

BPlan Nr. 67b Gemeinde Sauerlach Bahn-Immissionen

Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische
Untersuchung

imb-dynamik-Bericht Nr. B435161.docx vom 27.11.2024

Auftraggeber:

Gemeinde Sauerlach
Herr Georg Schmid
Bahnhofstraße 1
D-82054 Sauerlach
E-Mail: georg.schmid@sauerlach.bayern.de

Bearbeitet von:



Dr.-Ing. Norbert Breitsamter
Geschäftsführer imb-dynamik GmbH
Stellvertretender fachlich Verantwortlicher im Bereich Modul
Immissionsschutz



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel
Projektleiter

Akkreditiertes Prüflabor gemäß DIN EN ISO/IEC 17025
im Bereich Erschütterungen, Modul Immissionsschutz



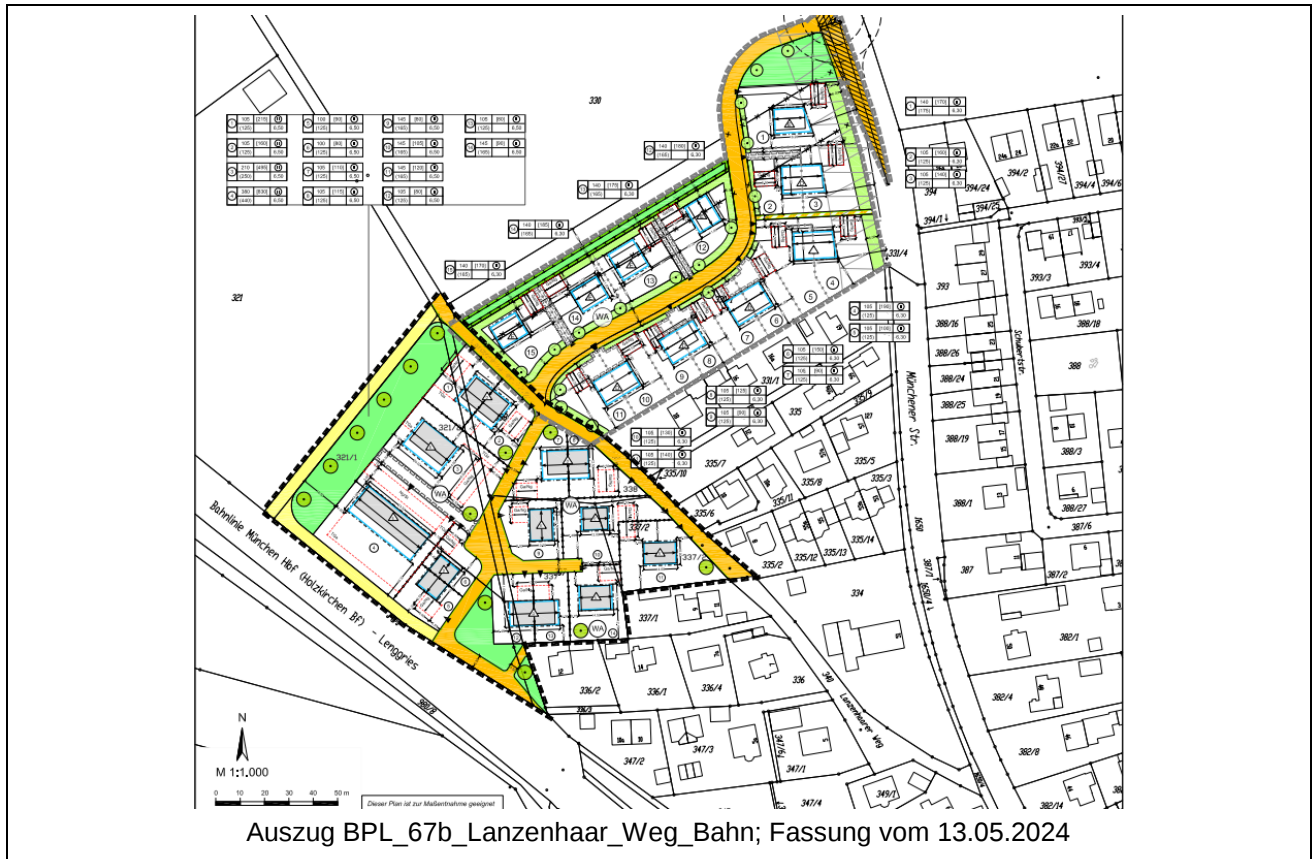
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-20493-01-00

Anerkannte Messstelle nach §29b BImSchG für den
Tätigkeitsbereich „Ermittlung von Erschütterungen“

Zusammenfassung

Situation

In Sauerlach soll der Bebauungsplan Nr. 67b „Gebiet zwischen Lanzenhaarer Weg und Bahn“ aufgestellt werden. Die geplante Bebauung liegt in unmittelbarer Nähe der Bahnlinie München Hbf - Holzkirchen.



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

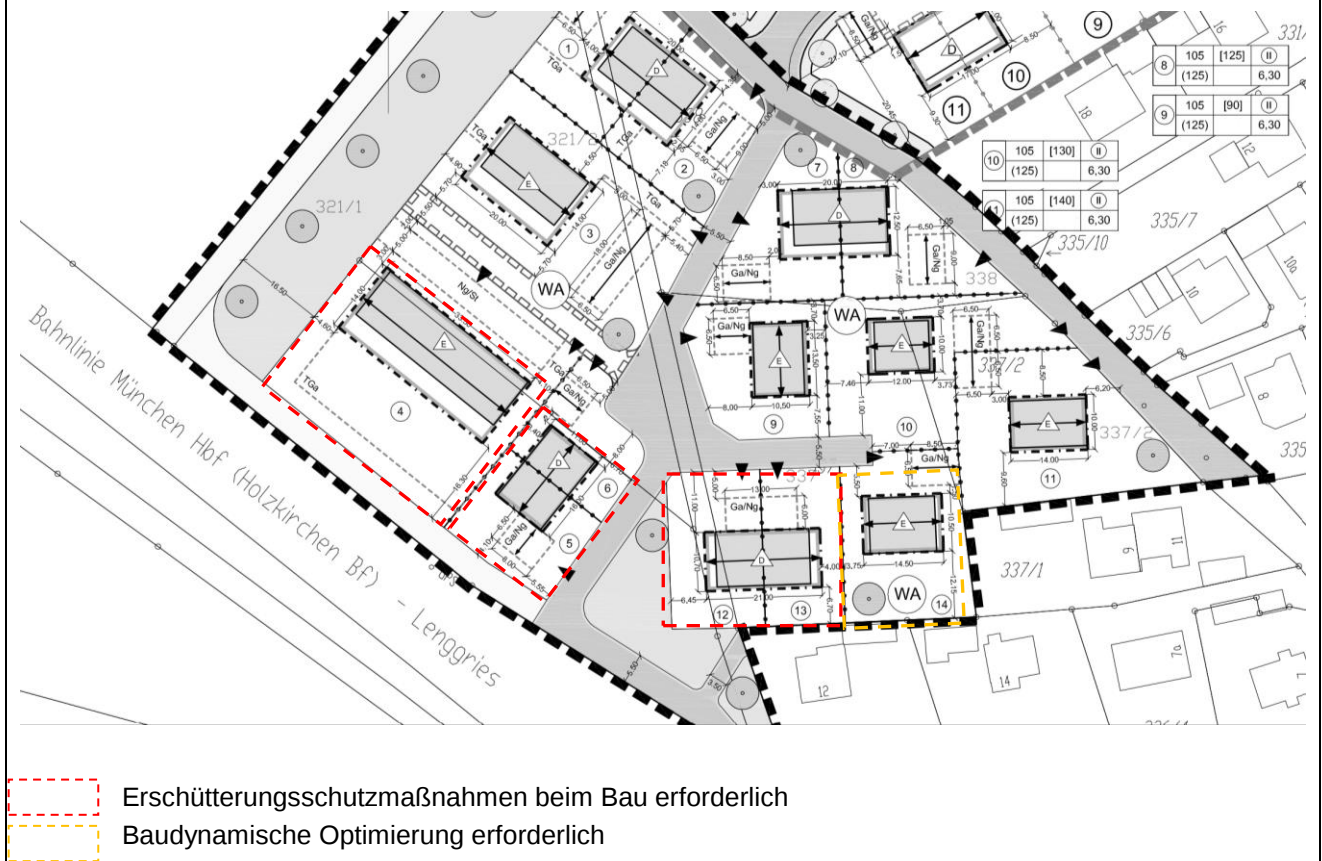
- die in der geplanten Bebauung gegebenen (sekundären) Luftschall- und Erschütterungsimmersionen die Grenzwerte der einschlägigen Richtlinien einhalten, und
- die Eigentümer/Nutzer unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und konstruktiver Aspekte möglichst wenig bzw. keinen wahrnehmbaren Immersionen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

Für diese Aussagen waren Messungen erforderlich, welche die Erschütterungsimmersionen auf dem Baugebäude erfassten. Die Ergebnisse der Messungen und der auf den Messdaten basierenden Prognose sind Gegenstand des vorliegenden Berichts.

Ergebnisse

In der nachfolgenden Abbildung sind die Empfehlungen aufgrund der Messergebnisse vor Ort und der Prognosewerte für die geplante Bebauung zusammengefasst. Die detaillierten Prognosewerte je Gebäude sind in Kapitel 6.3 dargestellt.

Auszug BPL_67b_Lanzenhaar_Weg_Bahn; Fassung vom 13.05.2024:



Einfamilienhaus 4:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Einfamilienhaus 4 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen Gebäudeparametern mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten. Da die ungünstigen Gebäudeparameter eine Kombination aus Decken und Estrich-Eigenfrequenzen darstellen, welche durchaus typisch für ein Gebäude dieser Größenordnung sind, werden die Anforderungen der DIN 4150/2 hier nicht eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Doppelhaus 5 & 6:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Doppelhaus 5 & 6 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen Gebäudeparametern sehr wahrscheinlich überschritten. Da die ungünstigen Gebäudeparameter eine Kombination aus Decken und Estrich-Eigenfrequenzen darstellen, welche durchaus typisch für Gebäude dieser Größenordnung sind, sind die Anforderungen der DIN 4150/2 hier nicht eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Doppelhaus 12 & 13:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Doppelhaus 12 & 13 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen und günstigen Gebäudeparametern eingehalten. Auch das Beurteilungskriterium ist mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten. Die Anforderungen der DIN 4150/2 werden sehr wahrscheinlich eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Einfamilienhaus 14:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Einfamilienhaus 14 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen und günstigen Gebäudeparametern mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten. Die Anforderungen der DIN 4150/2 werden somit eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird bei ungünstigen Gebäudeparametern wahrscheinlich nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden deshalb nicht eingehalten. Die Überschreitung ist in diesem Fall jedoch gering.

Das Gebäude ist baodynamisch so zu optimieren, dass die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 eingehalten werden.

Übrige Gebäude im Baugebiet

Bei allen nicht aufgeführten Gebäuden werden sowohl die Anforderungen der DIN 4150/2, als auch die der VDI-Richtlinie 2719 mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten.

Hier sind keine Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau zu berücksichtigen.

Maßnahmenempfehlung

Erschütterungsschutzmaßnahmen (Gebäude 4, 5, 6, 12, 13):

Aufgrund der Überschreitungen der Anforderungen an den Sekundärluftschall (VDI 2719) wird wahrscheinlich eine Elastische Gebäudelagerung erforderlich. Diese kann eventuell auch im Einzelfall teilflächig erfolgen. Hierfür empfehlen wir, auch wegen der vorgefundenen Situation am Messtag, eine Messung mit höherer Messpunktauflösung (mehrere Abnahmeketten zur Ermittlung der Entfernungsabnahme). Diese überschreitet die Aufgabenstellung in diesem Dokument.

In jedem Fall muss mit einer geeigneten rechnerischen Modellierung überprüft werden, ob und in welcher Form sich eine elastische Gebäudelagerung so ausführen lässt, dass die Anforderungen (bzw. Komfortvorstellungen) erreicht werden. Das Ergebnis ist stark von der jeweiligen Gebäudekonstruktion abhängig.

Evtl. sind Eingriffe in die grundlegende Ausführungsart eines Gebäudes erforderlich (Unterkellerung, Fundament, Wände betreffend)

Baudynamische Optimierung (Gebäude 14):

Es ist mit einer geeigneten baudynamischen Modellierung zu überprüfen, ob die Anforderungen der VDI 2719 mit der geplanten Gebäudekonstruktion eingehalten werden können. Ggf. ist die Konstruktion einzelner Bauteile (z.B. Decken-, Estrichstärke, o.a.) so zu optimieren, dass die Anforderungen der VDI 2719 erfüllt werden.

Die Auslegung der hier genannten Maßnahmen sollte individuell angepasst durch einen unabhängigen Baudynamiker erfolgen. So ist es möglich, die Maßnahmen auf die notwendigen Bereiche zu beschränken und im Fall des Einsatzes von elastischen Materialien eine sehr wirtschaftliche Lösung zu erhalten, da die Möglichkeit zur Kostenersparnis in diesem Bereich immens ist.

Die empfohlenen Maßnahmen sind Stand der Technik, in ihrer Wirksamkeit gut anpassbar, wirtschaftlich ausführbar und hinsichtlich des zu erwartenden Ergebnisses gut prognostizierbar.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

Dr.-Ing. Norbert Breitsamter
Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

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	12
3.5 imb-dynamik-Empfehlung	12
3.6 Zusammenfassung Anhaltswerte	13
4 Messungen	14
4.1 Lage der Messpunkte	14
4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten	15
4.3 Durchführung der Messungen	15
5 Auswertung	15
5.1 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt	15
5.2 Auswertung im Zeitbereich	16
6 Prognoseergebnisse und Beurteilung	16
6.1 Allgemein	16
6.2 Immissionssituation	17
6.2.1 Vergleich der Messpunkte	17
6.2.2 Vergleich der Zuggattungen	18
6.3 Prognostizierte Erschütterungen	19
6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall	20
7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung	22
7.1 Beurteilung der Prognosewerte	22
7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen	23
7.3 Angaben zur baulichen Ausführung	24
Anlage: Abbildungen, Seiten 26	

1 Situation und Aufgabenstellung

In Sauerlach soll der Bebauungsplan Nr. 67b „Gebiet zwischen Lanzenhaarer Weg und Bahn“ aufgestellt werden. Die geplante Bebauung liegt in unmittelbarer Nähe der Bahnlinie München Hbf - Holzkirchen.

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 Baugebiete erfassten. Die Ergebnisse der Messungen und der auf den Messdaten basierenden Prognose sind Gegenstand des vorliegenden Berichts.

2 Grundlagen

- (1) imb-dynamik-Messungen vom 13.11.2024
- (2) DIN IEC 60263: Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von frequenzabhängigen Kennlinien und Polardiagrammen, vom 2021-10
- (3) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen;
Teil 1, Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, 2020-06
- (4) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen;
Teil 2, Messverfahren, 2005-06
- (5) DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen
Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999-06
- (6) VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, 1987-08
- (7) VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, 2013-01

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_{FTr} , die Beurteilungsschwingstärke.

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

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

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

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (1)$$

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

T_e = Einwirkungszeit

KB_{FTm} = 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_{FTr} 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.

Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten, wie im vorliegenden Fall, sind die Anhaltswerte nach obiger Tabelle ohne Beaufschlagung einzuhalten.

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 folgende Zusammenhänge zwischen bewerteten Schwingstärken und subjektiver Wahrnehmung angegeben.

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 Schwingungsschnelle 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 m^2
- A = Absorptionsvermögen des Raumes in m^2
- 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)

Die um 5 dB höheren Werte der Zeile „Sonstige Gebiete“ sind u.a. vor dem Hintergrund einer mehr als 30 Jahre alten Richtlinie als nicht mehr zeitgemäß zu sehen. Auch im Bereich des Schallschutzes hat sich in diesem Zeitraum ein Trend zu niedrigeren Anhaltswerten durchgesetzt (vgl. Qualitätsstufen in DIN 4109, VDI 4100).

Der Ansatz eines Wertes von 35 dB(A) impliziert einen Beurteilungswert von 25 dB(A), der damit der Anforderungen der TA-Lärm für den Nachtzeitraum genügen würde, wie z.B. vom LFU Bayern herangezogen. Da in der TA-Lärm jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass sie nicht zur Beurteilung von Verkehrslärm heranzuziehen ist (und dazu zählt der Sekundärluftschall der Quelle nach), zieht imb-dynamik die TA-Lärm nicht für eine Beurteilung heran. Weiterhin ist auch eine Beurteilung der „lautesten Nachtstunde“ mit den Zugzahlen der DB AG nicht möglich und das Maximalkriterium der TA-Lärm ist nicht auf einen mittleren Maximalwert ausgelegt. Diese Punkte führen zu Fragen und machen die Anwendung der TA-Lärm schwierig.

In Gerichtsgutachten wird häufig die 24. BImSchV herangezogen, da sie als Verordnung auf Bundesebene über den anderen Regelwerken steht. Der Anhaltswert der 24. BImSchV beträgt 30 dB(A) im Beurteilungswert, was 40 dB(A) im absoluten oder mittleren Maximalkriterium entspräche. Diese Anforderung wird damit mit leichtem Sicherheitsvorhalt eingehalten.

Der Ansatz von 35 dB(A) für Schlafräume nachts hat in der Vergangenheit in keinem Fall zu Problemen geführt – er lag aber auch im Vergleich zu bauherrnseitig gestellten Anforderungen nicht zu weit auf sicherer Seite.

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 Aussondierung „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_{FTm} 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 ¹ KB_{Ftr}	tags 0,07 nachts 0,05	keine zusätzliche Anforderung

Sekundärluftschall

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

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

¹ Aufgrund der städtebaulichen Planung 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
Ladungsvorverstärker	IEPE100	Metra
Vielkanal-Messsystem	CS-1016	IMC
Analyseprogramm	Famos	IMC
Rechenprogramm	Mathcad	Mathsoft

4.1 Lage der Messpunkte

Die Lage der Messpunkte wurde unter Berücksichtigung des Bebauungsplanes Nr. 67 b (Fassung vom 13.05.2024) und der am Messtag vorgefundenen Situation vor Ort festgelegt.

Die Messpunkte wurden mit unterschiedlichem Abstand zur Bahnlinie eingerichtet. Die neun Messpunkte befanden sich in ca. 9 m bis 83 m Abstand zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.

Am Messtag war der Bereich westlich der Waldstraße (Gebäude 3,4,5 & 6) frisch gepflügt. Die bahnnächsten Messpunkte (01GA & 02GA) wurden deshalb im „gewachsenen Boden“ am Rand der Ackerfläche gesetzt. Hierdurch ergeben sich durch den geringeren Abstand zur Bahn erhöhte Werte. Die Messpunkte im frisch gepflügten Bereich (12GA & 13GA) zeigen tendenziell durch ihre Anbindung (lockere Erde) geringere Werte. Diese Umstände wurden jeweils bei der späteren Prognose berücksichtigt.

