

Unterlage 14

Erschütterungstechnisches Gutachten

Unterlage	Bezeichnung
-----------	-------------

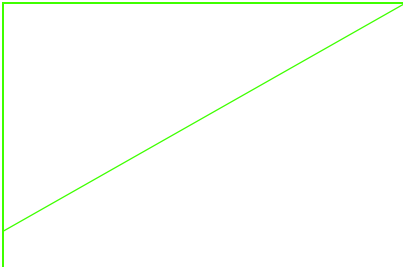
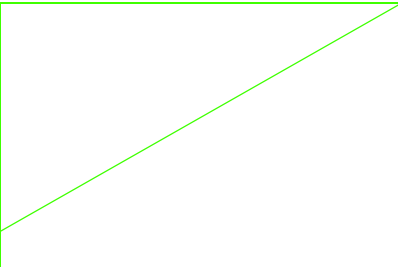
14.1	Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische Untersuchung
------	---

14.1	Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische Untersuchung
-----------------	--

1. Änderung im Ausgangsverfahren
2. Änderung im Ausgangsverfahren
3. Änderung im Ausgangsverfahren

Erschütterungstechnisches Gutachten

c	Ausgangsverfahren: 3. Änderung im Ausgangsverfahren	28.01.2021
b	bleibt frei	
a	Ausgangsverfahren: 1. Änderung im Ausgangsverfahren	12.02.2014
0	Ausgangsverfahren: Antragsfassung	24.10.2007
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand

Vorhabenträgerin: DB Netz AG Regionalbereich West Produktionsdurchführung Köln Brügelmannstraße 16 - 18 50679 Köln				
Datum	Unterschrift			

Projektleitung der Vorhabenträgerin: DB Netz AG Regionalbereich West Regionales Projektmanagement I.NI-W-K-S Hermann-Pünder-Straße 3 50679 Köln		Verfasser: imb-dynamik GmbH Mühlfelder Straße 18a 82211 Herrsching	
Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift
Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt			

BV Abstellanlage Köln-Nippes Bahn-Immissionen

Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische
Untersuchung

imb-dynamik-Bericht Nr. B408431d vom 15.06.2021

Dieser Prüfbericht ersetzt Nr.: B4084201

vom 30.01.2014

Auftraggeber:

DB Netz AG
Herr Moritz
Projekte STE Köln
Hermann-Pünder-Straße 3
D-50679 Köln
Email: Michael.Moritz@deutschebahn.com

Bearbeitet von:



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



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Honikel

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

Entlang einer Bahnanlage mit 6 Streckengleisen auf hoher Dammlage mit schwerer Stützmauer (Streckenkilometer 2,0 bis 2,4) befindet sich das Wohngebiet "westSite" in Köln, Ortsteil Köln-Nippes, Nähe Kempener Straße.

Zwischen den Streckengleisen und der (mittlerweile) bestehenden Wohnbebauung soll nun ein Zuführungsgleis (durchgehendes Gleis + Weichenverbindung mit Ausweich- und Kehrstelle) gebaut werden, welches ausschließlich von modernen Nahverkehrstriebfahrzeugen und nur mit niedriger Fahrgeschwindigkeit (40 km/h) befahren wird.

Für dieses Projekt wurde unsererseits bereits im Jahr 2006 eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt (1). Damals war die Bebauung längs der Abstellanlage geplant, aber noch nicht vorhanden, sodass auf dem Baufeld die Freifelderschütterungen gemessen werden konnten und die Erschütterungen in den zukünftigen Gebäuden rechnerisch prognostiziert wurden. Mittlerweile ist die Bebauung komplett vorhanden.



Das EBA forderte eine Überarbeitung der damaligen Gutachten:

- Verschiebung des Prognosehorizonts von 2015 auf 2025 (17, 18)
- Anpassung der betrieblichen Aufgabenstellung in der 3. Fassung (2)

Aktuell ist für den Prognosehorizont 2030 eine weitere Überarbeitung erforderlich.

Ergebnisse

Die immissionstechnischen Auswirkungen des Betriebes der geplanten Abstellanlage wurden von imb-dynamik in Form einer erschütterungs- und sekundärluftschalltechnischen Untersuchung abgeklärt.

Dazu wurde der bestehende Bahnverkehr (Vorbelastung) nochmals aktuell am Ort der geplanten Abstellanlage messtechnisch erfasst.

Mittels spektraler Prognoseverfahren wurden die Immissionen in den Wohngebäuden differenziert für die bestehenden Gleisanlagen und für die geplante Abstellanlage unter Berücksichtigung der Zugzahlen für das Jahr 2030 neu ermittelt.

Zugzahlen der Zuführungsgleise	Prognosehorizont	Anzahl tags	Anzahl nachts	Geschwindigkeit
S-Bahnen (inkl. RB 25) beider Richtungen (Gleis 560/561)	2015	14	34	40 km/h
	2025	29	37	40 km/h
Gleis 561 + Gleis 562 nach (19)	2030	3+3=6	45+21=66	40 km/h

Abschließend erfolgte eine doppelte Beurteilung der Abstellanlage nach absoluten Anhaltswerten und relativ im Verhältnis zur Vorbelastung:

Beurteilung für Zuführgleise alleine

- Für sich allein betrachtet werden von den Fahrten auf den Zusatzgleisen die absoluten Anhaltswerte für Erschütterungen weit unterschritten.
- Für Sekundärluftschall ergibt sich am Schnitt 3 infolge der Weiche nachts eine geringfügige Überschreitung.

Beurteilung für Zuführgleise + Vorbelastung aus den Bestandsanlagen

- Die Vorbelastung ist im Querschnitt 1 sehr hoch.
- Die Anhaltswerte für Erschütterungen werden nachts leicht überschritten, die Anhaltswerte für Sekundärluftschall gut eingehalten.
- Im Querschnitt 2 und 3 ist die Vorbelastung moderater.
- Die zulässigen Zunahmen werden im Querschnitt 1 ebenfalls weit unterschritten.
- Lediglich in den Querschnitt 2 und 3 ist eine spürbare Zunahme für Erschütterungen im Vergleich zu den Einwirkungen aus den Bestandsanlagen zu erwarten, die mit einer Überschreitung der absoluten Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Neubauten einhergeht.
- (Nur) im Querschnitt 3 liegt auch seitens des Sekundärluftschalls eine Überschreitung vor.

Fazit

- **An den Querschnitten 2 und 3 werden durch den Bau der Zusatzgleise die Anspruchskriterien für die Immissionen aus Erschütterungen oder sekundären Luftschall überschritten, so dass von Seiten des Vorhabenträgers eine Verpflichtung zur Berücksichtigung der Vorsehung von immissionsmindernden Maßnahmen besteht.**

Minderungsmaßnahmen

Die Überschreitung beträgt im Schnitt 2 ca. 11%, im Schnitt 3 ca. 30%.

Diese lässt sich mittels besohlter Schwellen unter dem (der Bebauung näheren) Gleis 561 sowie unter der Weiche (Verbindung der Gleise 561, 562 und 563) kompensieren.

Wir schlagen vor, in diesem Bereich akustisch wirksam besohlte Schwellen einzusetzen.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

Dr.-Ing. N. Breitsamter
Dipl.-Ing (FH) J. Honikel

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	4
1 Situation und Aufgabenstellung	6
2 Grundlagen	6
3 Beurteilungskriterien	8
3.1 Erschütterungen	8
3.1.1 Absolutwerte nach DIN 4150/2, siehe (7)	8
3.1.2 Anrechnen der Vorbelastung	9
3.2 Sekundärer Luftschall	11
3.2.1 Beurteilung der Immissionswirkungen hinsichtlich des sekundären Luftschalls	11
3.2.2 Grundlagen zur Beurteilung	11
3.3 Vorgehensweise	13
3.3.1 Bestand	13
3.3.2 Zuführgleise	14
3.3.3 Gesamt	14
3.3.4 Beurteilung der Immissionen	14
4 Messungen	15
4.1 Lage der Messpunkte	15
4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten	15
4.3 Durchführung der Messungen	17
5 Auswertung	17
5.1 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt	17
5.2 Auswertung im Zeitbereich	18
5.2.1 Bahnimmissionen	18
5.2.2 Wellenausbreitung	18
6 Emissionsvergleich	21
6.1 Messergebnisse	21
6.2 Ausbreitungrechnung	22
7 Veränderungen der Gleisabstände und Zugzahlen	24
7.1 Gleisabstände	24
7.2 Zugzahlen	24
7.2.1 Vorhandene Strecke:	24
7.2.2 Zuführgleise:	24
8 Prognose und Beurteilung	25
8.1 Erschütterungen	25

8.1.1	Zufühhrgleise alleine	25
8.1.2	Zufühhrgleise + Bestand	25
8.2	Sekundärluftscha	26
8.2.1	Zufühhrgleise alleine	26
8.2.2	Zufühhrgleise + Bestand	26
9	Beurteilung	27
9.1	Beurteilung für Zufühhrgleise alleine	27
9.2	Beurteilung für Zufühhrgleise + Vorbelastung aus den Bestandsanlagen	27
9.3	Fazit	27
Anlage: Abbildungen, Seiten 28 - 62		

1 Situation und Aufgabenstellung

Entlang einer Bahnanlage mit 6 Streckengleisen auf hoher Dammlage mit schwerer Stützmauer (Streckenkilometer 2,0 bis 2,4) befindet sich das Wohngebiet "westSite" in Köln, Ortsteil Köln-Nippes, Nähe Kempener Straße.

Zwischen den Streckengleisen und der (mittlerweile) bestehenden Wohnbebauung soll nun ein Zuführungsgleis (durchgehendes Gleis + Weichenverbindung mit Ausweich- und Kehrstelle) gebaut werden, welches ausschließlich von modernen Nahverkehrstriebfahrzeugen und nur mit niedriger Fahrgeschwindigkeit (40 km/h) befahren wird.

Für dieses Projekt wurde unsererseits bereits im Jahr 2006 eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt (1). Damals war die Bebauung längs der Abstellanlage geplant, aber noch nicht vorhanden, sodass auf dem Baufeld die Freifelderschütterungen gemessen werden konnten und die Erschütterungen in den zukünftigen Gebäuden rechnerisch prognostiziert wurden. Mittlerweile ist die Bebauung komplett vorhanden.



Das EBA forderte eine Überarbeitung der damaligen Gutachten:

- Verschiebung des Prognosehorizonts von 2015 auf 2025 (17, 18)
- Anpassung der betrieblichen Aufgabenstellung in der 3. Fassung (2)

Dies führte zur zweiten Fassung der ETU (20).

Aktuell ist für den Prognosehorizont 2030 eine weitere Überarbeitung erforderlich.

2 Grundlagen

- (1) Imb-dynamik-Bericht B408411 vom 12.07.2006: BV Abstellanlage Köln-Nippes, Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische Untersuchung
- (2) DB Netze, Projekt Abstellanlage Köln-Nippes; Neubau der Abstellgruppe Gleis 111-119, Betriebliche Aufgabenstellung inklusive Qualifizierte Aufgabenstellung (QUAST) LST
– 3. Aktualisierung (19.10.2012) –
- (3) imb-dynamik-Messungen vom 23.01.2014
- (4) DIN IEC 60263: Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von frequenzabhängigen Kennlinien und Polardiagrammen, vom August 1999
- (5) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen;
Teil 1, Anforderungen an die Schwingungsmesser, Juni 1995
- (6) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen;
Teil 2, Messverfahren, Juni 2005
- (7) DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen
Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999

- (8) VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, Aug. 1987
- (9) VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, März 2006
- (10) A. Said, H.-P. Grütz, R. Garburg: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53 (2006) Nr. 1-Januar, S. 12-18
- (11) DB AG, Leitfaden für den Planer, Körperschall und Erschütterungsschutz, Ausgabe August 1996
- (12) VDI Richtlinien 2058, Blatt1
- (13) 24. BImSchV / Akustik 23, Schalldämmung von Fenstern bei Schienenverkehrslärm, 1990
- (14) Said, A.; Fleischer, D.; Fastl, H.; Grütz, H.-P.; Hölzl, G.: Laborversuche zur Ermittlung von Unterschiedsschwellen bei der Wahrnehmung von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr. Fortschritte der Akustik – DAGA 2000: Oldenburg 2000
- (15) Said, A.; Fleischer, D.; Fastl, H.; Kilcher, H.; Grütz, H.-P.: Einfluss des Spitzenwertes (KBF_{max}) bei der Wahrnehmung von eisenbahnspezifischen Erschütterungen. Fortschritte der Akustik – DAGA 2000: Oldenburg 2000
- (16) Said, A.; Fleischer, D.; Kilcher, H.; Fastl, H.; Grütz, H.-P.: Zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen aus dem Schienenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48 (2001) 6
- (17) DB, Systemplan Köln-Nippes, Zugmengengerüst und Verteilung - Prognose 2015
- (18) Systemplan Köln-Nippes, Zugmengengerüst und Verteilung Prognose 2025, Neubau Anschlussgleis, Neubau Abstellgruppe Gleis 1-12
- (19) Angepasste 2030-Prognose-Zahlen Nippes mit Richtungsbezug, per email 10.05.2021 von Hr. Moritz
- (20) imb-dynamik-Bericht B4084201 vom 30.01.2014: BV Abstellanlage Köln-Nippes, Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische Untersuchung

3 Beurteilungskriterien

Erschütterungen werden nach § 3 BlmschG zu den Umwelteinwirkungen gezählt, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für die Allgemeinheit oder Nachbarschaft herbeizuführen. Der Vorhabensträger ist nach § 74 des Verwaltungsverfahrensgesetz verpflichtet, die Auswirkungen seines Vorhabens auf die Rechte anderer und das Wohl der Allgemeinheit hin zu untersuchen und zur Vermeidung unzumutbarer nachteiliger Wirkungen auf andere entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

Über diese allgemeinen Grundsätze hinaus gibt es derzeit keine verbindliche Rechtsverordnung, die Immissionsgrenzwerte oder Beurteilungsverfahren für Immissionen infolge Erschütterungen oder sekundärem Luftschall an Eisenbahnverkehrsanlagen festlegt. Für die Prognose und die Beurteilung dieser Immissionen muss daher auf antizipierte Sachverständigenäußerungen, wie sie z.B. in allgemein anerkannten technischen Regelwerken dokumentiert sind, zurückgegriffen werden.

3.1 Erschütterungen

3.1.1 Absolutwerte nach DIN 4150/2, siehe (7)

Für die Beurteilung von Erschütterungsmissionen wird in der DIN 4150 / T2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ ein Beurteilungsverfahren vorgestellt und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung zu erwarten ist, dass in der Regel erhebliche Belästigungen für Personen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Gebäuden vermieden werden.

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

Die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ 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 $KB_F(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt.

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

Die Beurteilung erfolgt mittels nachstehend beschriebener Vorgehensweise:

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

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

Die in der DIN 4150/2 Tab 1 angegebenen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Einwirkungsort	tags			nachts		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
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

Für oberirdischen Schienenverkehr gilt als Sonderregelung unabhängig von der Gebietsausweisung ein oberer Anhaltswert nachts von $A_o = 0,6$ - für unterirdischen Schienenverkehr $A_o = 0,3$.

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 sonstigen oberirdischen Schienenverkehr gelten für Neubaustrecken die A_u - und A_r -Werte der obigen Tabelle. Für Ausbaustrecken (d. h. für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen aufgrund von baulichen Veränderungen oder Erweiterungen von bestehenden Schienenverkehrswegen) gibt DIN 4150 (siehe Abs 6.5.3.4c) keine allgemeingültige Regelung vor.

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

In den Erläuterungen zur Norm werden Zusammenhänge zwischen bewerteten Schwingstärken und subjektiver Wahrnehmung angegeben. Die folgende Tabelle beschreibt diesen Zusammenhang:

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

3.1.2 Anrechnen der Vorbelastung

Obige Werte gelten ausdrücklich nur für den Neubau von Bahnanlagen. Für die Beurteilung von Erschütterungen bei Ausbaustrecken und Änderungen an bestehenden Bahnanlagen werden in der DIN keine konkreten Anhaltswerte genannt, sondern es wird ausgeführt, dass bei einer Beurteilung Kriterien wie die historische Entwicklung der Belastungssituation, Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitung, Vermeidbarkeit der Anhaltswertüberschreitung und Duldungspflichten nach dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme zu beachten sind. Nach Leitfaden (11) und der bisherigen Rechtsprechung ist dabei eine bestehende Vorbelastung grundsätzlich zu berücksichtigen. Ein Anspruch auf Erschütterungsminderungsmaßnahmen entsteht erst dann, wenn eine gegenüber der bestehenden Belastung wesentliche Zunahme stattfindet und gerade in dieser Zunahme eine unzumutbare Beeinträchtigung begründet ist. Somit richtet sich die Beurteilung nach der vorhandenen Vorbelastung bzw. der Zunahme an Erschütterungen und sekundärem Luft-

schall. Es bestehen auch bei Überschreiten der geltenden Anhaltswerte (Absolutwerte) erst Ansprüche auf Schutzmaßnahmen, sobald eine wesentliche Zunahme zu verzeichnen ist.

Im Beurteilungspegel gilt nach Leitfaden (11), und aktuellen Fachveröffentlichungen (14), (15) auf Grund von ausführlichen Laboruntersuchungen zur Unterschiedsschwelle von Erschütterungen (16) einheitlich eine Erhöhung von mehr als 25% als wesentliche spürbare Änderung, sodass erst oberhalb dieses Zuwachses Ansprüche auf Maßnahmen zur Erschütterungsreduktion entstehen können. In einigen Fällen wurden auch Zunahmen von bis zu 40 % als noch nicht wesentlich und somit zumutbar angenommen.

Zusammenfassend:

Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgt also eine Beurteilung nach dem Grundsatz, dass ein Anspruch dem Grunde nach auf Erschütterungsminderungsmaßnahmen besteht, wenn

- sowohl eine Überschreitung folgender Anhaltswerte (im Sinne der Beurteilung der Emissionen der Zusatzgleise als eigenständiger Verkehrsweg und Neubau)

Zuggattung	tags			nachts		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Personenfernverkehr, Güterverkehr	0,15	3	0,07	0,1	0,6	0,05
S-Bahn (ÖPNV)	0,225	3	0,105	0,15	0,6	0,075

- als auch eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen um mindestens 25 % vorliegt.

3.2 Sekundärer Luftschall

3.2.1 Beurteilung der Immissionswirkungen hinsichtlich des sekundären Luftschalls

Sekundärer Luftschall tritt immer in Wechselwirkung mit Erschütterungen, und/oder dem direkt einwirkenden primären Luftschall auf. Es sind die folgenden Immissionssituationen möglich:

Sekundärer Luftschall

- in Wohn- und Schlafräumen über einem Eisenbahntunnel
- in gleiszugewandten Wohn- und Schlafräumen (ohne / mit Schallschutzwänden)
- in gleisabgewandten Wohn- und Schlafräumen

Entsprechend der unterschiedlichen Immissionssituationen kommt es teilweise zu einer Überlagerung mit Einwirkungen des Primärluftschalls und zu einer unterschiedlich starken Wahrnehmung des sekundären Luftschalls.

Während in Wohn- und Schlafräumen oberhalb von Tunneln i. d. R. allein der sekundäre Luftschall wahrgenommen wird, kommt es bei oberirdischen Streckenführungen im Normalfall zu einer Überlagerung mit dem direkten Luftschall (Primärschall), so dass der sekundäre Luftschall nicht als gesonderte Immission wahrgenommen wird. Lediglich in Fällen wo eine starke Abschirmwirkung aufgrund von Lärmschutzwänden vorhanden ist oder innerhalb stark abschirmenden gleisabgewandten Räumen wird der sekundäre Luftschall als eigenständige Immissionswirkung wahrgenommen. Bereits ein geöffnetes oder gekipptes Fenster wird die Wahrnehmung des sekundären Luftschalls deutlich verringern.

