

BV Neubaugebiet Maxhütte – Haidhof, Ortsteil Pirkensee Bahn-Immissionen

Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische
Untersuchung

imb-dynamik-Bericht Nr. B433131a.docx vom 17.10.2017

Auftraggeber: Stadt Maxhütte-Haidhof
 Regensburger Straße 18
 D-93142 Maxhütte-Haidhof

Bearbeitet von: Dr.-Ing. Holger Molzberger
 Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

Zusammenfassung

Situation

In Maxhütte-Haidhof ist im Ortsteil Pirkensee ein Neubaugebiet geplant. Die geplante Bebauung liegt in unmittelbarer Nähe der Bahnlinie Regensburg - Hof.

Die vorbeifahrenden Züge tragen in das Erdreich und in benachbarte Gebäude Körperschallwellen ein, die von den Bewohnern und Nutzern der Gebäude als Erschütterungen bzw. als sogenannter „sekundärer Luftschall“ wahrgenommen werden können. Es ist sicherzustellen, dass

- die in der geplanten Bebauung gegebenen (sekundären) Luftschall- und Erschütterungsimmissionen die Grenzwerte der einschlägigen Richtlinien einhalten, und
- die Eigentümer/Nutzer unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und konstruktiver Aspekte möglichst wenig bzw. keinen wahrnehmbaren Immissionen ausgesetzt werden.

Für diese Aussagen waren Messungen erforderlich, welche die Erschütterungsimmissionen auf dem Baugebiete erfassten. Gegenstand des vorliegenden Gutachtens sind die Ergebnisse dieser Messungen, die Prognose der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls in den zukünftigen Gebäuden sowie die Beurteilung dieser nach den einschlägigen Normen und Richtlinien.

Ergebnisse

Körperschallnach DIN 4150 Teil 2

Maximalwerte

Maßgebender Messpunkt 01Z Zuggattung Güterzüge Richtung Hof	Prognose KB_{Fmax}	Anhaltswerte A_o	
		Wohngebiet	imb-Empfehlung
Maximalwerte ungünstige Gebäudeparameter	0,18	0,2	0,15
Maximalwerte günstige Gebäudeparameter	0,08		

Beurteilungswerte

	Prognose KB_{FTr} tags / nachts	Anhaltswerte tags / nachts	
		Wohngebiet	imb-Empfehlung
ungünstige Gebäudeparameter	0,041 / 0,032	0,07 / 0,05	keine
günstige Gebäudeparameter	0,018 / 0,014		

Die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 werden bei allen Gebäuden im geplanten Bebauungsgebiet eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719

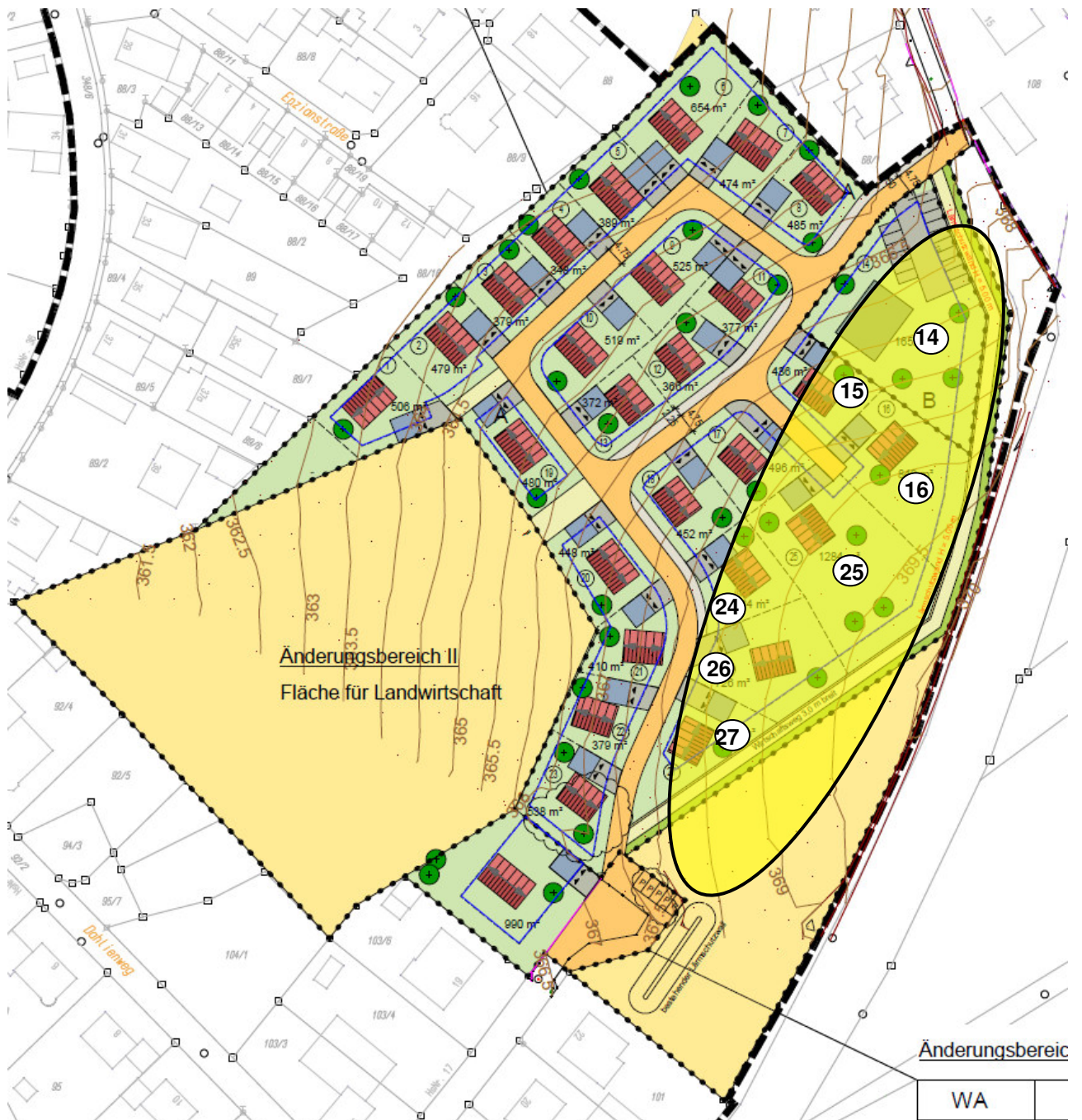
Mittlere Maximalwerte

geplantes Gebäude	maßg. Mess- punkt		Prognose Mittlere Maximal- werte	Anhaltswerte		
				Mindest- anforde- rung	Komfort- anforde- rung	imb- Emp- fehlung
Mehrfamilienhaus Parzellennummer 14	01Z	ungünstige Gebäudeparameter	40dB(A)	40dB(A)	35dB(A)	30dB(A)
		günstige Gebäudeparameter	28dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 15	01Z bzw. 11Z ¹	ungünstige Gebäudeparameter	36dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	24dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 16	01Z	ungünstige Gebäudeparameter	40dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	28dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 24	03Z, 13Z bzw. 02Z ²	ungünstige Gebäudeparameter	34dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	25dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 25	02Z	ungünstige Gebäudeparameter	41dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	31dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 26	03Z	ungünstige Gebäudeparameter	37dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	28dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 27	04Z bzw. 03Z, 13Z ¹	ungünstige Gebäudeparameter	35dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	26dB(A)			

Die Mindestanforderung nach VDI-Richtlinie 2719 wird bei dem geplanten Einfamilienhaus, Parzellennummer 25 überschritten. Bei den Gebäuden Parzellennummer 14 und 16, ist die Mindestanforderung nur knapp eingehalten. Die Komfortanforderung wird bei den Gebäuden mit der Parzellennummern 24 und 25 eingehalten. Insgesamt liegen die Prognosewerte bei ungünstigen Gebäudeparametern der nachfolgend gelb dargestellten Gebäude alle über 30 dB(A), der Hörgrenze unter großstädtischen Bedingungen.

¹ Abnahme mit größerem Abstand zur Bahn bei Prognose berücksichtigt.

² Mittelwert der 3 Messpunkte angesetzt.



Auszug aus dem Bebauungsplan[9], Parzellennummern im betroffenen Bereich hervorgehoben

Zwar wird die Mindestanforderung der VDI-Richtlinie 2719 nur bei 1 Gebäude überschritten und bei 2 Gebäuden knapp eingehalten, jedoch sind die Prognoseergebnisse auch in Anbetracht der Umgebung zu beurteilen.

Aufgrund der ländlichen Umgebung und der Überlagerung des Sekundärluftschalls mit dem Primären Luftschall empfehlen wir die 30 dB(A) als Anhalts- und Grenzwert für den sekundären Luftschall anzusetzen. Hieraus ergibt sich, dass für die gelb dargestellten Gebäude Erschütterungsschutzmaßnahmen erforderlich bzw. dringend anzuraten sind.

Maßnahmenempfehlung

Maßnahmen zur Minderung der Sekundärluftschallimmissionen sind prinzipiell an drei Stellen möglich:

- am Emissionsort (Gleis),
- am Übertragungsweg (Boden) und
- am Immissionsort (Gebäude).

Allgemein sind Maßnahmen am Emissionsort sowie am Übertragungsweg wirtschaftlich meist nicht realisierbar.

Demnach verbleiben als technisch sinnvolle und wirtschaftliche Maßnahmen nur solche an den zu schützenden Gebäuden selbst.



Dr.-Ing. Holger Molzberger
Geschäftsführer
imb-dynamik GmbH



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

*Wir sind als Messstelle nach §26 BImSchG anerkannt.
Wir liefern zertifizierte Qualität. ISO 9001:2008. Seit 1998.*

Dokument erstellt von JH

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	4
1 Situation und Aufgabenstellung	7
2 Grundlagen	7
3 Beurteilungskriterien	7
3.1 Körperschall nach DIN 4150/2, siehe (5)	7
3.1.1 Beurteilungsgrößen	7
3.1.2 Prognose	8
3.1.3 Beurteilungsverfahren	8
3.2 Sekundärer Luftschall nach VDI 2719, siehe (6)	10
3.3 Bestimmung der Maximalwerte	11
3.4 Bestimmung der Beurteilungswerte	11
3.5 imb-dynamik-Empfehlung	12
3.6 Zusammenfassung Anhaltswerte	12
4 Messungen	13
4.1 Lage der Messpunkte	13
4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten	14
4.3 Durchführung der Messungen	15
5 Auswertung	15
5.1 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt	15
5.2 Auswertung im Zeitbereich	15
6 Prognoseergebnisse und Beurteilung	17
6.1 Allgemein	17
6.2 Immissionssituation	17
6.2.1 Vergleich der Messpunkte	18
6.2.2 Vergleich der Zuggattungen	19
6.3 Prognostizierte Erschütterungen	20
6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall	20
7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung	21
7.1 Beurteilung der Prognosewerte	21
7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen	23

1 Situation und Aufgabenstellung

In Maxhütte-Haidhof ist im Ortsteil Pirkensee ein Neubaugebiet geplant. Die geplante Bebauung liegt in unmittelbarer Nähe der Bahnlinie Regensburg - Hof.

Die vorbeifahrenden Züge tragen in das Erdreich und in benachbarte Gebäude Körperschallwellen ein, die von den Bewohnern und Nutzern der Gebäude als Erschütterungen bzw. als sogenannter „sekundärer Luftschall“ wahrgenommen werden können. Es ist sicherzustellen, dass

- die in der geplanten Bebauung gegebenen (sekundären) Luftschall- und Erschütterungsimmersionen die Grenzwerte der einschlägigen Richtlinien einhalten, und
- die Eigentümer/Nutzer unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und konstruktiver Aspekte möglichst wenig bzw. keinen wahrnehmbaren Immersionen ausgesetzt werden.

Für diese Aussagen waren Messungen erforderlich, welche die Erschütterungsimmersionen auf dem Baugebiet erfassten. Gegenstand des vorliegenden Gutachtens sind die Ergebnisse dieser Messungen, die Prognose der Erschütterungen und des Sekundärluftschalls in den zukünftigen Gebäuden, sowie die Beurteilung dieser nach den einschlägigen Normen und Richtlinien.

2 Grundlagen

- (1) imb-dynamik-Messungen vom 07.06.2017
- (2) DIN IEC 60263: Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von frequenzabhängigen Kennlinien und Polardiagrammen, vom August 1999
- (3) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen; Teil 1, Anforderungen an die Schwingungsmesser, Juni 1995
- (4) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen; Teil 2, Messverfahren, Juni 2005
- (5) DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- (6) VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, Aug. 1987
- (7) VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, März 2006
- (8) Schalltechnisches Gutachten 877_1, ab consultants, Bebauungsplan „PIRKENSEE – SÜDLICHER TEIL, 2. qualifizierte Änderung“, vom 07.11.2016
- (9) Bebauungsplan Baugebiet „Pirkensee südlicher Teil“, 1. qualifizierte Änderung, Fassung vom 27.09.17

3 Beurteilungskriterien

3.1 Körperschall nach DIN 4150/2, siehe (5)

3.1.1 Beurteilungsgrößen

Zur Bewertung der Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen wird die bewertete Schwingstärke $KBF(t)$ herangezogen.

Die Bewertete Schwingstärke $KBF(t)$ ist dabei nach DIN 45669 als gleitender Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals (Zeitbewertung 0,125 s, "FAST") definiert.

Die Beurteilung erfolgt anhand von zwei Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} , die maximale bewertete Schwingstärke
- $KB_{FT,r}$, die Beurteilungsschwingstärke.

Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} berücksichtigt die Häufigkeit und Dauer der Erschütterungsereignisse. Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} wird mit Hilfe eines Taktmaximalwertverfahrens (Taktzeit = 30 s) ermittelt.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} ergibt sich dabei nach folgender Gleichung:

$$KB_{FT_r} = KB_{FT_m} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (1)$$

mit T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

T_e = Einwirkungszeit

KB_{FT_m} = Taktmaximal-Effektivwert, wobei der Taktmaximal-Effektivwert die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte (KB_{Fmax} -Werte) der Einzelereignisse (hier Zugfahrten) ist.

3.1.2 Prognose

Für die Beurteilung der Schwingungssituation in zukünftigen Gebäuden ist eine Prognose erforderlich. Diese wird im Frequenzbereich durchgeführt:

- Berechnung von FAST-bewerteten Terzschnellespektren mit der Charakteristik „Fast-max-hold“ (d.h. der Maximalwert jeder einzelnen Terz wird in ein Ergebnisspektrum übernommen, unabhängig vom Zeitpunkt seines Auftretens).
- Terzschnellespektren für jedes gemessene Einzelereignis, Obere und Untere Einhüllende, Energetisches Mittel über Zuggattungen und Fahrtrichtungen
- Multiplikation mit spektralen Übertragungsfunktionen, die die Gebäudeeigenschaften beschreiben

Aus den Immissionsspektren wird dann ein spektraler Summenpegel (4 bis 80 Hz) gebildet, der einem im Zeitbereich ermittelten KB-Wert weitgehend entspricht.

Für den Sekundärluftschall wird die Prognose in analoger Weise durchgeführt.

3.1.3 Beurteilungsverfahren

Die Beurteilung erfolgt nach untenstehend beschriebener Vorgehensweise:

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

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

Die in der DIN 4150/2 angegebenen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen sind in der folgenden Tabelle angegeben:

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

Für oberirdischen Schienenverkehr des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen A_u - und A_r -Werte der obigen Tabelle.

Für oberirdischen Schienenverkehr außer des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) gelten die A_u - und A_r -Werte der obigen Tabelle.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anhaltswerte indikatorischen Charakter haben und eine Beurteilung jeweils im Einzelfall - auch unter Berücksichtigung der Messunsicherheit - zu erfolgen hat.

In den Erläuterungen zur Norm werden Zusammenhänge zwischen bewerteten Schwingstärken und subjektiver Wahrnehmung angegeben.

Die folgende Tabelle beschreibt den Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung:

KB-Werte	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
----- 0,1 -----	----- Föhlschwelle -----
0,1 - 0,4	gerade spürbar
0,4 - 1,6	gut spürbar
1,6 - 6,3	stark spürbar

3.2 Sekundärer Luftschall nach VDI 2719, siehe (6)

Infolge von Körperschall-Einwirkungen werden die Raumbegrenzungsflächen (Wände, Geschoßdecken) zu Schwingungen angeregt. Diese strahlen ähnlich Lautsprechermembranen Luftschall ab. Bei ausreichend hohen Pegeln wird dieser "Sekundärluftschall" vom Menschen hörbar wahrgenommen.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Schwingschnelle in den Raumbegrenzungsflächen, den jeweiligen Abstrahl- und Absorptionsverhältnissen im Raum und den daraus resultierenden Schalldruckpegeln im Raum. Für den mittleren Maximalpegel nach VDI 2719 kann abgeleitet werden:

$$\bar{L}_{\max} = L_{vA, \text{FAST}} - 3 \text{ dB} + 10 \cdot \log(4 \cdot S/A) + 10 \cdot \log \sigma \quad (2)$$

Dabei bedeuten:

$\bar{L}_{\max}$ = A-bewerteter mittlerer maximaler Schalldruckpegel im Raum in dB(A)

$L_{vA, \text{FAST}}$ = A- und FAST-bewerteter Schnellepegel der Raumbegrenzungsflächen in dB(A), re $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

S = Größe der schwingerregten Fläche in m²

A = Absorptionsvermögen des Raumes in m²

σ = Abstrahlgrad

- 3 dB = Korrekturterm für Berücksichtigung der Phasenlage verschiedener Übertragungswege und schallabstrahlender Bauteile

Aufgrund von Erfahrungswerten für raumakustische Verhältnisse in Wohnräumen und mit Wohnräumen vergleichbar ausgestatteten Räumen können folgende Werte für S, A und σ angesetzt werden:

$S \approx 2 \times$ Grundrissfläche G

$A \approx 0,8 \times$ Grundrissfläche G

$\sigma = 1$ für Frequenzen > 63 Hz. Für tiefere Frequenzen (< 63 Hz) erfolgt eine Absenkung.

Die Berechnung erfolgte im Frequenzbereich von 10 bis 400 Hz.

Für die Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen liegen derzeit noch keine verbindlichen Richtwerte vor. Im Allgemeinen wird meist auf die VDI-Richtlinie 2719 "Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen" zurückgegriffen und die darin genannten Anhaltswerte zur Beurteilung herangezogen.

Aus der VDI-Richtlinie 2719 ergeben sich folgende zulässige mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts:

Gebiet	sog. Komfortanforderung	Mindestanforderung
Reine und Allgemeine Wohngebiete	35 dB(A)	40 dB(A)
Sonstige Gebiete	40 dB(A)	45 dB(A)

3.3 Bestimmung der Maximalwerte

In den meisten Fällen ist der Nachtzeitraum aufgrund strengerer Richtwerte für die Beurteilung der Schwingungssituation maßgebend. Innerhalb des Nachtzeitraumes ergibt sich aus dem Unterschied zwischen zulässigem Maximalwert und zulässigem Mittel (= Beurteilungspegel) sowie aus der im Nachtzeitraum vorhandenen Zugdichte, dass häufig der Maximalwert KB_{Fmax} bei den Erschütterungen maßgebend ist – nur bei sehr hoher Zugdichte ist auch der Beurteilungspegel zu berücksichtigen.

Beim Sekundärluftschall wird ohnehin ausschließlich eine Beurteilung des (regelmäßig erreichten) Maximalwertes durchgeführt.

In der DIN (4) wird festgeschrieben, dass ein „seltenes Überschreiten“ des Maximalwertkriteriums zulässig ist. Diese Formulierung trägt dem Umstand Rechnung, dass z.B. der Erschütterungsschutz von Gebäuden an der Strecke nicht auf der Basis von Messwerten eines einzelnen Zuges mit extrem schlechten Rädern (Unrundheiten, Flachstellen) dimensioniert wird. In (4) wird keine genaue Vorgehensweise der Aussonderung „extremer“ Zugfahrten vorgeschrieben.

