfall der gegebenen Vorbelastung (Prognose-Nullfall) gegenüberzustellen. Anhand dieses Vergleichs wird dann aufgezeigt, ob der geplante bauliche Umbau der vorhandenen Bahnanlage zu einer „**wesentlichen Änderung**“ führt, das heißt zu einer erheblichen Erhöhung der Immissionen gegenüber der Vorbelastungssituation.

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden zunächst Erschütterungsmessungen für repräsentative, dem Bauabschnitt nächstgelegene Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung durchgeführt. Diese Gebäude befinden sich östlich der bestehenden Bahnanlagen im Abschnitt zwischen Goldstraße und Mainbrücke. Im verbleibenden Einwirkungsbereich weisen die nächstgelegenen Gebäude einen deutlich größeren Abstand zur Trasse oder eine geringere Schutzbedürftigkeit auf. Bei allen ausgewählten Gebäuden handelt es sich um Wohngebäude. Im Einzelnen wurden die Objekte

- ☐ Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ Goldsteinstraße 143 (**IP 3**) und
- ☐ Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**)

messtechnisch untersucht. Für diese Gebäude ist aufgrund der vorhandenen Bausubstanz sowie aufgrund der künftigen Abstandsverhältnisse zur Trasse und den geplanten Änderungen an den Gleisanlagen ein größtmögliches Konfliktpotential zu erwarten ist. Im Falle einer Konfliktfreiheit für diese „kritischen Immissionsorte“ kann davon ausgegangen werden, dass auch an der übrigen Bebauung im Einwirkungsbereich der Bahnanlage keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen zu erwarten sind. Eine Darstellung der bestehenden Gleisanlage, der geplanten Baumaßnahmen sowie der vorgenannten schützbedürftigen Gebäude ist **Anhang 1.1 bis Anhang 1.4** zu entnehmen.

Die Erschütterungsmessungen dienen ausschließlich der Erhebung von bauphysikalischen Kenndaten der exemplarischen Gebäude. Die durch den derzeitigen Schienenverkehr auf der bestehenden Bahnanlage (Strecke 3683, 3520 und 3624) messtechnisch erhobenen Immissionen werden im Messbericht /23/ nachrichtlich dargestellt und für die Prognoseberechnungen nicht als Vorbelastung berücksichtigt, da die Messergebnisse nicht repräsentativ sind. Unter anderem waren während des Messzeitraumes die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten der messtechnisch erfassten Fahrzeuge deutlich geringer als die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit. Des Weiteren konnten nicht alle Züge eindeutig den einzelnen Gleisen zugeordnet werden.

Im vorliegenden Fall wird der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ überprüft, das heißt es werden die künftig zu erwartenden Immissionen nach Realisierung der Baumaßnahme mit der Vorbelastung ohne Baumaßnahme verglichen. Daher ist es nicht sinnvoll und systemkonform, die Messwerte mit den Prognosewerten zu vergleichen, zumal die Prognose immer im Sinne einer oberen Abschätzung erstellt wird und mit einer Fehlerhandbreite bis zu 50 % behaftet sein kann. Hierdurch würde eine systembedingte unrealistische Veränderung der künftig zu erwartenden Immissionen gegenüber der Vorbelastung ausgewiesen werden.

Daher wird im vorliegenden Fall ein Prognosemodell für den **Prognose-Nullfall** (PNF), das heißt ohne Berücksichtigung der Baumaßnahme, und

für den **Prognose-Planfall** (PPF) nach Realisierung der Baumaßnahme erstellt. Die für den Prognose-Nullfall ausgewiesenen Ergebnisse werden dann als Vorbelastung berücksichtigt. Anhand des Vergleiches der Immissionen im Prognose-Planfall mit denen im Prognose-Nullfall wird geprüft, ob sich durch die Baumaßnahme eine „**wesentliche Erhöhung**“ ergeben kann und ob hierdurch ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgelöst wird.

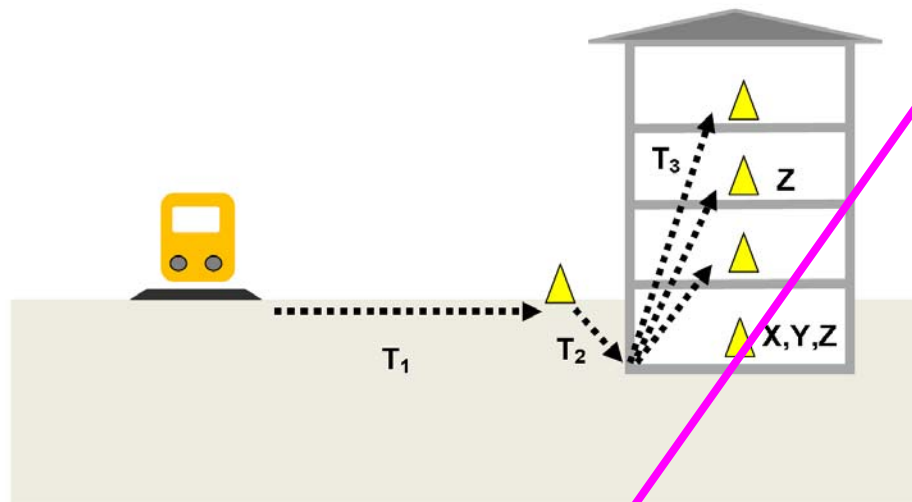
In beiden betrachteten Fällen wird das für das Jahr 2025 prognostizierte Betriebsprogramm der einzelnen Strecken herangezogen. /15/

6.1 Immissionsprognose

Für die Beurteilung der Fragestellung, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang die geplanten Änderungen an den Gleisanlagen zu Erhöhungen der Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall führen werden, sind Prognoseberechnungen erforderlich, die sich auf die in den Erschütterungsmessungen erhobenen Fakten stützen. Hierfür wird ein Quellen- und Ausbreitungsmodell entwickelt. Der prinzipielle Aufbau des Prognosemodells ist in der schematischen Darstellung in **Abbildung 2** dargestellt.

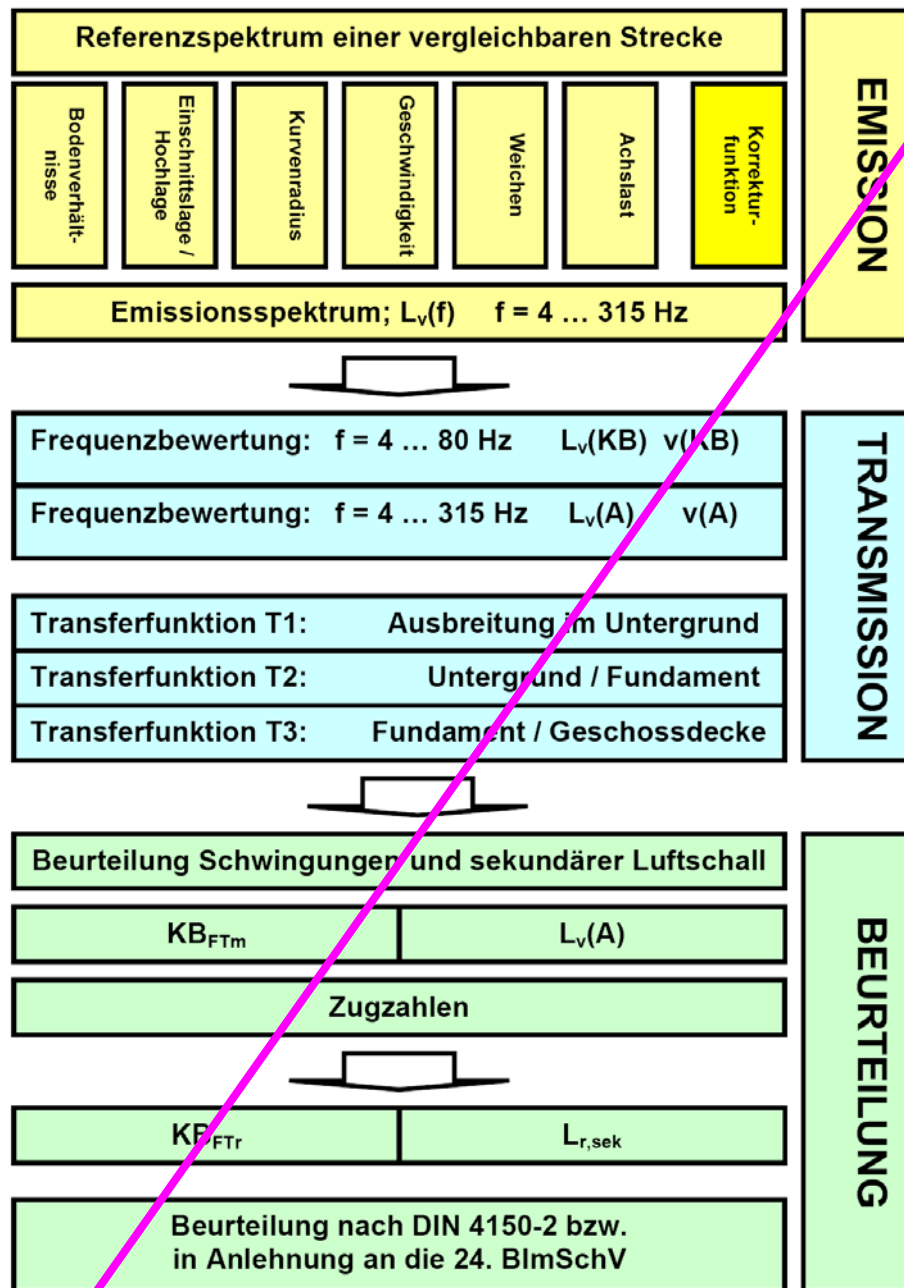
Bei der Erstellung des Prognosemodells wird von der in **Abbildung 1** skizzierten Übertragungskette ausgegangen. Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert.

Abbildung 1 Übertragung von Erschütterungen



- T_1 : Übertragung Emissionspunkt bis vor das Gebäude
 T_2 : Übertragung Freifeld vor dem Gebäude auf das Gebäudefundament
 T_3 : Übertragung vom Gebäudefundament auf die Geschossdecken
Z: vertikale Schwingungsrichtung
X,Y: horizontale Schwingungsrichtung

Abbildung 2 Prognose schienenverkehrsinduzierter Erschütterungen



Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das die spektrale Zusammensetzung sowohl der Schwingungsemissionen als auch der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Die Transferfunktionen geben das Übertragungsmaß (in dB) als Funktion der Frequenz an. Die spektrale Auflösung erfolgt hierbei anhand von Terzbändern im Bereich von 4 Hz bis 315 Hz.

6.1.1 Emission

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die **Emission** (Quellstärke) durch die in einem festgelegten Abstand zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärken charakterisiert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Emissionsspektren zu Grunde gelegt, die im Zuge des PFA III des Projektes Dresdner Bahn /20/, in Erschütterungsmessungen an der Strecke Frankfurt am Main – Mannheim (Riedbahn) /19/, Körperschallmessungen an der NBS im Bereich Burgsinn /21/ und an der Rodgau-S-Bahn-Strecke /22/ ermittelt wurden. In der Regel werden Korrekturen an den Emissionen auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse über Erschütterungsemissionen und -immissionen erforderlich. Im vorliegenden Fall wurden Korrekturen zur Berücksichtigung von Geschwindigkeitsdifferenzen, der Dammlage und von Weichenbereichen berücksichtigt.

Die für die Prognose herangezogenen Emissionsspektren sind in **Anhang 3.1** in tabellarischer und graphischer Form dokumentiert. Die angewandten Korrekturfunktionen sind in **Anhang 3.2** dargestellt. Die in der Prognose angewandten korrigierten Emissionsspektren sind für die unterschiedlichen Bereiche und Lastfälle in **Anhang 3.3** zusammengefasst.

6.1.2 Transmission

Der Übertragungsweg von schienenverkehrsinduzierten Schwingungen auf die für die Beurteilung relevanten Geschossdecken eines Gebäudes wird in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert:

6.1.2.1 Transferfunktion 1

Als Transferfunktion T_1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwinggeschwindigkeit zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Sie setzt sich aus geometrischer Ausbreitungsdämpfung und frequenzabhängiger Materialdämpfung des Ausbreitungsmediums, das heißt dem Boden zusammen. Um den Bereich der freien Wellenausbreitung (Fernfeld) von den komplexen Vorgängen in unmittelbarer Nähe der Erschütterungsquellen (Nahfeld) zu trennen, wird ein Bezugsabstand R_1 zur Quellenmitte festgelegt, der den Übergang vom Nahfeld zum Fernfeld definiert. Im Fernfeld ($R > R_1$) wird die Funktion rechnerisch unter Berücksichtigung der gegebenen Bodenverhältnisse bestimmt:

$$T_1 = \left(\frac{R}{R_1} \right)^{-n} e^{(-\alpha(R-R_1))}$$

mit

n Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt [-],

α $\approx 2 \pi D/\lambda$
Abklingkoeffizient [m^{-1}],

D Dämpfungsgrad [-],

λ $= c/f$
Wellenlänge [m],

c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s],

f Frequenz [Hz],

R_1 Bezugsabstand [m],

R Entfernung des Immissionsortes von der Quelle [m].

Im vorliegenden Fall wird von **1 %** Dämpfung und von der im Planungsreich typischen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von

$$c = 200 \text{ m/s}$$

ausgegangen. Der Exponent für den als Linienquelle zu betrachtenden oberirdischen Schienenverkehr liegt gemäß **DIN 4150-1** /6/ zwischen **0,2** und **0,4**. Im Sinne einer oberen Abschätzung wird dieser Exponent im Streckenabschnitt ohne Weichenbereich mit

$$n = 0,3$$

berücksichtigt. Für die Streckenabschnitte mit Weichenbereichen darf gemäß **DIN 4150-1** ein Exponent für die Punktquelle von

$$n = 1,0$$

berücksichtigt werden.

6.1.2.2 Transferfunktion 2

Die Transferfunktion **T_2** beschreibt das Übertragungsverhalten vom Boden auf das Gebäudedefundament. Sie unterliegt selbst bei verschiedenen Gebäudetypen relativ geringen Schwankungen und weist keine ausgeprägte

spektrale Abhängigkeit auf. Erschütterungen werden umso leichter auf ein Gebäude übertragen, je geringer die Gebäudemasse ist.

Eine messtechnische Ermittlung des Übertragungsverhaltens vom Boden auf das Fundament war im vorliegenden Fall nicht möglich. Daher wurde die Transferfunktion 2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäudetypen übernommen. Eine grafische und tabellarische Darstellung findet sich in **Anhang 4**.

6.1.2.3 Transferfunktion 3

Die Transferfunktion T_3 beschreibt das Übertragungsverhalten innerhalb des Gebäudes vom Fundament auf die Geschossdecken schutzwürdiger Räume. Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen im Hinblick auf die Störwirkung von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden sind die Schwingungseinwirkungen in der Raummitte maßgebend. Die Transferfunktion 3 kennzeichnet im Wesentlichen das Resonanzverhalten einer Decke und weist neben starken spektralen Abhängigkeiten ausgeprägte Maxima im Bereich der Deckeneigenfrequenz auf. Sie ist in hohem Maße gebäudeabhängig und kann stark variieren. Ursächlich hierfür sind vor allem Spannweiten und Konstruktionsweise der Decken.

Da die Transferfunktion 3 maßgebend Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, werden diese Übertragungsfunktionen an den repräsentativen Gebäuden aus den Ergebnissen der Erschütterungsmessungen ermittelt. Hierzu wurden für jeweils 3 Geschossdecken der untersuchten Gebäude die Biegeeigenfrequenzen der Geschossdecken messtechnisch bestimmt. In jeweils 3 Räumen wurde das Übertragungsverhalten der Gebäude vom **Fundament** auf die **Geschossdecken** der Gebäude bei Zugvorbeifahrten auf den bestehenden Strecken bestimmt.

Eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Erschütterungsmessungen zur Erhebung der bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäude und eine grafische Darstellung der für das Prognosemodell berücksichtigten T_3 -Funktionen findet sich im Messbericht /23/.

6.1.3 Immission

Als **Erschütterungsimmissionen** werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** in der Mitte von Räumen ermittelten KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Die KB-Bewertung ist eine frequenzbezogene Bezugsbewertungskurve für Erschütterungssignale. Sie wird herangezo-

gen für die Bewertung bei nicht vorgegebener Körperhaltung und setzt sich zusammen aus Elementen der Bewertung von Einwirkungen im Stehen und Sitzen (vgl. **DIN 45669-1** /8/).

Als maßgebende Beurteilungsgröße gemäß **DIN 4150-2** wird die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FT}** ausgewiesen und beurteilt. Da hier die Schwingstärke der Vertikalkomponente (Z-Richtung) die der Horizontal-komponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, wird die Untersuchung ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt.

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum **L_i** basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel **L_v**. Dies ist der Maximalpegel der Schwingstärke, der im Gegensatz zum **KB_{Fmax}**-Wert jedoch keiner KP-Bewertung, sondern einer A-Bewertung unterzogen wird. Diese dient der Anpassung des messtechnisch ermittelten Schalldruckpegels an das menschliche Hörempfinden. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschall kann wie folgt beschrieben werden:

$$L_{\text{sek}} = L_v + 10 \log \sigma + 10 \log 4S/A$$

Darin bedeuten

- L_{sek}** sekundärer Luftschall des betrachteten Bauteils [dB(A)],
L_v mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
σ Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-],
S Fläche des betrachteten Bauteils [m²],
A äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m²].

In der Praxis lässt sich die genannte Beziehung jedoch nur schwer anwenden, da die Körperschallschnelle nicht nur in Deckenmitte, sondern von allen betrachteten Bauteilen (also auch Wände und Decke) gemessen werden müssten. Weiterhin ist die Bestimmung des Abstrahlgrades mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Im vorliegenden Fall wurde daher zur Bestimmung des sekundären Luftschalls der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG /13/ herangezogen. Hierin ist ein linearer Zusammenhang zwischen A-

bewerteter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschallpegel für verschiedene Zuggattungen und Deckenkonstruktionen beschrieben. Demnach gelten für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb von Fernverkehr, Nahverkehr und Güterverkehr folgende Regressionsbeziehungen:

- $L_i = 26,2 + 0,46 L_{VA}$ [dB(A)] bei Betondecken,
- $L_i = 24,5 + 0,59 L_{VA}$ [dB(A)] bei Holzbalkendecken.