3.2.2 Grundlagen zur Beurteilung

Die rechtliche Anspruchsgrundlage für die Beurteilung der Auswirkungen im Hinblick auf den sekundären Luftschall ist ähnlich wie für die Erschütterungseinwirkungen direkt aus § 74 Abs. 2 VwVfG (Verwaltungsverfahrensgesetz) abzuleiten. Das in Anlage 2 zu § 3 der 16. BImSchV für die Berechnung der Beurteilungspegel festgelegte Verfahren stellt allein auf den Luftschall ab. Durch Körperschall hervorgerufene Immissionen werden darin nicht erfasst. Darüber hinaus gibt es keinerlei konkrete Rechtsverordnung in der ein Beurteilungsverfahren oder entsprechende einzuhaltende Grenzwerte angegeben werden.

Ebenso gibt es derzeit kein einschlägiges Regelwerk, welches direkt für die Beurteilung von sekundärem Luftschall aufgrund von Schienenverkehr anwendbar ist. Ein Anhaltspunkt für die Bestimmung von zulässigen Innenraumpegeln aus verkehrsinduzierten Immissionen kann aus der 24. BImSchV (Verkehrswegeschallschutzmaßnahmenverordnung) abgeleitet werden. Dort werden Angaben über das erforderliche Schalldämmmaß der Außenbauteile (Wände, Fenster...) in Abhängigkeit vom Außenpegel gemacht. Aus dem dort genannten Korrektursummanden D sowie einem weiteren Korrekturwert von 3 dB (Korrekturwert, der die unterschiedliche Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtetem Schall gegenüber dem diffusen Schallfeld berücksichtigt) können die nachstehenden zumutbaren Innenraumpegel entsprechend der unterschiedlichen Nutzung abgeleitet werden.

Sekundärer Luftschall ist eine Sonderform von verkehrsinduzierten Geräuschen. Die Beurteilungsgrundsätze müssen daher insbesondere aus Regelungen und Grundsätzen, wie sie auch sonst im Bereich des Verkehrslärms Anwendung finden, abgeleitet werden. Neben anderen Gründen ist dies der Hauptgrund, warum Regelwerke wie die TA Lärm¹ oder auch die DIN 45680² keine für die Beurteilung von verkehrsinduzierten Immissionen geeigneten Grundlagen sind, da deren Anwendung sich ausdrücklich auf gewerbliche Anlagen und auf genehmigungsbedürftige oder nicht genehmigungsbedürftige Anlagen, die den Anforderungen des Zweiten Teils des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen, bezieht.

¹ Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

² DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, in Verbindung mit Beiblatt 1; Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen

Dies bedeutet, dass ausschließlich der Beurteilungspegel Anwendung finden kann und kurzzeitige Geräuschspitzen nicht berücksichtigt werden. Dies entspricht auch den sonst üblichen Grundsätzen bei der Beurteilung von Verkehrs- und insbesondere Schienenverkehrslärm.

Entsprechend den obigen Ausführungen betragen die höchstzulässigen Innengeräuschpegel (Mittelungspegel) für Wohnräume

- **Wohnräume 40 dB(A) tags und**
- **Schlafräume 30 dB(A) nachts.**

Dies entspricht auch der Zumutbarkeitsschwelle, wie sie von der Rechtsprechung der Verwaltungsgerichte bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) als Maßstab angesetzt und vom Ordnungsgeber offensichtlich bei der Abfassung der 24. BImSchV als Grundlage genommen wurden.

Immissionsrichtwerte (Beurteilungspegel) für zumutbare Innenraumpegel L_i in Anlehnung an 24. BImSchV			
Raumnutzung		$L_{i,T}$ [dB(A)] tags 6-22 Uhr	$L_{i,N}$ [dB(A)] nachts 22-6 Uhr
1	Räume die überwiegend zum Schlafen genutzt werden		30
2	Wohnräume	40	
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	
5	Großraumbüros, Schallerräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	
6	Sonstige Räume, die nicht nur vorübergehend zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.	Entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Die aus der 24. BImSchV abgeleiteten zumutbaren Innenraumpegel gelten für alle Arten von Verkehrslärm. Dieser wird jedoch von den Betroffenen je nach Emissionsart als unterschiedlich lästig wahrgenommen. Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Lästigkeit zwischen verschiedenen Verkehrsträgern ist der Ansatz eines Lästigkeitsunterschieds, ähnlich dem „Schienenbonus“ bei der Ermittlung des Primärschalls, in Höhe von 5 dB(A) anzusetzen. Dieser ist von den ermittelten Sekundärluftschallpegeln vor dem Vergleich mit den höchstzulässigen Innengeräuschpegeln abzuziehen.

Als ein zentraler Grund für die Existenz des Schienenbonus gilt in Fachkreisen die Vorhersagbarkeit (Fahrplan) sowie die zeitliche Struktur (Pausenstruktur) des Schienenverkehrsgeräuschs im Vergleich zum Stra-

Benverkehr. Aufgrund des Kausal-Zusammenhangs zwischen Zugvorbeifahrt und Erschütterungen ist diese zeitliche Struktur ebenso ein Merkmal des resultierenden sekundären Luftschalls. Die Annahme eines entsprechenden Lästigkeitsunterschieds, analog dem Schienenbonus kann daher bei derzeitigem Kenntnisstand als gerechtfertigt erachtet werden.

Im Rahmen der hier durchgeführten Beurteilung wurde bei der Ermittlung der Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall auf den Ansatz eines Lästigkeitsunterschieds von 5 dB verzichtet, da es sich zeigte, dass die anzusetzenden Anhaltswerte auch ohne diesen Lästigkeitsunterschied eingehalten werden können.

Für den sekundären Luftschall gilt gleichermaßen, dass bei Änderungen an bestehenden Verkehrsanlagen eine vorhandene Belastung schutzmindernd anzurechnen ist, und dass bei Überschreitung der oben dargelegten Richtwerte zu überprüfen ist ob es durch die Baumaßnahme zu einer erheblichen Verschlechterung kommt. Als Grundlage ist hier wie bei Luftschallimmissionen allgemein üblich eine Pegelerhöhung ab 3 dB(A) als wesentlich anzusehen.

Zusammenfassend:

Sekundärluftschall-Beurteilungspegel

- **Wohnräume 40 dB(A) tags** und
- **Schlafräume 30 dB(A) nachts.**

Wesentliche Pegelerhöhung ab 3 dB

3.3 Vorgehensweise

Da zur bestehenden Wohnbebauung aktuell keinerlei Zugänglichkeit erreicht werden konnte (weder zu Wohnungen, noch zum Gebäudefundament oder Grundstück), wurden anstelle von konkreten Immissionsorten (Häusern) 3 Querschnitte betrachtet, die sich grob folgenden Adressen zuordnen lassen:

Schnitt	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3
Adresse	Am Ausbesserungswerk 2	Am Ausbesserungswerk 10	Am Ausbesserungswerk 18

- Die bestehende Emission (Vorbelastung) und die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Bodens wurden am Ort der neuzubauenden Rangiergleise messtechnisch erfasst.
- Die aktuelle Vorbelastung wurde mit der Vorbelastung aus dem Jahr 2006 verglichen.
- Die Prognose aus dem Jahr 2006 wurde dann aktualisiert hinsichtlich
 - der aktuell gemessenen Vorbelastung
 - Änderungen in der Planung der Abstellgleise (Abstände)
 - der Zugzahlenprognose für das Jahr 2025
- Die Prognose aus dem Jahr 2014 wird dann aktualisiert hinsichtlich
 - der Zugzahlenprognose für das Jahr 2030

Die Prognose aus dem Jahr 2006 basierte auf den Messergebnissen der Immissionsmessung auf dem Bau-feld sowie in bereits bestehenden Rohbauten in Verbindung mit einer Zugzahlenprognose für das Jahr 2015 und war folgendermaßen gegliedert:

3.3.1 Bestand

- Messung auf dem Bau-feld (Freifeld) und im bestehenden Rohbaugedäude (Rohdecke, ohne Estrich)
- Angabe KBFmax, KBFtm, Terzschnellespektren (FAST, KB)
- Ableitung einer spektralen Übertragungsfunktion Freifeld → Rohdecke

- Beaufschlagung der Freifelderschütterungen mit dieser spektralen Übertragungsfunktion und erforderlichenfalls Zuschlag für schwimmenden Estrich
- Prognose KBF_{tm} mittels der spektralen Übertragungsfunktion auf fertiger Decke
- Proportionale Umrechnung vom spektralen Summenpegel auf den KBF_{tm}(t) nach den Verhältnissen am Deckenmesspunkt
- Prognose KBF_{tr} auf fertiger Decke
- Prognose Sekundärluftschall auf fertiger Decke nach (10)
- Differenzierung nach den Zuggattungen S-Bahn, Personenfernverkehr (hier RE) und Güterverkehr
- Abschließend Bildung des Gesamt-Beurteilungspegels

3.3.2 Zuführgleise

- Messung an der Emissionsmessstelle (breiter Bahndamm)
- Angabe KBF_{max}, Terzschnellespektren (FAST, KB)
- Ableitung der Entfernungsabnahme (Messpunkte mit 5 m, 10 m und 29 m Gleisabstand)
- Ableitung der Fahrgeschwindigkeitsabhängigkeit (Züge mit 40 km/h und 100 km/h)
- Messung auf dem Baufeld neben dem vorhandenen Bahndamm unter Hammerschlaganregung und Messpunkten längs und quer zum Damm
- Ableitung des Reflexionsverhaltens des vorhandenen Bahndammes
- Prognose der Freifelderschütterungen infolge des Zusatzgleises (als spektraler Summenpegel)
- Beaufschlagung der Freifelderschütterungen mit dieser spektralen Übertragungsfunktion und erforderlichenfalls Zuschlag für schwimmenden Estrich
- Prognose KBF_{tm} mittels der spektralen Übertragungsfunktion auf fertiger Decke
- Proportionale Umrechnung vom spektralen Summenpegel auf den KBF_{tm}(t) nach den Verhältnissen am Deckenmesspunkt
- Prognose KBF_{tr} auf fertiger Decke
- Prognose Sekundärluftschall auf fertiger Decke nach (10)

3.3.3 Gesamt

- Bildung des Gesamt-KBF_{tr} für Bestand und Zusatzgleise
- Bildung des Gesamtbeurteilungspegels des Sekundärluftschalls für Bestand und Zusatzgleise

3.3.4 Beurteilung der Immissionen

Absolute Beurteilung der Immissionen nur aus den Zuführgleisen:

- Einhaltung der Anhaltswerte für Erschütterungen (Beurteilungspegel KBF_{tr})
- Einhaltung der Anhaltswerte für Sekundärluftschall (Beurteilungspegel)

Relative Beurteilung der Immissionen aus den Zuführgleisen im Verhältnis zur Vorbelastung:

- Einhaltung des Zuwachses für Erschütterungen (Beurteilungspegel KBF_{tr})
- Einhaltung des Zuwachses für Sekundärluftschall (Beurteilungspegel)

Die relative Beurteilung ist nur relevant, wenn eine bedeutende Vorbelastung gegeben ist.

4 Messungen

Verwendete Mess- und Auswertungsgeräte sowie Software:

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

4.1 Lage der Messpunkte

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

Die Messpunkte wurden mit unterschiedlichem Abstand zu den bestehenden Gleisen, entlang der geplanten Abstellanlage, eingerichtet. Die sechs Messpunkte befanden sich in ca. 3 m bis 8 m Abstand zur Stützwand, die parallel zu den bestehenden Gleisen verläuft.

Die Lage und Position der Messpunkte ist aus folgender Tabelle ersichtlich. Eine schematische Darstellung der Lage der Messpunkte zeigt die Abbildung 4.2.

Messpunkt	Messrichtung	Position	Art der Befestigung
11GA	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß
12GA	vertikal	Abstand ca. 8 m zur Stützwand	Erdspieß
21GA	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß
22GA	vertikal	Abstand ca. 8 m zur Stützwand	Erdspieß
31GA	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß
32GA	vertikal	Abstand ca. 8 m zur Stützwand	Erdspieß
21GB	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß
11GB	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß
12GB	vertikal	Abstand ca. 3 m zur Stützwand	Erdspieß

4.2 Messtechnisch erfasste Zugfahrten

Die Messungen wurden am Donnerstag, den 23.01.2014 in der Zeit von 08:00 Uhr bis 16:15 Uhr durchgeführt.

Die Signale aller Messpunkte wurden bei den Zug-Vorbeifahrten im o.g. Zeitraum synchron aufgezeichnet. Es wurden 17 S-Bahnen, 7 Regionalzüge und 9 Güterzüge beider Fahrtrichtungen aufgezeichnet.

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

Fahrtrichtung	Uhrzeit	Kurzzeichen	Zuggattung
S-Bahnhof Köln-Nippes	10:39	SA	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	10:39	GB	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	10:39	SB	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	10:44	RA	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	10:45	RB	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	10:48	GC	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	10:53	GD	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	10:59	SC	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	11:03	GE	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:03	GF	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	11:11	RC	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	11:15	GG	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	11:19	SD	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:21	SE	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:30	GH	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:39	SF	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:47	RD	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	11:59	SG	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	12:04	GI	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	12:07	SH	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	12:10	RE	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	12:22	SI	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	12:39	SJ	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	12:40	SK	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	12:59	SL	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	13:06	SM	S-Bahn

S-Bahnhof Köln-Longerich	13:09	GJ	Güterzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	13:12	RF	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Longerich	13:19	SN	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	13:20	SO	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Nippes	13:39	SP	S-Bahn
S-Bahnhof Köln-Longerich	13:46	RG	Regionalzug
S-Bahnhof Köln-Nippes	13:59	SQ	S-Bahn

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: $\text{eff } v \text{ [mm/s]}$, Luftschall: $\text{Pegel } L_{AF} \text{ [dB(A)]} \approx \bar{L}_{\text{max}}$)

Die Ergebnisse sind in den Abb. 5.1.KS.1 bis 5.4.LS.2 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

5.2.1 Bahnimmissionen

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.

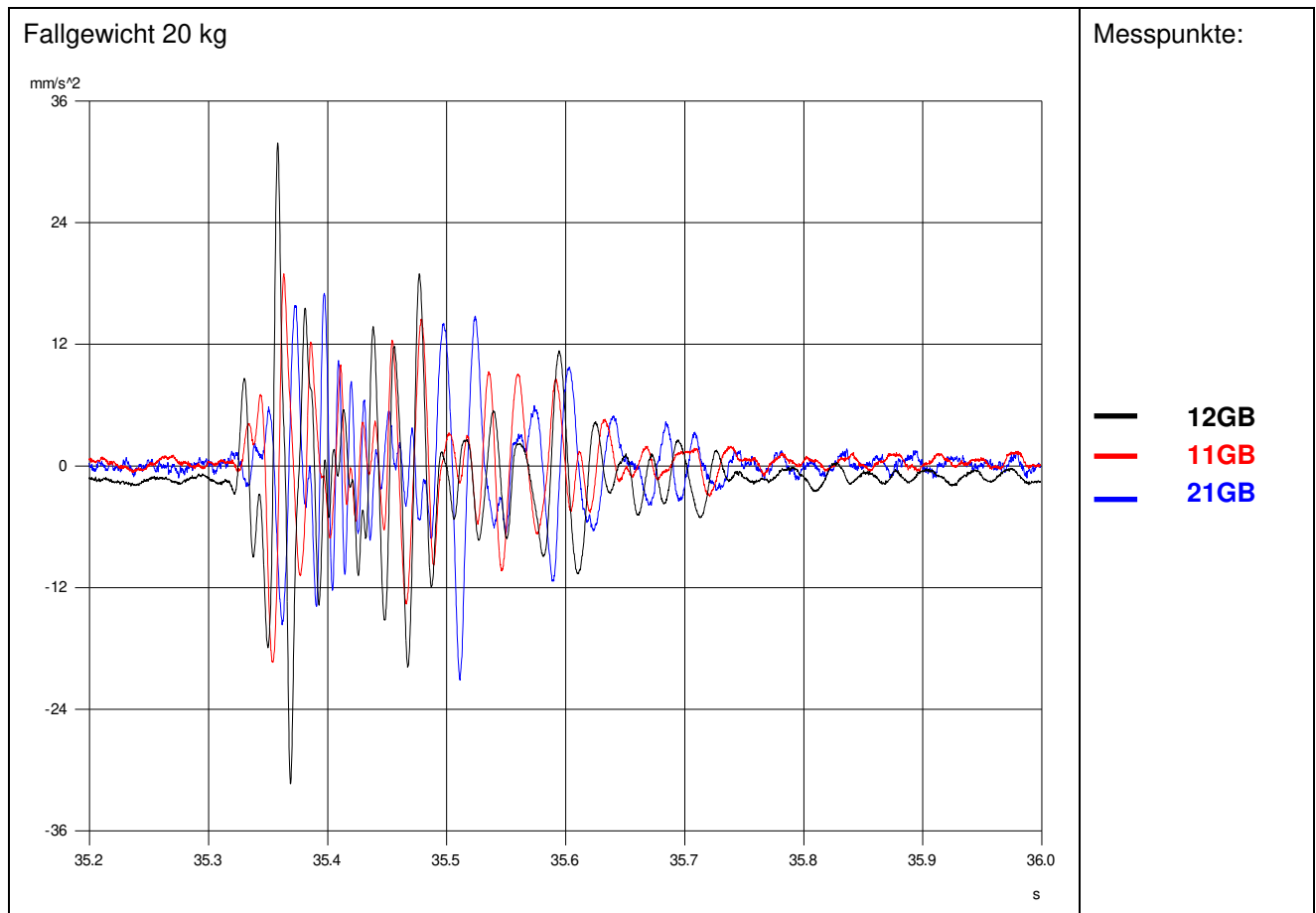
Schritt 3 Ermittlung der Taktmaximalwerte KB_{FTi}

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

Die 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} .