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
01GA	vertikal	Freifeld, zwischen Haus 5 und Bahnlinie	Erdspieß
02GA	vertikal	Freifeld, zwischen Haus 4 und Bahnlinie	Erdspieß
11GA	vertikal	Freifeld, Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke	Erdspieß
12GA	vertikal	Freifeld, Doppelhaus 5 & 6, zentral	Erdspieß
13GA	vertikal	Freifeld, Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze	Erdspieß
21GA	vertikal	Freifeld, Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke	Erdspieß
22GA	vertikal	Freifeld, Haus 9, südliche Gebäudegrenze	Erdspieß
23GA	vertikal	Freifeld, zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche	Erdspieß
31GA	vertikal	Freifeld, Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke	Erdspieß

4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten

Die Messungen wurden am Mittwoch, den 13.11.2024 in der Zeit von ca. 07:45 Uhr bis ca. 12:30 Uhr durchgeführt.

Die Signale aller Messpunkte wurden bei den Zug-Vorbeifahrten im o.g. Zeitraum synchron aufgezeichnet. Es wurden 14 S-Bahnen, 7 Triebzüge (BRB) beider Fahrtrichtungen aufgezeichnet.

Witterung: Nebelig, bei ca. 0°C

Die im Anhang 4.2 dargestellte Übersicht gibt die gemessenen Zugfahrten wieder.

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.1 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 Einfahrt 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 im Anhang 4.3 dargestellte Tabelle enthält die im Zeitbereich berechneten Taktmaximalwerte KB_{FTi} für alle ausgewerteten Zugvorbeifahrten. Die sich ergebende maximale Bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie das energetische Mittel aller Zugfahrten, KB_{FTm} , sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

	01GA	02GA	11GA	12GA	13GA	21GA	22GA	23GA	31GA
KB_{FTm}	0,148	0,146	0,041	0,018	0,020	0,013	0,008	0,010	0,009
KB_{Fmax}	0,251	0,236	0,097	0,025	0,029	0,025	0,011	0,020	0,012
Verhältnis [%]	59%	62%	42%	73%	70%	53%	75%	51%	74%

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.

Die Einholung von Zugzahlen ist nur erforderlich, wenn die Bildung eines Beurteilungspegels nach DIN 4150/2 notwendig wird. Dies ist hier nur bei Doppelhaus 12, 13 der Fall.

Bei diesem Doppelhaus wird jedoch die Anforderung an den Sekundärluftschall (nach VDI 2057) maßgebend (siehe 6.4), d.h. ein Erschütterungsschutz ist beim Bau, auch ohne Bildung des Beurteilungspegels erforderlich.

Aus Zeit und Kostengründen wird deshalb im vorliegenden Fall auf die Einholung von Zugzahlen bei der DB AG verzichtet.

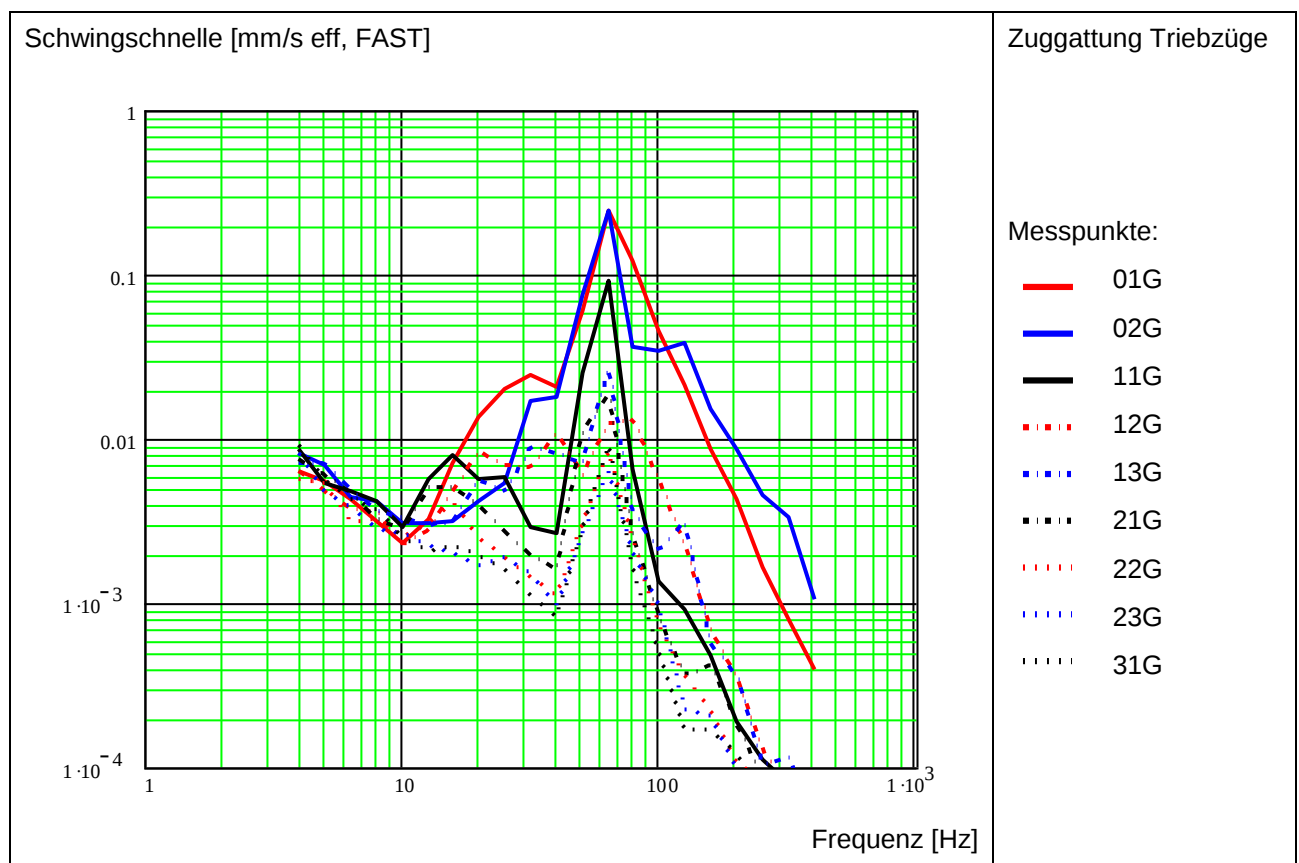
6.2 Immissionssituation

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 Zuggattung² sind Triebzüge mit Fahrtrichtung München



Die vorbeifahrenden Triebzüge erzeugen im Gelände des geplanten Baugebietes maßgeblich Erschütterungen im Frequenzbereich von 40 Hz bis 125 Hz. In diesem Frequenzbereich können vor allem Estriche auf Trittschalldämmung zu Vibrationen in Gebäuden angeregt werden.

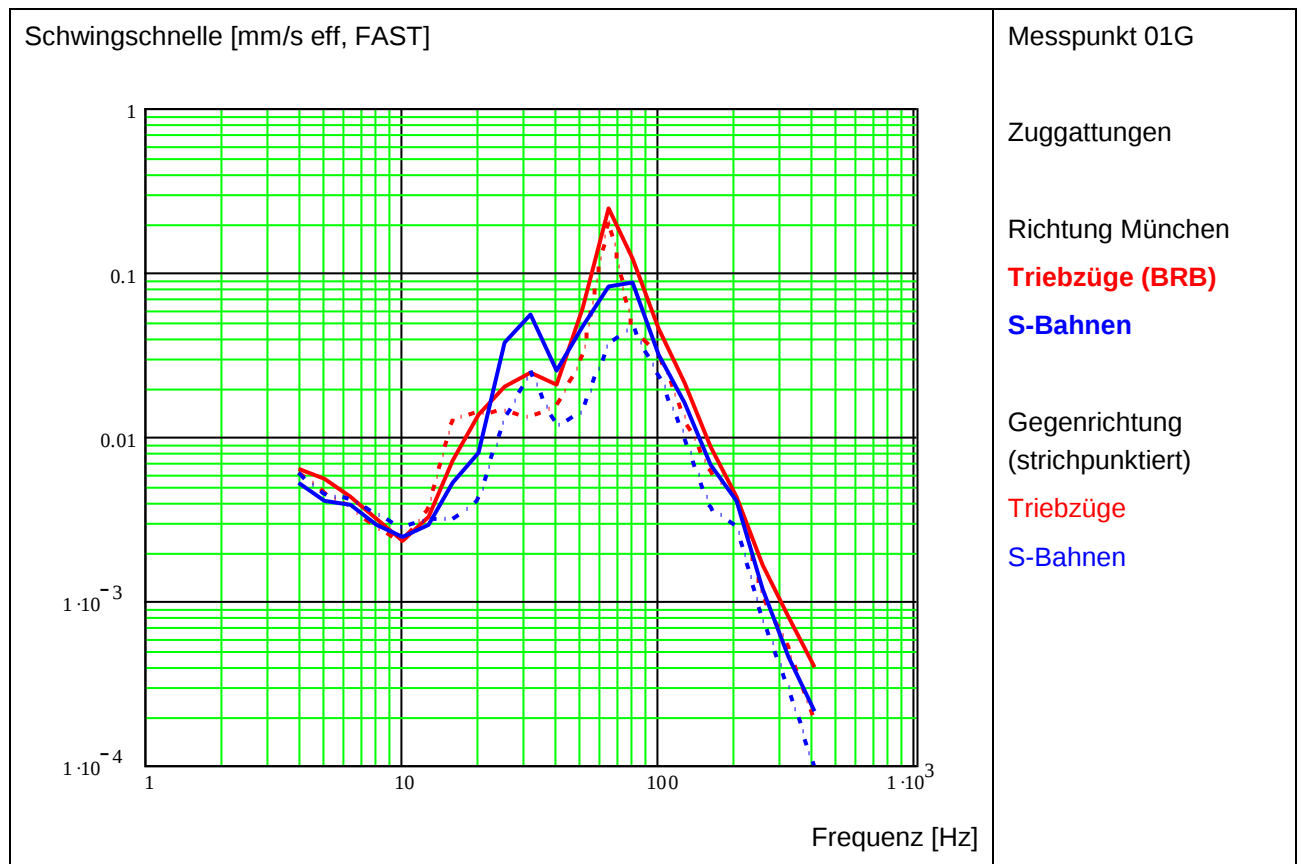
Durch diese Vibrationen können Zugvorbeifahrten, vor allem in der gleisnahen Bebauung, als sog. Sekundärluftschall hörbar wahrgenommen werden. Die Erschütterungen bei 63 Hz werden im vorhandenen Boden weit getragen und sind selbst noch im Abstand von 83 m zur Bahnlinie (MP31G) gut messbar.

Am Messtag war der Bereich westlich der Waldstraße (Gebäude 3,4,5 & 6) frisch gepflügt. Die bahnnächsten Messpunkte (01GA & 02GA) wurden deshalb im „gewachsenen Boden“ am Rand der Ackerfläche gesetzt. Hierdurch ergeben sich durch den geringeren Abstand zur Bahn erhöhte Werte. Die Messpunkte im frisch gepflügten Bereich (12GA & 13GA) zeigen tendenziell durch ihre Anbindung (lockere Erde) geringere Werte. Diese Umstände wurden jeweils bei der späteren Prognose berücksichtigt.

² 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

In der nachfolgenden Abbildung ist ein Vergleich zwischen den vor Ort verkehrenden Triebzügen der BRB und den S-Bahn-Zügen dargestellt. Für den Vergleich wurde der Messpunkt 01G gewählt, an welchem die höchsten Messwerte im geplanten Bebauungsgebiet gemessen wurden. Dargestellt ist jeweils das energetische Mittel einer Zuggattung und Fahrtrichtung.



Auf dem nächstgelegenen Gleis zur geplanten Bebauung verkehren die Züge mit Fahrtrichtung München. Sowohl die gemessenen Erschütterungsimmissionen der S-Bahnen als auch der vorbeifahrenden Triebzüge sind in dieser Fahrtrichtung maßgebend.

Die oben dargestellte Schwingstärke ist im Frequenzbereich von ca. 25 Hz bis ca. 40 Hz bei den S-Bahnen am größten. Ab ca. 40 Hz dominieren im Vergleich die Triebzüge.

6.3 Prognostizierte Erschütterungen

Die Prognose wird für

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

durchgeführt.

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 31,5 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 125 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

Gebäude-Nr. lt. BPlan	maßge- bende(r) Mess- punkt(e)	maßgebende Zuggattung und Fahrtrichtung	Prognose KB_{Fmax} Maximalwerte ungünstige Gebäudepara- meter	Prognose KB_{Fmax} Maximalwerte günstige Gebäudepara- meter	Anhaltswert A_o allgemeines Wohngebiet
Doppelhaus 1, 2	23G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	0,04	0,02	0,2
Einfamilien- haus 3	22G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	0,05	0,02	
Einfamilien- haus 4	01G, 11G	Triebzüge Rich- tung München	0,33	0,12	
Doppelhaus 5, 6	01G, 11G	Triebzüge Rich- tung München	0,26	0,10	
Doppelhaus 7,8	31G	S-Bahnen Rich- tung München	0,05	0,02	
Einfamilien- haus 9	22G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	0,05	0,02	
Einfamilien- haus 10	22G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	0,05	0,02	

Gebäude-Nr. lt. BPlan	maßge- bende(r) Mess- punkt(e)	maßgebende Zuggattung und Fahrtrichtung	Prognose KBFmax Maximalwerte ungünstige Gebäudepara- meter	Prognose KBFmax Maximalwerte günstige Gebäudepara- meter	Anhaltswert Ao allgemeines Wohngebiet
Einfamilien- haus 11	22G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	0,05	0,02	0,2
Doppelhaus 12, 13	11G	Triebzüge Rich- tung München	0,16	0,06	
Einfamilien- haus 14	21G	Triebzüge Rich- tung München	0,07	0,03	

Beurteilungswerte

Die Bildung eines Beurteilungspegels ist im vorliegenden Fall theoretisch nur für das Doppelhaus 12, 13 notwendig.

Bei diesem Doppelhaus wird jedoch die Anforderung an den Sekundärluftschall (nach VDI 2057) maßgebend (siehe 6.4), d.h. ein Erschütterungsschutz ist beim Bau, auch ohne Bildung des Beurteilungspegels empfohlen.

6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 31,5 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 125 Hz ergibt sich:

Mittlere Maximalwerte

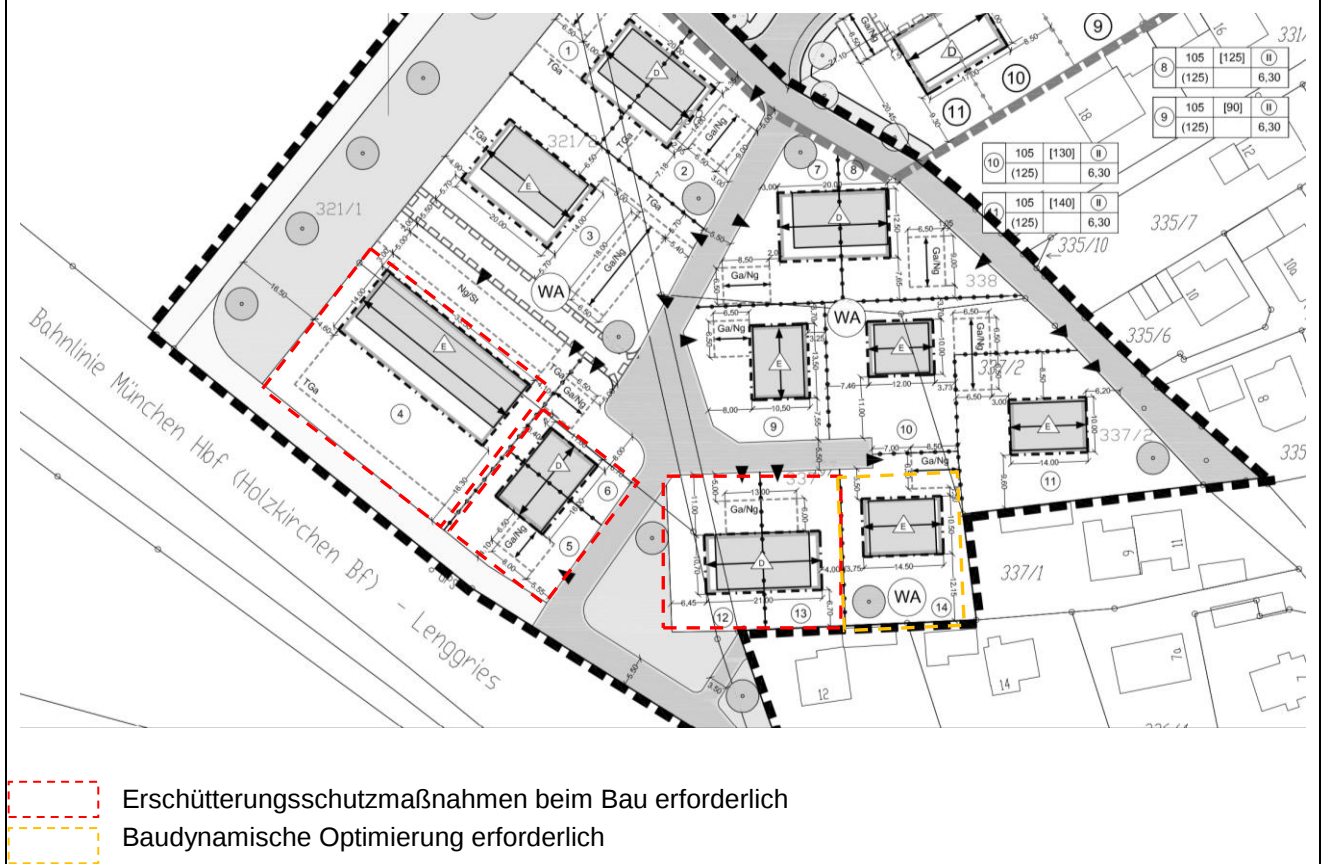
Gebäude-Nr. lt. BPlan	maßge- bende(r) Mess- punkt(e)	maßgebende Zuggattung und Fahrtrichtung	Prognose Mittlere Maximalwerte ungünstige Gebäudepara- meter	Prognose Mittlere Maximalwerte günstige Gebäudepara- meter	Anhaltswert für mittlere Maxi- malpegel für Schlafräume nachts
Doppelhaus 1, 2	23G	Triebzüge Rich- tung Bhf. Sauer- lach	28 dB(A)	18 dB(A)	35 dB(A)
Einfamilien- haus 3	22G	Triebzüge Rich- tung München	29 dB(A)	20 dB(A)	
Einfamilien- haus 4	01G, 11G	Triebzüge Rich- tung München	56 dB(A)	48 dB(A)	
Doppelhaus 5, 6	01G, 11G	Triebzüge Rich- tung München	54 dB(A)	46 dB(A)	
Doppelhaus 7,8	31G	Triebzüge Rich- tung München	29 dB(A)	20 dB(A)	
Einfamilien- haus 9	22G	Triebzüge Rich- tung München	29 dB(A)	20 dB(A)	
Einfamilien- haus 10	22G	Triebzüge Rich- tung München	29 dB(A)	20 dB(A)	
Einfamilien- haus 11	22G	Triebzüge Rich- tung München	29 dB(A)	20 dB(A)	
Doppelhaus 12, 13	11G	Triebzüge Rich- tung München	49 dB(A)	39 dB(A)	
Einfamilien- haus 14	21G	Triebzüge Rich- tung München	36 dB(A)	26 dB(A)	

7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung

7.1 Beurteilung der Prognosewerte

In der nachfolgenden Abbildung sind die Empfehlungen, aufgrund der Messergebnisse vor Ort und der Prognosewerte, für die geplante Bebauung zusammengefasst.