Für die Bestimmung des zu beurteilenden Maximalwertes für den Zugverkehr wird im Folgenden diese Vorgehensweise gewählt:

- Auswahl der maßgebenden Zuggattung und Fahrtrichtung
- Mittel aller gemessenen Züge dieser Zuggattung ergibt den „ $maxKB_{FTm}$ “ (Bez. bei imb-dynamik)
- Beaufschlagung dieses maßgebenden Immissionswertes „ $maxKB_{FTm}$ “ für Streuungen des Rollmaterials im üblichen Rahmen:
 - +50 % für die Erschütterungen
 - keine Beaufschlagung des Sek.-Luftschalls (nur bei Bewertung nach TA-Lärm + 3 dB)

Sollten einzelne Zugfahrten mit noch höheren Werten gemessen werden, gehen diese nicht in die Bewertung ein, sondern werden gemäß (4) als Züge eingestuft, bei welchen die Ursache für starke Erschütterungen an den Zugeinheiten selbst zu suchen ist.

3.4 Bestimmung der Beurteilungswerte

Es wird bzgl.

- Lage der Messpunkte
- Größe der Immissionen der einzelnen Zuggattungen und Fahrtrichtungen

ein für das geplante Gebäude maßgebendes Immissionsspektrum ermittelt. Mit diesem Spektrum wird zunächst die Prognose wie beschrieben durchgeführt (siehe oben). Ergebnis ist der KB_{Fmax} Wert im zukünftigen Gebäude.

Anschließend wird auf Basis dieses Prognoseergebnisses, das i.d.R. nur für die maßgebende Zuggattung erstellt wird, der prognostizierte KB_{FTm} Wert im Verhältnis der gemessenen mittleren KB-Werte zu den gemessenen maximalen KB-Werten errechnet:

$$KB_{FTm, Prog} := KB_{Fmax, Prog} \cdot \frac{KB_{FTm, Messung}}{KB_{Fmax, Messung}} \quad (3)$$

Die Beurteilungswerte (KB_{FT} nachts und tags) ergeben sich nach Gleichung (1).

3.5 imb-dynamik-Empfehlung

Über die in (5) und (6) geforderten Anhaltswerte hinaus empfehlen wir für ein neues hochwertiges Wohngebäude, dass durchschnittliche Zugfahrten der lautesten Zuggattung und Fahrtrichtung nicht wahrnehmbar sein sollten:

Einhaltung der Fühlgrenze von $KB = 0,1$

Einhaltung der Hörgrenze von ca. 30 dB(A) unter großstädtischen Umgebungsbedingungen.

Für eine einheitliche Beurteilungsgrundlage wird die Forderung von durchschnittlich $KB = 0,1$ für die maßgebende Zuggattung und Fahrtrichtung in einen KB_{Fmax} Wert umgerechnet (+ 50% s.o.). Empfehlung imb-dynamik:

- $KB_{Fmax} \leq 0,15$
- $\bar{L}_{max} \leq 30 \text{ dB(A)}$

3.6 Zusammenfassung Anhaltswerte

Erschütterungen

	Wohngebiet	imb-Empfehlung gehobene Wohnqualität
Maximalwert KB_{Fmax}	tags 3 nachts 0,2	0,15
Beurteilungspegel ³ KB_{FT}	tags 0,07 nachts 0,05	keine zusätzliche Anforderung

Sekundärluftschall

	Mindestanforderung	Komfortanforderung	imb-Empfehlung gehobene Wohnqualität
Mittlerer Maximalpegel $\bar{L}_{max}$	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
Beurteilungspegel	wird nicht herangezogen		

Die von uns empfohlene Beurteilungsweise ist am „Mittelwert der lautesten (immissionsstärksten) Zuggattung ausgerichtet. So werden stabile Ergebnisse erzielt, die nur wenig von den zufällig am Messtag getroffenen einzelnen Zügen abhängen.

³ Aufgrund der Güterzugfahrten dürfen die Werte nach DIN4150/2 nicht um 50% erhöht werden

4 Messungen

Verwendete Mess- und Auswertungsgeräte sowie Software:

Gerät / Programm	Typ	Hersteller
Beschleunigungsaufnehmer 10 pC/m/s ²	4370	Brüel&Kjaer
Ladungsverstärker	2635	Brüel&Kjaer
Vielkanal-Messsystem	CS-1016	IMC
Analyseprogramm	Famos	IMC

4.1 Lage der Messpunkte

Die Lage der Messpunkte wurde unter Berücksichtigung des übermittelten Bebauungsplans festgelegt.

Die Messpunkte wurden mit unterschiedlichem Abstand zur Bahnlinie eingerichtet. Die sieben Messpunkte befanden sich in ca. 30 m bis 80 m Abstand zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.

Die Lage und Position der Messpunkte ist aus folgender Tabelle ersichtlich. Eine schematische Darstellung der Lage der Messpunkte zeigt die Abbildung 4.1.

Messpunkt	Messrichtung	Position	Art der Befestigung
01Z	vertikal	Abstand ca. 30 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
02Z	vertikal	Abstand ca. 40 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
03Z	vertikal	Abstand ca. 35 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
04Z	vertikal	Abstand ca. 35 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
11Z	vertikal	Abstand ca. 55 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
13Z	vertikal	Abstand ca. 60 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß
21Z	vertikal	Abstand ca. 80 m zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises	Erdspieß

4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten

Die Messungen wurden am Mittwoch, den 07.06.2017 in der Zeit von 09:45 Uhr bis 14:30 Uhr durchgeführt.

Die Signale aller Messpunkte wurden bei den Zug-Vorbeifahrten im o.g. Zeitraum synchron aufgezeichnet.

Es wurden 9 Regionalzüge (Triebwagen Oberpfalzbahn und DB), 4 Fernverkehrszüge (Alex, lokbespannt), 1 Einzellock und 5 Güterzüge beider Fahrtrichtungen aufgezeichnet.

Die folgende Übersicht gibt die gemessenen Zugfahrten wieder, welche alle zur Auswertung herangezogen wurden.

Fahrtrichtung	Uhrzeit	Kurzzeichen	Zuggattung
Regensburg	11:02	GA	Güterzug
Regensburg	11:18	RA	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Hof	11:28	RB	Fernverkehrszug (Alex, Lokbespannt)
Hof	11:33	GB	Güterzug
Hof	11:43	GC	Güterzug
Hof	11:50	RC	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Regensburg	11:52	RD	Regionalzug (DB, Triebzug)
Hof	12:18	RE	Regionalzug (DB, Triebzug)
Regensburg	12:19	RF	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Hof	12:31	GD	Güterzug
Regensburg	12:41	RG	Fernverkehrszug (Alex, Lokbespannt)
Hof	12:51	RH	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Regensburg	13:07	LA	Einzellock
Regensburg	13:17	RI	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Hof	13:29	RJ	Fernverkehrszug (Alex, Lokbespannt)
Hof	13:34	RK	Fernverkehrszug (Alex, Lokbespannt)
Hof	13:43	RL	Regionalzug (Oberpfalzb., Triebzug)
Regensburg	13:54	RM	Regionalzug (DB, Triebzug)
Hof	13:58	GE	Güterzug

4.3 Durchführung der Messungen

Die an den einzelnen Messpunkten angebrachten Beschleunigungsaufnehmer erzeugen eine beschleunigungsproportionale Ladung.

Die Ladungen werden mit Hilfe von extrem rauscharmen Ladungsverstärkern

- proportional in Spannung umgewandelt,
- analog bandpassgefiltert im Frequenzbereich von 2 - 1000 Hz und
- verstärkt.

Die Signale von ausgewählten Messpunkten wurden vor und während der Messungen frequenzanalysiert und im Zeit- und im Frequenzbereich kontrolliert.

Die Beschleunigungszeitverläufe wurden zeitsynchron mit dem Messsystem CS-1016 während den Zug-Vorbeifahrten erfasst. Die Messketten wurden kalibriert.

5 Auswertung

5.1 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt

Für die spektrale Auswertung wurden folgende Arbeitsschritte für jeden Kanal und jede Fahrtrichtung ausgeführt:

- Schritt 1 Bestimmung des Zeitausschnittes der Zugvorbeifahrt
- Schritt 2 Berechnung der FAST-Max-Hold Schnelle-Spektren
(Zeitkonstante FAST = 0,125 s)
- Schritt 3 Berechnung der A-bewerteten, prognostizierten Sekundärluftschall-Spektren gem. Gl. (2)
- Schritt 4 Energetische Mittelung der Einzelspektren für alle Zugfahrten getrennt nach den Messpunkten und den Fahrtrichtungen
- Schritt 5 Berechnung der effektiven Schwingschnellen und Summenpegel aus den jeweiligen Spektren und den energ. Mitteln (Körperschall: eff v [mm/s], Luftschall: Pegel L_{AF} [dB(A)] $\approx \bar{L}_{max}$)

Die Ergebnisse sind in den Abb. 5.1.KS.4 bis 5.2.LS.6 grafisch dargestellt. Folgende Zusatzinformationen sind in den Abbildungen jeweils enthalten:

- Energetisches Mittel der Spektren der ausgewerteten Zugfahrten für den Körperschall und den prognostizierten sekundären Luftschall
- Obere und untere Einhüllende der dargestellten Fahrten für Körperschall und den prognostizierten sekundären Luftschall
- Effektive Schwingschnellen für den Körperschall
- Summenpegel für den prognostizierten sekundären Luftschall:
Kenngrößen für die Luftschalleinwirkung auf den Menschen

Die Einzahlwerte dienen für Vergleiche der Züge untereinander und stellen – ohne Prognosemodell – an sich noch keinen beurteilungsrelevanten Wert dar.

5.2 Auswertung im Zeitbereich

Für die Auswertung im Zeitbereich wurden folgende Arbeitsschritte für jeden Kanal und jede Einzelfahrt ausgeführt:

- Schritt 1 Bestimmung des Zeitausschnittes der Zugvorbeifahrt
- Schritt 2 Berechnung der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ nach Abschnitt 3.1.
- Schritt 3 Ermittlung der Taktmaximalwerte KB_{FTi}

Schritt 4 Berechnung der maximal Bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} für jeden Messpunkt
(Kenngröße für die Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen)

Die folgende Tabelle enthält die im Zeitbereich berechneten Taktmaximalwerte KB_{FTi} für alle ausgewerteten Zugvorbeifahrten und die sich ergebende maximale Bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie das energetische Mittel aller Zugfahrten, KB_{FTm} .

In der folgenden Tabelle werden die ausgewerteten und spektral im Anhang dargestellten Zugfahrten dargestellt.

Ereignis	Zuggattung	01ZA	02ZA	03ZA	04ZA	11ZA	13ZA	21ZA
GA	Güterzug	0,040	0,049	0,028	0,043	0,020	0,021	0,008
RA	Regionalzug	0,027	0,037	0,016	0,017	0,017	0,009	0,005
RB	Fernverkehrszug	0,034	0,031	0,019	0,022	0,025	0,011	0,008
GB	Güterzug	0,038	0,025	0,030	0,026	0,017	0,009	0,005
GC	Güterzug	0,062	0,045	0,046	0,061	0,030	0,018	0,011
RC	Regionalzug	0,039	0,048	0,014	0,020	0,029	0,013	0,007
RD	Regionalzug	0,039	0,044	0,023	0,019	0,023	0,014	0,006
RE	Regionalzug	0,046	0,051	0,022	0,020	0,022	0,015	0,010
RF	Regionalzug	0,026	0,028	0,017	0,018	0,018	0,011	0,006
GD	Güterzug	0,057	0,039	0,034	0,036	0,036	0,015	0,009
RG	Fernverkehrszug	0,051	0,047	0,028	0,032	0,024	0,019	0,007
RH	Regionalzug	0,031	0,042	0,014	0,017	0,021	0,011	0,006
LA	Einzellock	0,062	0,050	0,039	0,047	0,037	0,020	0,009
RI	Regionalzug	-	0,042	-	0,035	0,025	0,017	0,006
RJ	Fernverkehrszug	-	0,044	-	0,029	0,025	-	0,008
RK	Fernverkehrszug	-	0,029	-	0,028	0,023	0,012	0,007
RL	Regionalzug	0,036	0,051	-	0,016	0,021	0,012	0,010
RM	Regionalzug	0,037	0,035	-	0,021	0,022	-	0,007
GE	Güterzug	0,061	0,047	-	-	0,028	-	0,011
KB_{FTm}		0,044	0,042	0,027	0,031	0,025	0,015	0,008
KB_{Fmax}		0,062	0,051	0,046	0,061	0,037	0,021	0,011
Verhältnis [%]		72%	82%	59%	50%	67%	70%	72%

6 Prognoseergebnisse und Beurteilung

6.1 Allgemein

Die folgende Analyse geht davon aus, dass sich der gegenwärtige Streckenzustand und das erfasste Wagenmaterial nicht wesentlich ändern.

Datenbasis für die folgenden Prognosen und Beurteilungen bildet das am Messtag angetroffene Zugkollektiv. Es können daher durch einzelne Zugfahrten (z.B. Züge mit starken Radunrundheiten und Flachstellen) gelegentlich höhere Immissionswerte erreicht werden.

Als Grundlage für die Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} wurde mit folgendem Verkehrsaufkommen, Prognose 2025 lt. (8), gerechnet:

Kategorie / Fahrtrichtung	Anzahl der Züge tags	Anzahl der Züge nachts
IC beider Richtungen	28	4
RE, RB beider Richtungen	112	12
Güterzüge beider Richtungen	55	41
Summe	195	57

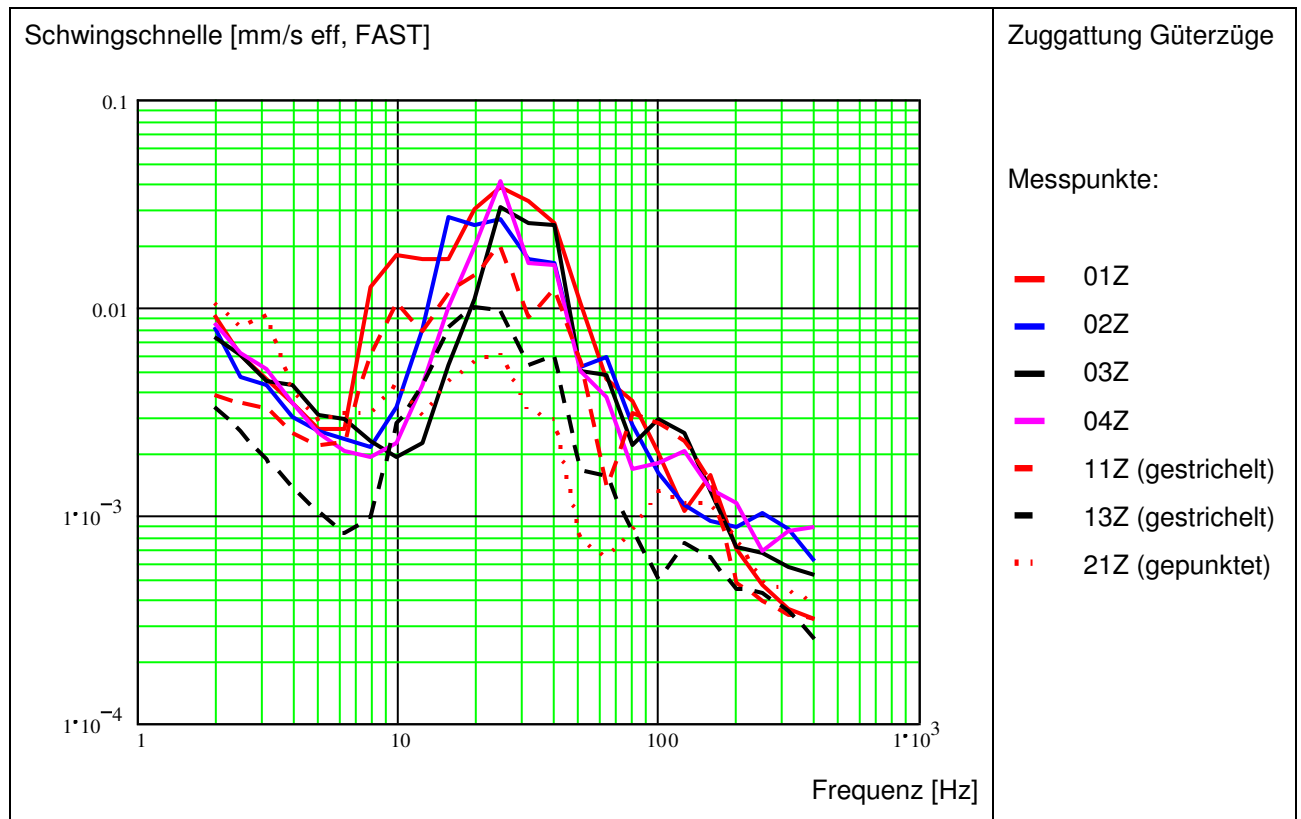
6.2 Immissionssituation

Die gemessenen Freifeldimmissionen werden hier folgendermaßen dargestellt:

- Alle Messpunkte, energetisches Mittel der maßgebenden Zuggattung (und Fahrtrichtung)
- Maßgebender Messpunkt, energetisches Mittel aller Zuggattungen

6.2.1 Vergleich der Messpunkte

Maßgebende Zuggattung⁴ sind Güterzüge mit Fahrtrichtung Hof



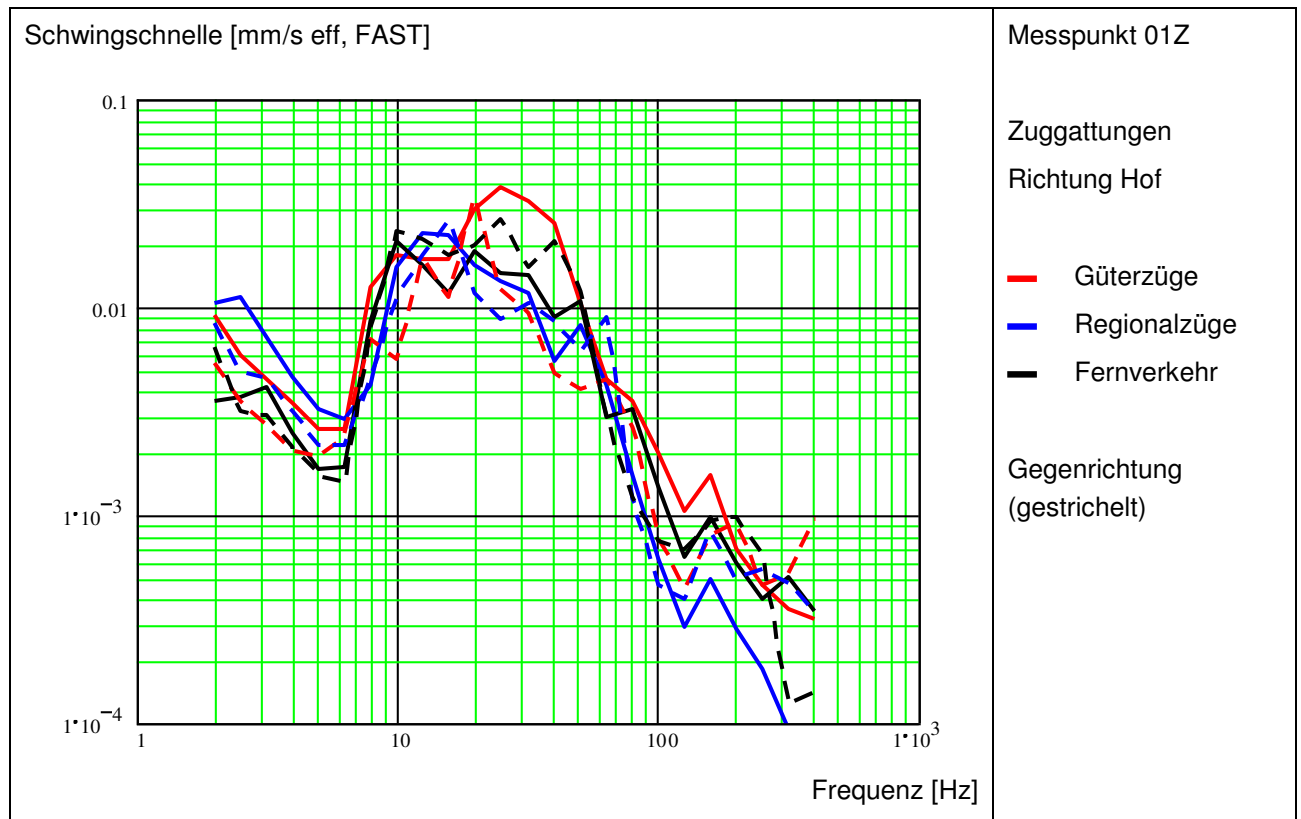
Im nördlichen Bereich des geplanten Baugebietes (MP 01Z, 11Z und 21Z) liegen die maßgeblichen Erschütterungen im Frequenzbereich von 8Hz bis 63Hz mit Betonung der 10Hz-, 25Hz- und 40Hz-Terz. Im restlichen Baugebiet (MP 02Z, 03Z, 04Z und 13Z) liegen die gemessenen maßgeblichen Erschütterungen im Frequenzbereich von 10Hz bis 63Hz mit Betonung der 16Hz-, 25Hz- und 40Hz-Terz.

