

BV VEP Schreiberstraße in Günzburg Bahn-Immissionen

Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische
Untersuchung

imb-dynamik-Bericht Nr. B434791.docx vom 10.10.2022

Auftraggeber:

Simeo III Projekt GmbH
Südliche Münchner Straße 42b
D-82031 München

über

Imakum GmbH
Herr Andreas Frahm
Sembdnerstraße 5
D-82110 Germering
Email: andreas.frahm@imakum.de

Bearbeitet von:



Dr.-Ing. Holger Molzberger
Geschäftsführer imb-dynamik GmbH
Fachlich Verantwortlicher im Bereich Modul Immissionsschutz



Dipl.-Ing. (FH) Heike Frauenhoffer
Messleiter

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



Anerkannte Messstelle nach §29b BImSchG
QM-System entsprechend ISO 9001, seit 1998

Zusammenfassung

Situation

In Günzburg soll eine schwingungstechnische Untersuchung für eine Bauleitplanung an der Schreiberstraße durchgeführt werden. Das Konzept sieht Gewerbeeinheiten und Wohneinheiten vor. Die zu entwickelnde Fläche liegt östlich der Bahnlinie 5351 Günzburg-Mindelheim.

Ergebnisse

Körperschall nach DIN 4150/2 (Gesamtes Baufeld)

	Gebäude- eigenschaften		Misch- / Kern- gebiet	Wohngebiet
Erschütterungen KB _{Fmax}		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	0,3	0,2
	MP01G ungünstig	0,39	überschritten	überschritten
	MP01G günstig	0,31	überschritten	überschritten
	MP02G ungünstig	0,32	überschritten	überschritten
	MP02G günstig	0,17	eingehalten	eingehalten
	MP05G ungünstig	0,34	überschritten	überschritten
	MP05G günstig	0,15	eingehalten	eingehalten
	MP06G ungünstig	0,27	eingehalten	überschritten
	MP06G günstig	0,18	eingehalten	eingehalten
	MP15G ungünstig	0,11	eingehalten	eingehalten
	MP15G günstig	0,08	eingehalten	eingehalten
	MP25S	0,015	eingehalten	eingehalten
	MP35S	0,008	eingehalten	eingehalten
Beurteilungspegel KB _{FTr}		Anhaltswerte tags / nachts → ↓ Prognosewerte tags / nachts	0,10 / 0,07	0,07 / 0,05
	MP01G ungünstig	0,04 / 0,02	eingehalten	eingehalten
	MP01G günstig	0,03 / 0,02	eingehalten	eingehalten

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719 (Gesamtes Baufeld)

	Gebäude- eigenschaften		Mindest- anforderung	Komfort- anforderung
Sekundärluft- schall Mittlere Maximalpegel		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	40 dB(A)	35 dB(A)
	MP01G ungünstig	55 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP01G günstig	48 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP02G ungünstig	51 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP02G günstig	37 dB(A)	eingehalten	überschritten
	MP05G ungünstig	52 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP05G günstig	43 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP06G ungünstig	52 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP06G günstig	41 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP15G ungünstig	45 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP15G günstig	31 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP25S ungünstig	33 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP25S günstig	19 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP35S ungünstig	31 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP35S günstig	17 dB(A)	eingehalten	eingehalten

Angaben zur baulichen Ausführung

Baufeld westlich der Schreiberstraße

Die Überschreitungen bzgl. Erschütterungen (Körperschall) und Sekundärluftschall sind teilweise gravierend. In manchen Bereichen werden die Anforderungen bzgl. Körperschall für Wohngebiete und Mischgebiete überschritten und bzgl. Sekundärluftschall die Komfort- und Mindestanforderungen überschritten (s. Tabelle). Bauliche Maßnahmen allein sind wahrscheinlich nicht ausreichend, da die obenstehend berechneten „günstigen Gebäudeparameter“ Deckeneigenfrequenzen von ≤ 16 Hz bedeuten, was im Wohnungsbau i.d.R. nicht realisierbar ist. Insbesondere bei Massivbauweise (Betondecken) ergeben sich bei üblichen Wohnraumgrößen und üblicher Gebäudekonstruktion stets höhere Deckeneigenfrequenzen und damit Überschreitungen der Anhaltswerte.

Es ist in diesen Bereichen voraussichtlich eine elastische Lagerung (EL) erforderlich.

Es 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) möglichst wirtschaftlich erreicht werden. Das Ergebnis ist stark von der Gebäudekonstruktion abhängig, die momentan unserem Wissen nach noch nicht im Detail festliegt. Evtl. sind Eingriffe in die grundlegende Ausführungsart der Gebäude erforderlich (Unterkellerung, Fundamentierung, Wände, Deckeneinspannungen)

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.

Baufeld östlich der Schreiberstraße

Für die Bebauung in diesem Baufeld liegen die Prognosewerte deutlich unter den Anhaltswerten. Der prognostizierte Sekundärluftschall liegt auch für ungünstige Gebäudeparameter unter der Komfortanforderung. Es sind hier keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Durch eine Optimierung der Trittschalldämmungen der schwimmenden Estriche ist eine (weitgehend kostenneutrale) Reduktion des wahrnehmbaren Sekundärluftschalls möglich und damit auch die Einhaltung der strengen „imb-dynamik Empfehlung“.

Für die Auslegung der voraussichtlich erforderlichen Erschütterungsschutzmaßnahmen und das Erarbeiten einer möglichst wirtschaftlichen Lösung steht unser Ingenieurbüro Ihnen gerne zur Verfügung.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	5
1 Situation und Aufgabenstellung	6
2 Grundlagen	6
3 Beurteilungskriterien	6
3.1 Körperschall nach DIN 4150/2, siehe (5)	6
3.1.1 Beurteilungsgrößen	6
3.1.2 Prognose	7
3.1.3 Beurteilungsverfahren	7
3.2 Sekundärer Luftschall nach VDI 2719, siehe (6)	9
3.3 Bestimmung der Maximalwerte	10
3.4 Bestimmung der Beurteilungswerte	11
3.5 imb-dynamik-Empfehlung	11
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	14
5 Auswertung	15
5.1 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt	15
5.2 Auswertung im Zeitbereich	15
5.3 Wellenausbreitungsmessung	17
6 Prognoseergebnisse und Beurteilung	18
6.1 Allgemein	18
6.2 Immissionssituation	19
6.2.1 Vergleich der Messpunkte westlich Schreberstraße	19
6.2.2 Vergleich der Messpunkte östlich Schreberstraße	21
6.3 Prognostizierte Erschütterungen	23
6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall	25
7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung	27
7.1 Beurteilung der Prognosewerte	27
7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen	28
7.3 Angaben zur baulichen Ausführung	29
Anlage: Abbildungen, 17 Seiten	

1 Situation und Aufgabenstellung

In Günzburg soll eine schwingungstechnische Untersuchung für eine Bauleitplanung an der Schreberstraße durchgeführt werden. Das Konzept sieht Gewerbeeinheiten und Wohneinheiten vor. Die zu entwickelnde Fläche liegt östlich der Bahnlinie 5351 Günzburg-Mindelheim.

Die vorbeifahrenden Züge tragen in das Erdreich und in benachbarte Gebäude Körperschallwellen ein, die von den Nutzern der Gebäude als Erschütterungen bzw. sog. „sekundärer Luftschall“ wahrgenommen werden können. Es war 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, die die Erschütterungsimmersionen auf dem Baugelände erfassen.

2 Grundlagen

- (1) imb-dynamik-Messungen vom 22.09.2022
- (2) DIN IEC 60263: Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von frequenzabhängigen Kennlinien und Polardiagrammen, vom 1999-08
- (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
- (8) Email vom 19.09.2022, Hr. Schindler, Haupt-Immobilien, Anhang
220914_Haupt_R+P_Vorstellung_Konzept_LS.pdf

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} , die Beurteilungsschwingstärke.

Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB(t)$, 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.

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 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:

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

Dabei bedeuten:

- $\bar{L}_{\max}$ = A-bewerteter mittlerer maximaler Schalldruckpegel im Raum in dB(A)
- $L_{\text{VA, FAST}}$ = 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:

$$S \approx 2 \times \text{Grundrissfläche } G$$

$$A \approx 0,8 \times \text{Grundrissfläche } G$$

$\sigma = 1$ 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

Allgemein: 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_{FTr} 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

	Kerngebiet	Wohngebiet	imb-Empfehlung gehobene Wohnqualität
Maximalwert KB_{Fmax}	tags 5 nachts 0,3	tags 3 nachts 0,2	0,15
Beurteilungspegel KB_{Ftr}	tags 0,10 nachts 0,07	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) Zugattung ausgerichtet. So werden stabile Ergebnisse erzielt, die nur wenig von den zufällig am Messtag ange-troffenen einzelnen Zügen abhängen.

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
Erschütterungsmessgerät	MR3000	SYSCOM
3-axiale Schwingschnellesensoren	MS2003+	SYSCOM
Analyseprogramm	View	Ziegler Consultants

4.1 Lage der Messpunkte

Die Lage der Messpunkte wurde unter Berücksichtigung des übermittelten Ausschnittes aus dem Lageplan festgelegt.

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

Die Nummerierung der Häuser wurde aus (8) entnommen.

Messpunkt	Messrichtung	Position	Art der Befestigung
01G	vertikal	Haus 1, bahnseitig	Erdspieß
02G	vertikal	Haus 1, bahnseitig	Erdspieß
03G	vertikal	Haus 2a, bahnseitig	Erdspieß
04G	vertikal	Haus 2b, bahnseitig	Plättchen
05G	vertikal	Haus 2c, bahnseitig	Erdspieß
06G	vertikal	Haus 3, bahnseitig	Erdspieß
13G	vertikal	Haus 2a, straßenseitig	Erdspieß
15G	vertikal	Haus 2c, straßenseitig	Erdspieß
16G	vertikal	Haus 3, straßenseitig	Erdspieß
25S	vertikal	Haus 5, Vorderkante bahnseitig	Montageplattform (Syscom)
35S	vertikal	Haus 5, Rückbereich	Montageplattform (Syscom)
91G	vertikal	Haus 2c, mittig	Erdspieß

4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten

Die Messungen wurden am Donnerstag, den 22.09.2022 in der Zeit von 9:00 Uhr bis 17:15 Uhr durchgeführt.

Die Signale aller Messpunkte wurden bei den Zug-Vorbeifahrten im o.g. Zeitraum synchron aufgezeichnet. Es wurden 10 Regionalzüge beider Fahrtrichtungen aufgezeichnet.

Witterung: sonnig, windig, trocken

Die folgende Übersicht gibt alle gemessenen Zugfahrten wieder.

Fahrtrichtung	Uhrzeit	Kurzzeichen	Zuggattung
Günzburg Hbf	11:01	RA	Regionalzug
Wasserburg (Günz)	11:21	RB	Regionalzug
Wasserburg (Günz)	11:50	RC	Regionalzug
Günzburg Hbf	13:15	RD	Regionalzug
Wasserburg (Günz)	13:25	RE	Regionalzug
Günzburg Hbf	13:52	RF	Regionalzug
Günzburg Hbf	14:42	RG	Regionalzug
Wasserburg (Günz)	14:53	RH	Regionalzug
Wasserburg (Günz)	15:50	RI	Regionalzug
Günzburg Hbf	16:16	RJ	Regionalzug

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.3 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} .

Die folgende Tabelle enthält die ausgewerteten und spektral im Anhang dargestellten Zugfahrten.

Ereignis	01G	02G	03G	04G	05G	06G	13G	15G	16G	91G
RA	0,062	0,049	0,026	0,026	0,04	0,03	0,011	0,015	0,019	0,025
RB	0,091	0,061	0,026	0,035	0,046	0,033	0,017	0,017	0,016	0,026
RC	0,117	/	0,048	0,067	0,072	0,058	0,024	0,029	0,026	0,065
RD	0,121	/	0,079	0,144	0,132	0,134	0,029	0,049	0,04	0,121
RE	0,088	0,065	0,046	0,058	0,047	0,047	0,019	0,023	0,023	0,049
RF	0,065	0,05	0,03	0,033	0,035	0,034	0,018	0,021	0,016	0,036
RG	0,122	0,063	0,062	0,063	0,082	0,084	0,023	0,025	0,024	0,063
RH	0,11	0,087	0,052	0,054	0,069	0,061	0,018	0,028	0,026	0,056
RI	0,087	0,073	0,04	0,03	0,042	0,041	0,021	0,019	0,02	0,038
RJ	0,075	0,051	0,025	0,031	0,029	0,034	0,014	0,014	0,02	0,027
KB_{FTm}	0,10	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06	0,02	0,03	0,02	0,06
KB_{Fmax}	0,12	0,09	0,08	0,14	0,13	0,13	0,03	0,05	0,04	0,12
$\frac{KB_{FTm}}{KB_{Fmax}}$	0,79	0,65	0,59	0,44	0,50	0,47	0,69	0,53	0,60	0,48

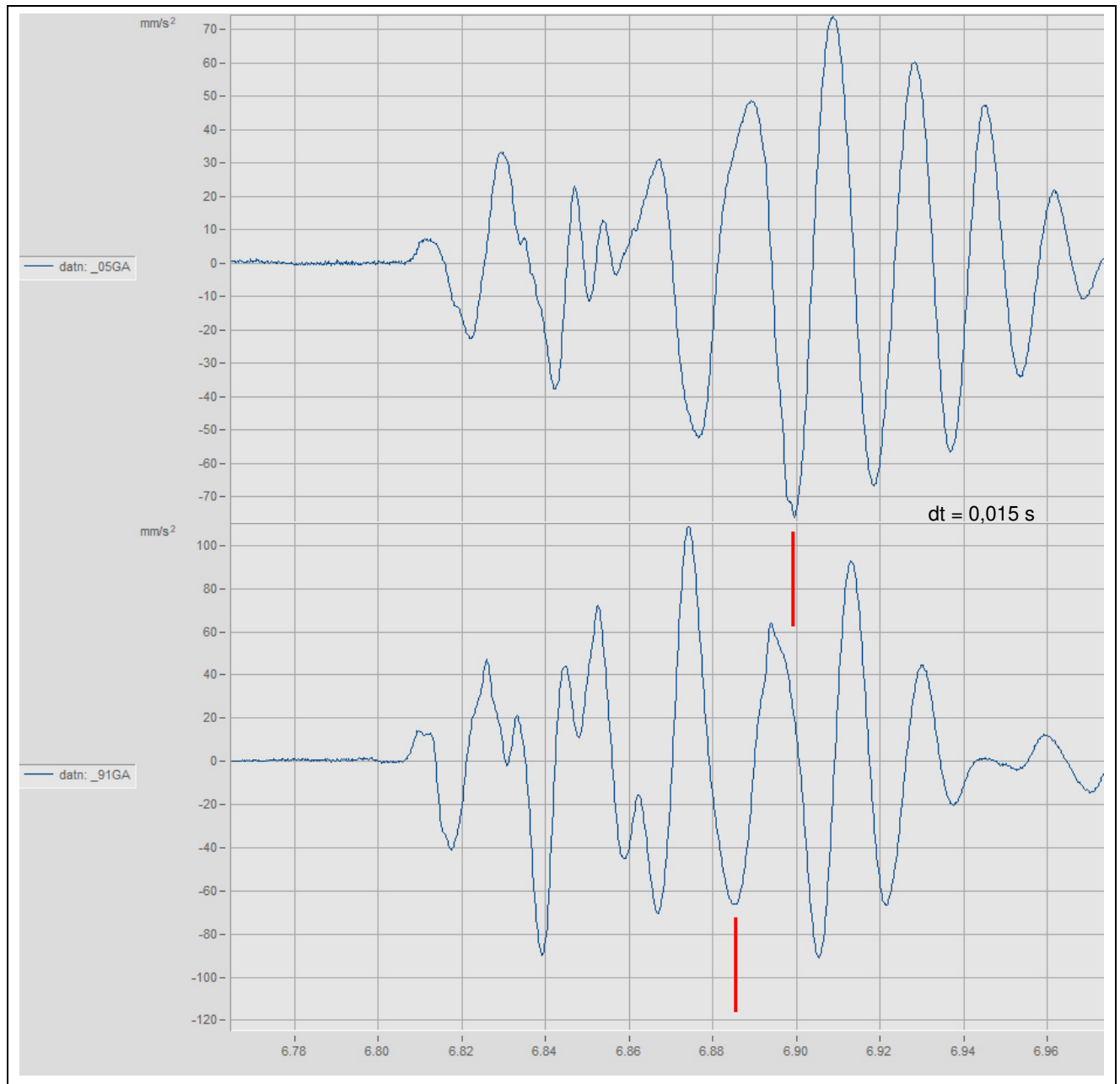
Anmerkung: / Messpunkt ausgefallen

5.3 Wellenausbreitungsmessung

Die dynamischen Bodenkennwerte als Eingangsparameter der Prognoseberechnungen wurden mittels sogenannter Wellenausbreitungsmessungen ermittelt.