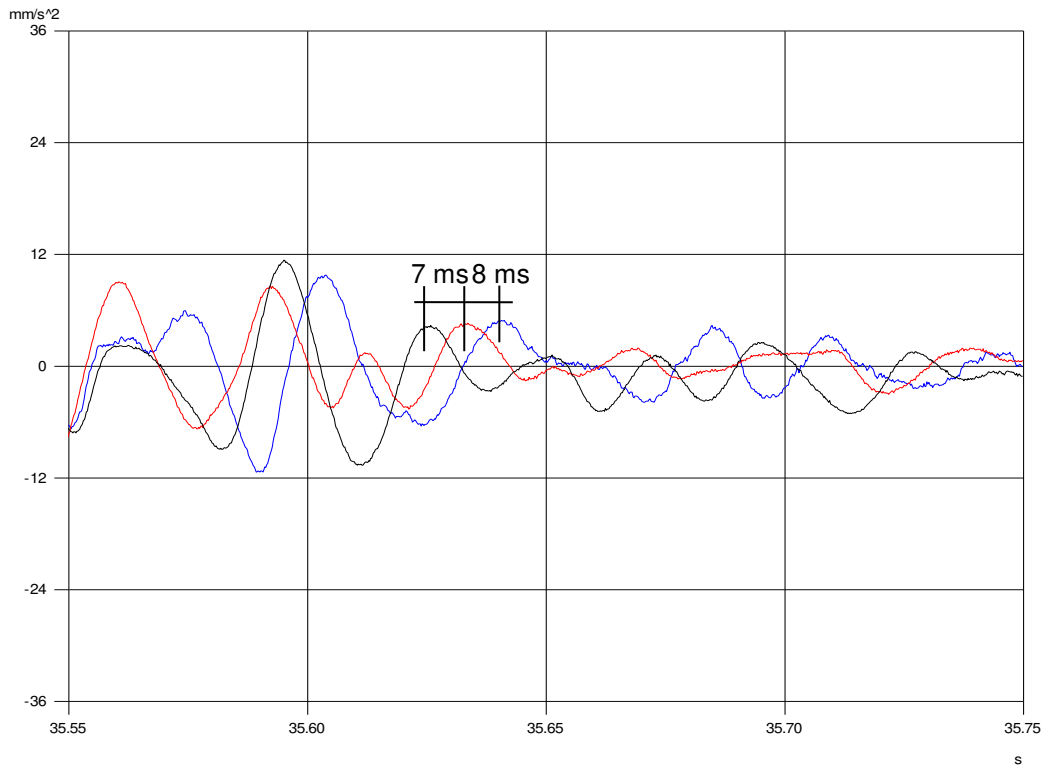
5.2.2 Wellenausbreitung

Exemplarische Darstellung der Wellenausbreitungsmessung



Zoomdarstellung

Fallgewicht 20 kg



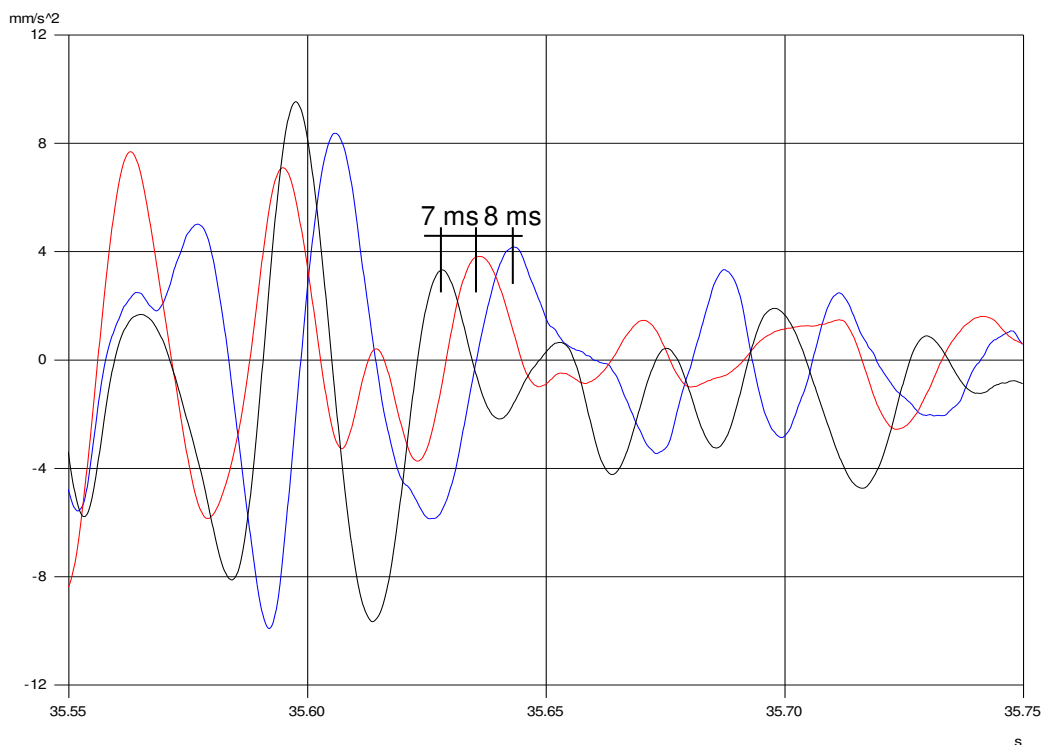
Messpunkte:

— 12GB
— 11GB
— 21GB

Wellenausbreitungsgeschwindigkeit ca. 400 m/s

Zoomdarstellung gefiltert; Tiefpass < 60 Hz

Fallgewicht 20 kg



Messpunkte:

— 12GB
— 11GB
— 21GB

Wellenausbreitungsgeschwindigkeit ca. 400 m/s

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

Ereignis	Zuggattung	11GA	12GA	21GA	22GA	31GA	32GA
SA	S-Bahn	0,06	0,10	0,03	0,03	0,10	0,04
GB	Güterzug	0,08	0,15	0,19	0,13	0,12	0,11
SB	S-Bahn	0,08	0,11	0,08	0,09	0,09	0,05
RA	Regionalzug	0,03	0,06	0,05	0,03	0,04	0,03
RB	Regionalzug	0,08	0,14	0,18	0,20	0,45	0,20
GC	Güterzug	0,03	0,03	0,08	0,07	0,05	0,04
GD	Güterzug	0,06	0,09	0,17	0,14	0,09	0,06
SC	S-Bahn	0,05	0,09	0,06	0,08	0,09	0,05
GE	Güterzug	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,06
GF	Güterzug	0,04	0,06	0,09	0,08	0,08	0,06
RC	Regionalzug	0,11	0,13	0,07	0,06	0,14	0,09
GG	Güterzug	0,07	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09
SD	S-Bahn	0,06	0,08	0,03	0,02	0,03	0,03
SE	S-Bahn	0,05	0,07	0,05	0,07	0,12	0,06
GH	Güterzug	0,07	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09
SF	S-Bahn	0,11	0,13	0,08	0,12	0,12	0,06
RD	Regionalzug	0,19	0,28	0,29	0,22	0,56	0,28
SG	S-Bahn	0,06	0,10	0,07	0,09	0,11	0,06
GI	Güterzug	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05
SH	S-Bahn	0,06	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03
RE	Regionalzug	0,09	0,11	0,06	0,05	0,09	0,08
SI	S-Bahn	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06
SJ	S-Bahn	0,05	0,09	0,02	0,02	0,04	0,03
SK	S-Bahn	0,07	0,12	0,08	0,12	0,09	0,06
SL	S-Bahn	0,07	0,12	0,07	0,09	0,11	0,06
SM	S-Bahn	0,06	0,08	0,05	0,04	0,02	0,02

GJ	Güterzug	0,03	0,04	0,08	0,05	0,07	0,06
RF	Regionalzug	0,12	0,14	0,06	0,05	0,13	0,11
SN	S-Bahn	0,06	0,11	0,08	0,12	0,12	0,07
SO	S-Bahn	0,07	0,13	0,03	0,04	0,04	0,03
SP	S-Bahn	0,07	0,11	0,08	0,09	0,10	0,06
RG	Regionalzug	0,15	0,25	0,26	0,20	0,68	0,25
SQ	S-Bahn	0,08	0,12	0,09	0,10	0,09	0,06
KB_{FTm}		0,08	0,12	0,11	0,10	0,19	0,10
KB_{Fmax}		0,19	0,28	0,29	0,22	0,68	0,28

6 Emissionsvergleich

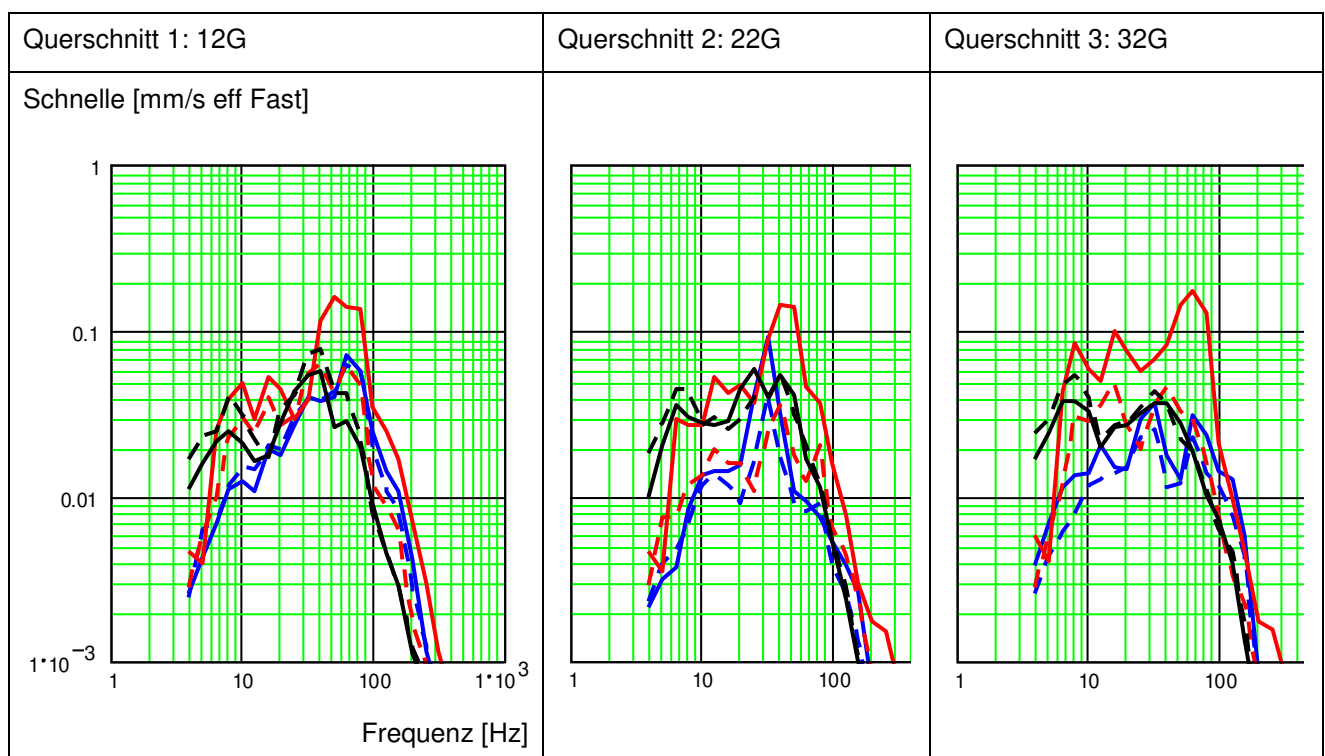
6.1 Messergebnisse

Dieser erfolgt anhand der Terzschnellespektren der Emissionsmesspunkte.

Der Vergleich der Geländemesspunkte 11G, 21G und 31 G in 3,25 m Abstand von der Stützwand mit den um 4,70 m weiter entfernten Geländemesspunkten 12G, 22G und 32G zeigt, dass die gleisnäheren Messpunkte teils noch von Nahfeldeffekten (hier Einflüsse der Stützmauer) beeinflusst sind und z.B. teils geringere Erschütterungspegel als die weiter entfernten Geländemesspunkte zeigen.

Deshalb werden im Folgenden die Geländemesspunkte 12G, 22G und 32G herangezogen.

Zusammenstellung der energetischen Mittel je Zuggattung und Fahrtrichtung:



S-Bahn, Regionalexpress, Güterzug, Richtung Longerich / Nippes

- Die Regionalzüge Richtung Köln-Langerich sind die pegelbestimmende Zuggattung und an allen 3 Messquerschnitten ähnlich emissionsstark.
- Die Güterzüge sind im Querschnitt 3 emissionsschwächer als an 1 und 2.
- Die S-Bahnen sind im Querschnitt 3 (Haltestellennähe) wesentlich emissionsschwächer als an 1 und 2.

6.2 Ausbreitungrechnung

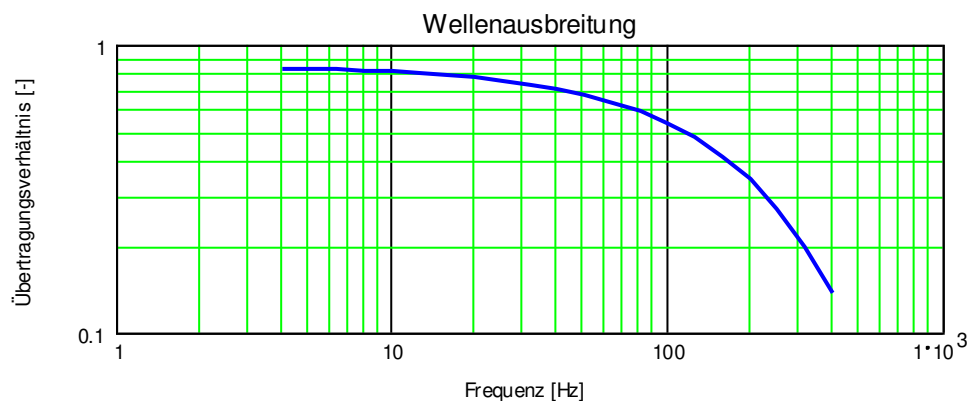
Die Ausbreitungsrechnung erfolgt nach dem bekannten Ausbreitungsgesetz für Oberflächenwellen im homogenen elastischen Halbraum.

$$v(x, f) = \left(\frac{R_0}{R_0 + x} \right)^{\exp} \cdot e^{-\frac{2\pi}{\lambda} \cdot D \cdot x}$$

Der Exponent wird zwischen Punktquelle (Exp = 0,5) und Linienquelle (exp = 0) zu 0,25 angesetzt, die Materialdämpfung des Bodens mit 2%.

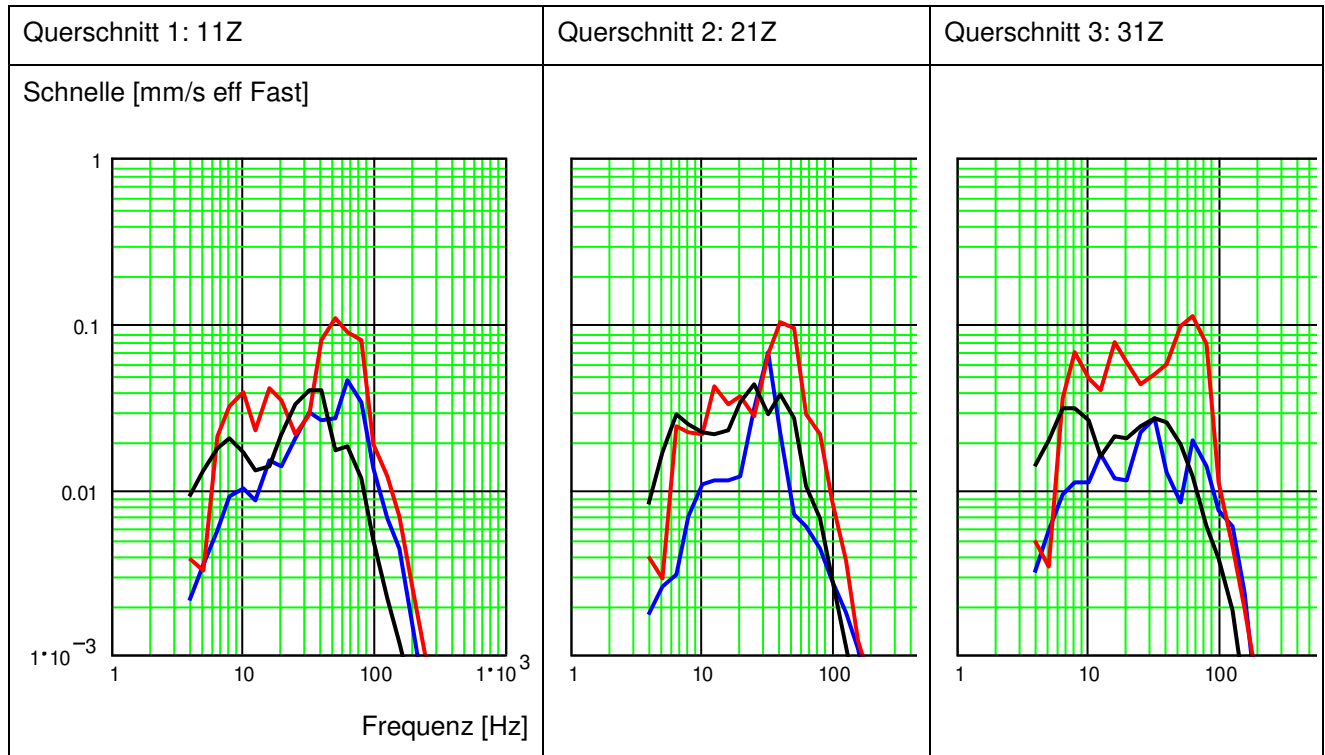
Der Abstand R_0 der Emissionsmesspunkte 12G bis 32G von den Gleisen liegt zwischen 10 und 20 m, der Abstand x bei 14,5 m. Die Wellenlänge λ ergibt sich aus der gemessenen Ausbreitungsgeschwindigkeit von $v=400$ m/s mittels Division durch die Frequenz.

Für einen mittleren Abstand von $R_0 = 15$ m ergibt sich folgende Abnahme:



Für die Messpunkte 21Z bis 23Z auf dem Baufeld ergibt sich:

Zusammenstellung der energetischen Mittel je Zuggattung und Fahrtrichtung:



S-Bahn, Regionalexpress, Güterzug, Richtung Longerich

Der Vergleich mit den entsprechenden Immissionsspektren der Messung aus dem Jahr 2006 zeigt:

Insgesamt ist die Vorbelastung jetzt ähnlich wie 2006.

Unterschiede:

Bei Querschnitt 3 sind die Regionalzüge jetzt genauso emissionsstark wie an 1 und 2.

Die spektrale Verteilung ist jetzt bei Regionalzügen zu höheren Frequenzen hin verschoben (bei 12,5-16 Hz weniger, bei 40-80 Hz mehr)

Fazit: Die damals im Querschnitt 3 geringere Vorbelastung wird auf den Wert von Querschnitt 2 hochkorrigiert.

7 Veränderungen der Gleisabstände und Zugzahlen

7.1 Gleisabstände

Die Rangiergleise sind nach aktueller Planung um 25 cm näher an der Wohnbebauung.

Dadurch nehmen die prognostizierten Immissionen um ca. 1% bzw. 0,1 dB zu.

Dies kann vernachlässigt werden.

7.2 Zugzahlen

Der Prognose wurden folgende Zugzahlen und Fahrgeschwindigkeiten zugrunde gelegt:

7.2.1 Vorhandene Strecke:

Kategorie / Fahrtrichtung	Prognose- horizont	Anzahl tags	Anzahl nachts	Geschwindigkeit
S-Bahnen (inkl. RB 25) beider Richtungen (Strecke 2620, ab Abzw. Gleis 510)	2015	88	20	80 km/h
	2025	148	19	80 km/h
	2030	167	27	80 km/h
Übriger Personenverkehr beider Richtungen (Strecke 2610/2618)	2015	32	8	120 km/h
	2025	32+20	6+28	60 km/h
	2030	74	44	60 km/h
Güterzüge beider Richtungen (Strecke 2615+2610)	2015	34	36	60 km/h
	2025	49	49	60 km/h
	2030	49+2	26+2	60 km/h
Summe	2015	154	64	
	2025	251	102	
	2030	292	99	

Die Zugzahlen der Bestandsgleise nehmen gegenüber 2025 in der Summe tags zu, nachts geringfügig ab:

- Tags Zunahme um 16%
- Nachts Abnahme um 3%

7.2.2 Zuführgleise:

Zugzahlen der Zuführungsgleise	Prognose- horizont	Anzahl tags	Anzahl nachts	Geschwindigkeit
S-Bahnen (inkl. RB 25) beider Richtungen (Gleis 560/561) Gleis 561 + Gleis 562 nach (19)	2015	14	34	40 km/h
	2025	29	37	40 km/h
	2030	3+3=6	45+21=66	40 km/h

Gegenüber dem Prognosehorizont 2025 reduzieren sich aktuell die Zugzahlen tags deutlich von 29 auf 6, während sie sich nachts von 37 auf 66 erhöhen und vorwiegend auf dem der Bebauung näheren Gleis 561 verkehren. Dies muss in den Prognosen berücksichtigt werden.

- Tags reduzieren sich die Beurteilungspegel um 55% bzw. 6,8 dB.
- Nachts erhöhen sich die Beurteilungspegel rein zahlenbedingt um 33,5% bzw. 2,5 dB, mit Berücksichtigung der Gleisbelegung um ca. 40% bzw. ca. 3 dB.

8 Prognose und Beurteilung

8.1 Erschütterungen

8.1.1 Zuführgleise alleine

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte für die Einzelfahrt (KB_{FTm}) und die Beurteilungsschwingstärke (KB_{FTTr}) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum allein aufgrund der Fahrten der neu hinzukommenden Zuführgleise ohne Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

In den Schnitten 1 und 2 greift auch die Gleisbelegung, im Schnitt 3 (mit Weiche) nur die Zugzahl.

	Schnitt 1 Beginn WendeA.		Schnitt 2 Mitte WendeA.		Schnitt 3 Ende WendeA.	
	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr
Zulässig KB_{FTTr_Tag} 0,105 Zulässig KB_{FTTr_Nacht} 0,075	0,122	0,006 0,034	0,122	0,006 0,034	0,175	0,010 0,048

- Der zulässige Absolutwert KB_{FTTr} der Zusatzgleise wird weit unterschritten.