In diesem Frequenzbereich liegen auch typische Decken- und Estricheigenfrequenzen, welche durch die gemessenen Erschütterungen in Resonanz angeregt werden können.

⁴ Erst nach erfolgter Prognose steht die maßgebende Zuggattung zweifelsfrei fest. Je nachdem, ob die Problematik in den Erschütterungen oder im Sek.-LS zu sehen ist, erfolgt hier eine Datenreduktion auf das Wesentliche.

6.2.2 Vergleich der Zuggattungen

Maßgebender Messpunkt für die Beurteilung des geplanten Bebauungsgebietes ist 01Z.



Maßgebend für die Erschütterungen und den Sekundärluftschall in den geplanten Gebäuden sind die Güterzugfahrten mit Fahrtrichtung Hof (nächstgelegenes Gleis). Diese weisen die größte Schwingschnelle im Frequenzbereich typischer Decken- und Estricheigenfrequenzen von Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern auf.

6.3 Prognostizierte Erschütterungen

Die Prognose wird für

- ein unterkellertes Gebäude
- in Massivbauweise (Betondecken, übliche Spannweiten, schwimmende Estriche)

druchgeführt.

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 40 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 80 Hz und dem oben erläuterten Aufschlag von + 50% für alle Prognosewerte für die Erschütterungen für den KB_{Fmax} -Wert ergeben sich folgende KB_{Fmax} -Werte für die Erschütterungen:

Maximalwerte

Maßgebender Messpunkt des Bebauungsgebietes 01Z Zuggattung Güterzüge Richtung Hof	Prognose KB_{Fmax}	Anhaltswerte A_o	
		Wohngebiet	imb-Empfehlung
Maximalwerte ungünstige Gebäudeparameter	0,18	0,2	0,15
Maximalwerte günstige Gebäudeparameter	0,08		

Beurteilungswerte

	Prognose KB_{FTr} tags / nachts	Anhaltswerte tags / nachts	
		Wohngebiet	imb-Empfehlung
ungünstige Gebäudeparameter	0,041 / 0,032	0,07 / 0,05	keine
günstige Gebäudeparameter	0,018 / 0,014		

Die Anhaltswerte der DIN 4150/2 werden im Maximalwertkriterium bei allen geplanten Gebäuden eingehalten.

Der Beurteilungswert wird ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit bei allen geplanten Gebäuden eingehalten.

6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall

In der folgenden Tabelle ist der prognostizierte Sekundärluftschall für die geplanten Gebäude dargestellt. Als Zuweisung ist die jeweilige Parzellennummer angegeben.

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 40 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 80 Hz ergibt sich:

Mittlere Maximalwerte

geplantes Gebäude	maßg. Messpunkt		Prognose Mittlere Maximalwerte	Anhaltswerte		
				Mindestanforderung	Komfortanforderung	imb-Empfehlung
Mehrfamilienhaus Parzellennummer 14	01Z	ungünstige Gebäudeparameter	40 dB(A)	40dB(A)	35dB(A)	30dB(A)
		günstige Gebäudeparameter	28 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 15	01Z bzw. 11Z ⁵	ungünstige Gebäudeparameter	36 dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	24 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 16	01Z	ungünstige Gebäudeparameter	40 dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	28 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 24	03Z, 13Z bzw. 02Z ⁶	ungünstige Gebäudeparameter	34 dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	25 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 25	02Z	ungünstige Gebäudeparameter	41 dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	31 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 26	03Z	ungünstige Gebäudeparameter	37 dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	28 dB(A)			
Einfamilienhaus Parzellennummer 27	04Z bzw. 03Z, 13Z ⁵	ungünstige Gebäudeparameter	35dB(A)			
		günstige Gebäudeparameter	26dB(A)			

7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung

7.1 Beurteilung der Prognosewerte

Körperschall nach DIN 4150 Teil 2

Die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 werden bei allen Gebäuden im geplanten Bebauungsgebiet eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719

Die Mindestanforderung nach VDI-Richtlinie 2719 wird bei dem geplanten Einfamilienhaus, Parzellennummer 25, bei der obenstehend beschriebenen angesetzten Gebäudeausführung überschritten. Bei den Gebäuden, Parzellennummer 14 und 16, ist die Mindestanforderung nur knapp eingehalten. Die Komfortanforderung wird bei den oben aufgeführten Gebäuden bei den Gebäuden mit den Parzellennummer 24 und 27 eingehalten. Insgesamt liegen die Prognosewerte bei ungünstigen Gebäudeparametern der oben dargestellten Gebäude alle über 30 dB(A), der Hörgrenze unter großstädtischen Bedingungen.

⁵ Abnahme mit größerem Abstand zur Bahn bei Prognose berücksichtigt.

⁶ Mittelwert der 3 Messpunkte angesetzt.



Auszug aus dem Bebauungsplan[9], Parzellennummern im betroffenen Bereich hervorgehoben

Die hier dargestellte Prognose basiert auf günstigen und ungünstigen Gebäudeparametern. Die ungünstigen Gebäudeparameter sind Decken- und Estricheigenfrequenzen die durch die gemessenen Erschütterungen in Resonanz angeregt werden können. Diese Eigenfrequenzen sind in diesem Fall maßgebend, da sie durchaus typisch für Decken und Estriche in einem Ein- bzw. Mehrfamilienhaus sind.

Zwar wird die Mindestanforderung der VDI-Richtlinie nur bei 1 Gebäude überschritten und bei 2 Gebäuden knapp eingehalten, jedoch sind die Prognoseergebnisse auch in Anbetracht der Umgebung zu beurteilen.

Aufgrund der ländlichen Umgebung und der Überlagerung des Sekundärluftschalls mit dem Primären Luftschall empfehlen wir die 30 dB(A) als Anhalts- und Grenzwert für den sekundären Luftschall anzusetzen. Hieraus ergibt sich, dass für die gelb dargestellten Gebäude Erschütterungsschutzmaßnahmen erforderlich bzw. dringend anzuraten sind.

7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Minderung der Sekundärluftschallimmissionen sind prinzipiell an drei Stellen möglich:

- am Emissionsort (Gleis),
- am Übertragungsweg (Boden) und
- am Immissionsort (Gebäude).

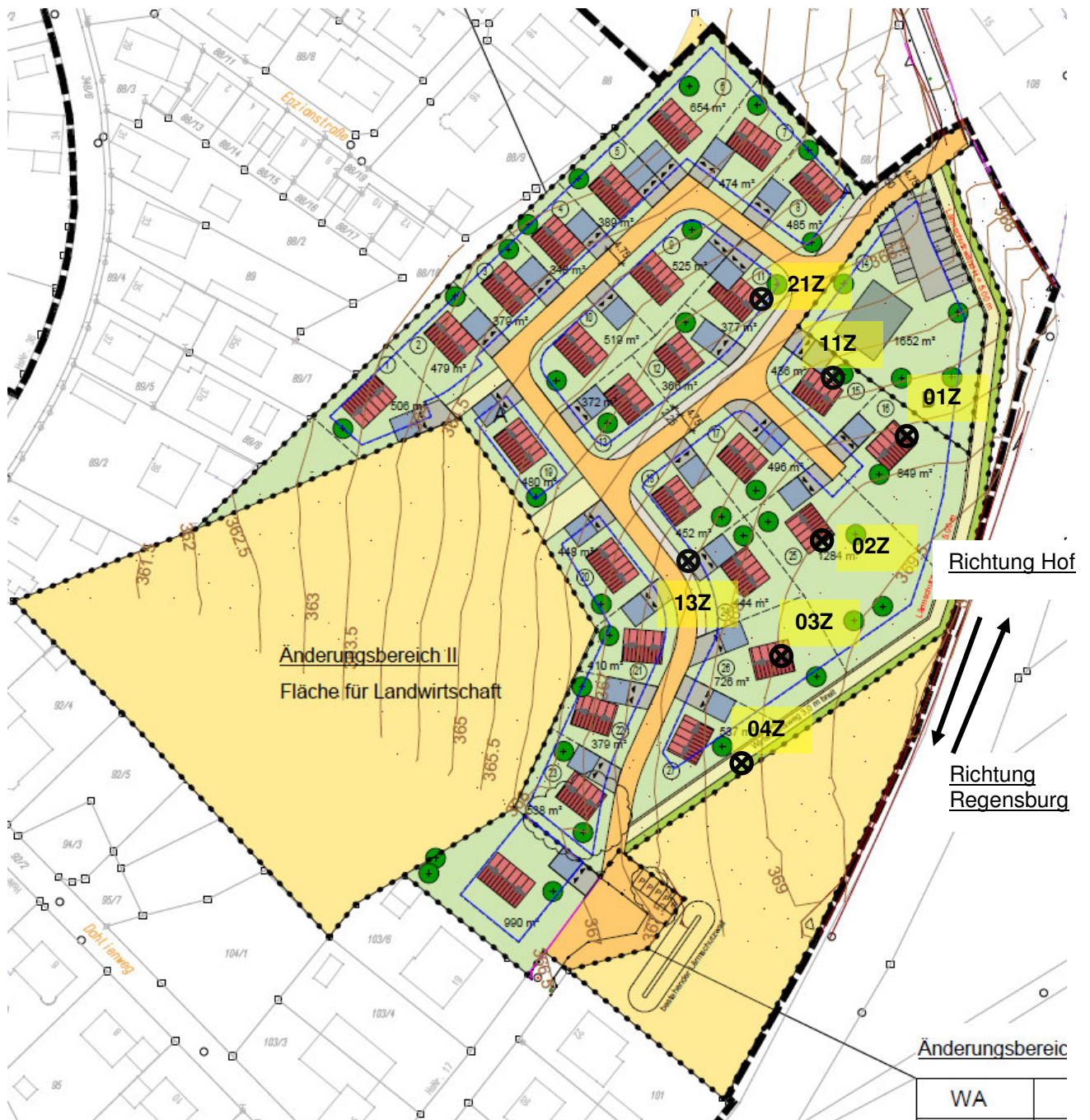
Allgemein sind Maßnahmen am Emissionsort sowie am Übertragungsweg wirtschaftlich meist nicht realisierbar.

Demnach verbleiben als technisch sinnvolle und wirtschaftliche Maßnahmen nur solche an den zu schützenden Gebäuden selbst.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

Dr.-Ing. Holger Molzberger
Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

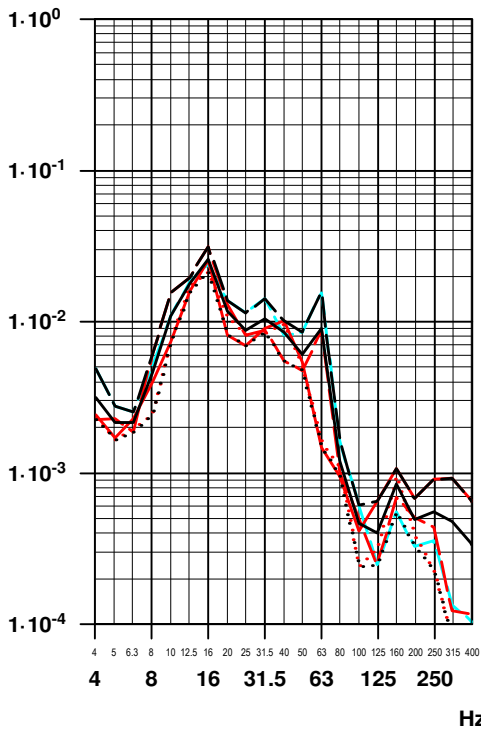
Messpunkt vertikal:



Auszug aus dem Bebauungsplan [9]

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.036
(2)	0.046
(3)	0.035
(5)	0.045
(7)	0.041
(8)	0.051
(9)	0.032

rechtes Diagramm

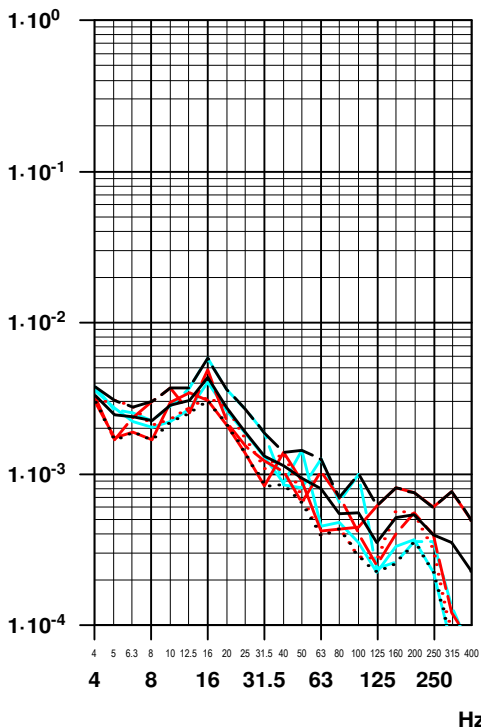
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.021
(2)	0.027
(3)	0.019
(4)	0.028
(5)	0.025
(7)	0.024
(8)	0.034
(9)	0.017

- (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
- - - (3) Messung: RF
- (4) Messung: RI
- - - (5) Messung: RM
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

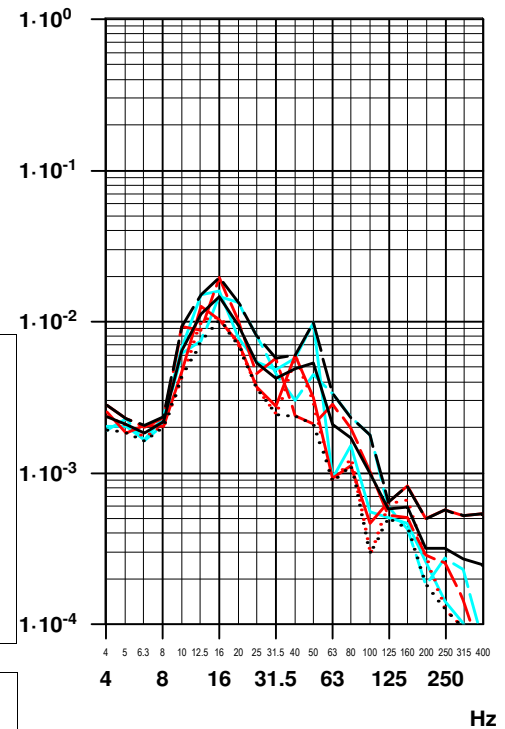
(1)	0.008
(2)	0.009
(3)	0.008
(4)	0.009
(5)	0.011
(7)	0.009
(8)	0.012
(9)	0.007

rechtes Diagramm

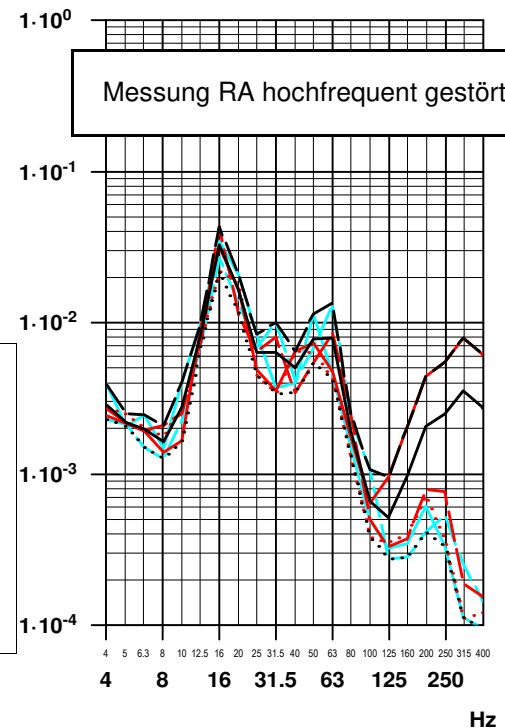
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.041
(2)	0.048
(3)	0.032
(4)	0.045
(5)	0.037
(7)	0.041
(8)	0.056
(9)	0.028

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

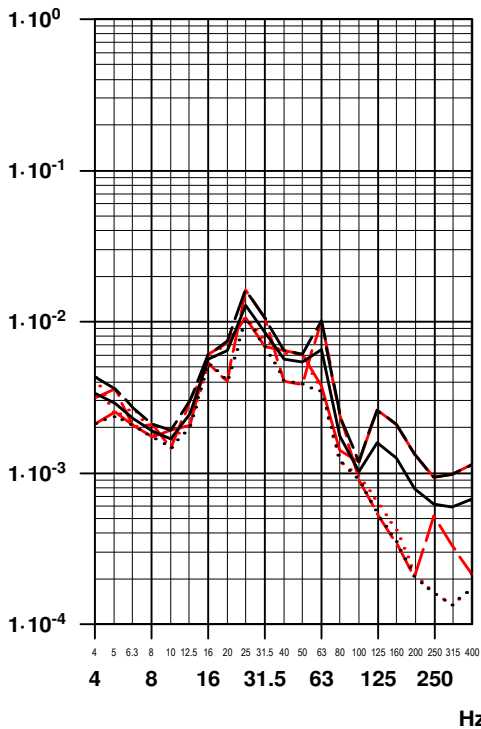


Messung RA hochfrequent gestört

433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:21:24

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.020
(2) 0.025
(3) 0.020

(7) 0.021
(8) 0.027
(9) 0.017

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

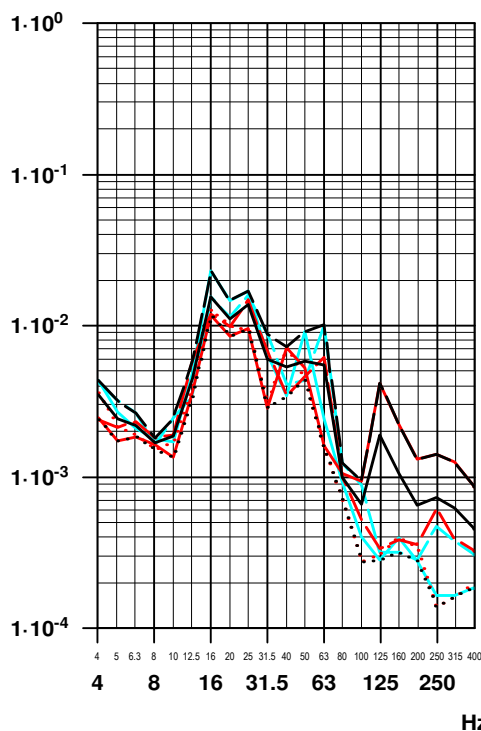
(1) 0.013
(2) 0.015
(3) 0.012
(4) 0.018

(7) 0.015
(8) 0.019
(9) 0.011

— (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
... (3) Messung: RF
— (4) Messung: RI
- - (5) Messung: RM
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



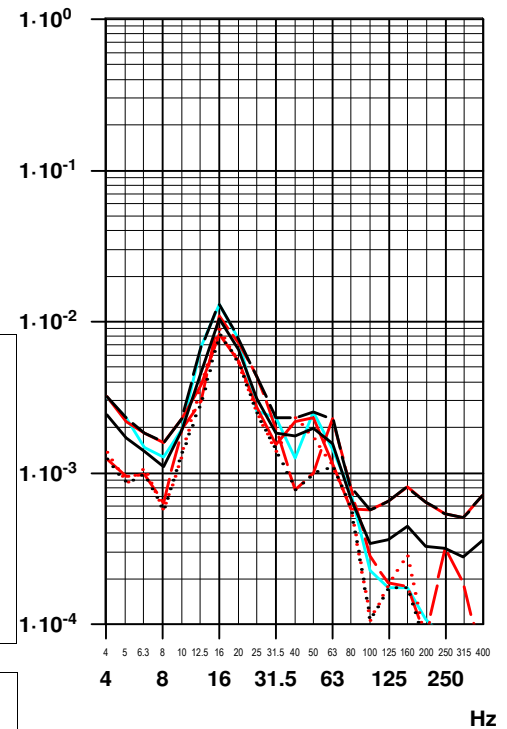
linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.021
(2) 0.025
(3) 0.022
(4) 0.035
(5) 0.030