Als Anregungsquellen dienten Fallversuche (Hammerschlag) und Züge.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die Messsignale eines Hammerschlags.



Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in oberer Bodenschicht: $v = \text{ca. } 200 \text{ m/s}$ (Hammerschlag) bei ca. 50 Hz

Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in tieferer Bodenschicht: $v = \text{ca. } 300 \text{ m/s}$ (Zug RB) bei ca. 20 Hz

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_{FTT} wurde mit folgendem Verkehrsaufkommen, lt. Zugzahlenprognose 2030D (KW25/2022) des Bundes, gerechnet:

Kategorie / Fahrtrichtung	Anzahl der Züge tags	Anzahl der Züge nachts
RE, RB beider Richtungen	31	5
Summe	31	5

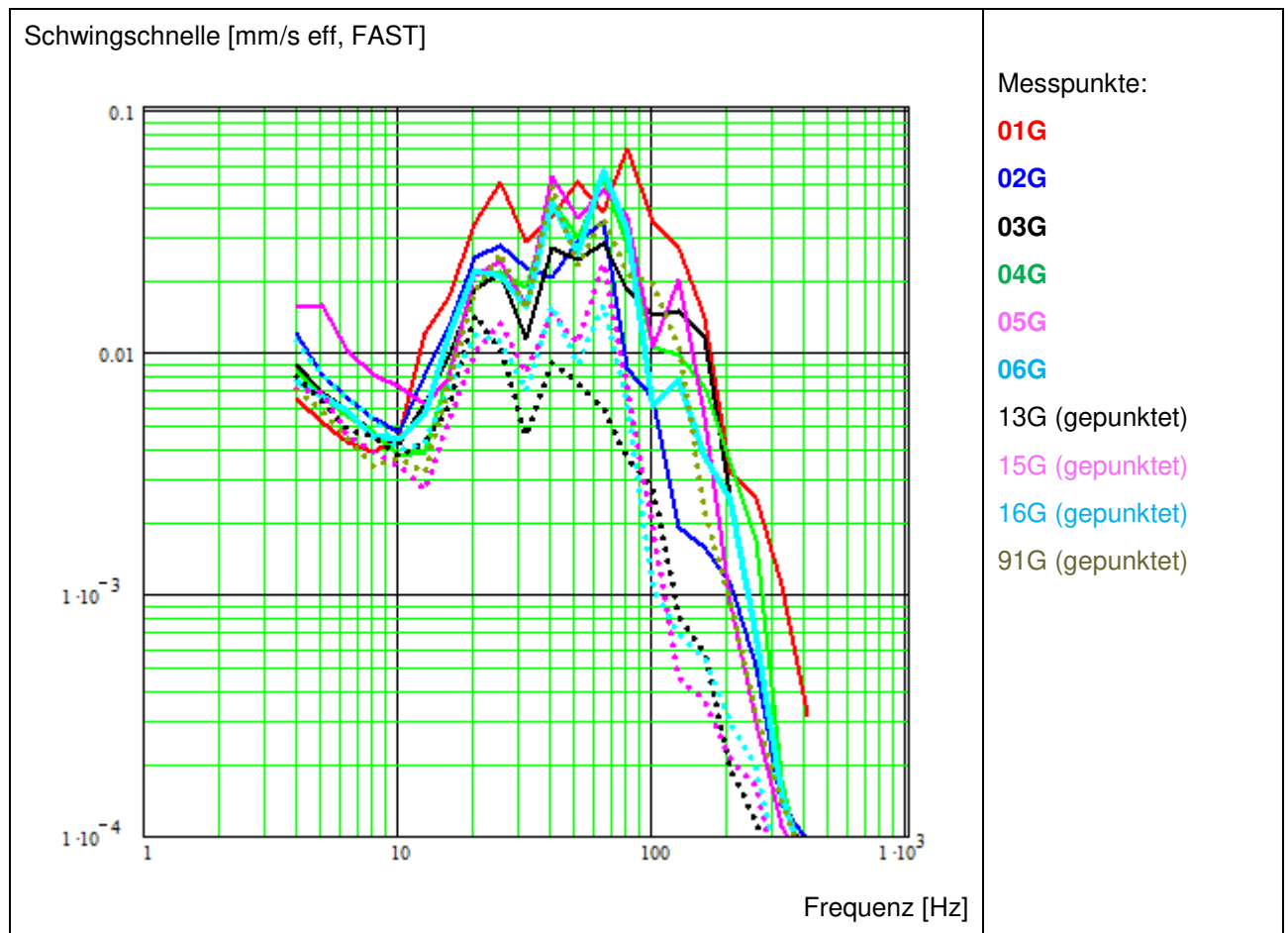
6.2 Immissionssituation

Die gemessenen Freifeldimmissionen werden hier folgendermaßen dargestellt:

- Alle Messpunkte, energetisches Mittel Fahrtrichtung Günzburg Hbf
- Alle Messpunkte, energetisches Mittel Fahrtrichtung Wasserburg (Günz)

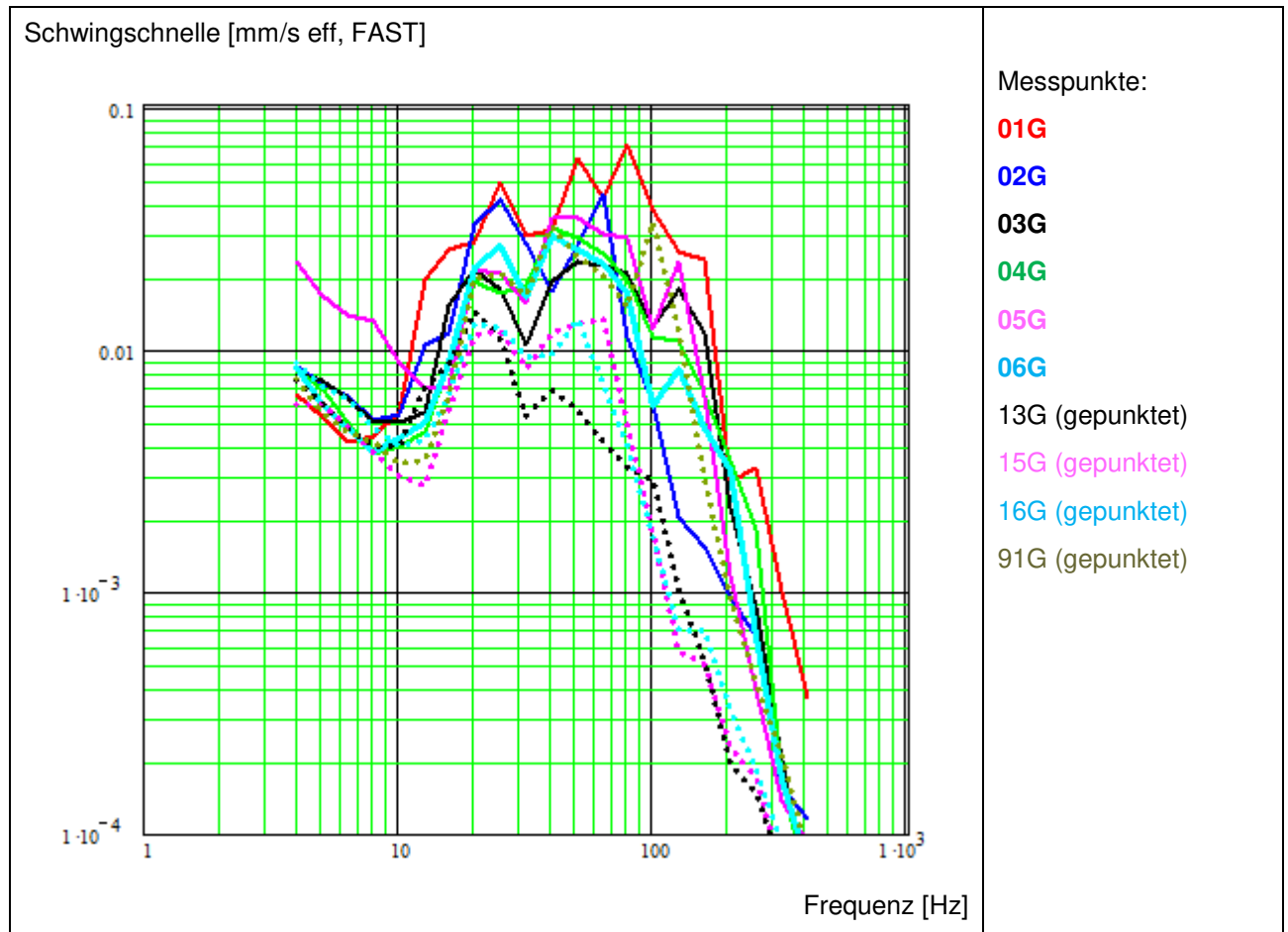
6.2.1 Vergleich der Messpunkte westlich Schreiberstraße

Regionalzüge Richtung Günzburg Hbf



- Messpunkt 01G: liegt im Bereich vom Bahnübergang; Peak bei 25Hz, 50Hz und 80Hz
- Messpunkt 06G: Peak bei 40Hz und 65Hz
- Übrige Messpunkte: Peak bei 40Hz und 65Hz
- Deutliche Abnahme zur Straßenseite hin (ca. Faktor 6)

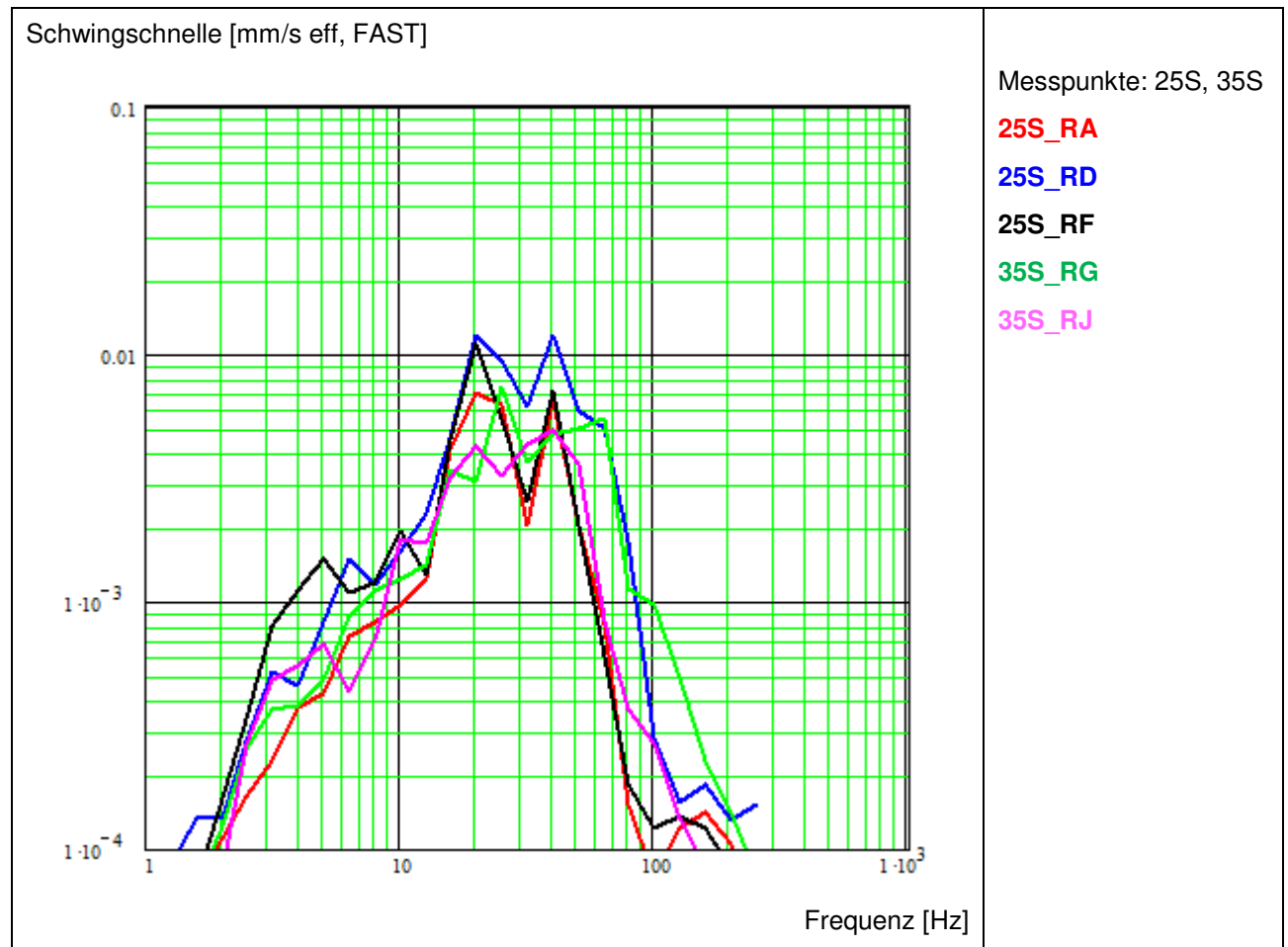
Regionalzüge Richtung Wasserburg (Günz)



