



Erschütterungstechnische Untersuchung

VORHABEN:	Bebauungsplan „Bahnstadt Nord“
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall auf geplante Nutzungen im Plangebiet durch Schienenverkehr auf den Strecken 4131 / 4132 / 4000 / 4130 auf Grundlage erschütterungstechnischer Messungen
AUFTRAGGEBER:	Stadt Bruchsal Stadtplanungsamt Otto-Oppenheimer-Platz 5 76646 Bruchsal
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Straße 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20208003-805-VSE-1
DATUM:	Darmstadt, 17.05.2023

Dieser Bericht umfasst 28 Seiten und 9 Anhänge mit 44 Blättern. Gesamt: 72

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers im Zusammenhang mit dem oben genannten Planvorhaben bestimmt. Eine darüberhinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	6
3	Bearbeitungsgrundlagen	7
4	Beschreibung des Bauvorhabens	8
5	Anforderungen an den Immissionsschutz	9
5.1	Erschütterungsschutz	9
5.2	Sekundärer Luftschall	11
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	12
6.1	Prognosemodell	12
6.2	Emissionen	13
6.3	Transmissionen	13
6.3.1	Transmissionen T_1	13
6.3.2	Transferfunktion T_2	14
6.3.3	Transferfunktion T_3	14
6.4	Immissionen	14
6.4.1	Erschütterungen	14
6.4.2	Sekundärer Luftschall	15
6.5	Betriebsparameter der Bahnstrecke	16
7	Durchführung der Erschütterungsmessungen	16
7.1	Beschreibung der Messkette	16
7.2	Anordnung der Sensoren	19
7.3	Messdurchführung	19
7.4	Auswertung der Messungen	20
8	Untersuchungsergebnisse	21
8.1	Abnahmeexponenten	21
8.2	Emissionsspektren	21
8.3	Emissionsbedingungen	22
8.4	Prognose der Immissionen	22
8.4.1	Erschütterungen	23
8.4.2	Sekundärer Luftschall	24
9	Schutzmaßnahmen	25
10	Abschließende Bemerkungen	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	11
Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall	11
Tabelle 3: Betriebsprogramm für das Prognosejahr 2030 am Bahnhof Bruchsal /13/	16
Tabelle 4: Komponenten des eingesetzten Messsystems	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwurf Bebauungsplan „Bahnstadt Nord“ /12/	9
Abbildung 2: Übertragung von Erschütterungen	13
Abbildung 3: Prinzipskizze der Messanordnung	18
Abbildung 4: Auswertung im Frequenzbereich	21

Anhänge

Anhang 1	Messprotokoll
Anhang 2	Emissionen
Anhang 3	Abnahmeexponenten
Anhang 4	Korrekturfunktion Geschwindigkeit
Anhang 5	korrigierte Emissionen
Anhang 6	Übertragungsfunktion
Anhang 7	Betriebsprogramm der Strecken 4131 / 4132, 4000 und 4130
Anhang 8	Immissionen und deren Beurteilung
Anhang 9	Lageplan der Bebauung

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert [-]
A _r	Beurteilungsanhaltswert nach DIN 4150-2 [-]
A _o	Oberer Anhaltswert nach DIN 4150-2 [-]
A _u	Unterer Anhaltswert nach DIN 4150-2 [-]
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
dB	Dezibel
EBA	Eisenbahnbundesamt
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
FV	Personenfernverkehr
GV	Güterverkehr
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
L _{ri}	Beurteilungspegels [dB(A)]
L _{sek}	sek. Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB(A)]
L _v	mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)]
MI	Mischgebiet gemäß § 6 der BauNVO
MQ	Messquerschnitt
N	Anzahl von Zügen
NV	Personennahverkehr
S	S-Bahn
SB	Straßenbahn
r, R	Abstand
StAbw	Standardabweichung
StB	Stahlbetondecken
T	Transferfunktion
v ₀	Referenzwert für die Schwingschnelle [5 · 10 ⁻⁸ m/s]

1 Zusammenfassung

Die erschütterungstechnische Untersuchung im Zusammenhang mit dem Aufstellungsbeschluss Bebauungsplan „Bahnstadt Nord“ der Stadt Bruchsal hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- ❑ Die Erschütterungsimmissionen infolge des Schienenverkehrs, der auf den angrenzenden Bahngleisen der Strecken 4131 / 4132, 4000 und 4130 verkehrt, wurden in Form von Ausbreitungsmessungen mit einem Messquerschnitt auf dem Areal des Schlossraums an insgesamt 4 Stellen messtechnisch ermittelt. Anschließend wurden unter Zugrundelegung der Messergebnisse und des geplanten Betriebsprogramms die Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall auf die zukünftige Bebauung prognostiziert und gemäß derzeit gültigen Regelwerken beurteilt.

- ❑ Innerhalb der geplanten Bebauung mit Büronutzungen mit einem Abstand zu der ersten Gleisachse der Bahnstrecke 4131 / 4132 von

$$r = 33 \text{ m,}$$

führen die schienenverkehrsinduzierten Immissionen zu bauwerksbezogenen Schwingstärken, die die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** unter Berücksichtigung der Flächennutzung eines Mischgebiets (**MI**) von

$$A_{r \text{ Tag/Nacht}} = 0,100 / 0,070,$$

unter Zugrundelegung von typischen Übertragungsfunktionen überschreiten. Damit können erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** nicht ausgeschlossen werden. Gebäudeseitige Maßnahmen zur Reduzierung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen werden daher für die geplante Bebauung mit schutzbedürftiger Nutzung empfohlen.

- ❑ Hinsichtlich des sekundären Luftschalls überschreiten die prognostizierten Beurteilungspegel die gültigen Immissionsrichtwerte (**IRW**) gemäß der **24. BImSchV** weder am Tag noch in der Nacht für Deckenfelder mit typischen Eigenfrequenzen. Maßnahmen zur Reduzierung der sekundären Luftschallimmissionen werden somit in dem geplanten Neubau nicht erforderlich.

- ❑ Hinsichtlich der Bebauung mit einem Abstand zu der ersten Gleisachse der Gleisanlage, der Bahnstrecke 4131 / 4132 von

$$r < 48 \text{ m}$$

können bei einer Aussteifung der Deckenfelder auf eine Eigenfrequenz von mindestens

$$f_0 \geq 20 \text{ Hz}$$

die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundären Luftschall reduziert werden. Mit diesen Maßnahmen werden die Anforderungen eingehalten. Erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** und der **24. BImSchV** können somit ausgeschlossen werden.

- Bei einem Abstand zu der Gleisachse der Bahnstrecke 4131/ 4132 von

$$r < 148 \text{ m}$$

lassen sich die Immissionen aus Erschütterungen bereits bei einer Aussteifung der Deckenfelder auf

$$f_0 \geq 16 \text{ Hz}$$

ebenfalls ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen auf das erforderliche Maß reduzieren, um somit die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** einzuhalten. Konflikte durch Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundären Luftschall können folglich mit dieser Schutzmaßnahme ebenfalls ausgeschlossen werden.

- Ab einem Abstand zu der Gleisachse der Bahnstrecke 4131/ 4132 von

$$r \geq 148 \text{ m}$$

lassen sich die Immissionen aus Erschütterungen bereits bei einer Aussteifung der Deckenfelder auf

$$f_0 \geq 12,5 \text{ Hz}$$

ebenfalls ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen auf das erforderliche Maß reduzieren, um somit die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** einzuhalten. Konflikte durch Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundären Luftschall können folglich mit dieser Schutzmaßnahme ebenfalls ausgeschlossen werden.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Stadt Bruchsal beabsichtigt die Aufstellung des angebotsbezogenen Bebauungsplans „Bahnstadt Nord“. Das Plangebiet umfasst ein bisher gewerblich und industriell genutztes Areal zwischen der Werner-von-Siemens-Straße im Norden, des Bahngeländes im Osten, des Saalbachs

im Süden und des Ziegelwiesenwegs im Westen. Das Plangebiet wird als Mischgebiet (MI), Kerngebiet (MK) und als Urbanes Gebiet (MU) festgesetzt.

Die geplante Bebauung, bestehend aus Gebäuden mit schutzwürdiger Nutzung, liegt dabei im direktem Einflussbereich der Erschütterungsemissionen des Schienenverkehrs. Der geringste Abstand der geplanten Bebauung zu der nächstgelegenen Gleisachse beläuft sich auf

$$r = 33 \text{ m.}$$

Hierbei handelt es sich um ein Gebäude, welches Büronutzungen aufweist. Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens soll eine Untersuchung der Erschütterungseinwirkungen infolge der vorhandenen Strecke erfolgen. Konkret sind auf dem Baugrundstück oder an einem vergleichbaren Bereich Emissions- und Ausbreitungsmessungen durchzuführen. Durch die messtechnische Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen wird für die zukünftigen Gebäude eine Prognose der schienenverkehrsinduzierten Immissionen ermittelt.

Basierend auf diesen Berechnungen und des Betriebsprogramms der Strecken 4131 / 4132, 4000 und 4130 /13/ wird zunächst geprüft, ob mögliche erschütterungstechnische Konfliktpotentiale hinsichtlich der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für die zukünftigen Gebäude zu erwarten sind. Sollte die Untersuchung zum Ergebnis führen, dass grundsätzlich ein Konflikt aufgrund von Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht auszuschließen ist, wird anschließend geprüft, welche Maßnahmen zur Konfliktbewältigung bzw. zur Konfliktminimierung in Betracht zu ziehen sind.

3 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Regelwerke, Satzungen und Planunterlagen zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269)
- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997

- /4/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Dezember 2022
- /5/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /6/ DIN 45669, Teil 1, „Messung von Schwingungsimmissionen“ – Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, Juni 2020
- /7/ DIN 45669, Teil 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ - Messverfahren, Juni 2005
- /8/ DIN 45672, Teil 1, „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 1: Messverfahren vom Februar 2018
- /9/ DIN 45672, Teil 2, „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 2: Auswerteverfahren von November 2020
- /10/ DB-Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, Stand vom 15.09.2017
- /11/ Schalltechnische Untersuchung zu dem Bebauungsplan „Bahnstadt Nord“ in Bruchsal Az: 20208003-809-1, Stand: 12.01.2023
- /12/ Entwurf des Bebauungsplans „Bahnstadt Nord“, Stand: 23.11.2022
- /13/ Betriebsprogramm für das Prognosejahr 2030 der Strecken 4131 / 4132, 4000 und 4130 der DB AG, Stand: 30.01.2020
- /14/ Geoportal Baden-Württemberg - www.geoportal-bw.de, aufgerufen am 13.04.2023
- /15/ Open Rail Way Map – www.openrailwaymap.org, aufgerufen am 13.04.2023

4 Beschreibung des Bauvorhabens

Derzeit wird die Errichtung eines neuen Areals am Bahnhof Bruchsal von der Stadt Bruchsal als Eigentümerin geplant. In diesem Zusammenhang ist ein Bebauungsplan entwickelt worden.

Die aktuelle Planung sieht Wohn-, Büro- und Gewerbeeinheiten sowie eine Gastronomie vor. Im östlichen Teilbereich sind ausschließlich gewerbliche Nutzungen geplant. Hier entstehen u. a. flexible Büro-/ Handelskombinationen. Ferner wird ein Parkhaus im nördlichen Teil errichtet. Die Wohneinheiten sind im westlichen Teil vorgesehen. Darüber hinaus erhält das Areal eine Grünanlage im Zentrum.

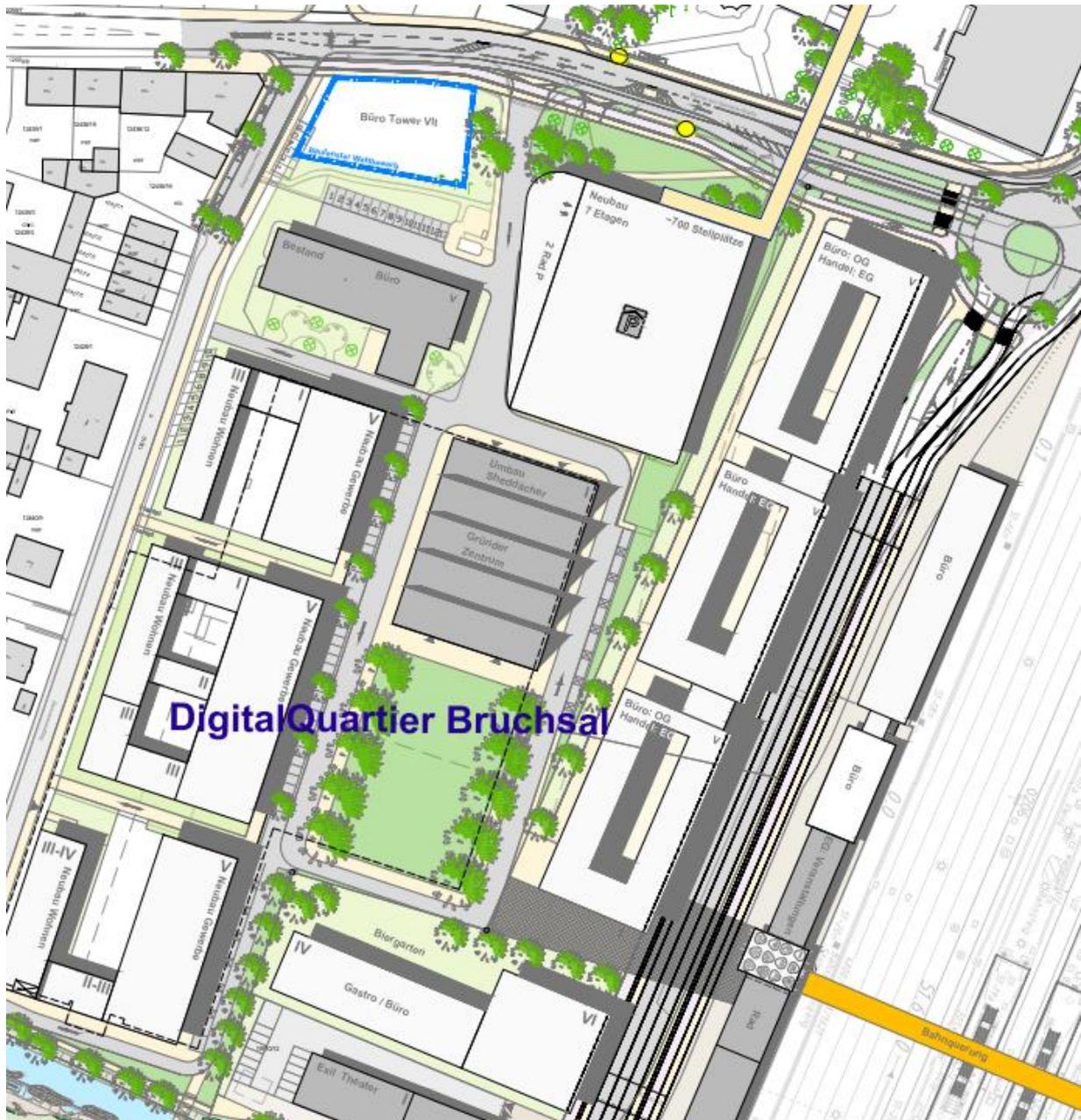


Abbildung 1: Entwurf Bebauungsplan „Bahnstadt Nord“ /12/

5 Anforderungen an den Immissionsschutz

5.1 Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Einwirkungen durch verkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte festgelegt sind. Daher werden zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen die in Fachkreisen als Beurteilungs-

grundlage allgemein anerkannter **Anhaltswerte** nach **DIN 4150-2** /5/ herangezogen. Bei Einhaltung der hierin angegebenen **Anhaltswerte** kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine „erheblich belästigenden Einwirkungen“, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne des Immissionsschutzrechtes /1/ anzusehen sind, darstellen.

Zur Bewertung der Erschütterungsimmissionen sind gemäß **DIN 4150-2** zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

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

Für die Beurteilung schienenverkehrsinduzierter Immissionen nennt die Norm zwei Kriterien. Der untere Anhaltswert **A_u** ist ein Anhaltswert für den **KB_{Fmax}**-Wert. Ist **KB_{Fmax}** kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert **A_u**, so sind die Anforderungen der Norm erfüllt, es gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht** als **erheblich belästigend** einzustufen sind. Übersteigt **KB_{Fmax}** den unteren Anhaltswert **A_u**, so ist die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}** zu bilden und mit dem Beurteilungsanhaltswert **A_r** zu vergleichen.

Wegen der der geplanten gewerblichen- als auch wohnlichen Nutzungen des zu überbauenden Areals, ist hierbei die Gebietsnutzung eines Mischgebiets vorgesehen. Für Gebäude mit schutzwürdigen Nutzungen, die in Mischgebieten errichtet werden, sind die Anforderungen gemäß **Tabelle 1**, Zeile 3 heranzuziehen.

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

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

5.2 Sekundärer Luftschall

Für Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen, hervorgerufen von schienengebundenen Verkehrssystemen, existieren derzeit weder vom Gesetzgeber noch in technischen Regelwerken verbindlich vorgegebene Anforderungswerte. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

In Anlehnung an **24. BImSchV** /3/ werden hinsichtlich der Beurteilung des sekundären Luftschalls die aus den Korrektursummanden D abgeleiteten zulässigen Beurteilungspegel im Innenraum (= Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab herangezogen. Hieraus ergeben sich die in **Tabelle 2** aufgeführten Immissionsrichtwerte zur Beurteilung von sekundärem 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		

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in **Tabelle 2** angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des Innenschallpegels gemäß **24. BImSchV** abgeleitet werden. Für die geplante Wohnnutzung im neuen Stadtteil „Bahnstadt Nord“ erfolgt die Beurteilung

der sekundären Luftschallimmissionen für den Tagzeitraum unter Zugrundelegung des Anforderungswertes für Räume mit Wohnnutzungen. Demzufolge werden folgende Immissionsrichtwerte für die Beurteilung zu Grunde gelegt:

- Tag: **IRW = 40 dB(A),**
- Nacht: **IRW = 30 dB(A).**

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

6.1 Prognosemodell

Bei der Prognose der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für schutzwürdige Räume eines Gebäudes (Wohn- und Schlafräume, sowie Büroräume) wird von der in **Abbildung 2** skizzierten Übertragungskette ausgegangen.

Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission **T₁**) das Schwingungsverhalten, der zu untersuchenden Gebäude (Transferfunktionen **T₂** und **T₃**). Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert. Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, dass die spektrale Zusammensetzung sowohl der Schwingungsemissionen als auch der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Die spektrale Auflösung erfolgt hierbei in Form von Terzbändern im Bereich von 4 bis 315 Hz.

Die der Prognose zu Grunde gelegten Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

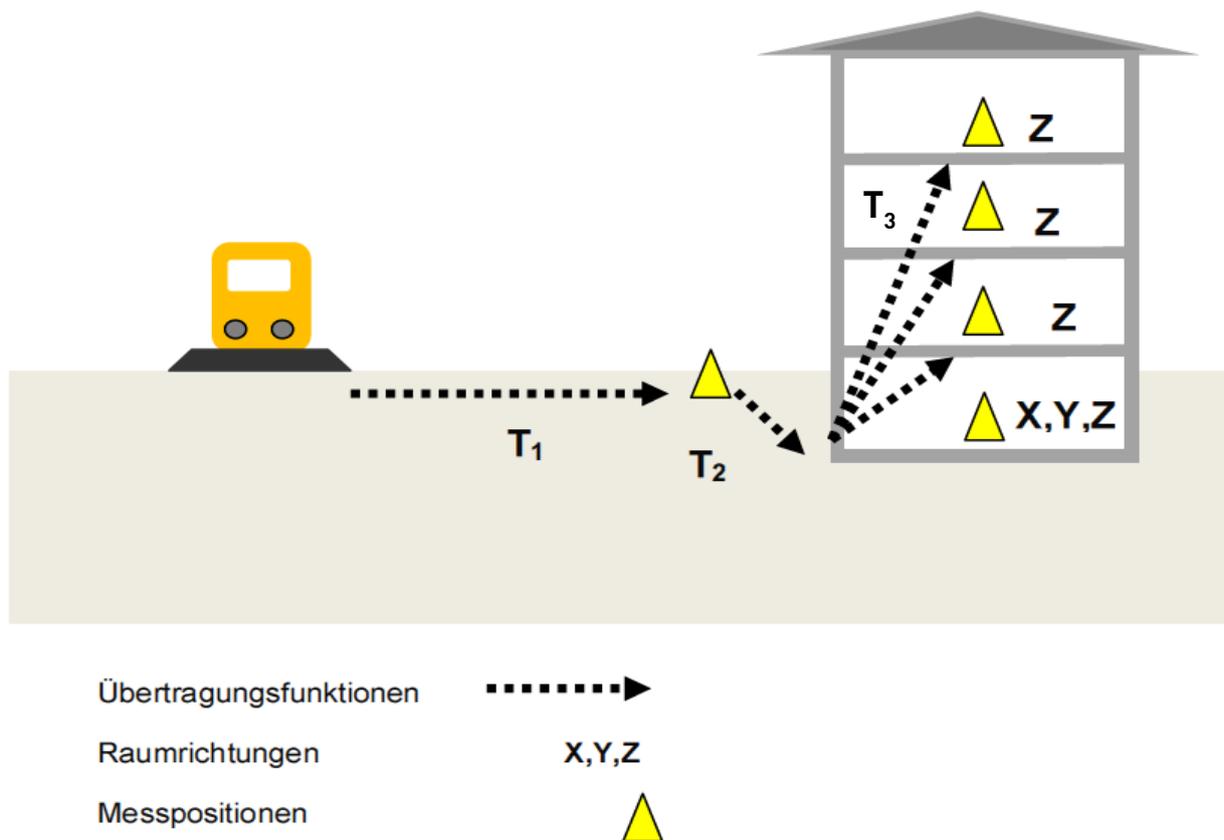


Abbildung 2: Übertragung von Erschütterungen

6.2 Emissionen

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die Emission durch die in einem festgelegten Abstand, in der Regel 8 m, zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärke charakterisiert. Für die vorliegende Untersuchung wurden die angewandten Emissionsspektren mit Hilfe der durchgeführten Emissions- und Ausbreitungsmessungen gewonnen, die auf dem Freifeld des Schlossraums, westlich der Gleisanlage, auf dem Flurstück 18612 erfolgten. Die messtechnisch ermittelten Emissionsspektren sind in **Anhang 2** tabellarisch und grafisch dargestellt. Anschließend werden die Emissionen mit Hilfe einer Korrekturfunktion (**Anhang 4**) von den gemessenen Geschwindigkeiten auf die Streckenhöchstgeschwindigkeiten korrigiert.

6.3 Transmissionen

6.3.1 Transmissionen T_1

Als Transferfunktion T_1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet.

Da der Emissionspunkt nicht gleich der Gebäudevorderkante entspricht, wird mit Hilfe der durch die Regressionsanalyse ermittelten Abnahmeexponenten „n“ und der gemessenen Emissionen auf die Gebäudevorderkante umgerechnet. Die Abnahmeexponenten sind in **Anhang 3** tabellarisch und grafisch dargestellt.

6.3.2 Transferfunktion T_2

Die Transferfunktion T_2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom Erdreich vor dem Gebäude auf das Geschosfundament. 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. Zu derzeitigen Planungsphase ist eine messtechnische Erhebung der T_2 -Funktion der geplanten Gebäude nicht möglich. Daher wurde die Transferfunktion T_2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden übernommen und typische Übertragungsfunktion für Mehrfamiliengebäude zu Grunde gelegt (**Anhang 6.1**).

6.3.3 Transferfunktion T_3

Die Transferfunktion T_3 beschreibt das Übertragungsverhalten innerhalb der Gebäude vom Fundament auf die Geschosdecken schutzwürdiger Räume. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen im Hinblick auf die Störwirkung von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden sind die Schwingungseinwirkungen in der Raummitte maßgebend. Die Transferfunktion T_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.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen wird, analog zu T_2 -Funktion, auf allgemeine Erfahrungsgrundsätze zurückgegriffen. Durch die getroffenen Annahmen wird die gesamte Bandbreite von Deckenspannweiten und -konstruktionen abgedeckt. Die verwendete Übertragungsfunktion ist im **Anhang 6.2** grafisch und tabellarisch dargestellt. Diese basieren auf statistischen Auswertungen von Messungen, die im Einwirkungsbereich von Bahnstrecken durchgeführt wurden. Angegeben ist der Mittelwert zuzüglich der Standardabweichung.

6.4 Immissionen

6.4.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2 /5/** in der Mitte von Räumen auftretenden KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt,

werden die Abschätzungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der **DIN 4150-2** auf 80 Hz begrenzt.

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 /5/** zu beachten.

6.4.2 Sekundärer Luftschall

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall die Richtlinie 820.2050 der DB AG /10/ herangezogen. Die Berechnung des A-bewerteten sekundären Luftschallpegels erfolgt nach den Gesamtpegel-Korrelationsbeziehungen. Hierin wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schwinggeschwindigkeitspegel und dem sekundären Luftschallpegel genannt. Die Abhängigkeiten wurden dabei für verschiedene Deckenkonstruktionsformen (Stahlbetondecken, Holzbalkendecken) beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch schienengebundenen Zugverkehr, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

$$L_{\text{sek,A}} = 15,75 + 0,60 \cdot L_{\text{v,A}} \quad [\text{dB(A)}] \text{ bei Stahlbetondecken}$$

mit

$L_{\text{sek,A}}$ A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],

$L_{\text{v,A}}$ A-bewerteter Gesamt-Schwinggeschwindigkeitspegel [dB(A)]

Der Auswertebereich wird bei der Einzelmethode bis 100 Hz beschränkt, da erfahrungsgemäß oberhalb von 80 Hz keine pegelbestimmenden Anteile im Spektrum des sekundären Luftschallpegels vorhanden sind.

Die Einwirkzeit des sekundären Luftschalls, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 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 geometrischen Vorbeifahrtzeit berücksichtigt

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

mit

v messtechnisch ermittelte Zuggeschwindigkeit [km/h]

6.5 Betriebsparameter der Bahnstrecke

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 /5/** zu beachten.

Die vorliegende Prognose basiert auf dem Betriebsprogramm der Bahnstrecken 4131 / 4132, 4000 und 4130 für das Prognosejahr 2030 /13/.