Auszug BPL_67b_Lanzenhaar_Weg_Bahn; Fassung vom 13.05.2024:



Einfamilienhaus 4:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Einfamilienhaus 4 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen Gebäudeparametern mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten. Da die ungünstigen Gebäudeparameter eine Kombination aus Decken und Estrich-Eigenfrequenzen darstellen, welche durchaus typisch für ein Gebäude dieser Größenordnung sind, werden die Anforderungen der DIN 4150/2 hier nicht eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Doppelhaus 5 & 6:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Doppelhaus 5 & 6 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen Gebäudeparametern sehr wahrscheinlich überschritten. Da die ungünstigen Gebäudeparameter eine Kombination aus Decken und Estrich-Eigenfrequenzen darstellen, welche durchaus typisch für Gebäude dieser Größenordnung sind, sind die Anforderungen der DIN 4150/2 hier nicht eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Doppelhaus 12 & 13:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Doppelhaus 12 & 13 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen und günstigen Gebäudeparametern eingehalten. Auch das Beurteilungskriterium ist mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten. Die Anforderungen der DIN 4150/2 werden sehr wahrscheinlich eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird sowohl bei ungünstigen als auch bei günstigen Gebäudeparametern nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.

Es sind Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau erforderlich.

Einfamilienhaus 14:

Körperschall nach DIN 4150/2:

Beim Einfamilienhaus 14 werden die Anforderungen der DIN 4150/2 im Maximalwertkriterium bei ungünstigen und günstigen Gebäudeparametern mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten. Die Anforderungen der DIN 4150/2 werden somit eingehalten.

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719:

Der mittlere Maximalpegel für Schlafräume nachts wird bei ungünstigen Gebäudeparametern wahrscheinlich nicht eingehalten. Die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 werden deshalb nicht eingehalten. Die Überschreitung ist in diesem Fall jedoch gering.

Das Gebäude ist baodynamisch so zu optimieren, dass die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2719 eingehalten werden.

Übrige Gebäude im Baugebiet

Bei allen nicht aufgeführten Gebäuden werden sowohl die Anforderungen der DIN 4150/2, als auch die der VDI-Richtlinie 2719 mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten.

Hier sind keine Erschütterungsschutzmaßnahmen beim Bau zu berücksichtigen.

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.

7.3 Angaben zur baulichen Ausführung

Erschütterungsschutzmaßnahmen (Gebäude 4, 5, 6, 12, 13):

Aufgrund der Überschreitungen der Anforderungen an den Sekundärluftschall (VDI 2719) wird wahrscheinlich eine Elastische Gebäudelagerung erforderlich. Diese kann eventuell auch im Einzelfall teilflächig erfolgen. Hierfür empfehlen wir, auch wegen der vorgefundenen Situation am Messtag, eine Messung mit höherer Messpunktauflösung (mehrere Abnahmeketten zur Ermittlung der Entfernungsabnahme). Diese überschreitet die Aufgabenstellung in diesem Dokument.

In jedem Fall muss mit einer geeigneten rechnerischen Modellierung überprüft werden, ob und in welcher Form sich eine elastische Gebäudelagerung so ausführen lässt, dass die Anforderungen (bzw. Komfortvorstellungen) erreicht werden. Das Ergebnis ist stark von der jeweiligen Gebäudekonstruktion abhängig.

Evtl. sind Eingriffe in die grundlegende Ausführungsart eines Gebäudes erforderlich (Unterkellerung, Fundament, Wände betreffend)

Baudynamische Optimierung (Gebäude 14):

Es ist mit einer geeigneten baudynamischen Modellierung zu überprüfen, ob die Anforderungen der VDI 2719 mit der geplanten Gebäudekonstruktion eingehalten werden können. Ggf. ist die Konstruktion einzelner Bauteile (z.B. Decken-, Estrichstärke, o.a.) so zu optimieren, dass die Anforderungen der VDI 2719 erfüllt werden.

Die Auslegung der hier genannten Maßnahmen sollte individuell angepasst durch einen unabhängigen Baudynamiker erfolgen. So ist es möglich, die Maßnahmen auf die notwendigen Bereiche zu beschränken und im Fall des Einsatzes von elastischen Materialien eine sehr wirtschaftliche Lösung zu erhalten, da die Möglichkeit zur Kostenersparnis in diesem Bereich immens ist.

Die empfohlenen Maßnahmen sind Stand der Technik, in ihrer Wirksamkeit gut anpassbar, wirtschaftlich ausführbar und hinsichtlich des zu erwartenden Ergebnisses gut prognostizierbar.

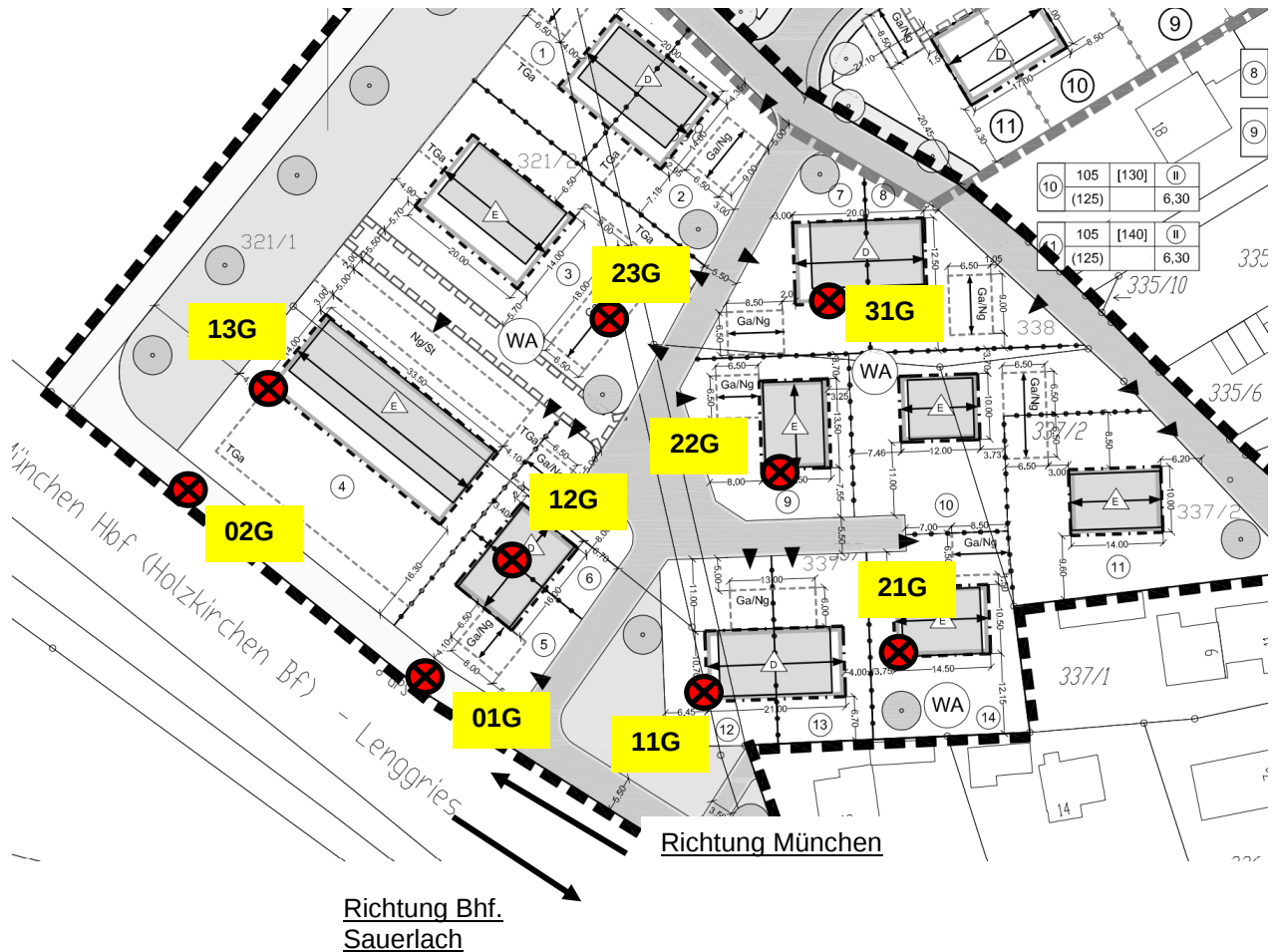
Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

Dr.-Ing. Norbert Breitsamter
Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

Messpunkt vertikal:



Auszug BPL_67b_Lanzenhaar_Weg_Bahn; Fassung vom 13.05.2024:



Die folgende Übersicht gibt die gemessenen Zugfahrten wieder. Die zur Auswertung herangezogenen Zugfahrten sind kursiv und fett dargestellt.

Fahrtrichtung	Uhrzeit	Kurzzeichen	Zuggattung
<i>München</i>	<i>09:37</i>	<i>TA</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
-	09:38	DA	Anschlusskontrolle (Durchklopfen)
<i>München</i>	<i>09:44</i>	<i>SA</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>09:45</i>	<i>TB</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
Bhf. Sauerlach	10:04	SB	S-Bahn
<i>München</i>	<i>10:04</i>	<i>SC</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>10:16</i>	<i>SD</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>10:23</i>	<i>TC</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
<i>München</i>	<i>10:27</i>	<i>SE</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>München</i>	<i>10:40</i>	<i>TD</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>10:44</i>	<i>SF</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>München</i>	<i>10:44</i>	<i>SG</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>10:55</i>	<i>SH</i>	<i>S-Bahn</i>
München	11:04	SI	S-Bahn
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>11:22</i>	<i>SJ</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>München</i>	<i>11:24</i>	<i>SK</i>	<i>S-Bahn</i>
Bhf. Sauerlach	11:26	TE	Triebzug (BRB)
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>11:36</i>	<i>SL</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>München</i>	<i>11:40</i>	<i>TF</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
<i>München</i>	<i>11:46</i>	<i>SM</i>	<i>S-Bahn</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>11:48</i>	<i>TG</i>	<i>Triebzug (BRB)</i>
<i>Bhf. Sauerlach</i>	<i>11:58</i>	<i>SN</i>	<i>S-Bahn</i>

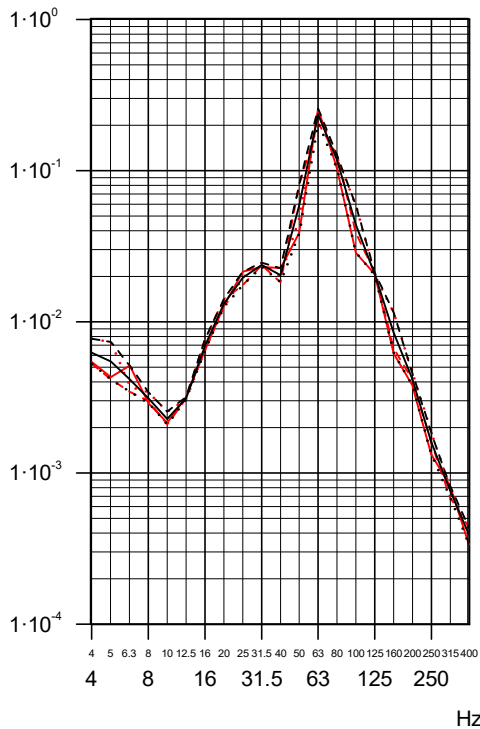
In der folgenden Tabelle werden die ausgewerteten und spektral im Anhang Abb. 5. dargestellten Zugfahrten dargestellt.

Ereignis	Zuggattung	01GA	02GA	11GA	12GA	13GA	21GA	22GA	23GA	31GA
TA	Triebzug	0,251	0,236	0,097	0,018	0,028	0,020	0,010	-a)	0,012
SA	S-Bahn	0,122	0,088	0,021	0,019	0,014	0,013	0,008	0,013	0,009
TB	Triebzug	0,211	0,226	0,033	0,022	0,020	0,012	0,009	0,015	0,008
SC	S-Bahn	0,109	0,091	0,022	0,016	0,014	0,012	0,009	0,009	0,010
SD	S-Bahn	0,060	0,032	0,013	0,019	0,015	0,009	0,007	0,008	0,007
TC	Triebzug	0,186	0,209	0,029	0,019	0,028	0,011	0,011	0,009	0,008
SE	S-Bahn	0,113	0,081	0,023	0,017	0,014	0,012	0,008	0,007	0,008
TD	Triebzug	0,218	0,225	0,076	0,024	0,025	0,025	0,008	0,008	0,010
SF	S-Bahn	0,049	0,031	0,011	0,012	0,012	0,010	0,009	0,020	0,008
SG	S-Bahn	0,126	0,104	0,020	0,018	0,014	0,012	0,007	0,007	0,007
SH	S-Bahn	0,053	0,045	0,012	0,011	0,022	0,009	0,006	0,010	0,008
SJ	S-Bahn	0,047	0,034	0,011	0,012	0,014	0,008	0,007	0,009	0,006
SK	S-Bahn	0,114	0,092	0,020	0,020	0,029	0,012	0,007	0,008	0,007
SL	S-Bahn	0,056	0,036	0,012	0,025	0,017	0,010	0,007	0,008	0,007
TF	Triebzug	0,239	0,236	0,086	0,019	0,027	0,019	0,009	0,008	0,010
SM	S-Bahn	0,120	-	-	0,017	0,015	-	0,007	0,008	0,008
TG	Triebzug	0,216	0,233	0,033	0,023	0,024	0,013	0,008	0,009	0,012
SN	S-Bahn	0,063	0,046	0,012	0,011	0,014	0,010	0,008	0,007	0,008
KB_{FTm}		0,148	0,146	0,041	0,018	0,020	0,013	0,008	0,010	0,009
KB_{Fmax}		0,251	0,236	0,097	0,025	0,029	0,025	0,011	0,020	0,012
Verhältnis [%]		59%	62%	42%	73%	70%	53%	75%	51%	74%

a) Messung gestört

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.287
(2) 0.263
(3) 0.284

(7) 0.278
(8) 0.309
(9) 0.241

rechtes Diagramm

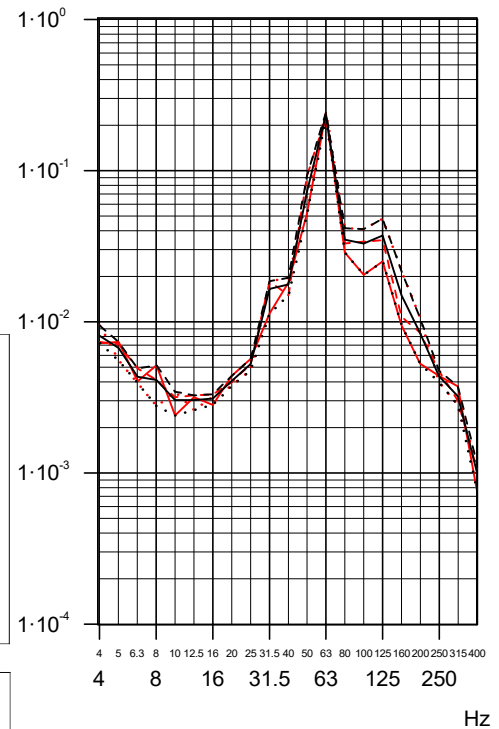
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1) 0.251
(2) 0.251
(3) 0.267

(7) 0.256
(8) 0.274
(9) 0.235

— (1) Messung: TA
- - (2) Messung: TD
... (3) Messung: TF
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.026
(2) 0.031
(3) 0.027

(7) 0.028
(8) 0.032
(9) 0.025

rechtes Diagramm

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

(1) 0.034
(2) 0.032
(3) 0.034

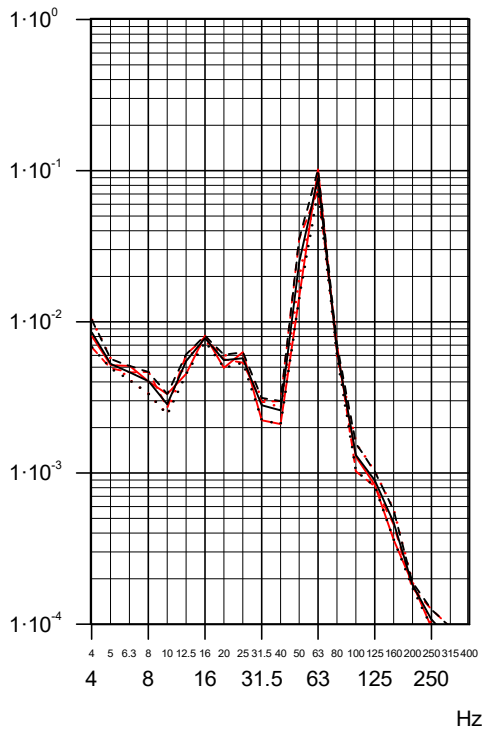
(7) 0.033
(8) 0.036
(9) 0.029

Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.105
(2) 0.085
(3) 0.094

(7) 0.095
(8) 0.110
(9) 0.078

rechtes Diagramm

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

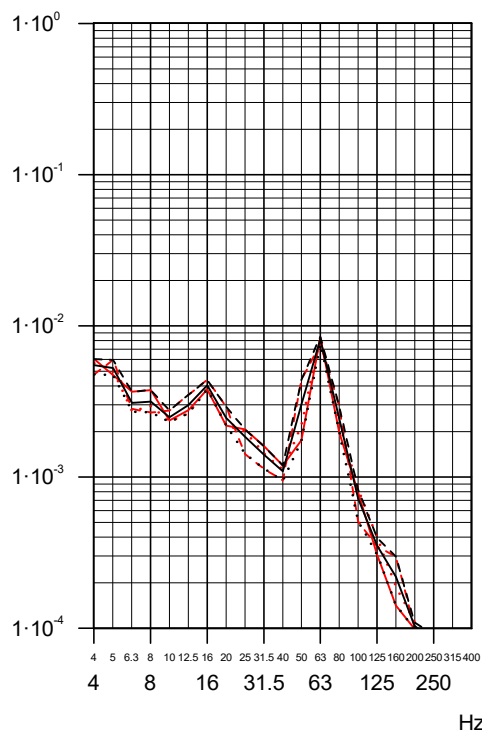
(1) 0.024
(2) 0.030
(3) 0.022

(7) 0.026
(8) 0.031
(9) 0.021

— (1) Messung: TA
- - (2) Messung: TD
... (3) Messung: TF
— (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 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.014
(2) 0.015
(3) 0.014