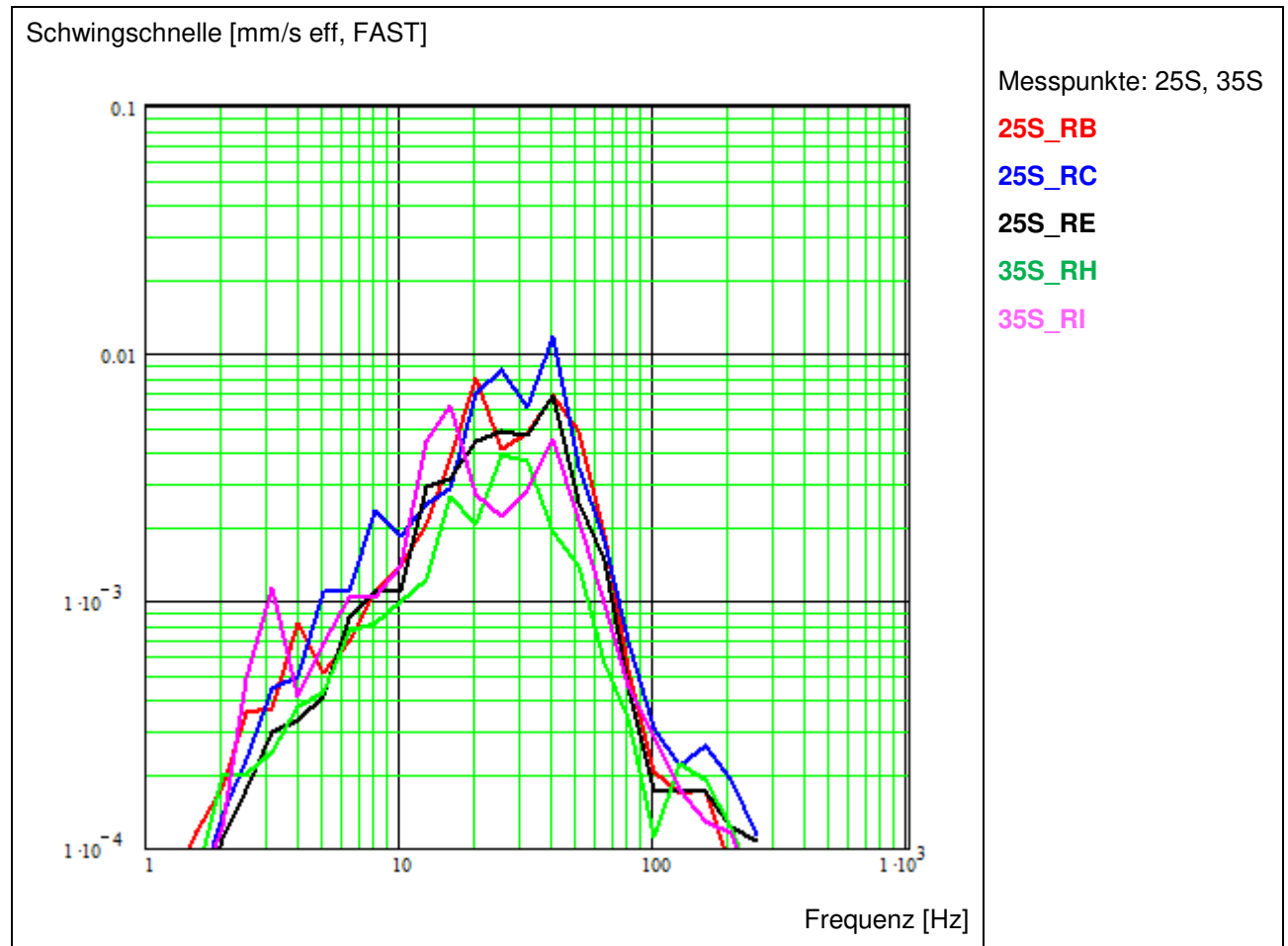
- Messpunkt 01G: liegt im Bereich vom Bahnübergang; Peak bei 25Hz, 50Hz und 80Hz
- Messpunkt 02G: Peak bei 25Hz und 65Hz
- Messpunkte 01G und 02G: in Richtung Günzburg höhere Erschütterungen
- Deutliche Abnahme zur Straßenseite hin (ca. Faktor 6)
- Messpunkt 06G: in Richtung Günzburg niedrigere Erschütterungen

6.2.2 Vergleich der Messpunkte östlich Schreberstraße

Regionalzüge Richtung Günzburg Hbf



Regionalzüge Richtung Wasserburg (Günz)



6.3 Prognostizierte Erschütterungen

Die Prognose wird für

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

durchgeführt.

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 50,0 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 (Baufeld westlich Schreiberstraße)

Messpunkt / Fahrtrichtung Gebäudeparameter	Prognose KB_{Fmax}	Anhaltswerte A_o		
		Kerngebiet	Wohngebiet	imb-Empfehlung
MP 01G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	0,39	0,3	0,2	0,15
MP 01G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	0,31			
MP 02G / Richtung Günzburg ungünstige Gebäudeparameter	0,32	0,3	0,2	0,15
MP 02G / Richtung Günzburg günstige Gebäudeparameter	0,17			
MP 05G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	0,34	0,3	0,2	0,15
MP 05G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	0,15			
MP 06G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	0,27	0,3	0,2	0,15
MP 06G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	0,18			
MP 15G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	0,11	0,3	0,2	0,15
MP 15G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	0,08			

Die Anhaltswerte der DIN 4150/2 werden im Maximalwertkriterium in den bahnseitigen Gebäudebereichen bei ungünstigen Gebäudeparametern, am Messpunkt 01G auch bei günstigen Gebäudeparametern überschritten.

Beurteilungswerte (aus den höchsten Prognosewerten)

	Prognose KB _{FT} tags / nachts	Anhaltswerte tags / nachts		
		Kerngebiet	Wohngebiet	imb-Empfehlung
ungünstige Gebäudeparameter	0,04 / 0,02	0,10 / 0,07	0,07 / 0,05	keine
günstige Gebäudeparameter	0,03 / 0,02			

Der Beurteilungswert wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten.

Maximalwerte (Baufeld östlich Schreberstraße)

Messpunkt / Fahrtrichtung Gebäudeparameter	Prognose KB _{Fmax}	Anhaltswerte A _o		
		Kerngebiet	Wohngebiet	imb-Empfehlung
MP 25S / Richtung Günzburg	0,015	0,3	0,2	0,15
MP 35S / Richtung Günzburg	0,008			

Die Anhaltswerte der DIN 4150/2 werden im Maximalwertkriterium sehr gut eingehalten.

6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 50 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 125 Hz ergibt sich:

Mittlere Maximalwerte (Baufeld westlich Schreberstraße)

Messpunkt / Fahrtrichtung Gebäudeparameter	Prognose	Anhaltswerte		
		Mindestanf.	Komfortanf.	imb-Empfehlung
MP 01G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	55 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 01G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	48 dB(A)			
MP 02G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	51 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 02G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	37 dB(A)			
MP 05G / Richtung Günzburg ungünstige Gebäudeparameter	52 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 05G / Richtung Günzburg günstige Gebäudeparameter	43 dB(A)			
MP 06G / Richtung Günzburg ungünstige Gebäudeparameter	52 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 06G / Richtung Günzburg günstige Gebäudeparameter	41 dB(A)			
MP 15G / Richtung Wasserburg ungünstige Gebäudeparameter	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 15G / Richtung Wasserburg günstige Gebäudeparameter	31 dB(A)			

Die Anhaltswerte nach VDI-Richtlinie und die imb-Empfehlung werden bei der obenstehend beschriebenen angesetzten Gebäudeausführung überschritten.

Mittlere Maximalwerte (Baufeld östlich Schreiberstraße)

Messpunkt / Fahrtrichtung Gebäudeparameter	Prognose	Anhaltswerte		
		Mindestanf.	Komfortanf.	imb-Empfehlung
MP 25S / Richtung Günzburg ungünstige Gebäudeparameter	33 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 25S / Richtung Günzburg günstige Gebäudeparameter	19 dB(A)			
MP 35S / Richtung Günzburg ungünstige Gebäudeparameter	31 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
MP 35S / Richtung Günzburg günstige Gebäudeparameter	17 dB(A)			

Die Anhaltswerte nach VDI-Richtlinie werden eingehalten, die imb-Empfehlung wird unter Ansatz ungünstiger Gebäudeparameter ggf. moderat überschritten.

7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung

7.1 Beurteilung der Prognosewerte

Körperschall nach DIN 4150/2 (Gesamtes Baufeld)

	Gebäude- eigenschaften		Kerngebiet	Wohngebiet
Erschütterungen KB _{Fmax}		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	0,3	0,2
	MP01G ungünstig	0,39	überschritten	überschritten
	MP01G günstig	0,31	überschritten	überschritten
	MP02G ungünstig	0,32	überschritten	überschritten
	MP02G günstig	0,17	eingehalten	eingehalten
	MP05G ungünstig	0,34	überschritten	überschritten
	MP05G günstig	0,15	eingehalten	eingehalten
	MP06G ungünstig	0,27	eingehalten	überschritten
	MP06G günstig	0,18	eingehalten	eingehalten
	MP15G ungünstig	0,11	eingehalten	eingehalten
	MP15G günstig	0,08	eingehalten	eingehalten
	MP25S	0,015	eingehalten	eingehalten
	MP35S	0,008	eingehalten	eingehalten
Beurteilungspegel KB _{FTr}		Anhaltswerte tags / nachts → ↓ Prognosewerte tags / nachts	0,10 / 0,07	0,07 / 0,05
	MP01G ungünstig	0,04 / 0,02	eingehalten	eingehalten
	MP01G günstig	0,03 / 0,02	eingehalten	eingehalten

Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719 (Gesamtes Baufeld)

	Gebäude- eigenschaften		Mindest- anforderung	Komfort- anforderung
Sekundärluft- schall Mittlere Maximalpegel		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	40 dB(A)	35 dB(A)
	MP01G ungünstig	55 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP01G günstig	48 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP02G ungünstig	51 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP02G günstig	37 dB(A)	eingehalten	überschritten
	MP05G ungünstig	52 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP05G günstig	43 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP06G ungünstig	52 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP06G günstig	41 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP15G ungünstig	45 dB(A)	überschritten	überschritten
	MP15G günstig	31 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP25S ungünstig	33 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP25S günstig	19 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP35S ungünstig	31 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	MP35S günstig	17 dB(A)	eingehalten	eingehalten

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

Baufeld westlich der Schreiberstraße

Die Überschreitungen bzgl. Erschütterungen (Körperschall) und Sekundärluftschall sind teilweise gravierend. In manchen Bereichen werden die Anforderungen bzgl. Körperschall für Wohngebiete und Mischgebiete überschritten und bzgl. Sekundärluftschall die Komfort- und Mindestanforderungen überschritten (s. Tabelle).

Bauliche Maßnahmen allein sind wahrscheinlich nicht ausreichend, da die obenstehend berechneten „günstigen Gebäudeparameter“ Deckeneigenfrequenzen von ≤ 16 Hz bedeuten, was im Wohnungsbau i.d.R. nicht realisierbar ist. Insbesondere bei Massivbauweise (Betondecken) ergeben sich bei üblichen Wohnraumgrößen und üblicher Gebäudekonstruktion stets höhere Deckeneigenfrequenzen und damit Überschreitungen der Anhaltswerte.

Es ist in diesen Bereichen voraussichtlich eine elastische Lagerung (EL) erforderlich.

Es 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) möglichst wirtschaftlich erreicht werden. Das Ergebnis ist stark von der Gebäudekonstruktion abhängig, die momentan unserem Wissen nach noch nicht im Detail festliegt. Evtl. sind Eingriffe in die grundlegende Ausführungsart der Gebäude erforderlich (Unterkellerung, Fundamentierung, Wände, Deckeneinspannungen)

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.

Baufeld östlich der Schreiberstraße

Für die Bebauung in diesem Baufeld liegen die Prognosewerte deutlich unter den Anhaltswerten. Der prognostizierte Sekundärluftschall liegt auch für ungünstige Gebäudeparameter unter der Komfortanforderung. Es sind hier keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Durch eine Optimierung der Trittschalldämmungen der schwimmenden Estriche ist eine (weitgehend kostenneutrale) Reduktion des wahrnehmbaren Sekundärluftschalls möglich und damit auch die Einhaltung der strengen „imb-dynamik Empfehlung“.