Strecke	Richtung	Zuggattung							
		GV		NV		FV		SB	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
4131 / 4132	Norden	26,5	2,5	25,5	5,5	0	1	0	0
	Süden	26,5	2,5	25,5	5,5	0	1	0	0
4000	Norden	24	5	55,5	14,5	22	2,5	19	3
	Süden	24	5	55,5	14,5	22	2,5	19	3
4130	Norden	0	0	20,5	3,5	0	1	20,5	3,5
	Süden	0	0	20,5	3,5	0	1	20,5	3,5
Gesamt:		101	15	203	47	44	9	79	13

Tabelle 3: Betriebsprogramm für das Prognosejahr 2030 am Bahnhof Bruchsal /13/

7 Durchführung der Erschütterungsmessungen

7.1 Beschreibung der Messkette

Das Messsystem – bestehend aus Messsensoren und einem Messverstärker - wurde letztmalig im Juni 2021 mit einem kalibrierten Referenzaufnehmer im Kopf-an-Kopf-Verfahren für den relevanten Frequenzbereich messtechnisch rückführbar kalibriert. Vor der Durchführung der Messungen wurde die Funktionsfähigkeit der Messgeräte durch kurze Stoßanregungen an den Sensoren auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft. Die in der Messkette eingesetzten Komponenten

sind in **Tabelle 5** aufgeführt. Die Abtastung der analogen Messsignale erfolgte mit einer Abtast-rate von

$$f_s = 1024 \text{ Hz.}$$

GEOPHONE:	elektrodynam. Absolutschwingungsaufnehmer
Hersteller:	Western Data Systems
Kennfrequenz:	4,5 ± 0,5 Hz für alle 3 Komponenten
Empfindlichkeit:	0,29 ± 5% V/cm/s für alle 3 Komponenten
MESSVERSTÄRKER:	VM-116; 6 Kanäle
Hersteller:	Wölfel Monitoring GmbH + Co. KG
Frequenzbereich:	1 ... 315 Hz
Meßbereich:	Schwinggeschwindigkeit 0,1 ... 500 mm/s
Nachweisgrenze:	mindestens 0,001 mm/s (gem. DIN 45669)
Genauigkeitsklasse:	DIN 45669-1 im genannten Frequenzbereich
LAPTOP	
Hersteller:	Lenovo
CPU:	Intel Centrino vPRO
A/D-WANDLER	DAQ-Card 6036-E , 16 Kanäle
Hersteller:	National Instruments
Auflösung:	16 Bit
SOFTWARE:	MEDA
Hersteller:	Wölfel Monitoring Systems GmbH + Co. KG
Version:	2021-1

Tabelle 4: Komponenten des eingesetzten Messsystems

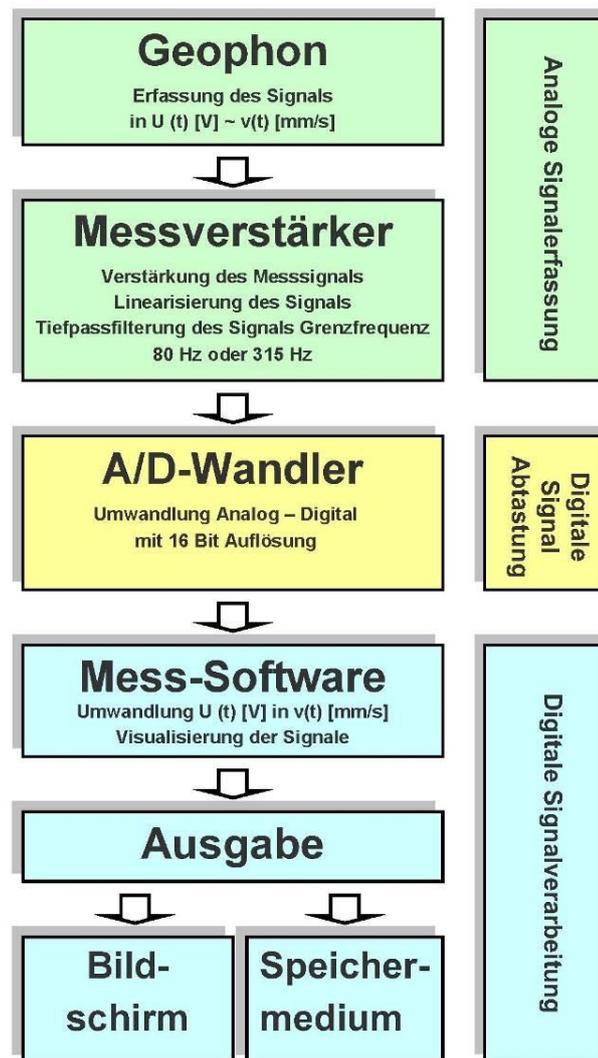


Abbildung 3: Prinzipskizze der Messanordnung

Somit bietet die Abtastung die Möglichkeit, die Signale bis zu einer Frequenz von 400 Hz spektral auszuwerten. Gemäß den Empfehlungen von **DIN 45672 /8/, /9/** erfolgt anschließend, d.h. im Rahmen der Auswertung der Signale, durch eine entsprechende digitale Bandpassfilterung, eine Bandbegrenzung auf

$$f = 4 \text{ Hz bis } 315 \text{ Hz.}$$

Eine Prinzipskizze der Messanordnung (Messkette) findet sich in **Abbildung 3**. Die Schwingungssensoren (Geophone), die ein geschwindigkeitsproportionales Spannungssignal liefern, sind an einen Messverstärker angeschlossen, der die nach den einschlägigen Regelwerken erforderliche Signalkonditionierung vornimmt. Anschließend erfolgen die analog/digital-Wandlung und die gemäß den einschlägigen Normen erforderliche digitale Signalverarbeitung. Im Ergebnis erhält man die gemäß **DIN 4150-2** relevanten Beurteilungsgrößen.

7.2 Anordnung der Sensoren

Da das Plangebiet derzeit versiegelt ist, sprich asphaltiert oder betoniert ist und sich eine hochfrequentierte Straße aus Kopfsteinpflaster zwischen dem Plangebiet und der Gleisanlage befindet, wäre eine Erschütterungsmessung auf dem Plangebiet nicht störungsfrei und die Messergebnisse nicht belastbar. Deshalb erfolgten die Emissions- und Ausbreitungsmessungen an einem Messquerschnitt (**MQ**) auf dem Freifeld des Schlossbereichs, um die im Erdreich auftretenden schienenverkehrsinduzierten Schwingungen zu messen. An den Messpositionen wurden Erdspieße eingetrieben, um eine Kopplung zwischen dem Erdreich und den Sensoren zu gewährleisten.

Die Installation der Sensoren, insbesondere die Kopplung an das Erdreich, erfolgte gemäß den Vorgaben der **DIN 45669-2** /7/. Die Erdspieße weisen einen x-förmigen Querschnitt und in dem hier relevanten Frequenzbereich im Boden keine Eigenschwingungen auf. Um Kontaktresonanzen zu vermeiden, werden die Sensoren mittels Gewinden, die mit Spannringen gesichert werden, an den Erdspießen befestigt.

Die Anordnung sowie die Ankopplungsbedingungen der Sensoren an den Messpositionen, die von der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens abhängen, sind in **Anhang 1.1** angegeben. Die Angaben zu den verwendeten Sensoren sowie die Fotodokumentation finden sich in **Anhang 1.2**.

7.3 Messdurchführung

Bei der durchgeführten Messung wurden im Beobachtungszeitraum die Schwingungsemissionen an den in **Kapitel 7.2** beschriebenen Messpositionen registriert. Die Registrierung der Schwingungssignale $v(t)$ erfolgte an allen Messpositionen zeitgleich. Die Signale wurden für jedes Ereignis unmittelbar nach Durchführung der Messung auf dem Bildschirm des Messrechners angezeigt und auf Plausibilität geprüft. Soweit Störungen festgestellt wurden, wurde die jeweilige Messung verworfen. Sofern Übersteuerungen oder Untersteuerungen für einzelne Kanäle auftraten, wurden die Messungen verworfen, die Ansteuerung angepasst und eine erneute Messung durchgeführt. Des Weiteren wurde das befahrene Gleis protokolliert. Die Signale wurden nach der Durchführung der Messungen gemäß **DIN 45672-2** /9/ ausgewertet.

Ferner wurde mit einer Radarpistole die Geschwindigkeit der vorbeifahrenden Fahrzeuge gemessen. Die einzelnen Vorbeifahrten sind bei der Ausbreitungsmessung in **Anhang 1.3** dokumentiert und die gemittelten Geschwindigkeiten sowie die Anzahl der erfassten Zugvorbeifahrten, differenziert nach Gleis, sind in **Anhang 1.4** zusammengefasst.

Während der Messung wurde festgestellt, dass die Weichen auf den Gleisen 2 und 3 einen erheblichen Einfluss auf die Schwingungssignale hatten. Diese sind als Punktquelle mit anderen Ausbreitungsbedingungen zu charakterisieren und können demnach nicht als Linienquelle verarbeitet werden. Somit sind die gefahrenen Züge als Emissionsquelle auf diesen Gleisen für die erschütterungstechnische Untersuchung ungeeignet.

Zudem waren die Messergebnisse der Messposition MP4 durch Störungen vorbeilaufender Passanten- und deshalb von einer gewissen Unsicherheit geprägt. Diese Messposition war am weitesten von der Gleisanlage entfernt und deshalb besonders empfindlich gegenüber geringen Störungen. Unter diesen Umständen lassen sich keine verlässlichen Ergebnisse der Messdaten ableiten. Die Ergebnisse der Messposition MP4 sind demnach rein informativ dargestellt.

7.4 Auswertung der Messungen

Für die Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen werden auf Basis der Messwerte an den einzelnen Messpositionen Regressionsanalysen durchgeführt. Es wird für jede Terzmittenfrequenz die Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand mit der nachfolgenden Gleichung bestimmt:

$$\log KB_{FTi} = \text{const} - n \cdot \log r$$

Hierbei bedeuten:

r	Abstand der Immissionsorte zur Gleisanlage
const	Achsenabschnitt
n	Steigung der Regressionsgeraden

Durch die Vielzahl an einzelnen Messwerten und Abständen erhält man dann eine frequenzabhängige exponentielle Abnahmebeziehung mit einer hinreichenden statistischen Sicherheit. Zur Ermittlung der Schwingungsanregung im Erdreich erfolgt die Auswertung der Schwingschnelle **v(t)** im Frequenzbereich gemäß **DIN 45672-2 /9/**. Die Auswertung im Frequenzbereich erfolgt mit Hilfe von Terzanalysen. Hierbei wird der gleitende Effektivwert in Terzbändern mit einer konstanten relativen Breite von 23 % gebildet.

Mit Hilfe der Terzanalyse wird das Spektrum $L_{vF_{\max}}(f_{Tn})$ des Maximal-Terzschnellepegels nach der folgenden Gleichung für jede Sensorposition und jedes Zugereignis ermittelt:

$$L_{vF_{\max}}(f_{Tn}) = 20 \cdot \lg (v_{F_{\max}}(f_{Tn})/v_0)$$

mit Bezugswert $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s. Die Systematik nach **DIN 45572-2** ist in **Abbildung 4** dargestellt.

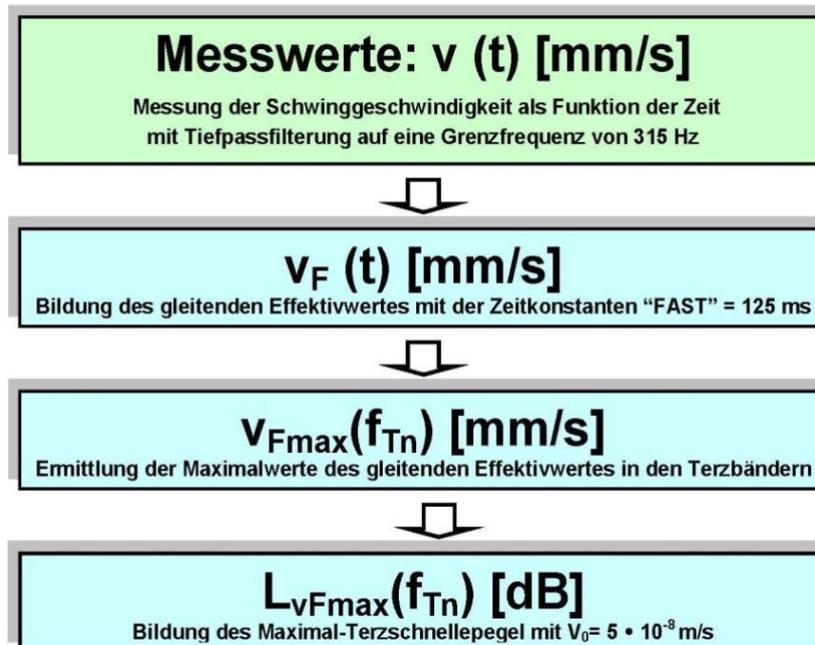


Abbildung 4: Auswertung im Frequenzbereich

8 Untersuchungsergebnisse

8.1 Abnahmeexponenten

Die Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand wird für jede Terzmit-
tenfrequenz grafisch als Regressionsgerade dokumentiert. In jedem Diagramm sind die Mess-
werte als rote Quadrate und die Regressionsgerade blau gekennzeichnet. Die grafische Darstel-
lung erfolgt hierbei doppelt logarithmisch. Eine Zusammenfassung der frequenzabhängigen ex-
ponentiellen Abnahmebeziehung findet sich dann am Ende des jeweiligen Anhangs numerisch in
Tabellenform als Exponent für jede Terzmittenfrequenz. Die Ergebnisse der Ausbreitungsmes-
sungen befinden sich in **Anhang 3**.

8.2 Emissionsspektren

Die Ergebnisse der Erschütterungsuntersuchung sind in **Anhang 2** grafisch und tabellarisch dar-
gestellt. Hierbei werden die Spektren im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz für jede Messpo-
sition angegeben. Aufgeführt werden auch jeweils die Anzahl der erfassten Zugereignisse und
die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge sowie der mittlere Summenpegel.

Die Geschwindigkeit des Schienenverkehrs lag für alle Gleise in dem Bereich

$$v = 32 \dots 115 \text{ km/h.}$$

Für die Prognose werden die Werte von allen Messpositionen des Messquerschnitts zu Grunde gelegt und mit Hilfe der berechneten Abnahmeexponenten auf den in der Norm definierten Abstand korrigiert. Je Zugtyp wurden anschließend die korrigierten Emissionen gemittelt. Somit ergeben sich für jede ausgewertete Messposition und jeden erfassten Zugtyp Emissionswerte für die Verwendung der Prognose. Diese ermittelten Emissionsspektren werden zudem mit Hilfe der allgemein bekannten Rechenregel auf die zugspezifischen Streckenhöchstgeschwindigkeiten umgerechnet. Die Korrekturfunktion ist im **Anhang 4** grafisch und tabellarisch dargestellt.

8.3 Emissionsbedingungen

Die Immissionen innerhalb der Gebäude im Plangebiet werden durch die Emissionen des Schienenverkehrs auf der anliegenden 12-gleisigen Bahnanlage hervorgerufen. Die Gleisanlage besteht aus 3 Bahnstrecken mit je 2 Gleisen. Die restlichen Gleise gehören keiner Strecke an und bleiben deshalb als Nebengleise unberücksichtigt. Weichen, welche erhöhte Emissionen beim Überfahren erzeugen, sind lediglich auf den genannten Nebengleisen bzw. auf den entfernt gelegenen Gleisen vorhanden. Da Weichen eine Punktquelle darstellen, deren Abnahme im Erdreich gemäß **DIN 4150-1 /4/** höher ist als die einer Linienquelle, überwiegen bei den gegebenen Abständen zwischen den Immissionsorten und Erschütterungsquellen die Erschütterungseinwirkungen von Linienquellen. Die vorhandenen Weichen können demnach aus erschütterungstechnischer Sicht vernachlässigt werden.

8.4 Prognose der Immissionen

Die der Prognose zu Grunde gelegten T_2 - und T_3 -Übertragungsfunktionen sind in **Anhang 6** für die zukünftigen Gebäude angegeben. Die Ergebnisse der Immissionsprognose für Erschütterungen und sekundären Luftschall sind als sogenannte Einwirkungsmatrizen in **Anhang 8** dargestellt. Die Immissionen werden für alle untersuchten Geschossdeckentypen 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.

Sofern die prognostizierten betriebsbedingten Immissionen das Erfordernis von Schutzmaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert.

Dabei sei anzumerken, dass die Messergebnisse der Messposition MP4 durch Störungen vorbeilaufender Passanten- und deshalb von einer gewissen Unsicherheit geprägt sind. Diese Messposition war zudem am weitesten von der Gleisanlage entfernt und deshalb besonders empfindlich gegenüber geringen Störungen. Unter diesen Umständen lassen sich keine verlässlichen Ergebnisse der Messdaten ableiten. Die Ergebnisse der Messposition MP4 sind demnach rein informativ dargestellt.

8.4.1 Erschütterungen

Unter Berücksichtigung der gemessenen Erschütterungsemissionen und der angenommenen typischen Gebäudeübertragungsfunktionen ergeben sich im Bereich der geplanten Bebauung mit einem Abstand zu den Bahngleisen von

$$r = 33 \text{ m}$$

für typische Gebäudedeckeneigenfrequenzen von

$$f \geq 20 \text{ Hz}$$

Beurteilungsschwingstärken, die über den Beurteilungsanhaltswerten der **DIN 4150-2** liegen. Diese liegen für den Tagzeitraum bis zu

$$KB_{\text{Ftr,Tag}} = 0,267$$

Somit werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** nicht erfüllt. Weitere gebäudeseitigen Maßnahmen sind also zur Reduzierung der Erschütterungseinwirkungen erforderlich.

Jedoch werden die Beurteilungsanhaltswerte der **DIN 4150-2** bereits ab einer Geschosdeckeneigenfrequenz von

$$f \geq 20 \text{ Hz}$$

eingehalten. Ab dieser Eigenfrequenz können Immissionskonflikte in Folge von schienenverkehrsinduzierten Immissionen ohne weitere Schutzmaßnahmen ausgeschlossen werden.

Ab einem Abstand der Bebauung zu Bahngleisen von

$$r \geq 48 \text{ m}$$

Werden die Beurteilungsanhaltswerte bereits ab einer Geschosdeckeneigenfrequenz von

$$f \geq 16 \text{ Hz}$$

eingehalten.

Ab einem Abstand der Bebauung zu Bahngleisen von

$$r \geq 148 \text{ m}$$

werden die Beurteilungswerte bereits ab einer Geschossdeckeneigenfrequenz von

$$f \geq 12,5 \text{ Hz}$$

eingehalten.

Damit die Anforderungen der **DIN 4150-2** erfüllt werden, ist es notwendig, die Deckenfelder der Gebäude im Plangebiet in Abhängigkeit der Abstände von der Bebauung zu dem ersten regelmäßig befahrenen Gleis auszusteiern. Weitere gebäudeseitigen Maßnahmen sind zur Reduzierung der Erschütterungseinwirkungen nicht erforderlich.

8.4.2 Sekundärer Luftschall

In **Anhang 8.3** und **Anhang 8.4** sind die prognostizierten Immissionen aus sekundärem Luftschall für den Tag bzw. für die Nacht ausgewiesen. Für die Bebauung mit einem Abstand von

$$r = 33 \text{ m}$$

ergeben sich für die untersuchten Gebäudedeckeneigenfrequenzen Beurteilungspegel, die unterhalb der Anforderungswerte der **24. BImSchV** liegen. Diese liegen im Tagzeitraum Bereich von

$$L_{ri,Tag} = 19,2 \dots 24,8 \text{ dB(A)}$$

und im Nachtzeitraum im Bereich von

$$L_{ri,Nacht} = 14,2 \dots 19,6 \text{ dB(A)}.$$

Somit können erhebliche Belästigungen infolge sekundärer Luftschallimmissionen in den geplanten Gebäuden ausgeschlossen werden.

9 Schutzmaßnahmen

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen von 33 m der Bürogebäude sowie den Emissionsbedingungen können für die geplanten Gebäude ohne weiterführende Schutzvorkehrungen erhebliche Belästigung infolge der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen ausgeschlossen werden, sofern die Geschossdecken eine Eigenfrequenz von mindestens 20 Hz aufweisen. Ab einem Abstand der Bebauung zu der ersten befahrenen Gleisachse von 48 m ist eine Deckeneigenfrequenz von mindestens 16 Hz- und ab einem Abstand von 148 m eine Eigenfrequenz der Geschossdecken von mindestens 12,5 Hz ausreichend, um die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** einzuhalten.

Weitere Möglichkeiten Konflikte aufgrund der erschütterungstechnischen Einwirkungen auszuschließen, sind in diesem Fall sehr aufwendig: Durch die Charakteristik der erschütterungstechnischen Immissionen speziell bei niedrigen Frequenzen, liegt die erforderliche Kennfrequenz einer Gebäudelagerung weit unterhalb des üblichen Bereichs und ist sehr aufwendig. Eine übliche Gebäudelagerung eignet sich lediglich für die Minderung der Erschütterungseinwirkungen erst ab etwa 16 Hz. Unterhalb dieser Frequenz werden Schwingungen innerhalb des Gebäudes sogar verstärkt. Deshalb ist die Aussteifung der Deckenfelder zum Schutz der innerhalb des Gebäudes befindlichen Personen eine geeignete Maßnahme.

10 Abschließende Bemerkungen

Die erschütterungstechnische Untersuchung im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben „Bahnstadt Nord“ am Bahnhof Bruchsal zeigt, dass in den geplanten Bebauungen erhebliche Belästigungen infolge schienenverkehrsinduzierter Immissionen aus Erschütterungen ohne Schutzmaßnahmen nicht ausschließen lassen. Mit den empfohlenen Mindestgeschosdeckeneigenfrequenzen können die Immissionen jedoch unter die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** reduziert werden. Mit diesen Maßnahmen können Konflikte infolge schienenverkehrsinduzierter Erschütterungen ausgeschlossen werden. Eine Gebäudelagerung eignet sich nicht als Schutzmaßnahme, da die erforderliche Kennfrequenz weit unterhalb derer liegt, wie sie üblicherweise umgesetzt wird. Bei üblichen Kennfrequenzen werden die kritischen Schwingungen zusätzlich verstärkt. Die erforderliche Kennfrequenz einer Gebäudelagerung zu erreichen bedingt einen erheblichen Aufwand. Hinsichtlich des sekundären Luftschall werden der Anforderungswerte nach der **24. BImSchV** bereits ohne Maßnahmen eingehalten. Somit können Konflikte infolge des sekundären Luftschalls ausgeschlossen werden.

Für eine Festsetzung der Erschütterungsschutzmaßnahmen im Bauvorhaben „Bahnstadt Nord“ kann die folgende Formulierung gewählt werden:

*„Um die Anforderungen an den Erschütterungsschutz der **DIN 4150-2** an den innerhalb des Plangebiets geplanten Bebauungen einzuhalten, die im Einwirkungsbereich der verlaufenden Strecken ab einem Abstand von 33 m errichtet werden, sind Bürogebäude im Mischgebiet so zu konzipieren, dass die Deckeneigenfrequenzen von schutzwürdigen Nutzungen (z. B. Büroräumen) mindestens 20 Hz aufweisen. Ab einem Abstand der Bebauung mit schutzwürdiger Nutzung von 48 m ist eine Deckeneigenfrequenz von mindestens 16 Hz und ab einem Abstand von 148 m eine Deckeneigenfrequenz von 12,5 Hz ausreichend, um die Anforderungen der **DIN 4150-2** an den Erschütterungsschutz einhalten zu können. Schutzwürdige Räume mit Deckeneigenfrequenzen von unter 12,5 Hz sind zu vermeiden.“*

Ferner kann es empfehlenswert sein, die Prognosen im Vorfeld des Baugenehmigungsverfahrens auf Basis einer nochmals konkretisierten Gebäudeplanung erneut zu überprüfen und die gegebenenfalls erforderlichen Maßnahmen auf diese Planung abzustimmen.