Für den S-Bahnverkehr nennt der Leitfaden folgende Beziehungen:

- $L_i = 17,6 + 0,62 L_{VA}$ [dB(A)] bei Stahlbetondecken,
- $L_i = 27,5 + 0,34 L_{VA}$ [dB(A)] bei Holzbalkendecken.

Dabei bedeuten

- L_i A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],
 L_{VA} A-bewerteter Körperschallschnellepegel [dB(A)].

Die Ermittlung des A-bewerteten Körperschallschnellepegels L_{VA} erfolgt anhand der messtechnisch ermittelten spektralen Körperschallschnellepegel L_v (maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}). Anstelle der Bewertungsfunktion T_{KB} , mit der bisher die KB-Bewertung des Signals vorgenommen wurde, wird die Funktion T_A für die A-Bewertung angewendet. Im Gegensatz zur Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} , bei der ein Frequenzbereich bis 80 Hz untersucht wird, wird der A-bewertete Körperschallschnellepegel L_{VA} in einem Frequenzbereich bis 315 Hz ermittelt.

6.2 Betriebsparameter

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die fahrzeugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt. Hinsichtlich der Erschütterungen ist bei der Ermittlung der Einwirkdauer das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß **DIN 4150-2** zu beachten.

Für die vorliegende Untersuchung wurde der **Prognosehorizont 2025** für den Prognose-Nullfall (ohne Baumaßnahme) und den Prognose-Planfall

(mit Baumaßnahme) berücksichtigt. /16/ Eine Zusammenfassung der relevanten Verkehrsdaten für den für den Prognose-Nullfall (**PNF**) und den Prognose-Planfall (**PPF**) findet sich in **Anhang 2**.

Die Einwirkzeit, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 Uhr bis 06.00 Uhr) ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des Beurteilungszeitraumes verkehrenden Schienenfahrzeuge und deren geschwindigkeitsabhängiger Vorbeifahrtzeit. Um zu berücksichtigen, dass Fahrzeuge bereits vor und auch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden können, wird bei der Bestimmung der signifikanten Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt mit der 1,5-fachen Zuglänge gerechnet. Die Einwirkungszeit T_e einer Zugvorbeifahrt beträgt dabei

$$T_e = 1,5 \cdot \text{Zuglänge} \cdot 3,6 / v_{\max}$$

mit

v_{\max} zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit [km/h].

Die Einwirkungszeiten sind ebenfalls in **Anhang 2** dokumentiert.

7 Untersuchungsergebnisse

Zur Beurteilung der Fragestellung, ob schienenverkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen bzw. sekundäre Luftschallimmissionen im Bereich der vorhandenen bzw. geplanten Bahnanlage geeignet sind, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden hervorzurufen, werden vier repräsentative, den Gleisachsen nächstgelegene Gebäude untersucht. Alle untersuchten Gebäude befinden sich östlich der Bahnanlage im Abschnitt zwischen Golfstraße und Mainbrücke. Die Trasse verläuft dort in Dammlage. In Höhe der Objekte Paul-Gerhardt-Ringe 64 (**IP 2**) und Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**) sind im Prognose-Nullfall Weichen vorhanden. Im Prognose-Planfall entfällt die Weiche bei **IP 2**.

Die untersuchten repräsentativen Gebäude weisen im Nullfall Abstände zur jeweils nächstgelegenen Gleisachse

$$r = 15,0 \dots 49,0 \text{ m}$$

auf. Künftig werden die Abstände zur nächstgelegenen Gleisachse infolge der beiden neuen, in Teilbereichen östlich angebauten Gleise der Strecke 3657 reduziert. Im Prognose-Planfall ergeben sich Abstände von

$$r = 7,0 \dots 35,0 \text{ m.}$$

Die Ergebnisse der Immissionsprognosen für Erschütterungen und sekundären Luftschall im Null- und Planfall sind in **Anhang 5** tabellarisch dokumentiert.

Die Immissionen werden für alle untersuchten Räume getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ausgewiesen und beurteilt. **Grün** hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Sind Felder **gelb** gekennzeichnet, so sind weitere Beurteilungsschritte erforderlich. Sofern die prognostizierten betriebsbedingten Immissionen das Erfordernis von Vorsorgemaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert.

7.1 Prognose-Nullfall

7.1.1 Erschütterungen

Die Erschütterungsimmissionen für den Nullfall sind in **Anhang 5.1** dargestellt. In der oberen Tabelle des Anhangs werden die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} ausgewiesen. Für die untersuchten Gebäude ergeben sich maximale bewertete Schwingstärken bis zu

- ☐ $KB_{Fmax} = 0,257$ für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,469$ für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,700$ für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,265$ für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**).

Im Untersuchungsbereich besteht nur für das Gebäude Goldsteinstraße 143 (**IP 3**) ein rechtskräftiger Bebauungsplan /17/, der dort ein Mischgebiet (**MII**) ausweist. Für die restlichen Immissionsorte erfolgt die Gebietseinstufung nach der tatsächlichen Nutzung und in Anlehnung an den Flächennutzungsplan /18/. Die Art der baulichen Nutzung im Bereich Paul-Gerhardt-Ring 86 und 64 (**IP 1** und **IP 2**) entspricht demgemäß einem All-

gemeinen Wohngebiet (**WA**), für das Gebäude Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**) einem Mischgebiet.

Es gelten somit folgende unteren Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** für den Tagzeitraum bzw. für den Nachtzeitraum:

$$\begin{aligned} A_u (WA) &= 0,150 / 0,100, \\ A_u (MI) &= 0,200 / 0,150. \end{aligned}$$

Die Ergebnisse belegen, dass die unteren Anhaltswerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum in nahezu allen Räumen der exemplarischen Gebäude überschritten werden. Zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen wird gemäß DIN 4150-2 daher die Bildung der Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}**, als 2. Beurteilungsschritt erforderlich. Die Schwingstärken liegen im gerade bis gut spürbaren Bereich des menschlichen Empfindens.

In **Anhang 5.1** sind die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken (**KB_{FTr}**) in der unteren Tabelle zusammengefasst. Für den Nullfall ergeben sich maximale Schwingungsimmissionen von

- ☐ **KB_{FTr} = 0,033 / 0,050** für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ **KB_{FTr} = 0,089 / 0,121** für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ **KB_{FTr} = 0,096 / 0,138** für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- ☐ **KB_{FTr} = 0,034 / 0,050** für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**)

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum. Gemäß **DIN 4150-2** gelten die Beurteilungsanhaltswerte von

$$\begin{aligned} A_r (WA) &= 0,070 / 0,050, \\ A_r (MI) &= 0,100 / 0,070. \end{aligned}$$

Demnach werden die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** im Nullfall in den Gebäuden Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**) und Goldsteinstraße 143 (**IP 3**) überschritten. Überschreitungen im Nachtzeitraum sind hierbei bedingt durch den hohen Güterverkehrsanteil im Verhältnis höher als im Tagzeitraum. Gemäß **Anhang 5.2** ergeben sich maximale Ausschöpfungen der Beurteilungsanhaltswerte im Tag- bzw. Nachtzeitraum bis zu **127%** bzw. **242 %**. Es sind somit bereits infolge der Vorbelastung erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** vorhanden.

7.1.2 Sekundärer Luftschall

Ergebnisse zu den sekundären Luftschallimmissionen sind in **Anhang 6.1** dargestellt. Für den Nullfall werden Beurteilungspegel in den Innenräumen der untersuchten Gebäude bis zu

- ☐ $L_{r,T/N} = 24,7 / 25,0 \text{ dB(A)}$ für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ $L_{r,T/N} = 28,0 / 30,0 \text{ dB(A)}$ für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ $L_{r,T/N} = 30,6 / 30,9 \text{ dB(A)}$ für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- ☐ $L_{r,T/N} = 23,1 / 23,6 \text{ dB(A)}$ für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**)

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum prognostiziert. Zur Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen werden für die untersuchten Wohngebäude tags die Richtwerte für Wohnräume und nachts die Richtwerte für Schlafräume von

$$IRW_{T/N} = 40 / 30 \text{ dB(A)}$$

zu Grunde gelegt. Im Gebäude Goldsteinstraße 119 (**IP 3**) wird der Immissionsrichtwert im Nachtzeitraum in einem Raum überschritten. Demzufolge sind bereits durch die bestehende Bahnstrecke Belästigungen infolge sekundärer Luftschallimmissionen für dieses Gebäude gegeben.

7.2 Prognose-Planfall

7.2.1 Erschütterungen

In **Anhang 5.3** sind die prognostizierten Erschütterungsimmisionen für den Prognose-Planfall dargestellt. In der oberen Tabelle des Anhangs werden die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} ausgewiesen. Künftig ergeben sich maximale bewertete Schwingstärken bis zu

- ☐ $KB_{Fmax} = 0,236$ für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,338$ für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,700$ für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- ☐ $KB_{Fmax} = 0,265$ für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**).

Die unteren Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** werden – wie bereits im Prognose-Nullfall – in allen Gebäuden überschritten. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird die Bildung der Beurteilungsschwingstärke

erforderlich. In **Anhang 5.2** sind die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken in der unteren Tabelle zusammengefasst. Die Schwingungsimmissionen erreichen demnach im Planfall Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

Es zeigt sich, dass beim **IP1** und **IP2** die KB_{Fmax} -Werte im Planfall gegenüber denen des Nullfalls geringer werden. Beim **IP1** liefert der Güterverkehr auf der Strecke 3520 den höchsten Pegel. Im Planfall rückt die Strecke 3520 gegenüber der Lage im Nullfall deutlich ab. Hierdurch resultieren geringere maximale bewertete Schwingstärken. Beim **IP2** entfällt der Weichenbereich im Planfall. Dadurch verringern sich die KB_{Fmax} -Werte im Planfall. Beim **IP3** und **IP4** ist ebenfalls der Güterverkehr auf der Strecke 3520 Pegel bestimmend. Die Gleislage bleibt im Nullfall und Planfall gleich. Somit bleiben die KB_{Fmax} -Werte unverändert.

- ☐ **$KB_{FTr} = 0,037 / 0,036$** für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- ☐ **$KB_{FTr} = 0,109 / 0,076$** für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ **$KB_{FTr} = 0,111 / 0,116$** für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- ☐ **$KB_{FTr} = 0,039 / 0,046$** für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**).

Demnach können die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** – wie im Nullfall bereits ausgewiesen – auch im Planfall bei **IP 2** und **IP 3** nicht eingehalten werden. Eine Prüfung, ob sich die Erschütterungsimmissionen infolge der neu zu bauenden Gleises so weit erhöhen, dass der Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ gegeben ist, wird dort somit nicht erforderlich. Die maximale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r ist in **Anhang 5.4** dargestellt. Hier werden maximale Ausschöpfungen tags bzw. nachts von **156%** bzw. **166%** ausgewiesen.

Es ist festzustellen, dass die Beurteilungsschwingstärken gegenüber den in Abschnitt 7.1.1 für den Nullfall genannten Werten in den verschiedenen Gebäuden und Beurteilungszeiträumen zum Teil sinken, zum Teil ansteigen.

Bei **IP1** reduziert sich im Planfall der Güterverkehrsanteil auf den Strecken 3624 und 3520 deutlich gegenüber dem des Nullfalls. Gleichzeitig rücken die Gleise der Strecke 3624 und 3520 von dem Immissionsort weg.

Am **IP 2** ist im Nullfall der Güterverkehr auf den Streckengleisen 3520 und 3624 pegelbestimmend. Im Planfall rücken die Streckengleise 3657 an die

schutzwürdige Bebauung deutlich heran. Dort verkehrt künftig eine große Anzahl von Personenfernverkehrszügen (ICE) im Tagzeitraum, die dann gegenüber dem abrückenden Güterverkehr auf den Streckengleisen 3624, 3520 einen maßgeblichen Anteil an der Gesamtimmission aufweisen. Im Nachtzeitraum bleibt jedoch auch im Planfall der Güterverkehr auf den nun weiter entfernten Strecken 3624 und 3520 pegelbestimmend, woraus die Minderungen der $KB_{FT,r}$ in der Nacht resultieren.

Bei **IP 3** ist im Nullfall ebenfalls der Güterverkehr auf den Strecken 3624 und 3520 maßgebend. Im Planfall mündet das Streckengleis 3624 bereits bei km 33,4 in die Strecke 3520. Der Güterverkehr von Strecke 3624 fährt dann bereits ab der Einbindung in 3520 mit höheren Geschwindigkeiten. Gleichzeitig rücken die Streckengleise 3520 von den schutzbedürftigen Gebäuden ab. Die Differenzen können hierdurch nahezu kompensiert werden, es ergeben sich etwa gleiche Immissionsanteile des Güterverkehrs wie im Nullfall. Die Streckengleise 3657 rücken jedoch deutlich an das Gebäude heran. Daraus resultiert – analog zu **IP 2** – insgesamt eine Erhöhung der Immissionen im Tagzeitraum und eine Verminderung im Nachtzeitraum.

Bei **IP 4** verschieben sich im Planfall die neuen nächstgelegenen Gleise der Strecke 3657 in Richtung des Gebäudes. Auf diesen Gleisen verkehren ausschließlich IntercityExpress (ICE). Die Lage der Gleise der Strecken 3520 und 3684 bleibt im Nullfall und Planfall unverändert. Die Gesamtimmission wird vorrangig durch den Güterverkehr auf der Strecke 3520 und zum Teil durch die ICEs auf der Strecke 3657 bestimmt. Die große Anzahl von ICE-Fahrzeugen im Tagzeitraum bedingt, abhängig vom jeweiligen spektralen Übertragungsverhalten der Geschosdecken, eine Erhöhung der Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,r}$ im Tagzeitraum

7.2.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse zu sekundären Luftschallimmissionen im Prognose-Planfall sind in **Anhang 6.2** dargestellt. In den untersuchten Gebäuden ergeben sich Beurteilungspegel bis zu

- $L_{r,T/N} = 27,1 / 22,4 \text{ dB(A)}$ für Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**),
- $L_{r,T/N} = 30,8 / 28,1 \text{ dB(A)}$ für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- $L_{r,T/N} = 34,5 / 31,7 \text{ dB(A)}$ für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),
- $L_{r,T/N} = 26,1 / 23,8 \text{ dB(A)}$ für Schwanheimer Straße 119 (**IP 4**)

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum.

Es zeigt sich, dass in dem Gebäude Goldsteinstraße 143 (**IP 3**) die in Anlehnung an die **24. BImSchV** abgeleiteten Immissionsrichtwerte in der Nacht um bis zu **1,7 dB(A)** überschritten werden. Erhebliche Belästigungen infolge der künftig zu erwartenden sekundären Luftschallimmissionen können dort nicht ausgeschlossen werden. Demzufolge wird auch hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen die Prüfung auf „**wesentliche Änderung**“ erforderlich.

Für den sekundären Luftschall zeigt sich im Tagzeitraum für alle Immissionsorte eine Erhöhung der Beurteilungspegel im Planfall. Dies erklärt sich mit dem für den sekundären Luftschall maßgebenden Anteil der ICE-Fahrzeuge auf den nächstgelegenen Gleisen der Strecke 3657. Im Nachtzeitraum hingegen ergibt sich bei den Immissionsorten **IP1** und **IP2** eine Reduzierung der Pegel, bei **IP3** und **IP4** eine Erhöhung der Pegel. Verantwortlich ist hier der für den sekundären Luftschall maßgebende Güterverkehrsanteil bei **IP3** und **IP4**. Bei **IP1** und **IP2** sind die Pegelanteile aus dem Güterverkehr und den ICE's in etwa gleich.

7.3 Prüfung auf wesentliche Änderung

Im Zusammenhang mit dem geplanten 6-gleisigen Ausbau der bestehenden Bahnanlage ist durch das Heranrücken der Gleise (Strecke 3657) an die östlich der Trasse gelegene Bebauung zunächst eine Erhöhung der Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen an nahegelegenen Gebäuden im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme zu erwarten.

Die Prognoseberechnungen zu Null- und Planfall belegen, dass in 2 der 4 exemplarischen Gebäude die Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in beiden Lastfällen überschritten werden. Die in Anlehnung an die **24. BImSchV** einzuhaltenden Richtwerte für den Beurteilungspegel werden sowohl im Nullfall als auch im Planfall nur in einem der repräsentativen Immissionsorte überschritten.

Hinsichtlich der Erschütterungsimmissionen sind Vorsorgemaßnahmen in Betracht zu ziehen, wenn der Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ zu erwarten ist, das heißt eine Erhöhung der Beurteilungsschwingstärken um mindestens 25 % **und** ebenfalls eine Überschreitung des Anhaltswertes für den Prognose-Planfall. Gemäß der tabellarischen Darstel-

lung in **Anhang 7.1** ergeben sich maximale Erhöhungen für die Gebäude Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**) und Goldsteinstraße 143 (**IP 3**) um **31 %** bzw. **30%**.

Diese Ergebnisse für die exemplarisch untersuchten Gebäude **IP 2** und **IP 3** können aufgrund der vorhandenen Bausubstanzen auf die umliegende Bebauung im jeweiligen Einwirkungsbereich übertragen werden. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen infolge der erwartenden Erschütterungsimmissionen besteht somit in diesen beiden Teilbereichen.

Die Änderung der Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls im Prognose-Planfalls gegenüber dem Prognose-Nullfall ist in **Anhang 7.2** dokumentiert. Im Tag- bzw. im Nachtzeitraum werden maximale Pegelerhöhungen um

$$\Delta L_{ri} = + 4,0 \text{ dB(A)} / + 0,8 \text{ dB(A)}$$

ausgewiesen. Eine wesentliche Erhöhung um mindestens 2,1 dB(A) bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung ist jedoch an keinem der untersuchten Objekte gegeben. Somit besteht aufgrund der sekundären Luftschallimmissionen kein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

7.4 Extrapolation der Untersuchungsergebnisse

Die Prognose der künftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall infolge des Schienenverkehrs erfolgte für vier exemplarische Gebäude, für die aufgrund ihres Abstandes zur Trasse und ihrer Bausubstanz das größtmögliche Konfliktpotential zu erwarten ist. Die Untersuchungsergebnisse für die exemplarischen Gebäude lassen sich auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der geplanten Baumaßnahme liegenden Gebäude extrapolieren.