(7) 0.014
(8) 0.016
(9) 0.013

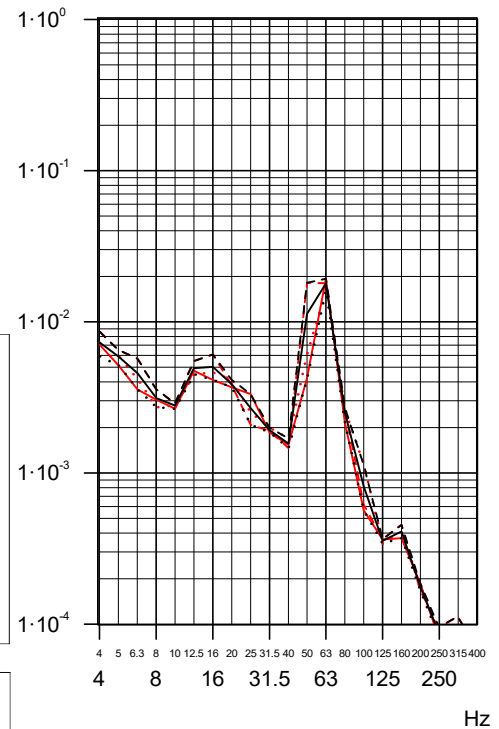
rechtes Diagramm

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

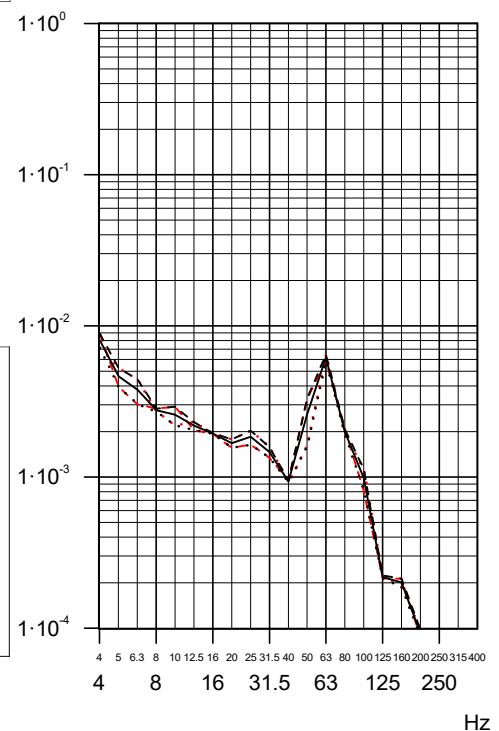
(2) 0.014
(3) 0.013

(7) 0.014
(8) 0.015
(9) 0.012

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
Schnelle [mm/s eff, FAST]



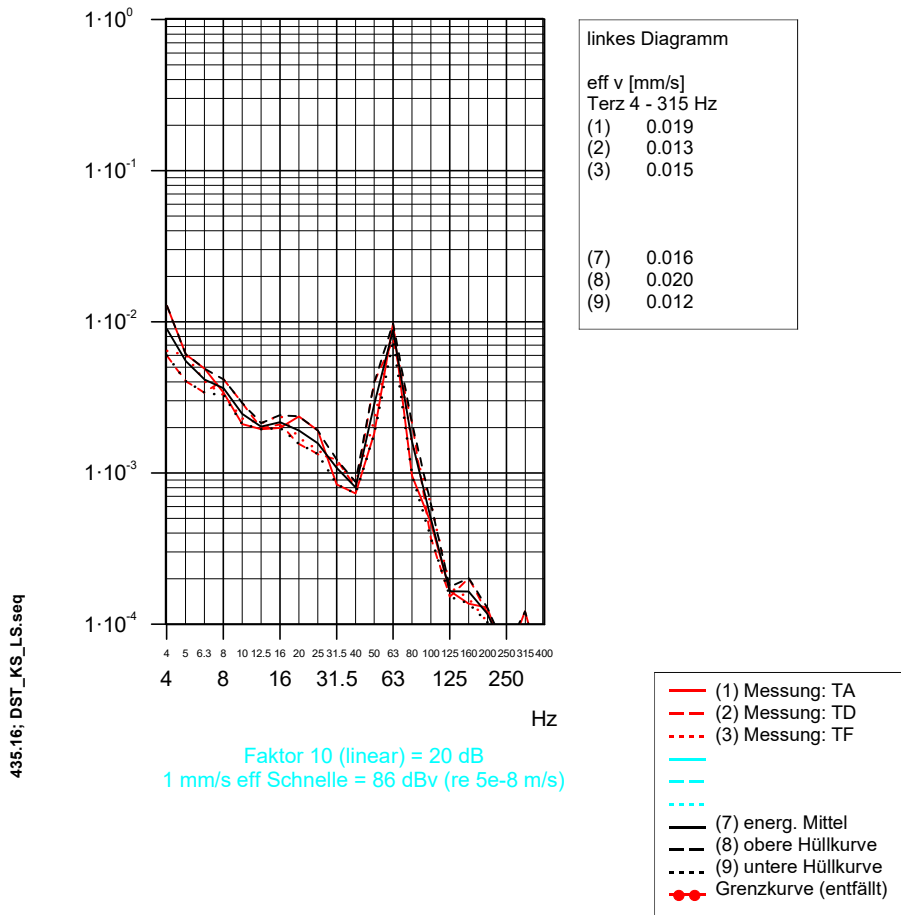
Körperschall Regionalzüge (BRB) mit Fahrtrichtung München

Freifeldmesspunkte

Abb. 5.1.KS.3

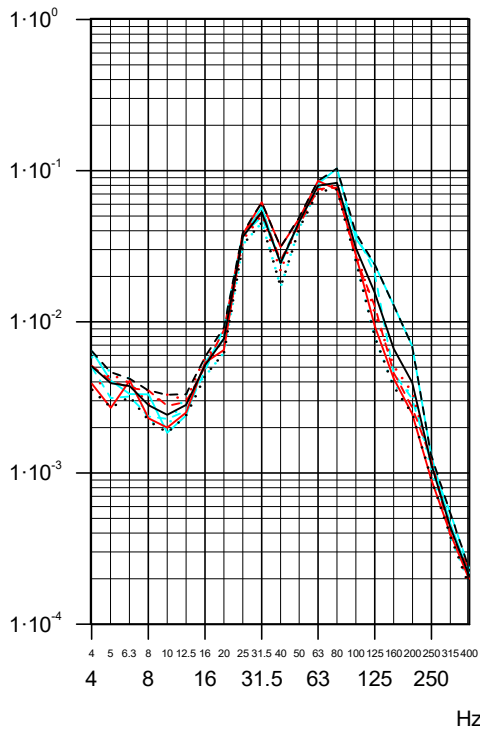
Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.150
(2) 0.140
(3) 0.141
(4) 0.164
(5) 0.148
(6) 0.136
(7) 0.147
(8) 0.171
(9) 0.131

rechtes Diagramm

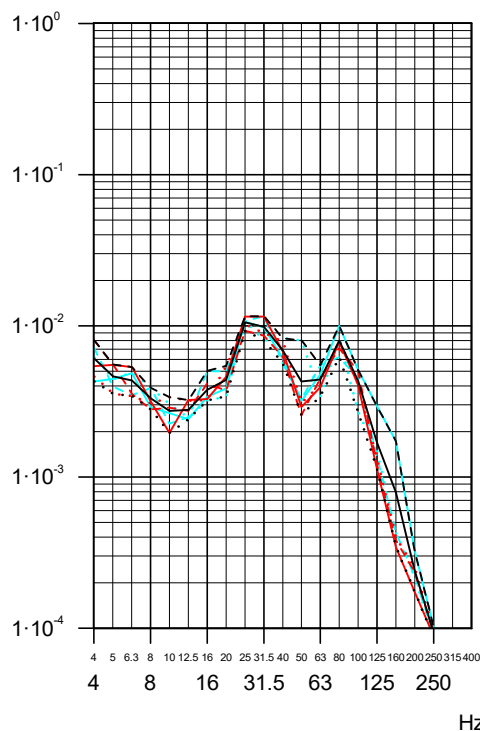
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.099
(2) 0.104
(3) 0.093
(4) 0.141
(5) 0.107

(7) 0.110
(8) 0.144
(9) 0.082

435.16; DST_KS_LS.seq

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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
Schnelle [mm/s eff, FAST]



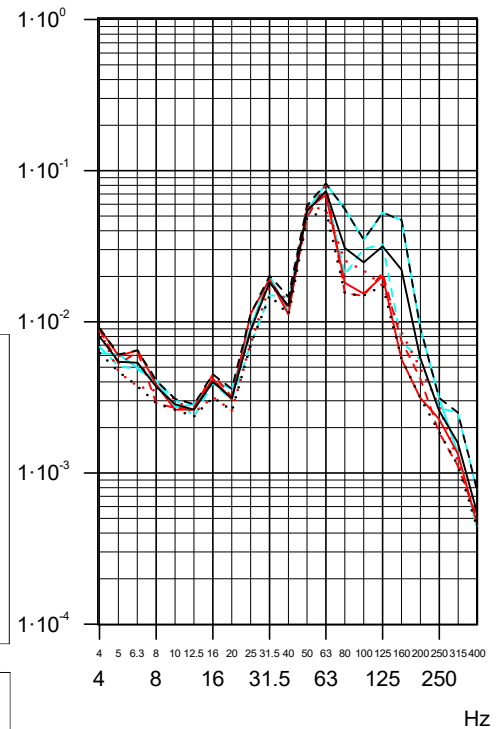
linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.024
(2) 0.022
(3) 0.022
(4) 0.023
(5) 0.023
(6) 0.023
(7) 0.023
(8) 0.028
(9) 0.018

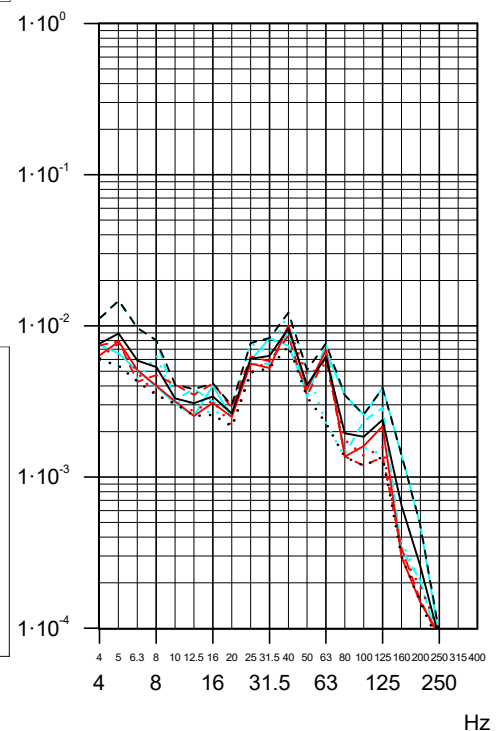
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.020
(2) 0.020
(3) 0.019
(4) 0.021
(5) 0.028
(6) 0.021
(7) 0.022
(8) 0.031
(9) 0.016

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]

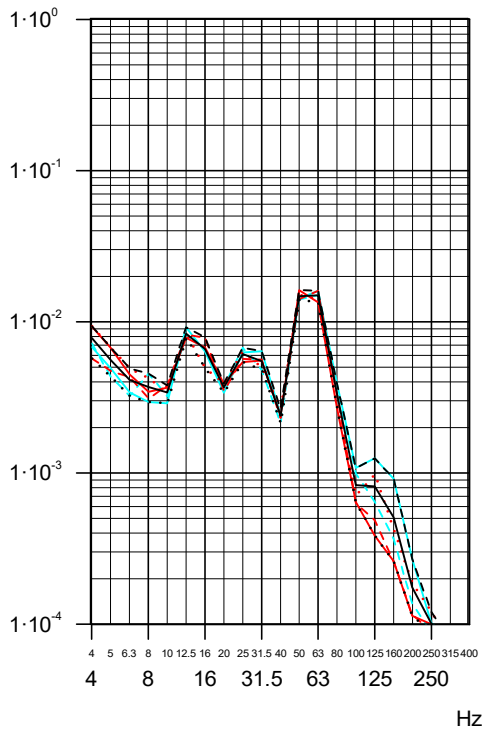


Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.029
(2)	0.028
(3)	0.028
(4)	0.028
(5)	0.027
(7)	0.028
(8)	0.031
(9)	0.025

rechtes Diagramm

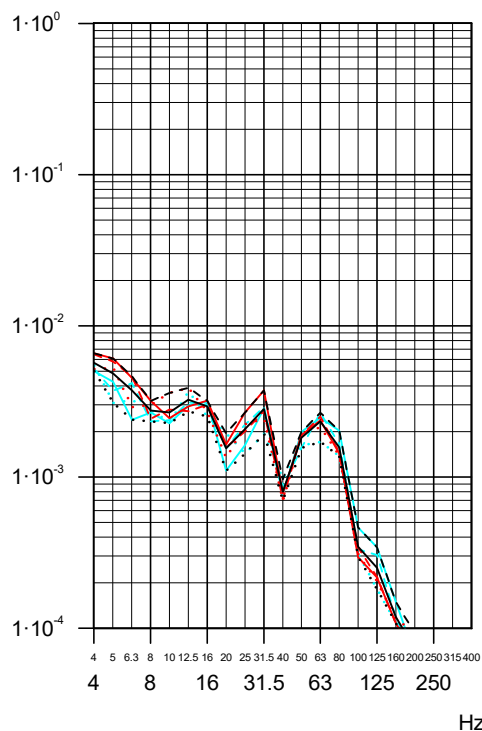
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.018
(2)	0.017
(3)	0.018
(4)	0.018
(5)	0.019
(7)	0.018
(8)	0.021
(9)	0.015

435.16; DST_KS_LS.seq

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

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

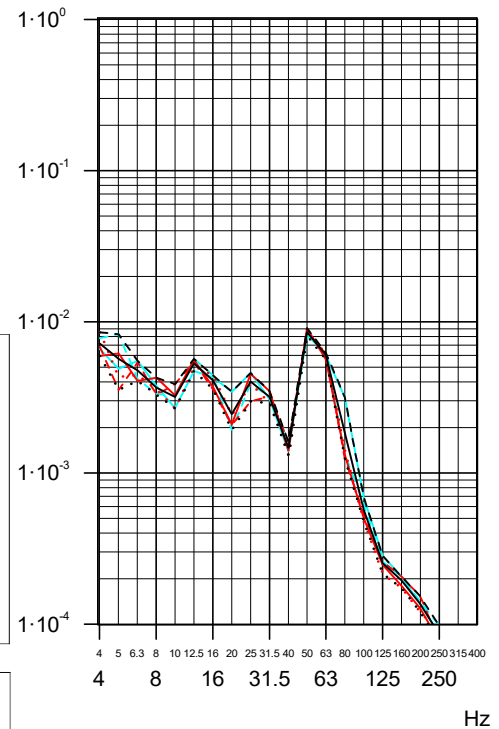
(1)	0.013
(2)	0.012
(3)	0.011
(4)	0.010
(5)	0.011
(6)	0.010
(7)	0.011
(8)	0.014
(9)	0.009

rechtes Diagramm

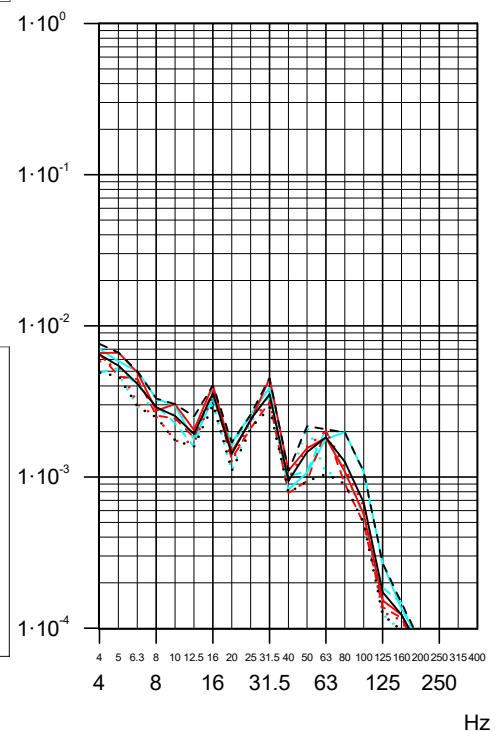
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.014
(2)	0.012
(3)	0.011
(4)	0.013
(5)	0.011
(6)	0.012
(7)	0.012
(8)	0.015
(9)	0.010

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]

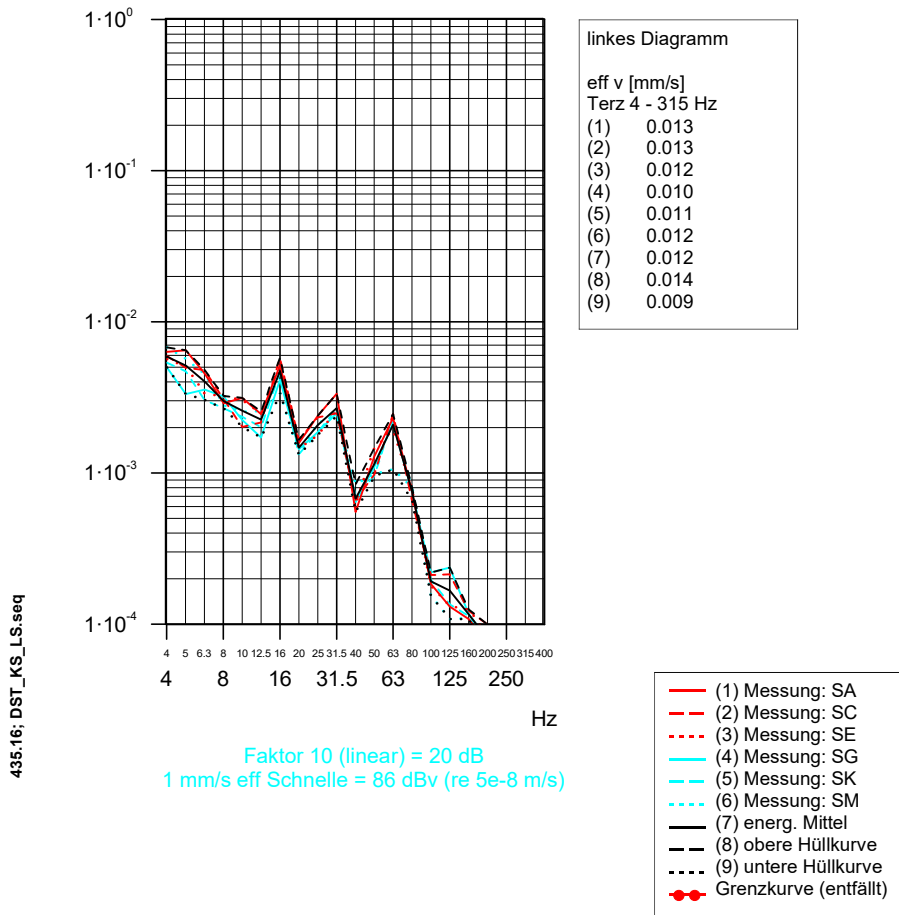


Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
Schnelle [mm/s eff, FAST]