8.1.2 Zuführgleise + Bestand

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte für die Einzelfahrt (KB_{FTm}) und die Beurteilungsschwingstärke (KB_{FTTr}) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum als Gesamteinwirkung aus den neu hinzukommenden Zuführgleisen sowie der Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

		Schnitt 1 Beginn WendeA.		Schnitt 2 Mitte WendeA.		Schnitt 3 Ende WendeA.	
		KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr
Bestand gesamt zul. KB_{FTTr} 0,07 / 0,05	Tag Nacht		0,057 0,054		0,042 0,044		0,042 0,044
S-Bahnen Zusatzgleise zul. KB_{FTTr} 0,105 / 0,075	Tag Nacht	0,122	0,006 0,034	0,122	0,006 0,034	0,175	0,010 0,048
Insgesamt zul. KB_{FTTr} 0,07 / 0,05	Tag Nacht		0,057 0,064		0,043 0,056		0,043 0,065
ggf. Zuwachs (ΔKB_{FTTr}) zul. = 25%	Tag Nacht		0% 18,5%		2,4% 27,3%		2,4% 47,7%

- Die Vorbelastung aus den bereits vorhandenen Gleisanlagen ist an allen 3 Messquerschnitten relativ hoch (Anhaltswert nachts im Schnitt 1 um 8% überschritten, sonst zu 88% ausgenutzt).
- Die Zunahme durch den Bau der Zuführgleise im Vergleich zu den Einwirkungen aus den vorhandenen Bestandsanlagen ist am Schnitt 1 noch unerheblich, an den Schnitten 2+3 jedoch erheblich.
- Die Gesamtbelastung überschreitet die Anhaltswerte an allen 3 Schnitten nachts leicht.
- Schnitt 1 ist insgesamt eingehalten, Schnitt 2 nachts leicht, Schnitt 3 nachts deutlich überschritten.
- Damit liegt seitens der Erschütterungen in den Schnitten 2 und 3 eine Überschreitung vor.

8.2 Sekundärluftschall

8.2.1 Zufühhrgleise alleine

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte als Vorbeifahrpegel der Einzelfahrt (mittlerer Maximalpegel der Vorbeifahrt, sLSm) und der Mittelungspegel (sLSr) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum allein aufgrund der Fahrten der neu hinzukommenden Zufühhrgleise ohne Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

	Schnitt 1		Schnitt 2		Schnitt 3	
	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr
Zulässig Tag 40 dB(A)	38,5	10,3	38,5	12,4	41,7	15,5
Zulässig Nacht 30 dB(A)		21,3		23,3		30,5

- Der anzusetzende Anhaltswert als Absolutwert aus der Einwirkung durch die Zusatzgleise wird im Schnitt 3 nachts geringfügig überschritten, sonst mit großem Sicherheitsabstand eingehalten.

8.2.2 Zufühhrgleise + Bestand

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte als Vorbeifahrpegel der Einzelfahrt (mittlerer Maximalpegel der Vorbeifahrt, sLSm) und der Mittelungspegel (sLSr) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum aufgrund der als Gesamteinwirkung aus den neu hinzukommenden Zufühhrgleisen sowie der Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

	Querschnitt 1		Querschnitt 2		Querschnitt 3	
	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr
Bestand gesamt zul. 40 / 30 dB(A)		28,2 26,5		26,6 26,5		26,6 26,5
S-Bahnen Zusatzgleise zul. 40 / 30 dB(A)	38,5	10,3 21,3	38,5	12,4 23,3	41,7	15,5 30,5
Insgesamt zul. 40 / 30 dB(A)		28,3 27,6		26,8 28,1		26,9 31,9
Zuwachs ($\Delta L_{\text{sek, m}}$) zul. 3 dB(A)		0,1 1,1		0,2 1,6		0,3 5,4

- Die zulässigen Absolutpegel sind im Schnitt 3 nachts überschritten, sonst eingehalten.
- An den Schnitten 1 und 2 findet keine wesentliche Erhöhung statt.
- Lediglich an Schnitt 3 ergibt sich infolge der Weiche eine stärkere Zunahme, die nachts eine wesentliche Erhöhung darstellt.
- Insgesamt liegt seitens der Sekundärluftschalls bei Schnitt 3 eine Überschreitung vor.

9 Beurteilung

9.1 Beurteilung für Zufühhrgleise alleine

- Für sich allein betrachtet werden von den Fahrten auf den Zusatzgleisen die absoluten Anhaltswerte für Erschütterungen weit unterschritten.
- Für Sekundärluftschall ergibt sich am Schnitt 3 infolge der Weiche nachts eine geringfügige Überschreitung.

9.2 Beurteilung für Zufühhrgleise + Vorbelastung aus den Bestandsanlagen

- Die Vorbelastung ist im Querschnitt 1 sehr hoch.
- Die Anhaltswerte für Erschütterungen werden nachts leicht überschritten, die Anhaltswerte für Sekundärluftschall gut eingehalten.
- Im Querschnitt 2 und 3 ist die Vorbelastung moderater.
- Die zulässigen Zunahmen werden im Querschnitt 1 ebenfalls weit unterschritten.
- In den Querschnitt 2 und 3 ist eine spürbare Zunahme für Erschütterungen im Vergleich zu den Einwirkungen aus den Bestandsanlagen zu erwarten, die mit einer Überschreitung der absoluten Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Neubauten einhergeht.
- (Nur) im Querschnitt 3 liegt auch seitens des Sekundärluftschalls eine Überschreitung vor.

9.3 Fazit

- **An den Querschnitten 2 und 3 werden durch den Bau der Zusatzgleise die Anspruchskriterien für die Immissionen aus Erschütterungen oder sekundären Luftschall überschritten, so dass von Seiten des Vorhabenträgers eine Verpflichtung zur Berücksichtigung der Vorsehung von immissionsmindernden Maßnahmen besteht.**

10 Minderungsmaßnahmen

Die Überschreitung der absoluten Anhaltswerte beträgt bei den Erschütterungen im Schnitt 2 ca. 11%, im Schnitt 3 ca. 30%, beim Sekundärluftschall im Schnitt 3 ca. 1,9 dB.

Diese lässt sich mittels besohlter Schwellen unter dem (der Bebauung näheren) Gleis 561 sowie unter der Weiche (Verbindung der Gleise 561, 562 und 563) kompensieren.

10.1 Vorgeschlagene Maßnahme

Wir schlagen vor, in diesem Bereich akustisch wirksam besohlte Schwellen einzusetzen (Besohlung mit $c_{dyn2} = 0,08 \text{ N/mm}^3$).

10.2 Wirkung als Einfügungsdämmung

Angesetzte Einfügungsdämmung (EFD) in maßgeblichen Terzen:

Frequenz [Hz]	≤ 10	12,5	16	20	25	31	40	50	63	≥ 80
Besohlte Schwelle	2,5	2,5	2,5	2,5	0	-2,5	0	3,5	7	7

Der in Ausnahmefällen möglichen lokalen Erschütterungszunahme bei 31 Hz steht eine deutliche Reduktion sowohl bei tieferen als auch bei höheren Frequenzen gegenüber, wodurch insbesondere im Sekundärluftschall stets eine hörbare Verbesserung erzielt wird und sich somit für den Betroffenen ein positiver Gesamtnutzen ergibt.

- Die Anregung setzt sich spektral folgendermaßen zusammen:
 - Aus Gleislage und Radunrundheiten entstehen in Verbindung mit den sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeiten Anregungsanteile zwischen 5 und 20 Hz. – dort Reduktionswirkung 2,5 dB
 - Aus der Lage der Radsatz-Oberbau-Resonanz entstehen Anregungsanteile bei 63-80 Hz - dort Reduktionswirkung 7 dB
 - Bei der Übertragung im Haus findet eine Deckenverstärkung bei 20-25 Hz statt, die aber nicht auf eine dominante Anregung trifft.
- Insgesamt ergibt sich:
 - Erschütterungsreduktion im normalen Gleis um 2 dB bzw. 20%,
 - Erschütterungsreduktion bei der Weiche im Schnitt 3 mit dominanter Gleislagereduktion 3 dB bzw. 30%
 - Sekundärluftschallreduktion generell um 7 dB.

11 Prognose mit Maßnahme

11.1 Erschütterungen

11.1.1 Zuführgleise alleine

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte für die Einzelfahrt (KB_{FTm}) und die Beurteilungsschwingstärke (KB_{FTTr}) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum allein aufgrund der Fahrten der neu hinzukommenden Zuführgleise ohne Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

In den Schnitten 1 und 2 greift auch die Gleisbelegung, im Schnitt 3 (mit Weiche) nur die Zugzahl.

	Schnitt 1 Beginn WendeA.		Schnitt 2 Mitte WendeA.		Schnitt 3 Ende WendeA.	
	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr
Zulässig KB_{FTTr_Tag} 0,105 Zulässig KB_{FTTr_Nacht} 0,075	0,1	0,005 0,027	0,1	0,005 0,027	0,124	0,007 0,034

- Der zulässige Absolutwert KB_{FTTr} der Zusatzgleise wird weit unterschritten.

11.1.2 Zuführgleise + Bestand

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte für die Einzelfahrt (KB_{FTm}) und die Beurteilungsschwingstärke (KB_{FTTr}) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum als Gesamteinwirkung aus den neu hinzukommenden Zuführgleisen sowie der Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

		Schnitt 1 Beginn WendeA.		Schnitt 2 Mitte WendeA.		Schnitt 3 Ende WendeA.	
		KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr	KBFTm	KBFTTr
Bestand gesamt zul. KB_{FTTr} ; 0,07 / 0,05	Tag Nacht		0,057 0,054		0,042 0,044		0,042 0,044
S-Bahnen Zusatzgleise zul. KB_{FTTr} 0,105 / 0,075	Tag Nacht	0,1	0,005 0,027	0,1	0,005 0,027	0,124	0,007 0,034
Insgesamt zul. KB_{FTTr} 0,07 / 0,05	Tag Nacht		0,057 0,060		0,043 0,052		0,043 0,055
ggf. Zuwachs (ΔKB_{FTTr}) zul. = 25%	Tag Nacht		0% 11%		2,4% 18%		2,4% 25%

- Die Vorbelastung aus den bereits vorhandenen Gleisanlagen ist an allen 3 Messquerschnitten relativ hoch (Anhaltswert nachts im Schnitt 1 um 8% überschritten, sonst zu 88% ausgenutzt).
- Die Gesamtbelastung überschreitet die Anhaltswerte an allen 3 Schnitten nachts immer noch leicht.
- Die Zunahme durch den Bau der Zuführgleise im Vergleich zu den Einwirkungen aus den vorhandenen Bestandsanlagen ist an Schnitt 1 und 2 unerheblich, an den Schnitten 3 gerade noch unerheblich.
- Damit liegt insgesamt seitens der Erschütterungen keine Überschreitung mehr vor.
- Dazu kommt noch, dass die Häuser am Schnitt 3 mit einer elastischen Lagerung gebaut wurden.

11.2 Sekundärluftschall

11.2.1 Zuführgleise alleine

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte als Vorbeifahrpegel der Einzelfahrt (mittlerer Maximalpegel der Vorbeifahrt, sLSm) und der Mittelungspegel (sLSr) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum allein aufgrund der Fahrten der neu hinzukommenden Zuführgleise ohne Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

	Schnitt 1		Schnitt 2		Schnitt 3	
	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr
Zulässig Tag 40 dB(A)	31,5	3,3	31,5	5,4	34,7	8,5
Zulässig Nacht 30 dB(A)		14,3		16,3		23,5

- Der anzusetzende Anhaltswert als Absolutwert aus der Einwirkung durch die Zusatzgleise wird mit großem Sicherheitsabstand eingehalten.

11.2.2 Zuführgleise + Bestand

In der nachstehenden Aufstellung sind die Immissionswerte als Vorbeifahrpegel der Einzelfahrt (mittlerer Maximalpegel der Vorbeifahrt, sLSm) und der Mittelungspegel (sLSr) für den Tages- bzw. Nachtzeitraum aufgrund der als Gesamteinwirkung aus den neu hinzukommenden Zuführgleisen sowie der Vorbelastung aus den vorhandenen Anlagen angegeben.

	Querschnitt 1		Querschnitt 2		Querschnitt 3	
	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr	sLSm	sLSr
Bestand gesamt zul. 40 / 30 dB(A)		28,2 26,5		26,6 26,5		26,6 26,5
S-Bahnen Zusatzgleise zul. 40 / 30 dB(A)	31,5	3,3 14,3	31,5	5,4 16,3	2347	8,5 23,5
Insgesamt zul. 40 / 30 dB(A)		28,2 26,8		26,6 27,0		26,7 28,3
Zuwachs ($\Delta L_{\text{sek, m}}$) zul. 3 dB		0,0 0,3		0,0 0,5		0,1 1,8

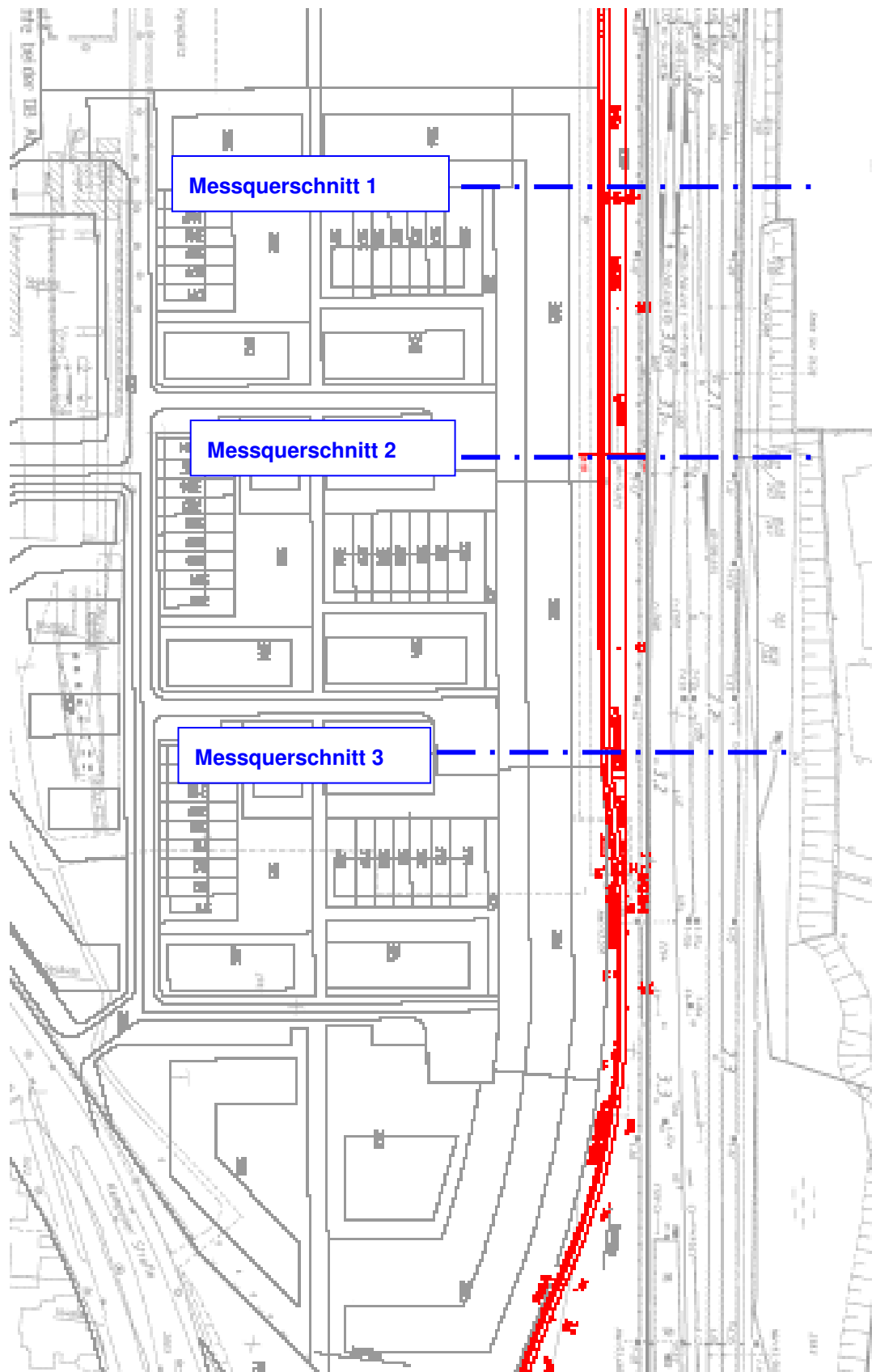
- Die zulässigen Absolutpegel sind in allen Schnitten tags und nachts eingehalten.
- An keinem Schnitt findet eine wesentliche Erhöhung statt.
- Insgesamt liegt seitens der Sekundärluftschalls keine Überschreitung mehr vor.