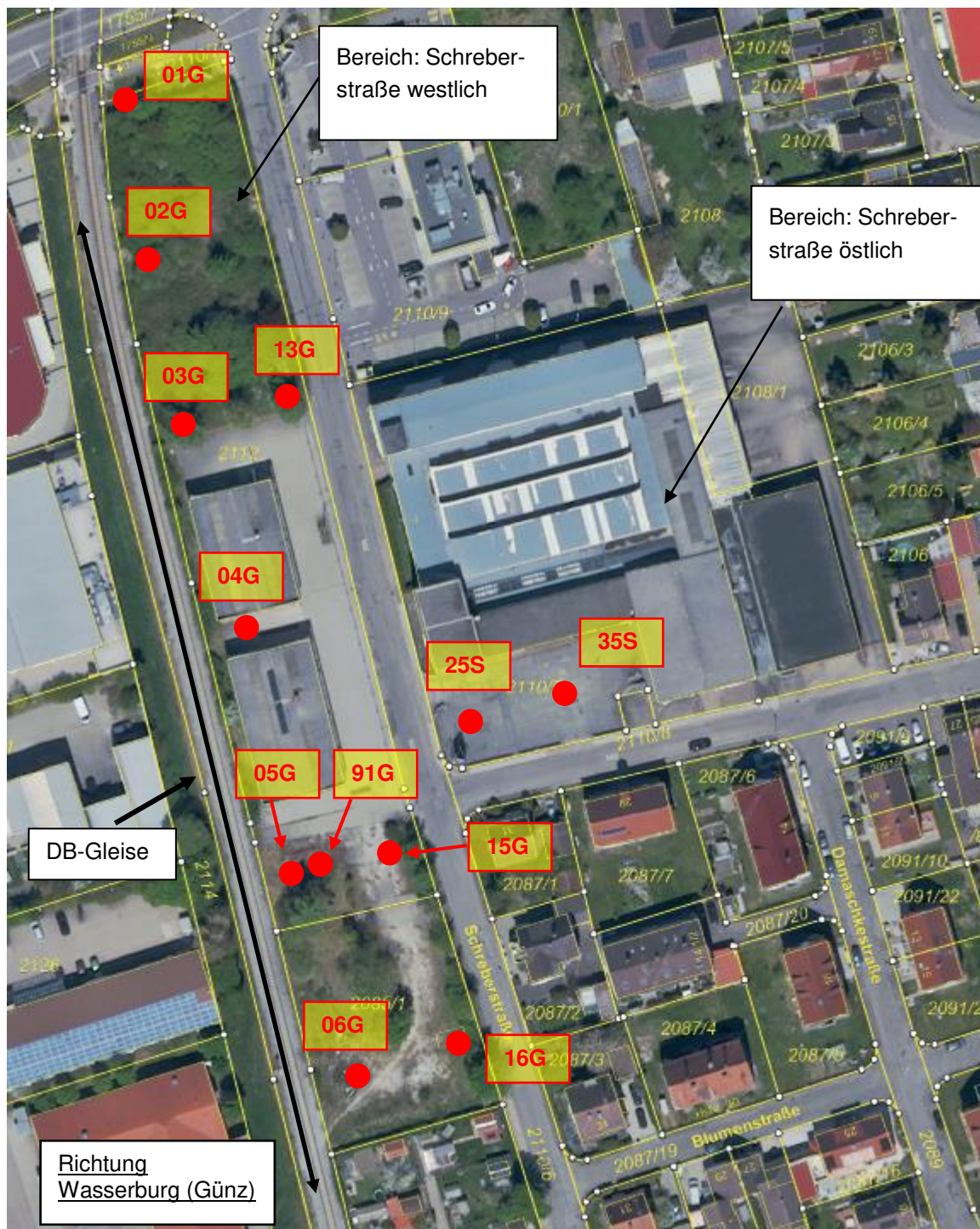
Für die Auslegung der voraussichtlich erforderlichen Erschütterungsschutzmaßnahmen und das Erarbeiten einer möglichst wirtschaftlichen Lösung steht unser Ingenieurbüro Ihnen gerne zur Verfügung.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

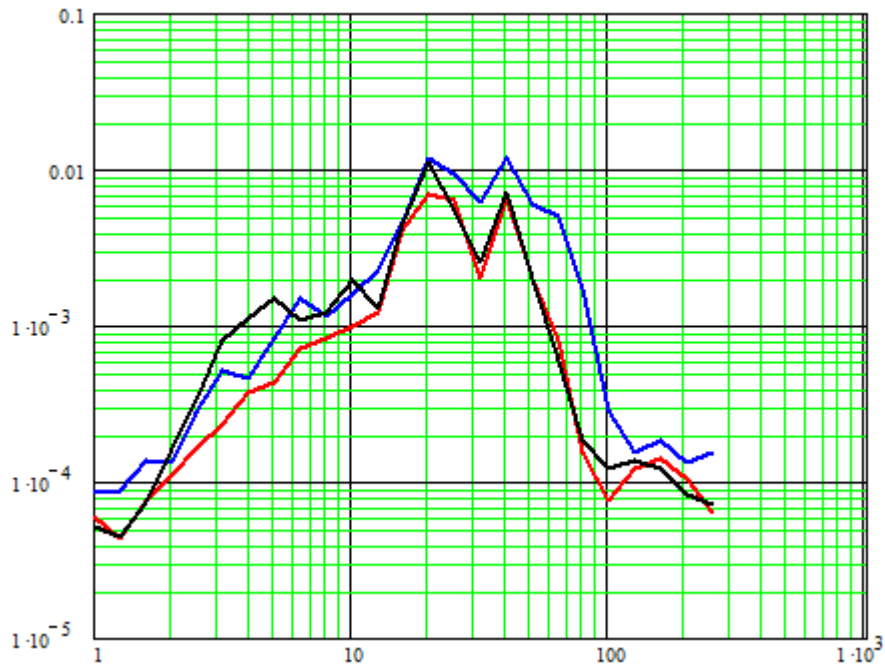
Dr.-Ing. Holger Molzberger
Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel
Dipl.-Ing. (FH) Heike Frauenhoffer

Messpunkt vertikal: ●

Richtung
Günzburg Hbf



Schwingschnelle [mm/s eff, FAST]



Frequenz [Hz]

Messpunkt 25S

Fahrten Richtung

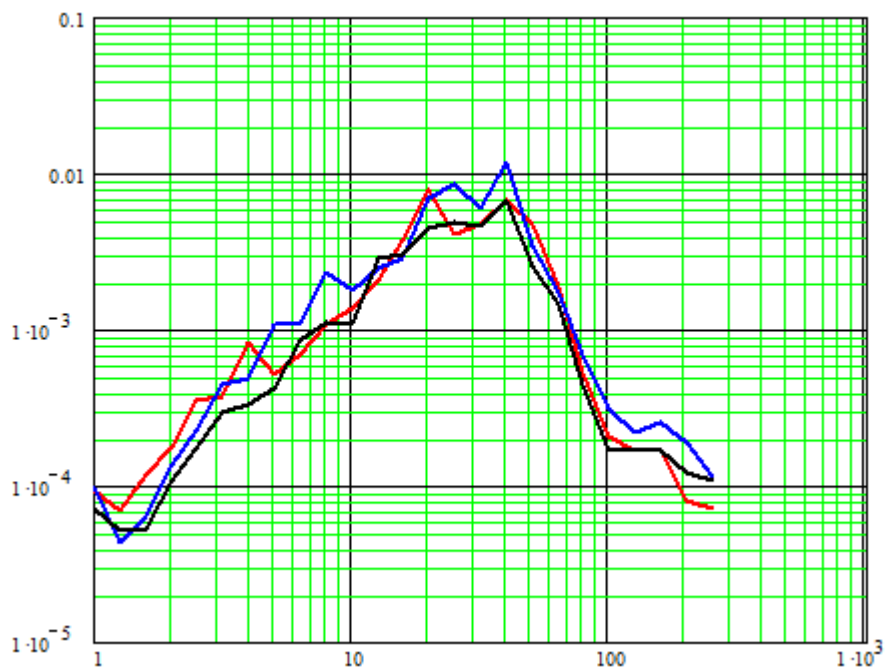
Günzburg

25S_RA

25S_RD

25S_RF

Schwingschnelle [mm/s eff, FAST]



Frequenz [Hz]

Messpunkt 25S

Fahrten Richtung

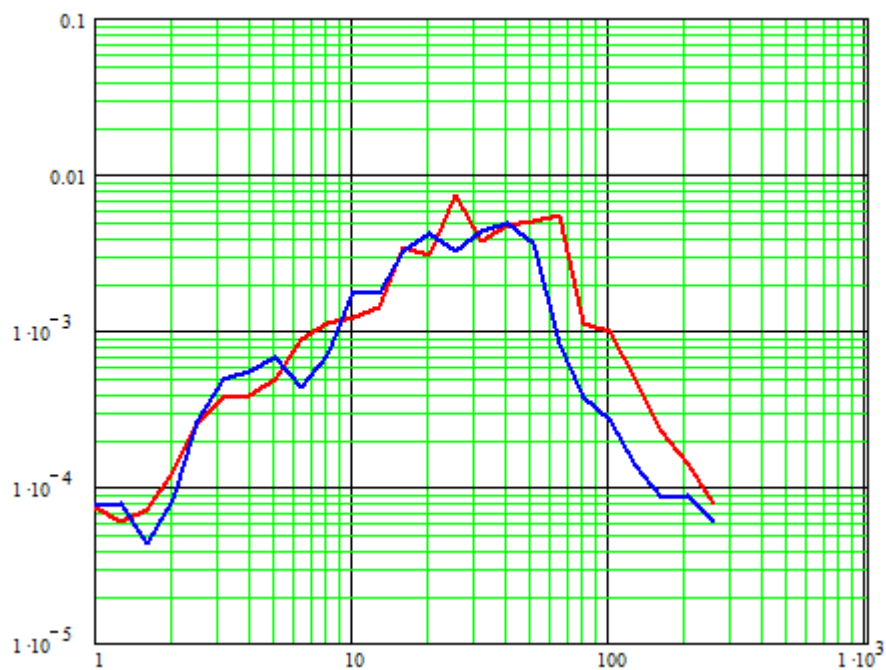
Wasserburg (Günz)

25S_RB

25S_RC

25S_RE

Schwingschnelle [mm/s eff, FAST]



Frequenz [Hz]

Messpunkt 35S

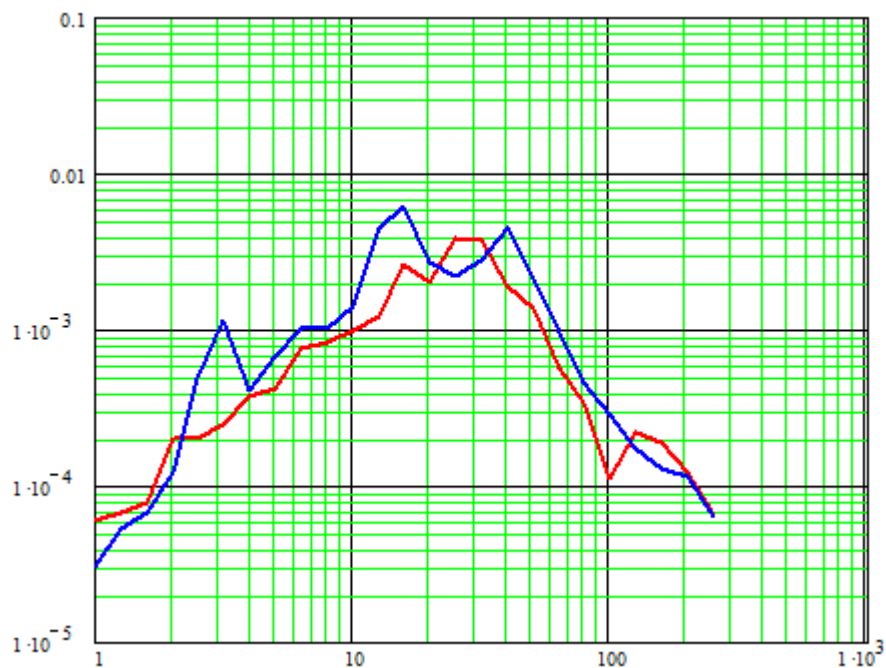
Fahrten Richtung

Günzburg

35S_RG

35S_RJ

Schwingschnelle [mm/s eff, FAST]



Frequenz [Hz]

Messpunkt 35S

Fahrten Richtung

Wasserburg (Günz)

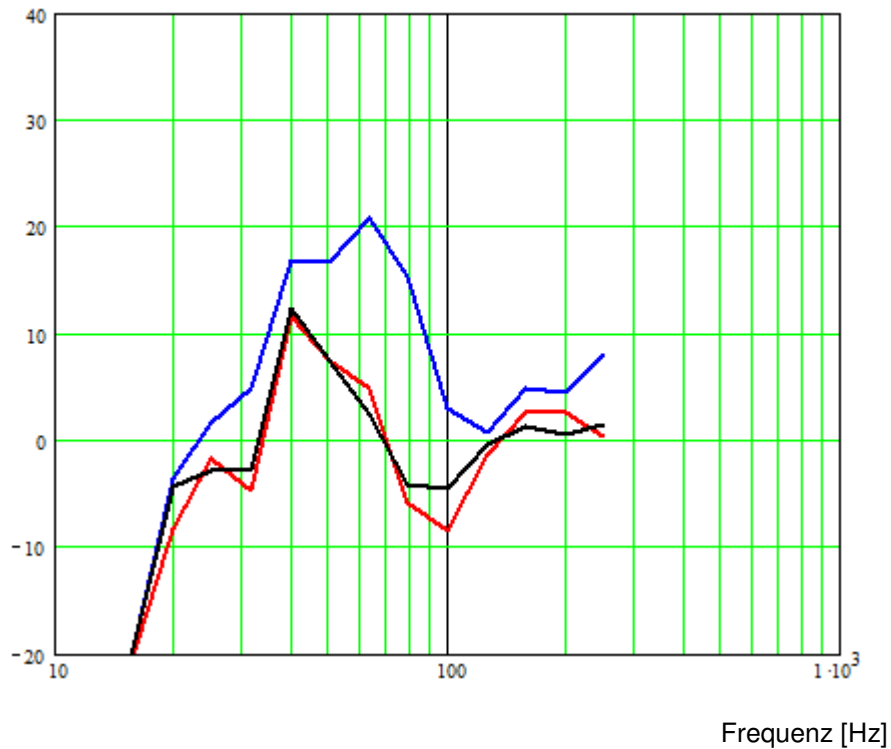
35S_RH

35S_RI

Prognostizierter Sekundärluftschall

Messpunkt 25S

Prog. Sek. Luftschall (FAST, A-bew.)

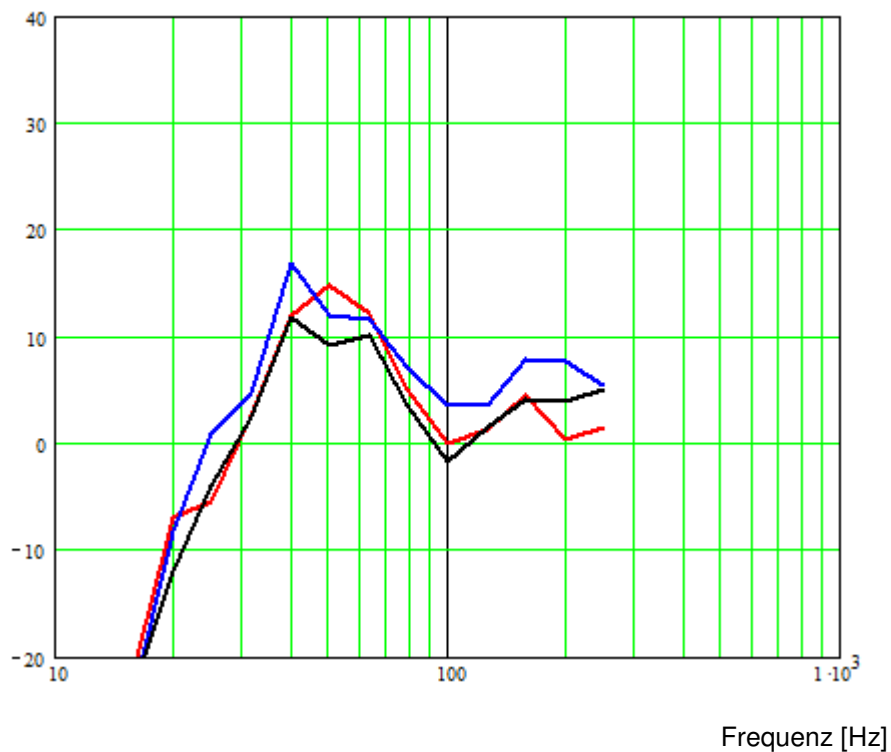
**Messpunkt 25S**

Fahrten Richtung

Günzburg

25S_RA**25S_RD****25S_RF**

Prog. Sek. Luftschall (FAST, A-bew.)