(7) 0.027
(8) 0.038
(9) 0.019

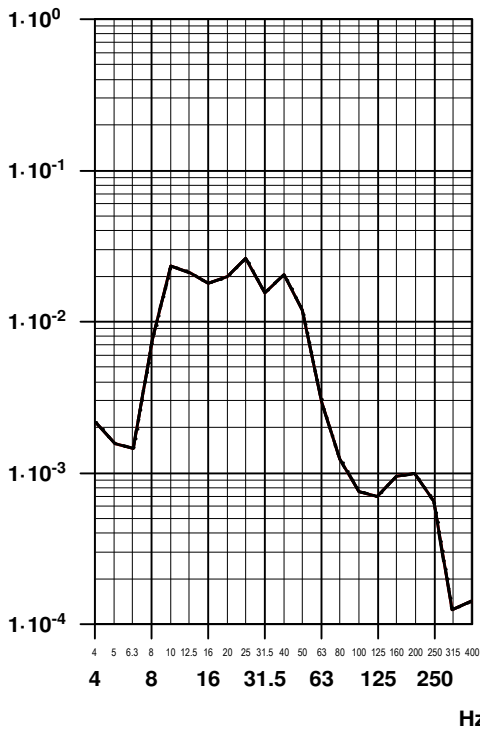
Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:29:08

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



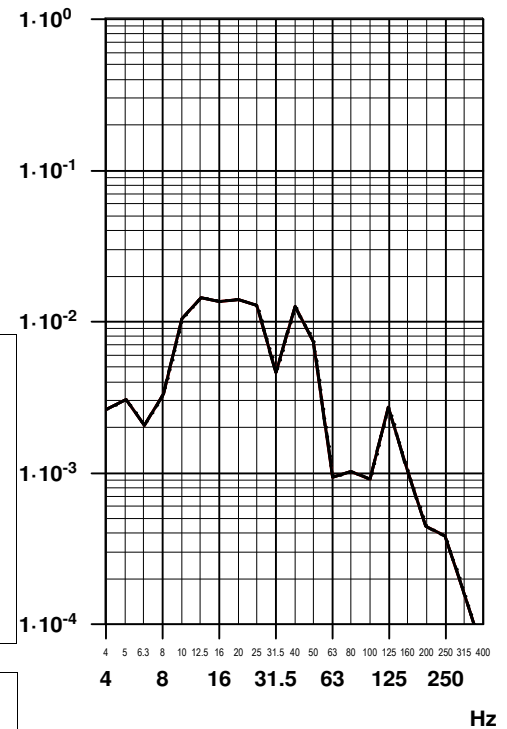
linkes Diagramm
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.058

(7) 0.058
(8) 0.058
(9) 0.058

rechtes Diagramm
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.034

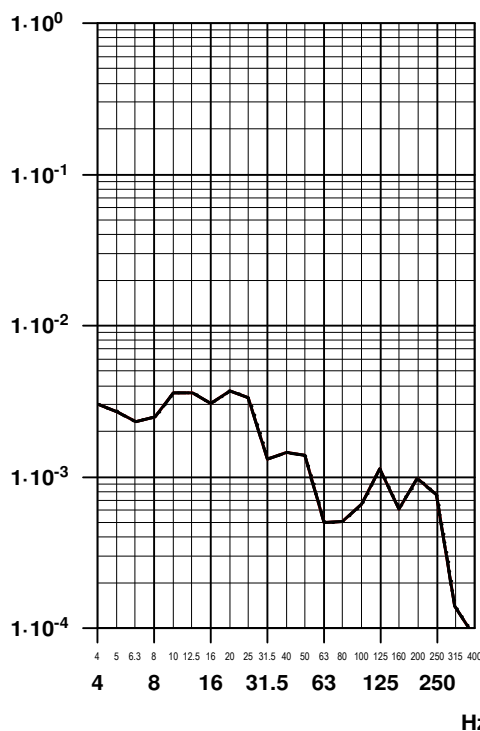
(7) 0.034
(8) 0.034
(9) 0.034

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



— (1) Messung: RG
- - -
- - -
- - -
- - -
— (7) energ. Mittel
- - - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



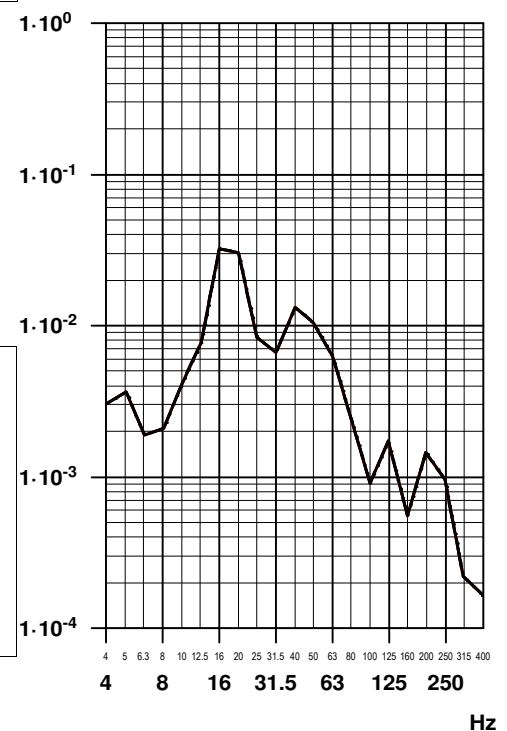
linkes Diagramm
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.010

(7) 0.010
(8) 0.010
(9) 0.010

rechtes Diagramm
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.050

(7) 0.050
(8) 0.050
(9) 0.050

Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

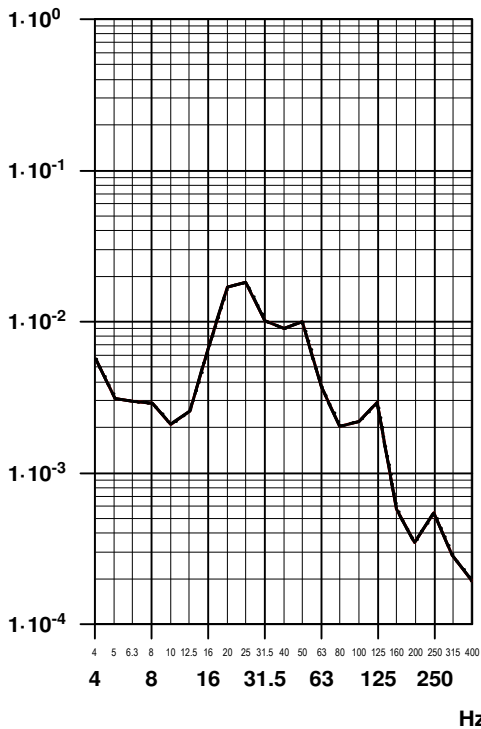


433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:40:09

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.032

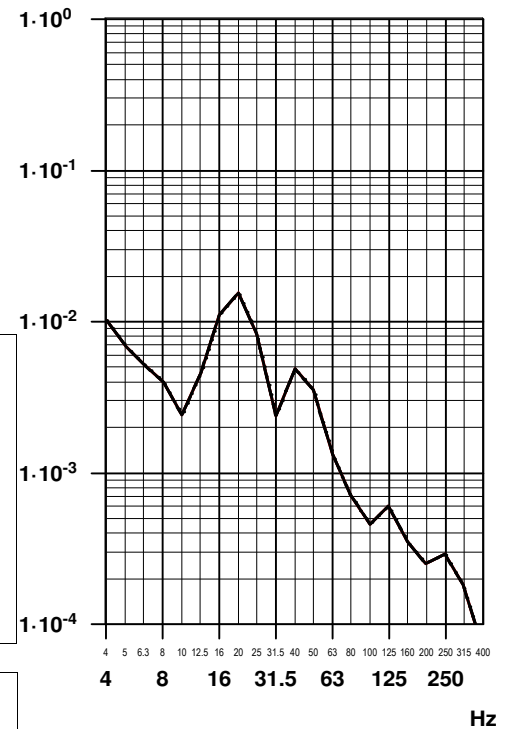
(7) 0.032
(8) 0.032
(9) 0.032

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.026

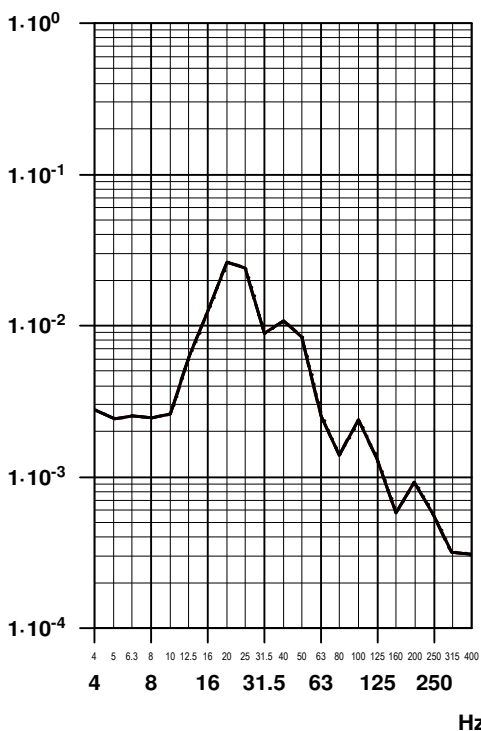
(7) 0.026
(8) 0.026
(9) 0.026

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

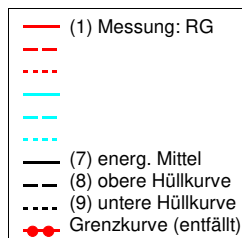
Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.042

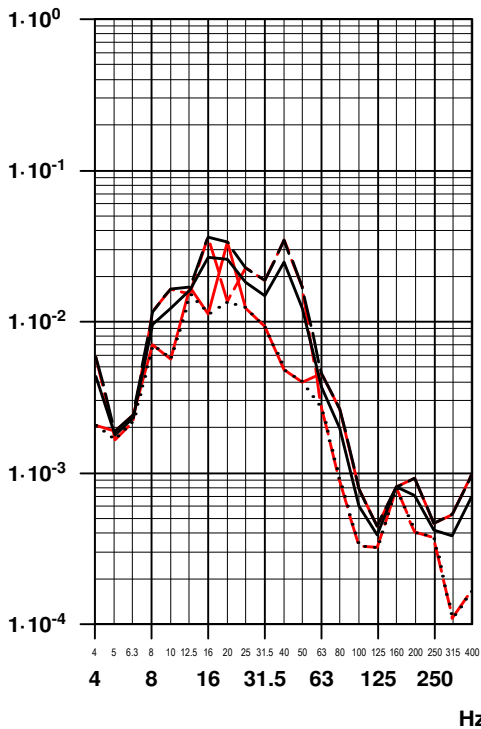
(7) 0.042
(8) 0.042
(9) 0.042



433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:41:07

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.044
(2) 0.068

(7) 0.057
(8) 0.075
(9) 0.030

rechtes Diagramm

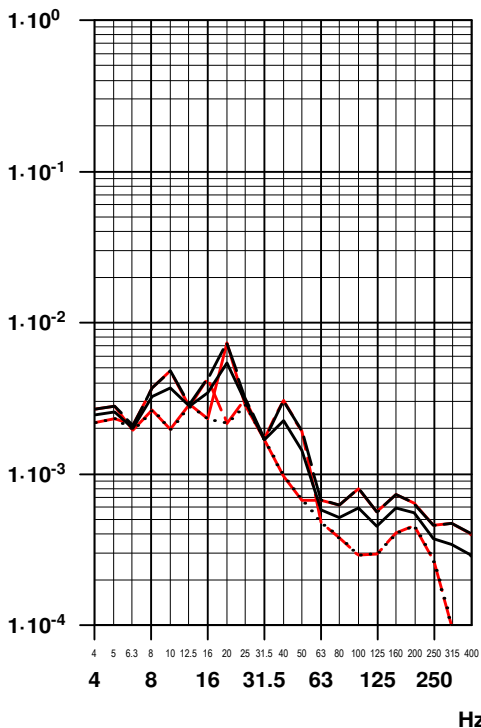
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.026
(2) 0.037

(7) 0.032
(8) 0.041
(9) 0.019

— (1) Messung: GA
- - (2) Messung: LA
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.011
(2) 0.010

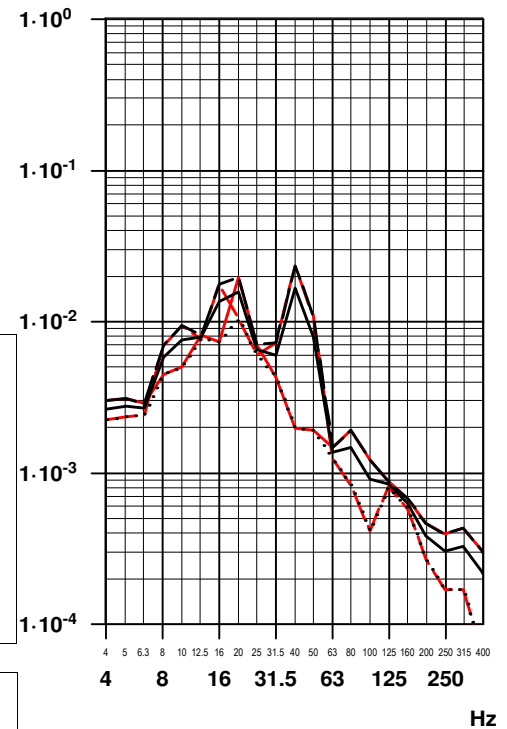
(7) 0.011
(8) 0.013
(9) 0.007

rechtes Diagramm

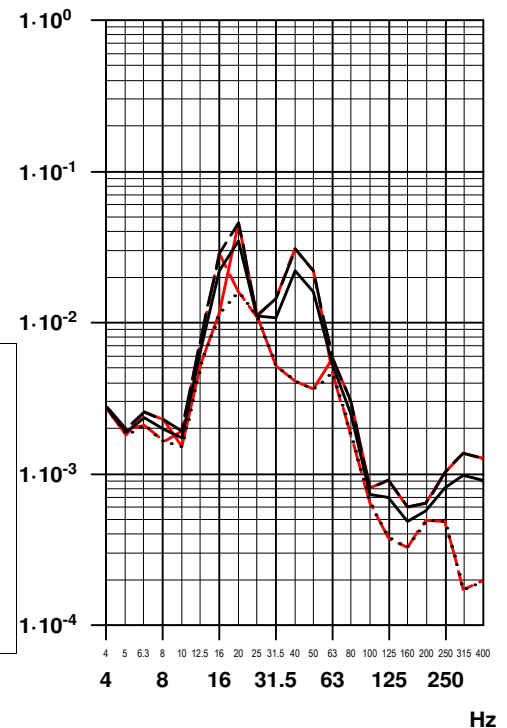
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.051
(2) 0.055

(7) 0.053
(8) 0.070
(9) 0.025

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



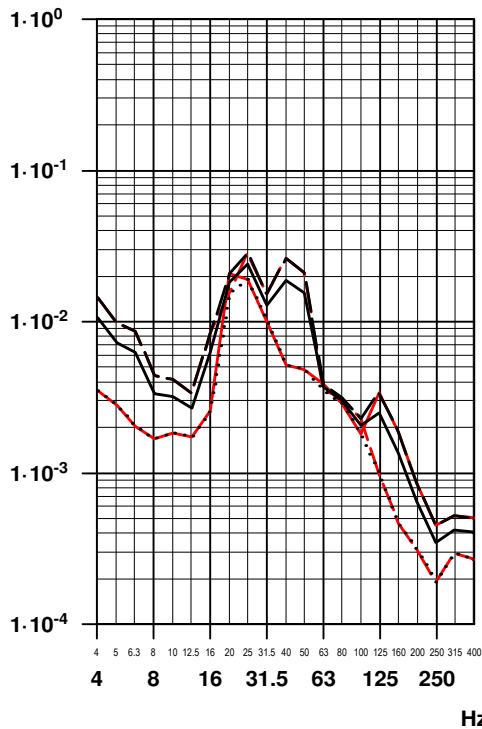
Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS2.seq; 09.06.17; 12:00:46

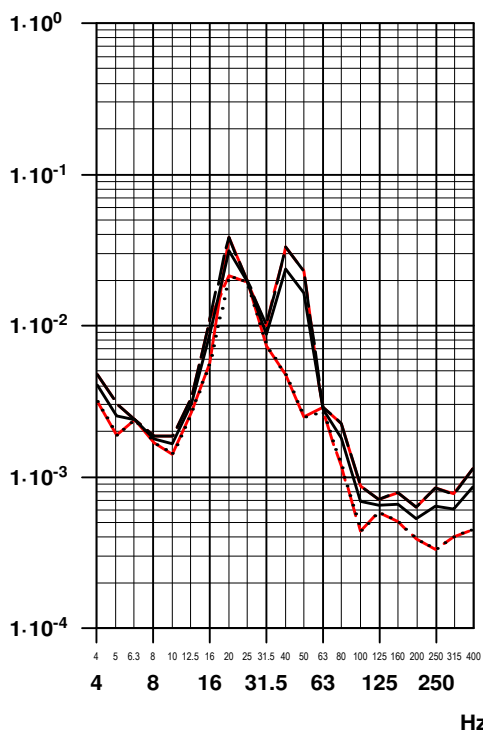
Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.032
(2) 0.054

(7) 0.044
(8) 0.056
(9) 0.029

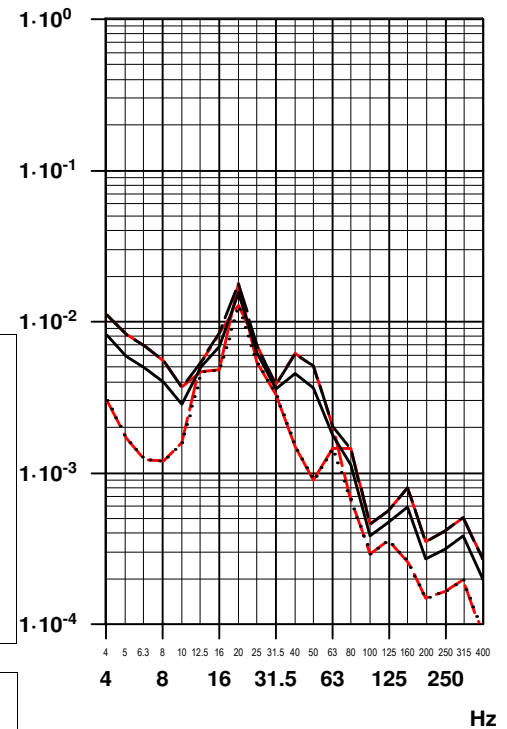
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.026
(2) 0.020

(7) 0.024
(8) 0.029
(9) 0.017

— (1) Messung: GA
- - (2) Messung: LA
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

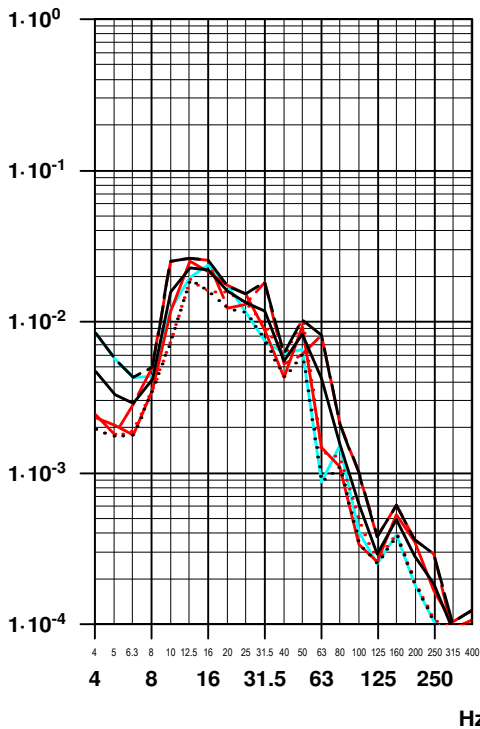
Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS2.seq; 09.06.17; 12:01:25