AUFGESTELLT:


B. Eng. Mikis Gutsche

GEPRÜFT UND FREIGEgeben:


Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ENDE DES BERICHTS

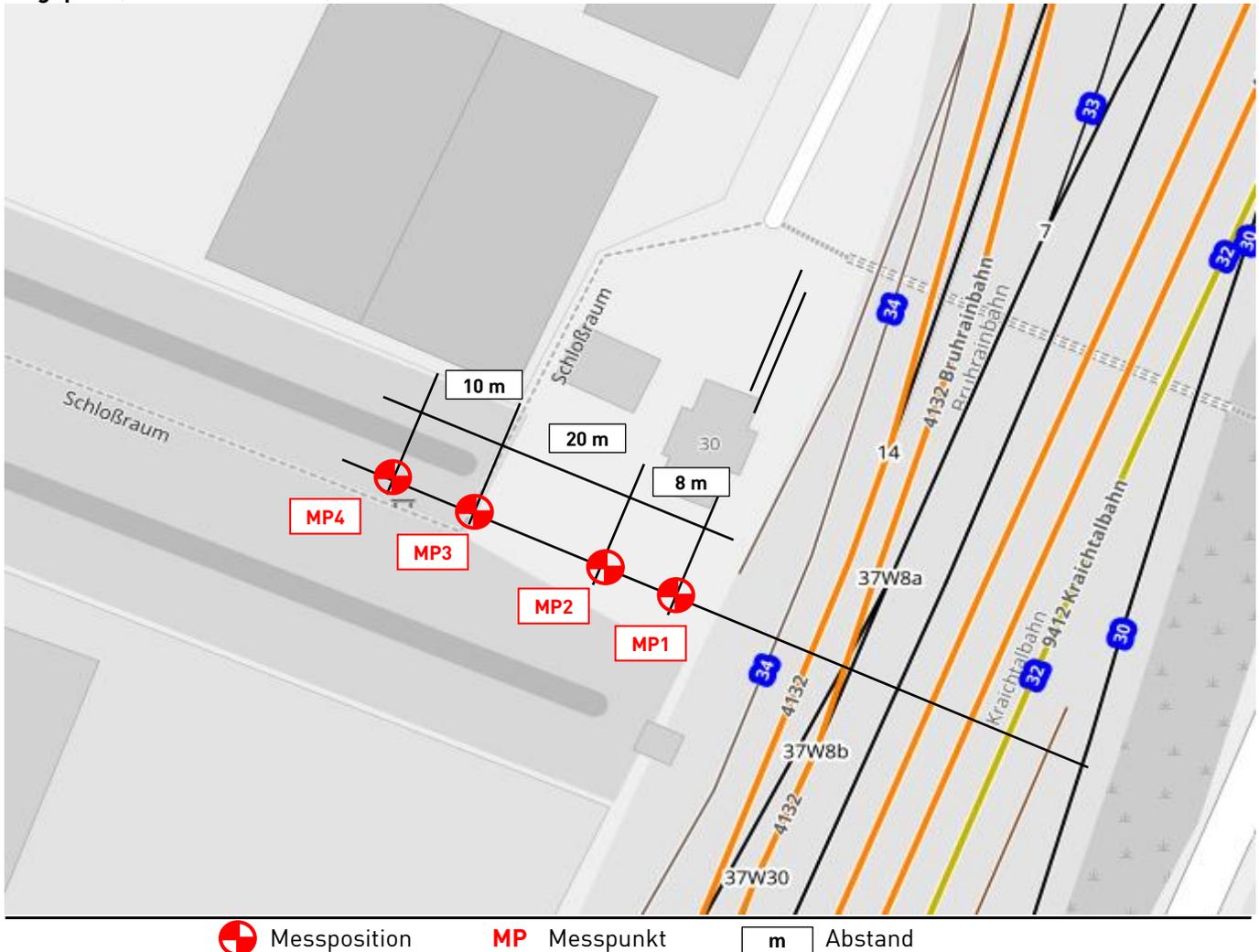
ANHANG

Messprotokoll Erschütterungen Beschreibung des Messortes

Objektadresse: Schlossraum
 76646 Bruchsal

Datum: 28.03.2023
Flurstück: 18612

Lageplan (nicht maßstäblich)



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess- position	Lage	Abstand 1. Gleis	Ankopplung
1	Freifeld	16 m	an Erdreich mit Erdspeiß
2	Freifeld	24 m	an Erdreich mit Erdspeiß
3	Freifeld	44 m	an Erdreich mit Erdspeiß
4	Freifeld	54 m	an Erdreich mit Erdspeiß

Messprotokoll Erschütterungen Dokumentation der Messsensoren

Messposition 1: 16 m



Messposition 2: 24 m



Messposition 3: 44 m



Messposition 4: 54 m



Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Mess- bereich [mm/s]
1	1	z	V16	0,98	2,0
2	2	z	V28	0,99	1,0
3	3	z	V19	1,00	0,5
5	4	z	V21	0,99	0,2

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der einzelnen Zugvorbeifahrten

Objektadresse: Schlossraum
 76646 Bruchsal

Datum: 28.03.2023
Zeitraum: 13:17 bis 15:17

Messung Nr.:	Uhrzeit	Zuggattung	Gleis Nr.	v [km/h]	Richtung N = Norden S = Süden	Bemerkung
01	13:17	S	6	82	S	
02	13:18	S	5	62	N	
03	13:24	SB	4	32	S	
04	13:26	S	6	60	S	
05	13:30	S	7	104	N	
06	13:32	S	5	35	N	
07	13:39	FV	4	70	S	
08	13:40	FV	5	96	N	
09	13:43	S	5	85	N	
10	13:47	SB	6	36	S	
11	13:51	GV	6	89	S	Container
12	14:10	S	7	94	N	
13	14:13	S	6	79	S	
14	14:18	FV	7	85	N	
15	14:28	S	6	58	S	
16	14:32	S	7	112	N	
17	14:49	S	6	82	S	
18	15:12	S	5	115	N	
19	15:17	S	6	42	S	
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

Messprotokoll Erschütterungen

Übersicht Geschwindigkeit, Anzahl Vorbeifahrten

Objektadresse: Schlossraum
 76646 Bruchsal

Datum: 28.03.2023
Zeitraum: 13:17 bis 15:17

Gemessene Durchschnittsgeschwindigkeit v [km/h]

	Zuggattung			
	GV	S	FV	SB
Gleis 4	-	-	70 +/- 0	32 +/- 0
Gleis 5	-	74 +/- 29	96 +/- 0	-
Gleis 6	89 +/- 0	67 +/- 15	-	36 +/- 0
Gleis 7	-	103 +/- 7	85 +/- 0	-
Mittelwert	89 +/- 0	78 +/- 27	84 +/- 8	34 +/- 2

Anzahl der messtechnisch erfassten Zugvorbeifahrten je Gleis

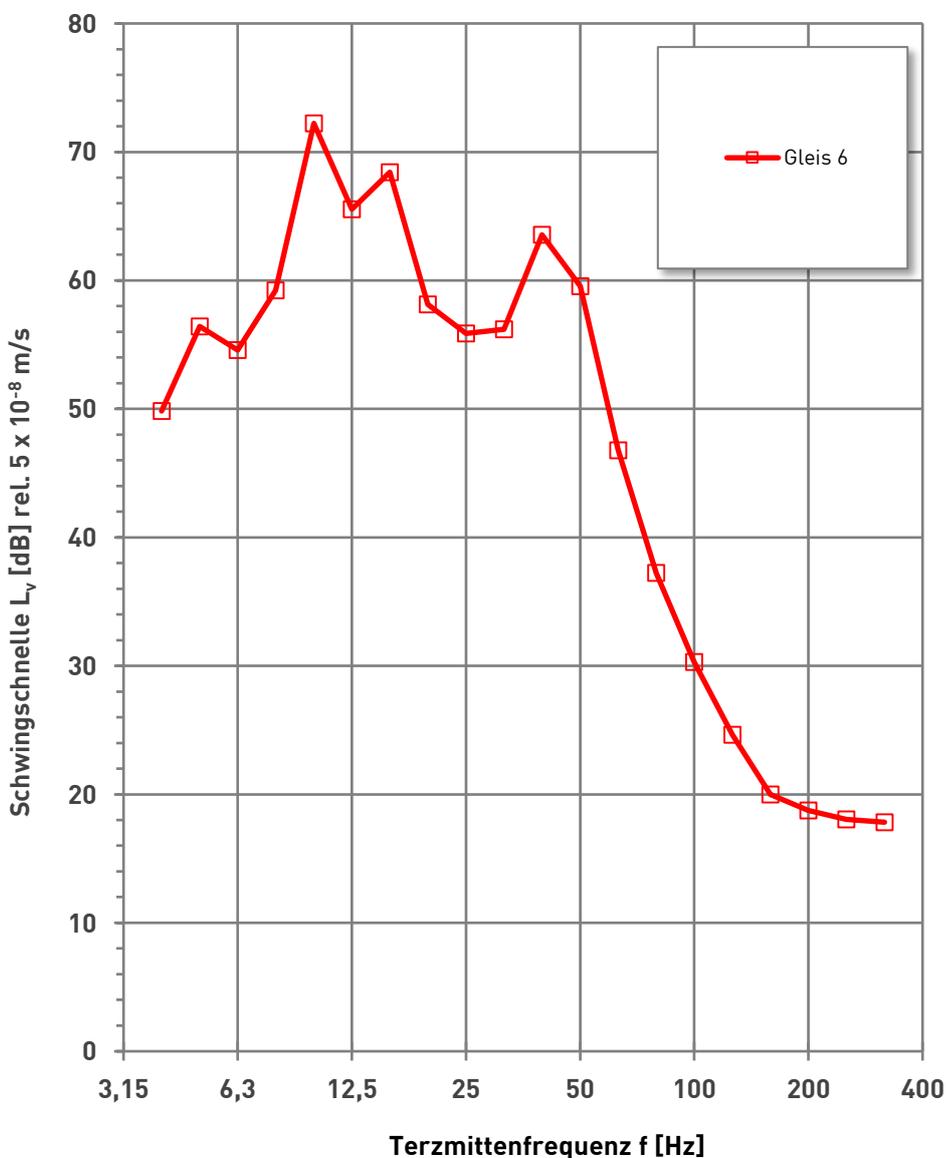
	Zuggattung			
	GV	S	FV	SB
Gleis 4	0	0	1	1
Gleis 5	0	4	1	0
Gleis 6	1	6	0	1
Gleis 7	0	3	1	0
Summe	1	13	3	2

Emissionsspektrum Güterverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	1	0	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	89	- [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	34	38 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
49,8	-	4
56,4	-	5
54,6	-	6,3
59,2	-	8
72,2	-	10
65,5	-	12,5
68,4	-	16
58,1	-	20
55,9	-	25
56,2	-	31,5
63,5	-	40
59,6	-	50
46,8	-	63
37,2	-	80
30,3	-	100
24,6	-	125
20,0	-	160
18,7	-	200
18,1	-	250
17,8	-	315
75,3	-	Σ

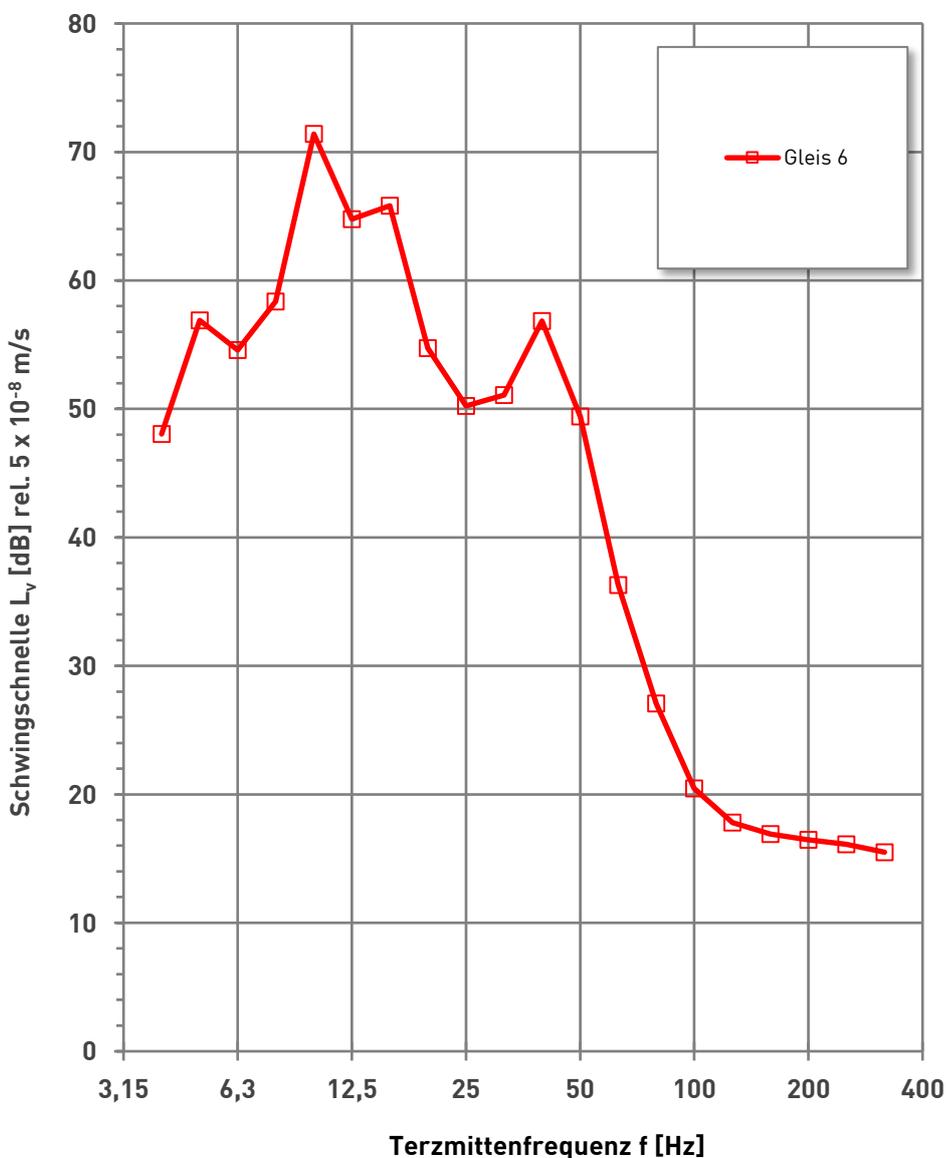
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Güterverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	1	0	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	89	- [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	42	46 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
L _v [dB]	L _v [dB]	[Hz]
48,0	-	4
56,9	-	5
54,6	-	6,3
58,4	-	8
71,4	-	10
64,8	-	12,5
65,8	-	16
54,7	-	20
50,2	-	25
51,1	-	31,5
56,8	-	40
49,4	-	50
36,3	-	63
27,1	-	80
20,5	-	100
17,8	-	125
16,9	-	160
16,5	-	200
16,1	-	250
15,5	-	315
73,7	-	Σ

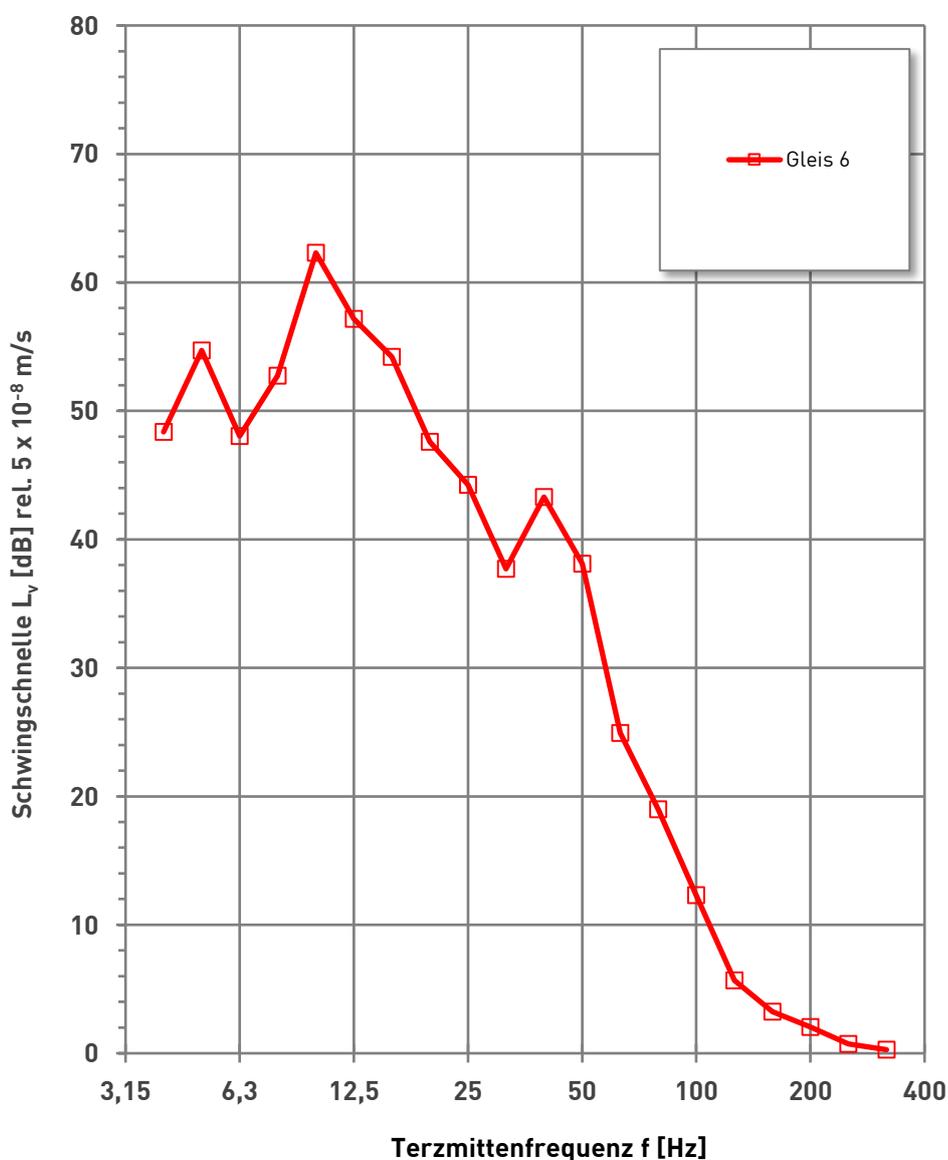
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Güterverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	1	0	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	89	- [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	62	66 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
48,4	-	4
54,7	-	5
48,1	-	6,3
52,7	-	8
62,3	-	10
57,2	-	12,5
54,2	-	16
47,6	-	20
44,2	-	25
37,7	-	31,5
43,3	-	40
38,1	-	50
24,9	-	63
19,0	-	80
12,3	-	100
5,7	-	125
3,2	-	160
2,0	-	200
0,7	-	250
0,3	-	315
65,1	-	Σ

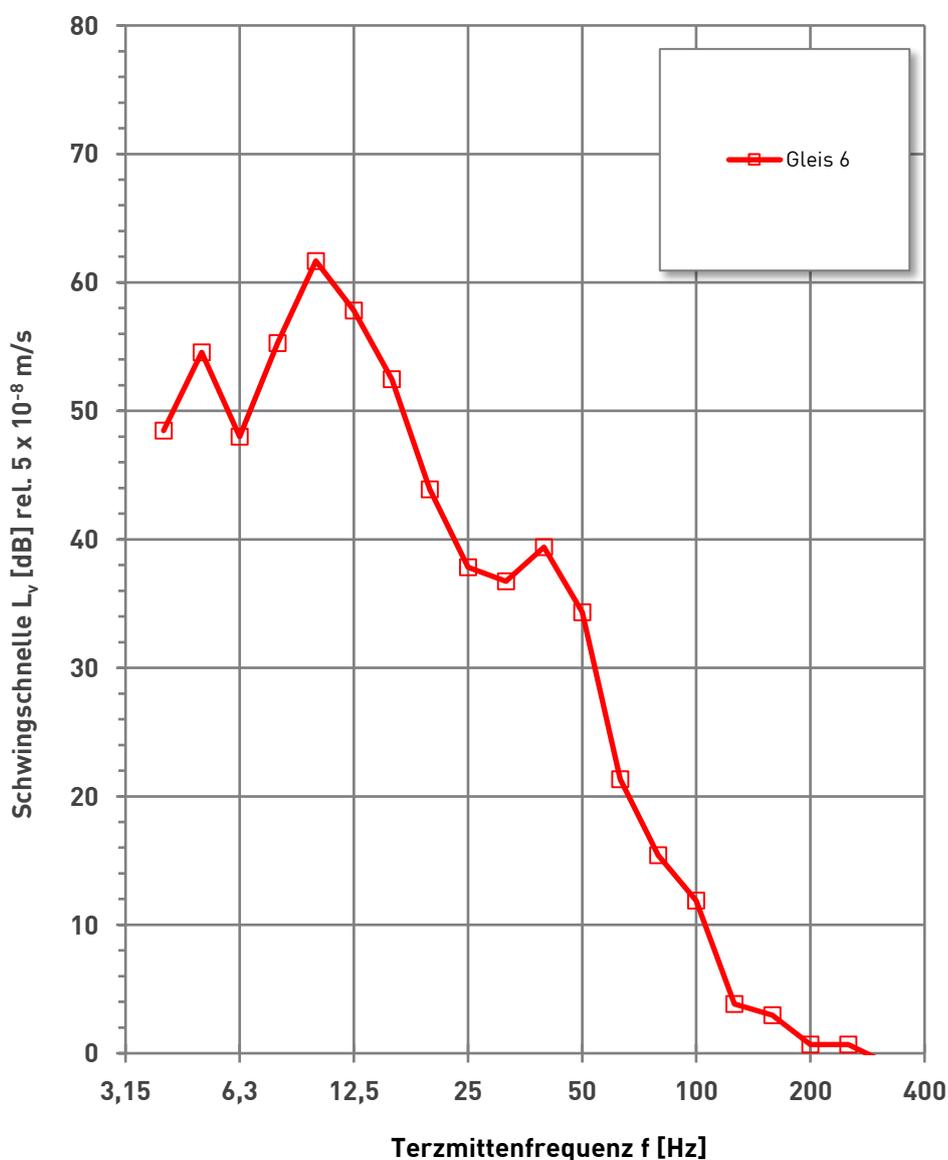
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Güterverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	1	0	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	89	- [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	72	76 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
L_v [dB]	L_v [dB]	[Hz]
48,5	-	4
54,5	-	5
48,0	-	6,3
55,3	-	8
61,7	-	10
57,8	-	12,5
52,5	-	16
43,9	-	20
37,8	-	25
36,7	-	31,5
39,4	-	40
34,3	-	50
21,3	-	63
15,4	-	80
11,9	-	100
3,8	-	125
3,0	-	160
0,7	-	200
0,7	-	250
-0,8	-	315
64,8	-	Σ

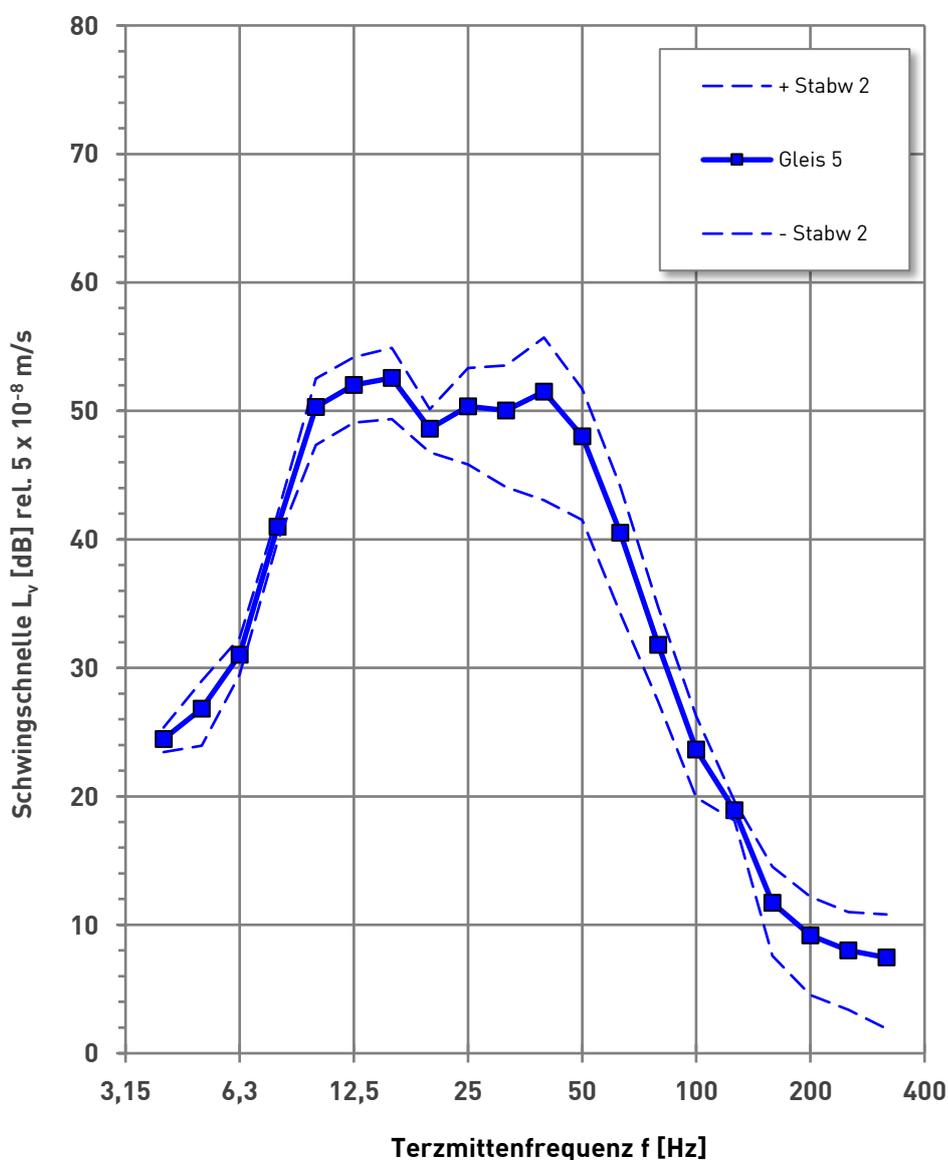
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	0	4	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	-	74 [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	25	29 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 4	Gleis 5	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
-	24,5	4
-	26,8	5
-	31,0	6,3
-	41,0	8
-	50,3	10
-	52,0	12,5
-	52,6	16
-	48,6	20
-	50,4	25
-	50,0	31,5
-	51,5	40
-	48,0	50
-	40,5	63
-	31,8	80
-	23,6	100
-	18,9	125
-	11,7	160
-	9,2	200
-	8,0	250
-	7,5	315
-	59,8	Σ