Eine wesentliche Erhöhung der Erschütterungsimmissionen kann im Bereich der Wohngebäude am Paul-Gerhardt-Ring für 3 weitere Gebäude nicht ausgeschlossen werden. In diesem Streckenabschnitt rücken die Gleise der Strecke 3657 im Planfall an die Gebäude heran. Im Bereich der EÜ Goldstein sind 4 weitere Wohngebäude betroffen. Alle weiteren Ge-

bäude im Bereich der EÜ weisen einen größeren Abstand zur Trasse auf. Die Gebäude sind in den Lageplänen in **Anhang 1** gekennzeichnet.

Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht somit nach der aktuellen Rechtslage in Teilbereichen des Untersuchungsbereiches.

7.5 Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen

7.5.1 Grundsätzlich mögliche Maßnahmen

Grundsätzlich können Maßnahmen zum Erschütterungsschutz an Bahnstrecken in drei Gruppen untergliedert werden:

- ☐ Maßnahmen an der Quelle,
- ☐ Maßnahmen im Ausbreitungsweg,
- ☐ Maßnahmen am Immissionsort.

Maßnahmen an der Quelle beziehen sich auf den Oberbau und zielen darauf ab, die erschütterungstechnische Quellstärke (Emission) im Zusammenwirken Fahrzeug-Fahrweg zu reduzieren. Maßnahmen im Ausbreitungsweg sollen zu einer „Abschirmung“ einer Erschütterungsquelle führen. Bei Maßnahmen am Immissionsort handelt es sich ebenfalls um abschirmende Maßnahmen. Allerdings wird hierbei nicht die Quelle sondern der Immissionsort selbst, das heißt entweder das gesamte Gebäude oder ein Teil des Gebäudes durch elastische Lagerungen abgeschirmt. Im Folgenden wird auf die einzelnen, grundsätzlich möglichen Maßnahmen näher eingegangen.

7.5.2 Maßnahmen an der Quelle

7.5.2.1 Masse-Feder-Systeme

Zur Emissionsminderung im Gleisbereich können elastisch gelagerte Gleistragplatten, so genannte **Masse-Feder-Systeme** eingesetzt werden. Bei entsprechender Auslegung der Federelemente und bei einem hinreichend steifen Untergrund können solche Systeme auf vertikale Oberbau-eigenfrequenzen von deutlich unter 10 Hz abgestimmt werden. Mit dem Einsatz solcher schweren Masse-Feder-Systeme lassen sich die Immissionen aus dem Bahnverkehr in weiten Bereichen erheblich vermindern. In Teilbereichen, in denen sich Gebäudestrukturen mit sehr tiefen Eigenfre-

quenzen (zum Beispiel weit gespannte Decken mit Eigenfrequenzen von 8 Hz bis 10 Hz) befinden, lassen sich keine signifikanten Minderungen der Erschütterungen erzielen, da die Einfügungsdämmung solcher Masse-Feder-Systeme in dem Frequenzbereich unter Umständen positive Werte erreicht.

Der Einbau von Masse-Feder-Systemen wurde bereits häufig bei unterirdischen Schienenverkehrsanlagen mit großem Erfolg praktiziert. Der Einbau von Systemen mit Einzellagern in einer oberirdischen Strecke ist insoweit nur theoretisch möglich, da die Federelemente auf einem massiven Unterbau zur Erhöhung der Anschlussimpedanzen für die Federelemente des Systems aufgelagert werden müssen. Ferner kann nicht für die Dauer des Lebenszyklus eines solchen Systems gewährleistet werden, dass die elastisch abgefederte Gleistragplatte stets frei schwingen kann. Durch den Schmutzeintrag durch Oberflächenwasser kann der Hohlraum zwischen Untergrund und schwingender Gleistragplatte verschlossen werden, so dass die Abfederung der Gleistragplatte und somit auch die Einfügungsdämmung nicht mehr gewährleistet ist. Unter anderem hat dieser Sachverhalt dazu geführt, dass schwere Masse-Feder-Systeme im Außenbereich keine Anwendung finden.

Leichte Masse-Feder-Systeme, also Masse-Feder-Systeme, deren vertikale Oberbaueigenfrequenz oberhalb von 10 Hz liegt, können auch im Außenbereich eingesetzt werden, da hier als Federelement flächige Mattenlager zum Einsatz kommen können, die beim Betonieren der Gleistragplatte als verlorene Schalung eingebracht werden. Hier besteht die Gefahr des Verschmutzens und somit auch des Blockierens des Luftspaltes nicht.

7.5.2.2 Unterschottermatten

Bei oberirdischen Vollbahnstrecken wurden Unterschottermatten bisher nur vereinzelt und meist mit geringem Erfolg eingesetzt. Um die Funktionsfähigkeit einer Unterschottermatte zu erhöhen, muss ein möglichst steifer Unterbau vorliegen. Dies kann in Form einer mindestens 40 bis 50 cm starken zementverfestigten Tragschicht oder in Form einer Betontragplatte realisiert werden. Bei entsprechend dimensionierten Unterschottermatten können Minderungen im Frequenzbereich ab 50 Hz erreicht werden. Die erreichbare Abstimmfrequenz eines solchen Systems liegt bei ca. 20 Hz bis 30 Hz. Hieraus ergibt sich, dass Unterschottermatten im Bereich tiefer Frequenzen, die im Wesentlichen für die

Erschütterungswirkung verantwortlich sind, ein lediglich geringes Minderungspotential bieten. Darüber hinaus können aus dem Einsatz von Unterschottermatten oberbautechnische Probleme resultieren, wie beispielsweise eine Minderung der Gleislagestabilität oder „Schotterfließen“.

7.5.2.3 Optimierter Schotteroberbau (System „BSO“)

Das System „BSO“ verbindet die Vorteile des herkömmlichen Schotteroberbaus mit den Vorteilen der Festen Fahrbahn. Konstruktiv besteht dieses System aus einem Betontrog mit einer Schotterfüllung auf einer Unterschottermatte. Die Unterschottermatte dient in erster Linie zur Reduzierung der Schotterbelastung. Durch den Einsatz geeigneter Unterschottermatten kann eine mittlere Pegelreduzierung der Körperschallemission von ca.

$$\Delta L_v = -3,0 \text{ dB}$$

erreicht werden. Die Einfügungsdämmung des Systems ergibt sich zum einen aus der Wirkung der Unterschottermatte und zum anderen aus der Masse des Betontroges. In der Überlagerung der beiden Effekte ergibt sich eine breitbandige Wirkung, so dass das System gut für den Einsatz an oberirdischen Streckenabschnitten geeignet ist. Wesentliche Nachteile des Systems sind die hohen Kosten und der ggf. erforderliche erhebliche bauliche Eingriff in bestehende Gleisanlagen.

7.5.2.4 Besohlte Schwellen

Eine weitere oberbautechnische Möglichkeit zur Reduzierung der Körperschallemissionen stellen elastische Schwellensole unter Betonschwellen dar, die so genannten „Besohnten Schwellen“. Prinzipiell kann jede Schwellenform mit einer elastischen Sohle ausgerüstet werden. Durch die elastische Schwellenbesohlung wird der harte Kontakt zwischen Betonschwellensole und die Schotterpressung verringert. Die Schwellensole besitzen in der Regel Steifigkeiten von 10 bis 80 kN/mm je Stützpunkt. Im erschütterungstechnisch relevanten „tieferen“ Frequenzbereich bis ca. 40 Hz erfolgt jedoch nur eine geringe Minderung der Schwingungsemissionen im Vergleich zu dem Optimierten Schotteroberbau. Ab ca. 40 Hz bewirkt dieses System deutliche Pegelminderungen in den einzelnen Frequenzbändern. Große Vorteile des Schutzsystems sind die relativ geringen Kosten und der einfache Einbau.

7.5.3 Maßnahmen im Ausbreitungsweg

7.5.3.1 Gefüllte Bodenschlitze

Durch Abschirmeinrichtungen im Untergrund (gas- oder elastomergefüllte Schlitzwände) können deutliche Immissionsminderungen im Nahbereich der Abschirmeinrichtung erreicht werden. Aufgrund der großen Wellenlänge von Erschütterungswellen im Untergrund wirkt die Abschirmung jedoch nur kleinräumig. Bei Abständen von mehr als 10 m hinter der Abschirmeinrichtung lässt die Wirkung erheblich nach. Die erzielbare Wirkung solcher Abschirmeinrichtungen hängt darüber hinaus empfindlich von den geologischen Verhältnissen ab. Durch Reflexionen oder Refraktionen an ausgeprägten Schichtgrenzen kann die Wirksamkeit der Maßnahme deutlich verringert werden.

Die Realisierung derartiger Abschirmmaßnahmen ist aufgrund der nötigen Tiefererstreckung der Abschirmung sehr aufwendig. Die erforderliche Tiefererstreckung ist abhängig von der Wellenlänge der zu mindernden Schwingung. Um eine möglichst hohe Abschirmwirkung zu erzielen, muss die Einbautiefe in der Größenordnung der 1- bis 1,5-fachen Wellenlänge liegen. Dies bedeutet, dass bei typischen Bodenverhältnissen zur Minderung von Schwingungen im Frequenzbereich ab 12Hz bereits Einbautiefen von 10 bis 15 m nötig sind. Daher ist der Einsatz bautechnisch derart aufwendiger Maßnahmen zur Minderung tieffrequenter Schwingungen technisch wie wirtschaftlich im Regelfall nicht vertretbar. Geeignet ist die Maßnahme ausschließlich zum Schutz besonders exponierter einzelner Gebäude mit hohem Schutzanspruch im unmittelbaren Nahbereich eines Schienenverkehrsweges.

7.5.3.2 Senkrechte Wandelemente im Boden

Die Abschirmwirkung beruht im Wesentlichen auf einer Änderung des Wellenwiderstandes bei Ausbreitung einer Welle im Ausbreitungsmedium. Daher kann eine Abschirmwirkung wie oben beschrieben durch das Einbringen offener oder mit „weichen“ Materialien verfüllten Schlitzten erreicht werden. Eine Abschirmwirkung kann ebenfalls durch massive Wandebauten in den Untergrund (zum Beispiel Bohrpfahlwände) erreicht werden. Genau wie bei den mediumgefüllten Schlitzten beschränkt sich die Wirkung derartiger Einbauten auf den unmittelbaren Nahbereich hinter der Abschirmmaßnahme. Die oben getroffenen Aussagen zu den Einbautiefen gelten gleichermaßen für die senkrechten Wandelemente im Boden.

7.5.4 Maßnahmen am Immissionsort

7.5.4.1 Konstruktive Änderung an Gebäuden

Durch Maßnahmen an Deckenbauteilen, wie zum Beispiel Erhöhung der Deckenmassen (Ausbetonieren von Fehlböden) bzw. Versteifung der Decken durch Einziehen zusätzlicher Tragsysteme (Stahlprofile), können die dynamischen Eigenschaften von Deckenaufbauten so verändert werden, dass ungünstige Resonanzkopplungen abgebaut werden. Die Maßnahmen stellen in der Regel einen erheblichen baulichen Eingriff in das Gebäude dar und sind daher lediglich in begründeten Ausnahmefällen zu empfehlen.

7.5.4.2 Elastische Auflagerung von Gebäuden

Im Sinne einer passiven Erschütterungsschutzmaßnahme kann eine nachträgliche elastische Lagerung eines Gebäudes zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in diesem Gebäude erfolgen. Prinzipiell ist eine elastische Lagerung von Gebäuden eine wirkungsvolle Maßnahme.

Bei Neuplanungen können derartige Abfederungsmaßnahmen mit vertretbarem technischem und finanziellem Aufwand realisiert werden. Bei einer nachträglichen Auflagerung von Gebäuden sind zahlreiche konstruktive Probleme zu berücksichtigen, auf die an dieser Stelle nicht im Einzelnen eingegangen werden soll. Die nachträgliche Auflagerung von Gebäuden wurde in vielen Fällen zur Sanierung von Gebäuden eingesetzt, zum Beispiel zum Ausgleich unterschiedlicher Setzungen in Bergsenkungsgebieten. Die Auflagerung zur Behebung von Setzungsschäden geht zwar von einer anderen Zielsetzung aus, unterscheidet sich jedoch von einer Auflagerung aus Gründen des Schwingungsschutzes lediglich in der Auswahl der Federkörper.

Besteht eine Eignung des Gebäudes für eine solche nachträgliche Auflagerung, so ist bei entsprechender Auswahl der geeigneten Federkörper eine erhebliche Minderung der Immissionen zu erwarten. Zur Entkopplung des Gebäudes können sowohl Elastomer-Federelemente als auch Stahlfederelemente in Erwägung gezogen werden. Bei Lagerung mit Elastomerelementen sind Abstimmfrequenzen bis herab zu 10 Hz möglich. Mit Stahlfedersystemen lassen sich vertikale Gebäudeeigenfrequenzen von bis zu 4 Hz realisieren. Aufgrund der erheblichen Kosten für eine derartige Maßnahme ist der Aufwand lediglich für besonders exponierte

einzelne Objekte angemessen. Der Einsatz solcher Maßnahmen ist daher ausschließlich im Einzelfall sinnvoll.

7.6 Maßnahmen

Als geeignete Vorsorgemaßnahmen kommen im Untersuchungsbereich unter Berücksichtigung aller technischen und wirtschaftlichen Aspekte und unter Beachtung des Grundsatzes einer wirtschaftlichen Angemessenheit generell nur

- ☐ der Einbau besohlter Schwellen oder
- ☐ der Einbau eines Optimierten Schotteroberbaus (System BSO)

in Betracht. Alle anderen in Kapitel 7.4 genannten Maßnahmen scheiden aufgrund technischer oder auch wirtschaftlicher Zwangspunkte aus. In Betracht des Sachverhaltes, dass der Oberbau als Schotteroberbau ausgeführt werden soll, handelt es sich hierbei um in der Praxis bewährte Technologien, die darüber hinaus im Rahmen der Genehmigungsplanung bzw. der Ausführungsplanung individuellen Erfordernissen leicht angepasst werden können.

Für das System BSO werden umfangreiche Eingriffe in die Bahngleise erforderlich. Um eine optimale Wirkung des Systems zu erzielen, wäre der Einbau eines BSO-Trogs im Bereich der Wohnbebauung Paul-Gerhardt-Ring in allen sieben Gleisen erforderlich. Im Bereich der EÜ Goldsteinstraße müsste der BSO-Trog in die neuen Gleise der Strecke 3657 und in die Bestandsgleise der Strecke 3520 eingebaut werden. Dies bedeutet, dass auch hier in die bestehenden Streckengleise 3520 eingegriffen werden müsste, im Rahmen der Baumaßnahme sind jedoch nur punktuelle Eingriffe in diese Gleise geplant. Dies würde zu erheblichen Betriebsbeeinträchtigungen durch deutlich längere Sperrpausen führen.

Einen weiteren Nachteil des Systems BSO stellen die wesentlich höheren Kosten für das System dar. Die wesentlichen Vorteile der besohnten Schwellen liegen hingegen in den relativ geringen Kosten und im einfachen Einbau des Schutzsystems. Daher wird für die Streckenabschnitte, in denen eine Vorsorgemaßnahme erforderlich wird, der Einbau besohlter Schwellen empfohlen.

Die Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen erfolgt für die Teilabschnitte der Strecken 3657, 3624, 3520 und 3683, wo der Sachverhalt einer wesentlichen Änderung im Hinblick auf Erschütterungsimmissionen gegeben ist. Die beschriebene oberbautechnische Vorsorgemaßnahme ist für nachfolgende, in **Tabelle 3** ausgewiesene Streckenabschnitte vorzusehen:

Tabelle 3 Erstreckung der Vorsorgemaßnahme

Strecke Nr.	Vorsorgemaßnahme (besohlte Schwellen)			
	Bereich 1		Bereich 2	
	von km	bis km	von km	bis km
3624	32,6+60	33,0+00	-	-
3657	32,6+60	33,0+00	33,6+20	33,7+10
3520	32,6+60	33,0+00	33,6+20	33,7+10
3683	32,6+60	33,0+00	-	-

Die Kilometrierung bezieht sich auf die Strecke 3520.

Insgesamt ist somit der Einsatz von besohlenen Schwellen über Abschnittslängen von 340 m zzgl. ggf. 90 m je Streckengleis vorzusehen. Hieraus ergibt sich eine Gesamtlänge für alle Gleise von

$$l = 2.740 \text{ m.}$$

Die Einfügedämmkurve der berücksichtigten besohnten Schwellen ist in **Anhang 9.1** dargestellt.

Nachrichtlich wird im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung auch die Wirkungsweise des Systems BSO untersucht. Die Einfügedämmung für das System BSO findet sich in **Anhang 9.2**.

7.7 Prognose mit Vorsorgemaßnahmen

7.7.1 Erschütterungen

Unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmen (besohlte Schwellen) in den in **Tabelle 3** angegebenen Streckenabschnitten ergeben sich die in **Anhang 8.1** und **Anhang 8.2** dokumentierten Erschütterungsimmissionen. Im Bereich Paul-Gerhardt-Ring erstreckt sich das

Schutzsystem bis zum Ende der angrenzenden Häuserzeile. Folglich wird die Vorsorgemaßnahme auch für das nicht anspruchsberechtigte Gebäude Paul-Gerhardt-Ring 86 (**IP 1**) berücksichtigt.

Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen für das Objekt Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**) maximale bewertete Schwingstärken im Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{Fmax} = 0,265,$$

für das Gebäude Goldsteinstraße 143 (**IP 3**)

$$KB_{Fmax} = 0,552.$$

Die maximalen Beurteilungsschwingstärken werden in **Anhang 8.1** in der unteren Tabelle mit

- ☐ $KB_{FTr} = 0,075 / 0,055$ für Paul-Gerhardt-Ring 64 (**IP 2**),
- ☐ $KB_{FTr} = 0,075 / 0,090$ für Goldsteinstraße 143 (**IP 3**),

tags bzw. nachts ausgewiesen. Dies bedeutet eine maximale Ausschöpfung im Tag- bzw. Nachtzeitraum von **108%** bzw. **110%** und **75%** bzw. **128%** (siehe hierzu **Anhang 8.2**)

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude belegen, dass die Erschütterungsimmissionen deutlich reduziert werden können. Eine vollständige Konfliktlösung erfolgt allerdings nur in einzelnen Räumen, eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann nicht in allen Räumen erreicht werden. Durch die Schutzmaßnahme kann jedoch gewährleistet werden, dass sich nach Realisierung der Ausbaumaßnahmen in allen anspruchsberechtigten Objekten eine deutliche Verminderung der Erschütterungseinwirkungen durch den schienenverkehrsinduzierten Verkehr gegenüber der Vorbelastung (Prognose-Nullfall) einstellen wird. Dieses Ergebnis für die repräsentativ untersuchten Gebäude lässt sich auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme gelegenen Gebäude extrapolieren.

Betrachtet man die Erschütterungsimmissionen unter Berücksichtigung des Systems BSO (siehe **Anhang 8.4** und **Anhang 8.5**), so zeigt sich, dass auch mit dieser Vorsorgemaßnahme die Konflikte nicht vollständig

gelöst werden können. Im Vergleich zur besohnten Schwelle ergeben sich jedoch teilweise geringere Erschütterungsimmissionen.

7.7.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse für den sekundären Luftschall unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahme sind in **Anhang 8.3** dokumentiert. Hier ergeben sich in den untersuchten Gebäuden Beurteilungspegel bis zu

$$L_{r,l} = 31,9 / 29,1 \text{ dB(A)}$$

für den Tag bzw. Nachtzeitraum. Es zeigt sich, dass die sekundären Luftschallimmissionen durch den Einsatz des Schutzsystems deutlich reduziert werden können. Die aus der **24. BImSchV** abgeleiteten Immissionsrichtwerte können in allen Gebäuden eingehalten werden. Die Werte für den Prognose-Planfall unter Berücksichtigung des Schutzsystems liegen in einer Größenordnung, die der Vorbelastung (Prognose-Nullfall) entspricht.

Mit System BSO können die Anforderungswerte der **24. BImSchV** im Nachtzeitraum hingegen in einem Fall **nicht** eingehalten werden. (siehe **Anhang 8.6**) Die Beurteilungspegel liegen dort deutlich oberhalb der ausgewiesenen Pegel mit besohnten Schwellen. Die Wirksamkeit des Systems BSO ist somit gegenüber besohnten Schwellen in Bezug auf sekundäre Luftschallimmissionen deutlich geringer.

8 Abschließende Bemerkungen

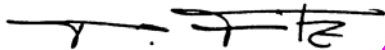
Im Umfeld des Bf Niederrad im Streckenabschnitt zwischen Knoten Frankfurt (Main) Sportfeld und Abzweig Gutleutstraße besteht derzeit bereits eine erhebliche Vorbelastung infolge Erschütterungen durch den Schienenverkehr auf den Strecken 3624, 3250 und 3683. Durch die geplante Ausbaumaßnahme wird in Teilbereichen der Strecke in nahe gelegenen Gebäuden eine „**wesentliche Erhöhung**“ der Immissionen aus Erschütterungen hervorgerufen. Somit besteht nach aktueller Rechtslage ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen zur Minderung von Erschütterungsimmissionen.

Durch den Einsatz besohlter Schwellen als Vorsorgemaßnahme kann gewährleistet werden, dass die Erschütterungsimmissionen durch den Schienenverkehr nach Realisierung der Ausbaumaßnahme in allen Im-

missionsorten, bei denen die Schutzmaßnahme eingebaut wird, gegenüber der Vorbelastung sinken werden. Aufgrund der geringen Abstände der Bebauung und der gebäudespezifischen Eigenschaften ergeben sich Restkonflikte für zwei der vier untersuchten Gebäude. Für die übrigen im Einwirkungsbereich liegenden konfliktbehafteten 7 Gebäude kann ein möglicher Restkonflikt auch unter Berücksichtigung der Vorsorgemaßnahme nicht völlig ausgeschlossen werden.

Die sekundären Luftschallimmissionen sind sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall als unkritisch einzustufen. Der Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ ist in diesem Zusammenhang nicht gegeben. Mittels der empfohlenen Vorsorgemaßnahme zur Minderung der Erschütterungseinwirkungen können die sekundären Luftschallimmissionen gegenüber der Vorbelastung nochmals deutlich reduziert werden.

Da die Prognose immer im Sinne einer oberen Abschätzung des möglichen Konfliktpotentials zu sehen ist, sollten in den Gebäuden mit Restkonflikt trotz Vorsorgemaßnahme erschütterungstechnische Beweissicherungsmessungen nach Inbetriebnahme der Strecke zur Ermittlung der tatsächlichen Erschütterungsimmissionen durchgeführt werden.



Dipl.-Phys. Peter Fritz

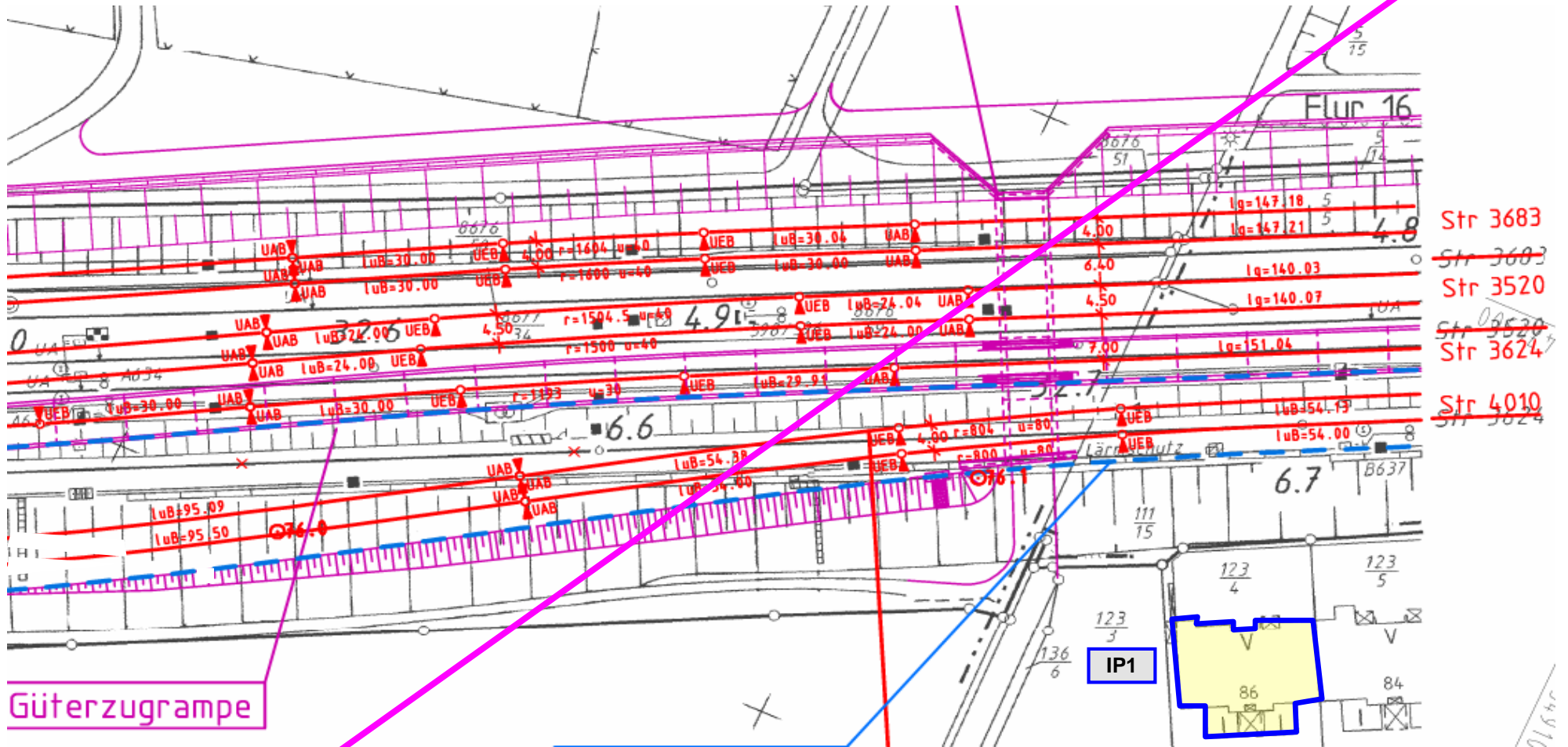


Dipl. Ing. Rolf Schneider

ANHANG

Darstellung der Immissionspunkte - IP1

X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\[Lageplan.xls]IP01

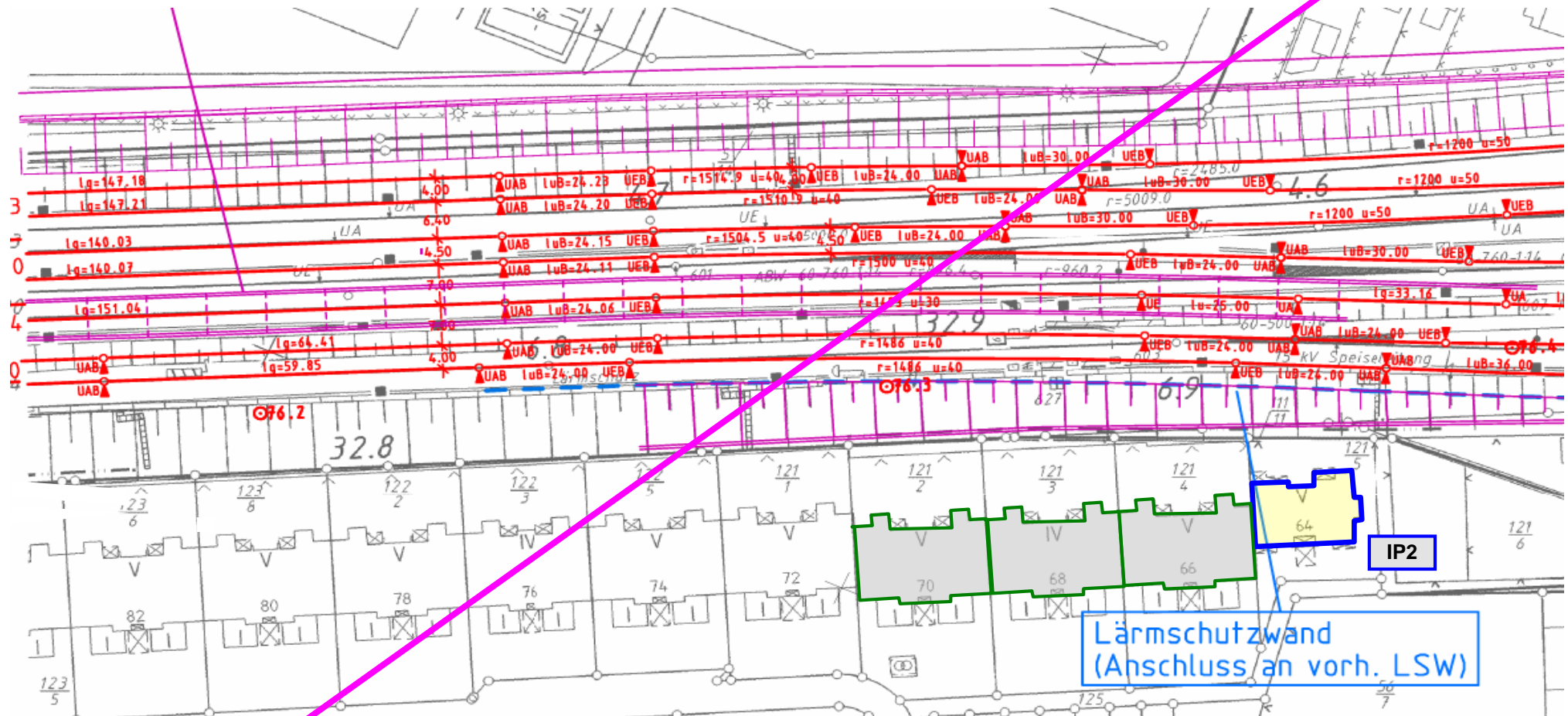


 IP - Immissionsort

Lageplanausschnitt

Darstellung der Immissionspunkte - IP2

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Lageplan.xls\IP02



IP - Immissionsort

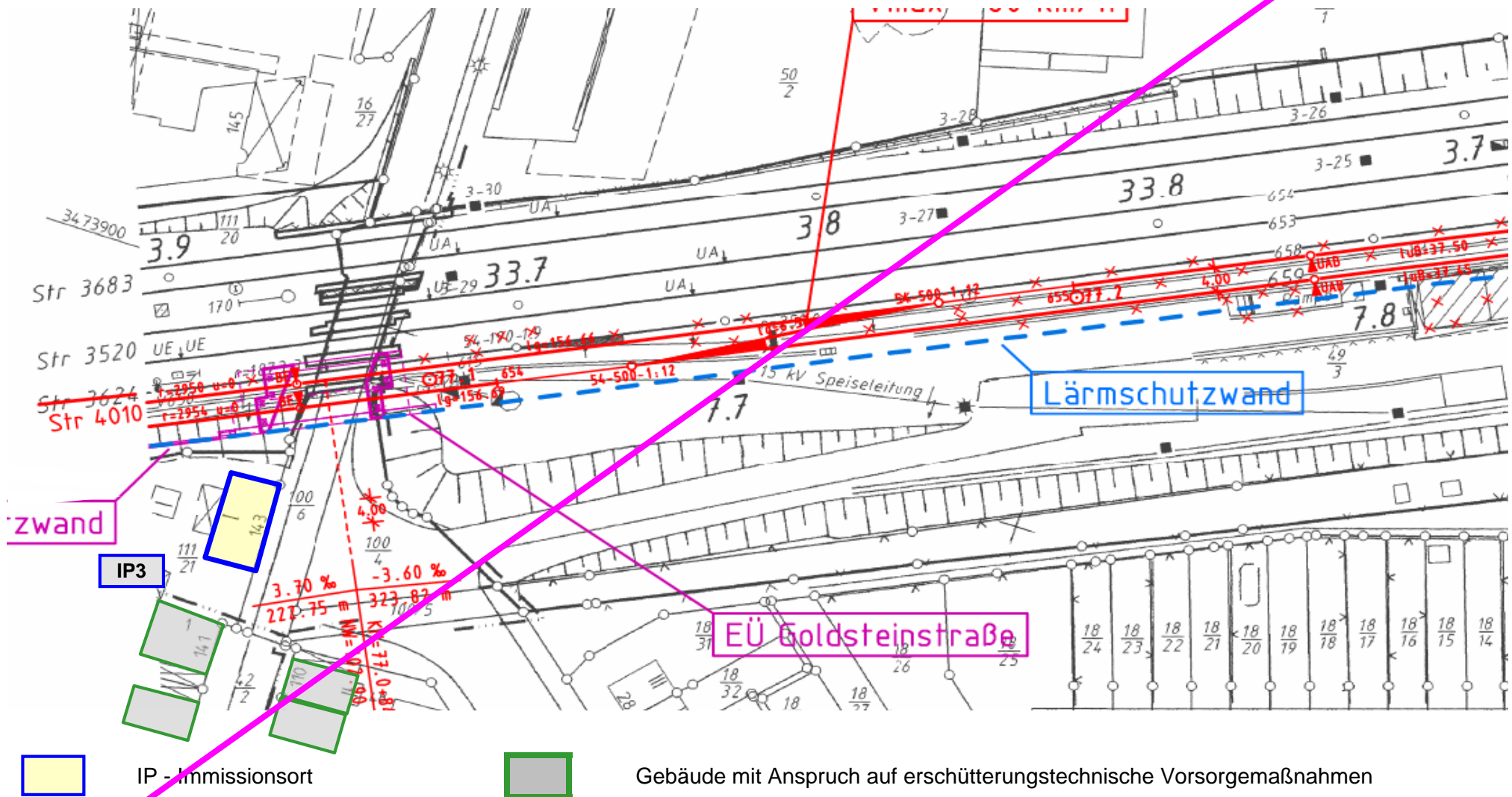


Gebäude mit Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen

Lageplanausschnitt

Darstellung der Immissionspunkte - IP3

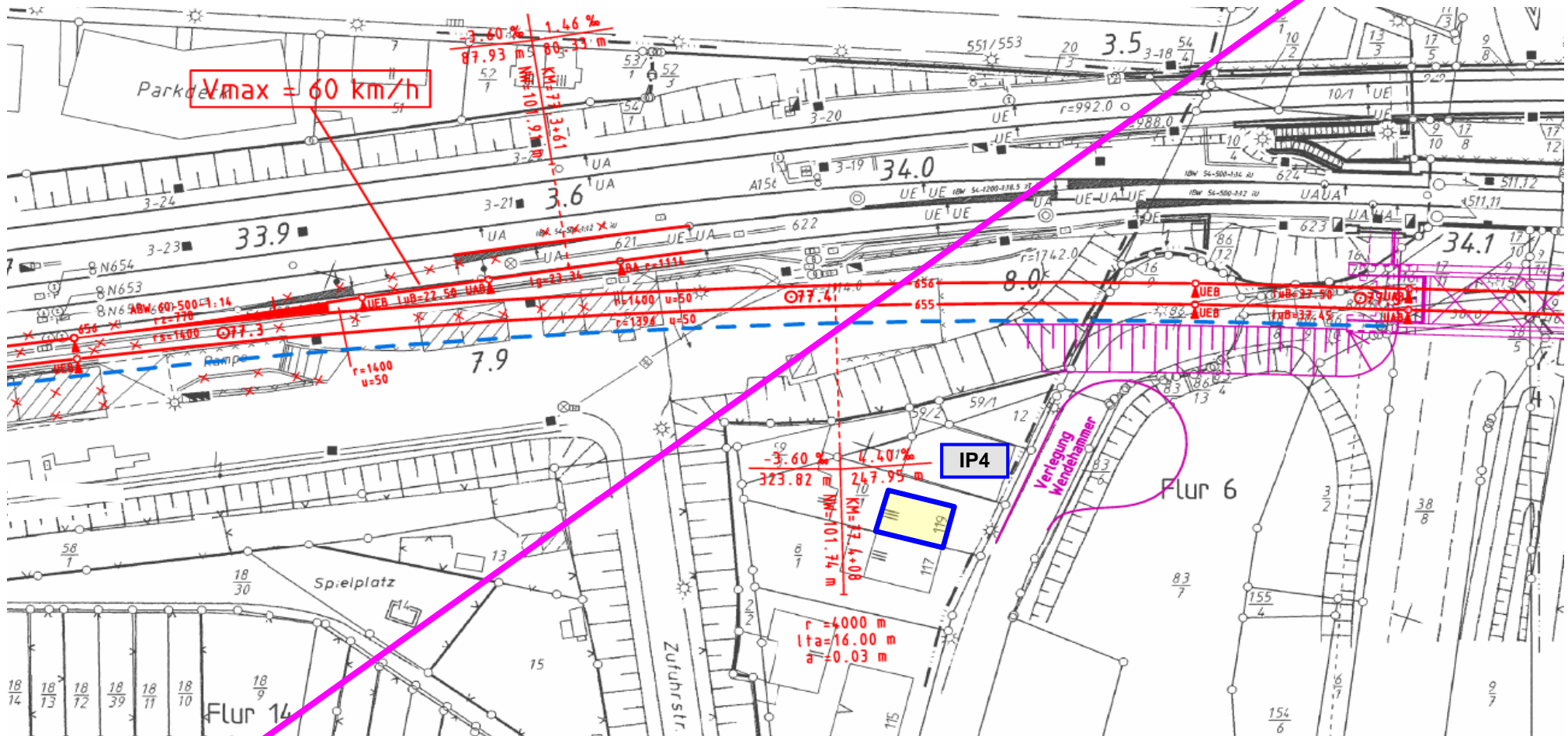
X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBBP-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Lageplan.xls\IP03