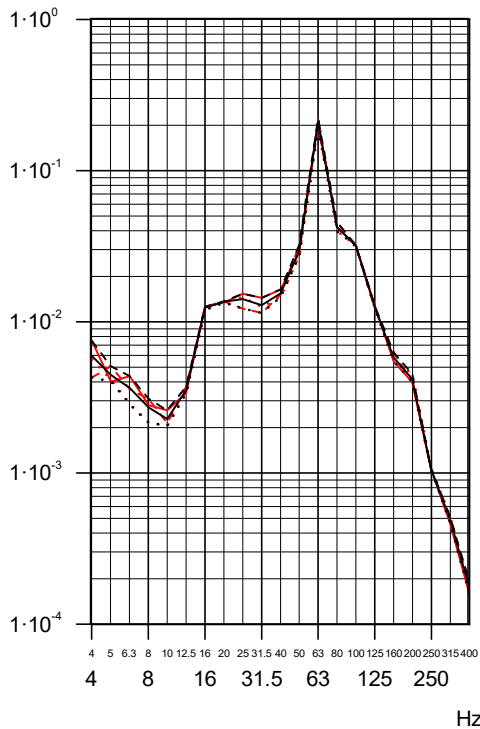
Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.226
(2) 0.203
(3) 0.232

(7) 0.221
(8) 0.234
(9) 0.201

rechtes Diagramm

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

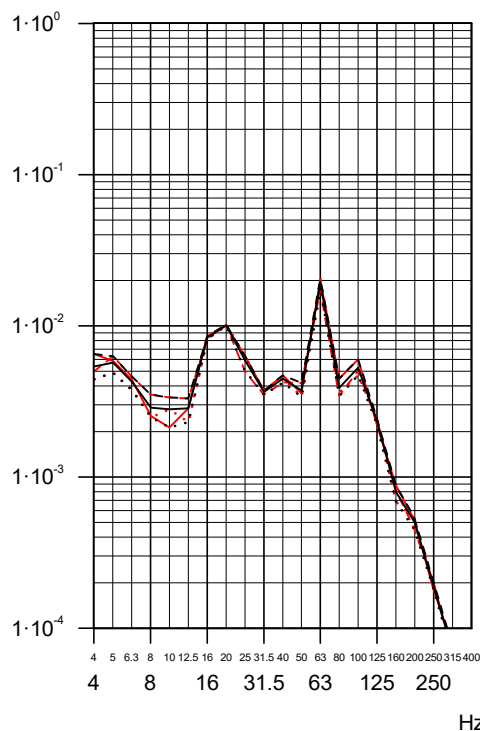
(1) 0.249
(2) 0.231
(3) 0.256

(7) 0.246
(8) 0.260
(9) 0.227

— (1) Messung: TB
- - (2) Messung: TC
... (3) Messung: TG
— (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 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.029
(2) 0.026
(3) 0.028

(7) 0.028
(8) 0.030
(9) 0.025

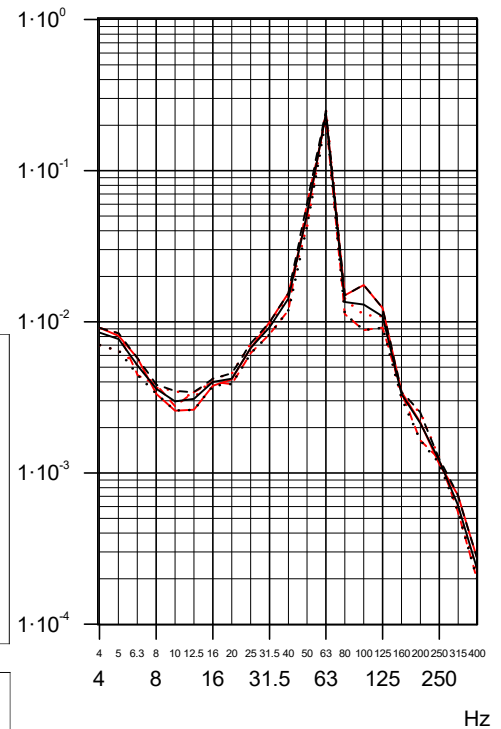
rechtes Diagramm

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

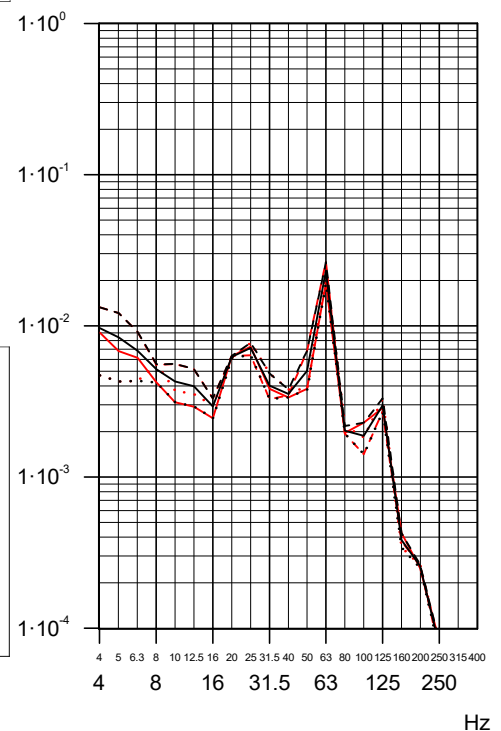
(1) 0.027
(2) 0.037
(3) 0.029

(7) 0.031
(8) 0.038
(9) 0.024

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]

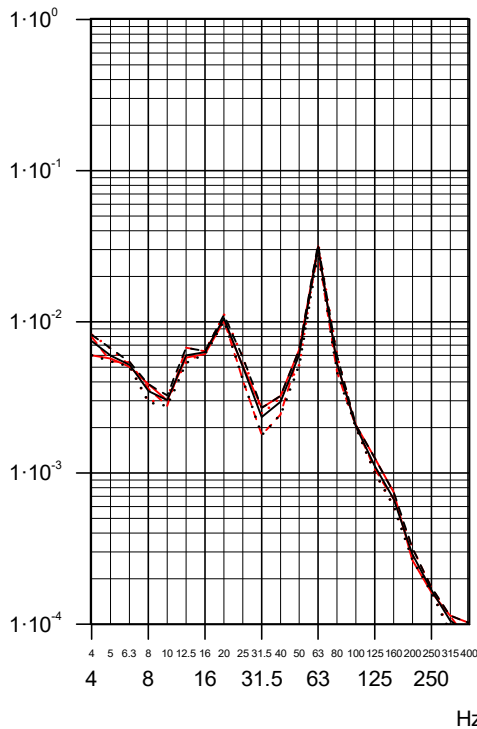


Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.038
(2) 0.036
(3) 0.039

(7) 0.037
(8) 0.040
(9) 0.035

rechtes Diagramm

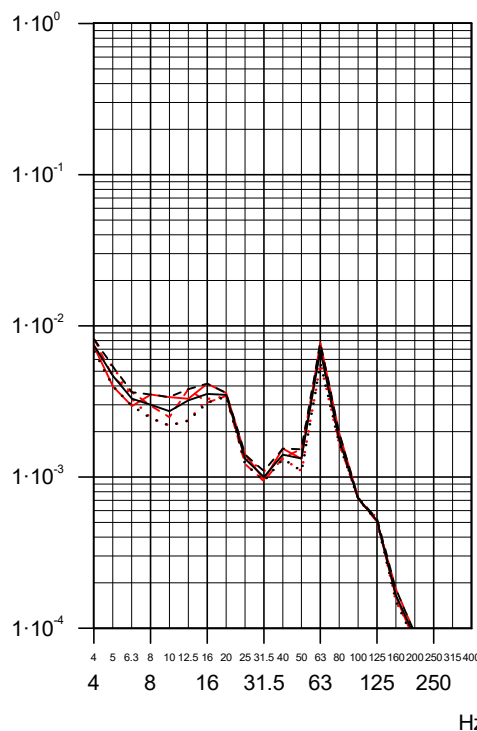
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.016
(2) 0.017
(3) 0.017

(7) 0.017
(8) 0.019
(9) 0.015

— (1) Messung: TB
- - (2) Messung: TC
... (3) Messung: TG
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (9) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.015
(2) 0.015
(3) 0.013

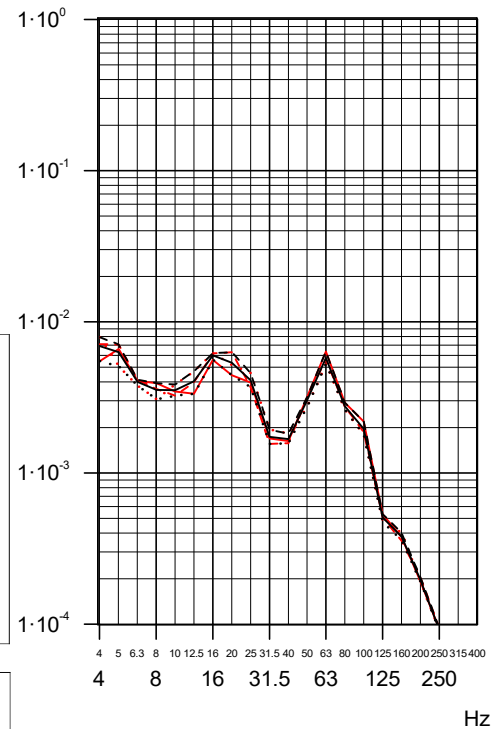
(7) 0.014
(8) 0.016
(9) 0.012

rechtes Diagramm

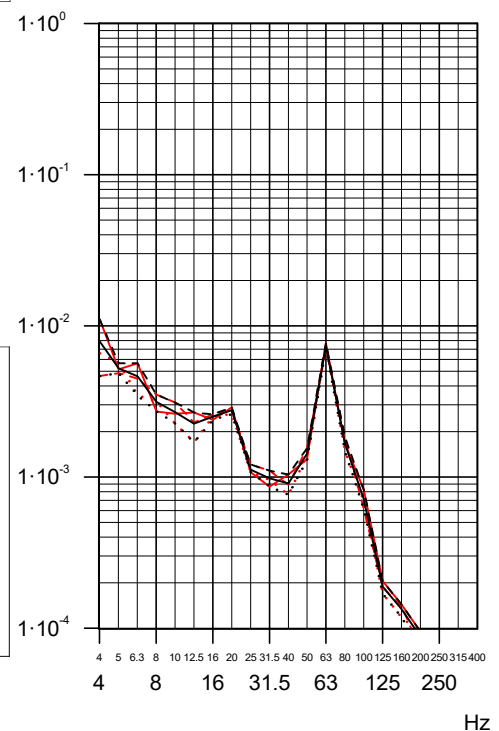
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.017
(2) 0.013
(3) 0.013

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

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



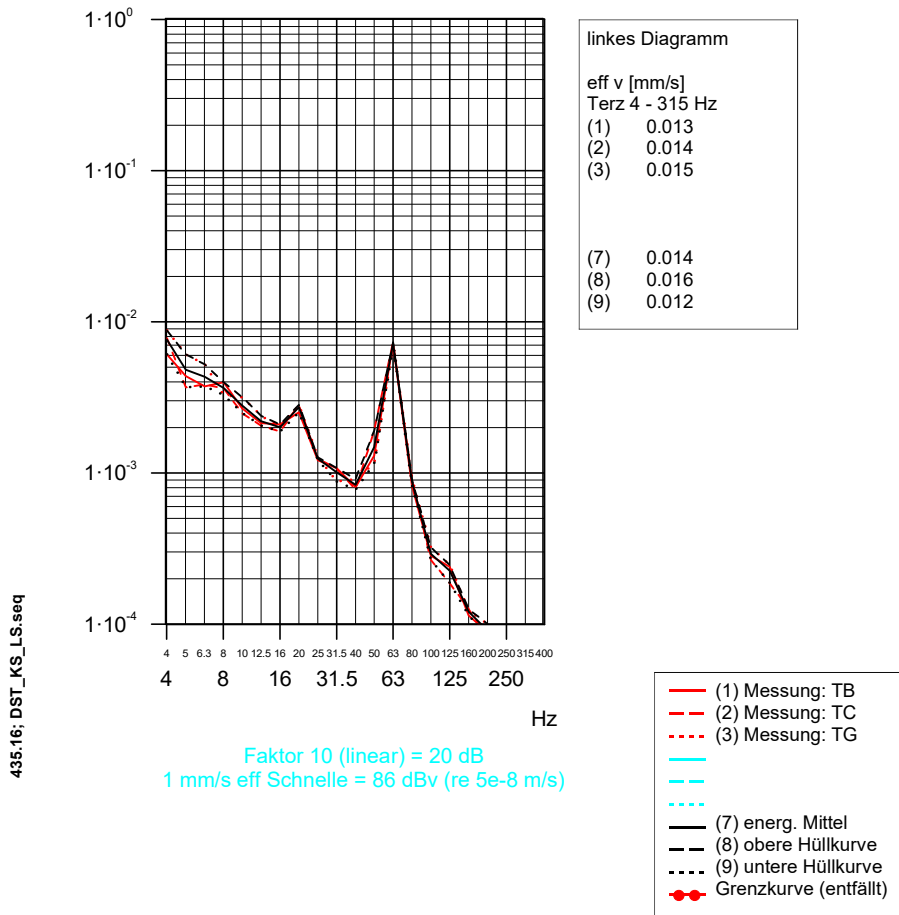
Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
Schnelle [mm/s eff, FAST]



435.16; DST_KS_LS.seq

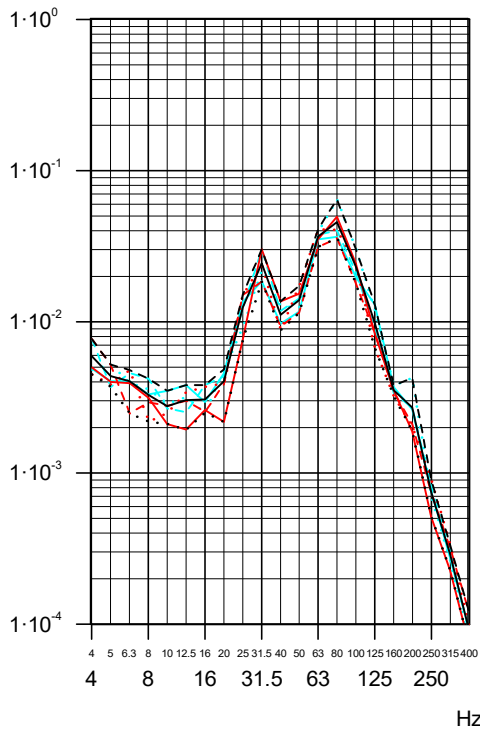
Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.077
(2) 0.060
(3) 0.073
(4) 0.064
(5) 0.072
(6) 0.089
(7) 0.073
(8) 0.094
(9) 0.058

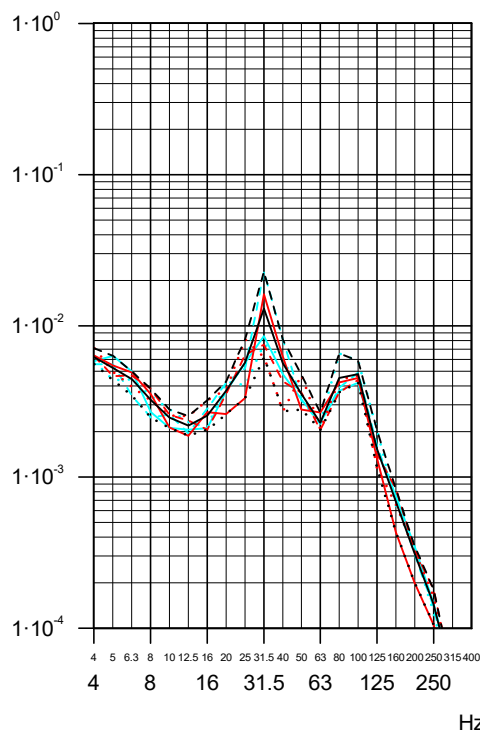
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.056
(2) 0.044
(3) 0.053
(4) 0.044
(5) 0.055
(6) 0.067
(7) 0.054
(8) 0.080
(9) 0.029

— (1) Messung: SD
- - (2) Messung: SF
... (3) Messung: SH
— (4) Messung: SJ
- - (5) Messung: SL
... (6) Messung: SN
— (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 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

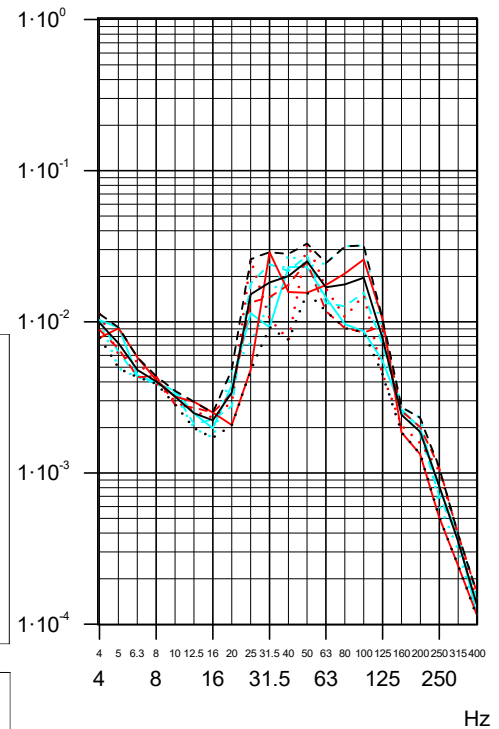
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.022
(2) 0.017
(3) 0.018
(4) 0.018
(5) 0.028
(6) 0.018
(7) 0.021
(8) 0.031
(9) 0.014

rechtes Diagramm

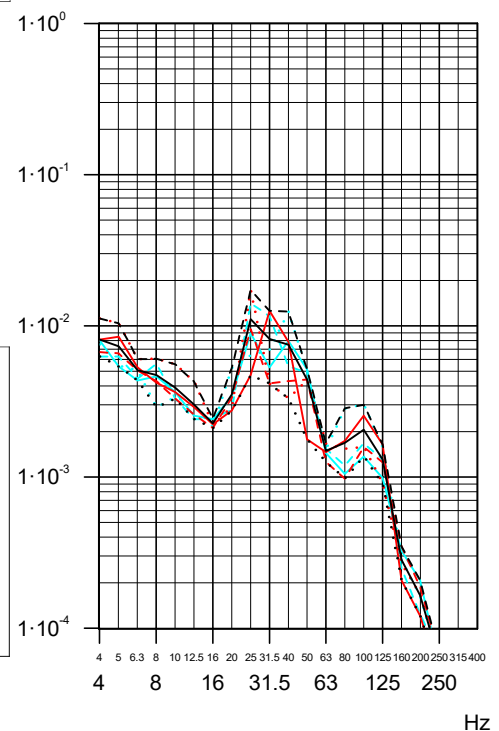
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.022
(2) 0.018
(3) 0.027
(4) 0.019
(5) 0.024
(6) 0.022
(7) 0.022
(8) 0.032
(9) 0.014