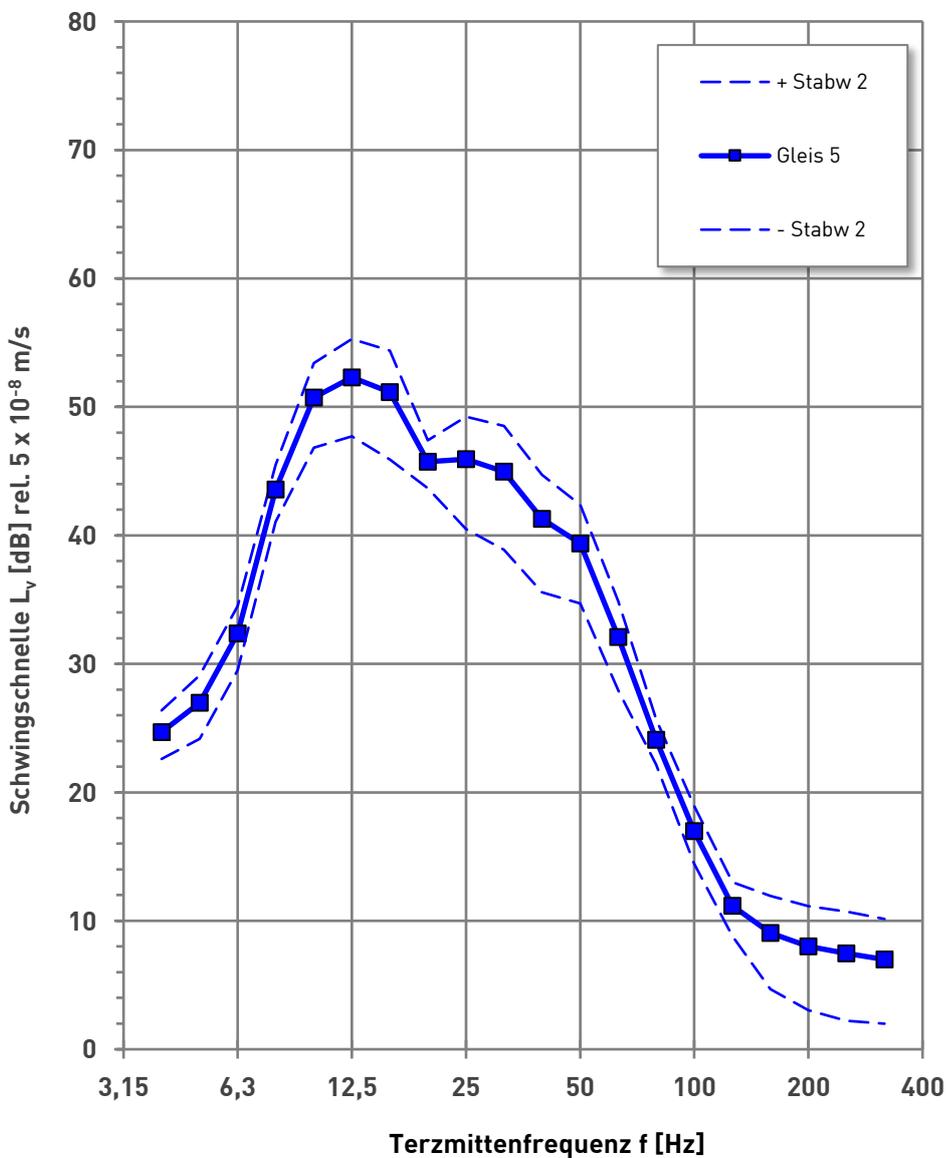
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	0	4	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	-	74 [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	33	37 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 4	Gleis 5	f [Hz]
-	24,7	4
-	27,0	5
-	32,4	6,3
-	43,6	8
-	50,7	10
-	52,3	12,5
-	51,1	16
-	45,7	20
-	45,9	25
-	45,0	31,5
-	41,3	40
-	39,4	50
-	32,1	63
-	24,1	80
-	17,0	100
-	11,2	125
-	9,0	160
-	8,0	200
-	7,5	250
-	7,0	315
-	57,6	Σ

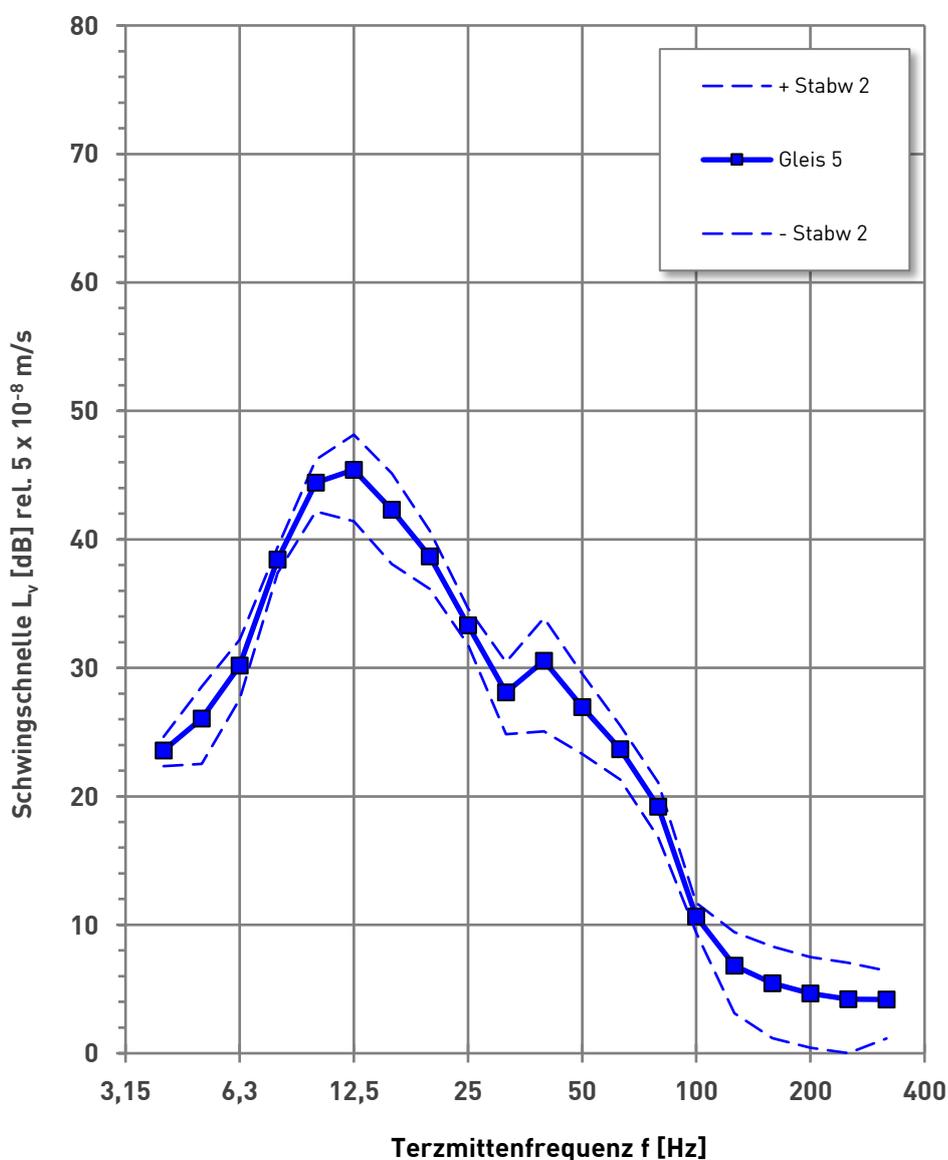
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	0	4	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	-	74 [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	53	57 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 4	Gleis 5	
Lv [dB]	Lv [dB]	f [Hz]
-	23,6	4
-	26,0	5
-	30,2	6,3
-	38,4	8
-	44,4	10
-	45,4	12,5
-	42,3	16
-	38,7	20
-	33,3	25
-	28,1	31,5
-	30,5	40
-	27,0	50
-	23,7	63
-	19,2	80
-	10,6	100
-	6,8	125
-	5,5	160
-	4,6	200
-	4,2	250
-	4,2	315
-	50,0	Σ

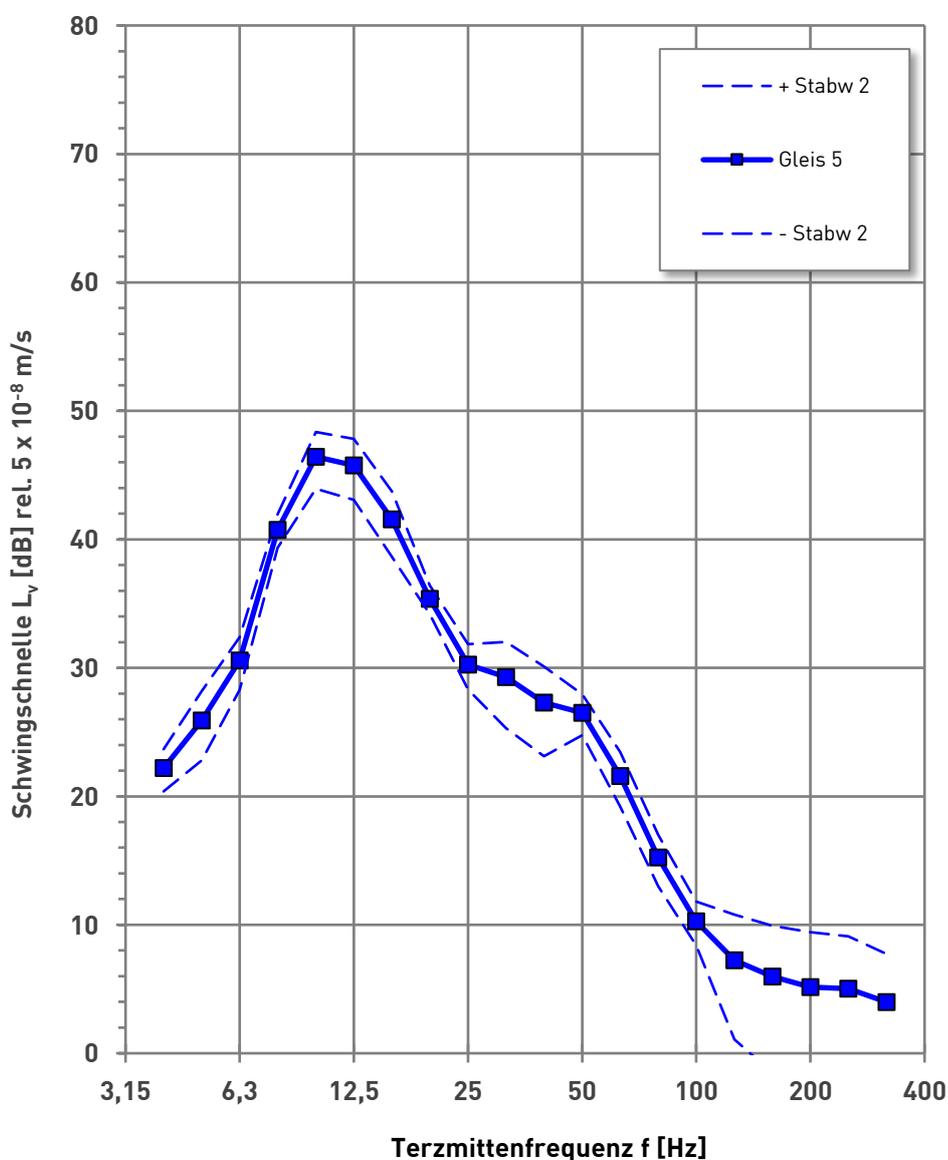
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	0	4	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	-	74 [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	63	67 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 4	Gleis 5	
Lv [dB]	Lv [dB]	f [Hz]
-	22,2	4
-	25,9	5
-	30,6	6,3
-	40,7	8
-	46,4	10
-	45,8	12,5
-	41,6	16
-	35,4	20
-	30,3	25
-	29,3	31,5
-	27,3	40
-	26,5	50
-	21,6	63
-	15,2	80
-	10,3	100
-	7,2	125
-	6,0	160
-	5,1	200
-	5,0	250
-	4,0	315
-	50,6	Σ

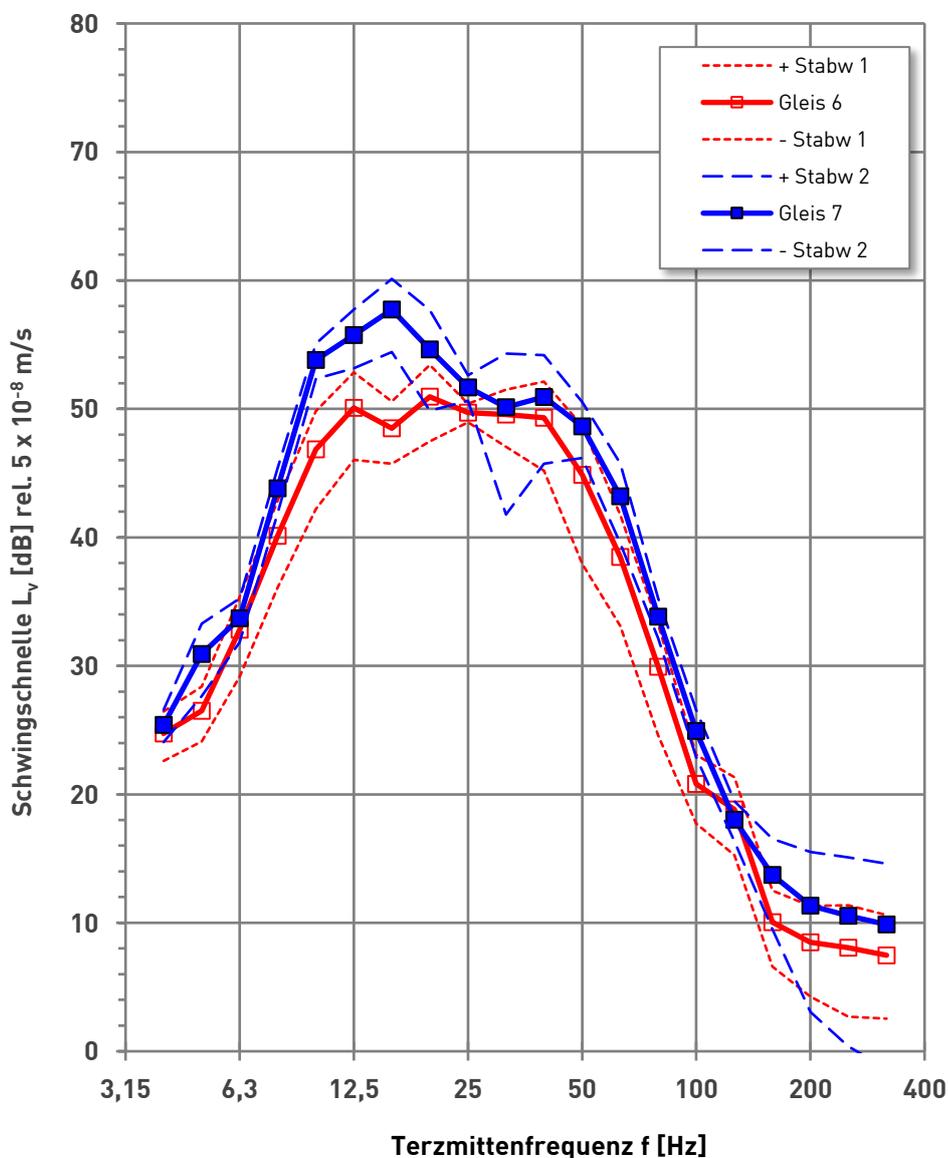
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	6	3	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	67	103 [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	34	38 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
24,7	25,4	4
26,5	30,9	5
32,8	33,7	6,3
40,1	43,8	8
46,8	53,8	10
50,1	55,7	12,5
48,5	57,7	16
50,9	54,6	20
49,7	51,7	25
49,6	50,1	31,5
49,3	50,9	40
44,9	48,6	50
38,5	43,2	63
29,9	33,8	80
20,8	24,9	100
18,8	18,0	125
10,0	13,7	160
8,5	11,3	200
8,1	10,5	250
7,5	9,9	315
58,2	63,0	Σ

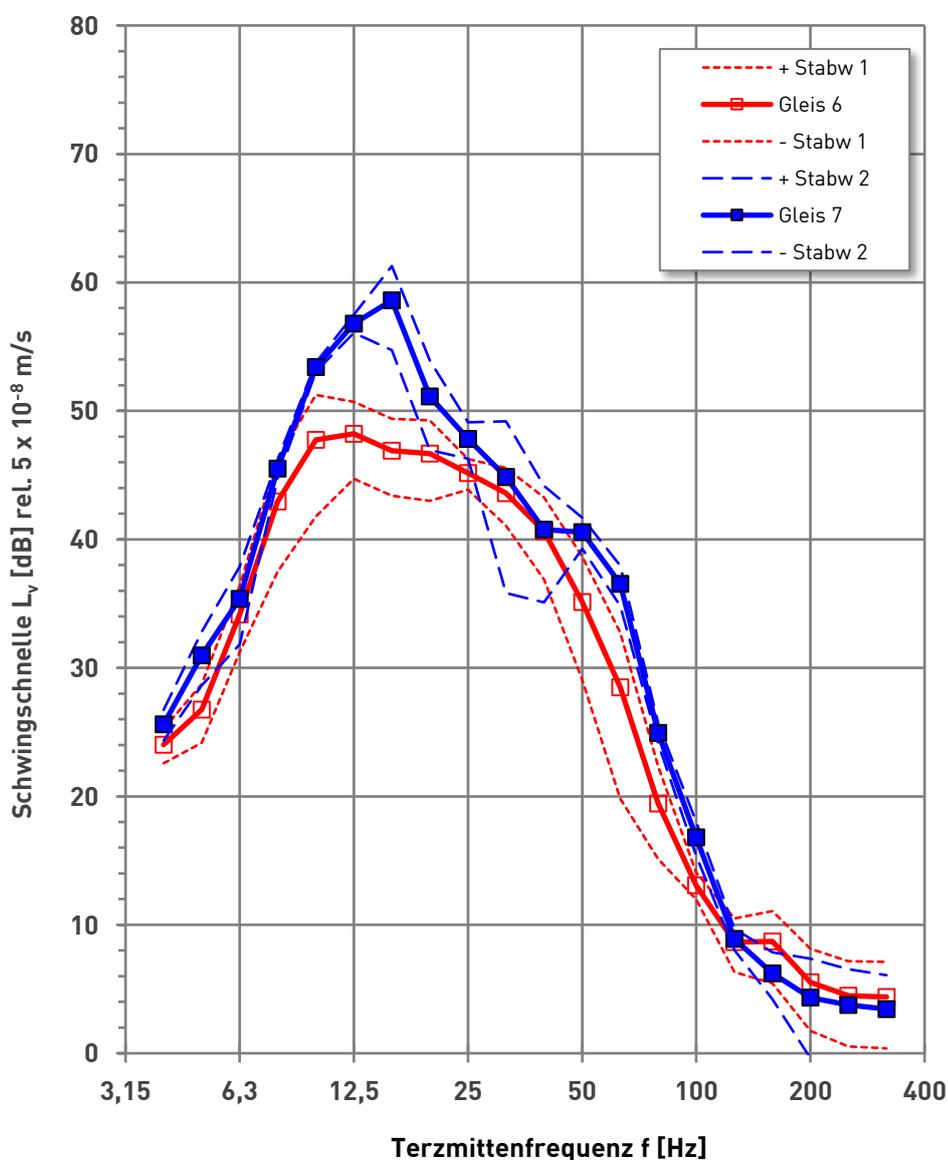
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	6	3	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	67	103 [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	42	46 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 6		Gleis 7	
Lv [dB]	Lv [dB]	f [Hz]	
24,0	25,6	4	
26,7	31,0	5	
34,2	35,4	6,3	
43,0	45,5	8	
47,7	53,4	10	
48,2	56,8	12,5	
46,9	58,6	16	
46,7	51,1	20	
45,2	47,8	25	
43,6	44,9	31,5	
40,7	40,8	40	
35,1	40,6	50	
28,5	36,5	63	
19,4	24,9	80	
13,1	16,8	100	
8,6	8,9	125	
8,7	6,2	160	
5,5	4,3	200	
4,5	3,8	250	
4,4	3,4	315	
55,0	62,3	Σ	

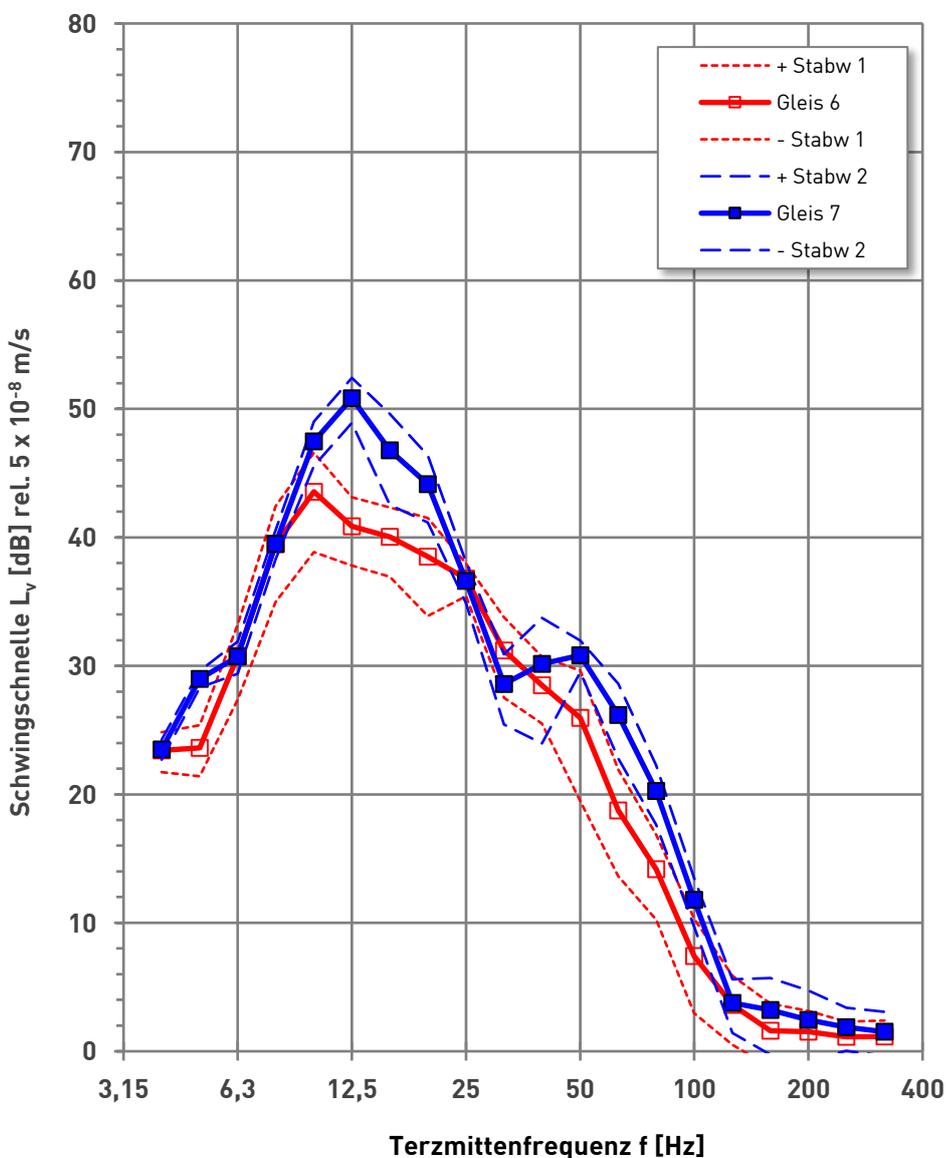
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	6	3	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	67	103 [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	62	66 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
23,4	23,5	4
23,6	29,0	5
30,8	30,7	6,3
39,5	39,5	8
43,6	47,5	10
40,9	50,8	12,5
40,0	46,8	16
38,5	44,2	20
36,8	36,6	25
31,2	28,6	31,5
28,5	30,2	40
26,0	30,8	50
18,7	26,2	63
14,2	20,3	80
7,4	11,8	100
3,6	3,8	125
1,6	3,2	160
1,5	2,4	200
1,1	1,9	250
1,2	1,5	315
48,4	54,3	Σ

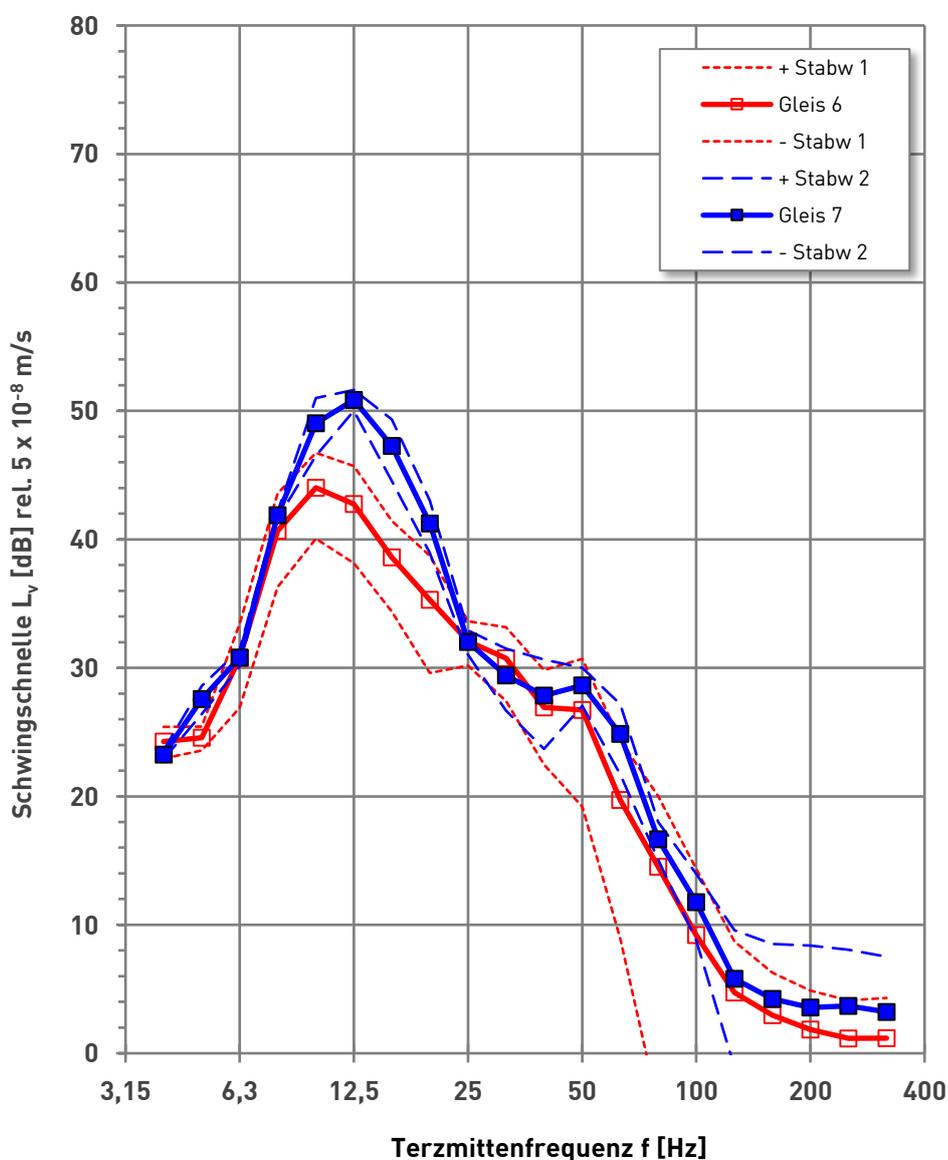
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	6	3	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	67	103 [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	72	76 [m]		