**Messpunkt 25S**

Fahrten Richtung

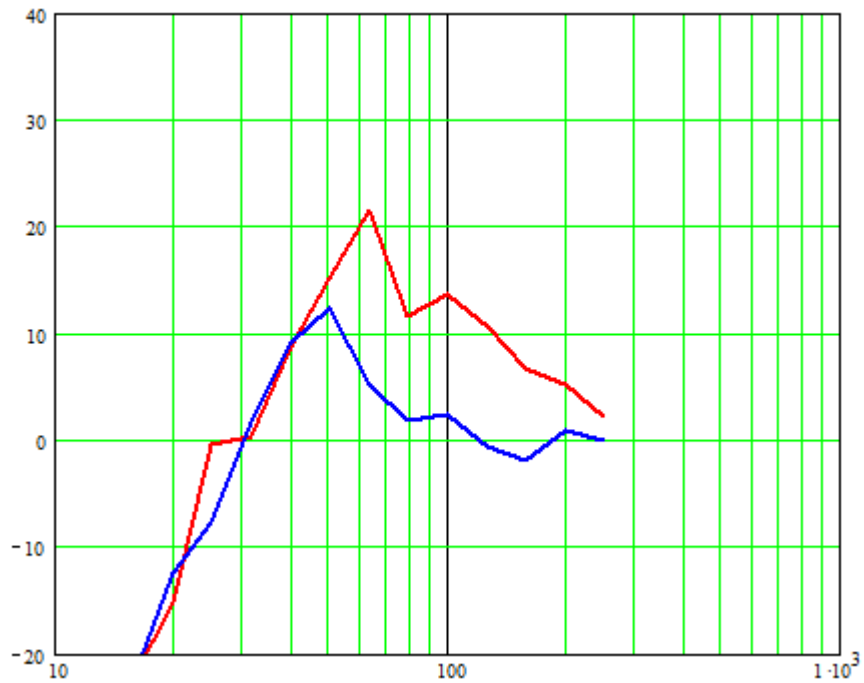
Wasserburg (Günz)

25S_RB**25S_RC****25S_RE**

Prognostizierter Sekundärluftschall

Messpunkt 35S

Prog. Sek. Luftschall (FAST, A-bew.)



Frequenz [Hz]

Messpunkt 35S

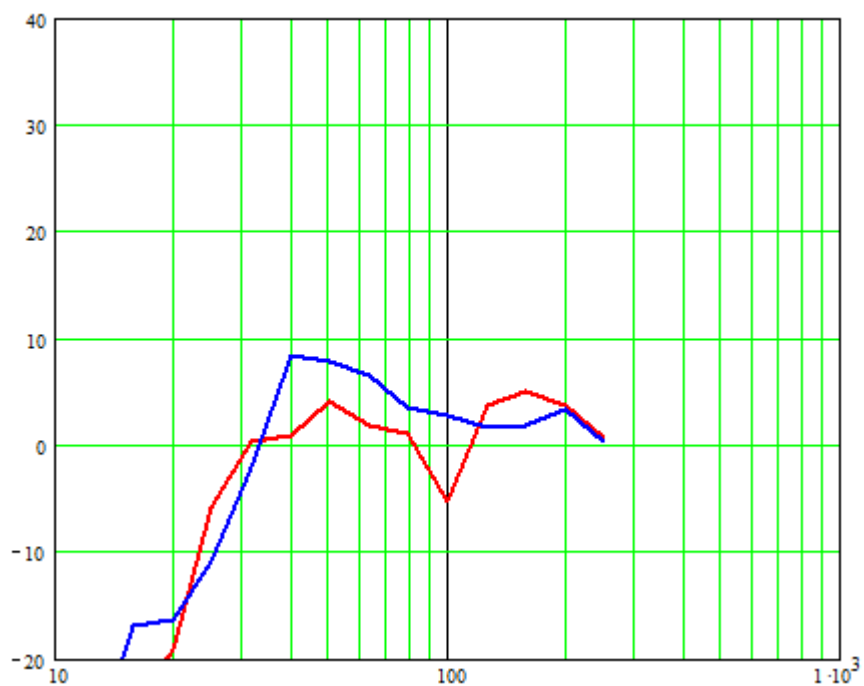
Fahrten Richtung

Günzburg

35S_RG

35S_RJ

Prog. Sek. Luftschall (FAST, A-bew.)



Frequenz [Hz]

Messpunkt 35S

Fahrten Richtung

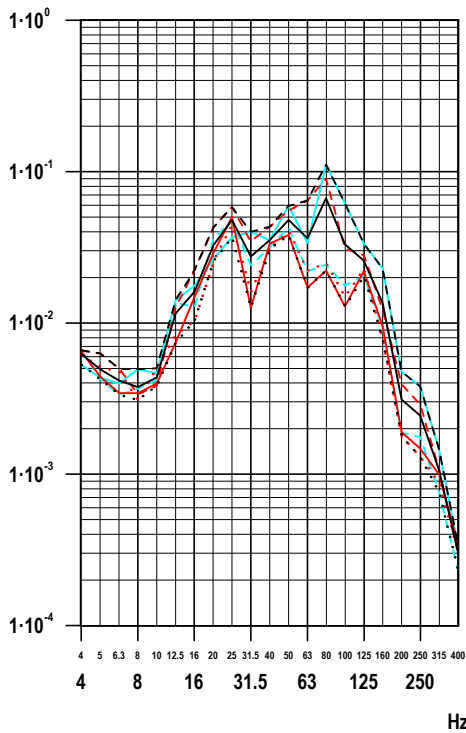
Wasserburg (Günz)

35S_RH

35S_RI

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Erdspeiß, Haus 1, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.090
(2)	0.163
(3)	0.088
(4)	0.168
(5)	0.097
(7)	0.126
(8)	0.188
(9)	0.079

rechtes Diagramm

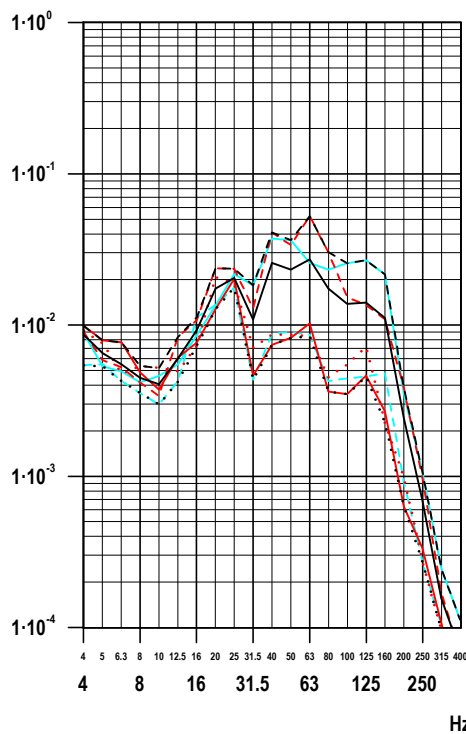
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.061
(3)	0.060
(4)	0.082
(5)	0.063
(7)	0.067
(8)	0.086
(9)	0.052

- (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
- ... (3) Messung: RF
- (4) Messung: RG
- - (5) Messung: RJ
- (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 03G; vertikal
Erdspeiß, Haus 2a, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

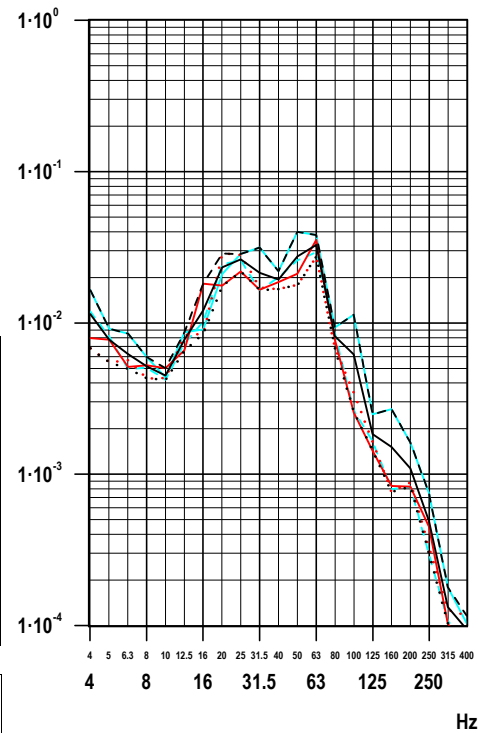
(1)	0.035
(2)	0.093
(3)	0.038
(4)	0.084
(5)	0.033
(7)	0.062
(8)	0.102
(9)	0.030

rechtes Diagramm

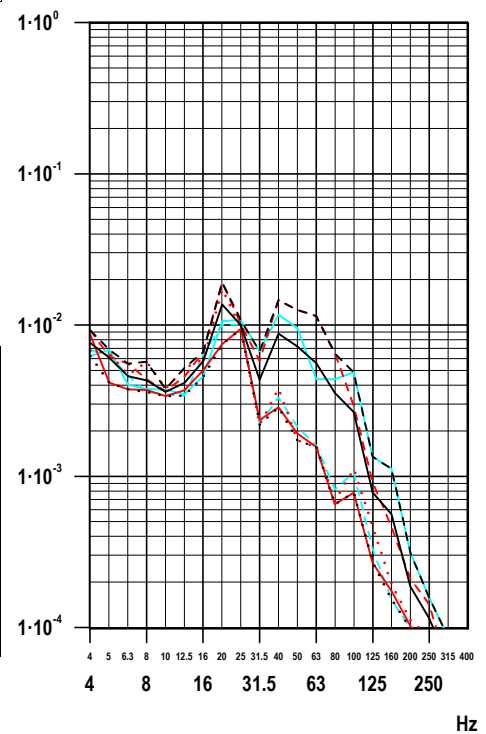
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.018
(2)	0.036
(3)	0.025
(4)	0.027
(5)	0.020
(7)	0.026
(8)	0.037
(9)	0.017

Messpunkt 02G; vertikal
Erdspeiß, Haus 1, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



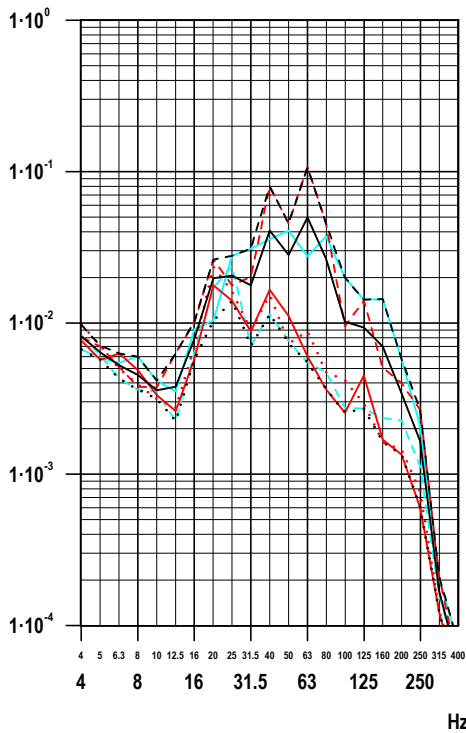
Messpunkt 13G; vertikal
Erdspeiß, Haus 2a, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



434.79; DST_KS1.seq; 23.09.22; 17:28:56

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04G; vertikal
Plättchen, Haus 2b, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

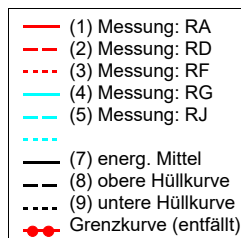
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.036
(2)	0.156
(3)	0.040
(4)	0.090
(5)	0.037
(7)	0.085
(8)	0.161
(9)	0.028

rechtes Diagramm

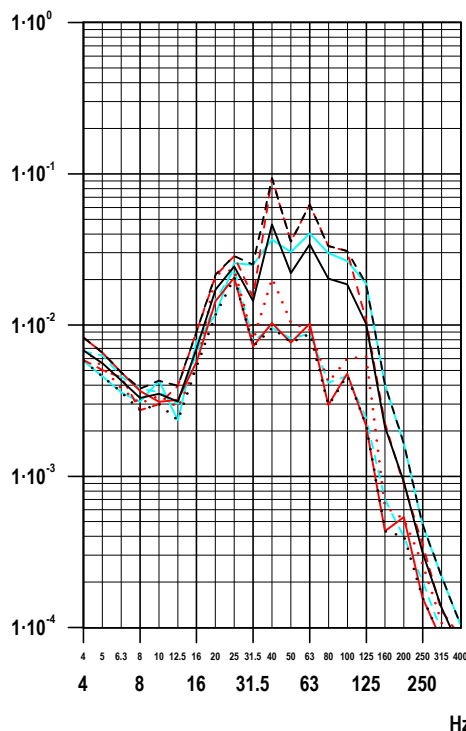
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.052
(2)	0.165
(3)	0.047
(4)	0.111
(5)	0.047
(7)	0.097
(8)	0.172
(9)	0.035



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

Messpunkt 91G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, mittig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

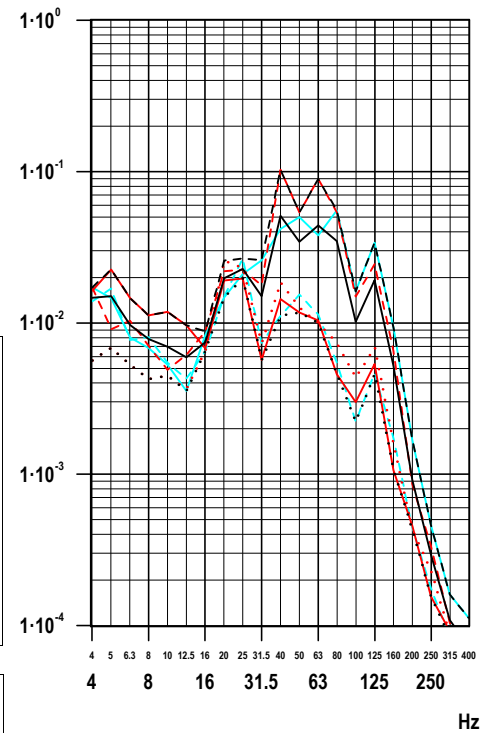
(1)	0.034
(2)	0.134
(3)	0.044
(4)	0.086
(5)	0.036
(7)	0.077
(8)	0.137
(9)	0.031

rechtes Diagramm

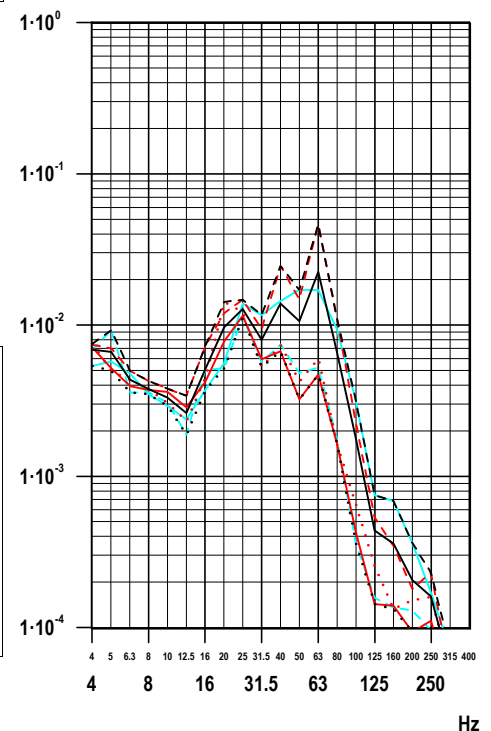
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.021
(2)	0.061
(3)	0.025
(4)	0.037
(5)	0.022
(7)	0.037
(8)	0.063
(9)	0.019