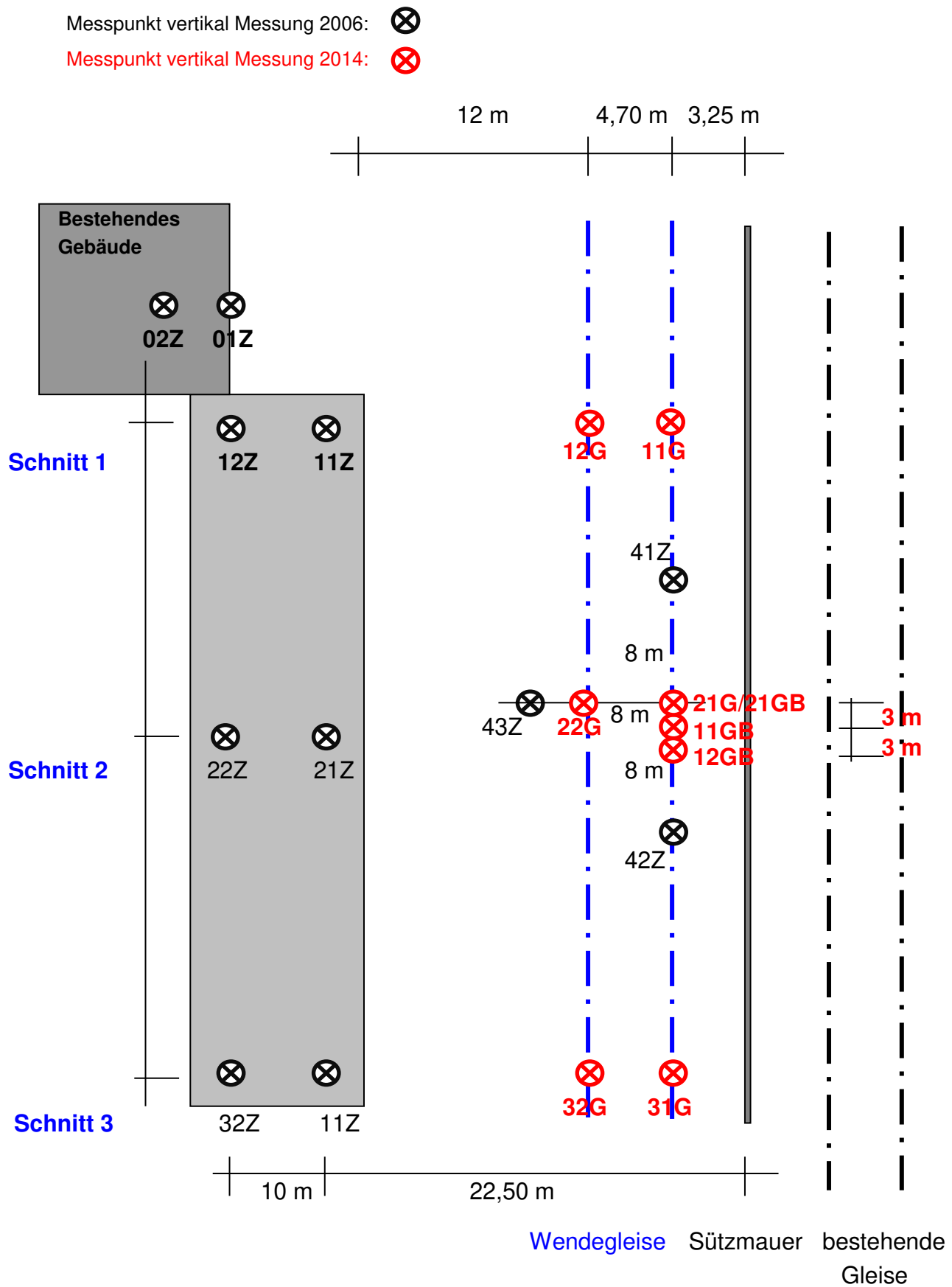
11.3 Gesamtbeurteilung mit Maßnahmen

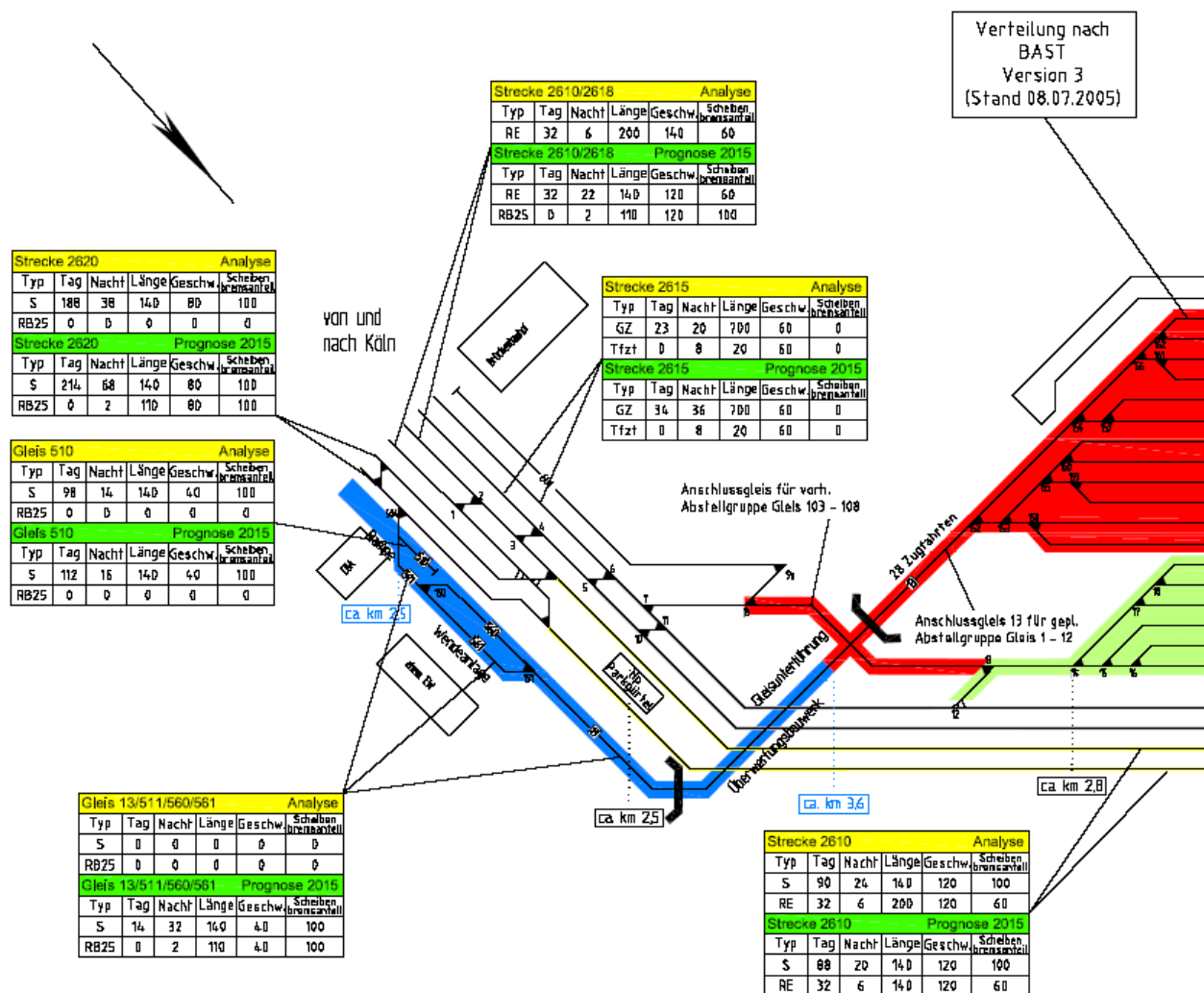
Mit der vorgeschlagenen Maßnahme besohlte Schwellen sind alle Anhaltswerte eingehalten.

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

Dr.-Ing. N. Breitsamter
Dipl.-Ing (FH) J. Honikel





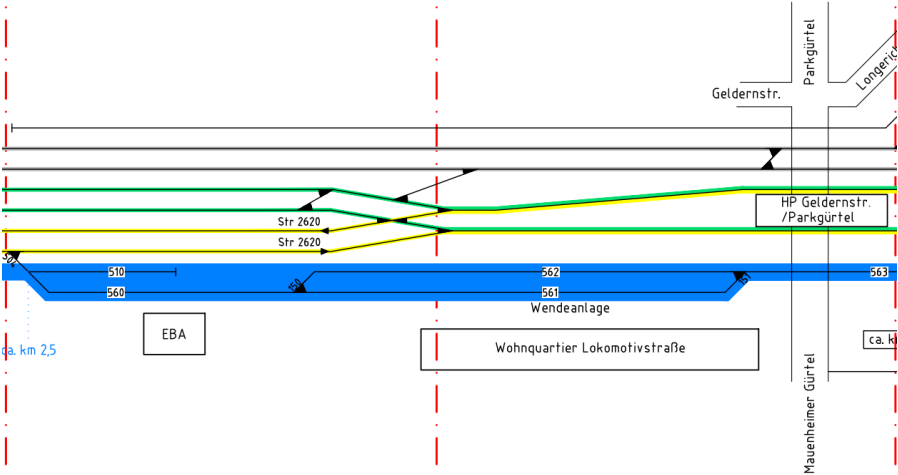


Abschnitt II

Prognose 2025					
Typ	Tag	Nacht	Länge	Geschw.	Scheibenbremsanteil
Strecke 2610					
ICE	5	3	400	60	100
ICE	11	15	200	60	100
RE	34	18	180	60	100
RB	2	0	170	60	100
GZ	1	4	740	60	0
Summe	53	40			
Strecke 2615					
GZ	48	45	740	60	0
S	1	3	140	60	100
Summe	49	48			
Strecke 2620					
S	148	19	140	80	100
Summe	148	19			
Gleis 510					
S	18	6	140	40	100
Summe	18	6			
Gleis 560/561/562					
RB	3	1	170	40	100
S	29	36	140	40	100
Summe	32	37			
Ges.	300	150			

Abschnitt III

Prognose 2025					
Typ	Tag	Nacht	Länge	Geschw.	Scheibenbremsanteil
Strecke 2610					
S	148	19	140	80	100
RE	32	8	180	60	100
Summe	180	27			
Strecke 2615					
ICE	5	3	400	60	100
ICE	11	15	200	60	100
RE	2	10	180	60	100
RB	2	0	170	60	100
GZ	49	49	740	60	0
S	1	3	140	60	100
Summe	70	80			
Gleis 561/562/563					
RB	3	1	170	40	100
S	29	36	140	40	100
Summe	32	37			
Ges.	282	144			

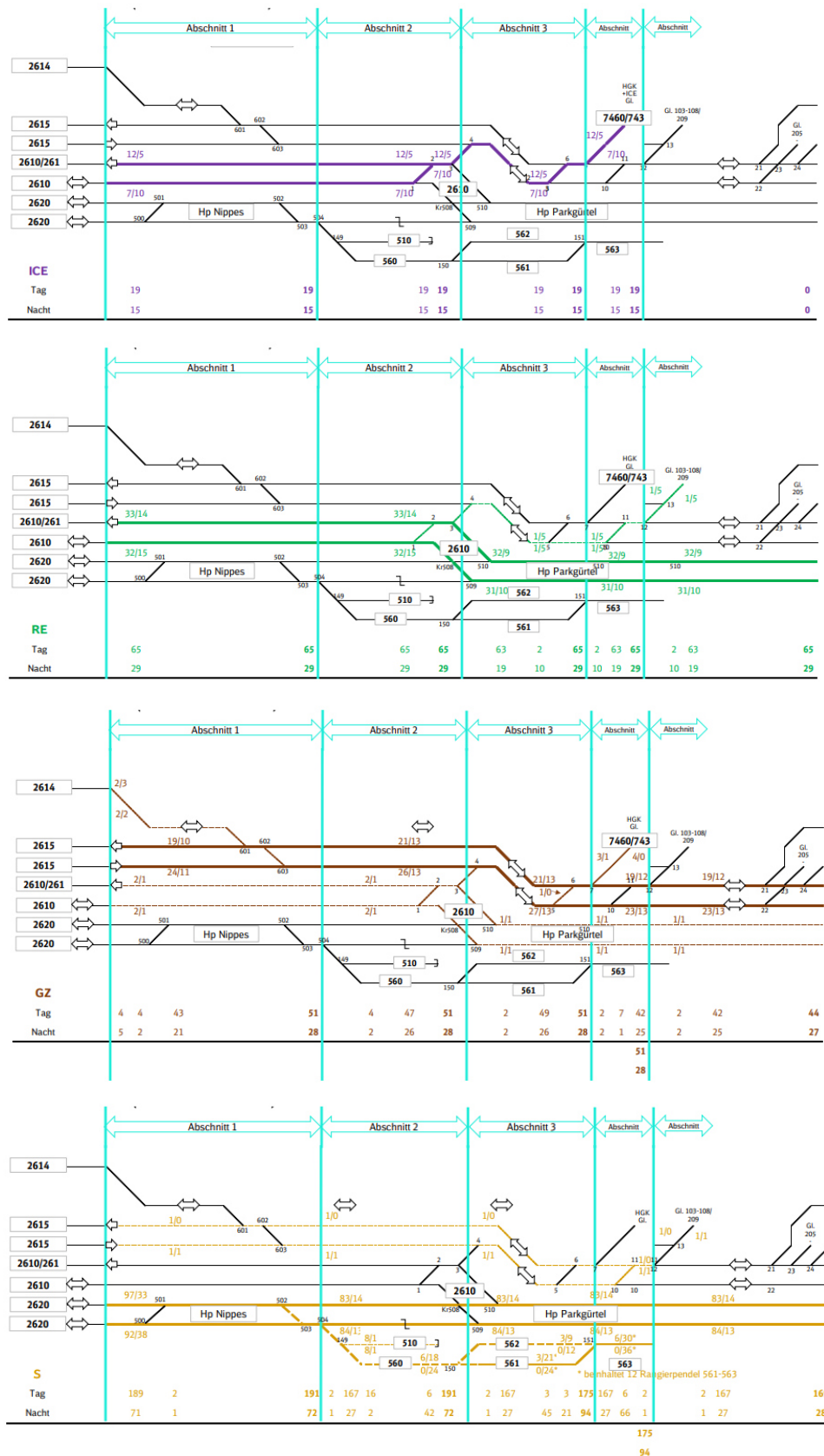


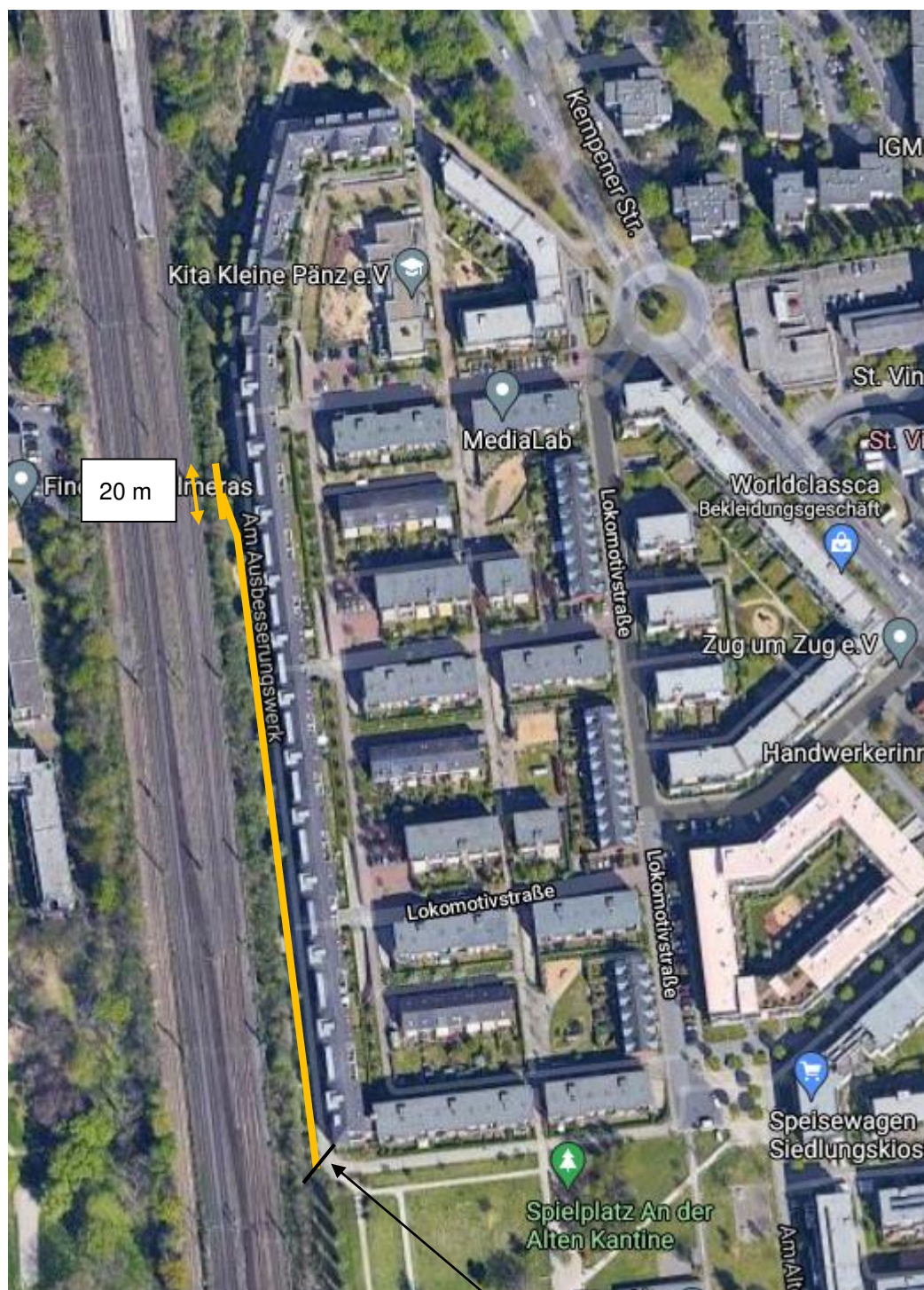
Analyse					
Typ	Tag	Nacht	Länge	Geschw.	Scheibenbremsanteil
Strecke 2610					
RE	32	6	200	140	60
Summe	32	6			
Strecke 2615					
GZ	23	20	700	60	0
Tfzt	0	8	20	60	0
Summe	23	28			
Strecke 2620					
S	90	24	140	80	100
Summe	90	24			
Gleis 510					
S	98	14	140	40	100
Summe	98	14			
Ges.	243	72			

Analyse					
Typ	Tag	Nacht	Länge	Geschw.	Scheibenbremsanteil
Strecke 2610					
RE	32	6	200	140	60
S	90	24	140	80	100
Summe	122	30			
Strecke 2615					
GZ	23	20	700	60	0
Tfzt	0	8	20	60	0
Summe	23	28			
Ges.	145	58			

Auszüge aus (19)

Abschnitt III							
Typ	Tag	N-S	S-N	Nacht	N-S	S-N	Annahme
2610							
S	167	83	84	27	14	13	
RE	63	32	31	19	9	10	
GZ	2	1	1	2	1	1	
2615							
ICE	19	12	7	15	5	10	25% FV mit 400m / 75% FV mit 200m
RE	2	1	1	10	5	5	
GZ	49	22	27	26	13	13	
S	2	1	1	1	0	1	S16
562							
S	3	3	0	21	9	12	ZF/2 von Gleis 560, RF mit 12 angesetzt
561							
S	3	3	0	45	21	24	ZF/2 von Gleis 560, RF mit 12 angesetzt



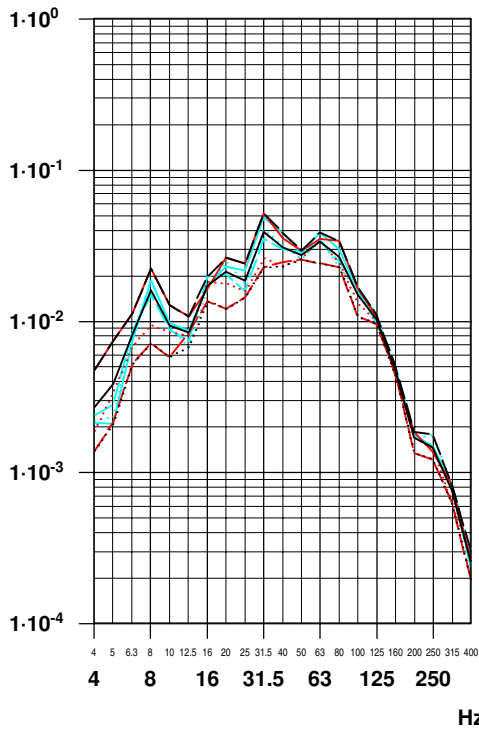


Orange Markierung:

Besohlte Schwellen in Gleis 561 ab Ecke Bebauung zzgl. 45° Ausbreitungswinkel bis zur Weiche und in der Weiche ab Herzstücke jeweils 10 m.

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



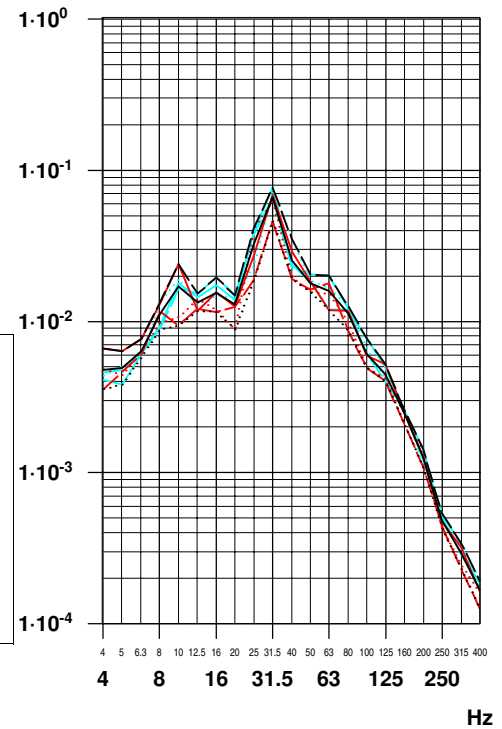
linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.101
(2) 0.062
(3) 0.072
(4) 0.097
(5) 0.082
(6) 0.085
(7) 0.084
(8) 0.104
(9) 0.061

rechtes Diagramm

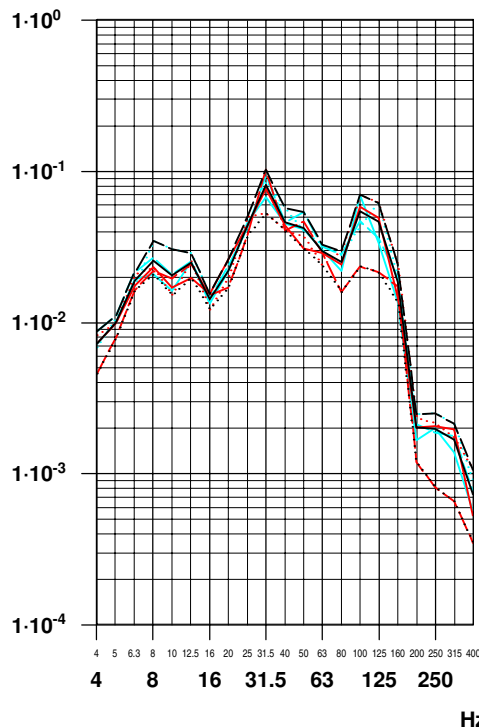
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.092
(2) 0.066
(3) 0.086
(4) 0.100
(5) 0.093
(6) 0.096
(7) 0.090
(8) 0.108
(9) 0.063