Mittelwert +/- StAbw



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
24,3	23,2	4
24,5	27,6	5
30,8	30,8	6,3
40,7	41,9	8
44,0	49,0	10
42,7	50,9	12,5
38,6	47,3	16
35,3	41,2	20
32,1	32,0	25
30,8	29,4	31,5
26,9	27,8	40
26,7	28,6	50
19,7	24,9	63
14,5	16,7	80
9,2	11,8	100
4,7	5,8	125
3,0	4,2	160
1,8	3,6	200
1,2	3,7	250
1,2	3,2	315
48,6	54,6	Σ

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

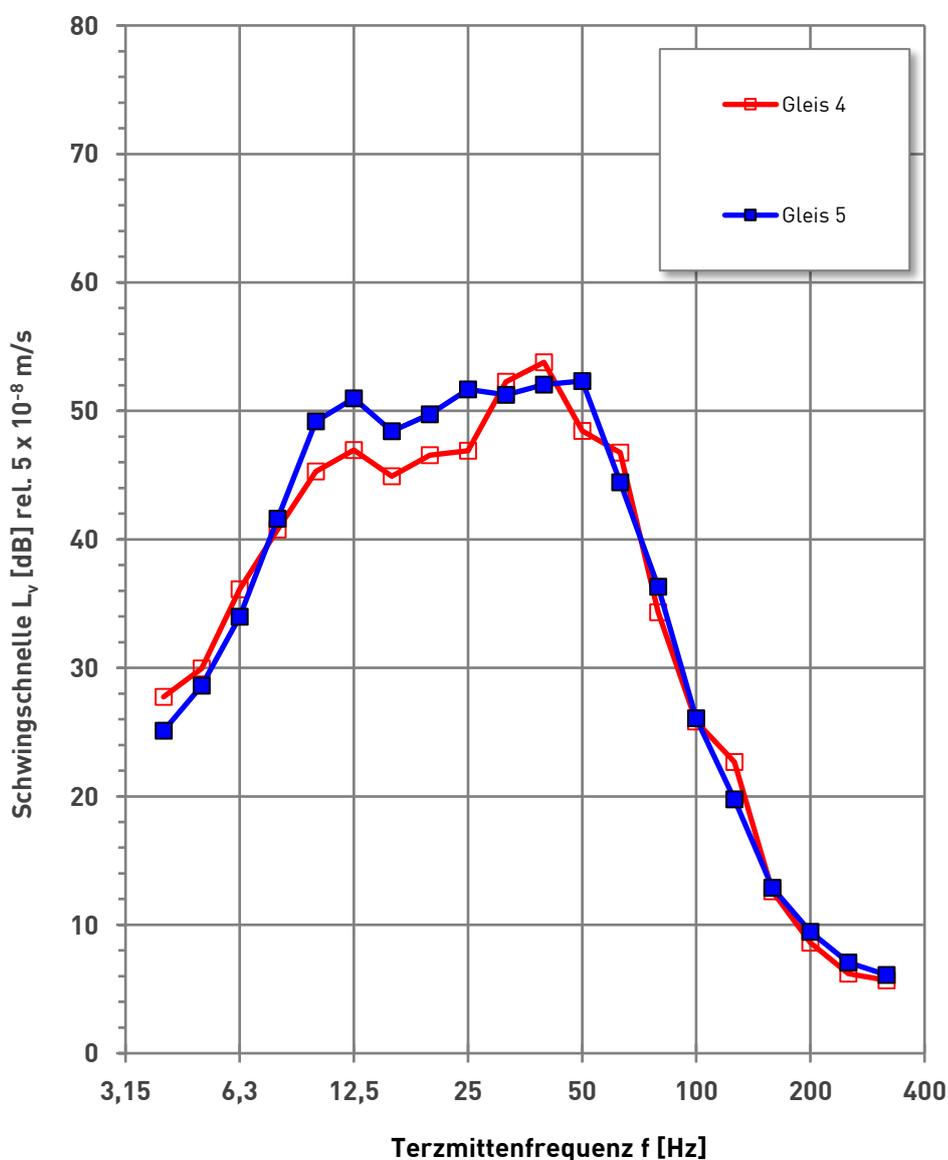
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	70	96 [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	25	29 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 5	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
27,7	25,1	4
29,9	28,6	5
36,1	34,0	6,3
40,8	41,6	8
45,3	49,2	10
46,9	51,0	12,5
44,9	48,4	16
46,5	49,7	20
46,9	51,7	25
52,3	51,3	31,5
53,8	52,1	40
48,4	52,3	50
46,8	44,4	63
34,3	36,3	80
25,8	26,1	100
22,7	19,8	125
12,6	12,9	160
8,6	9,4	200
6,2	7,1	250
5,7	6,1	315
58,8	60,1	Σ

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

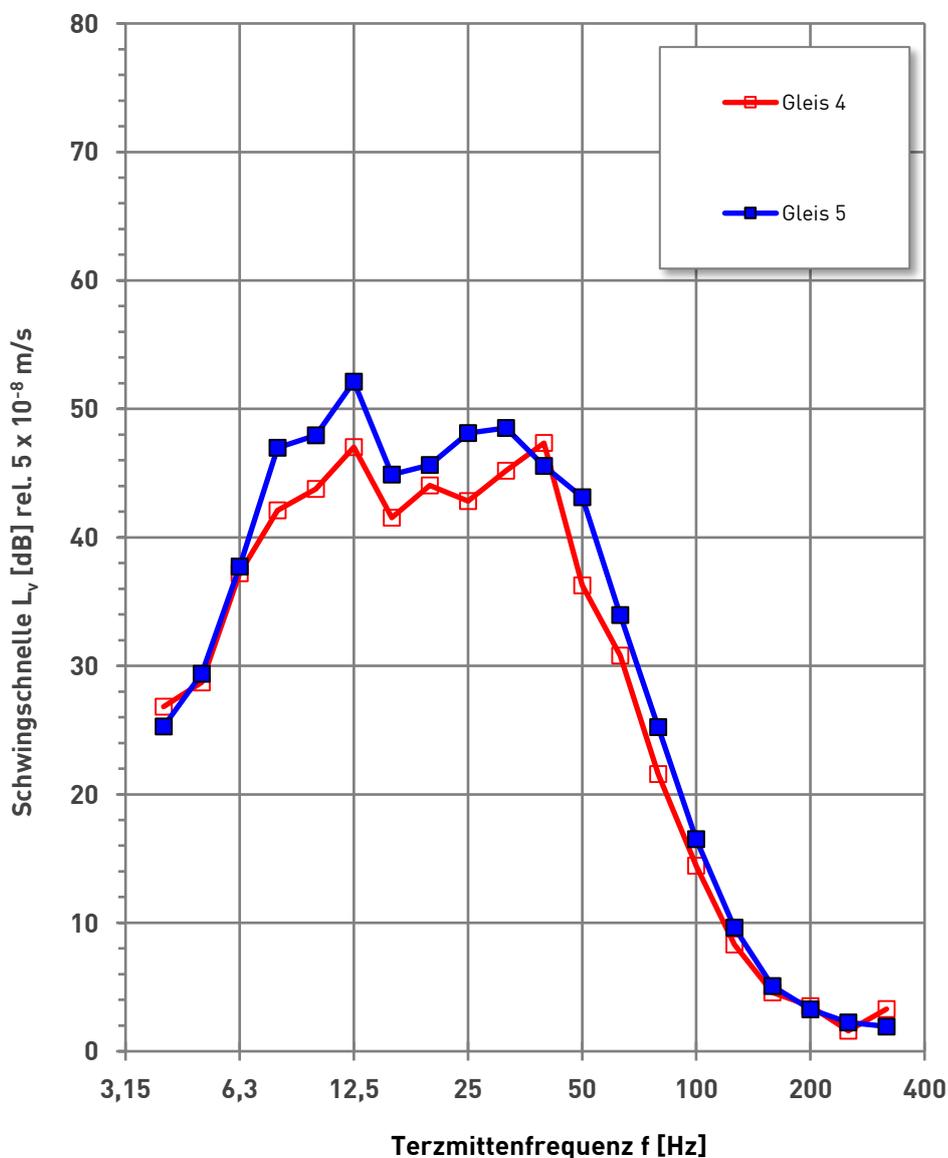
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	70	96 [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	33	37 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 5	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
26,8	25,3	4
28,7	29,4	5
37,2	37,7	6,3
42,1	47,0	8
43,8	47,9	10
47,0	52,1	12,5
41,5	44,9	16
44,0	45,6	20
42,8	48,1	25
45,2	48,5	31,5
47,3	45,6	40
36,3	43,1	50
30,8	34,0	63
21,6	25,2	80
14,4	16,5	100
8,3	9,6	125
4,6	5,1	160
3,5	3,3	200
1,6	2,3	250
3,3	1,9	315
54,0	57,4	Σ

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

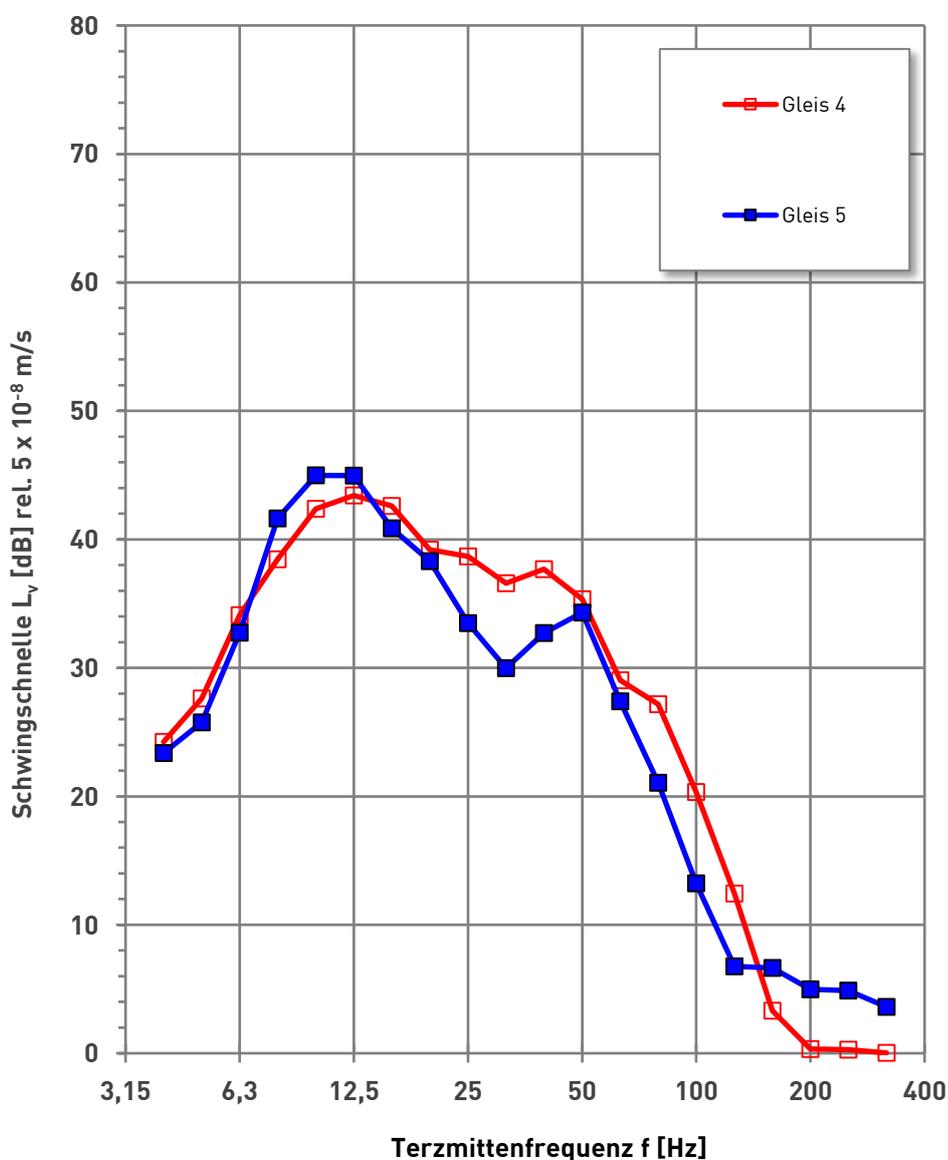
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	70	96 [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	53	57 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 5	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
24,2	23,4	4
27,6	25,8	5
34,1	32,7	6,3
38,5	41,6	8
42,4	45,0	10
43,4	45,0	12,5
42,6	40,9	16
39,2	38,3	20
38,7	33,5	25
36,6	30,0	31,5
37,7	32,7	40
35,3	34,3	50
29,0	27,4	63
27,2	21,1	80
20,3	13,2	100
12,4	6,8	125
3,3	6,7	160
0,3	5,0	200
0,3	4,9	250
0,0	3,6	315
49,9	50,3	Σ

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

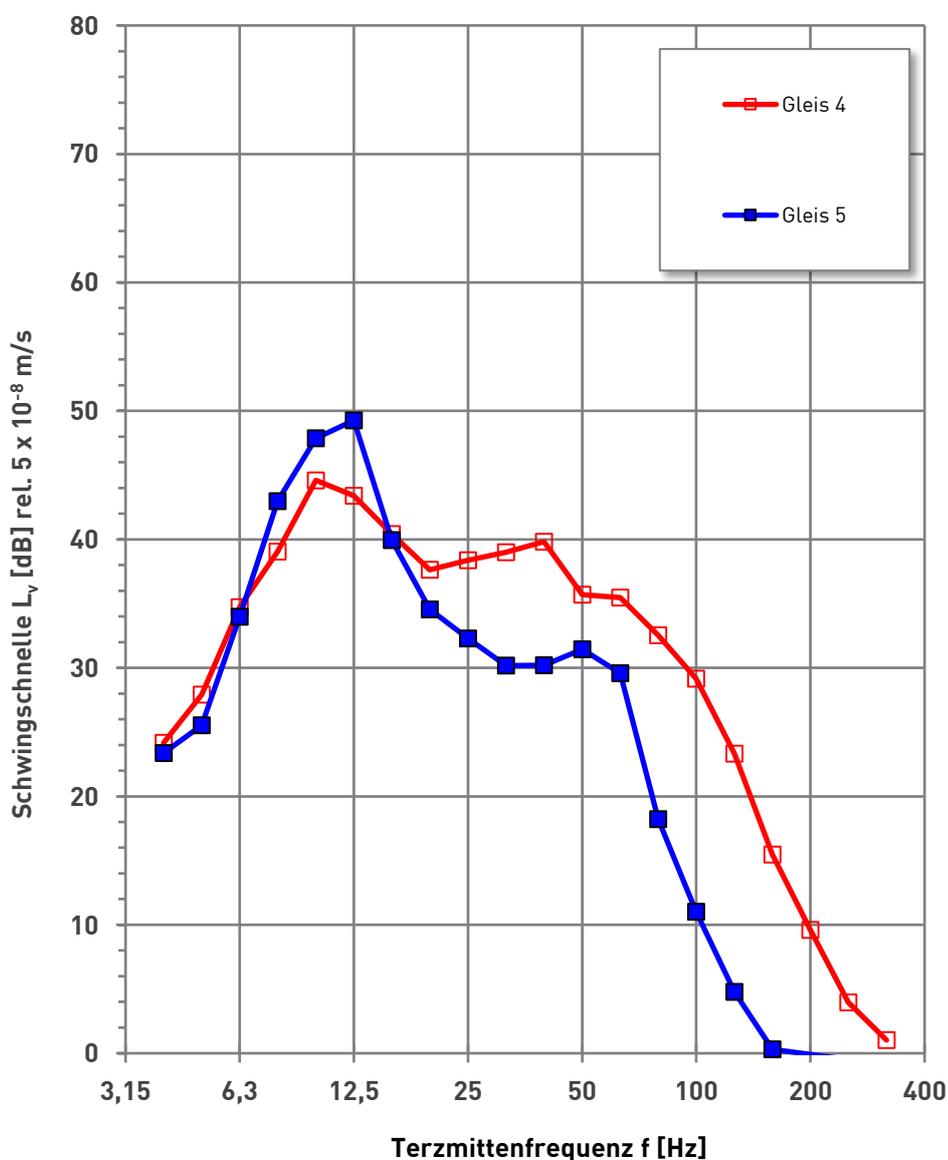
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 5	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	70	96 [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	63	67 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 5	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
24,2	23,4	4
27,9	25,5	5
34,7	34,0	6,3
39,0	43,0	8
44,6	47,9	10
43,4	49,3	12,5
40,4	39,9	16
37,6	34,6	20
38,4	32,3	25
39,0	30,2	31,5
39,8	30,2	40
35,7	31,4	50
35,5	29,6	63
32,5	18,2	80
29,2	11,0	100
23,3	4,8	125
15,5	0,3	160
9,6	-0,1	200
4,0	-0,5	250
1,0	-0,9	315
50,6	52,7	Σ

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

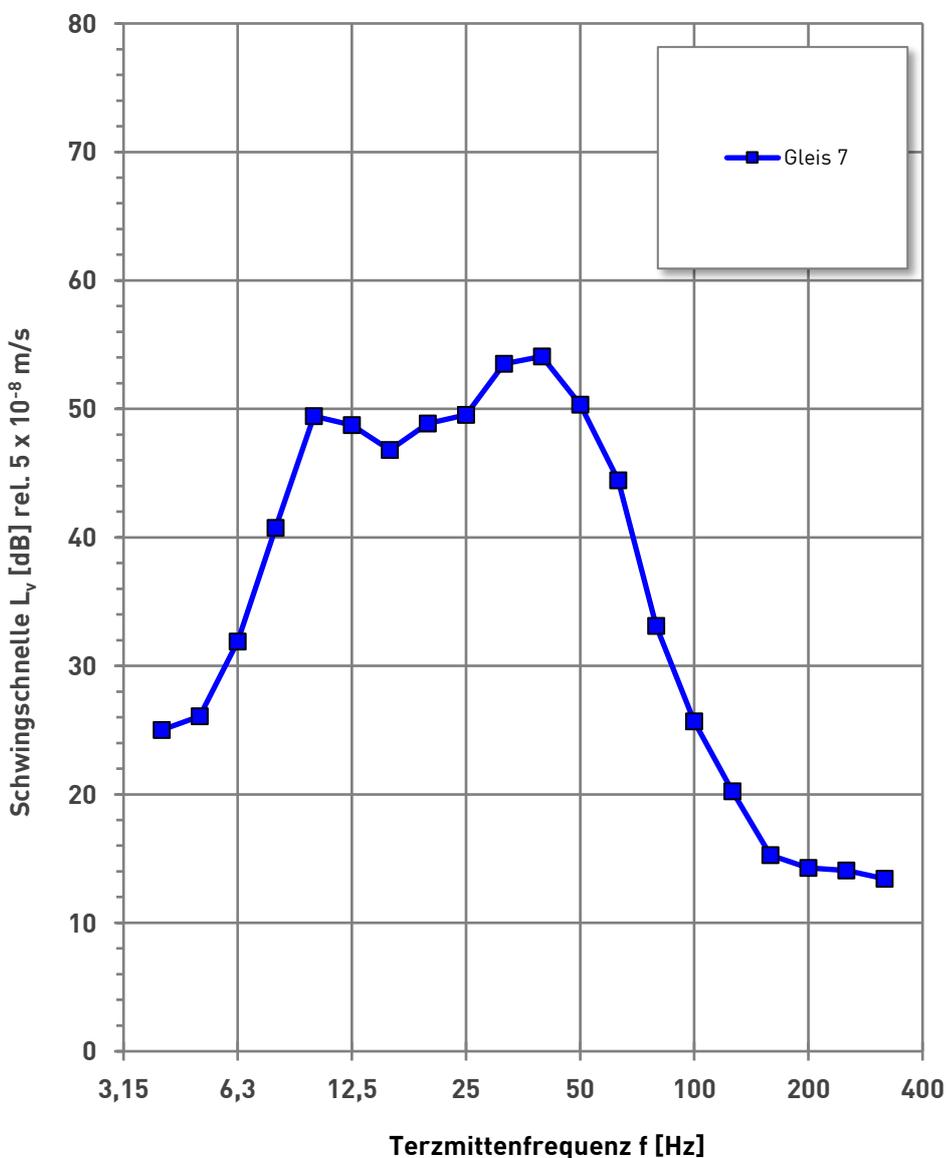
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	0	1	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	-	85 [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	34	38 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
-	25,0	4
-	26,1	5
-	31,9	6,3
-	40,7	8
-	49,4	10
-	48,7	12,5
-	46,8	16
-	48,9	20
-	49,5	25
-	53,5	31,5
-	54,1	40
-	50,3	50
-	44,4	63
-	33,1	80
-	25,7	100
-	20,2	125
-	15,3	160
-	14,3	200
-	14,1	250
-	13,4	315
-	60,0	Σ

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

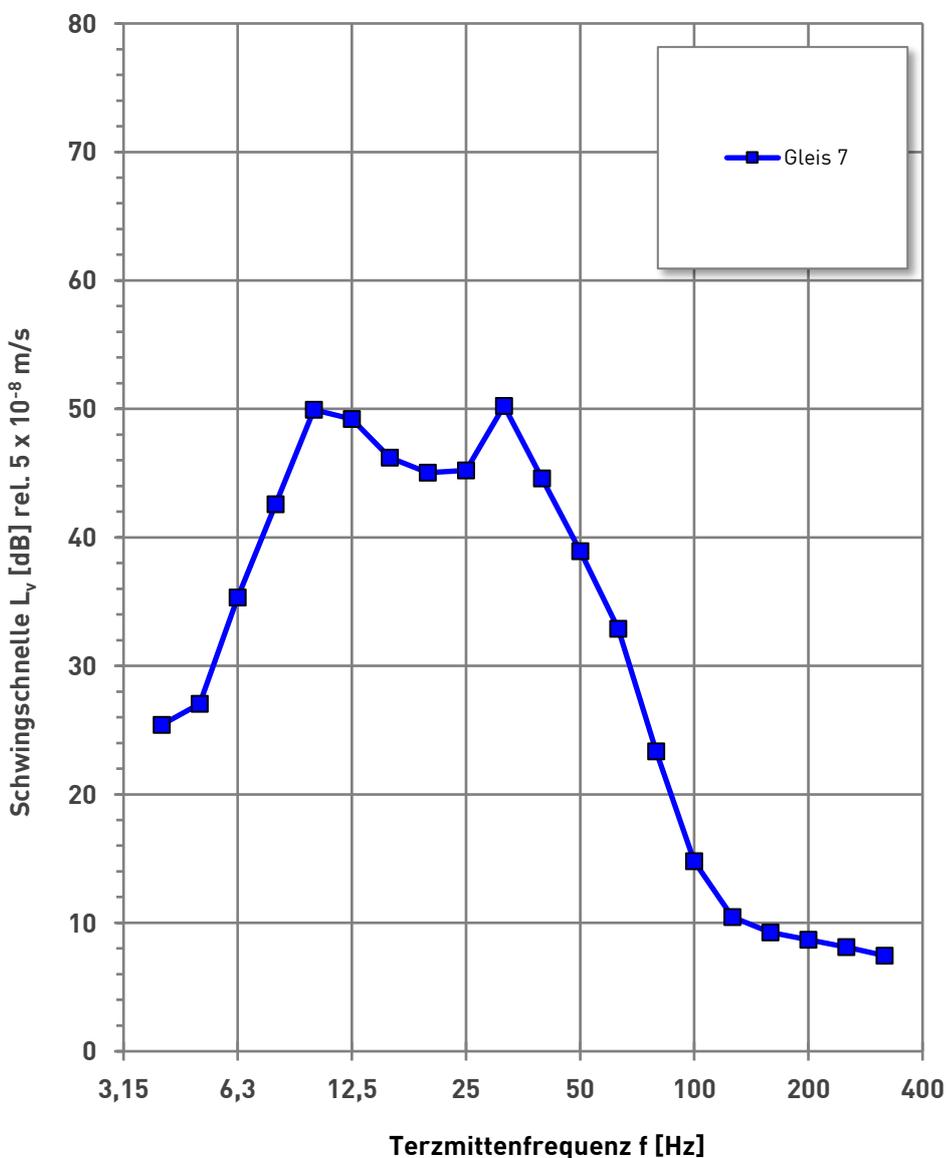
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	0	1	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	-	85 [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	42	46 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
-	25,4	4
-	27,0	5
-	35,3	6,3
-	42,6	8
-	49,9	10
-	49,2	12,5
-	46,2	16
-	45,0	20
-	45,2	25
-	50,2	31,5
-	44,6	40
-	38,9	50
-	32,9	63
-	23,3	80
-	14,8	100
-	10,5	125
-	9,2	160
-	8,7	200
-	8,1	250
-	7,4	315
-	56,6	Σ