Messpunkt 05G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



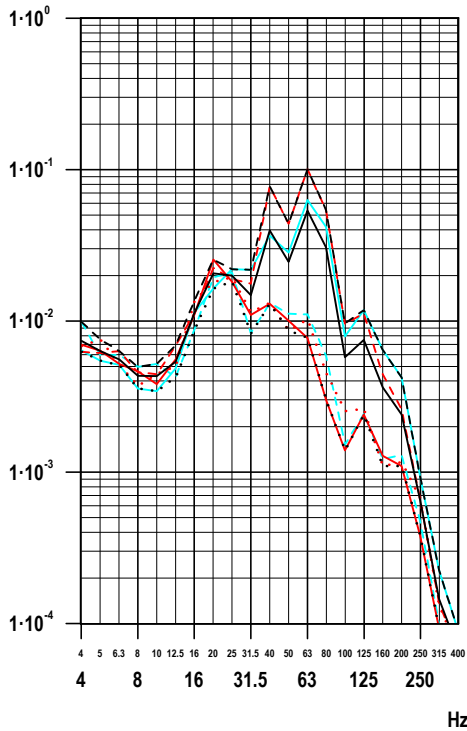
Messpunkt 15G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



434.79; DST_KS1.seq; 23.09.22; 17:29:22

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 06G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.042
(2)	0.151
(3)	0.040
(4)	0.098
(5)	0.041
(7)	0.087
(8)	0.153
(9)	0.035

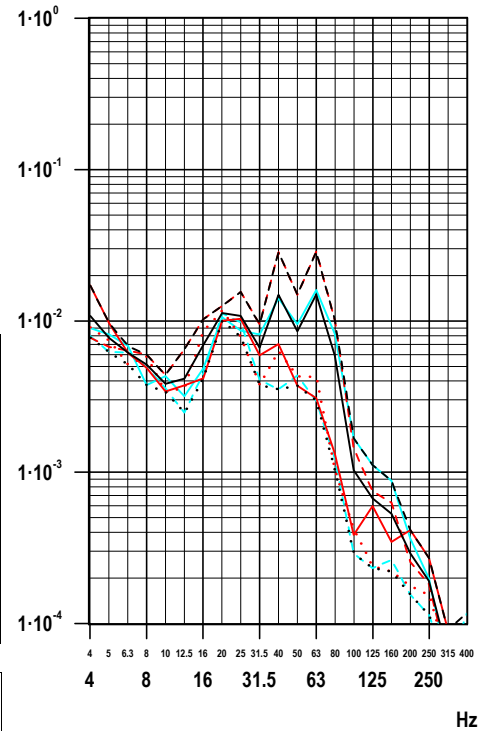
rechtes Diagramm

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

(1)	0.029
(2)	0.053
(3)	0.024
(4)	0.034
(5)	0.022
(7)	0.034
(8)	0.056
(9)	0.020

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

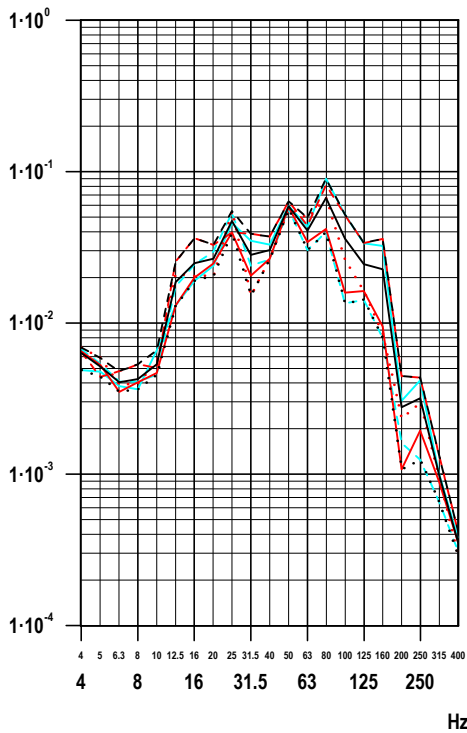
Messpunkt 16G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



434.79; DST_KS1.seq; 23.09.22; 17:30:06

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01G; vertikal
Erdspeiß, Haus 1, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.105
(2)	0.160
(3)	0.129
(4)	0.155
(5)	0.110
(7)	0.134
(8)	0.170
(9)	0.099

rechtes Diagramm

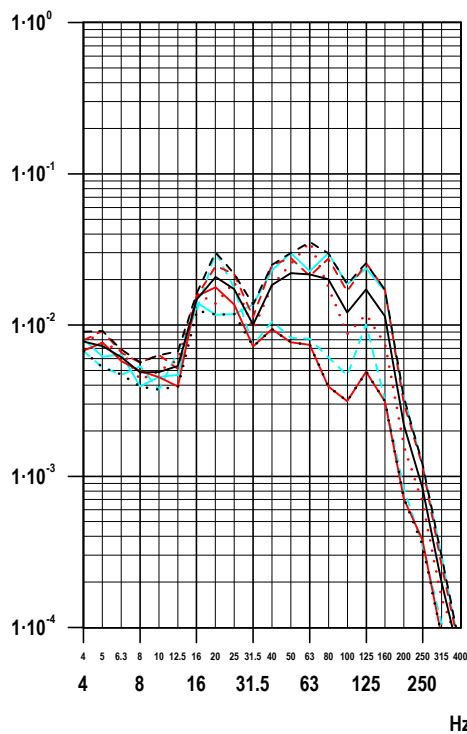
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.068
(3)	0.083
(4)	0.095
(5)	0.078
(7)	0.082
(8)	0.107
(9)	0.064

- (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RC
- ... (3) Messung: RE
- (4) Messung: RH
- ... (5) Messung: RI
- (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 03G; vertikal
Erdspeiß, Haus 2a, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

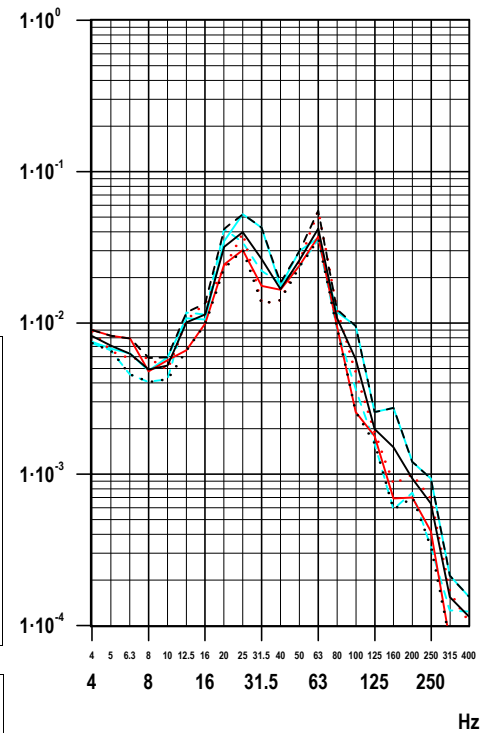
(1)	0.035
(2)	0.075
(3)	0.063
(4)	0.070
(5)	0.045
(7)	0.060
(8)	0.084
(9)	0.030

rechtes Diagramm

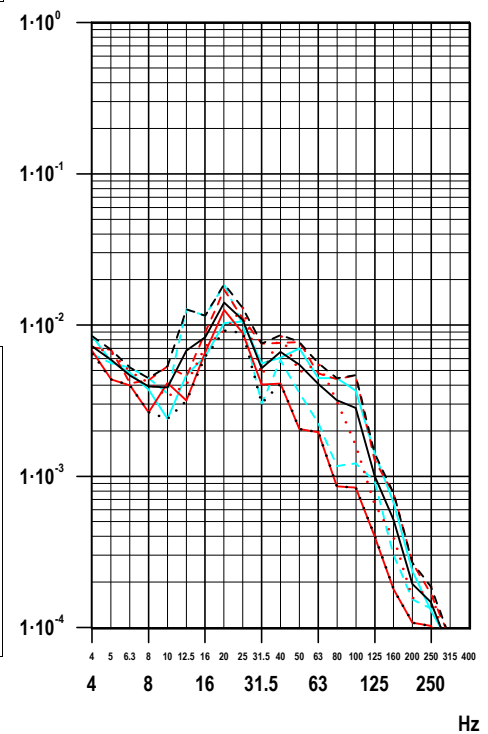
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.021
(2)	0.030
(3)	0.025
(4)	0.024
(5)	0.031
(7)	0.027
(8)	0.036
(9)	0.018

Messpunkt 02G; vertikal
Erdspeiß, Haus 1, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



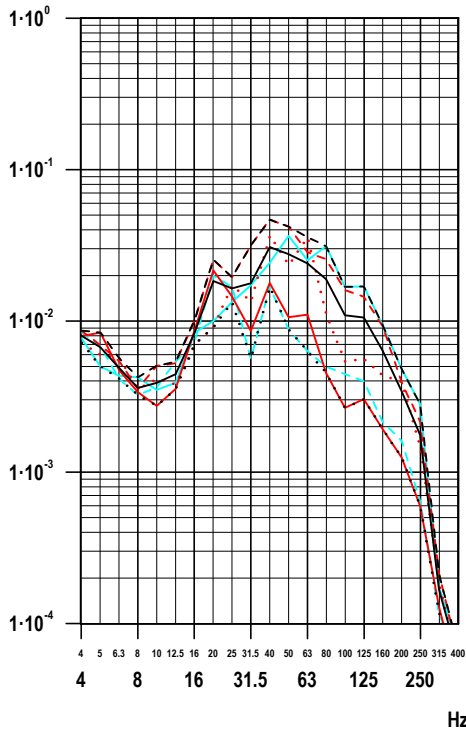
Messpunkt 13G; vertikal
Erdspeiß, Haus 2a, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



434.79; DST_KS1.seq; 23.09.22; 17:30:39

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04G; vertikal
Plättchen, Haus 2b, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

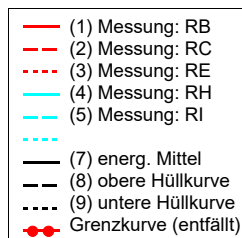
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.040
(2)	0.091
(3)	0.065
(4)	0.071
(5)	0.038
(7)	0.064
(8)	0.096
(9)	0.030

rechtes Diagramm

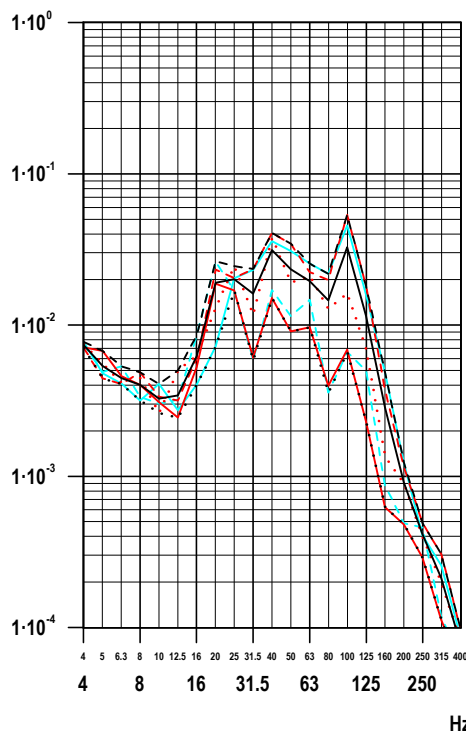
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.063
(2)	0.112
(3)	0.064
(4)	0.101
(5)	0.060
(7)	0.083
(8)	0.121
(9)	0.042



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

Messpunkt 91G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, mittig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

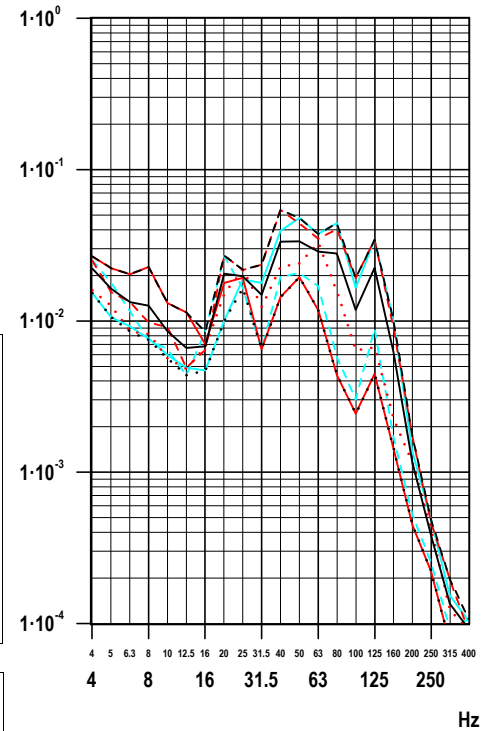
(1)	0.036
(2)	0.093
(3)	0.062
(4)	0.083
(5)	0.044
(7)	0.067
(8)	0.097
(9)	0.031

rechtes Diagramm

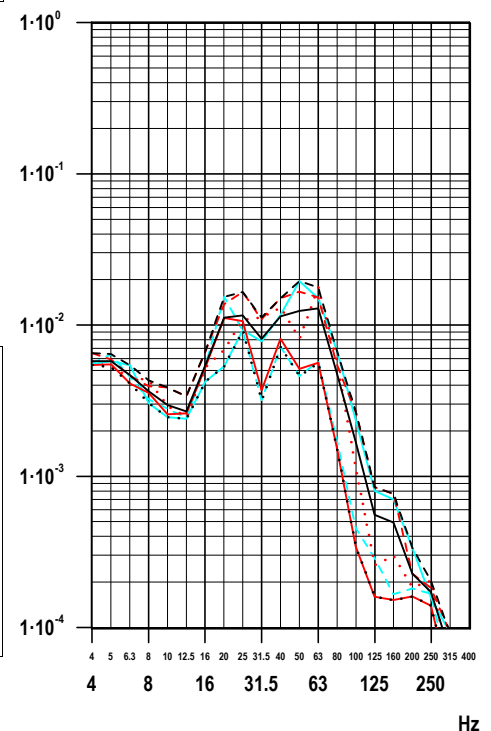
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.022
(2)	0.039
(3)	0.032
(4)	0.033
(5)	0.024
(7)	0.031
(8)	0.043
(9)	0.019