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.045
(2) 0.053
(3) 0.037
(4) 0.043

(7) 0.045
(8) 0.057
(9) 0.033

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.031
(2) 0.027
(3) 0.023
(4) 0.024

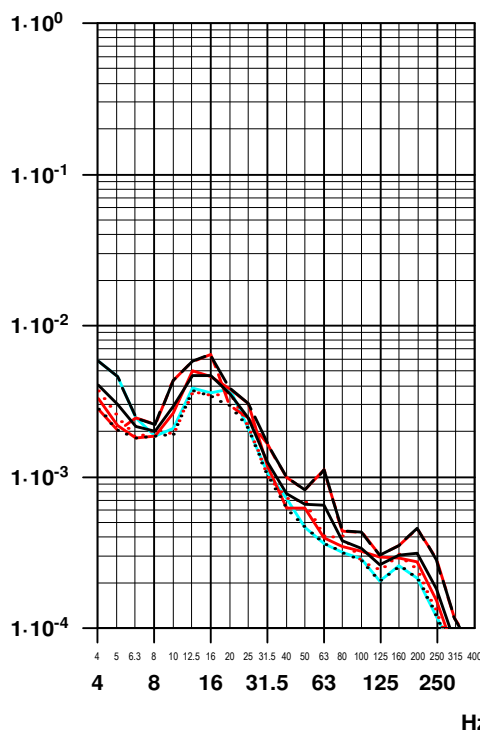
(7) 0.026
(8) 0.033
(9) 0.020

— (1) Messung: RC
- - (2) Messung: RE
... (3) Messung: RH
- - - (4) Messung: RL

— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.010
(2) 0.012
(3) 0.009
(4) 0.011

(7) 0.010
(8) 0.014
(9) 0.008

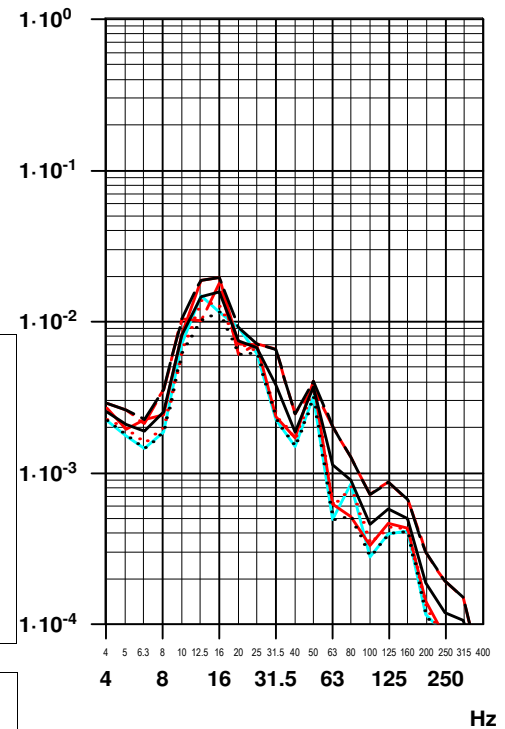
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

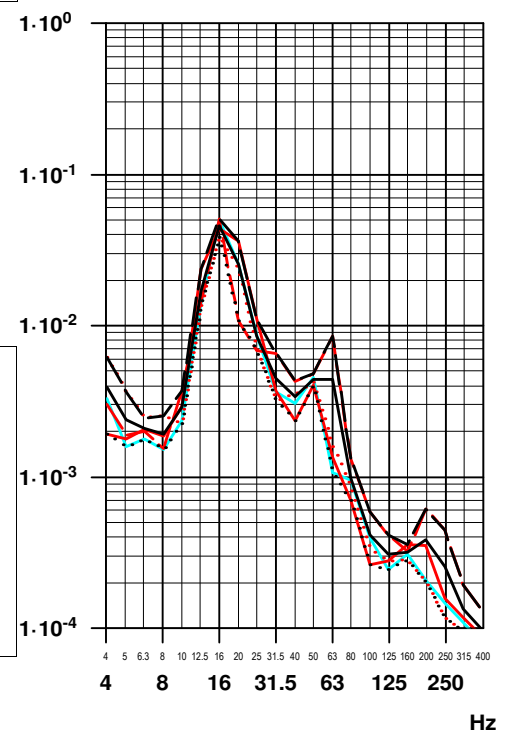
(1) 0.063
(2) 0.056
(3) 0.049
(4) 0.059

(7) 0.057
(8) 0.069
(9) 0.044

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

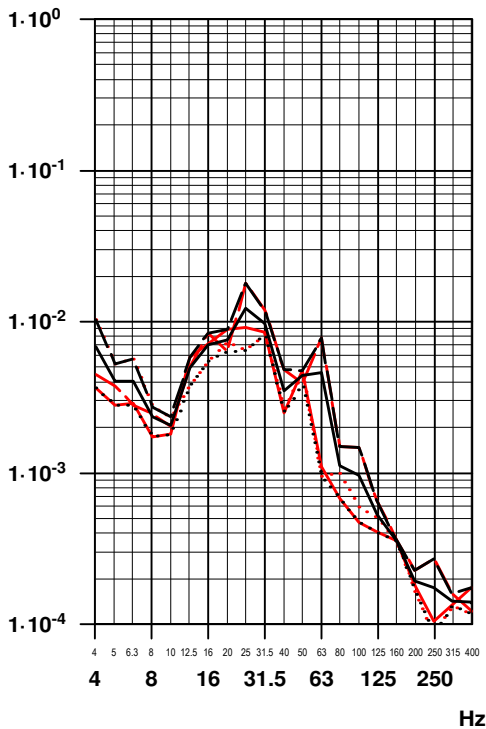


433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:32:23

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.020
(2) 0.027
(3) 0.020

(7) 0.023
(8) 0.031
(9) 0.016

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

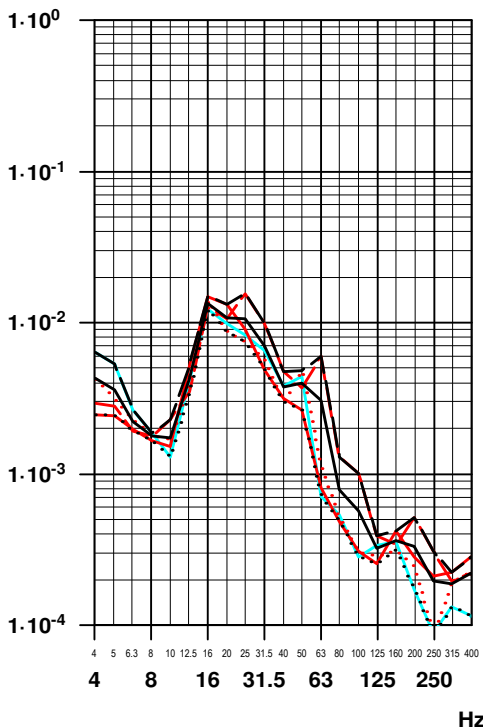
(1) 0.016
(2) 0.016
(3) 0.012
(4) 0.016

(7) 0.015
(8) 0.021
(9) 0.012

— (1) Messung: RC
- - (2) Messung: RE
- - - (3) Messung: RH
- - - (4) Messung: RL
- - - (7) energ. Mittel
- - - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

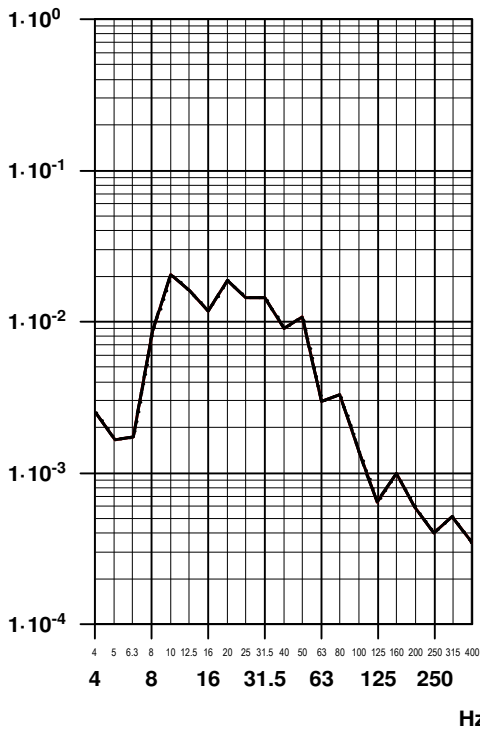
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.024
(2) 0.027
(3) 0.021
(4) 0.022

(7) 0.024
(8) 0.030
(9) 0.019

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

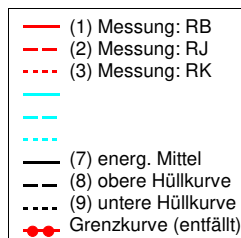
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.044

(7) 0.044
(8) 0.044
(9) 0.044

rechtes Diagramm

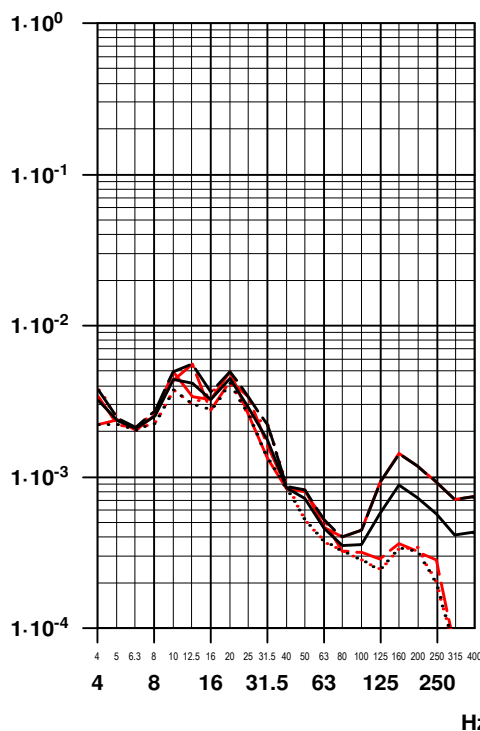
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.029
(2) 0.031
(3) 0.030

(7) 0.030
(8) 0.036
(9) 0.024



Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.010
(2) 0.011
(3) 0.010

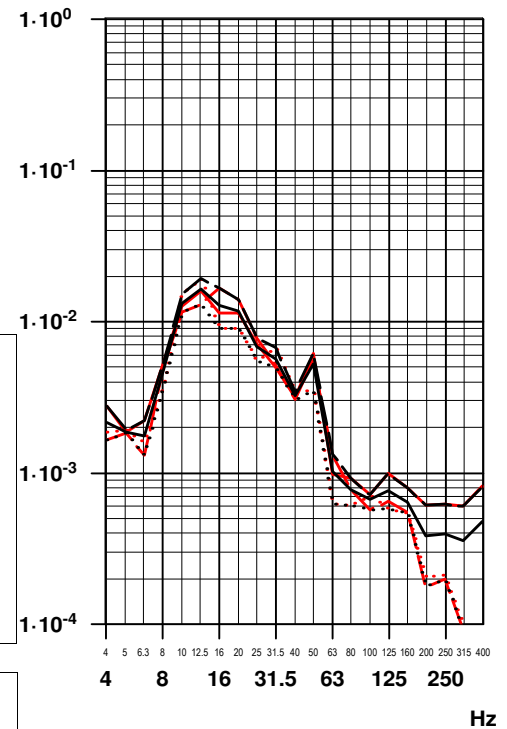
(7) 0.010
(8) 0.012
(9) 0.009

rechtes Diagramm

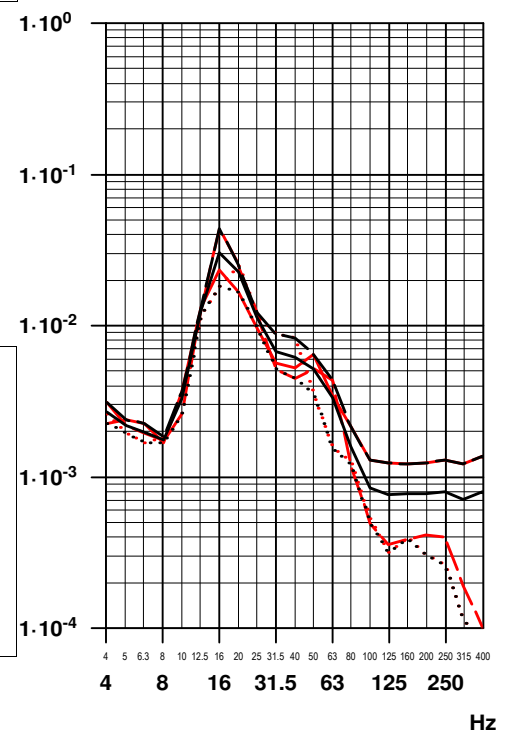
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.035
(2) 0.055
(3) 0.038

(7) 0.044
(8) 0.056
(9) 0.031

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



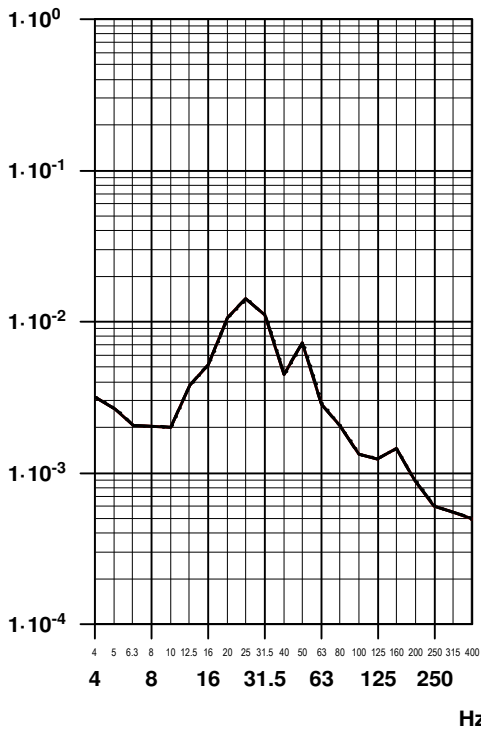
Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:45:19

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.025

(7) 0.025
(8) 0.025
(9) 0.025

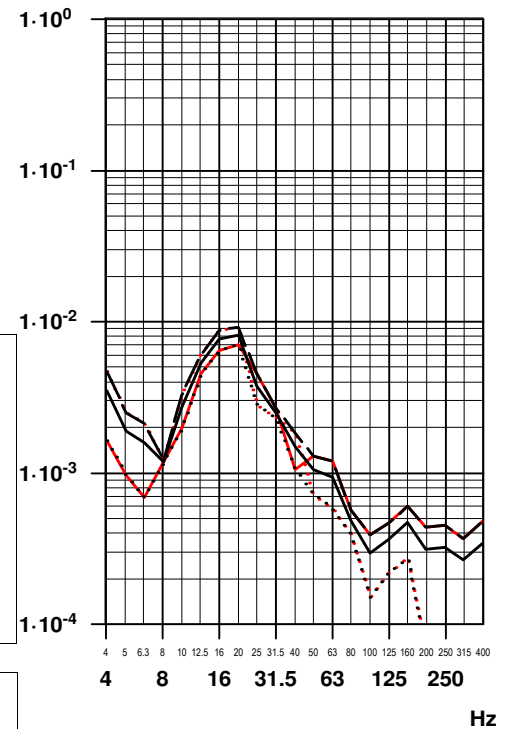
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.012

(3) 0.016

(7) 0.014
(8) 0.017
(9) 0.012

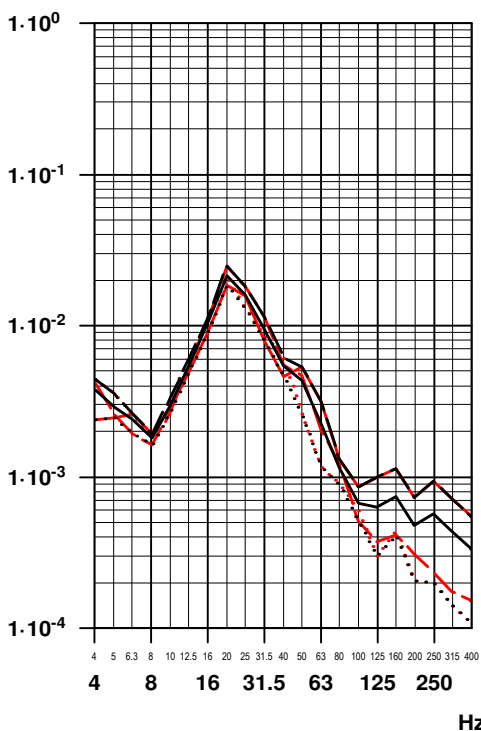
Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



— (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RJ
... (3) Messung: RK
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
-•- Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

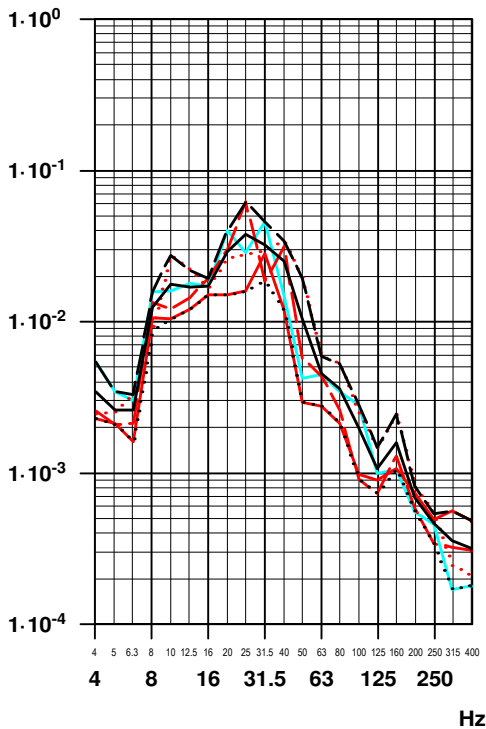
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.029
(2) 0.036
(3) 0.031

(7) 0.032
(8) 0.037
(9) 0.027

433.13; DST_KS1.seq; 09.06.17; 11:48:30

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]

Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.045
(2) 0.085
(3) 0.075
(4) 0.078

(7) 0.072
(8) 0.106
(9) 0.039

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]

Terz 4 - 315 Hz

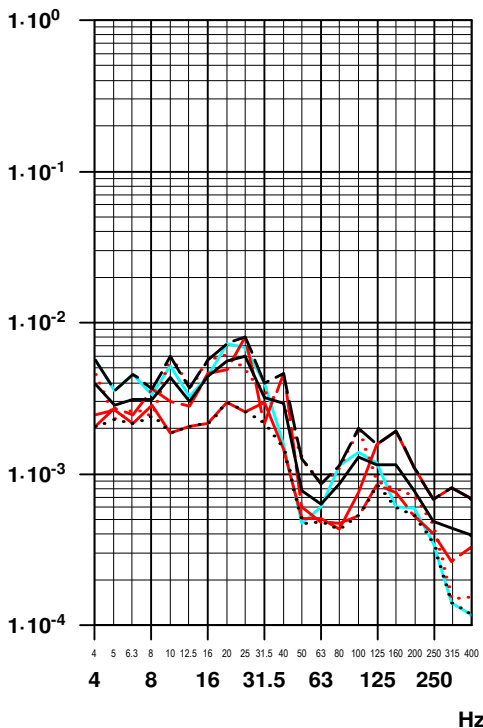
(1) 0.020
(2) 0.040
(3) 0.038
(4) 0.039

(7) 0.035
(8) 0.049
(9) 0.020

— (1) Messung: GB
- - (2) Messung: GC
... (3) Messung: GD
— (4) Messung: GE
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]

Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.009
(2) 0.014
(3) 0.014
(4) 0.016