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

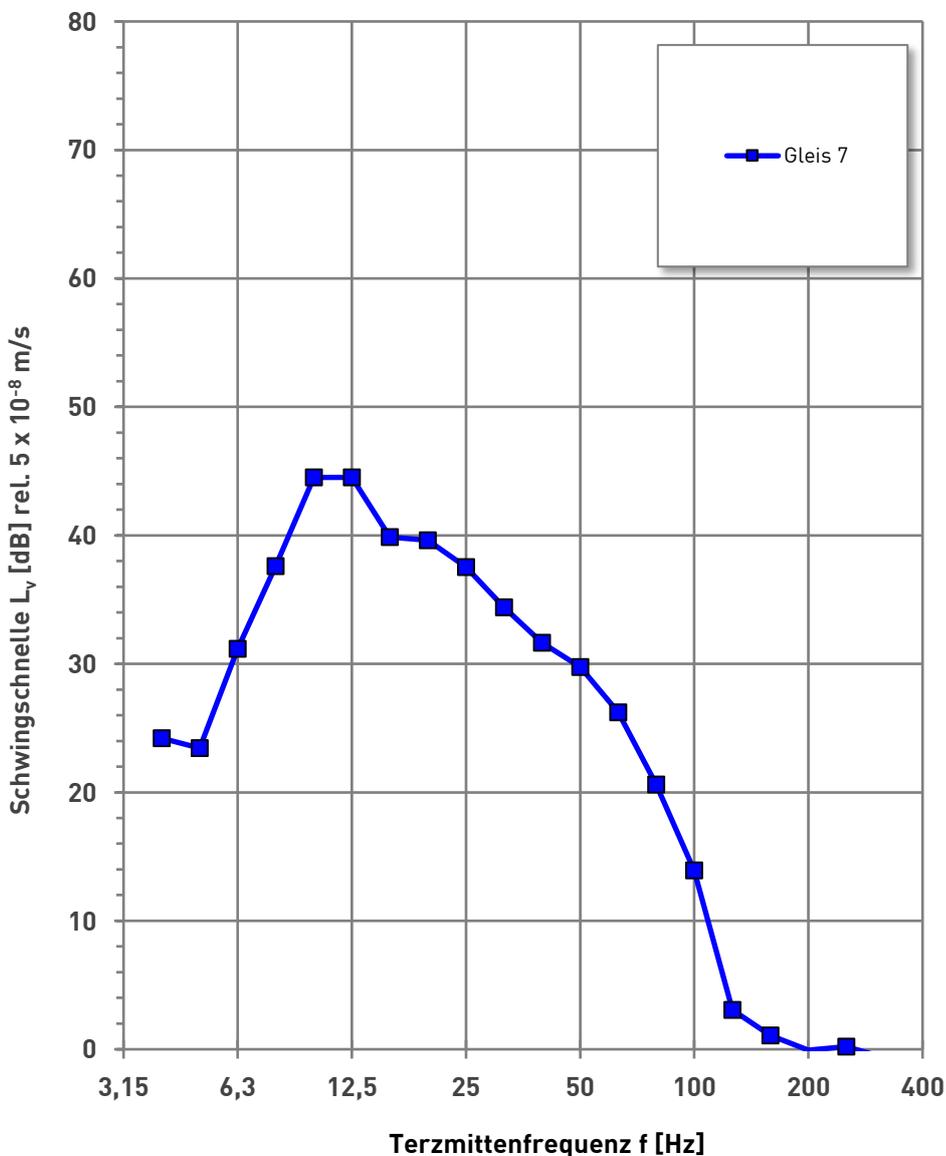
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	0	1	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	-	85 [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	62	66 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
-	24,2	4
-	23,4	5
-	31,2	6,3
-	37,6	8
-	44,5	10
-	44,5	12,5
-	39,9	16
-	39,6	20
-	37,5	25
-	34,4	31,5
-	31,6	40
-	29,8	50
-	26,2	63
-	20,6	80
-	13,9	100
-	3,1	125
-	1,1	160
-	-0,1	200
-	0,2	250
-	-0,7	315
-	49,7	Σ

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

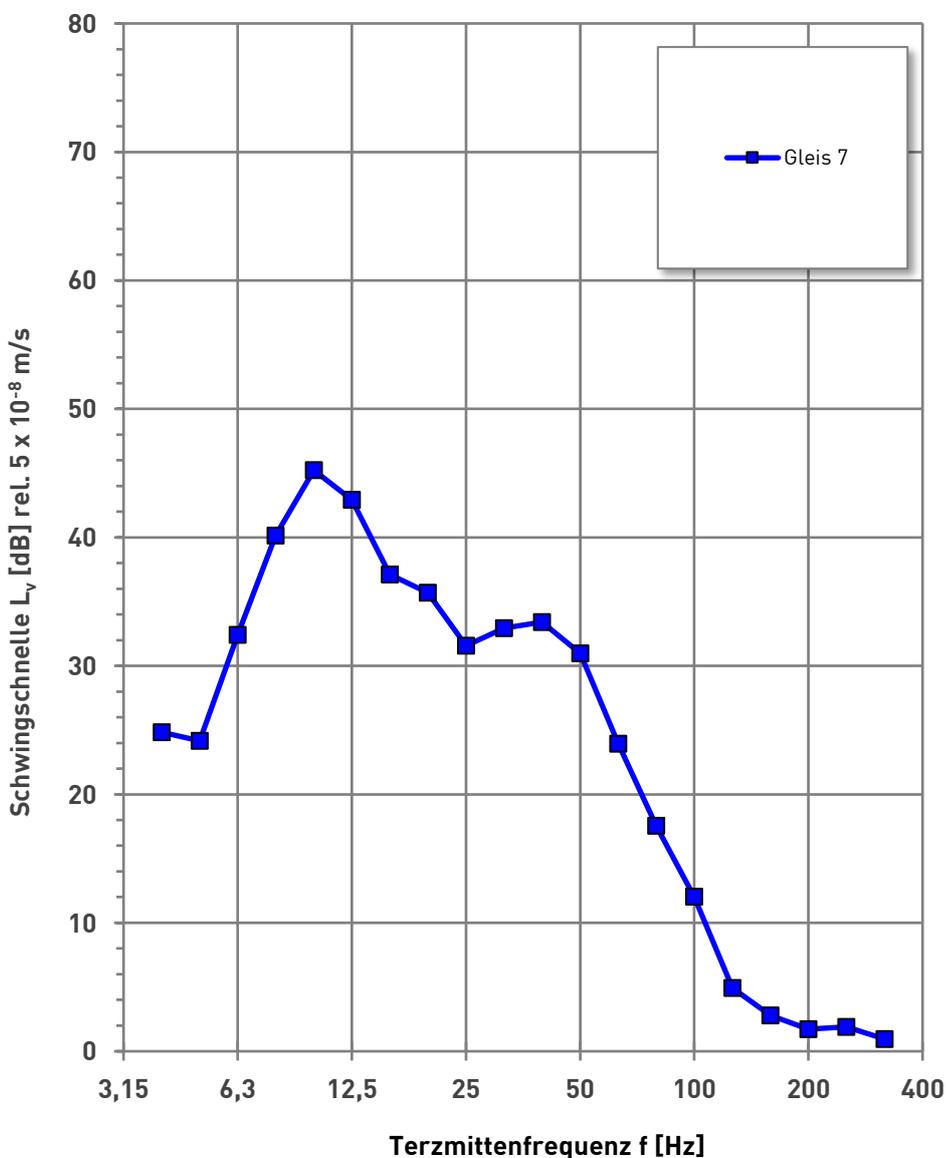
Emissionsspektrum

Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 6	Gleis 7	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	0	1	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	-	85 [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	72	76 [m]		

Mittelwert



Gleis 6	Gleis 7	f [Hz]
Lv [dB]	Lv [dB]	f [Hz]
-	24,8	4
-	24,2	5
-	32,4	6,3
-	40,1	8
-	45,2	10
-	42,9	12,5
-	37,1	16
-	35,7	20
-	31,6	25
-	32,9	31,5
-	33,4	40
-	31,0	50
-	23,9	63
-	17,5	80
-	12,0	100
-	4,9	125
-	2,8	160
-	1,7	200
-	1,9	250
-	1,0	315
-	49,1	Σ

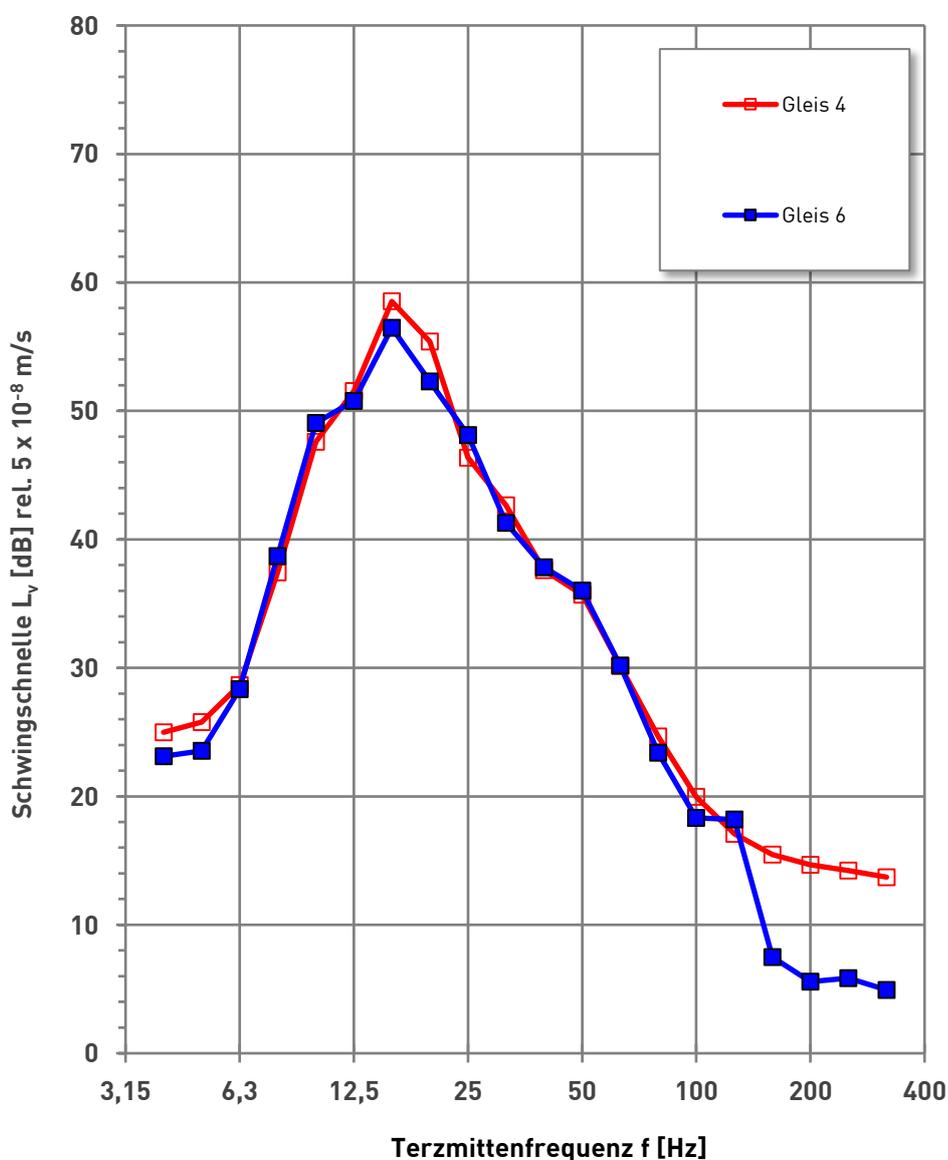
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Stadtbahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 6	Messposition:	1
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V16
Geschwindigkeit:	32	36 [km/h]	Kanal:	1
Abstand:	25	29 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 6	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
25,0	23,1	4
25,8	23,5	5
28,7	28,3	6,3
37,4	38,7	8
47,6	49,1	10
51,6	50,8	12,5
58,5	56,5	16
55,4	52,3	20
46,4	48,1	25
42,7	41,3	31,5
37,6	37,8	40
35,7	36,0	50
30,1	30,2	63
24,7	23,4	80
20,0	18,3	100
17,1	18,2	125
15,5	7,5	160
14,7	5,6	200
14,2	5,9	250
13,7	4,9	315
61,3	59,6	Σ

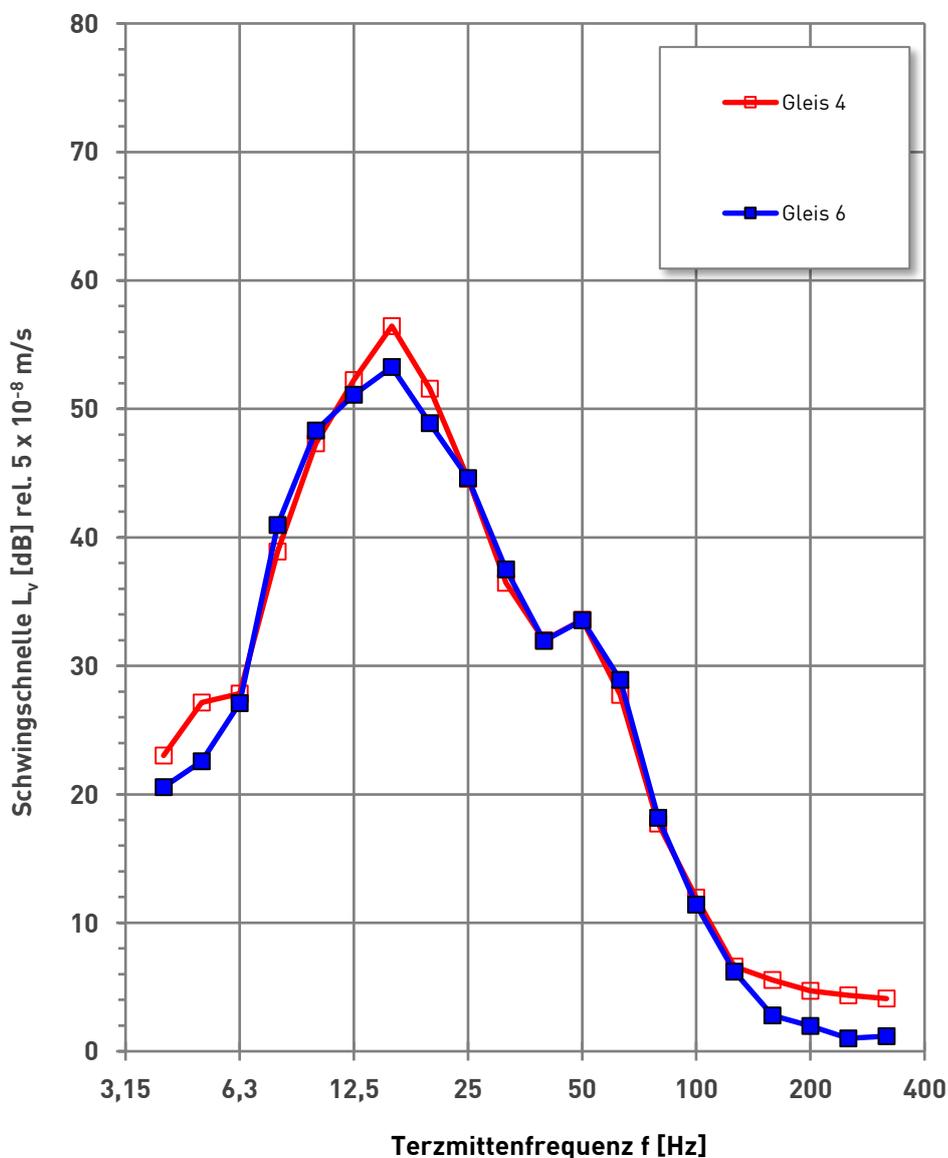
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Stadtbahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 6	Messposition:	2
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V28
Geschwindigkeit:	32	36 [km/h]	Kanal:	2
Abstand:	33	37 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 6	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
23,0	20,6	4
27,1	22,6	5
27,8	27,1	6,3
38,9	41,0	8
47,3	48,3	10
52,3	51,1	12,5
56,4	53,3	16
51,6	48,9	20
44,6	44,6	25
36,5	37,5	31,5
32,0	31,9	40
33,6	33,6	50
27,7	28,9	63
17,7	18,2	80
12,0	11,4	100
6,6	6,2	125
5,5	2,8	160
4,7	2,0	200
4,4	1,0	250
4,1	1,2	315
59,3	57,3	Σ

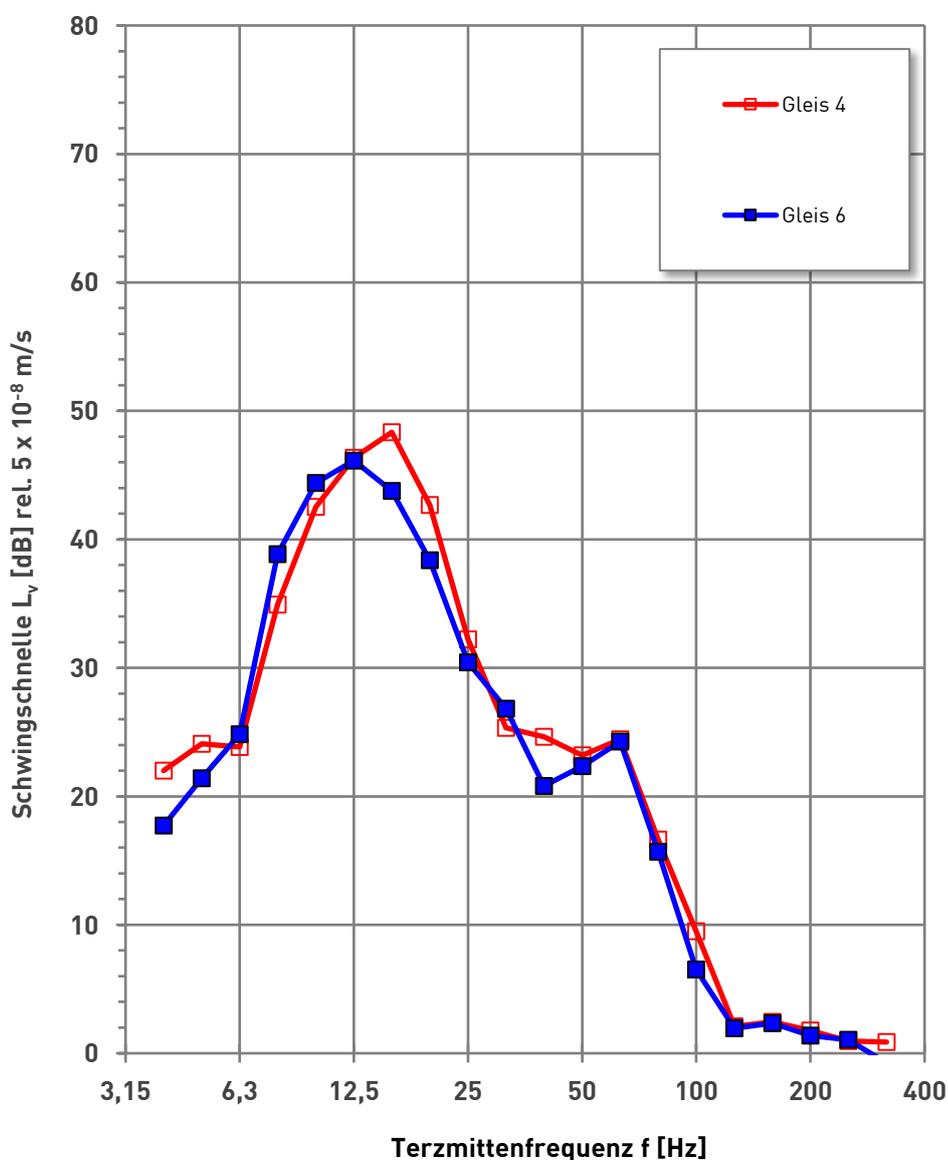
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Stadtbahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 6	Messposition:	3
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V19
Geschwindigkeit:	32	36 [km/h]	Kanal:	3
Abstand:	53	57 [m]		

Mittelwert



Gleis 4	Gleis 6	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
22,0	17,7	4
24,1	21,4	5
23,8	24,8	6,3
34,9	38,8	8
42,5	44,4	10
46,3	46,1	12,5
48,3	43,8	16
42,7	38,4	20
32,2	30,4	25
25,3	26,8	31,5
24,6	20,8	40
23,2	22,3	50
24,4	24,3	63
16,6	15,7	80
9,5	6,5	100
2,1	1,9	125
2,4	2,3	160
1,8	1,4	200
1,0	1,1	250
0,9	-0,8	315
51,9	50,4	Σ

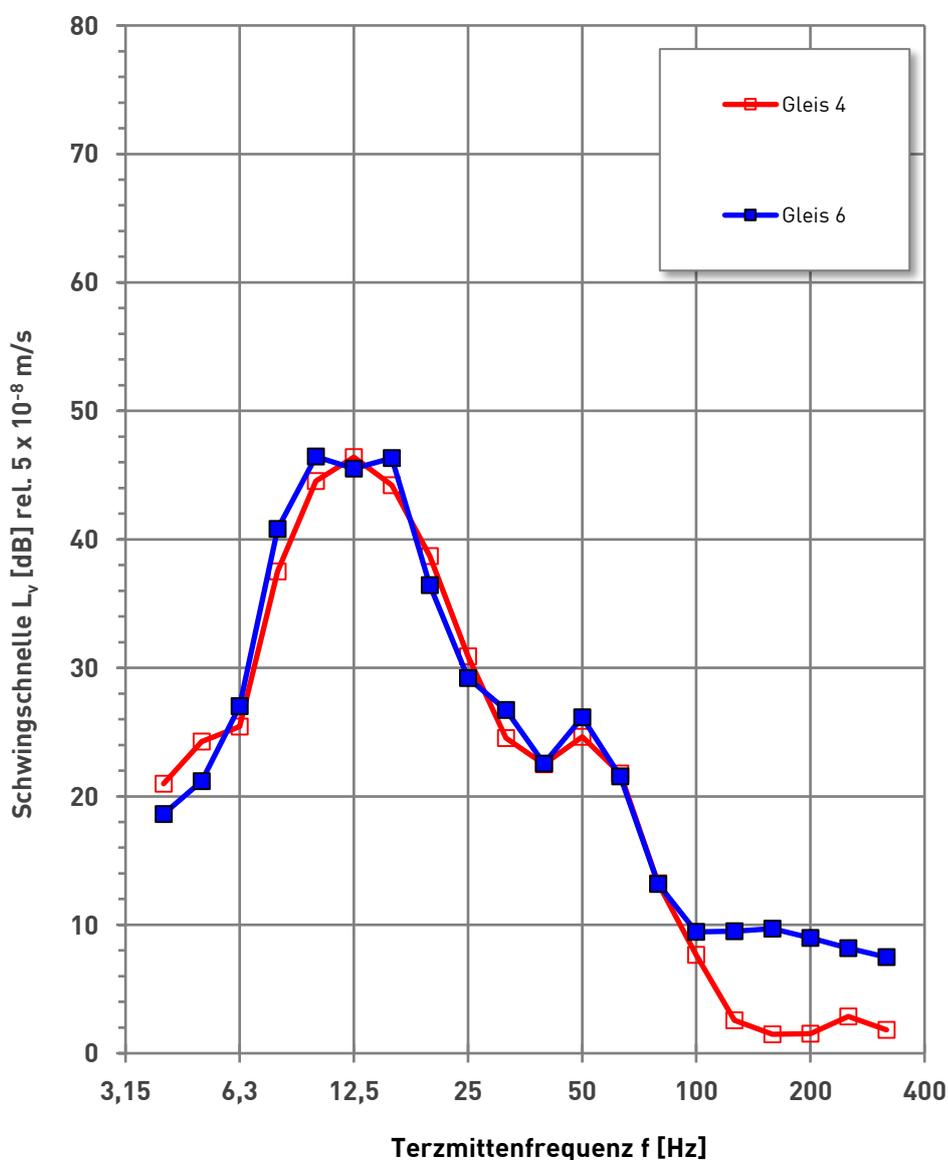
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

Emissionsspektrum Stadtbahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

	Gleis 4	Gleis 6	Messposition:	4
Anzahl der Züge:	1	1	Sensor:	V21
Geschwindigkeit:	32	36 [km/h]	Kanal:	5
Abstand:	63	67 [m]		

Mittelwert

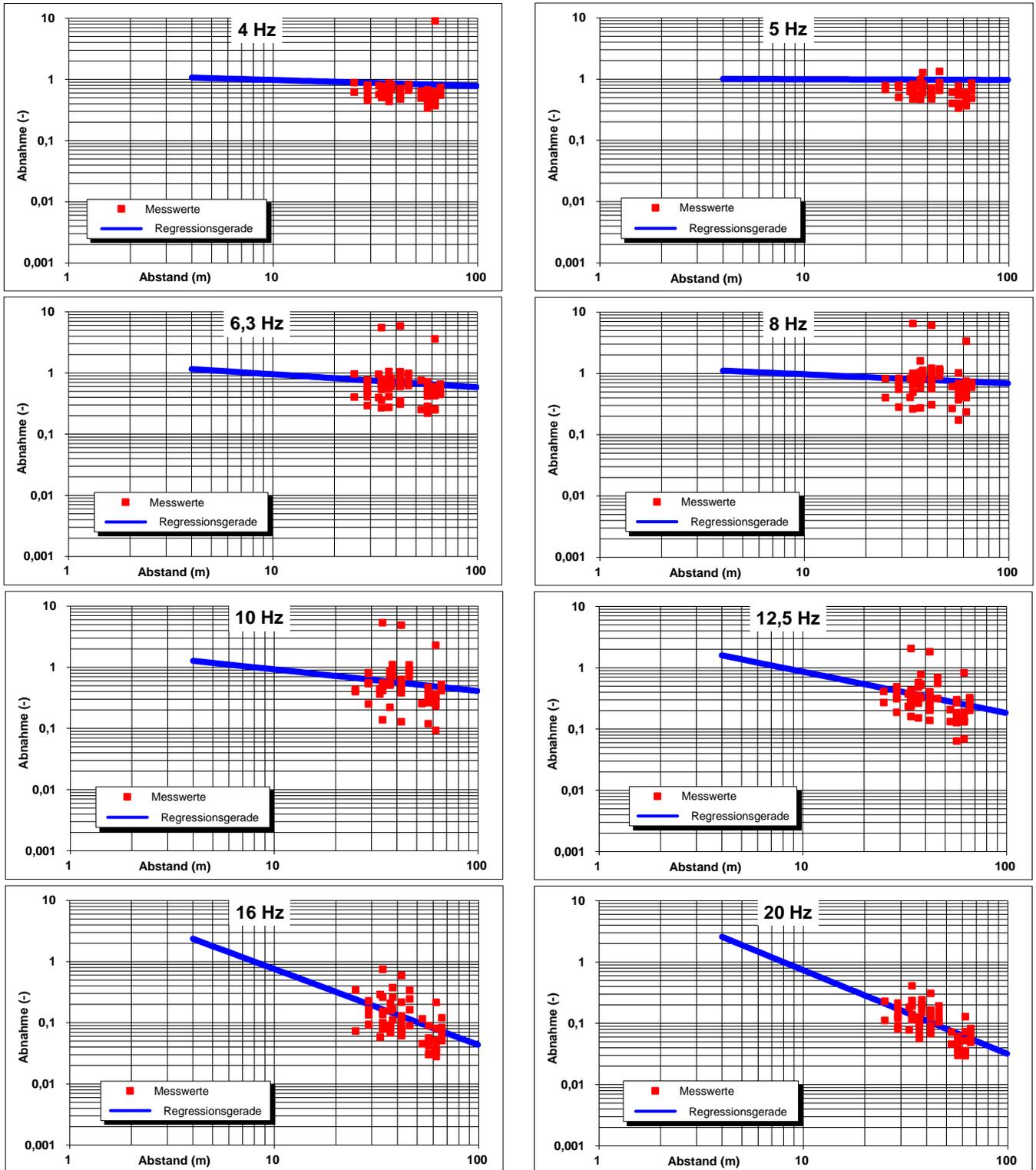


Gleis 4	Gleis 6	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
21,0	18,6	4
24,3	21,2	5
25,4	27,0	6,3
37,5	40,8	8
44,5	46,4	10
46,4	45,5	12,5
44,2	46,3	16
38,7	36,4	20
30,9	29,2	25
24,5	26,7	31,5
22,5	22,5	40
24,6	26,2	50
21,8	21,5	63
13,2	13,2	80
7,7	9,5	100
2,6	9,5	125
1,5	9,7	160
1,5	9,0	200
2,9	8,2	250
1,8	7,5	315
50,6	51,5	Σ