Messpunkt 05G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



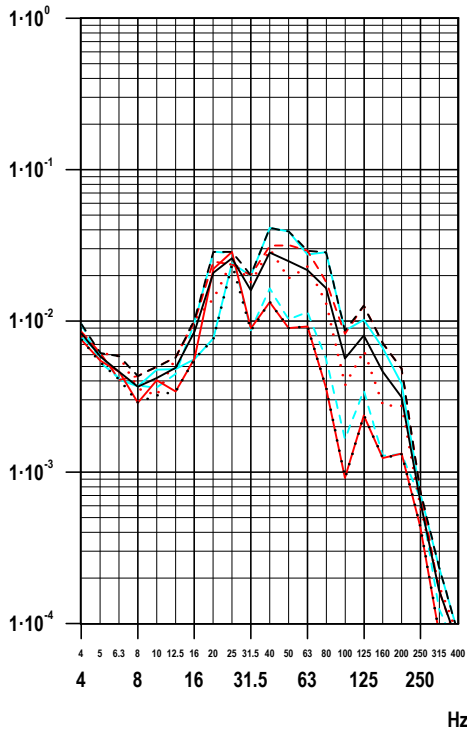
Messpunkt 15G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



434.79; DST_KS1.seq; 23.09.22; 17:31:02

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 06G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, bahnseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.044
(2)	0.073
(3)	0.059
(4)	0.079
(5)	0.050
(7)	0.063
(8)	0.087
(9)	0.035

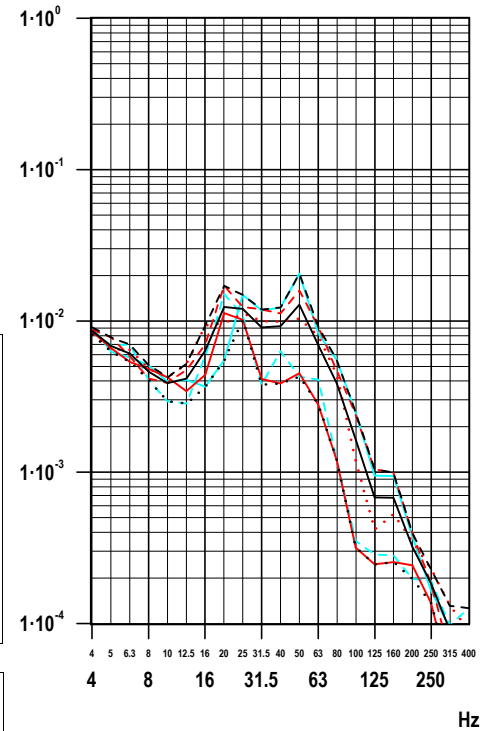
rechtes Diagramm

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

(1)	0.023
(2)	0.037
(3)	0.030
(4)	0.036
(5)	0.026
(7)	0.031
(8)	0.041
(9)	0.019

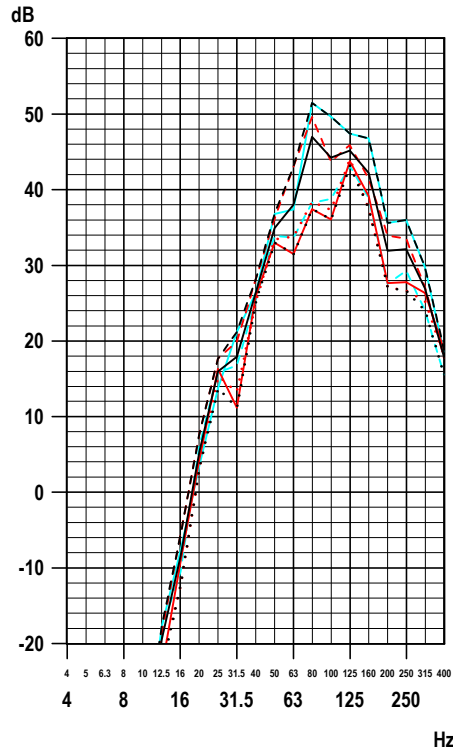
- (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RC
- ... (3) Messung: RE
- (4) Messung: RH
- - (5) Messung: RI
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- ... (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

Messpunkt 16G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, straßenseitig
Schnelle [mm/s eff, FAST]



A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Erdspieß, Haus 1, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	47
(2)	53
(3)	47
(4)	56
(5)	47
(7)	51
(8)	56
(9)	46

rechtes Diagramm

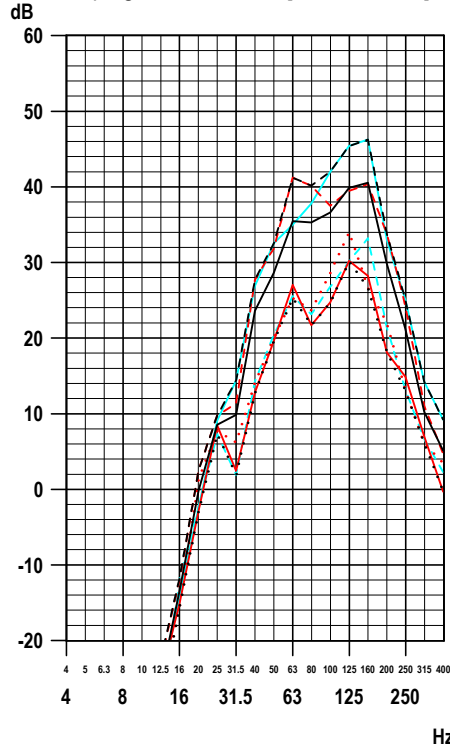
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	39
(3)	37
(4)	42
(5)	38
(7)	39
(8)	42
(9)	37

- (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
- ... (3) Messung: RF
- (4) Messung: RG
- - (5) Messung: RJ
- (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 03G; vertikal
Erdspieß, Haus 2a, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

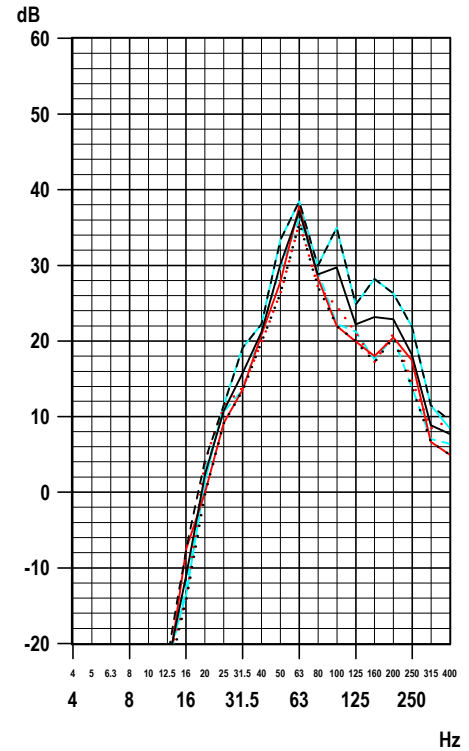
(1)	35
(2)	47
(3)	37
(4)	50
(5)	37
(7)	45
(8)	51
(9)	34

rechtes Diagramm

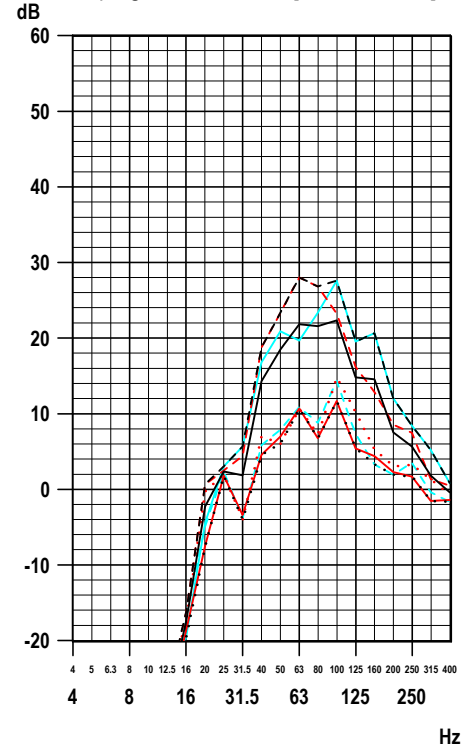
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	17
(2)	32
(3)	19
(4)	31
(5)	19
(7)	28
(8)	33
(9)	17

Messpunkt 02G; vertikal
Erdspieß, Haus 1, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



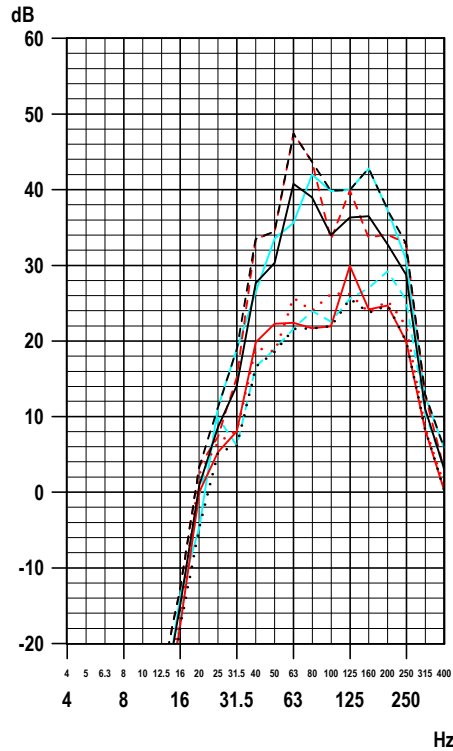
Messpunkt 13G; vertikal
Erdspieß, Haus 2a, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:17:54

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 04G; vertikal
Plättchen, Haus 2b, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 34
(2) 50
(3) 34
(4) 48
(5) 34

rechtes Diagramm

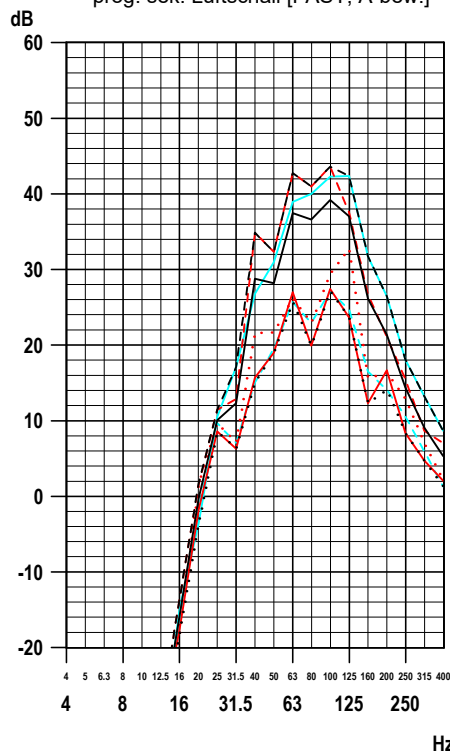
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 34
(2) 51
(3) 37
(4) 51
(5) 35

— (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RD
... (3) Messung: RF
- - - (4) Messung: RG
- - - (5) Messung: RJ
— (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 91G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, mittig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 32
(2) 48
(3) 36
(4) 47
(5) 32

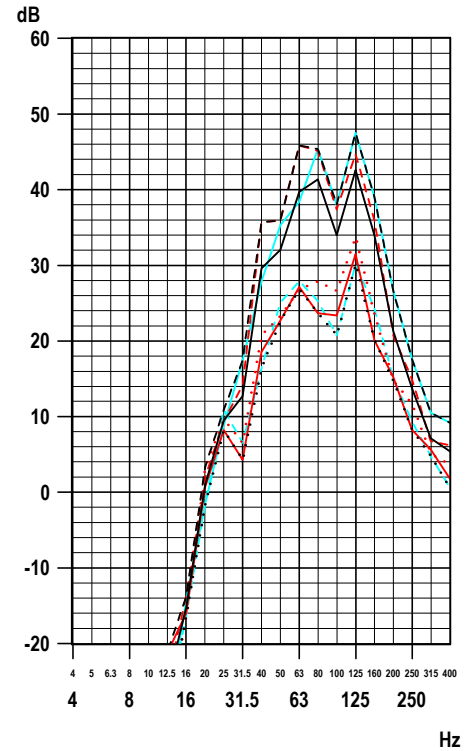
rechtes Diagramm

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

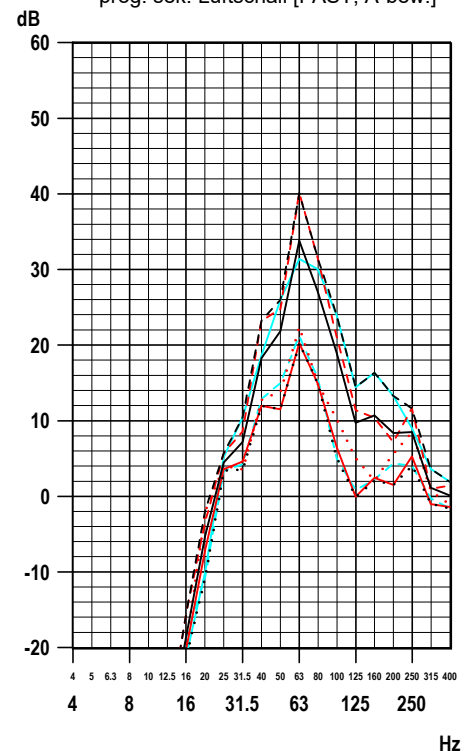
(1) 23
(2) 41
(3) 24
(4) 35
(5) 24

(7) 35
(8) 41
(9) 23

Messpunkt 05G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



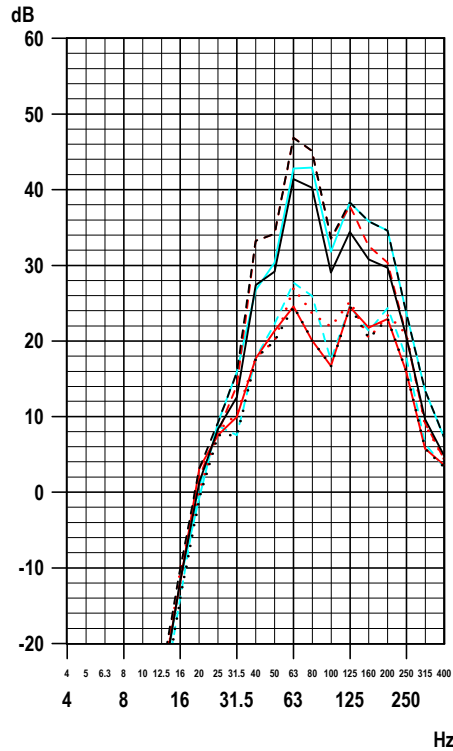
Messpunkt 15G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:18:18