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

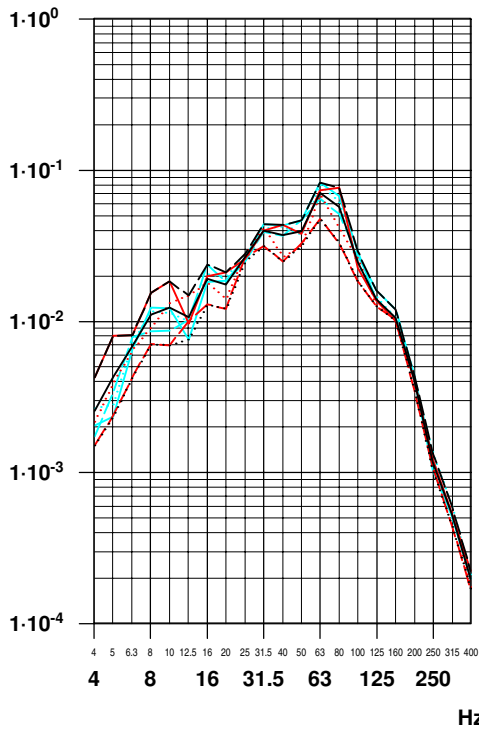
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.145
(2) 0.144
(3) 0.148
(4) 0.144
(5) 0.157
(6) 0.163
(7) 0.150
(8) 0.188
(9) 0.104

(1) Messung: SB
(2) Messung: SE
(3) Messung: SI
(4) Messung: SK
(5) Messung: SG
(6) Messung: SN
(7) energ. Mittel
(8) obere Hüllkurve
(9) untere Hüllkurve
Grenzkurve (entfällt)

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:32:36

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

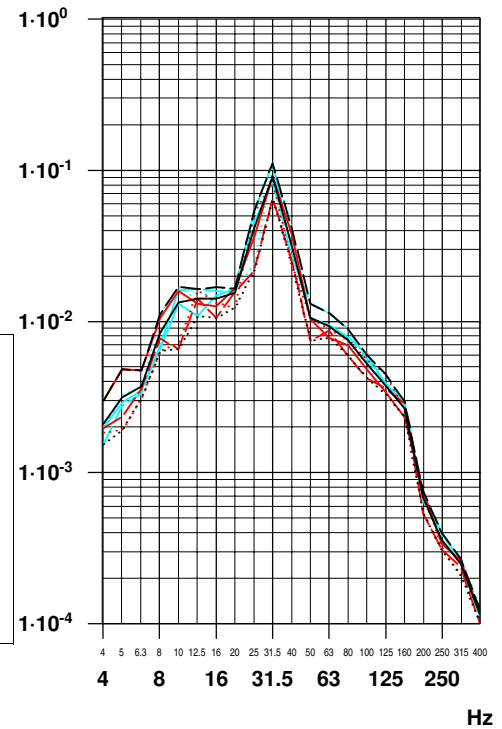


linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.140
(2)	0.089
(3)	0.113
(4)	0.143
(5)	0.123
(6)	0.135
(7)	0.125
(8)	0.152
(9)	0.088

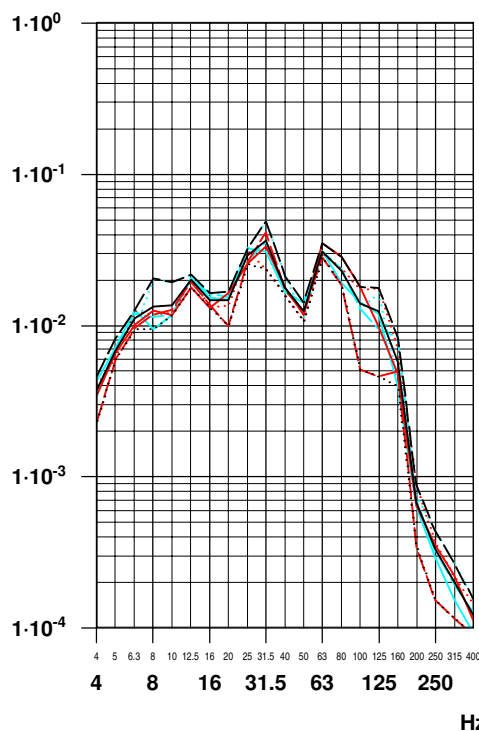
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.112
(2)	0.079
(3)	0.106
(4)	0.132
(5)	0.107
(6)	0.123
(7)	0.111
(8)	0.137
(9)	0.077



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

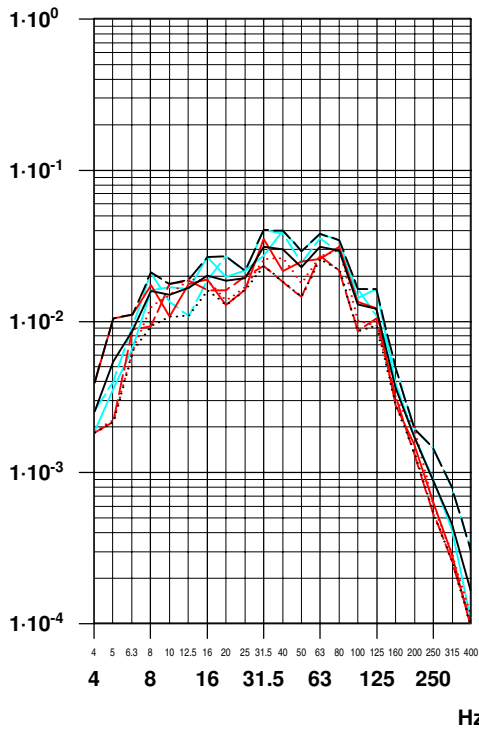
eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.077
(2)	0.072
(3)	0.073
(4)	0.074
(5)	0.076
(6)	0.089
(7)	0.077
(8)	0.095
(9)	0.061

— (1) Messung: SB
- - (2) Messung: SE
... (3) Messung: SI
— (4) Messung: SK
— (5) Messung: SG
... (6) Messung: SN
— (7) energ. Mittel
— (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
●● Grenzkurve (entfällt)

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:33:23

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

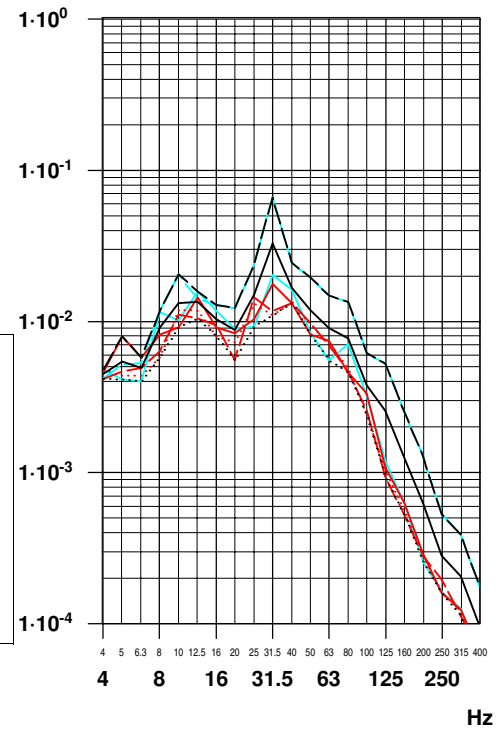
(1)	0.078
(2)	0.065
(3)	0.072
(4)	0.094
(5)	0.093
(7)	0.081
(8)	0.103
(9)	0.059

rechtes Diagramm

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

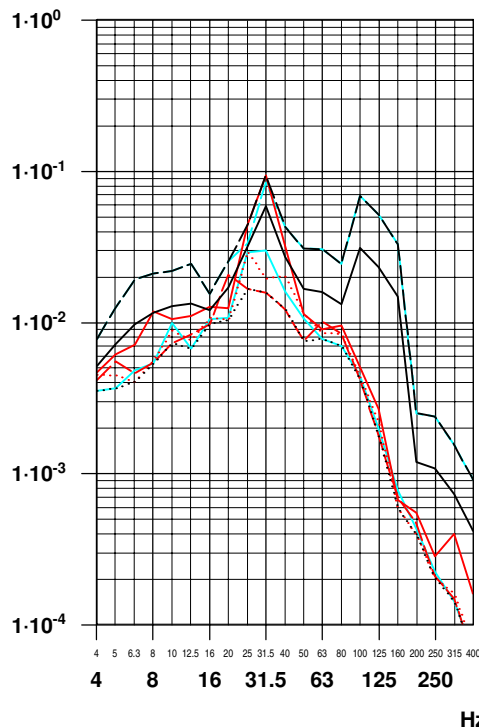
(1)	0.037
(2)	0.034
(3)	0.034
(4)	0.041
(5)	0.087
(7)	0.051
(8)	0.087
(9)	0.030

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

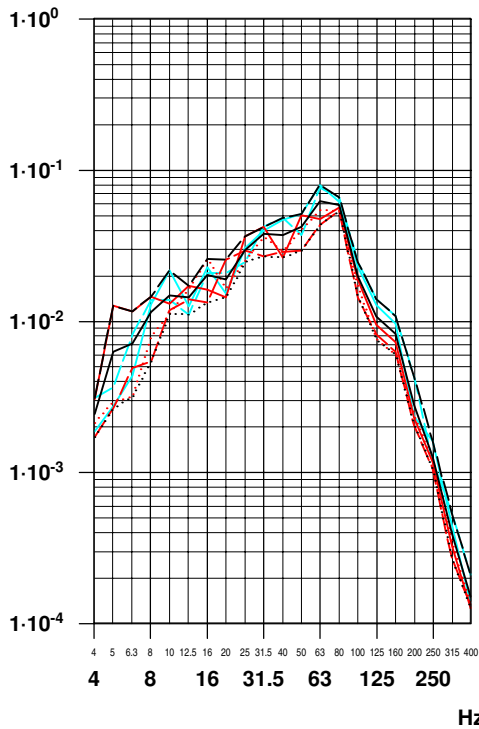
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.114
(2)	0.041
(3)	0.049
(4)	0.052
(5)	0.156
(7)	0.094
(8)	0.164
(9)	0.035

— (1) Messung: SA
- - (2) Messung: SD
... (3) Messung: SJ
— (4) Messung: SO
— (5) Messung: SP
— (7) energ. Mittel
— (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

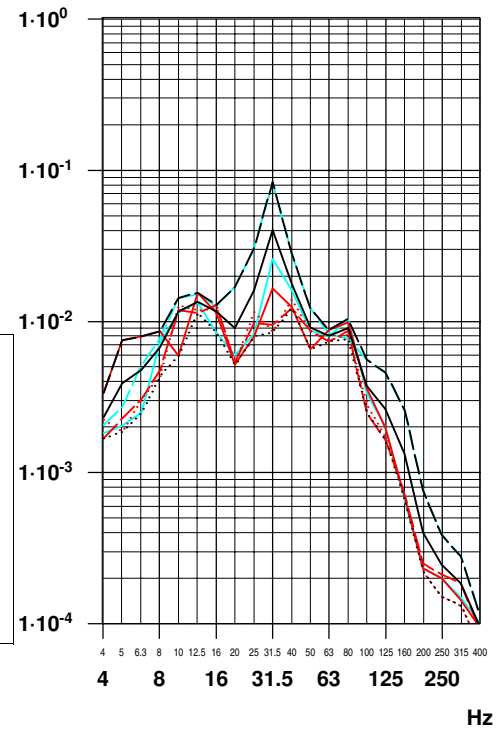
(1)	0.117
(2)	0.098
(3)	0.110
(4)	0.142
(5)	0.137
(7)	0.122
(8)	0.150
(9)	0.093

rechtes Diagramm

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

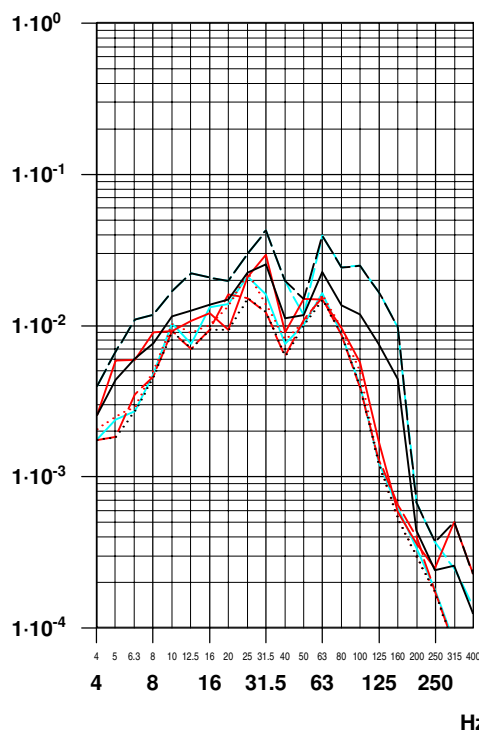
(1)	0.037
(2)	0.032
(3)	0.034
(4)	0.042
(5)	0.101
(7)	0.055
(8)	0.101
(9)	0.027

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

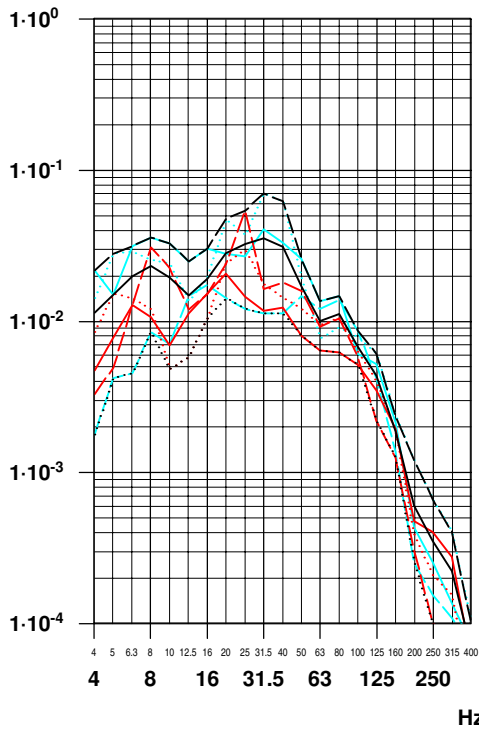
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz

(1)	0.051
(2)	0.037
(3)	0.042
(4)	0.042
(5)	0.091
(7)	0.056
(8)	0.092
(9)	0.034

— (1) Messung: SA
— (2) Messung: SD
... (3) Messung: SJ
— (4) Messung: SO
— (5) Messung: SP
— (7) energ. Mittel
— (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



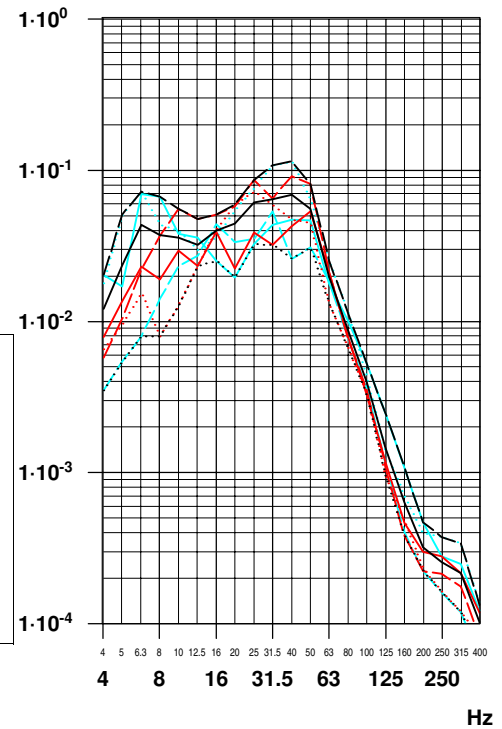
linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.043
(2)	0.081
(3)	0.057
(4)	0.105
(5)	0.044
(6)	0.130
(7)	0.083
(8)	0.147
(9)	0.033

rechtes Diagramm

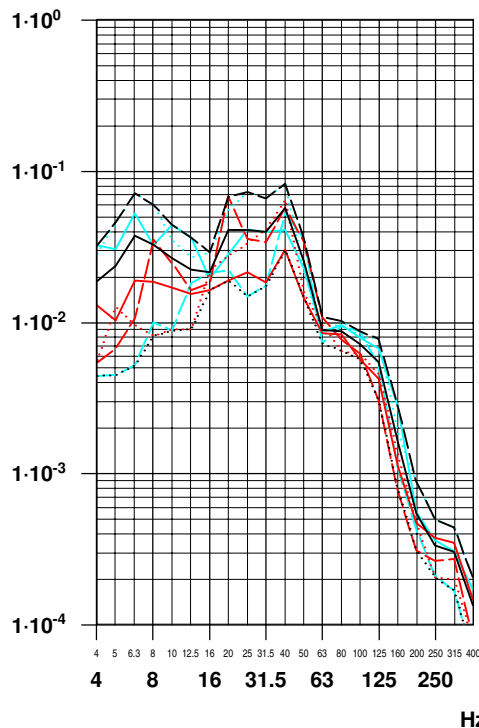
eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.111
(2)	0.202
(3)	0.140
(4)	0.147
(5)	0.104
(6)	0.229
(7)	0.162
(8)	0.253
(9)	0.077

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

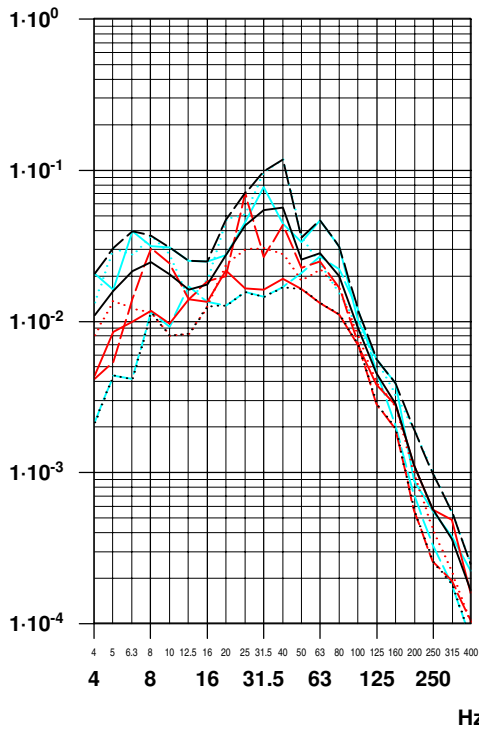
eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.065
(2)	0.121
(3)	0.097
(4)	0.127
(5)	0.080
(6)	0.188
(7)	0.120
(8)	0.198
(9)	0.052

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

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:34:35

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

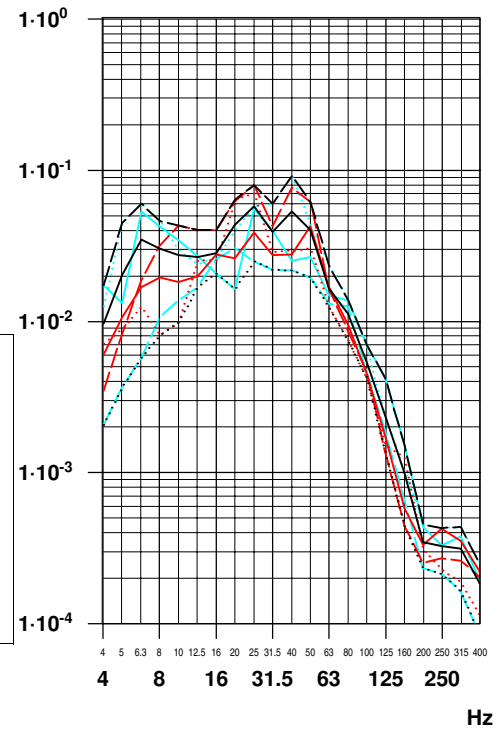


linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.053
(2)	0.109
(3)	0.072
(4)	0.144
(5)	0.059
(6)	0.187
(7)	0.115
(8)	0.205
(9)	0.045

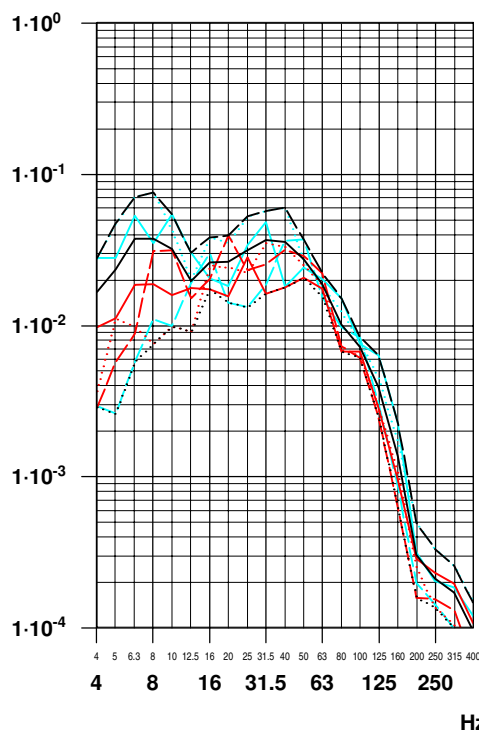
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.091
(2)	0.170
(3)	0.117
(4)	0.119
(5)	0.068
(6)	0.173
(7)	0.129
(8)	0.202
(9)	0.058