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

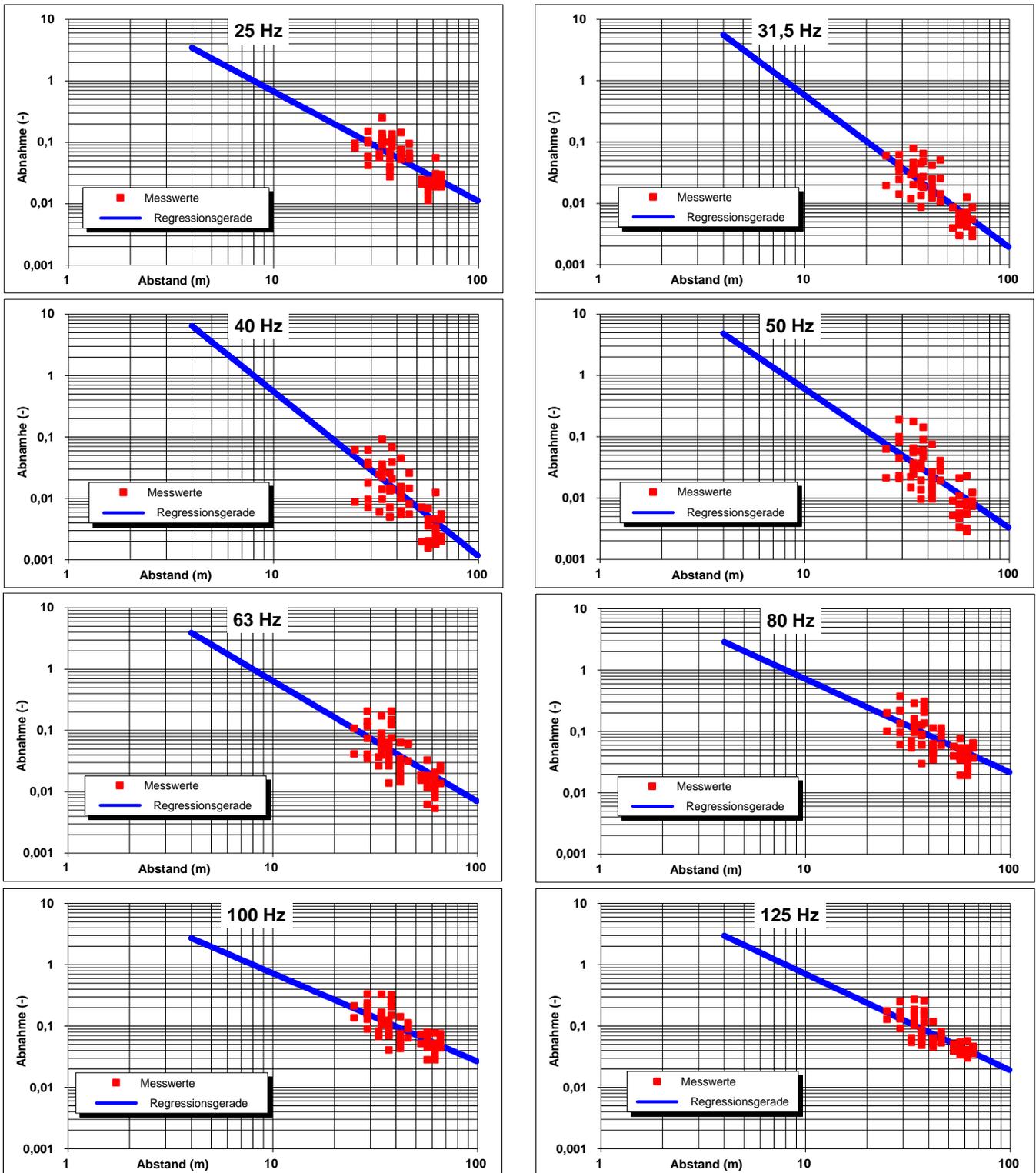
Abnahme der Schwingschnelle in Abhängigkeit des Abstandes

Schlossbereich, 76646 Bruchsal



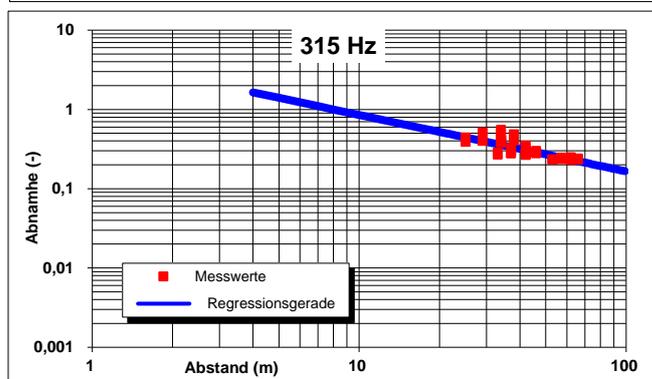
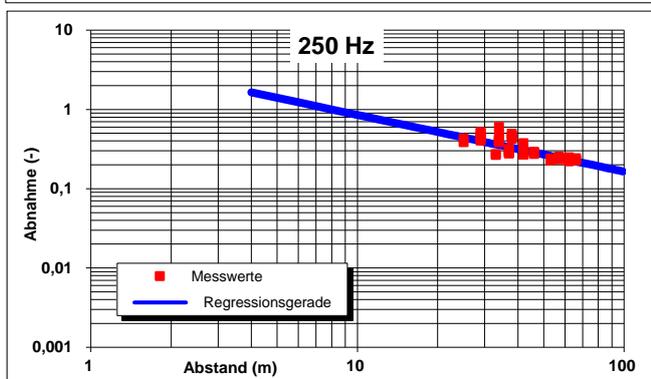
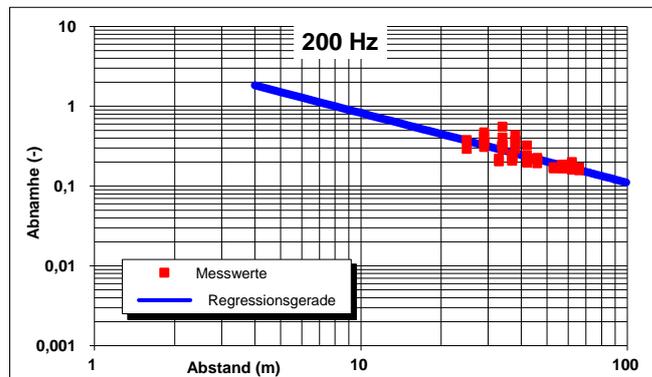
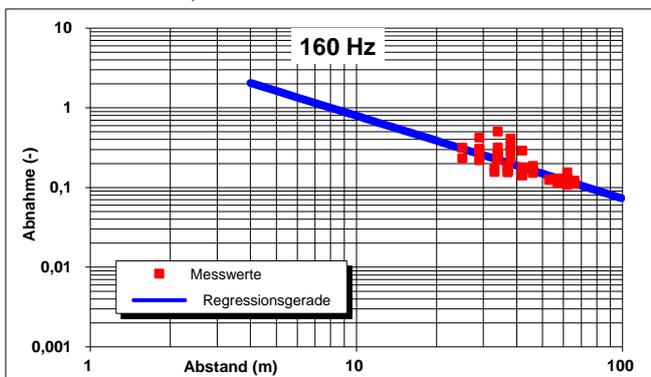
Abnahme der Schwingschnelle in Abhängigkeit des Abstandes

Schlossbereich, 76646 Bruchsal

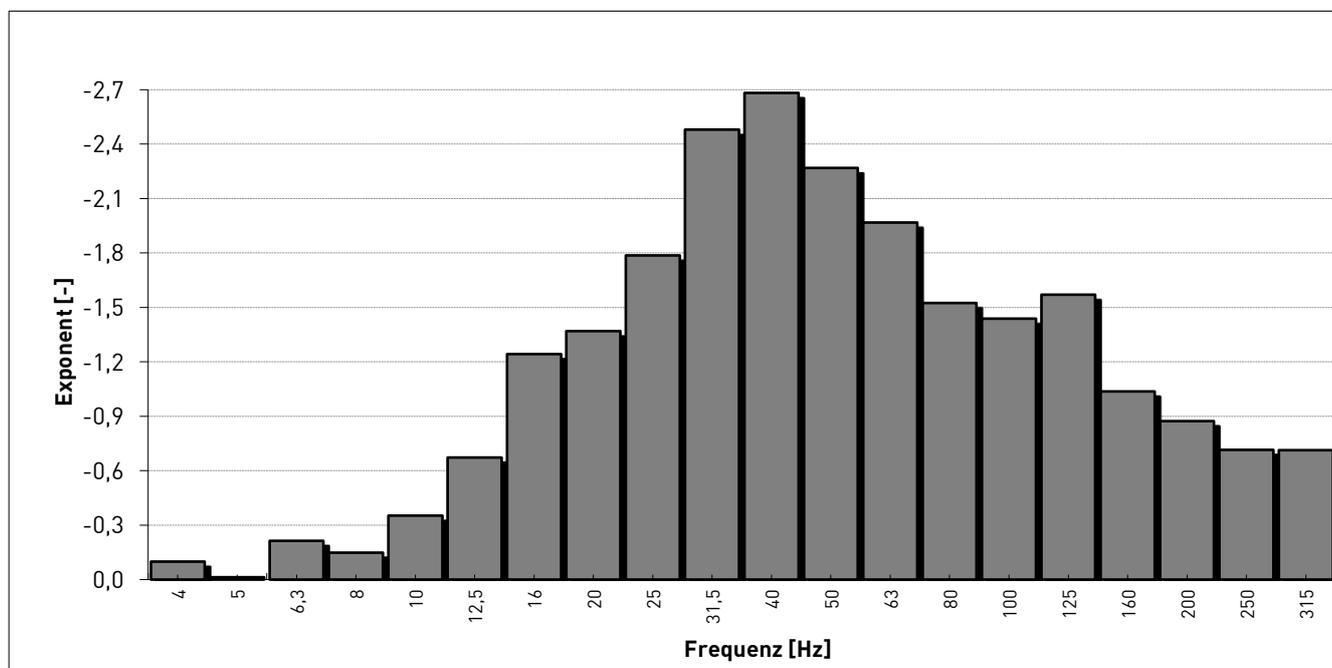


Abnahme der Schwingschnelle in Abhängigkeit des Abstandes

Schlossbereich, 76646 Bruchsal



Terzen	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Exponent	-0,1	0,0	-0,2	-0,1	-0,4	-0,7	-1,2	-1,4	-1,8	-2,5	-2,7	-2,3	-2,0	-1,5	-1,4	-1,6	-1,0	-0,9	-0,7	-0,7



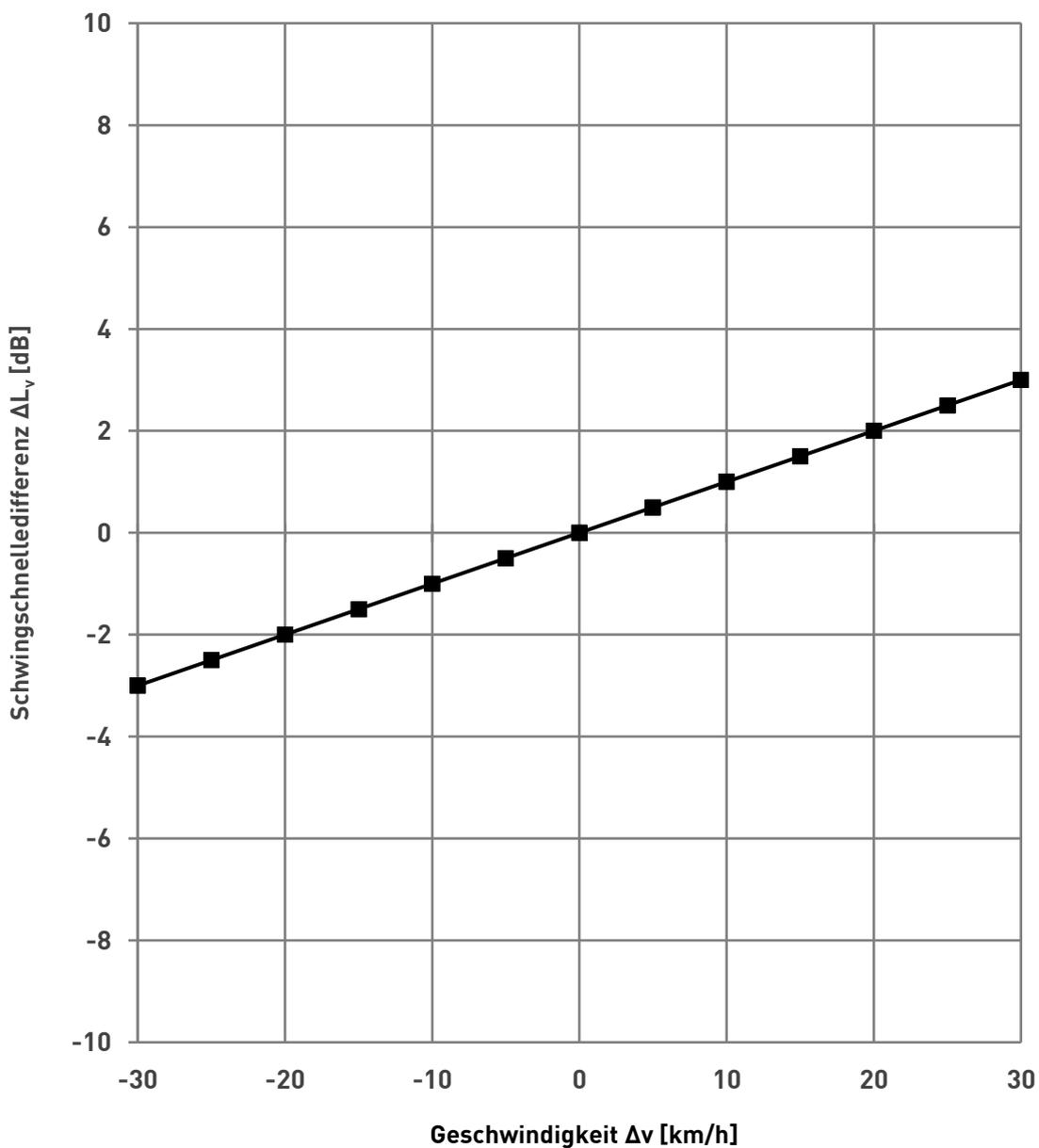
Korrekturfunktion Geschwindigkeit

Quelle: empirisch

Bezugsspektrum A: Emissionsspektrum

Bezugsspektrum B: Prognosespektrum

Schwingrichtung: vertikal (z)



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

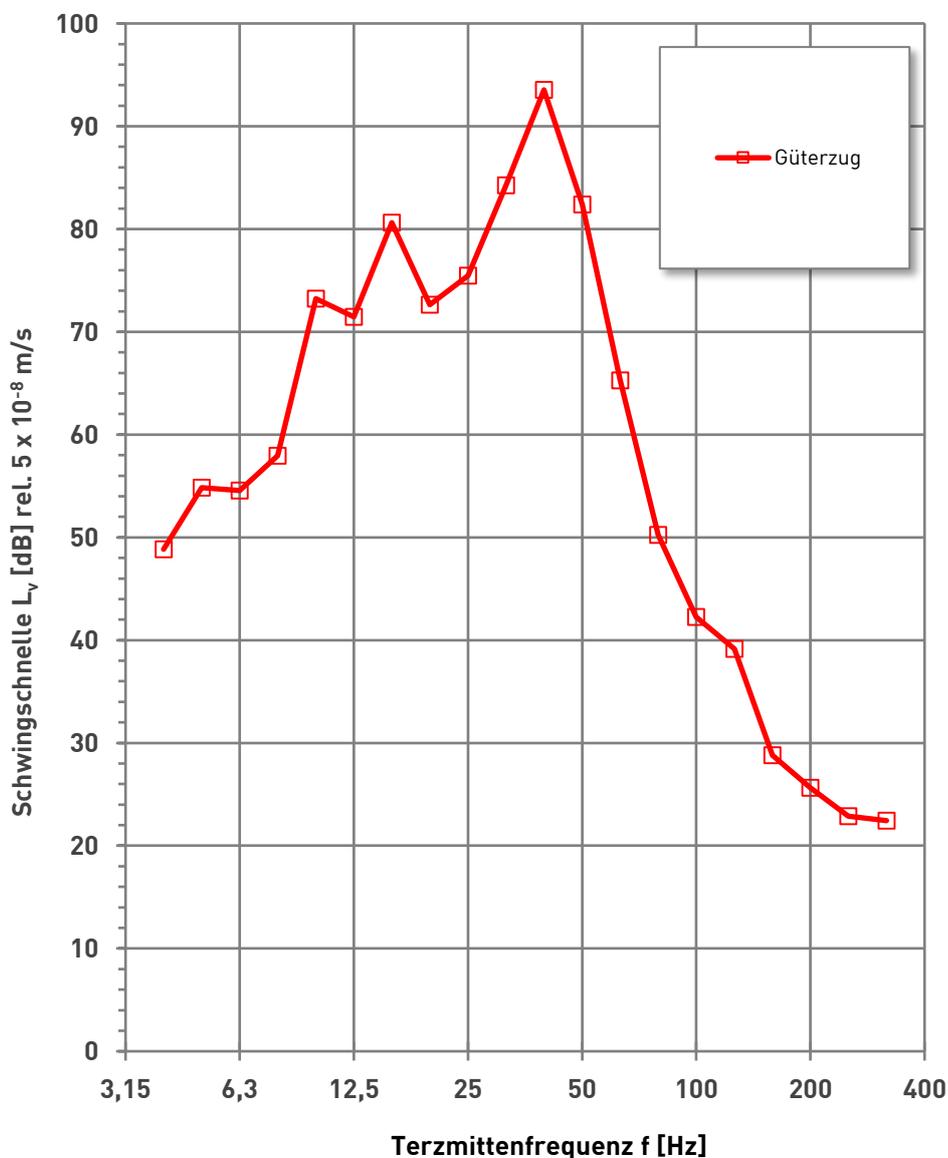
Emissionsspektrum korrigiert Güterverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

Güterzug

Geschwindigkeit: 100 [km/h]
Abstand: 8 [m]

Mittelwert



Güterzug

L _v [dB]	f [Hz]
48,9	4
54,8	5
54,6	6,3
58,0	8
73,2	10
71,4	12,5
80,6	16
72,6	20
75,5	25
84,3	31,5
93,5	40
82,4	50
65,3	63
50,2	80
42,3	100
39,1	125
28,8	160
25,6	200
22,9	250
22,4	315
94,6	Σ

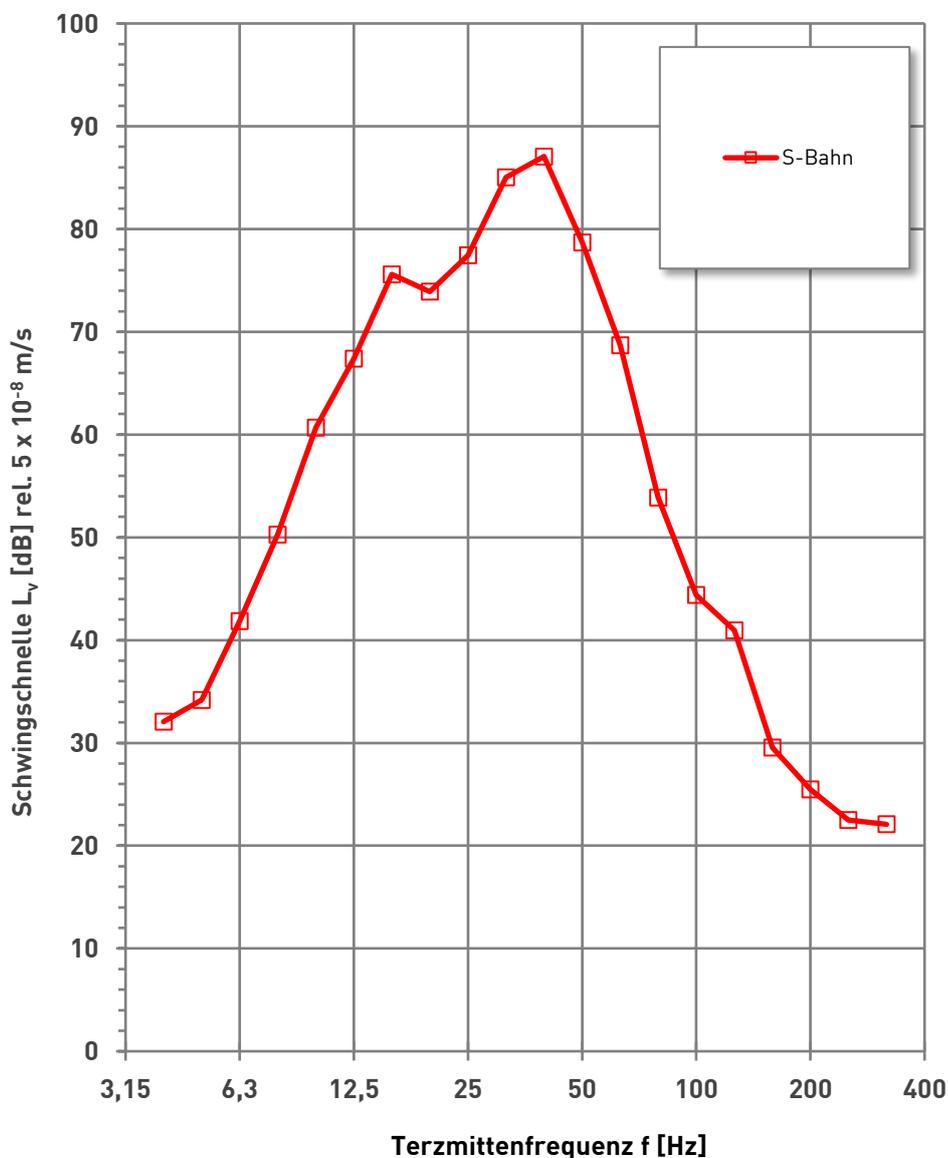
Emissionsspektrum korrigiert S-Bahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

S-Bahn

Geschwindigkeit: 140 [km/h]
Abstand: 8 [m]

Mittelwert



S-Bahn

L _v [dB]	f [Hz]
32,1	4
34,2	5
41,9	6,3
50,3	8
60,7	10
67,4	12,5
75,6	16
73,9	20
77,5	25
85,0	31,5
87,1	40
78,7	50
68,7	63
53,9	80
44,4	100
40,9	125
29,5	160
25,5	200
22,5	250
22,1	315
90,1	Σ

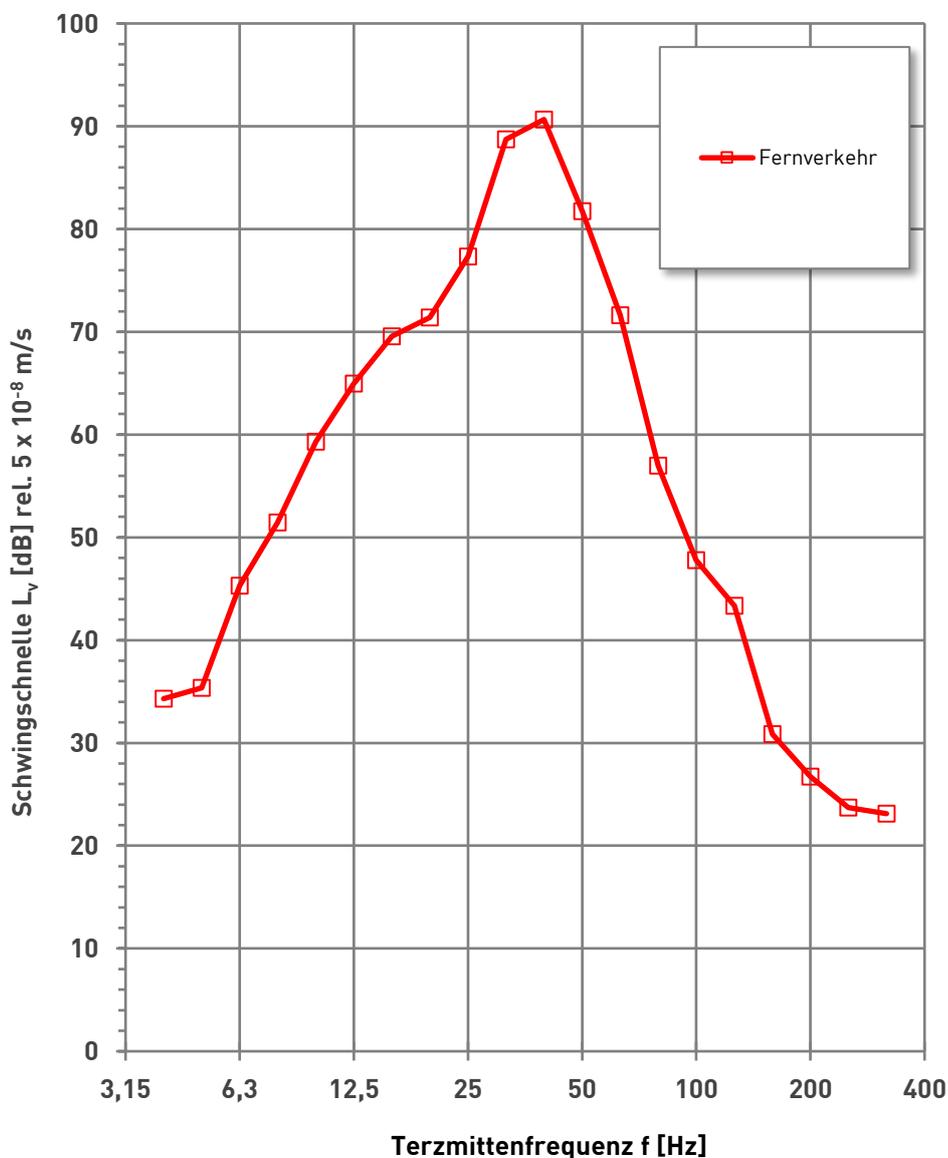
Emissionsspektrum korrigiert Fernverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