— (1) Messung: SD
- - (2) Messung: SF
... (3) Messung: SH
— (4) Messung: SJ
- - (5) Messung: SL
... (6) Messung: SN
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (Grenzkurve (entfällt))

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
Schnelle [mm/s eff, FAST]

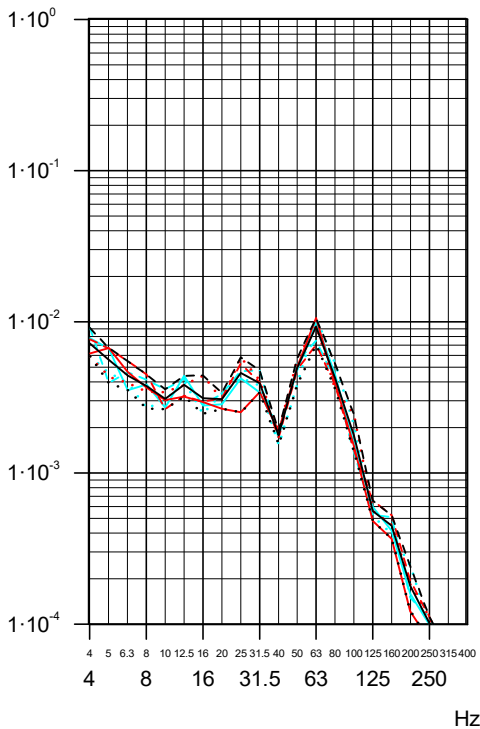


Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.018
(2) 0.018
(3) 0.018
(4) 0.019
(5) 0.018
(6) 0.018
(7) 0.018
(8) 0.022
(9) 0.014

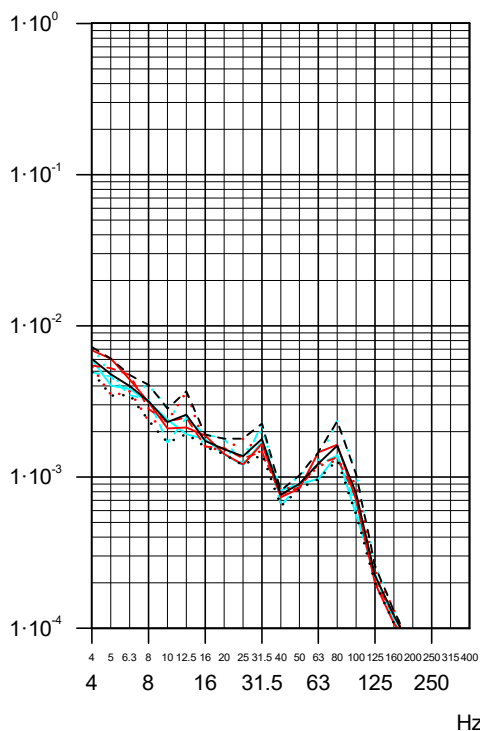
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.014
(2) 0.014
(3) 0.015
(4) 0.014
(5) 0.014
(6) 0.015
(7) 0.014
(8) 0.018
(9) 0.011

— (1) Messung: SD
- - (2) Messung: SF
... (3) Messung: SH
— (4) Messung: SJ
- - (5) Messung: SL
... (6) Messung: SN
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● (10) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
Schnelle [mm/s eff, FAST]



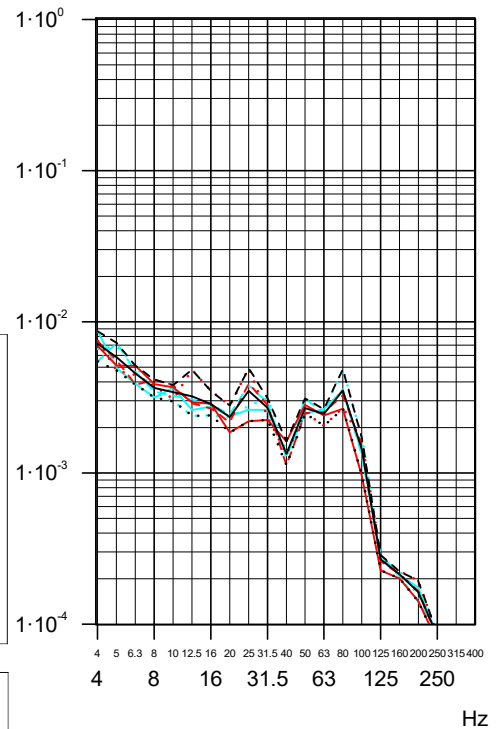
linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.012
(2) 0.011
(3) 0.010
(4) 0.010
(5) 0.010
(6) 0.012
(7) 0.011
(8) 0.013
(9) 0.009

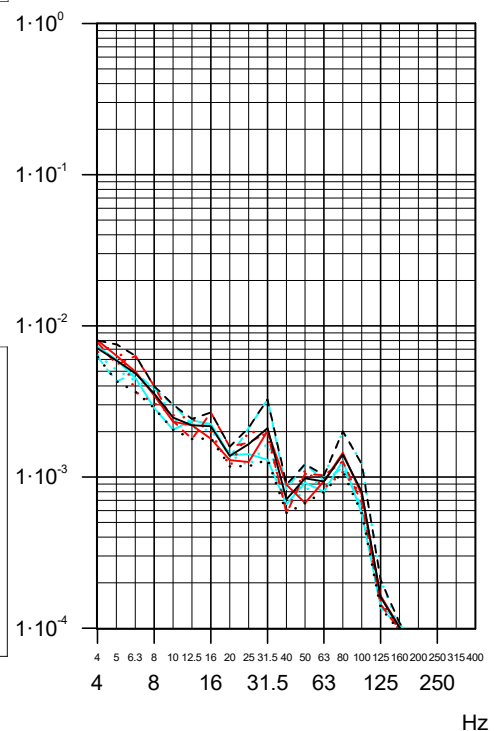
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.013
(2) 0.013
(3) 0.012
(4) 0.012
(5) 0.012
(6) 0.011
(7) 0.012
(8) 0.015
(9) 0.010

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
Schnelle [mm/s eff, FAST]



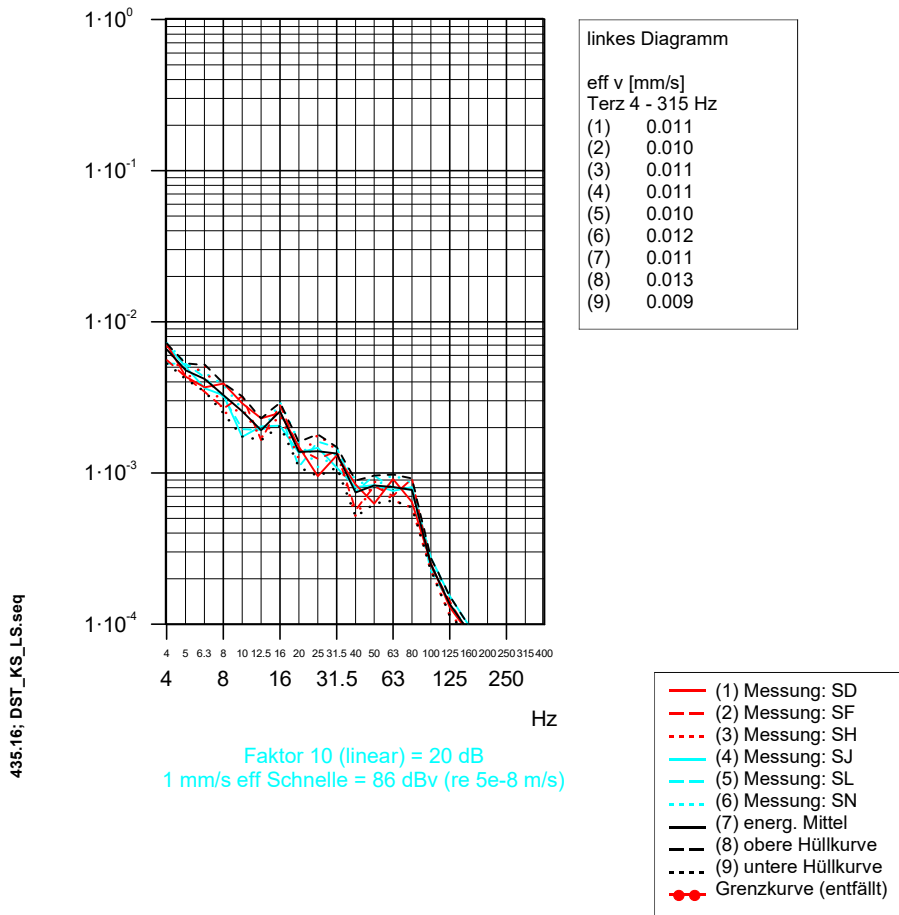
435.16; DST_KS_LS.seq

Körperschall S-Bahnen mit Fahrtrichtung Bhf. Sauerlach Freifeldmesspunkte

Abb. 5.2.KS.6

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
Schnelle [mm/s eff, FAST]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	57
(2)	57
(3)	58

(7)	57
(8)	58
(9)	56

rechtes Diagramm

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

(1)	55
(2)	56
(3)	57

(7)	56
(8)	57
(9)	55

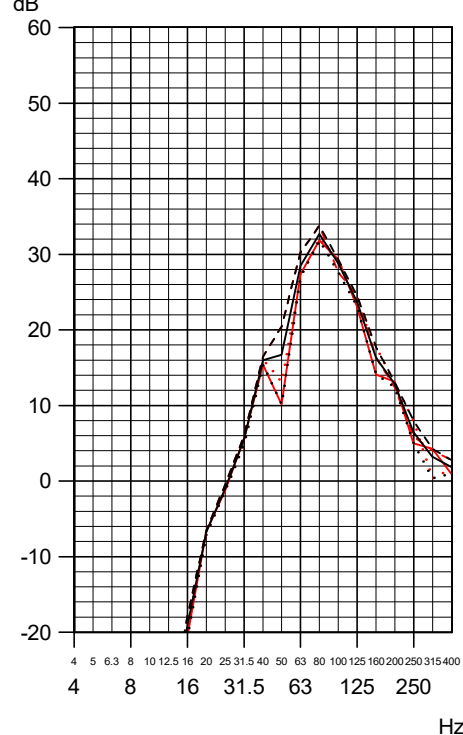
Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



— (1) Messung: TA
- - (2) Messung: TD
... (3) Messung: TF

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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	35
(2)	37
(3)	35

(7)	36
(8)	37
(9)	35

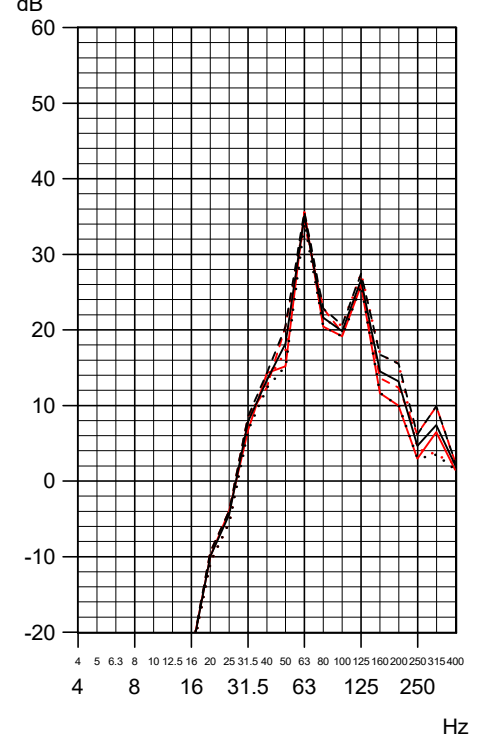
rechtes Diagramm

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

(1)	36
(2)	35
(3)	36

(7)	36
(8)	37
(9)	35

Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

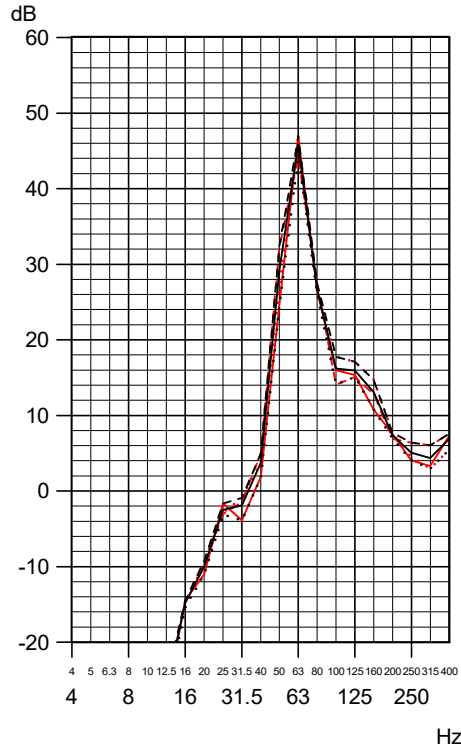


435.16; DST_KS_LS.seq

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

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	47
(2)	45
(3)	46
(7)	46
(8)	47
(9)	44

rechtes Diagramm

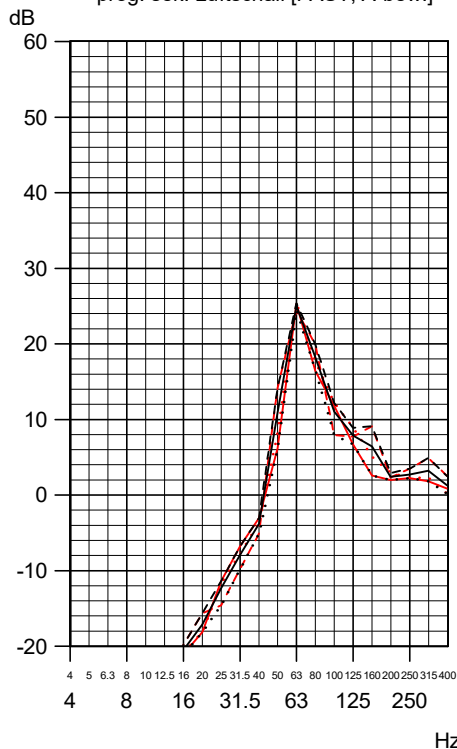
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	33
(2)	33
(3)	32
(7)	33
(8)	34
(9)	31

- (1) Messung: TA
- - (2) Messung: TD
- ... (3) Messung: TF
- (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 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

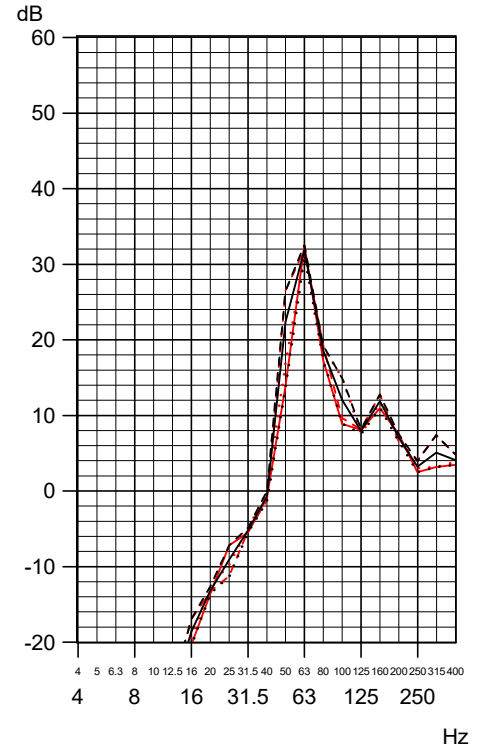
(1)	26
(2)	26
(3)	26
(7)	26
(8)	27
(9)	25

rechtes Diagramm

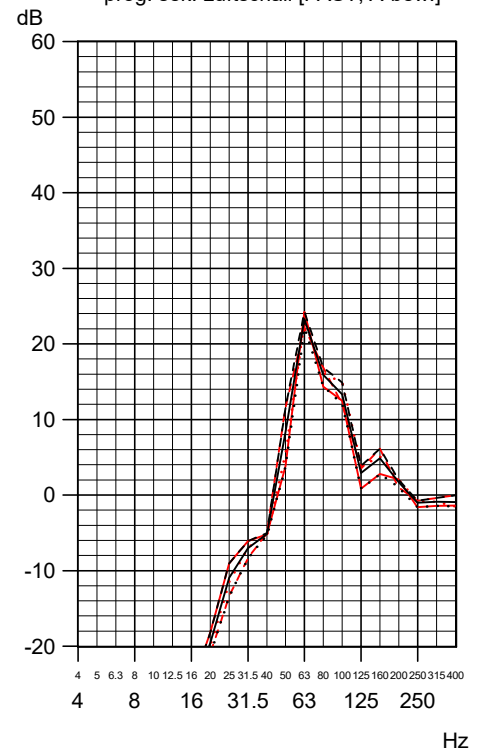
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	25
(2)	24
(3)	25
(7)	25
(8)	26
(9)	23

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



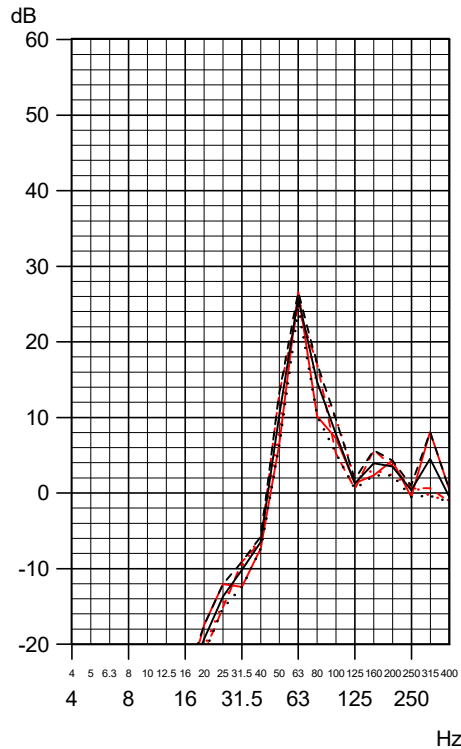
435.16; DST_KS_LS.seq

Prognostizierter Sekundärluftschall Regionalzüge (BRB) mit Fahrtrichtung München Freifeldmesspunkte

Abb. 5.1.LS.3

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 27
(2) 26
(3) 26

(7) 26
(8) 27
(9) 25

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

(1) Messung: TA
(2) Messung: TD
(3) Messung: TF
(7) energ. Mittel
(8) obere Hüllkurve
(9) untere Hüllkurve
Grenzkurve (entfällt)