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 06G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 31
(2) 50
(3) 33
(4) 47
(5) 33

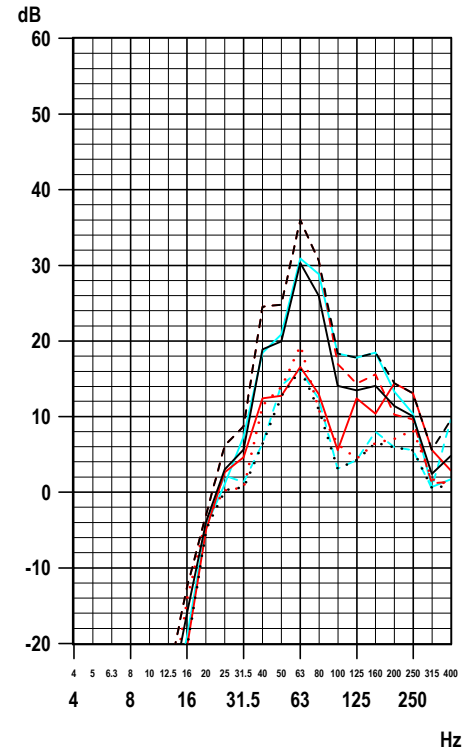
rechtes Diagramm

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

(1) 23
(2) 38
(3) 22
(4) 34
(5) 20

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

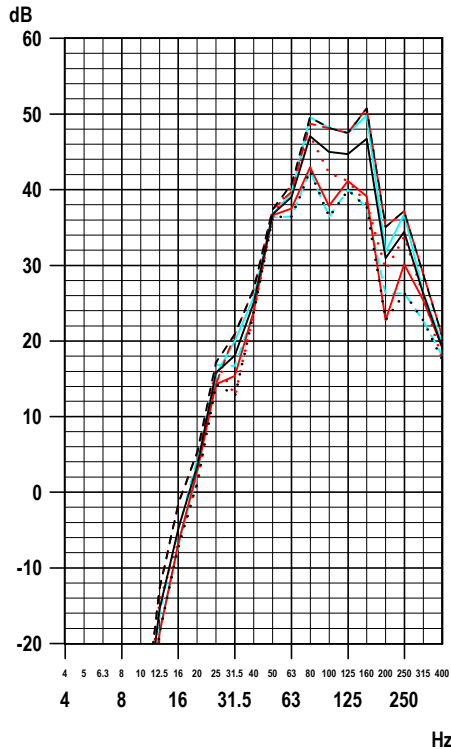
Messpunkt 16G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:18:39

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 01G; vertikal
Erdspieß, Haus 1, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 48
(2) 55
(3) 50
(4) 55
(5) 47

rechtes Diagramm

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

(1) 40

(3) 43
(4) 41
(5) 39

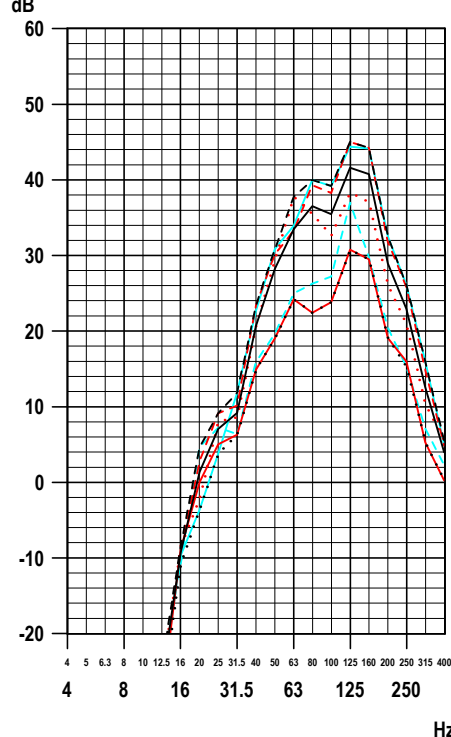
(7) 41
(8) 43
(9) 39

— (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RC
... (3) Messung: RE
- - - (4) Messung: RH
- - - (5) Messung: RI

— (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 03G; vertikal
Erdspieß, Haus 2a, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 35
(2) 49
(3) 44
(4) 49
(5) 39

(7) 46
(8) 49
(9) 35

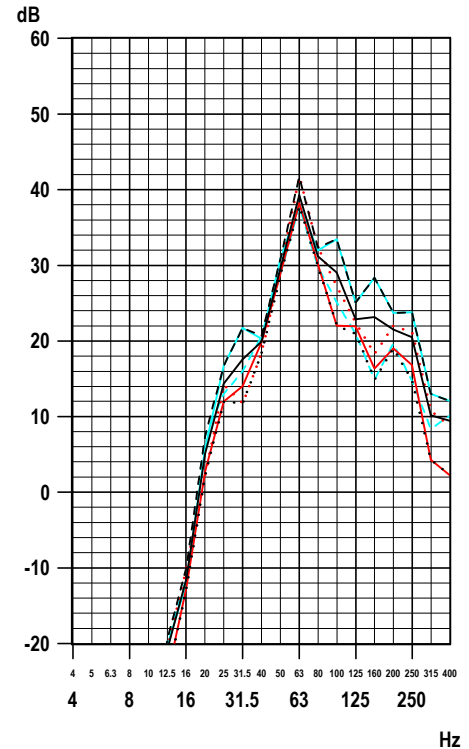
rechtes Diagramm

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

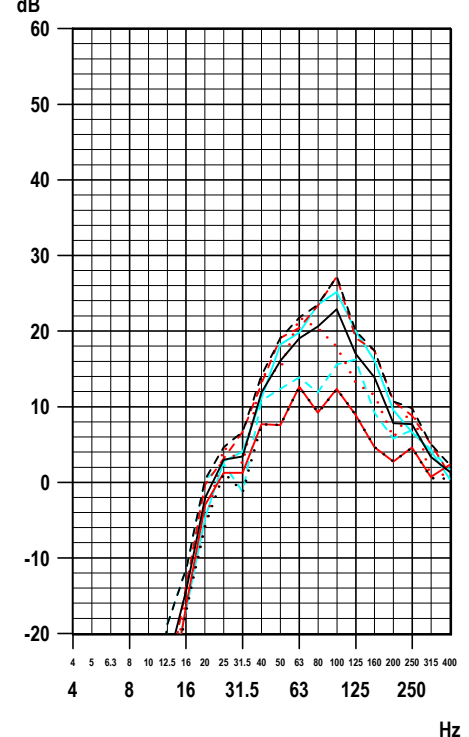
(1) 19
(2) 30
(3) 26
(4) 29
(5) 22

(7) 27
(8) 31
(9) 19

Messpunkt 02G; vertikal
Erdspieß, Haus 1, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



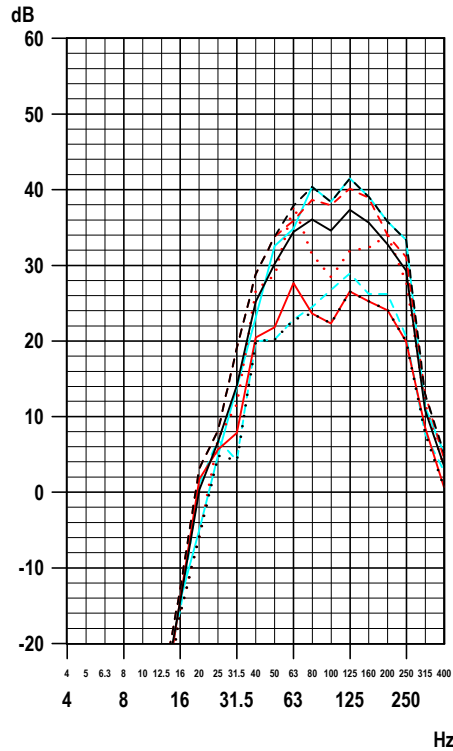
Messpunkt 13G; vertikal
Erdspieß, Haus 2a, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:21:51

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 04G; vertikal
Plättchen, Haus 2b, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	34
(2)	46
(3)	42
(4)	47
(5)	35
(7)	44
(8)	47
(9)	33

rechtes Diagramm

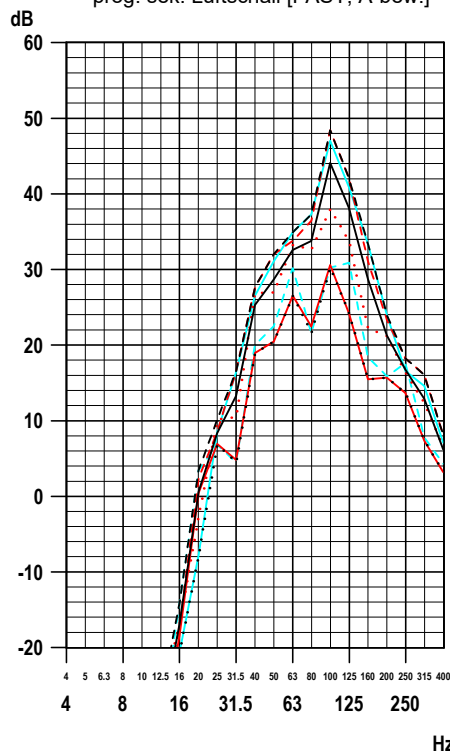
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	35
(2)	50
(3)	41
(4)	50
(5)	38
(7)	47
(8)	50
(9)	35

- (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RC
- - - (3) Messung: RE
- (4) Messung: RH
- - - (5) Messung: RI
- (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 91G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, mittig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

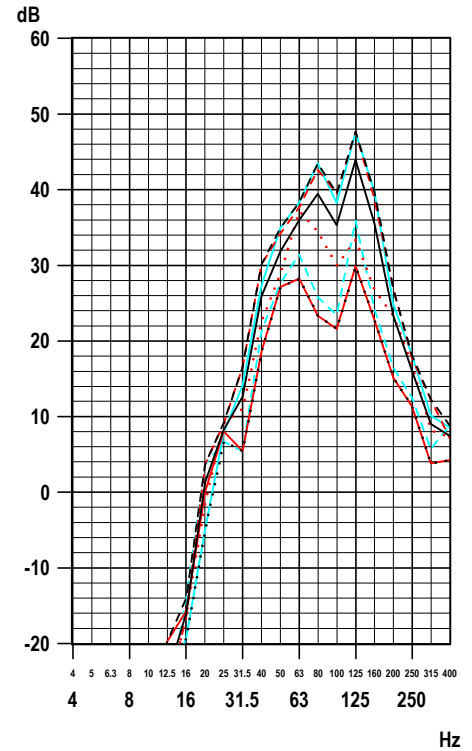
(1)	34
(2)	50
(3)	41
(4)	49
(5)	36
(7)	46
(8)	50
(9)	33

rechtes Diagramm

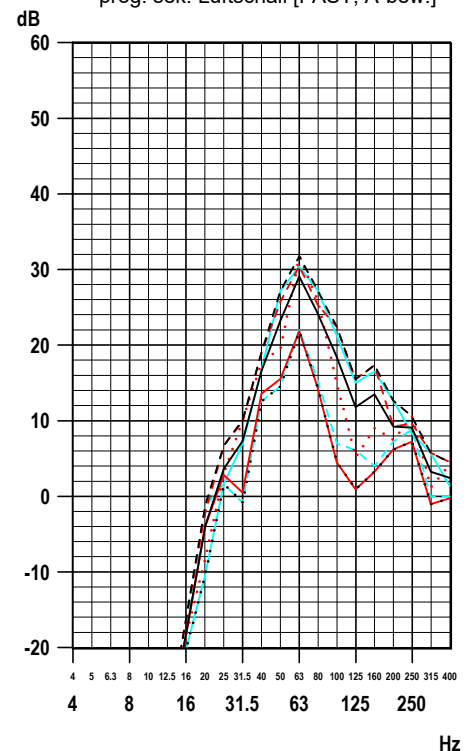
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1)	24
(2)	33
(3)	33
(4)	34
(5)	24
(7)	32
(8)	35
(9)	24

Messpunkt 05G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



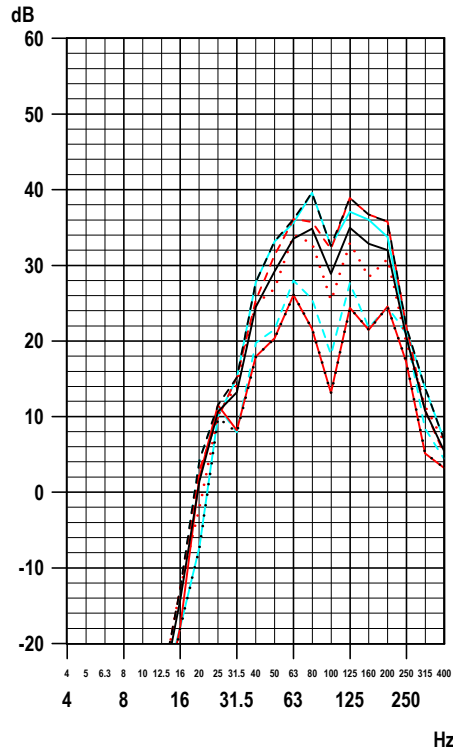
Messpunkt 15G; vertikal
Erdspieß, Haus 2c, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:22:10

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 06G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, bahnseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 32
(2) 44
(3) 40
(4) 45
(5) 34

rechtes Diagramm

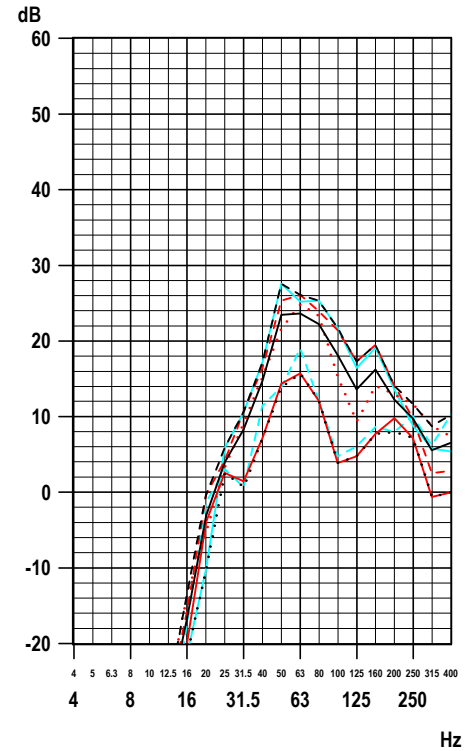
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 21
(2) 31
(3) 29
(4) 32
(5) 22

(7) 29
(8) 32
(9) 20

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

Messpunkt 16G; vertikal
Erdspieß, Haus 3, straßenseitig
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



434.79; DST_LS1.seq; 23.09.22; 18:22:35