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

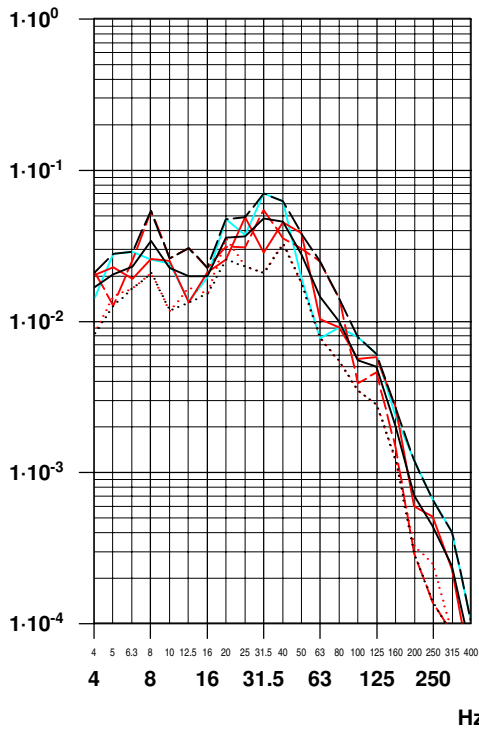
eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.065
(2)	0.089
(3)	0.075
(4)	0.125
(5)	0.074
(6)	0.173
(7)	0.107
(8)	0.181
(9)	0.048

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

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:34:55

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.105
(2) 0.119
(3) 0.073
(4) 0.130

(7) 0.109
(8) 0.152
(9) 0.068

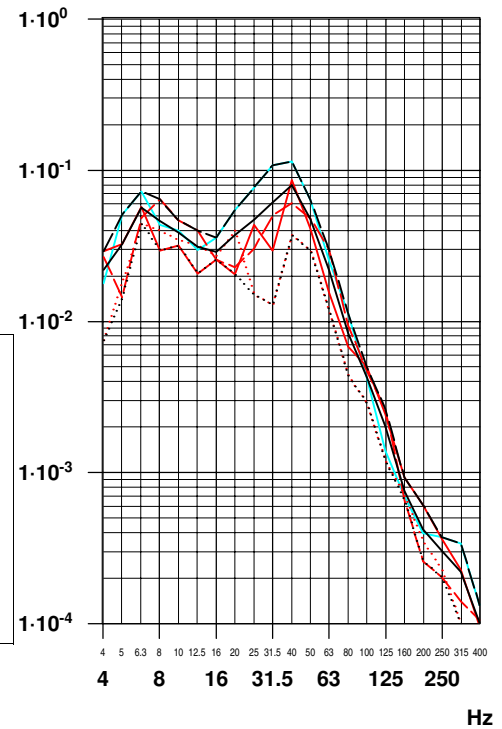
rechtes Diagramm

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

(1) 0.144
(2) 0.151
(3) 0.106
(4) 0.229

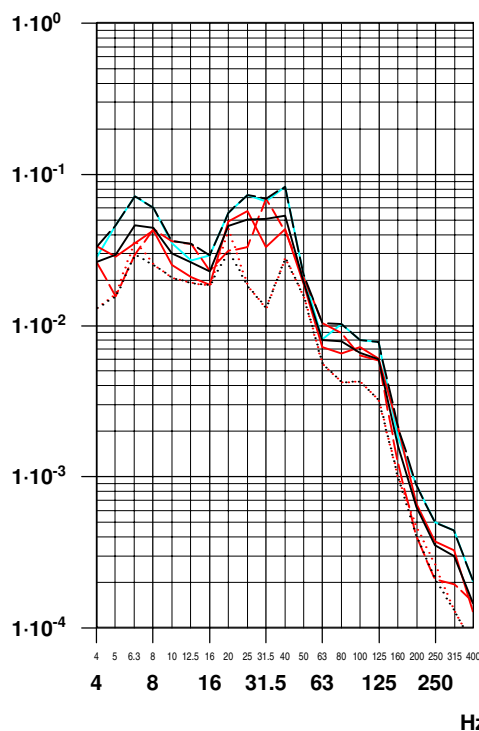
(7) 0.164
(8) 0.238
(9) 0.092

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.125
(2) 0.127
(3) 0.084
(4) 0.188

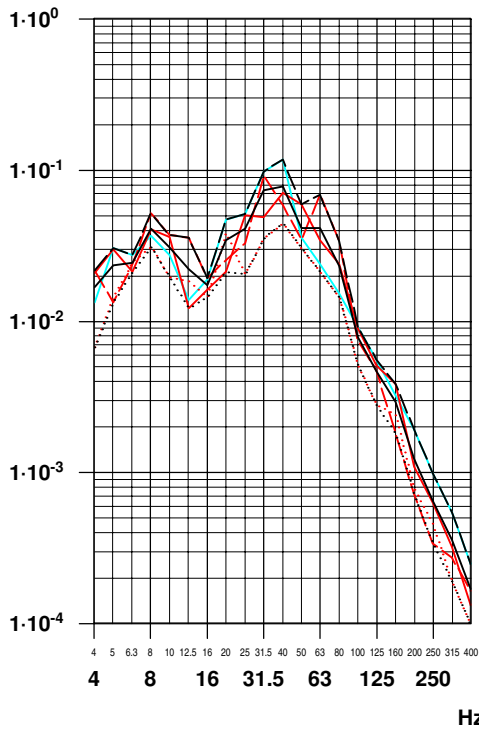
(7) 0.136
(8) 0.191
(9) 0.075

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

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:35:12

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.145
(2) 0.167
(3) 0.098
(4) 0.187

(7) 0.153
(8) 0.214
(9) 0.090

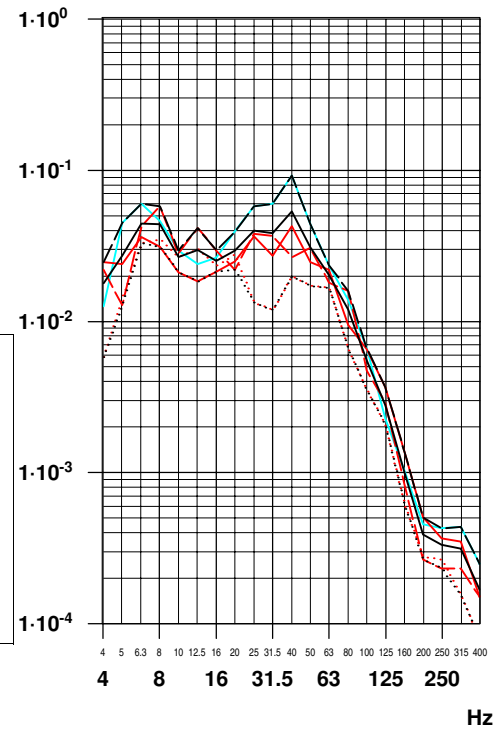
rechtes Diagramm

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

(1) 0.103
(2) 0.122
(3) 0.083
(4) 0.173

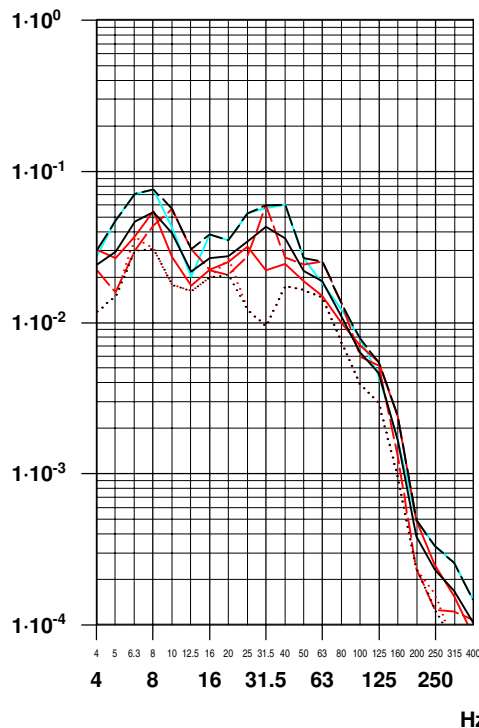
(7) 0.125
(8) 0.182
(9) 0.073

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.105
(2) 0.123
(3) 0.074
(4) 0.173

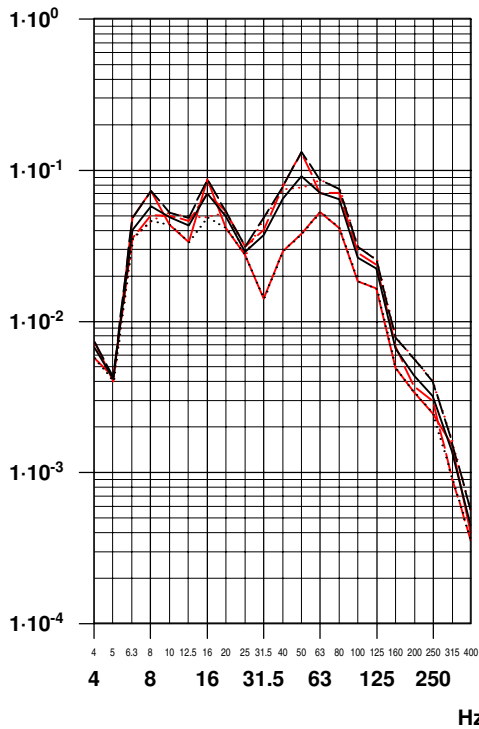
(7) 0.124
(8) 0.180
(9) 0.069

(1) Messung: GE
(2) Messung: GG
(3) Messung: GI
(4) Messung: GB
--- (7) energ. Mittel
--- (8) obere Hüllkurve
--- (9) untere Hüllkurve
● Grenzcurve (entfällt)

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:35:31

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.169
(2) 0.234
(3) 0.208

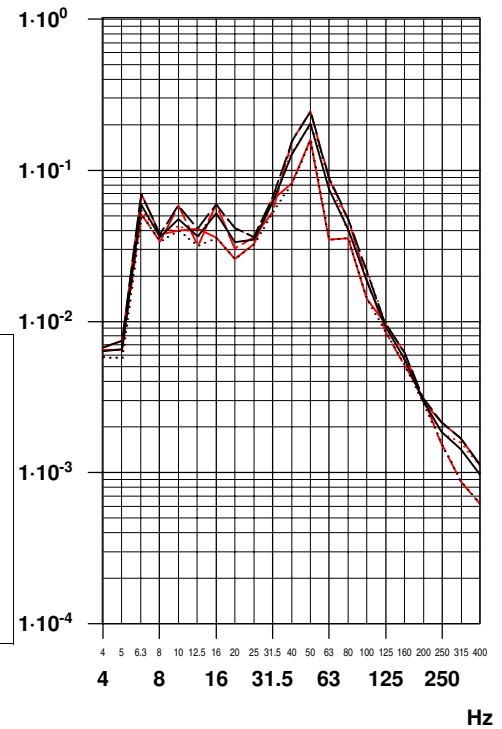
(7) 0.205
(8) 0.256
(9) 0.138

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.228
(2) 0.336
(3) 0.294

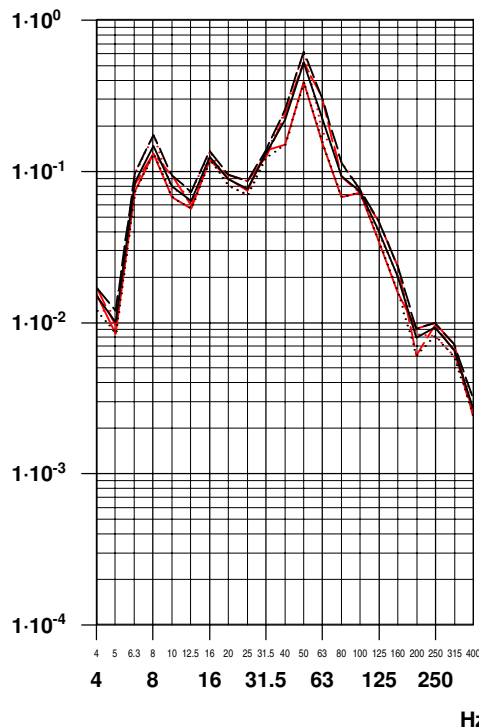
(7) 0.289
(8) 0.345
(9) 0.218

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

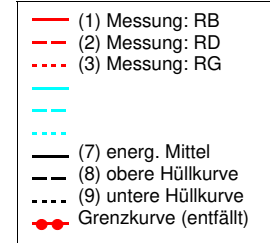
Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

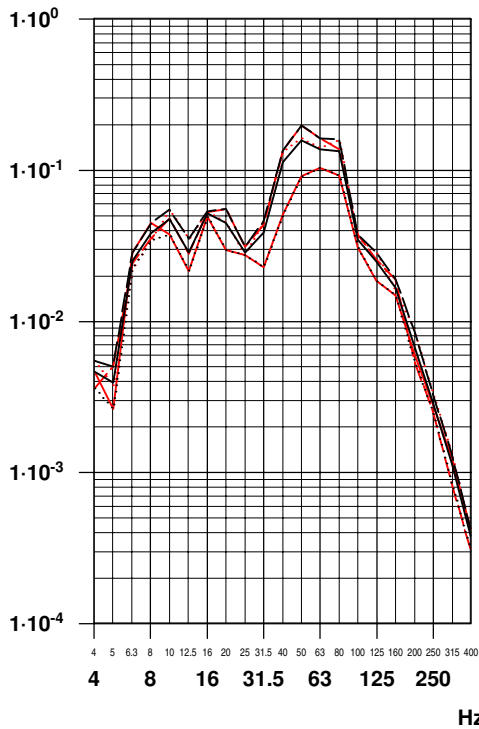
eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.542
(2) 0.735
(3) 0.784

(7) 0.695
(8) 0.828
(9) 0.536



Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.204
(2) 0.347
(3) 0.327

(7) 0.299
(8) 0.360
(9) 0.201

rechtes Diagramm

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

(1) 0.248
(2) 0.267
(3) 0.229

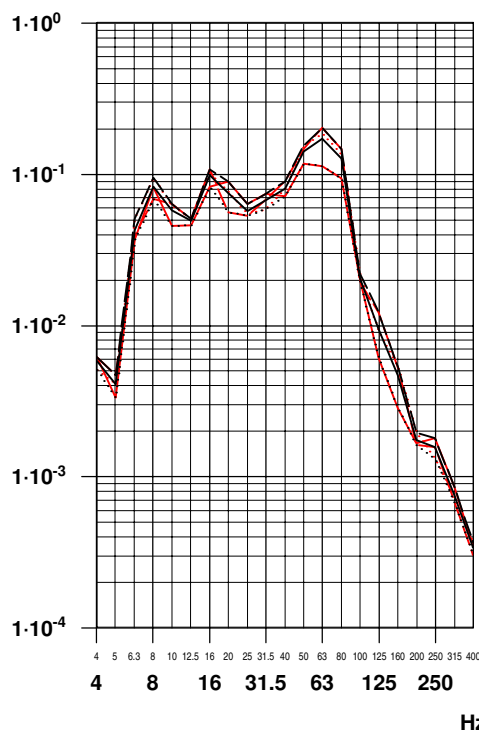
(7) 0.248
(8) 0.303
(9) 0.195

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.280
(2) 0.361
(3) 0.356

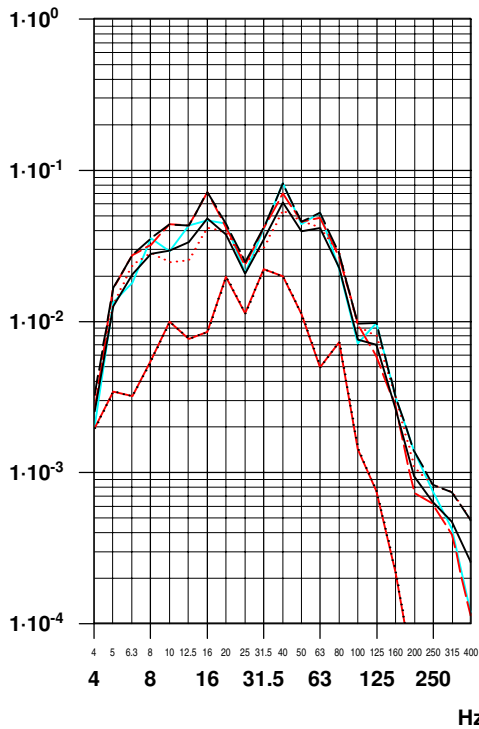
(7) 0.335
(8) 0.381
(9) 0.261

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

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:36:24

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.044
(2) 0.159
(3) 0.124
(4) 0.152

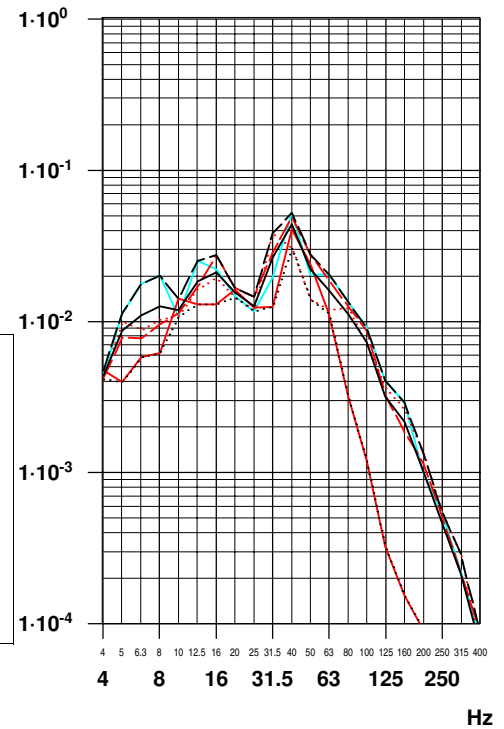
(7) 0.128
(8) 0.168
(9) 0.044

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.060
(2) 0.081
(3) 0.066
(4) 0.082

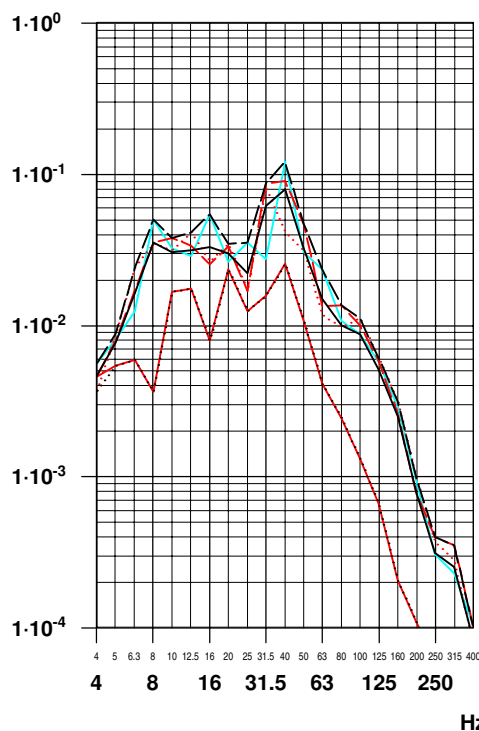
(7) 0.073
(8) 0.093
(9) 0.048

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]
Terz 4 - 315 Hz
(1) 0.050
(2) 0.158
(3) 0.129
(4) 0.164