435.16; DST_KS_LS.seq

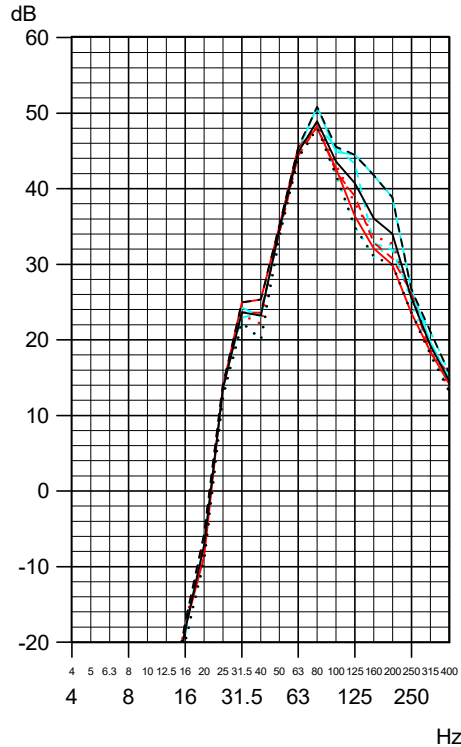
Prognostizierter Sekundärluftschall S-Bahnen mit Fahrtrichtung München

Freifeldmesspunkte

Abb. 5.1.LS.4

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	51
(2)	51
(3)	51
(4)	54
(5)	52
(6)	51
(7)	52
(8)	54
(9)	51

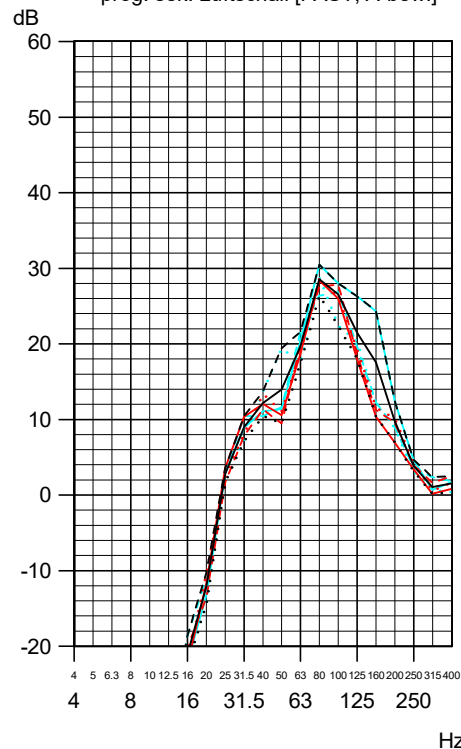
rechtes Diagramm

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

(1)	48
(2)	49
(3)	48
(4)	57
(5)	51
(7)	52
(8)	57
(9)	47

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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

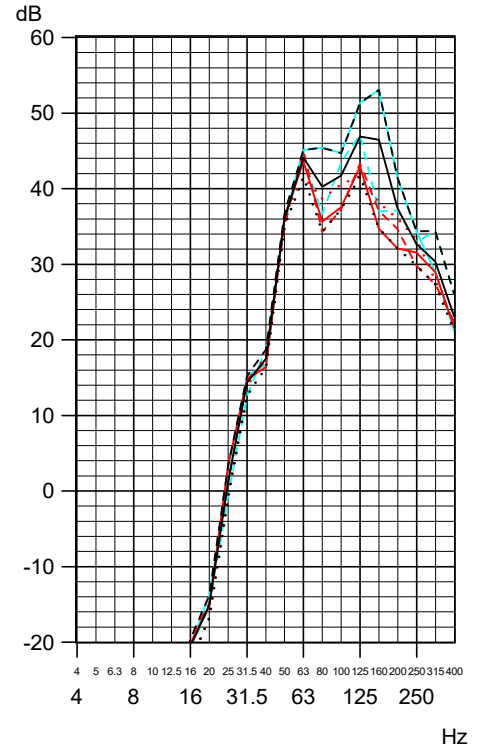
(1)	31
(2)	31
(3)	31
(4)	34
(5)	31
(6)	31
(7)	32
(8)	34
(9)	29

rechtes Diagramm

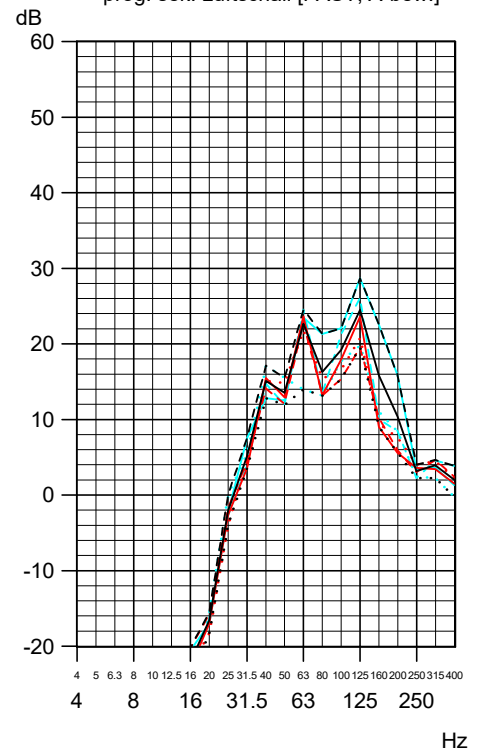
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	28
(2)	26
(3)	26
(4)	32
(5)	30
(6)	25
(7)	28
(8)	32
(9)	23

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



435.16; DST_KS_LS.seq

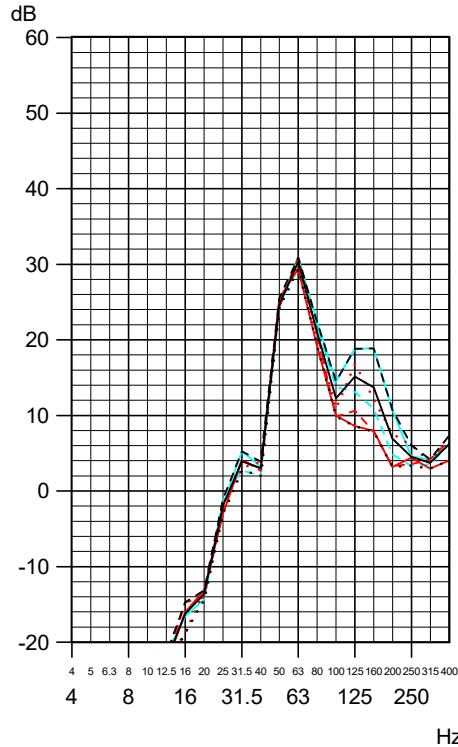
Prognostizierter Sekundärluftschall S-Bahnen mit Fahrtrichtung München

Freifeldmesspunkte

Abb. 5.1.LS.5

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	31
(2)	32
(3)	32
(4)	33
(5)	32
(7)	32
(8)	33
(9)	31

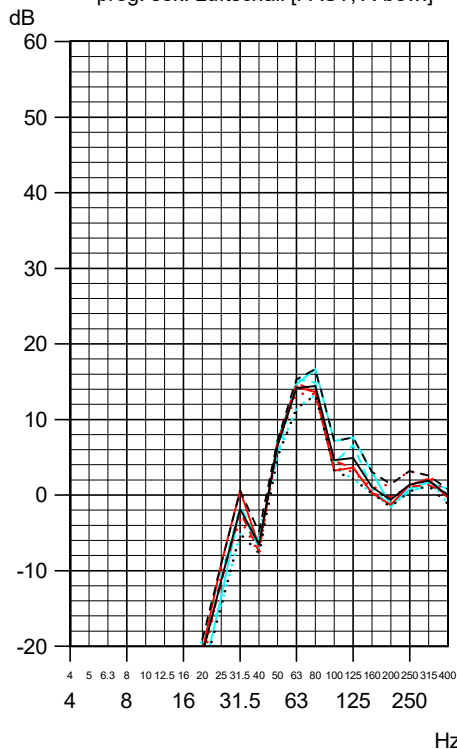
rechtes Diagramm

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

(1)	25
(2)	25
(3)	25
(4)	26
(5)	25
(7)	25
(8)	26
(9)	24

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

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

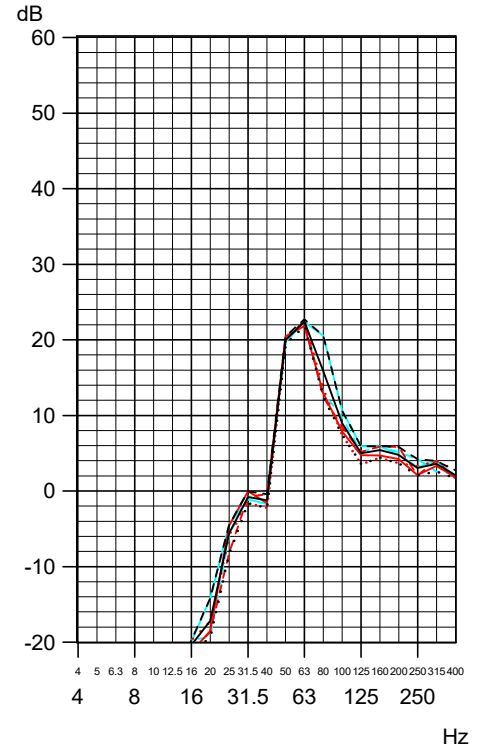
(1)	18
(2)	18
(3)	18
(4)	20
(5)	19
(6)	17
(7)	18
(8)	20
(9)	17

rechtes Diagramm

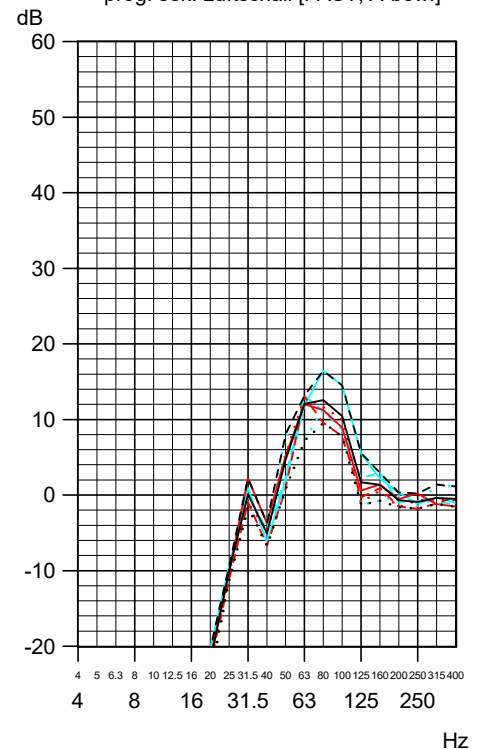
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	17
(2)	16
(3)	17
(4)	20
(5)	17
(6)	16
(7)	17
(8)	20
(9)	14

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



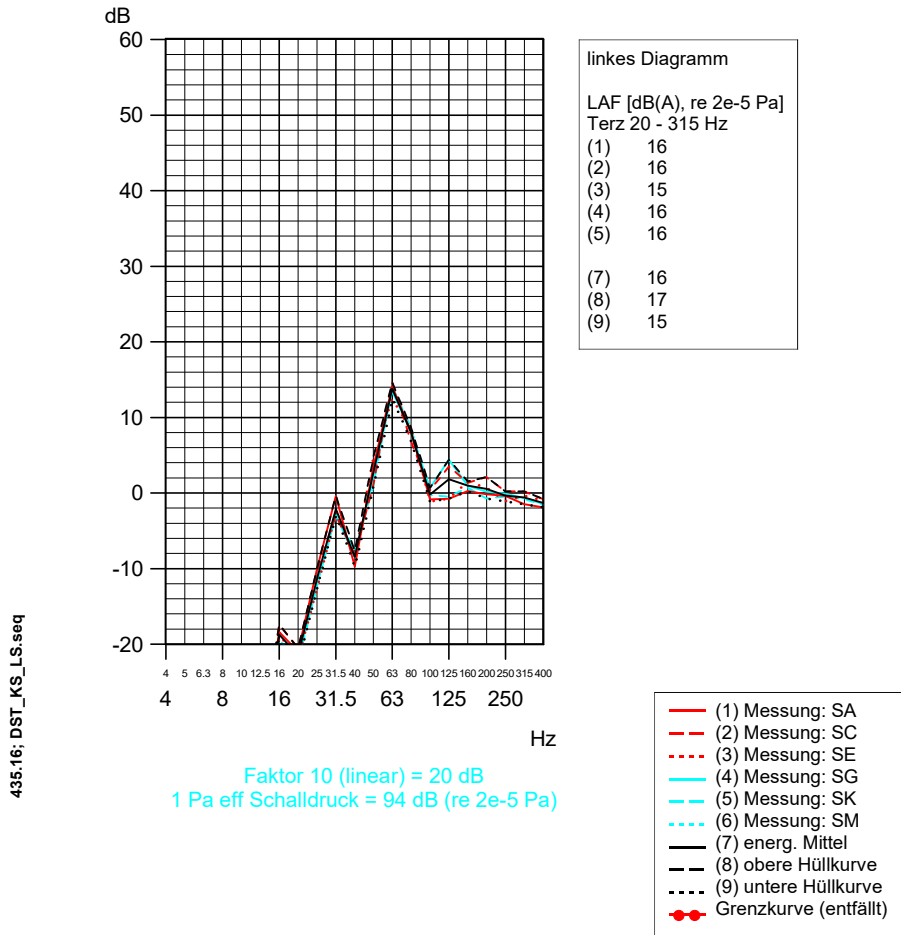
435.16; DST_KS_LS.seq

Prognostizierter Sekundärluftschall S-Bahnen mit Fahrtrichtung München Freifeldmesspunkte

Abb. 5.1.LS.6

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

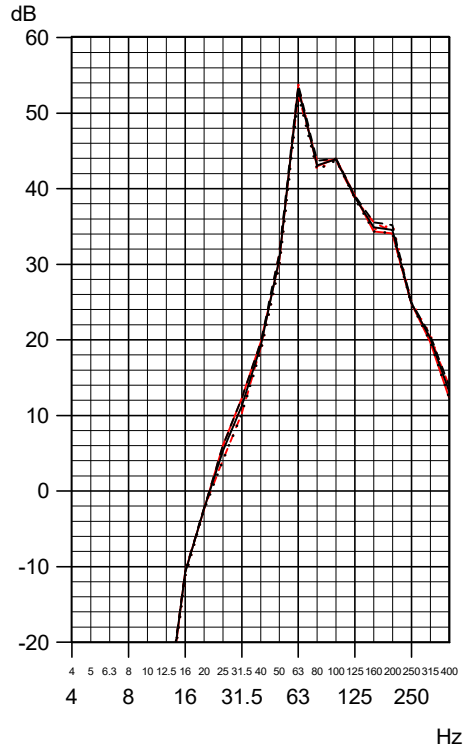
Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Prognostizierter Sekundärluftschall Regionalzüge (BRB) mit Fahrtrichtung Bhf. Sauerlach Abb. 5.2.LS.1 Freifeldmesspunkte

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 55
(2) 54
(3) 55

(7) 54
(8) 55
(9) 54

rechtes Diagramm

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

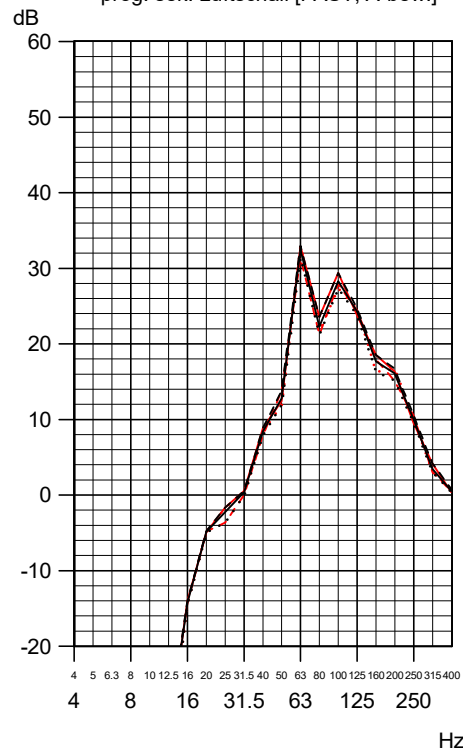
(1) 55
(2) 54
(3) 55

(7) 55
(8) 55
(9) 54

— (1) Messung: TB
- - (2) Messung: TC
... (3) Messung: TG

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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 35
(2) 34
(3) 35

(7) 35
(8) 35
(9) 34

rechtes Diagramm

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

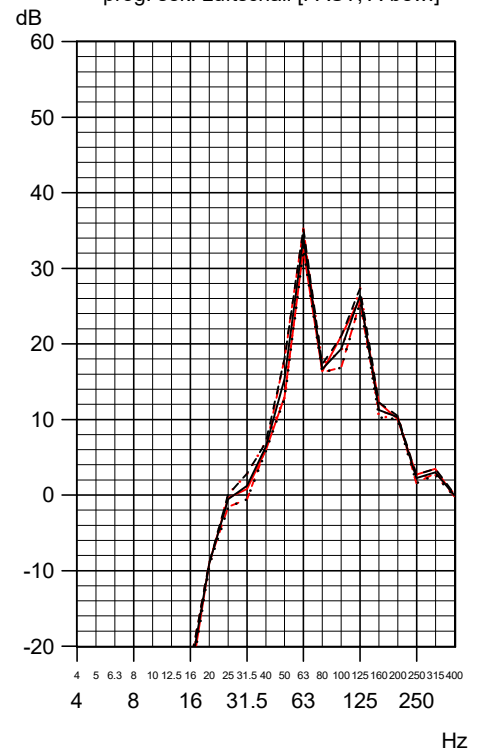
(1) 34
(2) 36
(3) 35

(7) 35
(8) 36
(9) 34

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



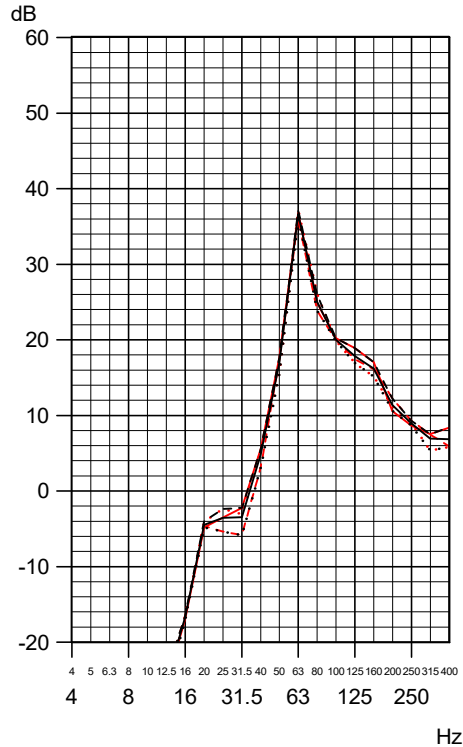
435.16; DST_KS_LS.seq

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

Prognostizierter Sekundärluftschall Regionalzüge (BRB) mit Fahrtrichtung Bhf. Sauerlach Abb. 5.2.LS.2 Freifeldmesspunkte