Fernverkehr

Geschwindigkeit: 160 [km/h]
Abstand: 8 [m]

Mittelwert



Fernverkehr

Lv [dB]	f [Hz]
34,3	4
35,4	5
45,3	6,3
51,4	8
59,3	10
65,0	12,5
69,6	16
71,4	20
77,3	25
88,7	31,5
90,7	40
81,7	50
71,6	63
57,0	80
47,8	100
43,3	125
30,8	160
26,7	200
23,7	250
23,1	315
93,3	Σ

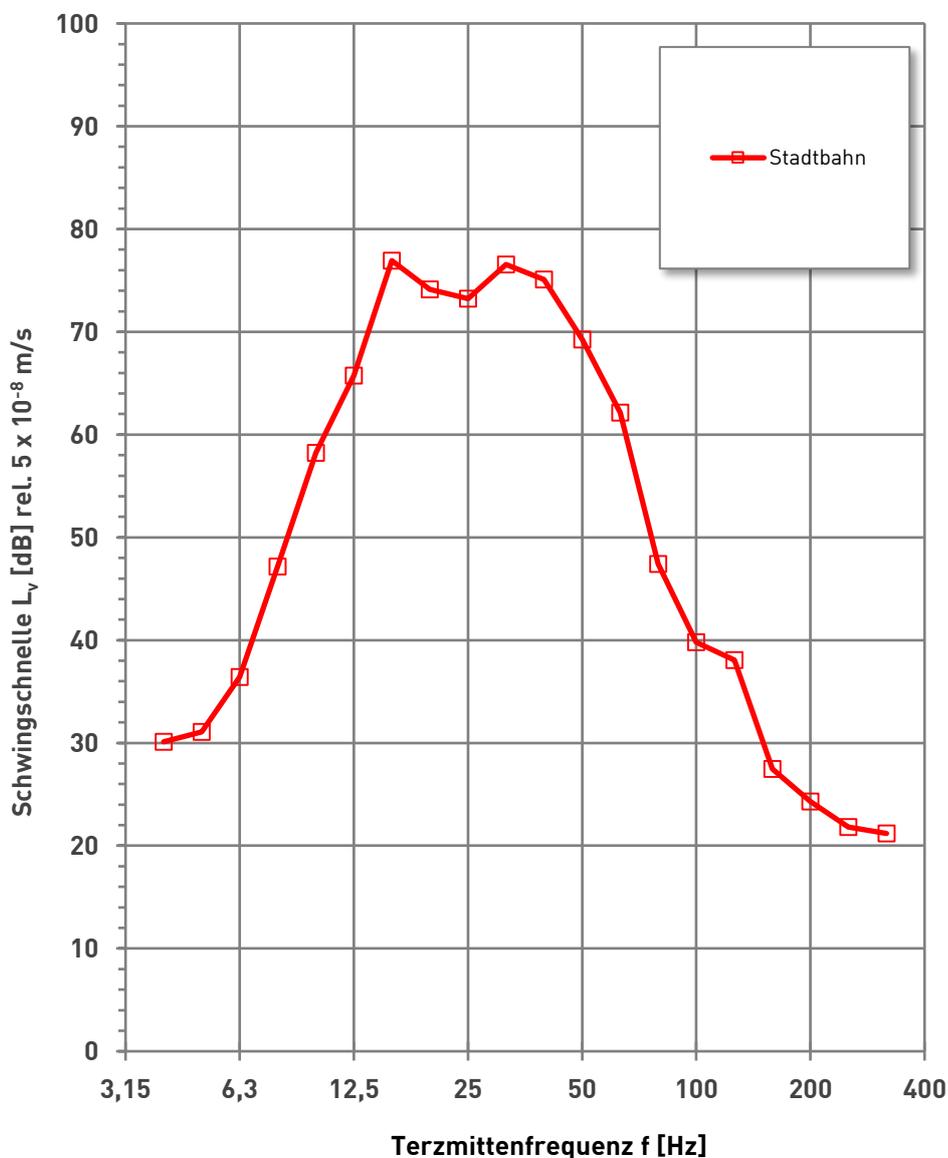
Emissionsspektrum korrigiert Stadtbahnverkehr

Messung: Emissions- und Ausbreitungsmessungen
 Schlossbereich Bruchsal 28.03.2023

Stadtbahn

Geschwindigkeit: 100 [km/h]
Abstand: 8 [m]

Mittelwert



Stadtbahn

L _v [dB]	f [Hz]
30,1	4
31,1	5
36,4	6,3
47,2	8
58,2	10
65,7	12,5
76,9	16
74,1	20
73,2	25
76,5	31,5
75,1	40
69,3	50
62,1	63
47,4	80
39,8	100
38,1	125
27,5	160
24,3	200
21,8	250
21,2	315
82,7	Σ

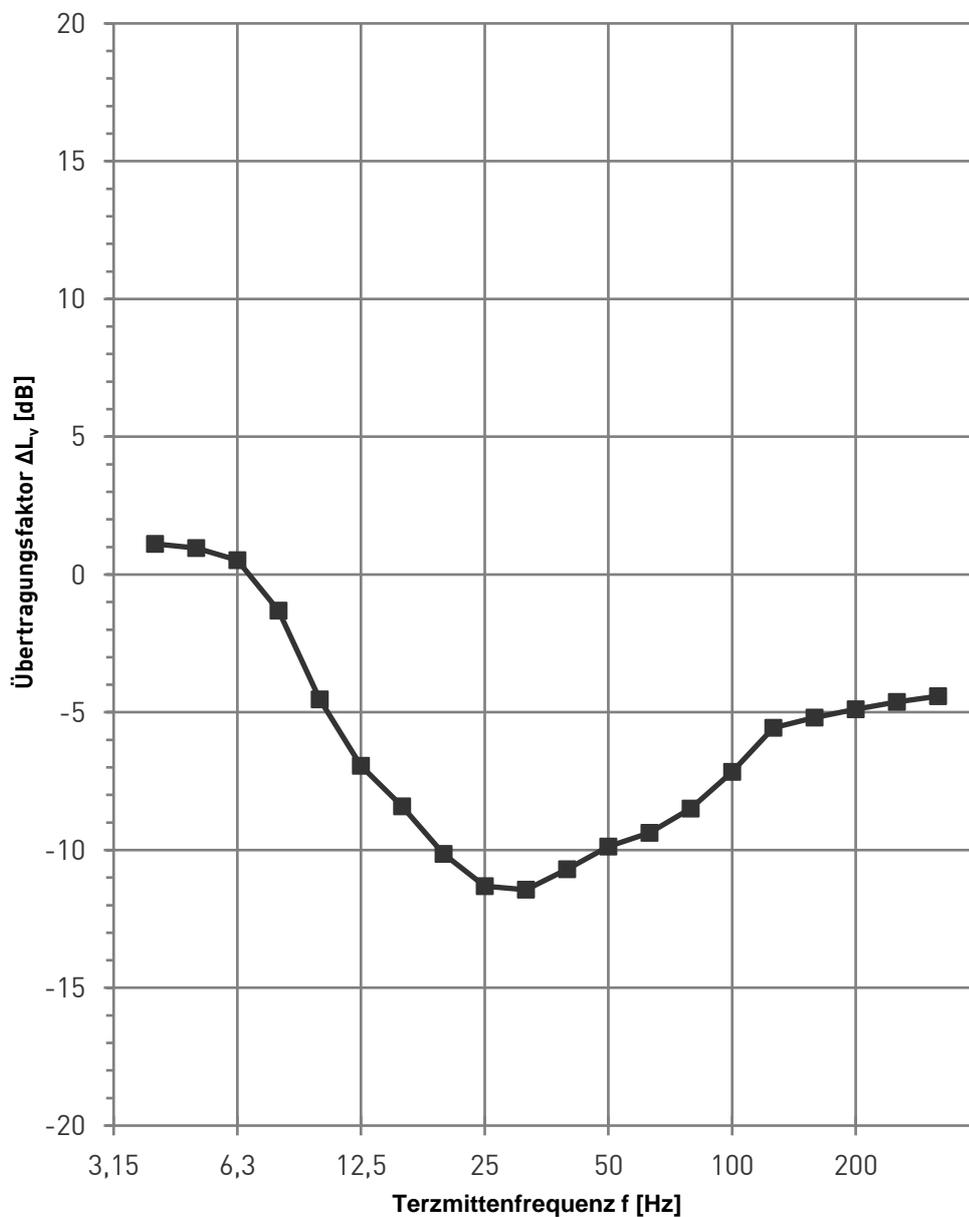
Übertragungsfunktion Erdreich - Fundament (T2)

Quelle: Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse für 112 Bebaugen
 Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
 KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

Gebäudetyp: Mehrfamilienhäuser

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwerte



ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,1	4
1,0	5
0,5	6,3
-1,3	8
-4,5	10
-6,9	12,5
-8,4	16
-10,1	20
-11,3	25
-11,4	31,5
-10,7	40
-9,9	50
-9,4	63
-8,5	80
-7,2	100
-5,6	125
-5,2	160
-4,9	200
-4,6	250
-4,4	315

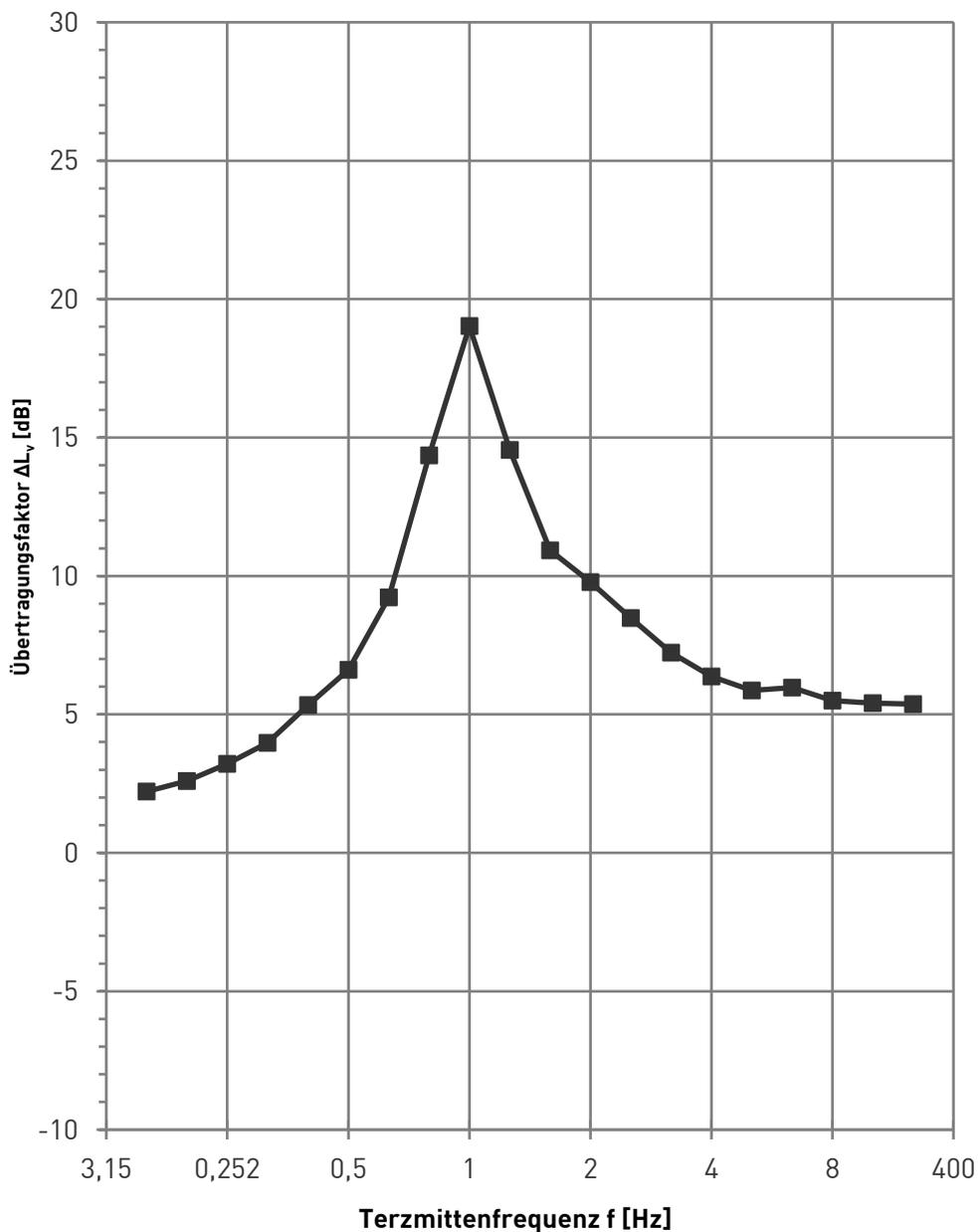
Übertragungsfunktion Fundament - Geschosdecke (T3)

Quelle: Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse für 469 Bebaungen
 KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

Deckenart: Stahlbetondecke

Schwingrichtung: vertikal (z)

Mittelwert + Standardabweichung



ΔL_v [dB]	f/f ₀ [-]
2,2	0,16
2,6	0,2
3,2	0,252
4,0	0,32
5,3	0,4
6,6	0,5
9,2	0,64
14,4	0,8
19,0	1
14,6	1,26
10,9	1,6
9,8	2
8,5	2,52
7,2	3,2
6,4	4
5,9	5
6,0	6,4
5,5	8
5,4	10
5,4	12,6

Betriebsprogramm Prognose-Planfall 2030

Strecke: 4131 / 4132
Streckenabschnitt: Bahnhof Bruchsal
Richtung: beide Richtungen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Einwirkzeit [s]
	Tag	Nacht			
SPFV	0	2	415	80	18,7
SPNV	51	11	135	80	6,1
SB	0	0	69	80	3,1
GV	53	5	734	80	33,0
Summe:	104	18			

Strecke: 4000
Streckenabschnitt: Bahnhof Bruchsal
Richtung: beide Richtungen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Einwirkzeit [s]
	Tag	Nacht			
SPFV	44	5	336	140	8,6
SPNV	111	29	135	160	3,0
SB	38	6	69	100	2,5
GV	48	10	734	100	26,4
Summe:	241	50			

Strecke: 4130
Streckenabschnitt: Bahnhof Bruchsal
Richtung: beide Richtungen

Zugart	Anzahl		Zuglänge [m]	v _{max} [km/h]	Einwirkzeit [s]
	Tag	Nacht			
SPFV	0	2	336	80	15,1
SPNV	41	7	135	80	6,1
SB	41	7	35	80	1,6
GV	0	0	734	80	33,0
Summe:	82	16			

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix PPF

Tagzeitraum

Strecke: 4131 / 4132 / 4000 / 4130

Gebietsnutzung: Mischgebiet

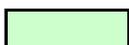
Ort: Schlossbereich
76646 Bruchsal

Abstand der Bebauung ab: 33,0 m

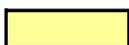
Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,r}$ mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
32	27,0	18,6	12,8	9,1	6,7	5,9	5,8	5,0	4,2	3,9
33	26,7	18,4	12,5	8,9	6,5	5,7	5,6	4,6	4,1	3,8
34	26,4	18,2	12,3	8,6	6,4	5,6	5,4	4,5	4,0	3,8
36	26,0	17,7	11,9	8,3	6,2	5,4	5,1	4,3	3,9	3,7
38	25,5	17,4	11,5	8,0	6,0	5,2	4,6	4,2	3,8	3,6
40	25,1	17,0	11,2	7,5	5,8	4,7	4,5	4,0	3,7	3,5
44	24,3	16,4	10,6	6,7	5,5	4,5	4,2	3,8	3,6	3,4
48	23,7	15,8	10,0	6,4	5,0	4,3	4,0	3,7	3,5	3,3
52	23,1	15,3	9,5	6,2	4,9	4,2	3,9	3,6	3,4	3,2
56	22,5	14,9	9,2	5,9	4,7	4,1	3,7	3,5	3,3	3,1
60	22,0	14,5	8,7	5,5	4,6	3,9	3,6	3,4	3,2	3,0
64	21,6	14,1	8,4	5,4	4,5	3,8	3,5	3,3	3,1	3,0
68	21,2	13,8	8,1	5,2	4,4	3,8	3,5	3,2	3,1	2,9
72	20,8	13,5	7,8	5,1	4,3	3,7	3,4	3,1	3,0	2,9
80	20,1	12,9	7,0	4,9	4,1	3,6	3,3	3,0	2,9	2,8
88	19,4	12,5	6,7	4,7	4,0	3,4	3,2	2,9	2,8	2,7
96	18,9	12,1	6,3	4,6	3,9	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6
104	18,4	11,7	6,1	4,4	3,8	3,3	3,0	2,8	2,7	2,5
112	18,0	11,4	5,9	4,3	3,7	3,2	2,9	2,7	2,6	2,5
120	17,6	11,0	5,8	4,2	3,6	3,1	2,8	2,7	2,5	2,4
128	17,2	10,7	5,6	4,1	3,5	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4
136	16,8	10,4	5,5	4,0	3,4	3,0	2,7	2,6	2,4	1,7
144	16,5	10,1	5,4	4,0	3,4	2,9	2,7	2,5	2,4	1,7
148	16,4	10,0	5,3	3,9	3,4	2,9	2,7	2,5	2,4	1,7
152	16,2	9,9	5,3	3,9	3,3	2,9	2,6	2,5	2,4	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Erschütterungsimmissionen

Einwirkungsmatrix PPF

Nachtzeitraum

Strecke: 4131 / 4132 / 4000 / 4130

Gebietsnutzung: Mischgebiet

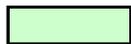
Ort: Schlossbereich
76646 Bruchsal

Abstand der Bebauung ab: 33,0 m

Beurteilungsschwingstärken $KB_{FT,r}$ mit dem Faktor 100 multipliziert in Abhängigkeit des maßgeblichen Gleisabstandes und Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
32	15,4	10,8	7,5	5,4	3,8	3,4	3,3	2,8	2,3	2,1
33	15,2	10,7	7,3	5,3	3,7	3,3	3,2	2,5	2,2	2,1
34	15,1	10,6	7,2	5,1	3,7	3,2	3,1	2,5	2,2	2,1
36	14,8	10,3	6,9	4,9	3,5	3,1	2,9	2,3	2,1	2,0
38	14,6	10,1	6,7	4,7	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	2,0
40	14,3	9,9	6,5	4,4	3,3	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9
44	13,9	9,5	6,2	3,8	3,1	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9
48	13,6	9,2	5,8	3,6	2,8	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
52	13,2	8,9	5,6	3,5	2,7	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8
56	12,9	8,7	5,4	3,3	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
60	12,6	8,4	5,1	3,0	2,5	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
64	12,4	8,2	4,9	3,0	2,5	2,1	2,0	1,8	1,7	1,7
68	12,1	8,0	4,7	2,9	2,4	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6
72	11,9	7,9	4,5	2,8	2,4	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6
80	11,5	7,5	3,9	2,7	2,3	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5
88	11,2	7,3	3,8	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	1,6	1,5
96	10,9	7,0	3,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5
104	10,6	6,8	3,4	2,5	2,1	1,8	1,7	1,5	1,5	1,4
112	10,4	6,6	3,3	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4
120	10,1	6,4	3,2	2,3	2,0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4
128	9,9	6,2	3,1	2,3	2,0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
136	9,7	6,0	3,1	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	0,8
144	9,5	5,9	3,0	2,2	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	0,8
148	9,5	5,8	3,0	2,2	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	0,8
152	9,4	5,8	2,9	2,2	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	0,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird maximal zu 2/3 ausgeschöpft, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.



Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht eingehalten.

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix PPF

Tagzeitraum

Strecke: 4131 / 4132 / 4000 / 4130

Gebietsnutzung: Mischgebiet

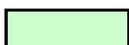
Ort: Schlossbereich
76646 Bruchsal

Abstand der Bebauung ab: 33,0 m

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
32	19,5	19,7	20,4	20,9	21,6	23,1	25,2	24,9	22,8	20,8
33	19,2	19,4	20,0	20,6	21,3	22,8	24,8	24,5	22,5	20,5
34	18,9	19,2	19,7	20,2	21,0	22,4	24,4	24,2	22,2	20,2
36	18,5	18,6	19,2	19,6	20,3	21,7	23,7	23,5	21,6	19,7
38	18,0	18,1	18,6	19,1	19,7	21,1	23,1	22,9	21,1	19,2
40	17,6	17,7	18,2	18,5	19,2	20,5	22,4	22,4	20,5	18,7
44	16,9	16,9	17,3	17,6	18,2	19,4	21,3	21,3	19,6	17,8
48	16,4	16,2	16,5	16,7	17,2	18,4	20,3	20,4	18,7	17,0
52	15,9	15,6	15,8	15,9	16,4	17,5	19,3	19,5	17,9	16,2
56	15,5	15,1	15,2	15,2	15,6	16,6	18,4	18,7	17,1	15,6
60	15,2	14,7	14,6	14,6	14,9	15,8	17,6	17,9	16,4	14,9
64	14,9	14,3	14,1	14,0	14,3	15,1	16,8	17,2	15,8	14,4
68	14,7	14,0	13,7	13,5	13,7	14,4	16,1	16,6	15,2	13,8
72	14,5	13,7	13,3	13,0	13,1	13,8	15,4	15,9	14,6	13,3
80	14,1	13,2	12,6	12,1	12,1	12,7	14,2	14,8	13,6	12,4
88	13,8	12,7	12,0	11,4	11,3	11,7	13,1	13,8	12,7	11,6
96	13,6	12,4	11,5	10,7	10,5	10,8	12,1	12,9	11,8	10,9
104	13,4	12,1	11,0	10,2	9,9	10,0	11,3	12,0	11,1	10,2
112	13,2	11,8	10,6	9,7	9,3	9,3	10,4	11,2	10,4	9,6
120	13,0	11,6	10,2	9,2	8,7	8,6	9,7	10,5	9,7	9,1
128	12,9	11,4	9,9	8,8	8,3	8,1	9,0	9,9	9,2	8,6
136	12,7	11,2	9,6	8,5	7,8	7,6	8,4	9,3	8,6	8,2
144	12,6	11,0	9,4	8,2	7,5	7,1	7,9	8,7	8,1	7,7
148	12,5	11,0	9,2	8,0	7,3	6,9	7,6	8,4	7,9	7,5
152	12,5	10,9	9,1	7,9	7,1	6,7	7,4	8,2	7,7	7,3

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für den Tag wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV **nicht** sind erfüllt.

IRW 40 dB(A)

Sekundärer Luftschall

Einwirkungsmatrix PPF

Nachtzeitraum

Strecke: 4131 / 4132 / 4000 / 4130

Gebietsnutzung: Mischgebiet

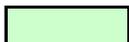
Ort: Schlossbereich
76646 Bruchsal

Abstand der Bebauung ab: 33,0 m

Beurteilungspegel Lri [dB(A)] in Abhängigkeit des Gleisabstandes und maßgeblichen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden.

Abstand r [m]	Deckeneigenfrequenzen [Hz]									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
32	14,5	14,7	15,3	15,8	16,6	18,0	19,9	19,7	17,9	16,0
33	14,2	14,4	15,0	15,5	16,2	17,7	19,6	19,4	17,6	15,7
34	13,9	14,1	14,7	15,2	15,9	17,3	19,2	19,1	17,3	15,5
36	13,5	13,6	14,2	14,6	15,3	16,7	18,5	18,5	16,8	14,9
38	13,3	13,5	14,0	14,4	15,1	16,5	18,3	18,3	16,6	14,7
40	12,7	12,7	13,2	13,6	14,2	15,5	17,3	17,4	15,7	14,0
44	12,0	12,0	12,4	12,7	13,3	14,4	16,2	16,4	14,8	13,1
48	11,5	11,3	11,6	11,8	12,4	13,5	15,2	15,4	14,0	12,4
52	11,1	10,8	10,9	11,1	11,6	12,6	14,3	14,6	13,2	11,6
56	10,7	10,3	10,4	10,4	10,8	11,8	13,4	13,8	12,5	11,0
60	10,4	9,9	9,8	9,8	10,2	11,0	12,6	13,1	11,8	10,4
64	10,1	9,5	9,4	9,3	9,6	10,3	11,9	12,4	11,2	9,9
68	9,8	9,2	8,9	8,7	9,0	9,7	11,2	11,8	10,6	9,3
72	9,6	8,9	8,5	8,3	8,4	9,1	10,6	11,2	10,0	8,9
80	9,3	8,4	7,8	7,4	7,5	8,0	9,4	10,0	9,0	8,0
88	9,0	8,0	7,2	6,7	6,6	7,0	8,3	9,1	8,1	7,2
96	8,7	7,6	6,7	6,1	5,9	6,1	7,4	8,1	7,3	6,5
104	8,5	7,3	6,3	5,5	5,2	5,3	6,5	7,3	6,6	5,9
112	8,3	7,1	5,9	5,0	4,7	4,6	5,7	6,6	5,9	5,3
120	8,1	6,8	5,5	4,6	4,1	4,0	5,0	5,9	5,3	4,7
128	8,0	6,6	5,2	4,2	3,7	3,5	4,4	5,2	4,7	4,2
136	7,9	6,4	4,9	3,8	3,2	2,9	3,8	4,6	4,2	3,8
144	7,7	6,3	4,6	3,5	2,9	2,5	3,2	4,1	3,7	3,4
148	7,7	6,2	4,5	3,4	2,7	2,3	3,0	3,8	3,4	3,2
152	7,6	6,1	4,4	3,2	2,5	2,1	2,7	3,6	3,2	3,0

r Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird unterschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.



Der Immissionsrichtwert für die Nacht wird überschritten, die Anforderungen der 24. BImSchV **nicht** sind erfüllt.

IRW 30 dB(A)

Plangebiet