(7) 0.013
(8) 0.018
(9) 0.008

rechtes Diagramm

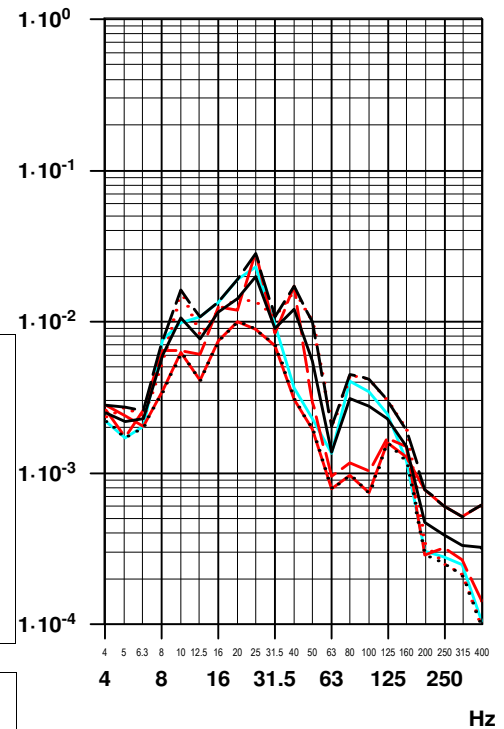
eff v [mm/s]

Terz 4 - 315 Hz

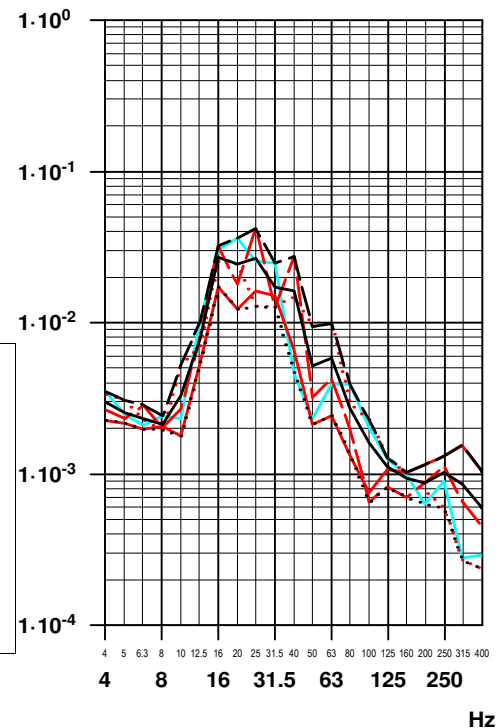
(1) 0.033
(2) 0.065
(3) 0.046
(4) 0.061

(7) 0.053
(8) 0.077
(9) 0.029

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



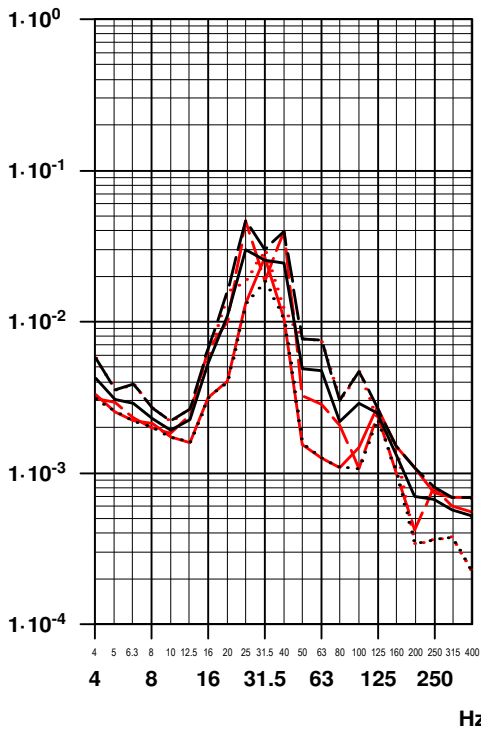
Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS2.seq; 09.06.17; 11:56:30

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.033
(2) 0.065
(3) 0.043

(7) 0.049
(8) 0.072
(9) 0.026

rechtes Diagramm

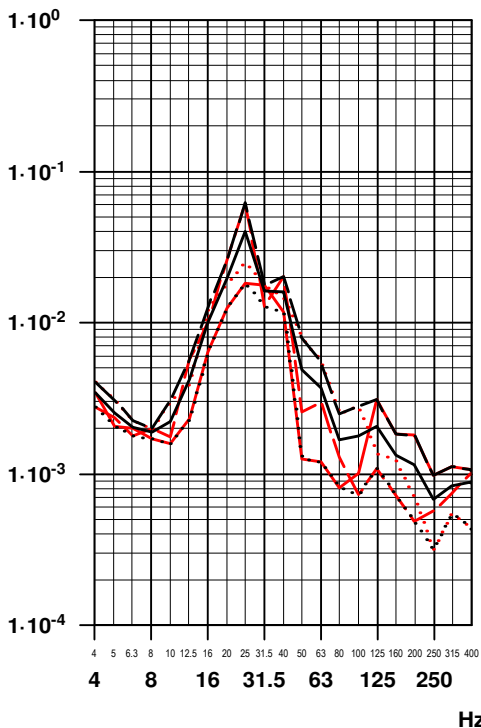
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.012
(2) 0.023
(3) 0.020

(7) 0.019
(8) 0.026
(9) 0.012

— (1) Messung: GB
- - (2) Messung: GC
... (3) Messung: GD
— (4) Messung: GE
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

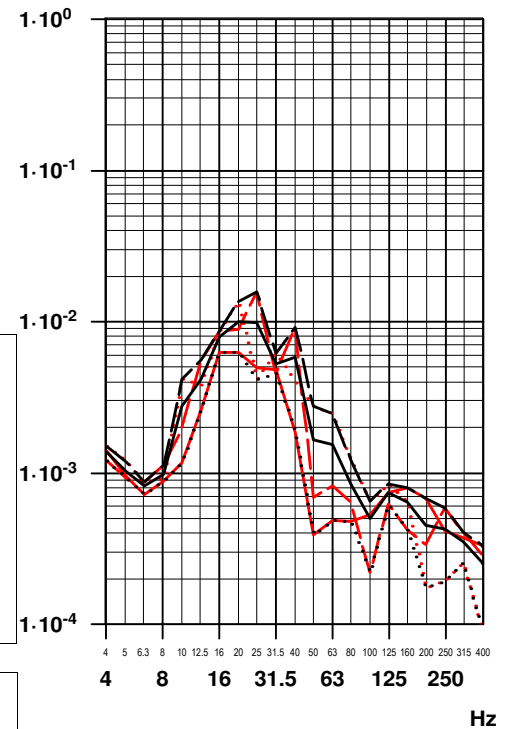


linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.032
(2) 0.073
(3) 0.043

(7) 0.052
(8) 0.075
(9) 0.029

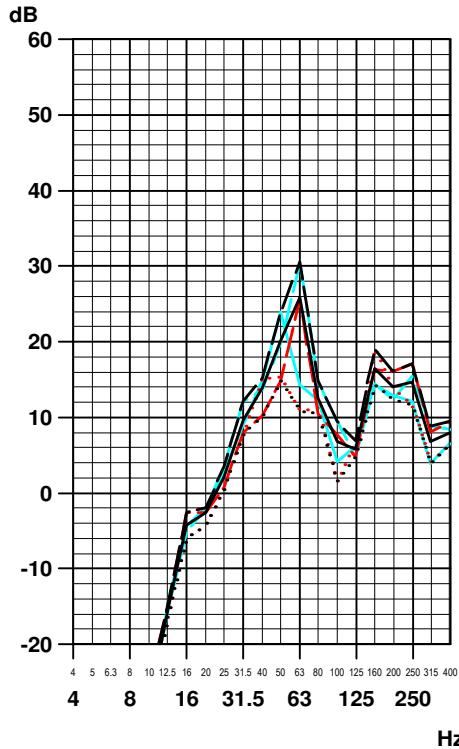
Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.13; DST_KS2.seq; 09.06.17; 11:57:55

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2)	28
(3)	24
(4)	26
(5)	32
(7)	28
(8)	32
(9)	21

rechtes Diagramm

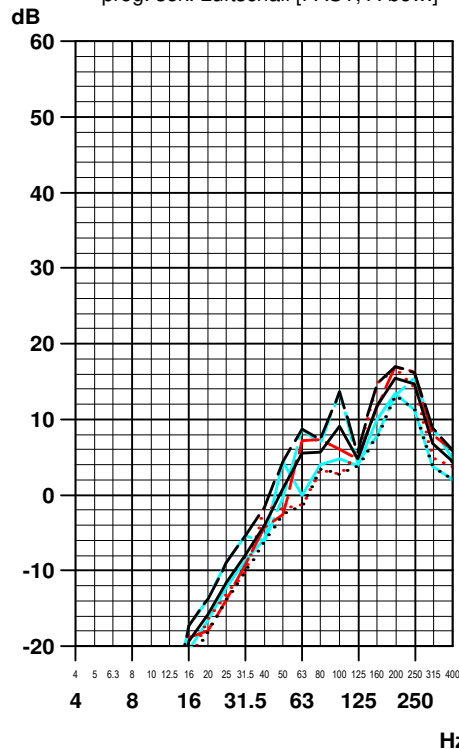
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2)	23
(3)	21
(4)	24
(5)	25
(7)	23
(8)	27
(9)	19

- (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
- ... (3) Messung: RF
- (4) Messung: RI
- - (5) Messung: RM
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- ... (9) untere Hüllkurve
- (9) Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

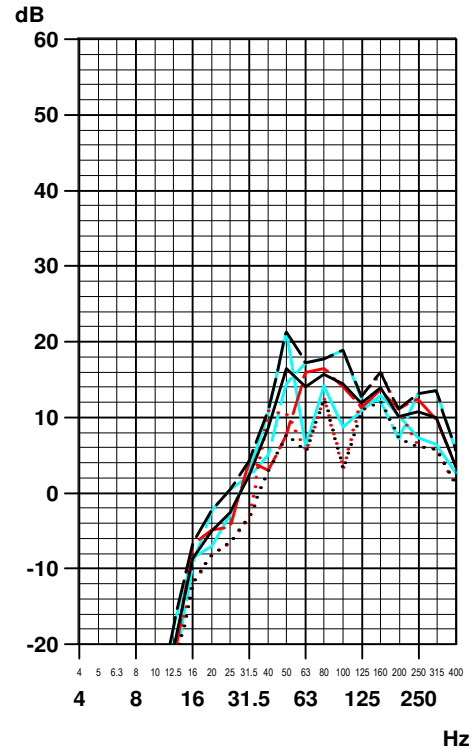
(2)	21
(3)	21
(4)	18
(5)	20
(7)	20
(8)	22
(9)	17

rechtes Diagramm

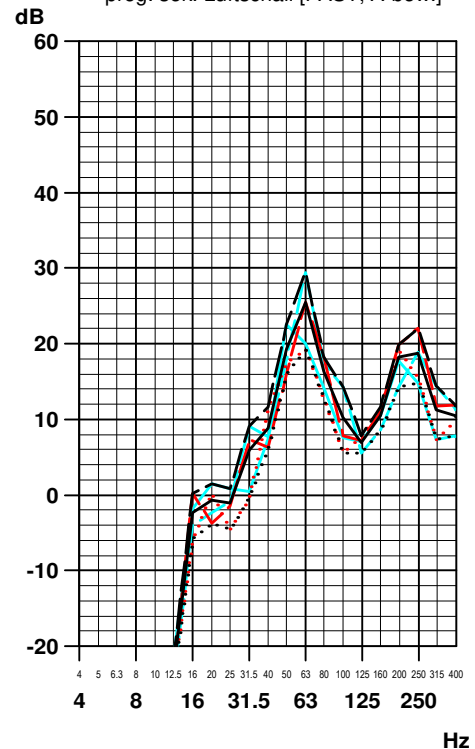
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2)	29
(3)	25
(4)	26
(5)	31
(7)	28
(8)	32
(9)	24

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

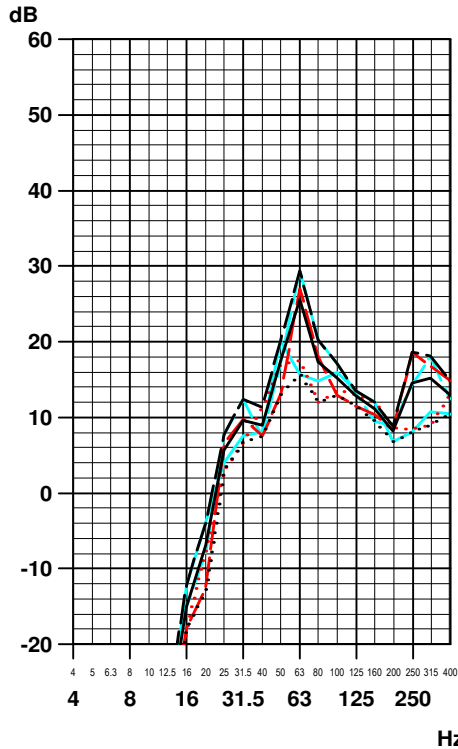


Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2)	29
(3)	23
(4)	25
(5)	31
(7)	28
(8)	31
(9)	22

rechtes Diagramm

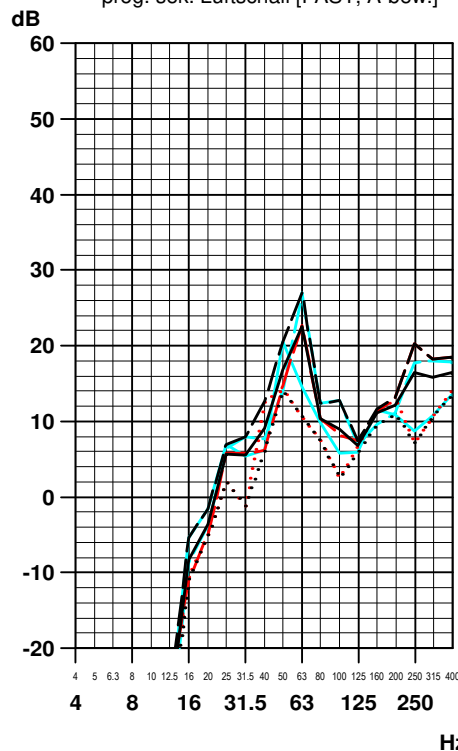
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2)	19
(3)	15
(4)	16
(5)	21
(7)	18
(8)	21
(9)	13

- (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
- - - (3) Messung: RF
- (4) Messung: RI
- - - (5) Messung: RM
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

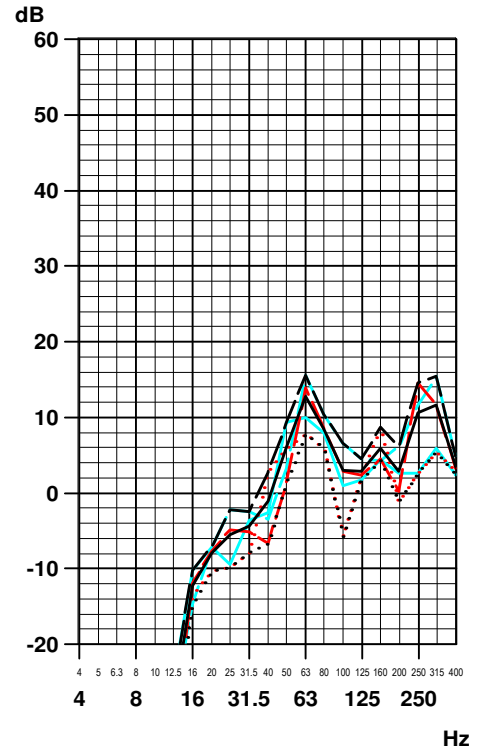


linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

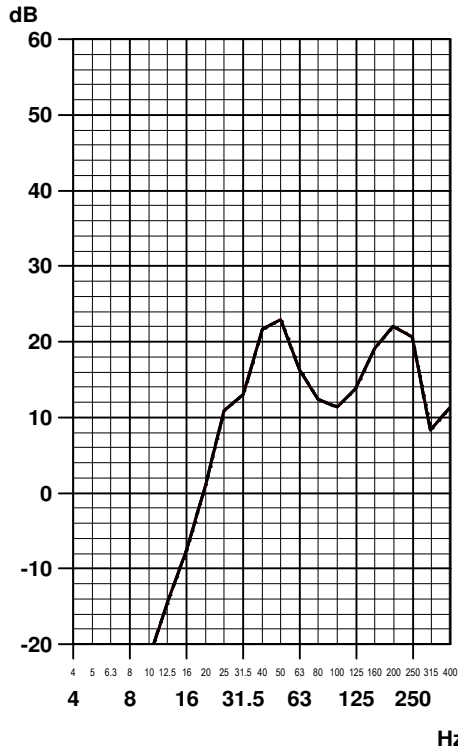
(2)	27
(3)	21
(4)	23
(5)	29
(7)	26
(8)	29
(9)	20

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz
(1) 29

(7) 29
(8) 29
(9) 29

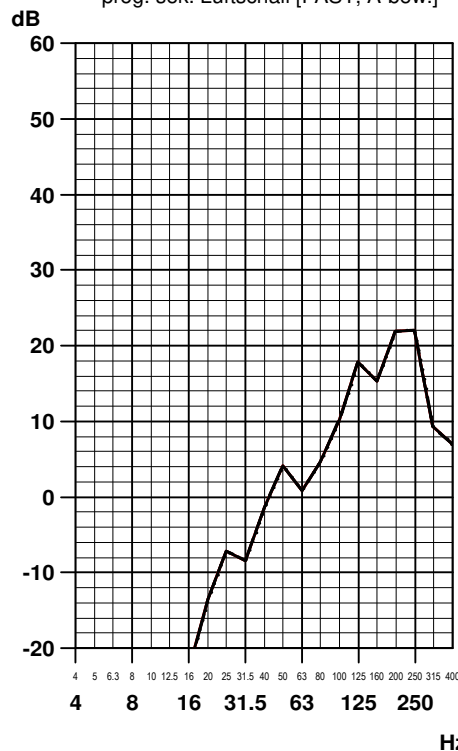
rechtes Diagramm
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz
(1) 29

(7) 29
(8) 29
(9) 29

— (1) Messung: RG
- - -
- - -
- - -
— (7) energ. Mittel
- - - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



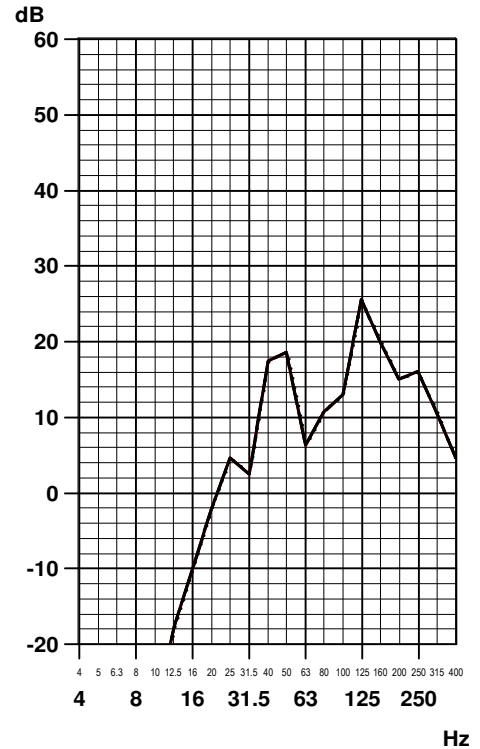
linkes Diagramm
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz
(1) 26

(7) 26
(8) 26
(9) 26

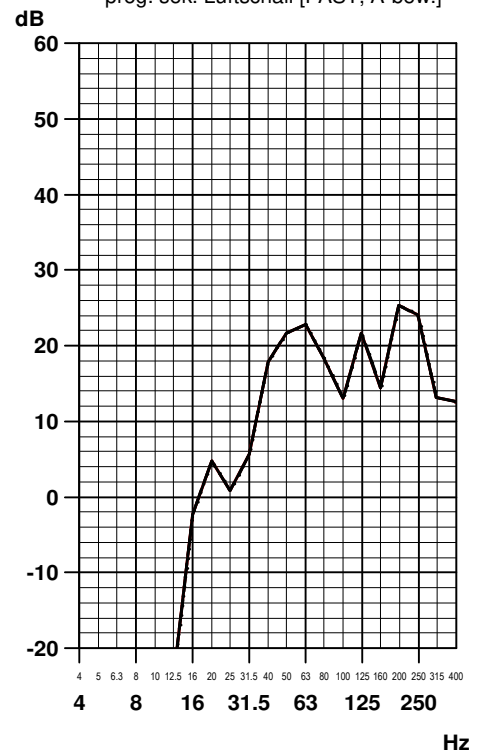
rechtes Diagramm
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz
(1) 31