Lageplanausschnitt

Darstellung der Immissionspunkte - IP4

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBBP-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Lageplan.xls\IP04



IP Immissionsort

Betriebsprogramm

Prognose-Nullfall 2025

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Zugzahlen.xls\Nullfall-3683

Strecke 3683 Ffm Abzweig Kleyerstraße - Flughafen - Kelsterbach
Streckenabschnitt Bf Niederrad
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	V _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
RE, Leerreisezug	15	-	140	100	8
RB	2	-	140	100	8
S-Bahn	150	35	140	100	8
Summe	167	35			

Strecke 3520 Ffm Mainz Hbf - Frankfurt (Main) Hbf
Streckenabschnitt Bf Niederrad
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	V _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
ICE	78	20	420	100	23
IC, EC	20	4	400	100	22
RE, Leerreisezug	11	34	140	100	8
RB	1	-	140	100	8
SB	32	5	140	100	8
ExC, ICG	21	20	500	100	27
Triebfahrzeug	4	2	20	100	1
Summe	167	85			

Bei der geometrischen Vorbeifahrzeit wird die 1,5-fache Zuglänge berücksichtigt.

Betriebsprogramm

Prognose-Nullfall 2025

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Zugzahlen.xls\Nullfall-3624

Strecke 3624 Ffm-Louisa - Ffm-Niederrad
Streckenabschnitt Bf Niederrad
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
ICE	3	1	420	80	28
IC, EC	1	1	400	80	27
RE, Leerreisezug	22	10	140	80	9
RB	1	1	140	80	9
ExC, ICG	9	18	500	80	34
Triebfahrzeug	2	3	20	80	1
Summe	38	34			

Betriebsprogramm

Prognose-Planfall 2025

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\1C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Zugzahlen.xls\Planfall-3683

Strecke 3683 Ffm Abzweig Kleyerstraße - Flughafen - Kelsterbach
Streckenabschnitt Bf Niederrad
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	V _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
S-Bahn	192	32	140	100	8
Summe	192	32			

Strecke 3520 Ffm Mainz Hbf - Frankfurt (Main) Hbf
Streckenabschnitt Bf Niederrad bis km 33.4 (Kilometrierung Strecke 3520)
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	V _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
RE	102	18	140	100	8
IRC	3	8	700	100	38
SB	128	24	140	100	8
Summe	233	50			

Strecke 3520 Ffm Mainz Hbf - Frankfurt (Main) Hbf
Streckenabschnitt ab km 33.4 (Kilometrierung Strecke 3520)
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	V _{max} [km/h]	Vorbei- fahrzeit [s]
	Tag	Nacht			
RE	107	18	140	100	8
Leerreisezug	10	6	140	100	8
IRC	11	24	700	100	38
SB	136	40	140	100	8
Summe	264	88			

Bei der geometrischen Vorbeifahrzeit wird die 1,5-fache Zuglänge berücksichtigt.

Betriebsprogramm

Prognose-Planfall 2025

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\I-C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Zugzahlen.xls\Planfall-3624

Strecke 3624 Ffm-Louisa - Ffm-Niederrad
Streckenabschnitt Bf Niederrad bis km 33.4 (Kilometrierung Strecke 3520)
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Vorbei- fahrtzeit [s]
	Tag	Nacht			
Leerreisezug	10	6	140	80	9
RE	5	-	140	80	9
IRC	8	16	700	80	47
Summe	23	22			

Strecke 3657
Streckenabschnitt Bf Niederrad
Richtung beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Vorbei- fahrtzeit [s]
	Tag	Nacht			
ICE	177	25	420	100	23
Summe	177	25			

Unkorrigiertes Emissionsspektrum

NV (RE, RB, Leerreisezug)

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Alle.xls\NV-unkor

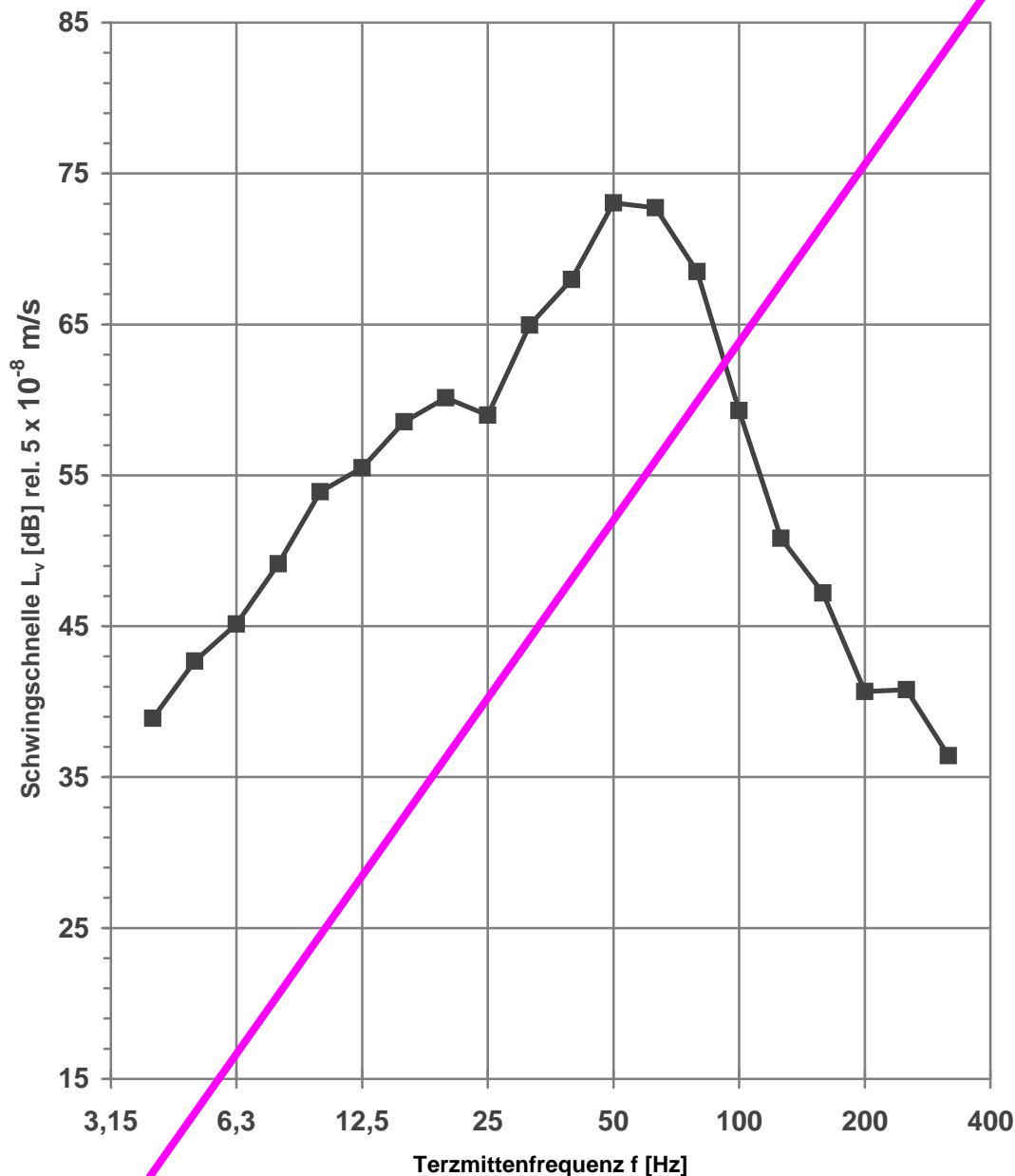
Quelle Emissionsmessung bei km 15,2 der Strecke Südkreuz (a) - Ludwigsfelde (a)
"Anhalter Bahn", gemittelt über 3 MQ

Geschwindigkeit 120 km/h

Messposition 8 m zur nächstgelegenen Gleisachse

Schwingrichtung z

Mittelwert



L _v [dB]	f [Hz]
38,9	4
42,7	5
45,1	6,3
49,1	8
53,9	10
55,5	12,5
58,6	16
60,1	20
59,0	25
65,0	31,5
68,0	40
73,1	50
72,7	63
68,5	80
59,3	100
50,8	125
47,2	160
40,7	200
40,8	250
36,4	315
77,8	Σ

Referenz:

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Unkorrigiertes Emissionsspektrum

Güterverkehr (ICG, ExC, IRC)

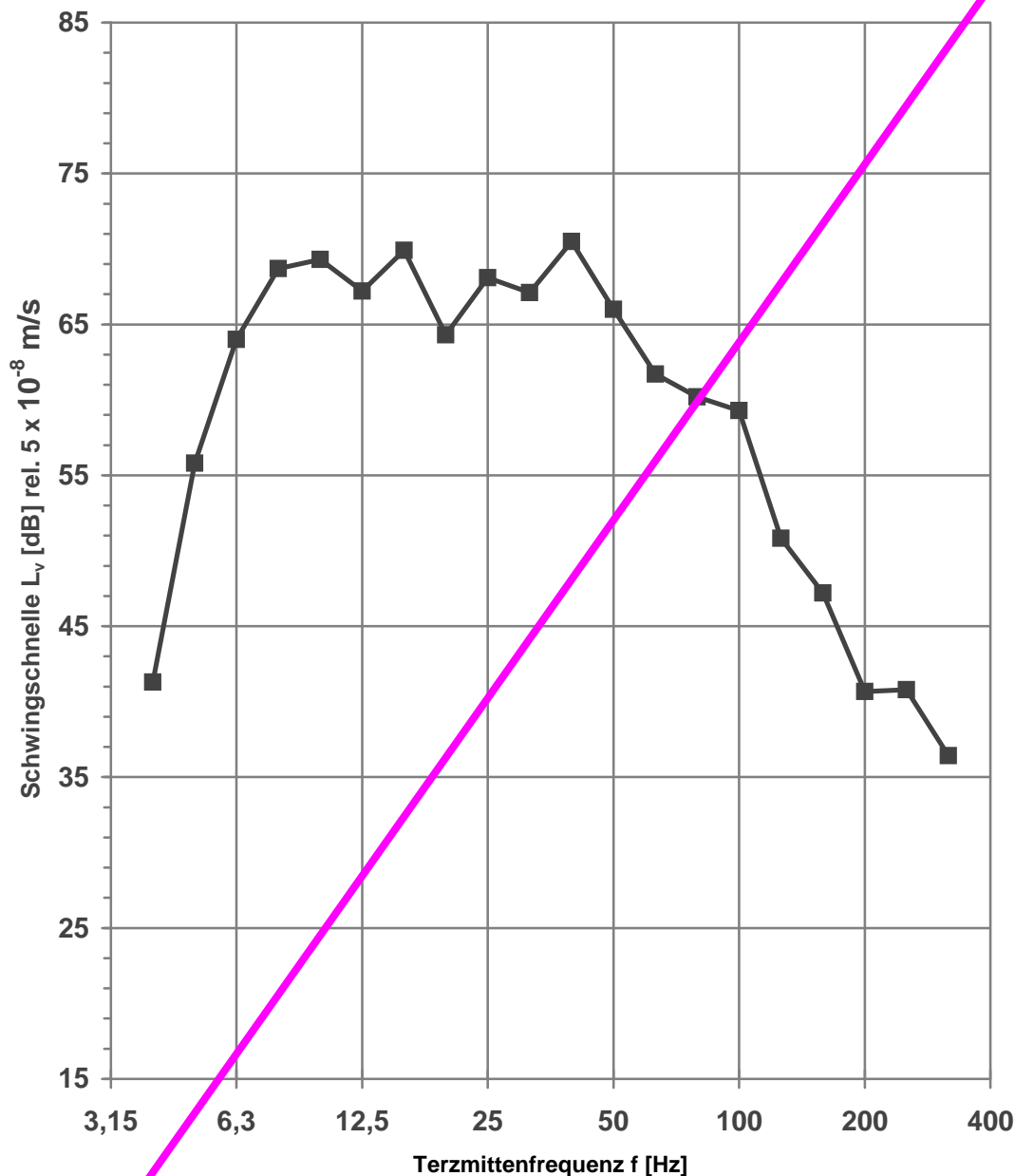
Quelle Fritz GmbH: Messbericht 93169, 1993; Erschütterungsmessung an der Strecke Frankfurt am Main - Mannheim

Geschwindigkeit 100 km/h

Messposition 8 m v. ersten Gleisachse

Schwingrichtung z

Mittelwert



L _v [dB]	f [Hz]
41,3	4
55,8	5
64,0	6,3
68,7	8
69,3	10
67,2	12,5
69,9	16
64,3	20
68,1	25
67,1	31,5
70,5	40
66,0	50
61,7	63
60,2	80
59,3	100
50,8	125
47,2	160
40,7	200
40,8	250
36,4	315
78,3	Σ

Referenz:

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Unkorrigiertes Emissionsspektrum

SB

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\1C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Alle.xls\SB-unkorrigiert

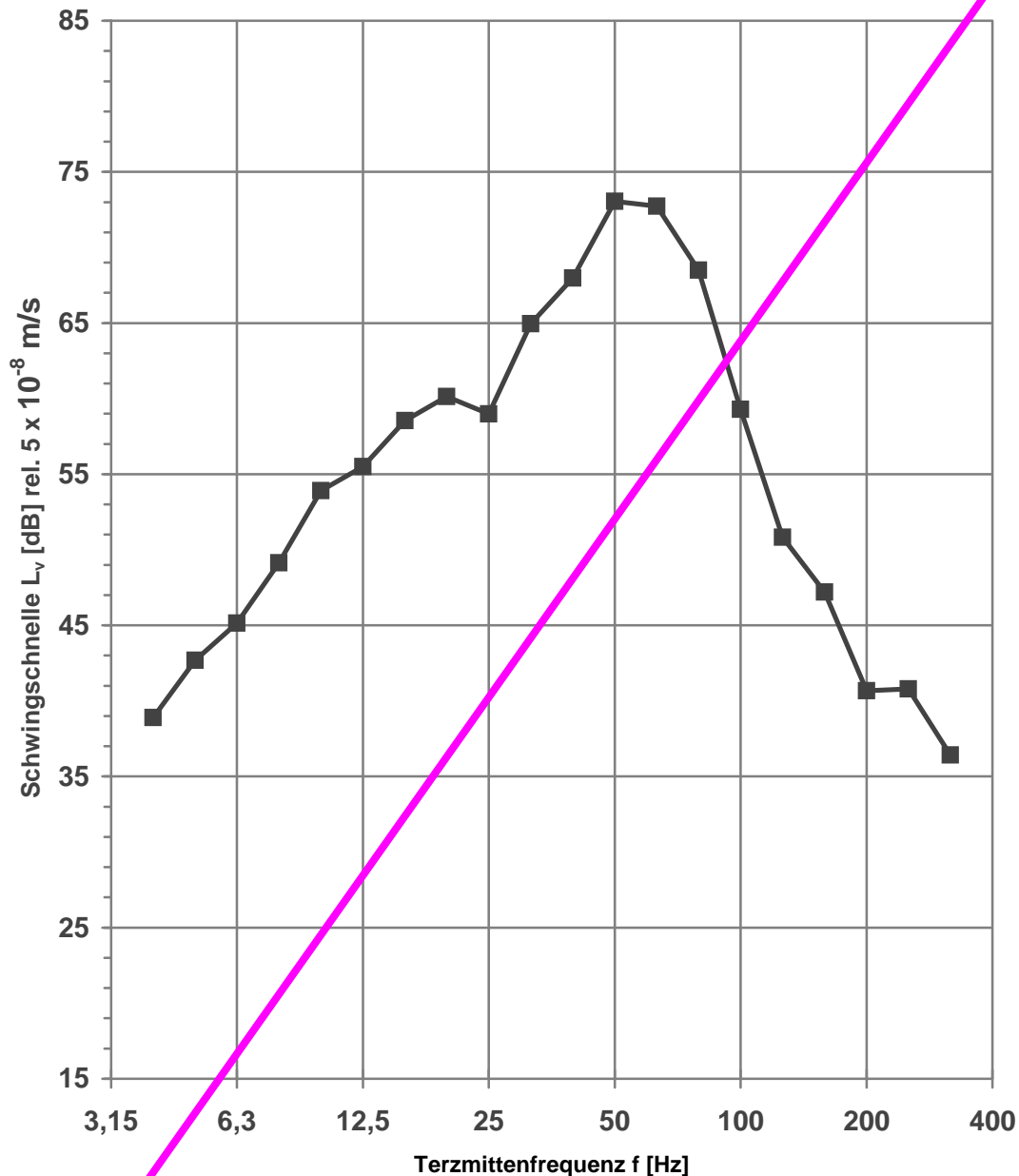
Quelle Emissionsmessungen ET 423 Rodgaustrecke, Bereich Niederroden
Fritz GmbH, Bericht Nr. 93186