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	37
(2)	37
(3)	38
(7)	37
(8)	38
(9)	37

rechtes Diagramm

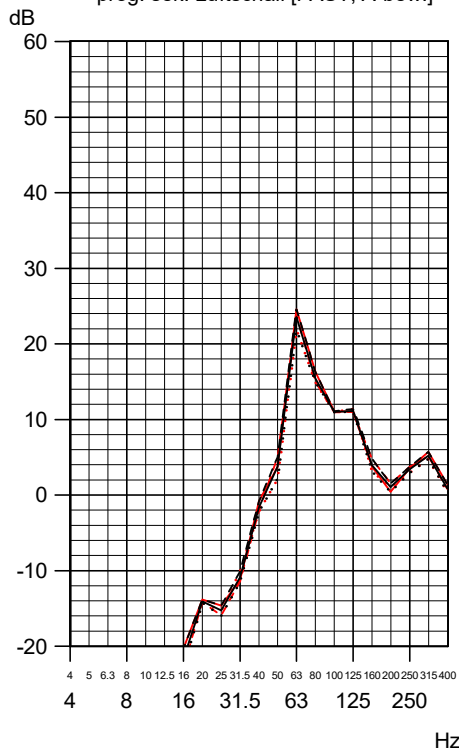
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	27
(2)	26
(3)	25
(7)	26
(8)	27
(9)	25

- (1) Messung: TB
- - (2) Messung: TC
- ... (3) Messung: TG
- (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 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

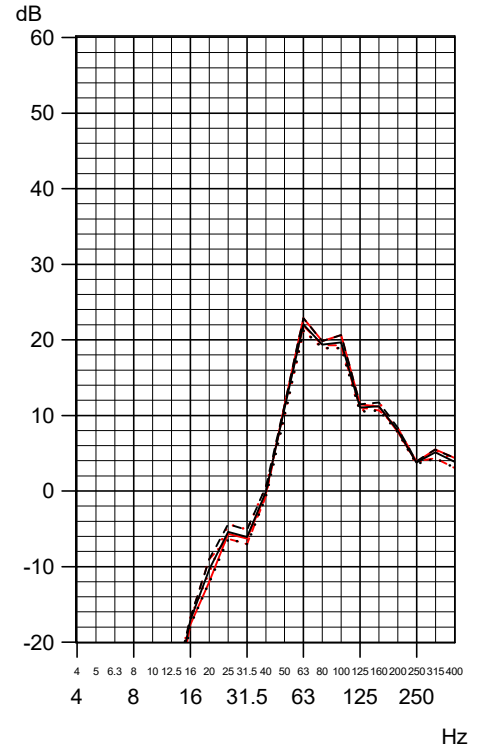
(1)	26
(2)	25
(3)	23
(7)	25
(8)	26
(9)	23

rechtes Diagramm

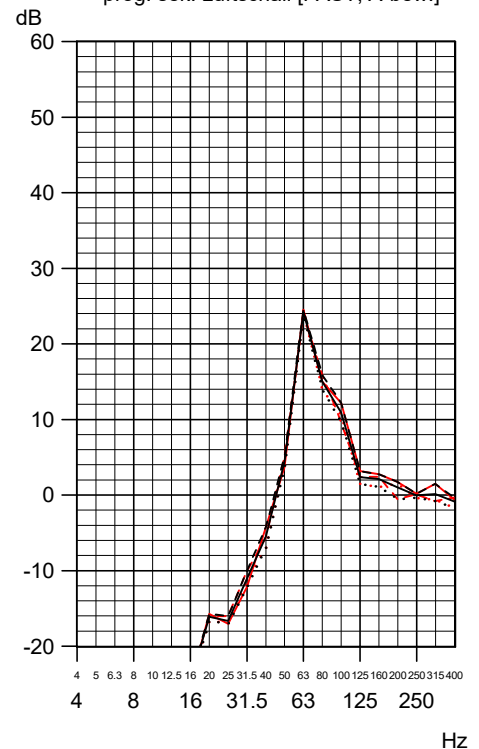
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	25
(2)	25
(3)	25
(7)	25
(8)	25
(9)	25

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

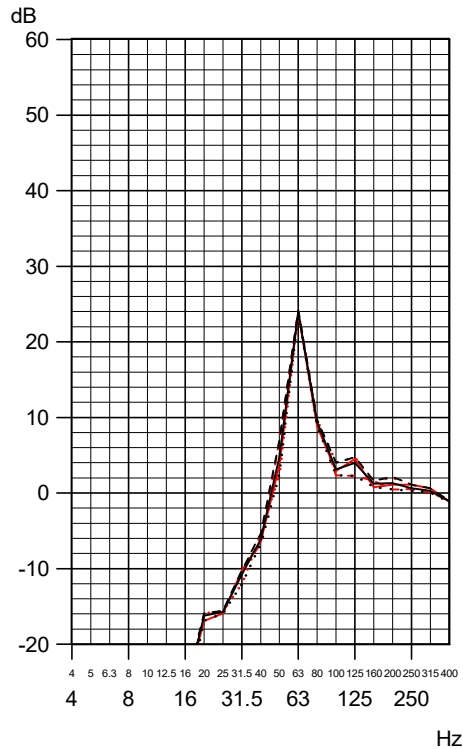


435.16; DST_KS_LS.seq

Prognostizierter Sekundärluftschall Regionalzüge (BRB) mit Fahrtrichtung Bhf. Sauerlach Abb. 5.2.LS.3 Freifeldmesspunkte

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 24
(2) 24
(3) 24

(7) 24
(8) 25
(9) 24

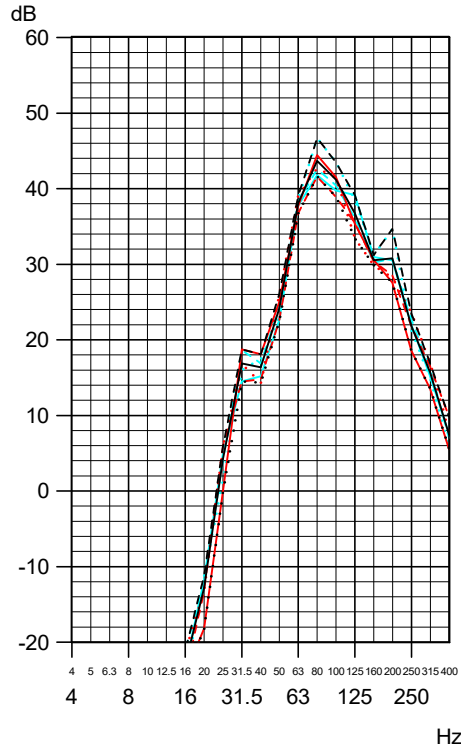
Faktor 10 (linear) = 20 dB
1 Pa eff Schalldruck = 94 dB (re 2e-5 Pa)

— (1) Messung: TB
- - (2) Messung: TC
... (3) Messung: TG
— (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

435.16; DST_KS_LS.seq

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 5 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	47
(2)	45
(3)	47
(4)	46
(5)	46
(6)	49
(7)	47
(8)	50
(9)	45

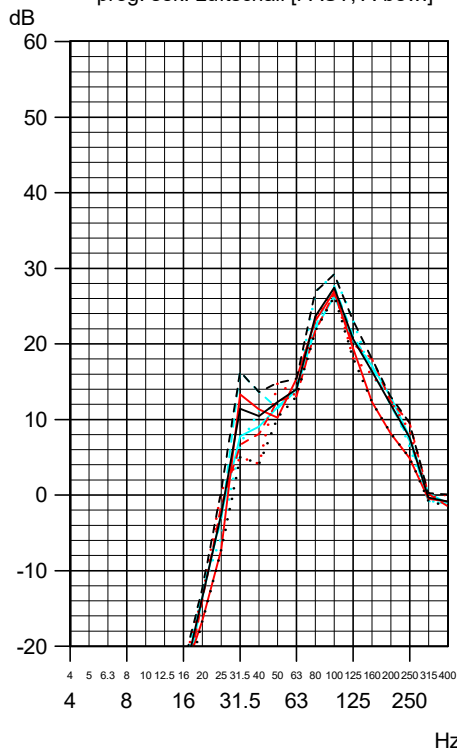
rechtes Diagramm

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

(1)	45
(2)	40
(3)	41
(4)	39
(5)	41
(6)	47
(7)	43
(8)	47
(9)	37

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

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld; Doppelhaus 5 & 6, zentral
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

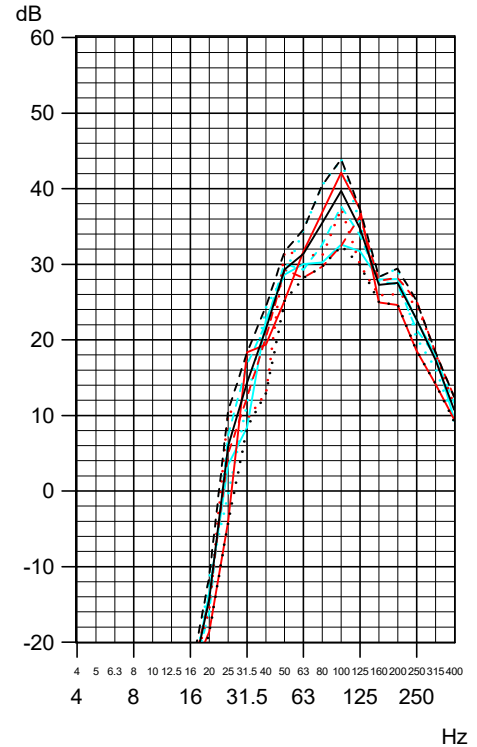
(1)	29
(2)	29
(3)	30
(4)	29
(5)	30
(6)	32
(7)	30
(8)	32
(9)	28

rechtes Diagramm

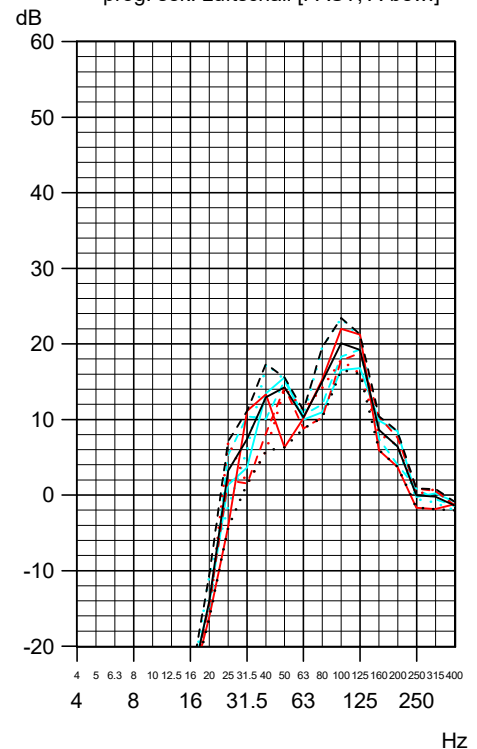
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	26
(2)	23
(3)	23
(4)	23
(5)	24
(6)	27
(7)	25
(8)	28
(9)	21

Messpunkt 02G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 4 und Bahnlinie
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



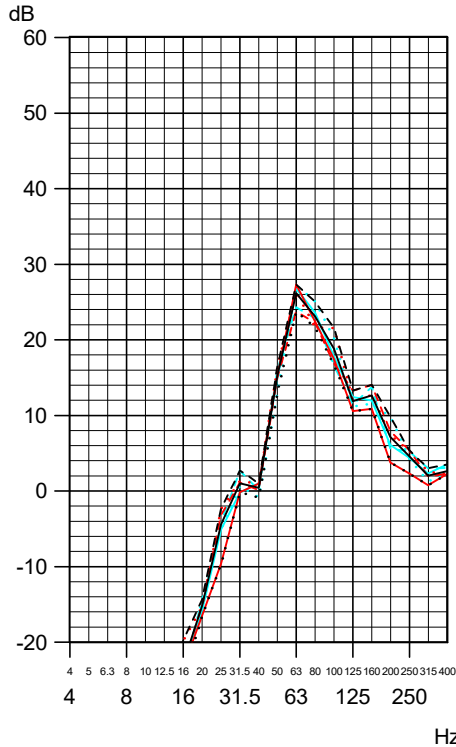
Messpunkt 13G; vertikal
Freifeld; Haus 4, bahnseitige Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



435.16; DST_KS_LS.seq

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld; Haus 12, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

- | | |
|-----|----|
| (1) | 29 |
| (2) | 27 |
| (3) | 29 |
| (4) | 29 |
| (5) | 28 |
| (6) | 30 |
| (7) | 29 |
| (8) | 30 |
| (9) | 27 |

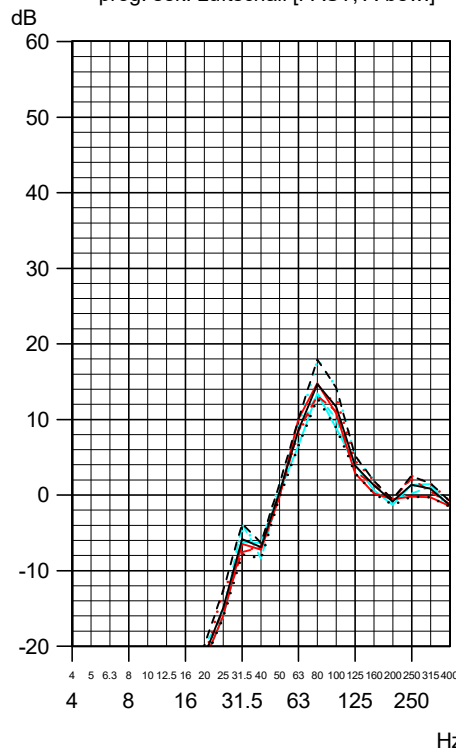
rechtes Diagramm

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

- | | |
|-----|----|
| (1) | 22 |
| (2) | 24 |
| (3) | 23 |
| (4) | 24 |
| (5) | 24 |
| (6) | 26 |
| (7) | 24 |
| (8) | 26 |
| (9) | 22 |

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

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld; Haus 9, südliche Gebäudegrenze
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

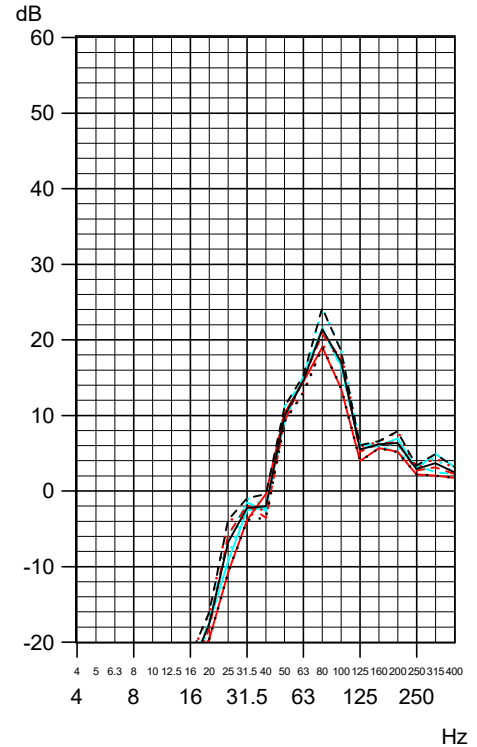
- | | |
|-----|----|
| (1) | 18 |
| (2) | 17 |
| (3) | 17 |
| (4) | 16 |
| (5) | 17 |
| (6) | 20 |
| (7) | 18 |
| (8) | 20 |
| (9) | 16 |

rechtes Diagramm

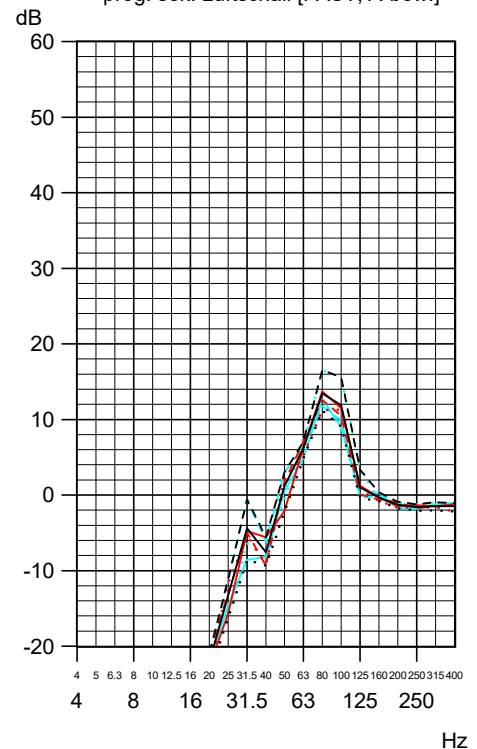
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

- | | |
|-----|----|
| (1) | 17 |
| (2) | 16 |
| (3) | 16 |
| (4) | 15 |
| (5) | 16 |
| (6) | 20 |
| (7) | 17 |
| (8) | 20 |
| (9) | 15 |

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld; Haus 14, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 23G; vertikal
Freifeld; zwischen Haus 3 und gepl. Verkehrsfläche
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



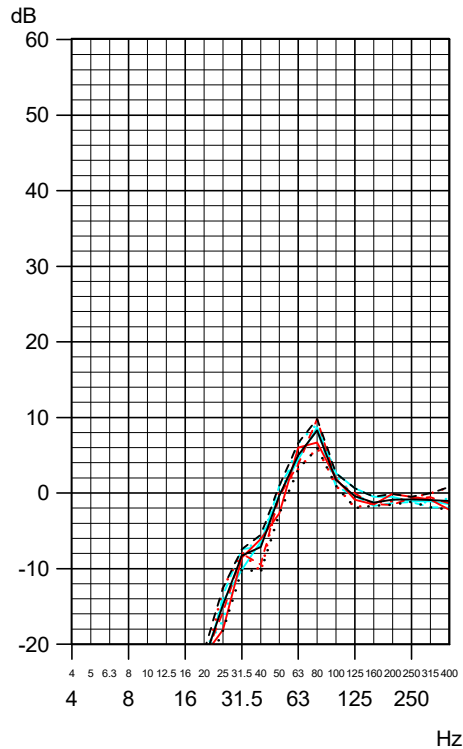
435.16; DST_KS_LS.seq

Prognostizierter Sekundärluftschall S-Bahnen mit Fahrtrichtung Bhf. Sauerlach Freifeldmesspunkte

Abb. 5.2.LS.6

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld; Haus 7, bahnnächste Gebäudeecke
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

- (1) Messung: SD
- - (2) Messung: SF
- ... (3) Messung: SH
- (4) Messung: SJ
- (5) Messung: SL
- ... (6) Messung: SN
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- ... (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

435.16; DST_KS_LS.seq