(7) 31
(8) 31
(9) 31

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

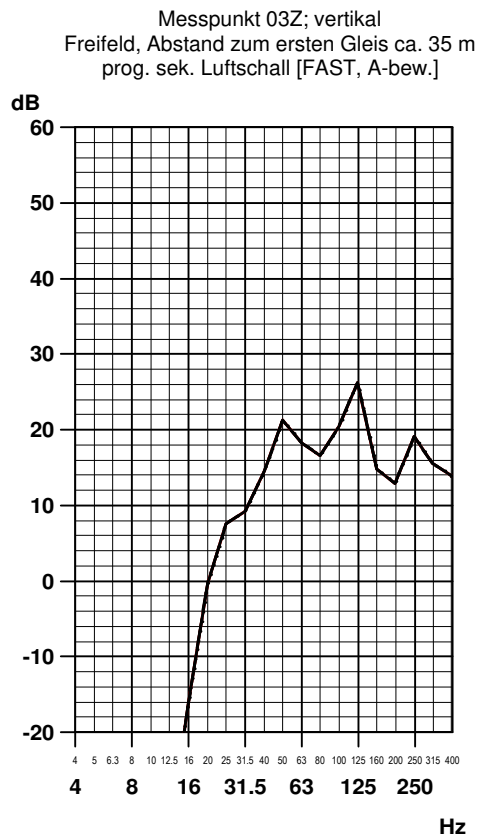


Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

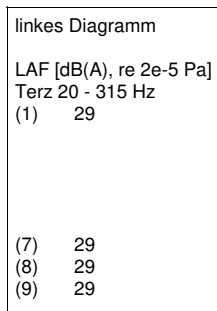
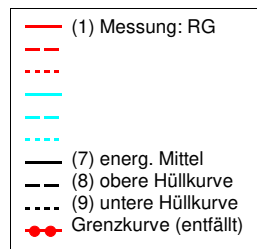
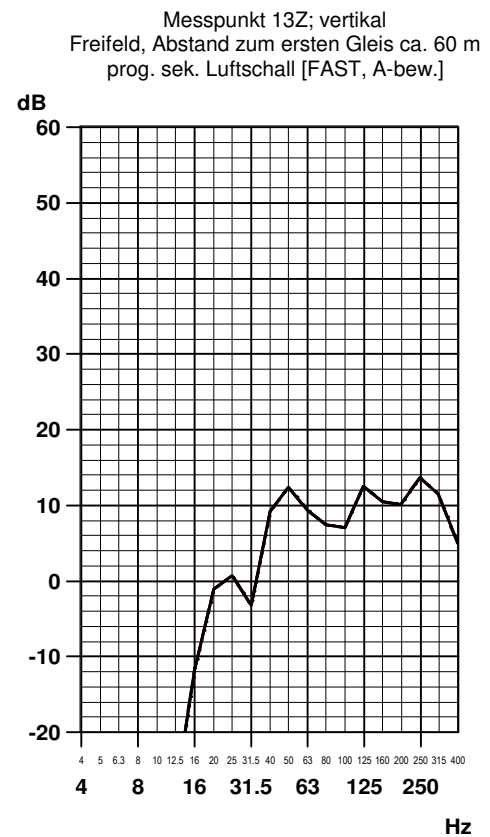
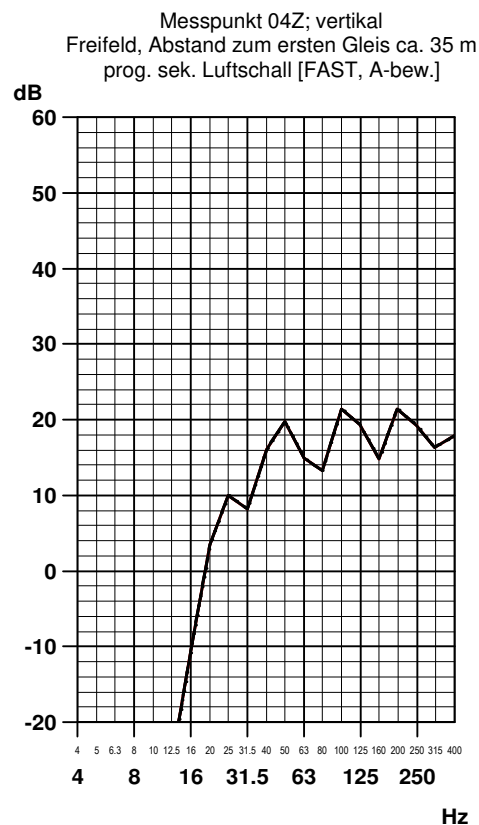


433.13; DST_LST.seq; 09.06.17; 12:26:18

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

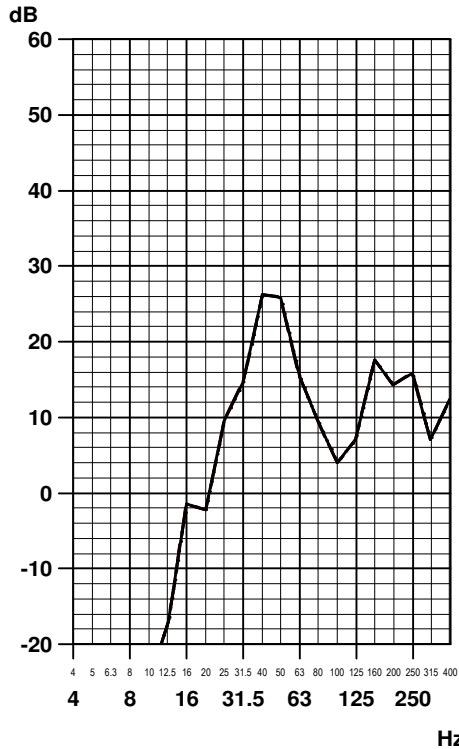


Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 30

(7) 30
(8) 30
(9) 30

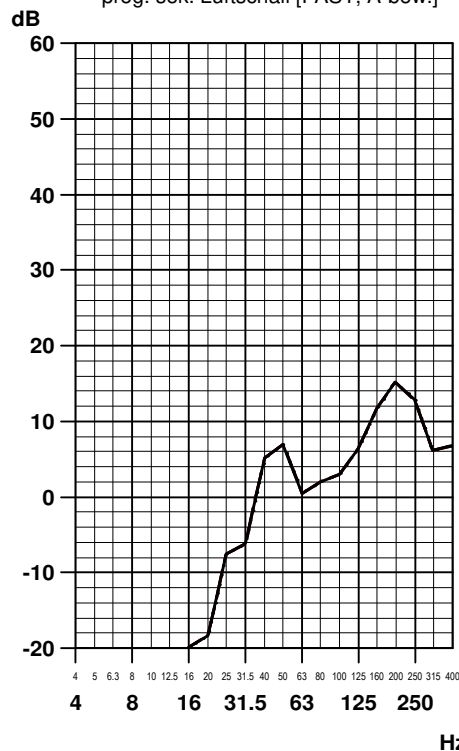
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz(1) 25
(2) 27(7) 26
(8) 28
(9) 21(1) Messung: GA
(2) Messung: LA

— (7) energ. Mittel
— (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 19

(7) 19
(8) 19
(9) 19

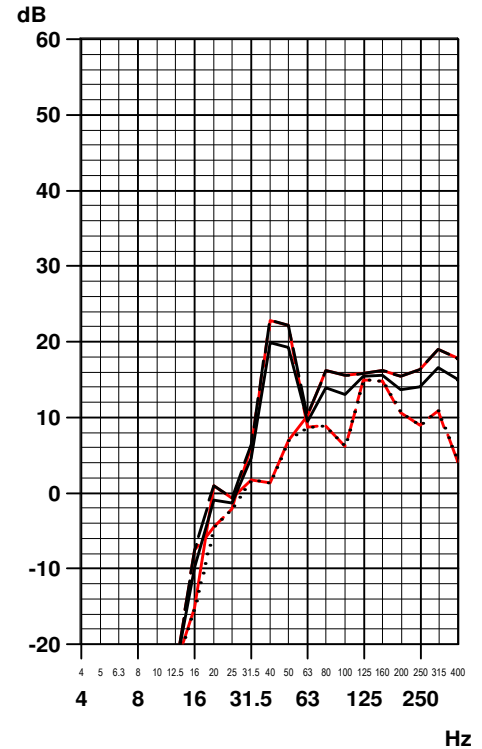
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

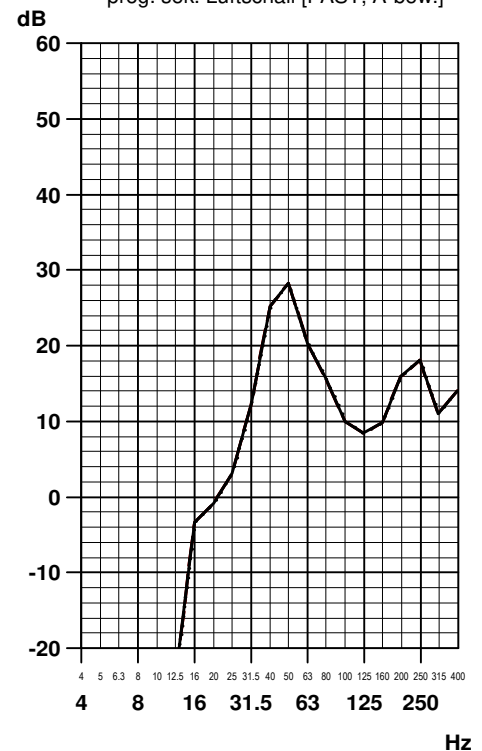
(2) 31

(7) 31
(8) 31
(9) 31

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



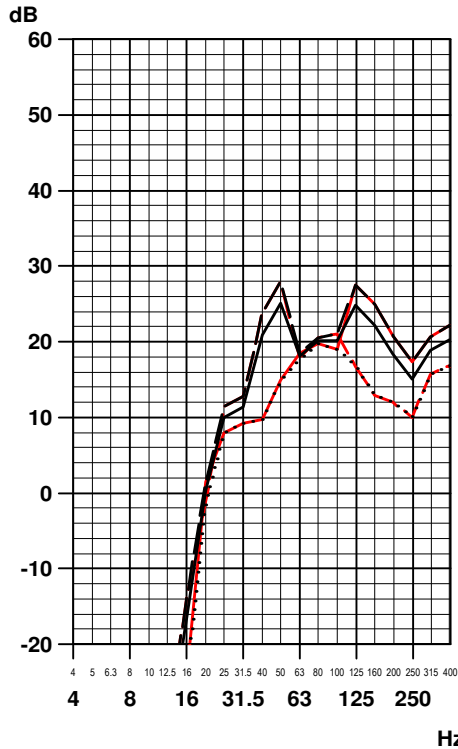
Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



433.13; DST_LS2.seq; 09.06.17; 12:36:18

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz(1) 32
(2) 31(7) 31
(8) 34
(9) 26

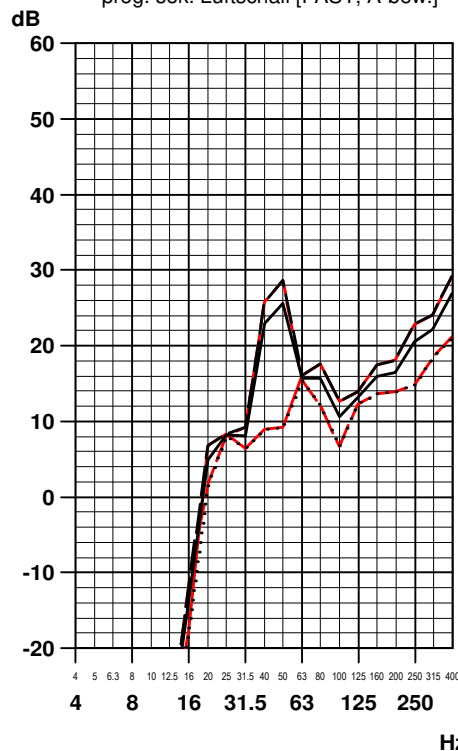
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz(1) 25
(2) 21(7) 23
(8) 25
(9) 18

— (1) Messung: GA
- - (2) Messung: LA
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

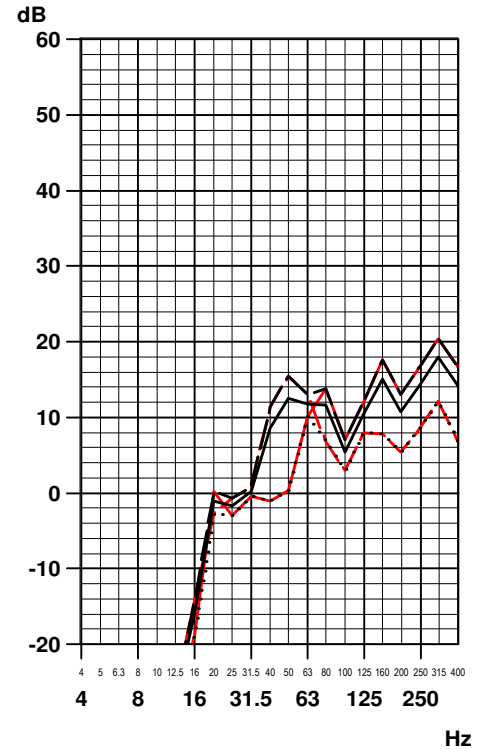
Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz(1) 29
(2) 31(7) 30
(8) 33
(9) 24

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

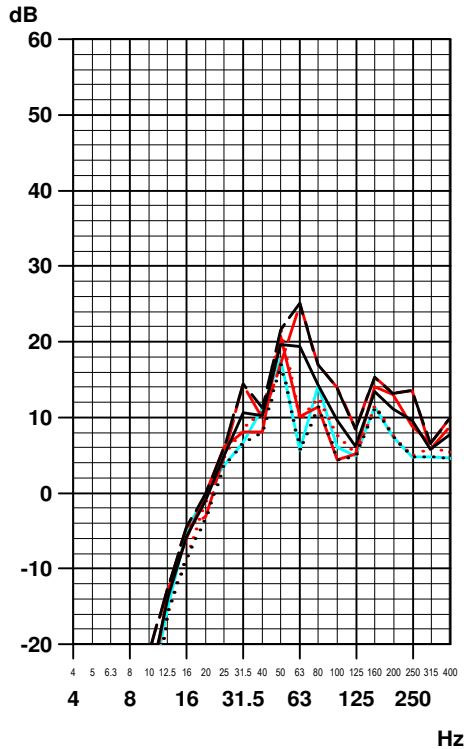


Prognostizierter Sekundärluftschall, Regionalzüge mit Fahrtrichtung Hof Triebwagen Oberpfalzbahn & DB

Abb. 5.2.LS.1

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 23
(2) 28
(3) 24
(4) 21

(7) 25
(8) 28
(9) 20

rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 18
(2) 23
(3) 18
(4) 18

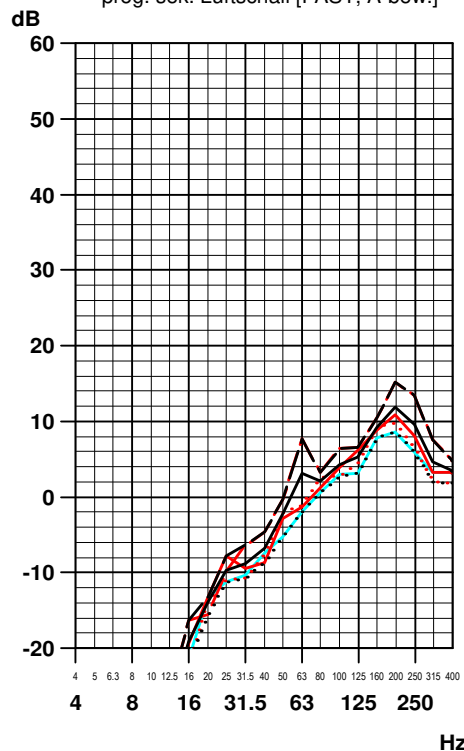
(7) 20
(8) 23
(9) 17

— (1) Messung: RC
- - (2) Messung: RE
... (3) Messung: RH
- - - (4) Messung: RL

— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (9) Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 16
(2) 20
(3) 15
(4) 14

(7) 17
(8) 20
(9) 14

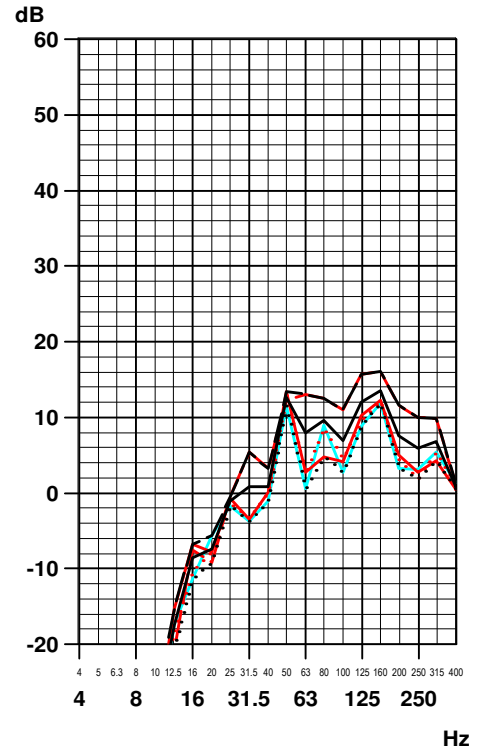
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

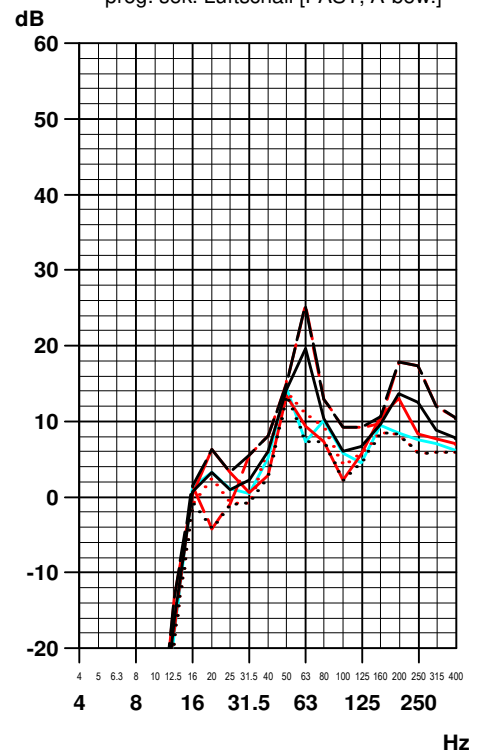
(1) 20
(2) 27
(3) 19
(4) 19

(7) 23
(8) 28
(9) 18

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



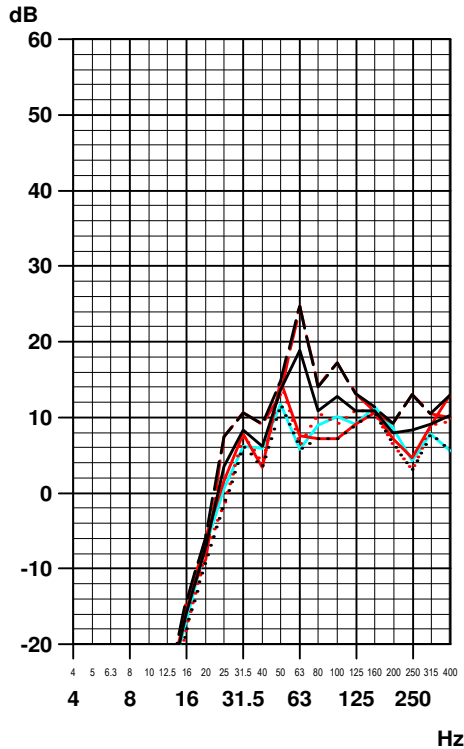
433.13; DST_LS1.seq; 09.06.17; 12:20:32

Prognostizierter Sekundärluftschall, Regionalzüge mit Fahrtrichtung Hof Triebwagen Oberpfalzbahn & DB