Geschwindigkeit 100 km/h

Messposition 8 m v. ersten Gleisachse

Schwingrichtung z

Mittelwert



L _v [dB]	f [Hz]
20,9	4
21,4	5
27,6	6,3
43,1	8
45,5	10
51,9	12,5
44,9	16
52,6	20
60,8	25
62,9	31,5
61,9	40
60,8	50
62,8	63
58,2	80
47,5	100
39,2	125
35,6	160
31,9	200
27,0	250
22,0	315
69,5	Σ

Referenz:

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Unkorrigiertes Emissionsspektrum

ICE

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Alle.xls\ICE-unkor

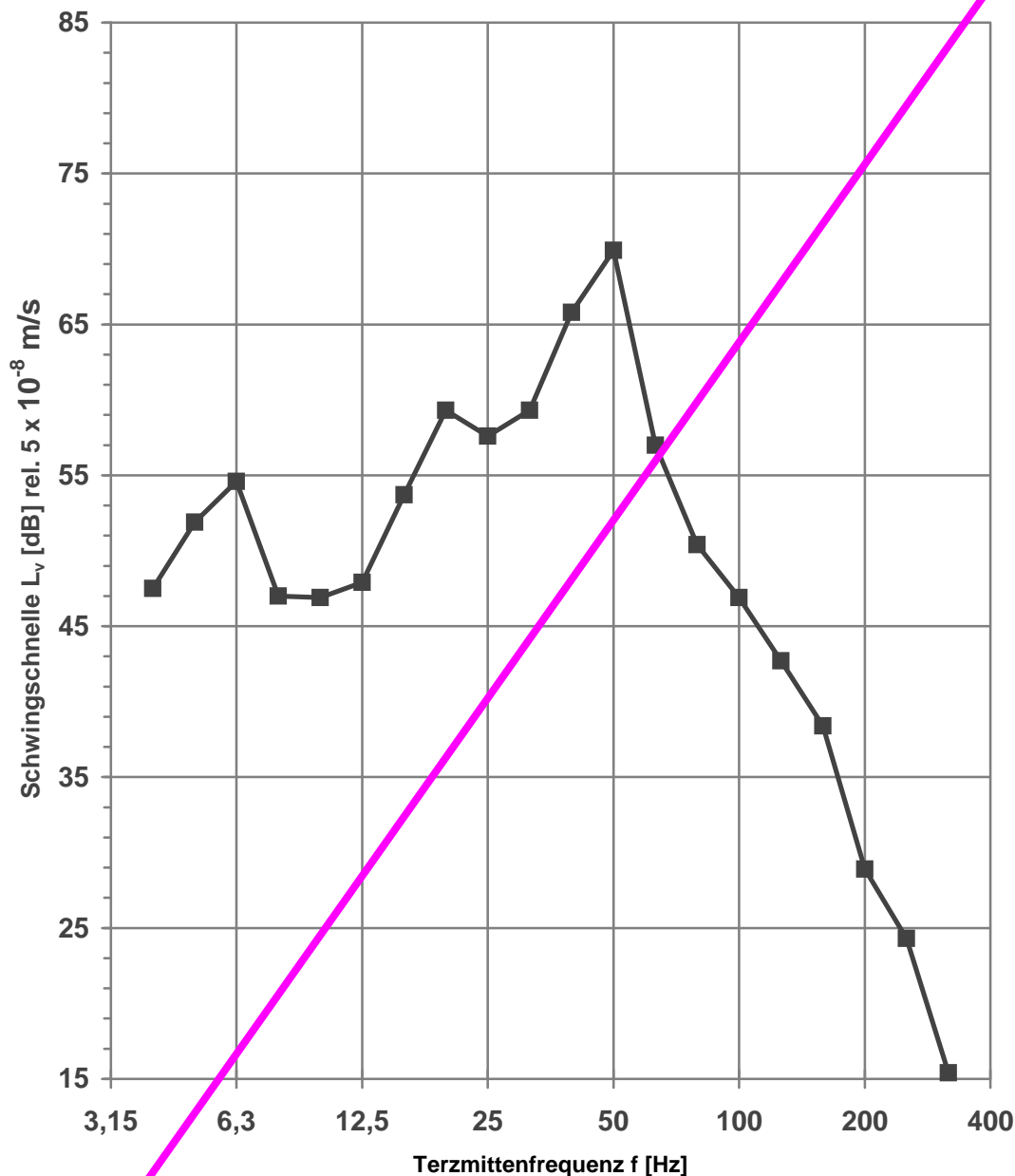
Quelle Körperschallmessungen an der NBS bei Burgsinn genittelt über 5 MQ
TZF München, Bericht Nr. 256 025

Geschwindigkeit 100 km/h

Messposition 8 m v. ersten Gleisachse

Schwingrichtung z

Mittelwert



L_v [dB]	f [Hz]
47,5	4
51,9	5
54,6	6,3
47,0	8
46,9	10
47,9	12,5
53,7	16
59,3	20
57,6	25
59,3	31,5
65,8	40
69,9	50
57,0	63
50,4	80
46,9	100
42,7	125
38,4	160
28,9	200
24,3	250
15,4	315
72,4	Σ

Referenz:

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Korrekturfunktion

Geschwindigkeit

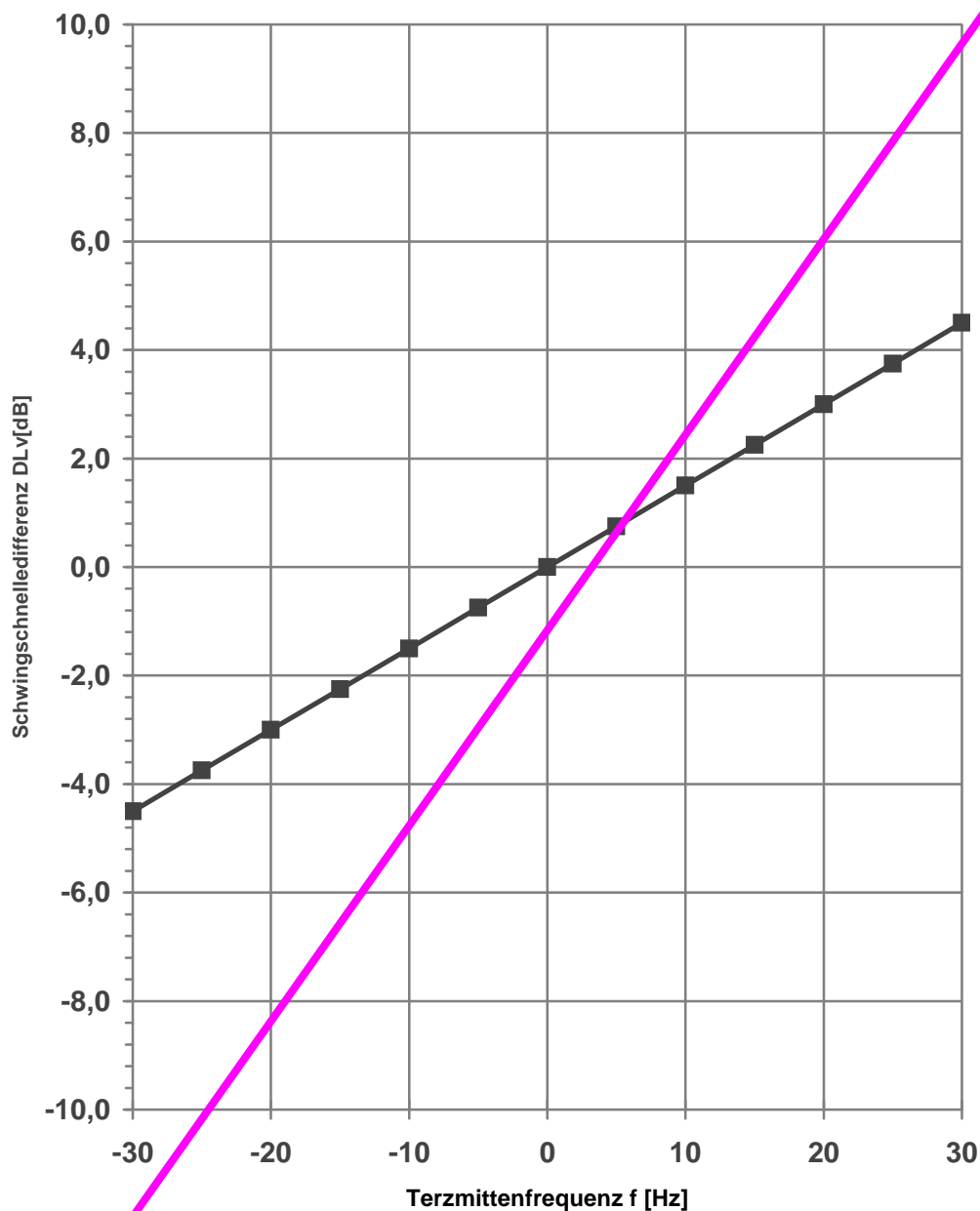
X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\c-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Alle.xls\Korrektur -v

Quelle empirisch

Bezugsspektrum A

Bezugsspektrum B

Schwingrichtung vertikal (z)



ΔL_v [dB]	Δv [km/h]
-4,5	-30
-3,8	-25
-3,0	-20
-2,3	-15
-1,5	-10
-0,8	-5
0,0	0
0,8	5
1,5	10
2,3	15
3,0	20
3,8	25
4,5	30

Korrekturfunktion

Dammlage

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\c-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Alle.xls\Korrektur-Damm

Bezugsspektrum A

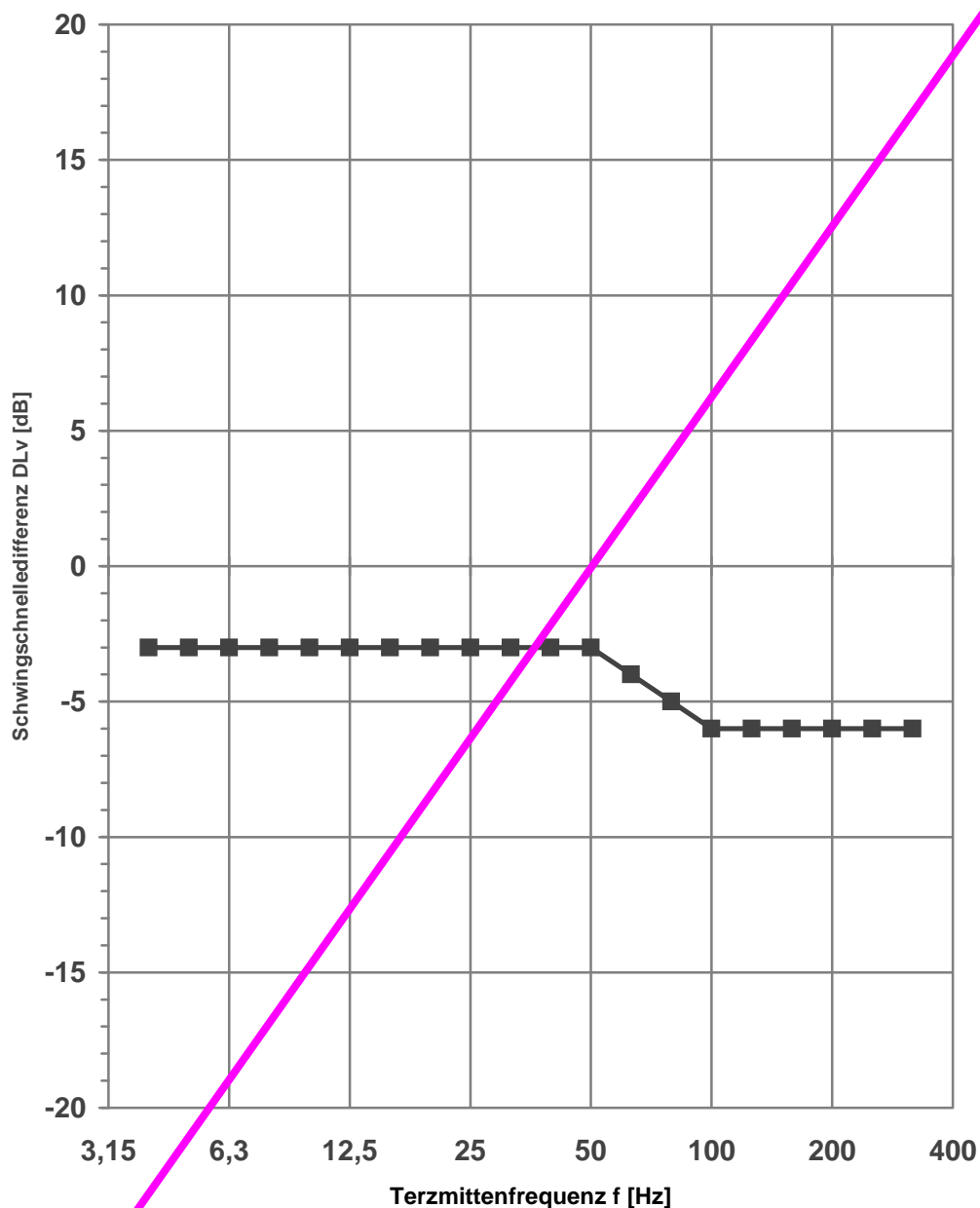
ebenerdige Trasse

Bezugsspektrum B

Trasse in Dammlage

Schwingungsrichtung

vertikal (z)



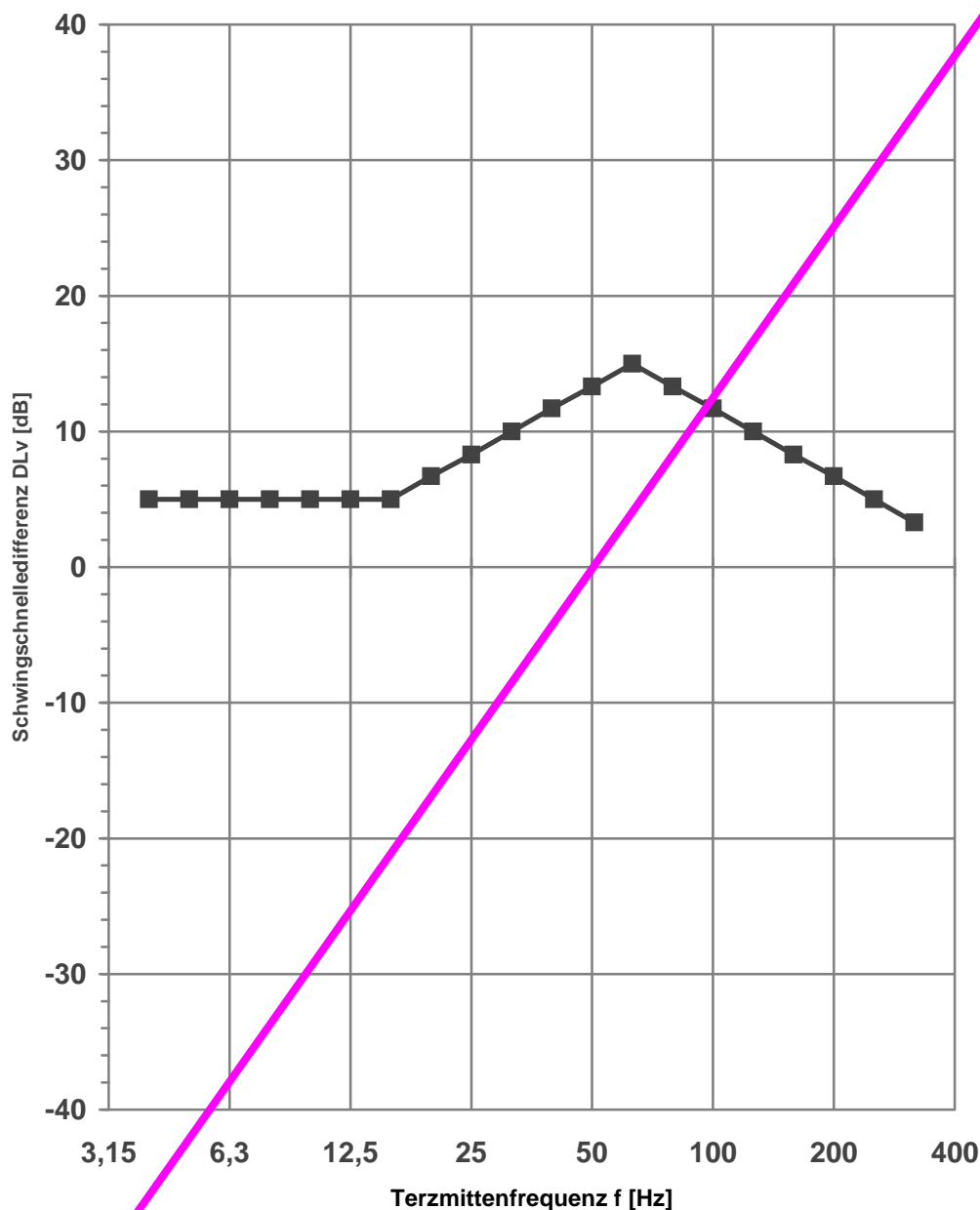
ΔL_v [dB]	f [Hz]
-3,0	4
-3,0	5
-3,0	6,3
-3,0	8
-3,0	10
-3,0	12,5
-3,0	16
-3,0	20
-3,0	25
-3,0	31,5
-3,0	40
-3,0	50
-4,0	63
-5,0	80
-6,0	100
-6,0	125
-6,0	160
-6,0	200
-6,0	250
-6,0	315

Quelle

Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienennahverkehr
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), Köln
F. Krüger, 1993
Tabelle 11.1: Mittlere relative Einflüsse verschiedener Parameter

Schwingrichtung

vertikal (z)



ΔL_v [dB]	f [Hz]
5,0	4
5,0	5
5,0	6,3
5,0	8
5,0	10
5,0	12,5
5,0	16
6,7	20
8,3	25
10,0	31,5
11,7	40
13,3	50
15,0	63
13,3	80
11,7	100
10,0	125
8,3	160
6,7	200
5,0	250
3,3	315

Prognosespektrum - PNF / PPF

RE / RB / Leerreisezug - Strecke 3520 / 3683

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\1C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-RE-v-100-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	NV	RE / RB / Leerreisezug
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB										Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s												
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	38,9	42,7	45,1	49,1	53,9	55,5	58,6	60,1	59,0	65,0	68,0	73,1	72,7	68,5	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	77,8	

Berücksichtigte Korrekturen in dB																					
f[Hz]		4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																					
L _{K2}		-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}		-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB										Referenz: $v_0=5\cdot 10^{-8}$ m/s												
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P	32,9	36,7	39,1	43,1	47,9	49,5	52,6	54,1	53,0	59,0	62,0	67,1	65,7	60,5	50,3	41,8	38,2	31,7	31,8	27,4	71,2	

Prognosespektrum - PNF / PPF

RE / RB / Leerreisezug - Strecke 3520

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\I\Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-RE-v-100-Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	NV	RE, RB, Leerreisezug
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	38,9	42,7	45,1	49,1	53,9	55,5	58,6	60,1	59,0	65,0	68,0	73,1	72,7	68,5	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	77,8

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																				
L _{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
L _{K3}																				
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	37,9	41,7	44,1	48,1	52,9	54,5	57,6	60,8	61,3	69,0	73,7	80,4	80,7	73,8	62,0	51,8	46,5	38,4	36,8	30,7	84,6

Prognosespektrum - PNF / PPF

RE / RB / Leerreisezug - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\1C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Alle.xls]Emission-RE-v80-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	NV	RE, RB, Leerreisezug
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB		Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s																			
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	38,9	42,7	45,1	49,1	53,9	55,5	58,6	60,1	59,0	65,0	68,0	73,1	72,7	68,5	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	77,8

Berücksichtigte Korrekturen in dB																					
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB		Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s																			
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	29,9	33,7	36,1	40,1	44,9	46,5	49,6	51,1	50,0	56,0	59,0	64,1	62,7	57,5	47,3	38,8	35,2	28,7	28,8	24,4	68,2

Prognosespektrum - PNF

RE / RB / Leerreisezug - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\1C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-RE-v80 Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	NV	RE, RB, Leerreisezug
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB										Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s												
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
A	38,9	42,7	45,1	49,1	53,9	55,5	58,6	60,1	59,0	65,0	68,0	73,1	72,7	68,5	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	77,8	

Berücksichtigte Korrekturen in dB																					
f[Hz]		4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																					
L _{K2}		-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K3}																					
L _{K4}		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}		-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB										Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s												
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ	
P	34,9	38,7	41,1	45,1	49,9	51,5	54,6	57,8	58,3	66,0	70,7	77,4	77,7	70,8	59,0	48,8	43,5	35,4	33,8	27,7	81,6	

Prognosespektrum - PNF / PPF

IRC / ExC / ICG - Strecke 3520

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Allg.xls|Emission-GV-v-100-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	GV	IRC, ExC, ICR
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	41,3	55,8	64,0	68,7	69,3	67,2	69,9	64,3	68,1	67,1	70,5	66,0	61,7	60,2	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	78,3

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}																					
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	38,3	52,8	61,0	65,7	66,3	64,2	66,9	61,3	65,1	64,1	67,5	63,0	57,7	55,2	53,3	44,8	41,2	34,7	34,8	30,4	75,2

Prognosespektrum - PNF / PPF

IRC / ExC / ICG - Strecke 3520

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-GV-v100-Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	GV	IRC, ExC, ICR
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	41,3	55,8	64,0	68,7	69,3	67,2	69,9	64,3	68,1	67,1	70,5	66,0	61,7	60,2	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	78,3

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	43,3	57,8	66,0	70,7	71,3	69,2	71,9	68,0	73,4	74,1	79,2	76,3	72,7	68,5	65,0	54,8	49,5	41,4	39,8	33,7	84,2

Prognosespektrum - PNF / PPF

IRC / ExC / ICG - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Allg.xls\Emission-GV-v 80-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	GV	IRC, ExC, ICG
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	41,3	55,8	64,0	68,7	69,3	67,2	69,9	64,3	68,1	67,1	70,5	66,0	61,7	60,2	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	78,3

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	35,3	49,8	58,0	62,7	63,3	61,2	63,9	58,3	62,1	61,1	64,5	60,0	54,7	52,2	50,3	41,8	38,2	31,7	31,8	27,4	72,2

Prognosespektrum - PNF

IRC / ExC / ICG - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-GV-v 80-Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	GV	IRC, ExC, ICG
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	41,3	55,8	64,0	68,7	69,3	67,2	69,9	64,3	68,1	67,1	70,5	66,0	61,7	60,2	59,3	50,8	47,2	40,7	40,8	36,4	78,3

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																				
L _{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
L _{K3}																				
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	40,3	54,8	63,0	67,7	68,3	66,2	68,9	65,0	70,4	71,1	76,2	73,3	69,7	65,5	62,0	51,8	46,5	38,4	36,8	30,7	81,2

Prognosespektrum - PNF / PPF

ICE / IC - Strecke 3520 / 3657

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Allg.xls\Emission-ICE-v-100-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	ICE	ICE / IC
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	47,5	51,9	54,6	47,0	46,9	47,9	53,7	59,3	57,6	59,3	65,8	69,9	57,0	50,4	46,9	42,7	38,4	28,9	24,3	15,4	72,4

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}																					
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	44,5	48,9	51,6	44,0	43,9	44,9	50,7	56,3	54,6	56,3	62,8	66,9	53,0	45,4	40,9	36,7	32,4	22,9	18,3	9,4	69,4

Prognosespektrum - PPF / PNF

ICE / IC - Strecke 3520 / 3683

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Emissionen-Allg.xls|Emission-ICE-v-100-Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	ICE	ICE / IC
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	47,5	51,9	54,6	47,0	46,9	47,9	53,7	59,3	57,6	59,3	65,8	69,9	57,0	50,4	46,9	42,7	38,4	28,9	24,3	15,4	72,4

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}																					
L _{K3}																					
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3	
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	49,5	53,9	56,6	49,0	48,9	49,9	55,7	63,0	62,9	66,3	74,5	80,2	68,0	58,7	52,6	46,7	40,7	29,6	23,3	12,7	81,8

Prognosespektrum - PNF

ICE / IC - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-ICE-v-80-Gerade

		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	ICE	ICE / IC
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB			Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s																		
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	47,5	51,9	54,6	47,0	46,9	47,9	53,7	59,3	57,6	59,3	65,8	69,9	57,0	50,4	46,9	42,7	38,4	28,9	24,3	15,4	72,4

Berücksichtigte Korrekturen in dB																					
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																					
L _{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	
L _{K3}																					
L _{K4}																					
L _{K5}																					
L _{K6}																					
L _{K7}																					
L _{K8}																					
L _{K9}																					
L _{K10}																					
L _{K11}																					
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _{K13}																					
L _{K14}																					
L _{K15}																					

Prognosespektrum in dB			Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s																		
f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	41,5	45,9	48,6	41,0	40,9	41,9	47,7	53,3	51,6	53,3	59,8	63,9	50,0	42,4	37,9	33,7	29,4	19,9	15,3	6,4	66,4

Prognosespektrum - PNF

ICE / IC - Strecke 3624

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose[Emissionen-Allg.xls]Emission-ICE-v-80-Weiche

WEICHENBEREICH		Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	ICE	ICE / IC
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	80 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	ja
K5		Oberbau	SchO m. Betonschwelle	SchO m. Betonschwelle
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m Punkt	8 m Punkt
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	nein	ja
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	47,5	51,9	54,6	47,0	46,9	47,9	53,7	59,3	57,6	59,3	65,8	69,9	57,0	50,4	46,9	42,7	38,4	28,9	24,3	15,4	72,4

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
L _{K1}																				
L _{K2}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
L _{K3}																				
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10	8,3	6,7	5,0	3,3
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	46,5	50,9	53,6	46,0	45,9	46,9	52,7	60,0	59,9	63,3	71,5	77,2	65,0	55,7	49,6	43,7	37,7	26,6	20,3	9,7	78,8

Übertragungsfunktion

Erdreich - Fundament (T2)

X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Transferfunktionen.xls\T2-Funktion

Quelle

Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen

Landesamt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Nr. 107

J. Melke, 1992

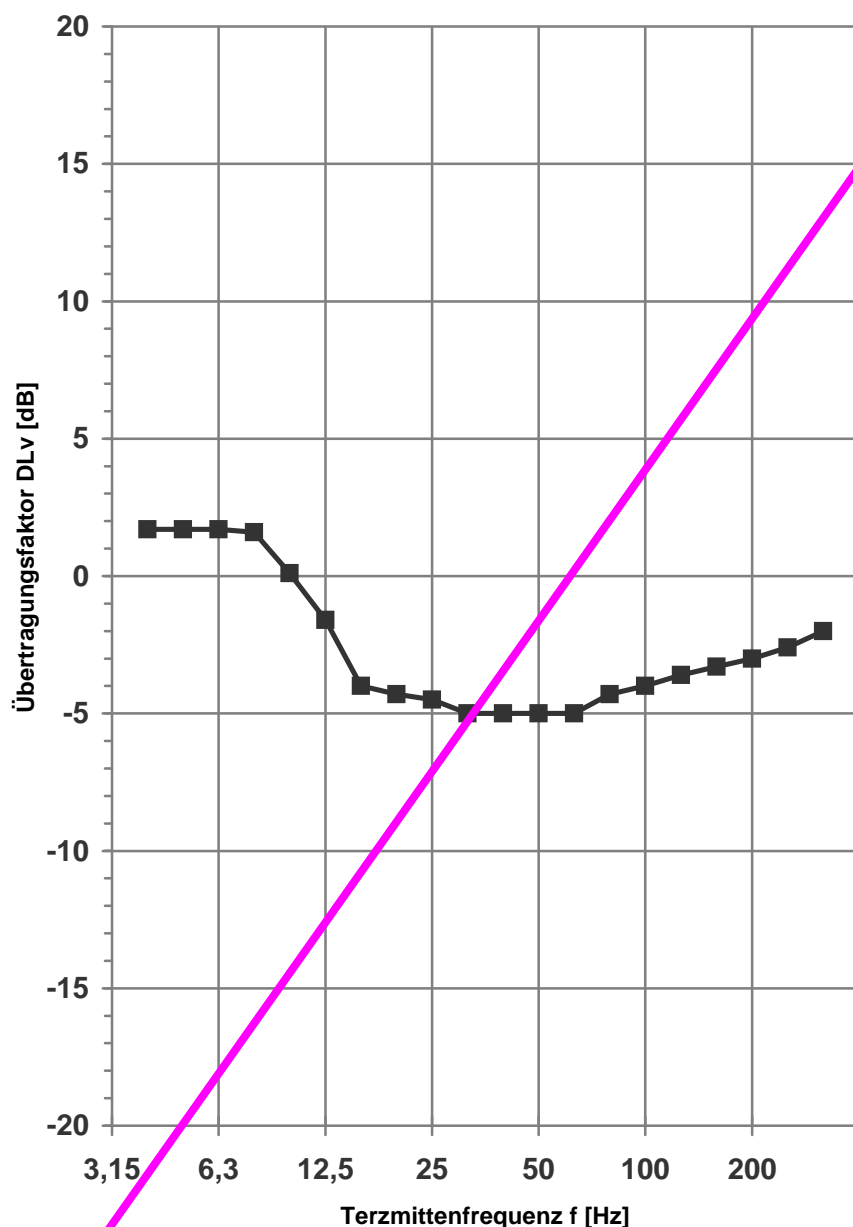
Bild 7.8 a: Typische Minderung bei Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp

ein- und zwei geschossige Gebäude in Massivbauweise

Schwingrichtung

vertikal (z)



ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,7	4
1,7	5
1,7	6,3
1,6	8
0,1	10
-1,6	12,5
-4,0	16
-4,3	20
-4,5	25
-5,0	31,5
-5,0	40
-5,0	50
-5,0	63
-4,3	80
-4,0	100
-3,6	125
-3,3	160
-3,0	200
-2,6	250
-2,0	315

Übertragungsfunktion

Erdreich - Fundament (T2)

X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Transferfunktionen.xls\T2-Funktion (1)

Quelle

Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen

Landesamt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Nr. 107

J. Melke, 1992

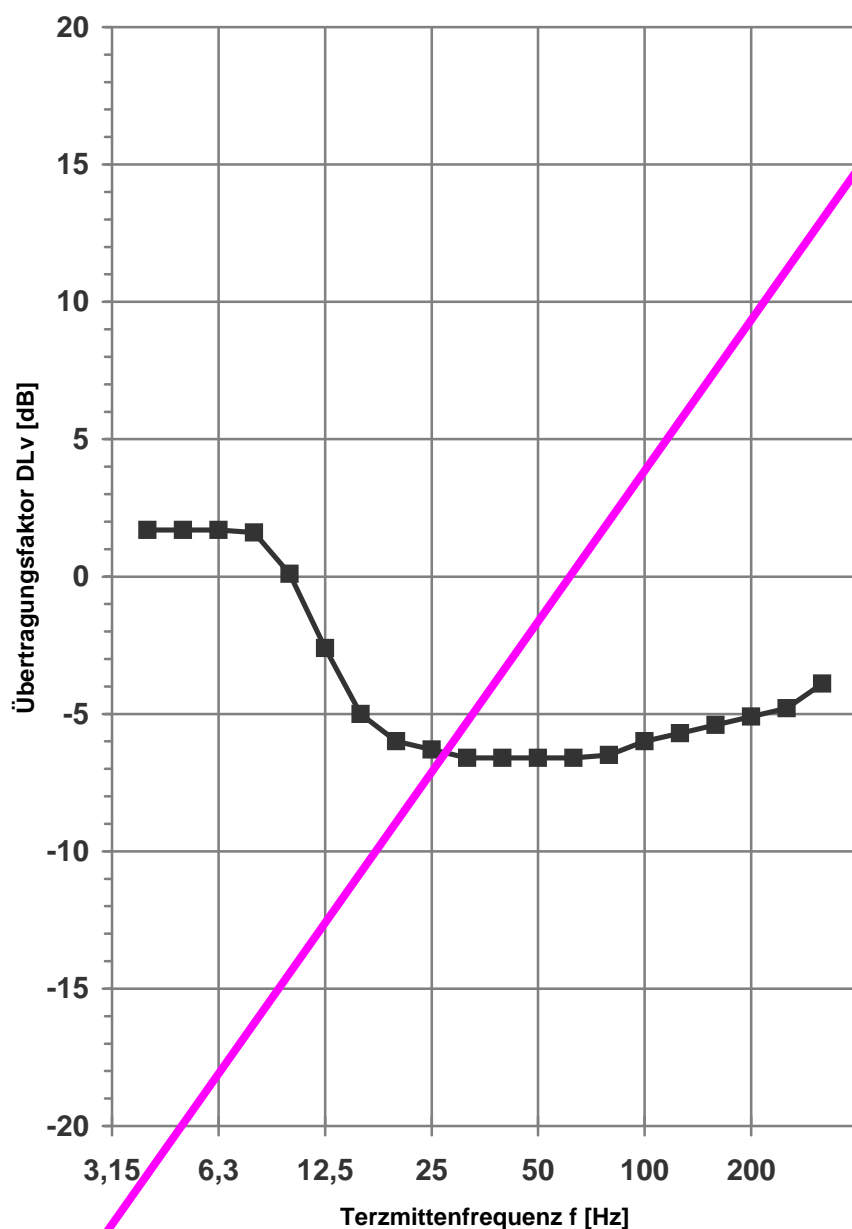
Bild 7.8 a: Typische Minderung bei Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp

Gebäude mit über 2 Geschossen

Schwingrichtung

vertikal (z)



ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,7	4
1,7	5
1,7	6,3
1,6	8
0,1	10
-2,6	12,5
-5,0	16
-6,0	20
-6,3	25
-6,6	31,5
-6,6	40
-6,6	50
-6,6	63
-6,5	80
-6,0	100
-5,7	125
-5,4	160
-5,1	200
-4,8	250
-3,9	315

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\PNF_E

1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	0,216	0,216	0,152	0,152	0,257	0,257
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	24	0,469	0,469	0,379	0,379	0,468	0,468
3	Goldsteinstraße 143	MI	15	0,700	0,700	0,529	0,529	0,348	0,348
4	Schwanheimer Straße 119	MI	49	0,183	0,183	0,251	0,251	0,265	0,265

2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	0,028	0,042	0,020	0,030	0,033	0,050
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	24	0,089	0,121	0,073	0,104	0,088	0,120
3	Goldsteinstraße 143	MI	15	0,096	0,138	0,085	0,114	0,055	0,074
4	Schwanheimer Straße 119	MI	49	0,023	0,034	0,032	0,047	0,034	0,050

IP Immissionsort


r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]

KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]

 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.

 Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß **DIN 4150-2** erforderlich.

 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Nullfall

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\PNF_E(2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

MP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Ausschöpfung A_r in %					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	40%	84%	28%	60%	48%	100%
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	22	127%	242%	104%	208%	125%	240%
3	Goldsteinstraße 143	MI	15	96%	197%	85%	162%	55%	106%
4	Schwanheimer Straße 119	MI	48	23%	49%	32%	67%	34%	71%

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert ≤ 100 %



Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert > 100 %

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	0,197	0,197	0,137	0,137	0,236	0,236
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	19	0,338	0,338	0,280	0,280	0,330	0,330
3	Goldsteinstraße 143	MI	7	0,700	0,700	0,529	0,529	0,348	0,348
4	Schwanheimer Straße 119	MI	35	0,183	0,183	0,251	0,251	0,265	0,265

2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	0,013	0,027	0,009	0,019	0,037	0,036
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	19	0,109	0,076	0,095	0,065	0,106	0,074
3	Goldsteinstraße 143	MI	7	0,082	0,116	0,111	0,103	0,068	0,065
4	Schwanheimer Straße 119	MI	35	0,014	0,029	0,039	0,044	0,039	0,046

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]

KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.



Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß **DIN 4150-2** erforderlich.



Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\PPF_E(2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

MP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Ausschöpfung A_r in %					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	18%	53%	13%	37%	52%	73%
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	19	156%	153%	136%	130%	152%	149%
3	Goldsteinstraße 143	MI	7	82%	166%	111%	147%	68%	94%
4	Schwanheimer Straße 119	MI	35	14%	41%	39%	62%	39%	65%

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert ≤ 100 %



Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert > 100 %

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Nullfall

X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\PNF-SL

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Beurteilungs-Innenschallpegel L _{ri} [dB(A)]					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	22,5	22,9	24,7	25,0	22,3	22,8
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	24	28,0	30,0	27,9	29,8	28,0	30,0
3	Goldsteinstraße 143	MI	15	26,9	27,3	30,6	30,9	28,9	29,4
4	Schwanheimer Straße 119	MI	49	22,0	22,4	23,1	23,6	22,8	23,2

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

L_{ri} Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\PNF-SL

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	r [m]	Beurteilungs-Innenschallpegel L _{ri} [dB(A)]					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	30	24,9	22,4	27,1	24,4	24,7	22,2
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	19	30,6	28,1	30,8	28,0	30,5	28,1
3	Goldsteinstraße 143	MI	7	30,7	28,0	34,5	31,7	32,8	30,2
4	Schwanheimer Straße 119	MI	35	25,1	22,7	26,1	23,8	25,9	23,4

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

L_{ri} Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Änderung der KB_{FTr} -Werte

Prognose-Planfall abzüglich Prognose-Nullfall

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\Diff

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	ΔKB_{FTr} Prognose-Planfall - Prognose-Nullfall					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	-55%	-36%	-56%	-37%	10%	-27%
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	23%	-37%	31%	-37%	21%	-38%
3	Goldsteinstraße 143	MI	-14%	-16%	30%	-9%	25%	-12%
4	Schwanheimer Straße 119	MI	-41%	-15%	22%	-7%	17%	-8%

IP Immissionsort
 ΔKB_{FTr} Änderung der Beurteilungsschwingstärke



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen < 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen ≥ 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen um mindestens 25%
und Anhaltswertüberschreitung

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA

Allgemeines Wohngebiet

MI

Mischgebiet


Änderung der Beurteilungspegel L_{ri}


Prognose-Planfall abzüglich Prognose-Nullfall


X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen.xls\DIFF-SL

IP Nr.	Gebäude	Nutzung	Differenzpegel sekundärer Luftschall ΔL_{r1} [dB(A)]							
			Raum 1		Raum 2		Raum 3			
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	WA	2,4	-0,5	2,5	-0,6	2,4	-0,6		
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	WA	2,6	-1,9	2,9	-1,8	2,5	-1,9		
3	Goldsteinstraße 143	MI	3,9	0,7	4,0	0,8	3,9	0,7		
4	Schwanheimer Straße 119	MI	3,1	0,3	3,0	0,3	3,2	0,3		

IP Immissionsort
 ΔL_{ri} Pegeldifferenz Prognose-Planfall abzgl. Prognose-Nullfall [dB(A)]

 Erhöhung der Beurteilungspegel < 2,1 dB

 Erhöhung der Beurteilungspegel $\geq 2,1$ dB

 Erhöhung der Beurteilungspegel um mindestens 2,1 dB
und Überschreitung der Immissionsrichtwerte

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet
MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN Besohlte Schwellen

X:\Projekte2\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit SMN.xls\PPF-E




1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	0,156	0,156	0,106	0,106	0,186	0,186
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	0,265	0,265	0,217	0,217	0,259	0,259
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	0,552	0,552	0,417	0,417	0,273	0,273
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	0,183	0,183	0,251	0,251	0,265	0,265

2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Beurteilungsschwingstärke KB _{FTr}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	0,010	0,021	0,004	0,010	0,012	0,025
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	0,075	0,055	0,061	0,044	0,070	0,052
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	0,057	0,090	0,075	0,076	0,042	0,047
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	0,014	0,029	0,039	0,044	0,039	0,046

IP Immissionsort
VMN Vorsorgemaßnahme - "Besohlte Schwellen"
***** Besohlte Schwellen nur in den Streckengleisen 3657 und 3520
r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]
KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]

 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.
 Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß **DIN 4150-2** erforderlich.
 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WA Allgemeines Wohngebiet
 MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN Besohlte Schwellen

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit_VMN.xls\PPF_E(2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

MP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Ausschöpfung A_r in %					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	14%	42%	6%	19%	17%	50%
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	108%	110%	88%	88%	99%	104%
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	57%	128%	75%	109%	42%	68%
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	14%	41%	39%	62%	39%	65%

IP Immissionsort
r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]
VMN Vorsorgemaßnahme - "Besohlte Schwellen"
***** Besohlte Schwellen nur in den Streckengleisen 3657 und 3520

 Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert ≤ 100 %

 Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert > 100 %

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WA Allgemeines Wohngebiet
 MI Mischgebiet

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN Besohlte Schwellen

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit SMN.xls\PPF-E

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Beurteilungs-Innenschallpegel L _{ri} [dB(A)]					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	23,0	20,7	24,9	22,3	22,7	20,4
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	28,7	26,4	28,7	26,0	28,7	26,4
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	28,1	25,3	31,9	29,1	30,0	27,1
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1

IP Immissionsort

VMN Vorsorgemaßnahme - "Besohlte Schwellen"

* Besohlte Schwellen nur in den Streckenreisen 3657 und 3520

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

L_{ri} Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN System BSO

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\2. Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit BSO.xls\PPF-E




1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	0,126	0,126	0,100	0,100	0,145	0,145
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	0,208	0,208	0,220	0,220	0,202	0,202
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	0,528	0,528	0,324	0,324	0,234	0,234
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	0,183	0,183	0,251	0,251	0,265	0,265

2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Beurteilungsschwingstärke KB _{FTr}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	0,005	0,011	0,000	0,000	0,009	0,020
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	0,072	0,049	0,077	0,050	0,068	0,047
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	0,064	0,088	0,083	0,068	0,056	0,048
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	0,014	0,029	0,039	0,044	0,039	0,046

IP Immissionsort
VMN Vorsorgemaßnahme - "System BSO"
***** System BSO nur in den Streckengleisen 3657 und 3520
r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]
KB_{Fmax} maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke [-]

 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden erfüllt.
 Es ist ein weiterer Prüfschritt gemäß **DIN 4150-2** erforderlich.
 Die Anforderungen der **DIN 4150-2** werden **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 WA Allgemeines Wohngebiet
 MI Mischgebiet

Erschütterungsimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN System BSO

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\IC-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit_BSO.xls\PPF_E(2)

prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

MP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Ausschöpfung A_r in %					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	7%	23%	0%	0%	13%	39%
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	102%	97%	110%	99%	97%	93%
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	64%	126%	83%	97%	56%	68%
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	14%	41%	39%	62%	39%	65%

IP Immissionsort

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

VMN Vorsorgemaßnahme - "System BSO"

***** System BSO nur in den Streckengleisen 3657 und 3520

 Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert ≤ 100 %

 Ausschöpfung Beurteilungsanhaltswert > 100 %

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall - mit VMN System BSO

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\Immissionen_mit BSO.xls\PPF-E

IP Nr.	Gebäude	VMN	Nutzung	r [m]	Beurteilungs-Innenschallpegel L _{ri} [dB(A)]					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Paul-Gerhardt-Ring 86	ja	WA	30	24,4	21,5	26,9	23,9	24,2	21,3
2	Paul-Gerhardt-Ring 64	ja	WA	19	29,9	27,1	30,4	27,3	29,7	26,9
3	Goldsteinstraße 143	ja*	MI	7	30,2	27,1	34,1	30,9	32,3	29,3
4	Schwanheimer Straße 119	nein	MI	35	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1

IP Immissionsort

VMN Vorsorgemaßnahme - "System BSO"

***** System BSO nur in den Streckengleisen 3657 und 3520

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

L_{ri} Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind erfüllt.



Die Anforderungen der **24. BImSchV** sind **nicht** erfüllt.

Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO

WA Allgemeines Wohngebiet

MI Mischgebiet

Einfügungsdämmung

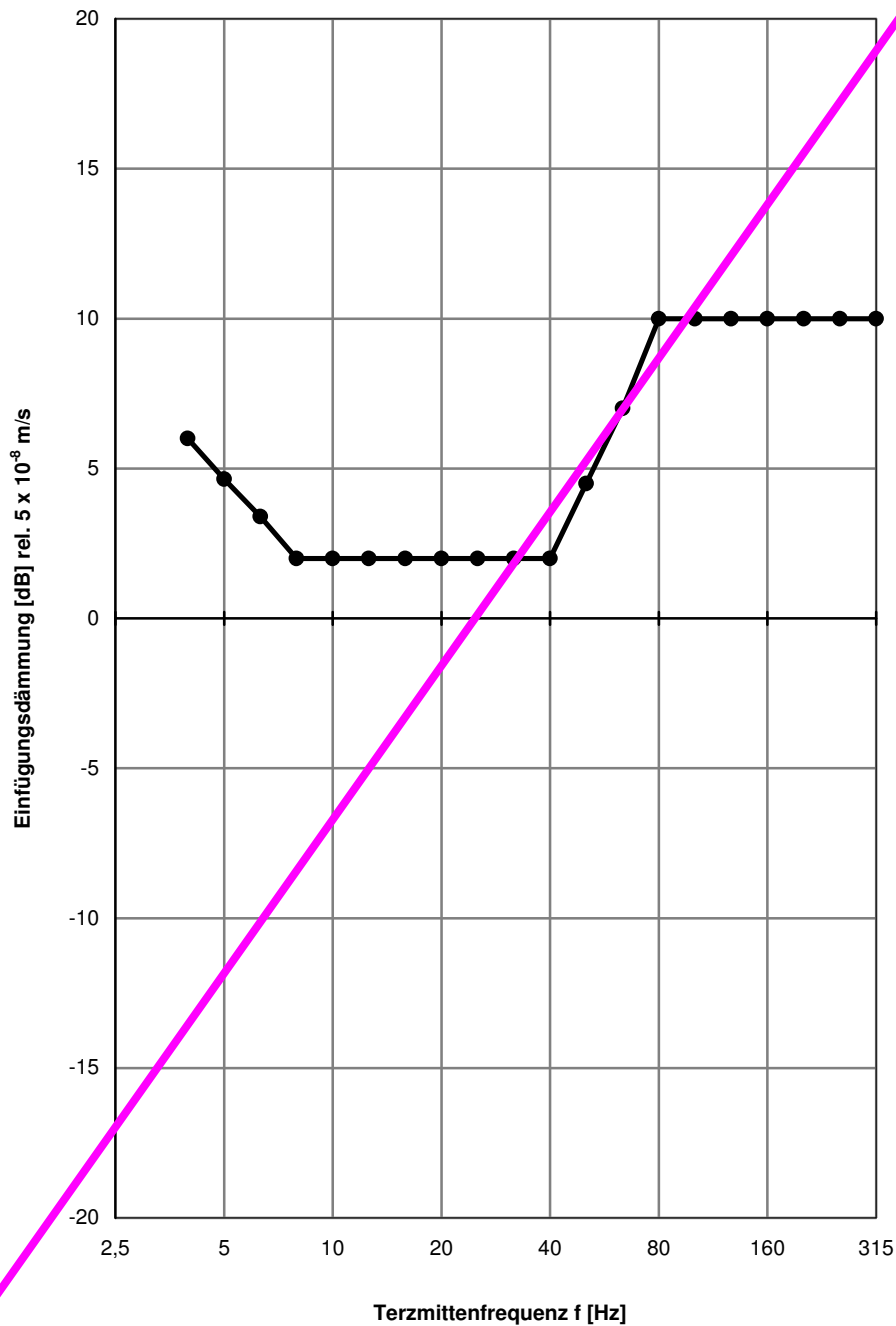
besohlte Schwelle

X:\Projekte2\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\PPF\mit SMN\EFD-Sonderoberbau.xls\EFD-besohlte Schw

Oberbau besohlte Schwelle im Vergleich zu
konventionellem Schotteroberbau

Steifigkeit mittlere Bodensteifigkeit
mittleres Bettungsmodul ca. 0,12 N/mm³

Schwingungsrichtung vertikal (z)



E _D [dB]	f [Hz]
6,0	4
4,7	5
3,4	6,3
2,0	8
2,0	10
2,0	12,5
2,0	16
2,0	20
2,0	25
2,0	31,5
2,0	40
4,5	50
7,0	63
10,0	80
10,0	100
10,0	125
10,0	160
10,0	200
10,0	250
10,0	315
5,6	MW

Referenz:

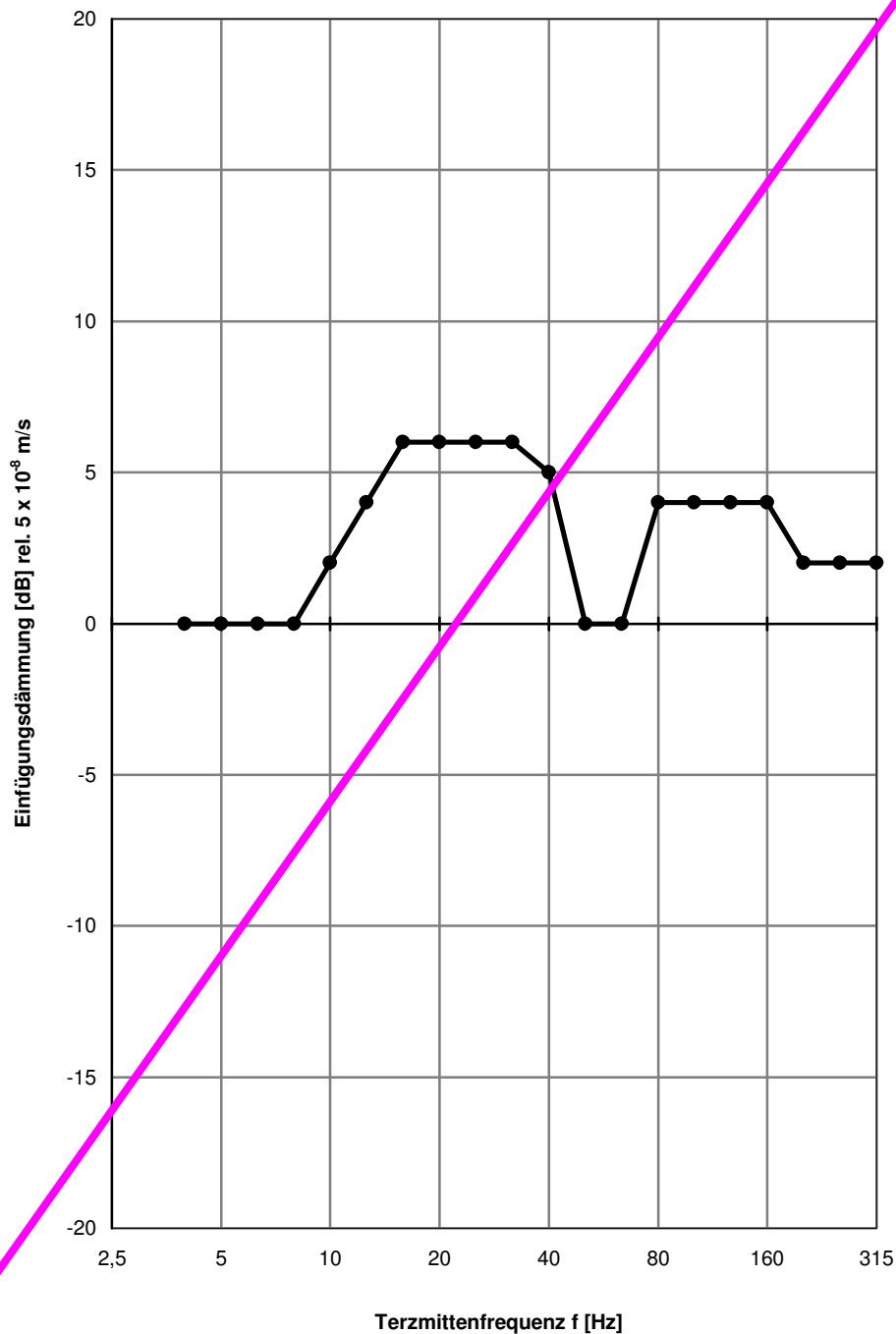
$$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

Einfügungsdämmung

System BSO

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\PPF\mit SMN\EFD-Sonderoberbau.xls\Erstreckung VMN

Oberbau BSO-Trog im Vergleich zu konventionellem Schotteroberbau
Betontrog $d \geq 60 \text{ cm}$
Steifigkeit USM $c_{\text{stat}} = 0,15 \text{ N/mm}^3$
Schwingungsrichtung vertikal (z)



EFD [dB]	f [Hz]
0,0	4
0,0	5
0,0	6,3
0,0	8
2,0	10
4,0	12,5
6,0	16
6,0	20
6,0	25
6,0	31,5
5,0	40
0,0	50
0,0	63
4,0	80
4,0	100
4,0	125
4,0	160
2,0	200
2,0	250
2,0	315
2,9	MW

Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Erstreckung der Vorsorgemaßnahme

VMN - Besohlte Schwellen

X:\Projekte\2010\10225-VVSE-DBPB-Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe\C-Bearbeitung\Erschütterungen\Prognose\PPF\mit SMN\EFD-Sonderoberbau.xls\Erstreckung VMN

	Strecke	Bereich 1 Paul-Gerhardt-Ring	Bereich 2 EÜ Goldsteinstraße
Vorsorgemaßnahme	3657	ja	ja
	3624	ja	-
	3520	ja	ja
	3683	ja	-
	von km	32.6+60	33.6+20
	bis km	33.0+00	33.7+10
	Länge [m]	340	90
	Gesamt [m]	2380	360
	Summe [m]	2740	

Die Kilometrierungsangaben beziehen sich auf die Strecke 3520.