Abb. 5.2.LS.2

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 20
(2) 27
(3) 20
(4) 19

(7) 23
(8) 27
(9) 18

rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 9
(2) 17
(3) 11
(4) 11

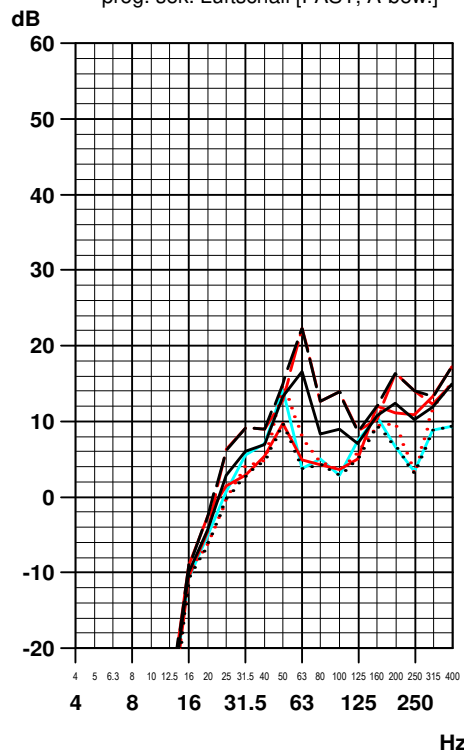
(7) 13
(8) 17
(9) 8

— (1) Messung: RC
- - (2) Messung: RE
... (3) Messung: RH
— (4) Messung: RL

— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



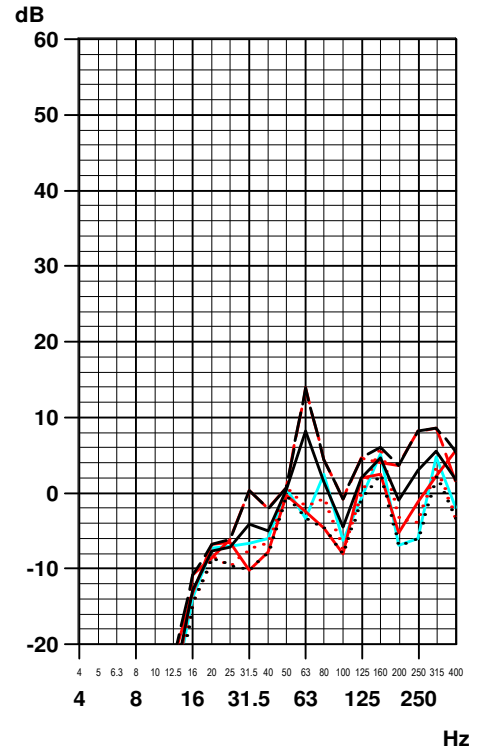
linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 20
(2) 25
(3) 19
(4) 19

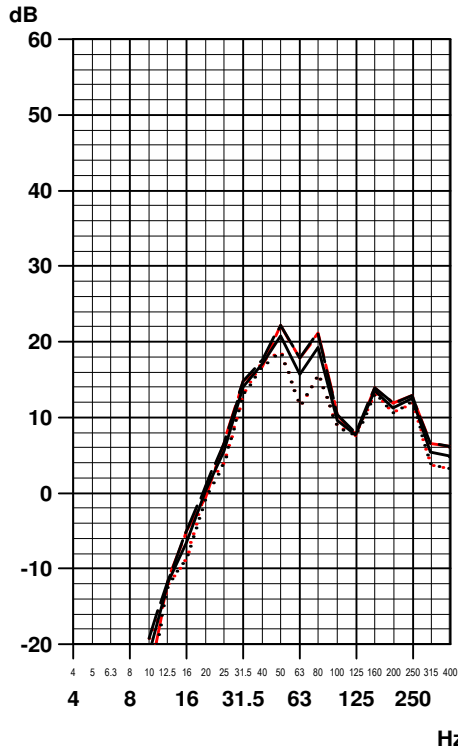
(7) 22
(8) 26
(9) 17

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 27
(3) 24

(7) 26
(8) 27
(9) 24

rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 21
(3) 20

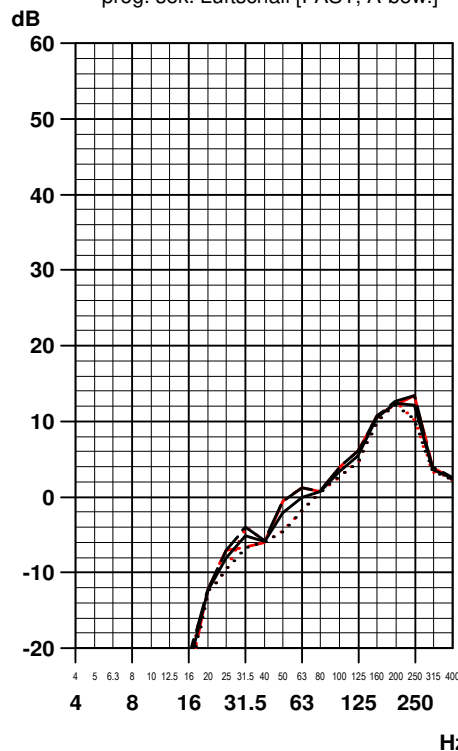
(7) 21
(8) 22
(9) 20

— (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RJ
- - - (3) Messung: RK

— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● (9) Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 18
(3) 17

(7) 17
(8) 18
(9) 17

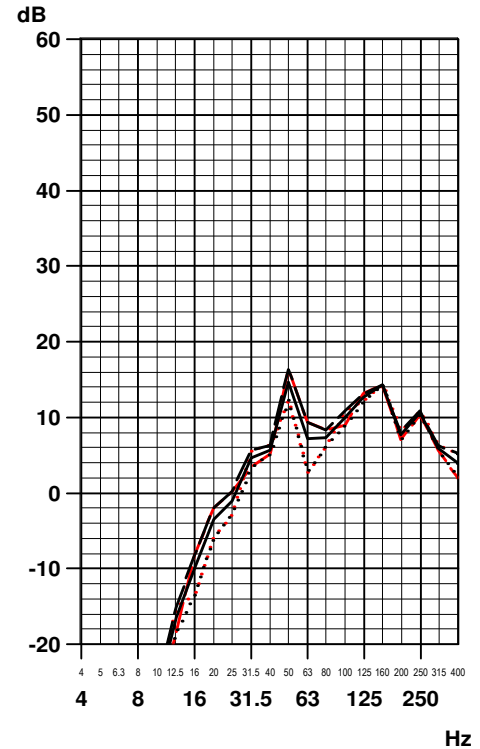
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

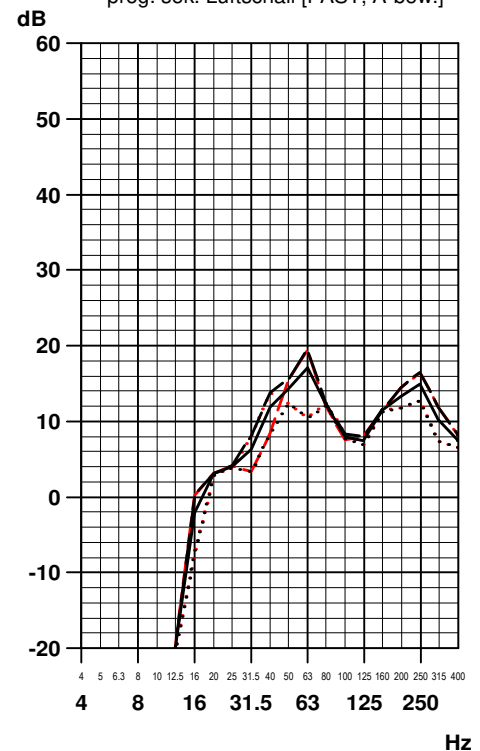
(2) 24
(3) 22

(7) 23
(8) 25
(9) 21

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

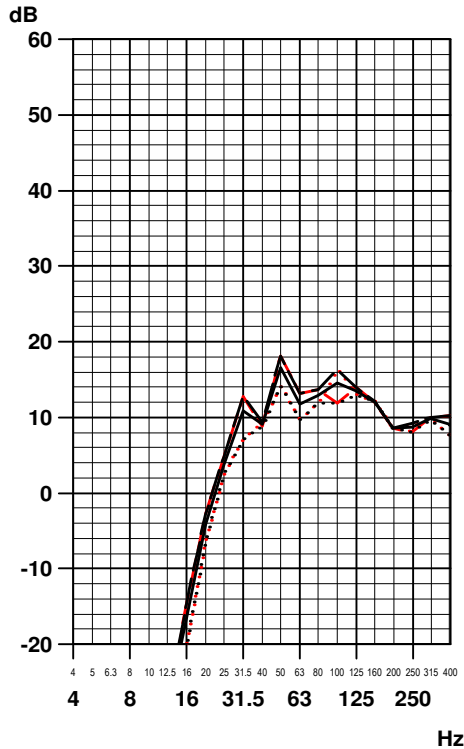


Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 23
(3) 22

(7) 23
(8) 24
(9) 21

rechtes Diagramm

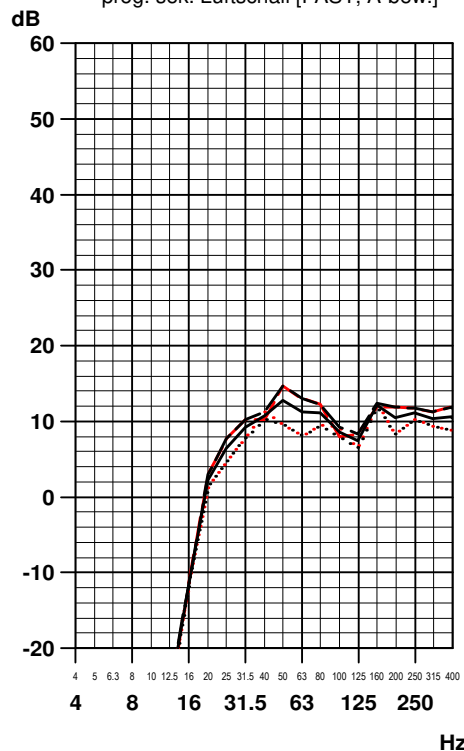
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 14
(3) 13

(7) 14
(8) 15
(9) 12

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



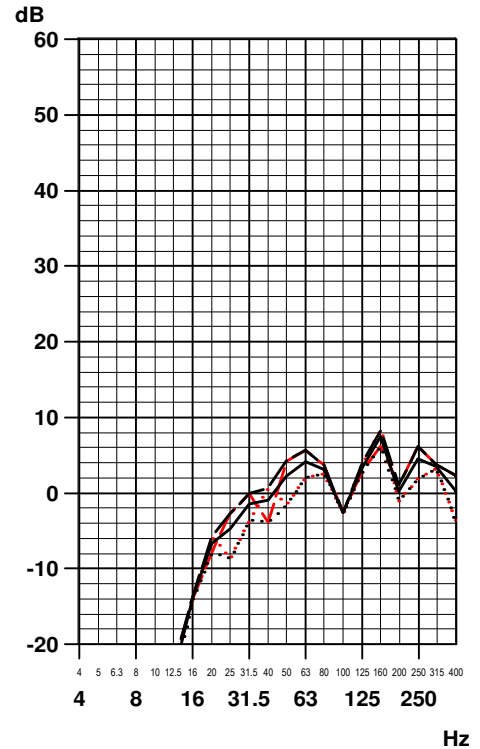
linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(2) 22
(3) 20

(7) 21
(8) 22
(9) 20

Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

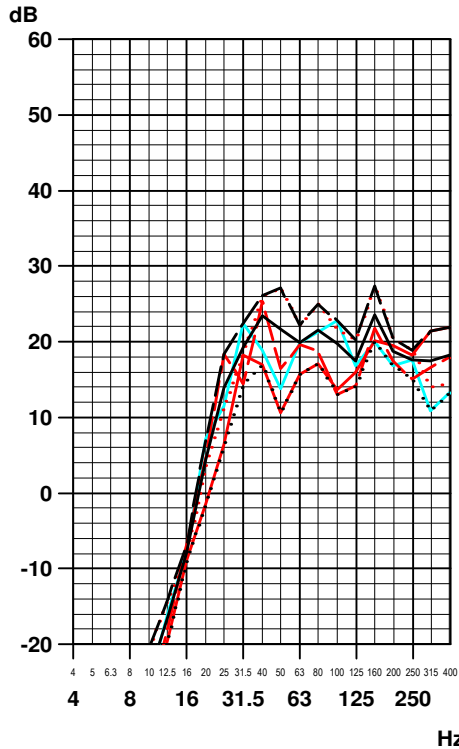


- (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RJ
- ... (3) Messung: RK
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- ... (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

433.13; DST_LS1.seq; 09.06.17; 12:30:25

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 30 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 28
(2) 30
(3) 34
(4) 30

rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

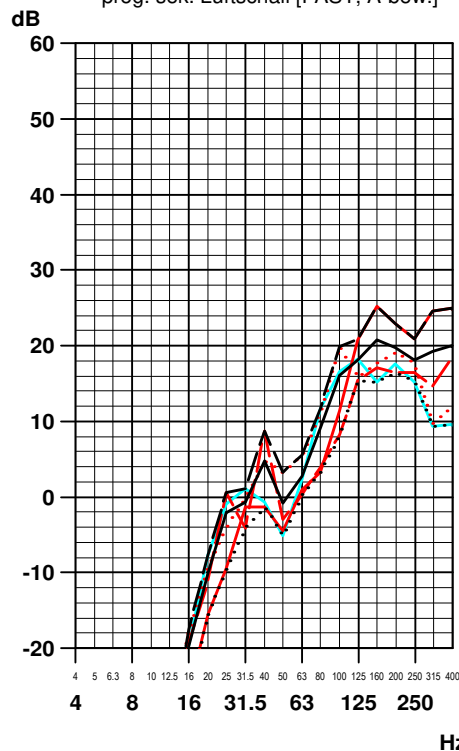
(1) 28
(2) 28
(3) 32
(4) 30

— (1) Messung: GB
- - (2) Messung: GC
... (3) Messung: GD
— (4) Messung: GE

— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (9) Grenzkurve (entfällt)

Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 21Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 80 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 30
(2) 23
(3) 26
(4) 24

(7) 27
(8) 31
(9) 22

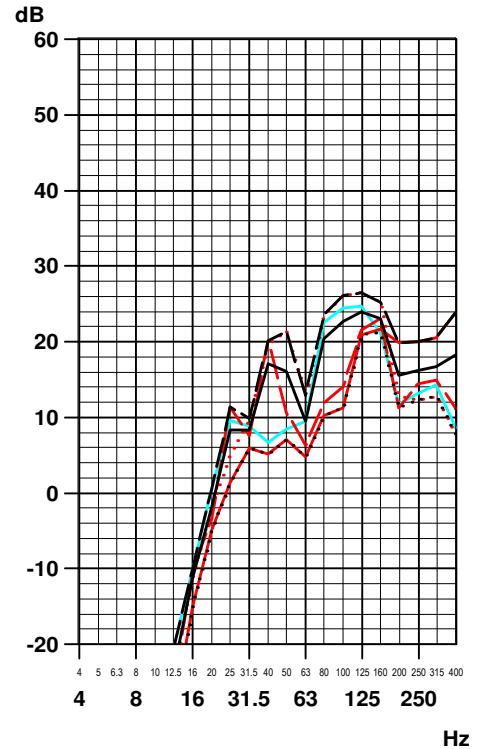
rechtes Diagramm

LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

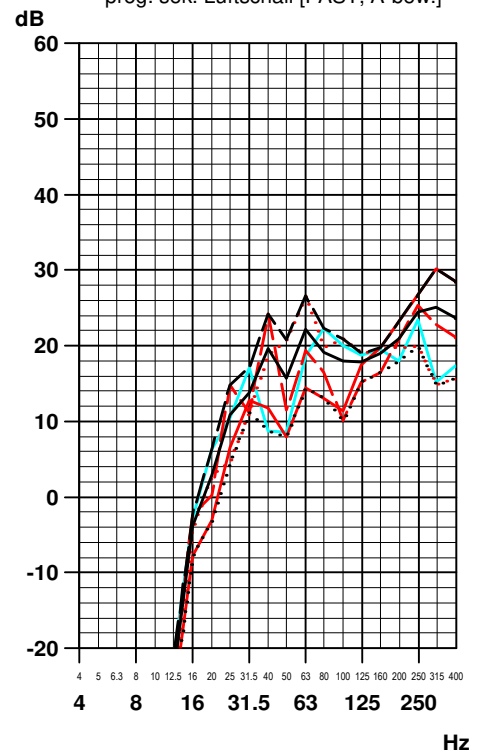
(1) 33
(2) 31
(3) 31
(4) 30

(7) 31
(8) 35
(9) 25

Messpunkt 11Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 55 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



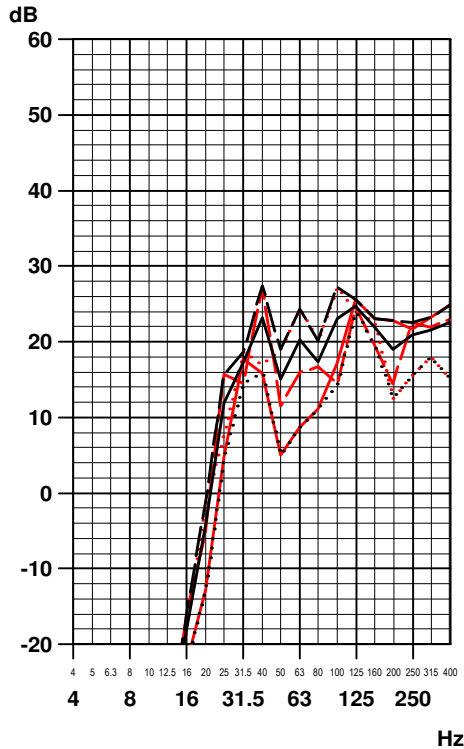
Messpunkt 02Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 40 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



433.13; DST_LS2.seq; 09.06.17; 12:37:31

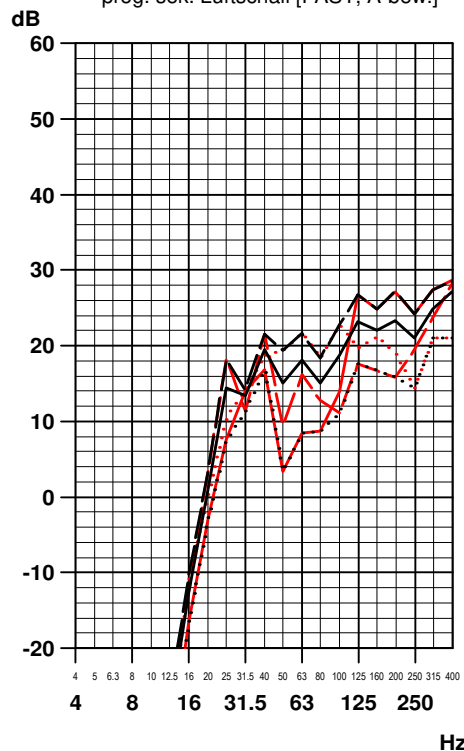
A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 03Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

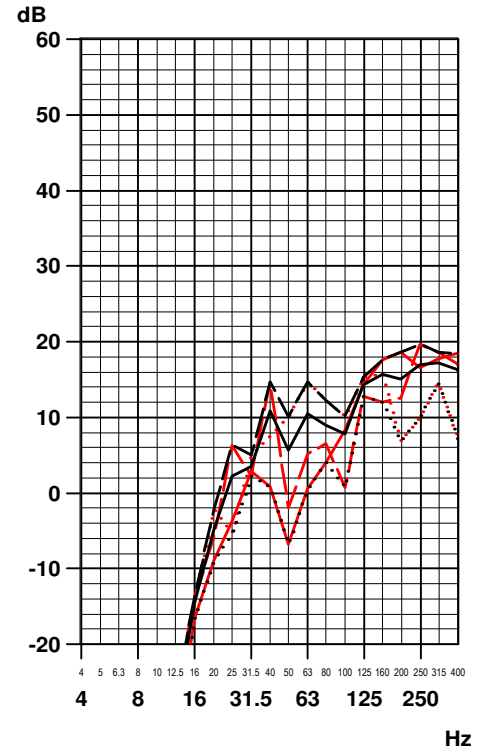


Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

Messpunkt 04Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 35 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 13Z; vertikal
Freifeld, Abstand zum ersten Gleis ca. 60 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



— (1) Messung: GB
- - (2) Messung: GC
... (3) Messung: GD
— (4) Messung: GE
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

linkes Diagramm
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz
(1) 33
(2) 29
(3) 30
(7) 31
(8) 35
(9) 26