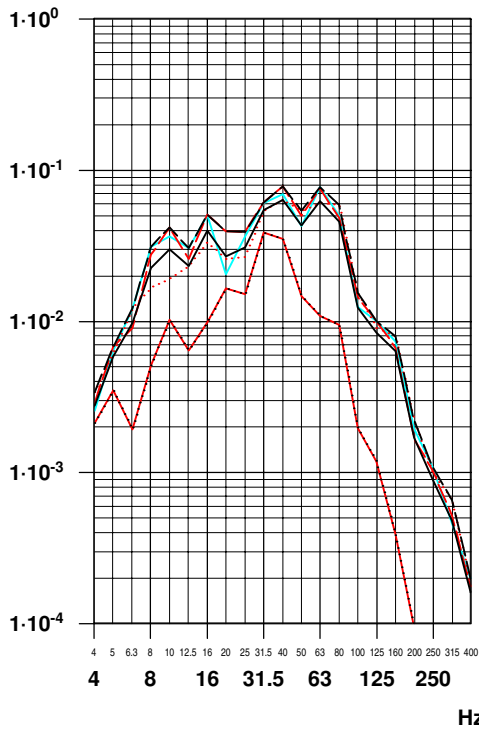
(7) 0.133
(8) 0.194
(9) 0.050

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

408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:36:42

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.063
(2) 0.173
(3) 0.146
(4) 0.164

(7) 0.144
(8) 0.180
(9) 0.063

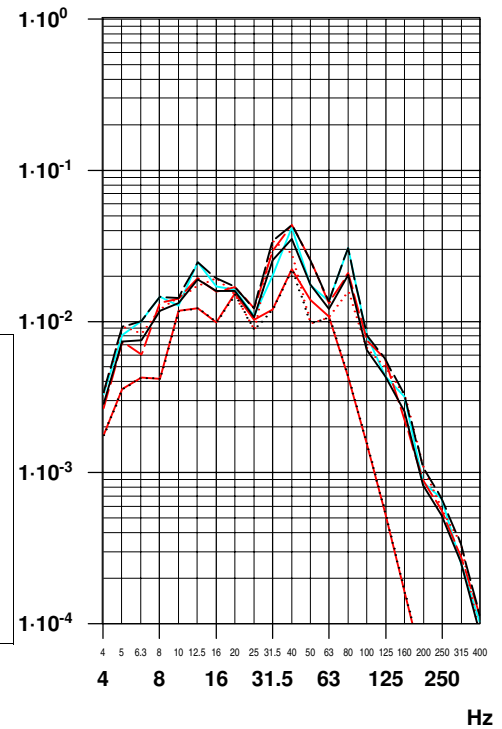
rechtes Diagramm

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

(1) 0.042
(2) 0.075
(3) 0.063
(4) 0.074

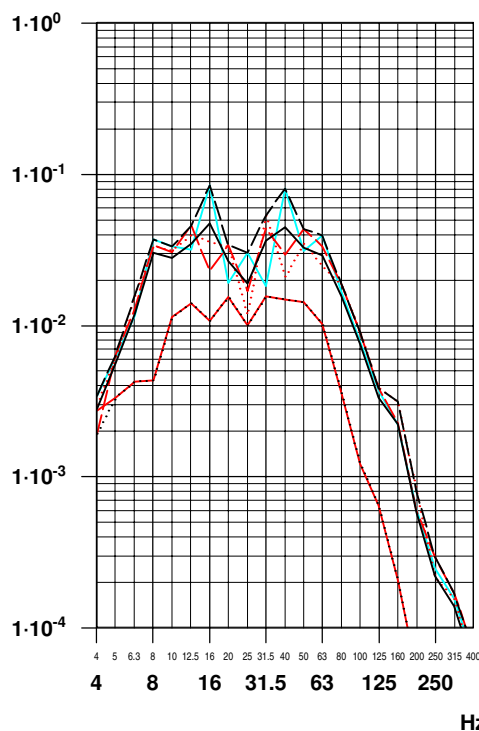
(7) 0.065
(8) 0.084
(9) 0.040

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]

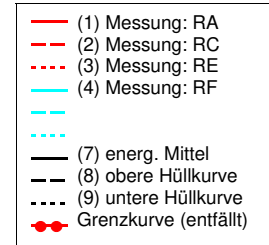


linkes Diagramm

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

(1) 0.040
(2) 0.113
(3) 0.110
(4) 0.148

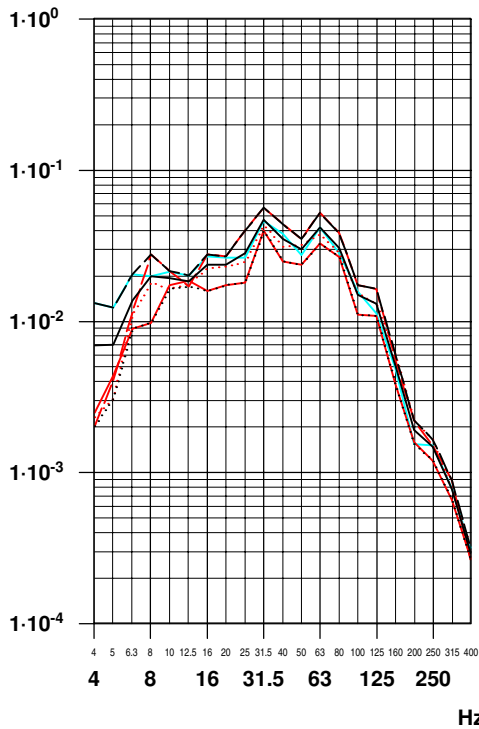
(7) 0.110
(8) 0.166
(9) 0.040



408.42; DST_KS1a.seq; 24.01.14; 14:37:03

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1) 0.081
(2) 0.126
(3) 0.096
(4) 0.107

(7) 0.104
(8) 0.129
(9) 0.080

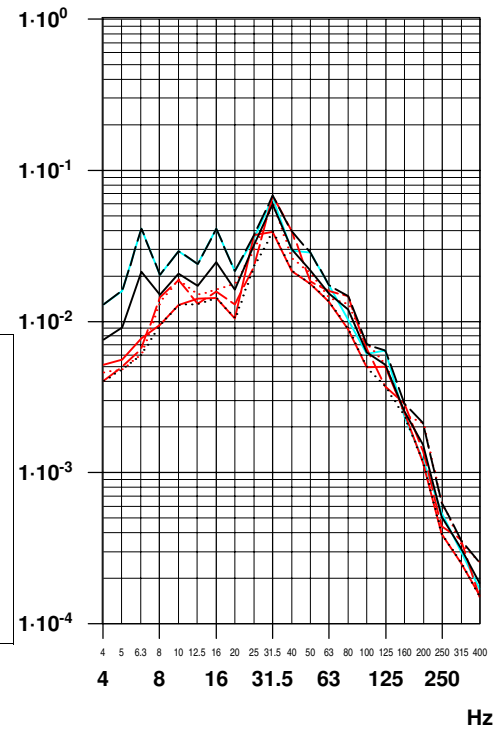
rechtes Diagramm

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

(1) 0.070
(2) 0.094
(3) 0.087
(4) 0.118

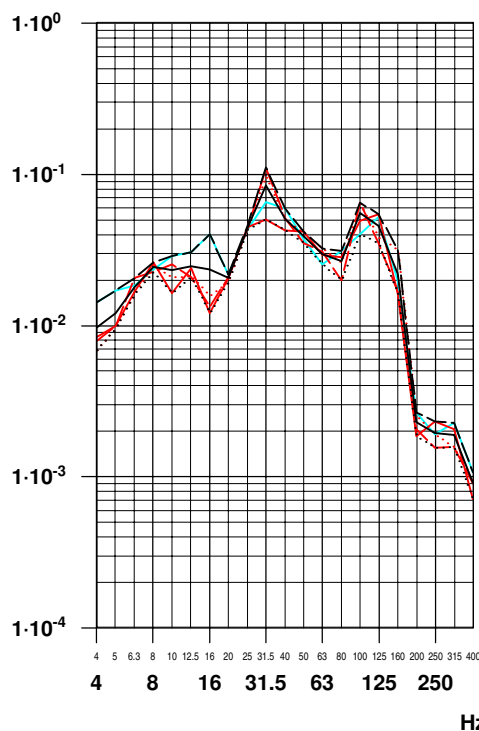
(7) 0.094
(8) 0.123
(9) 0.063

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

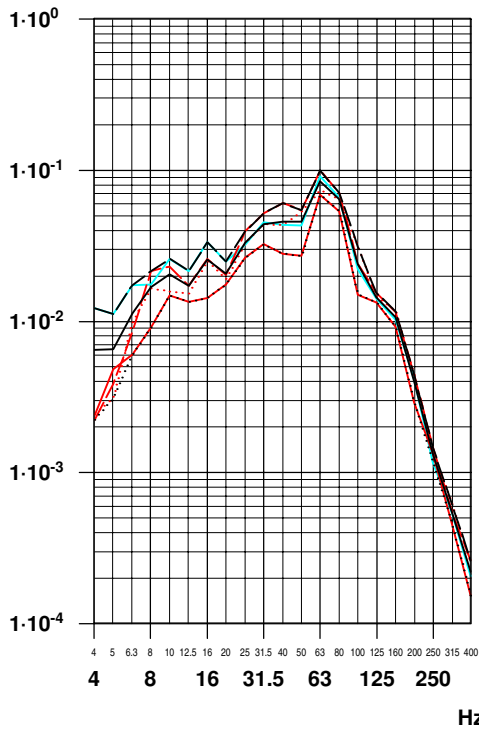
(1) 0.135
(2) 0.168
(3) 0.163
(4) 0.151

(7) 0.155
(8) 0.189
(9) 0.117

(1) Messung: SC
(2) Messung: SF
(3) Messung: SL
(4) Messung: SQ
.....
(7) energ. Mittel
(8) obere Hüllkurve
(9) untere Hüllkurve
●● Grenzcurve (entfällt)

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

(1)	0.112
(2)	0.172
(3)	0.144
(4)	0.156

(7)	0.148
(8)	0.177
(9)	0.112

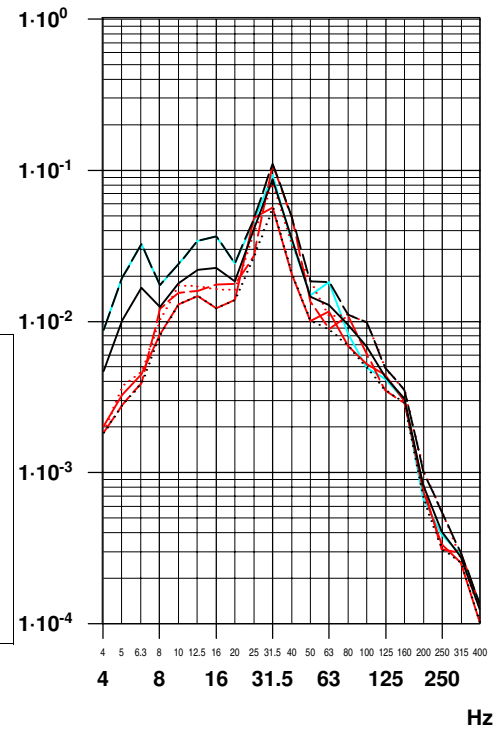
rechtes Diagramm

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

(1)	0.084
(2)	0.130
(3)	0.106
(4)	0.135

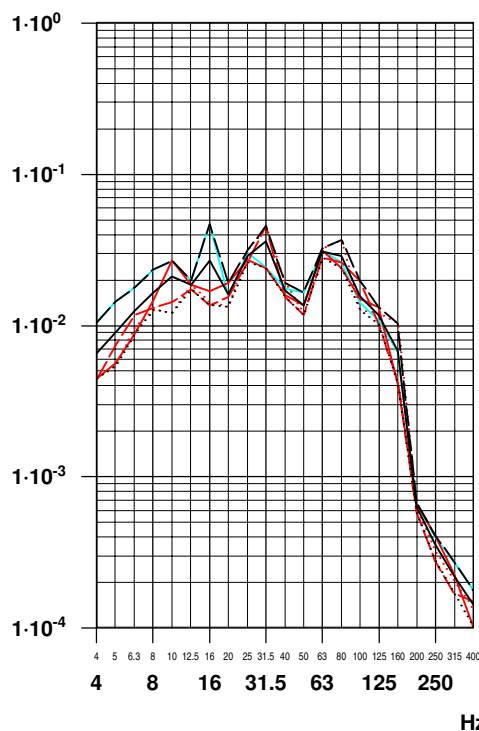
(7)	0.116
(8)	0.153
(9)	0.074

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

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

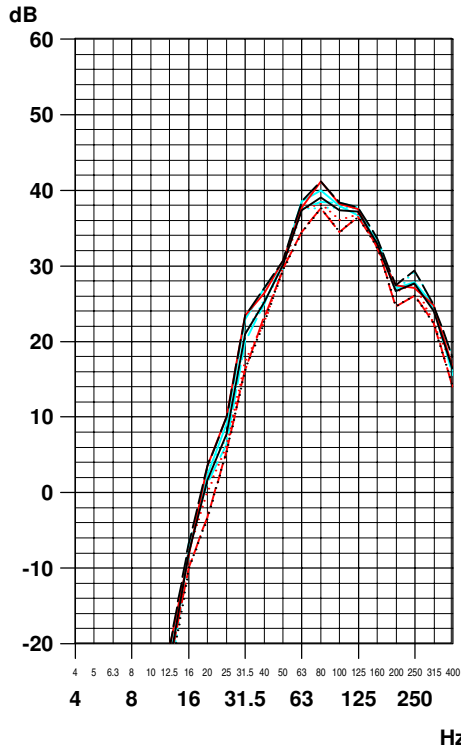
(1)	0.076
(2)	0.080
(3)	0.087
(4)	0.094

(7)	0.085
(8)	0.108
(9)	0.066

- (1) Messung: SC
- (2) Messung: SF
- (3) Messung: SL
- (4) Messung: SQ
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

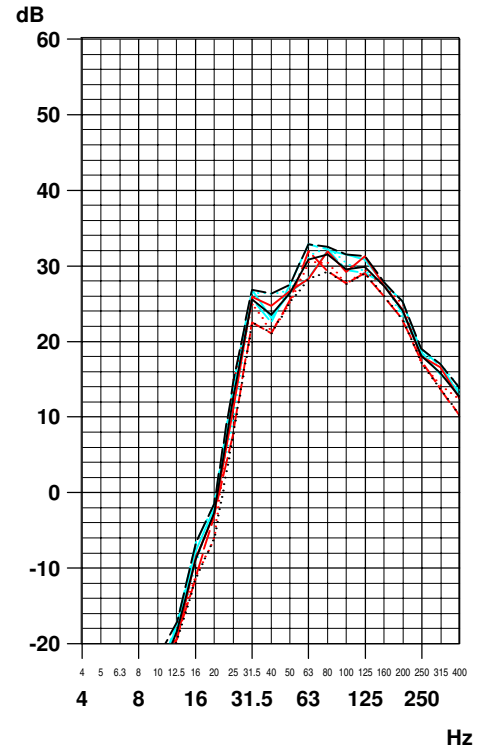
(1)	46
(2)	43
(3)	44
(4)	45
(5)	45
(6)	45
(7)	45
(8)	46
(9)	43

rechtes Diagramm

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

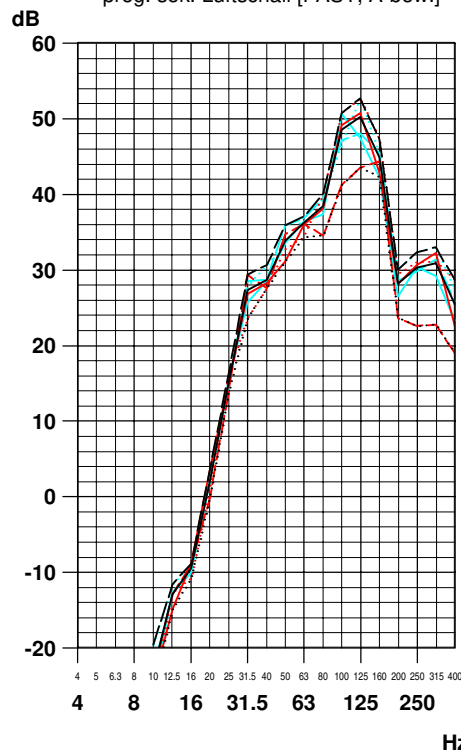
(1)	38
(2)	37
(3)	37
(4)	39
(5)	39
(6)	39
(7)	38
(8)	40
(9)	36

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

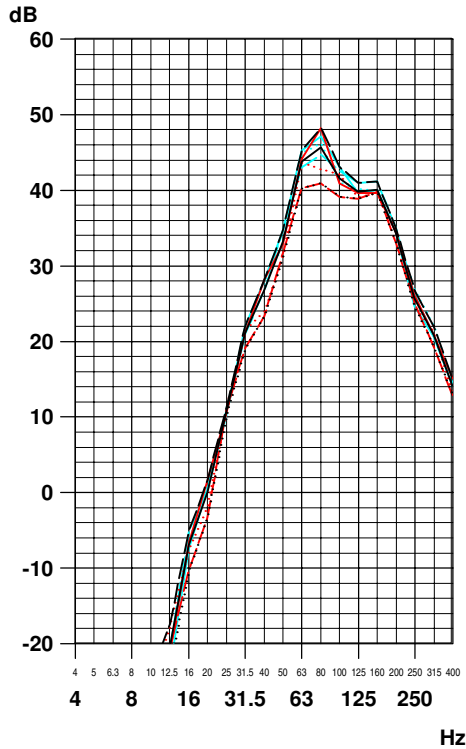
(1)	54
(2)	49
(3)	56
(4)	53
(5)	52
(6)	55
(7)	54
(8)	56
(9)	48

- (1) Messung: SB
- (2) Messung: SE
- (3) Messung: SI
- (4) Messung: SK
- (5) Messung: SG
- (6) Messung: SN
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:08:27

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

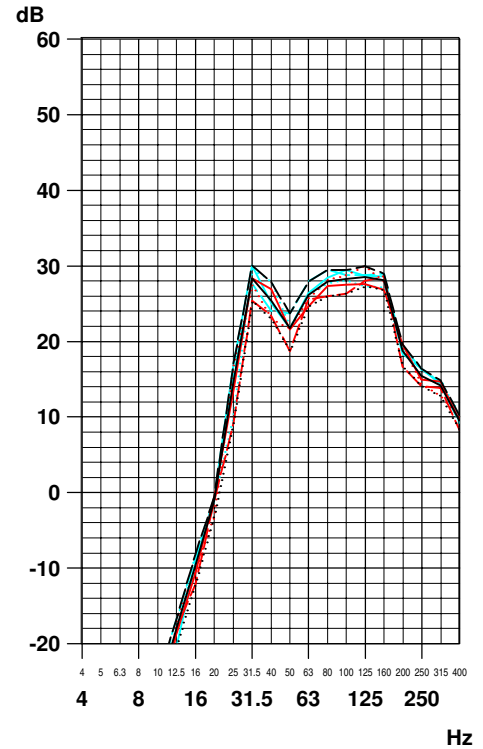
(1)	51
(2)	47
(3)	49
(4)	51
(5)	50
(6)	51
(7)	50
(8)	52
(9)	47

rechtes Diagramm

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

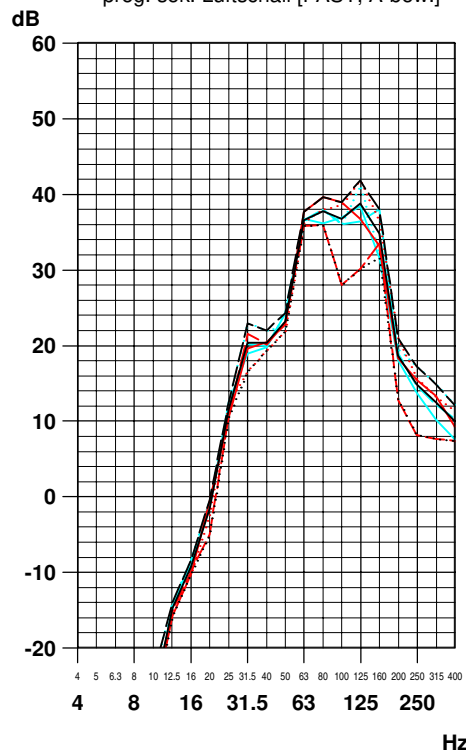
(1)	36
(2)	35
(3)	37
(4)	37
(5)	37
(6)	37
(7)	36
(8)	38
(9)	35

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

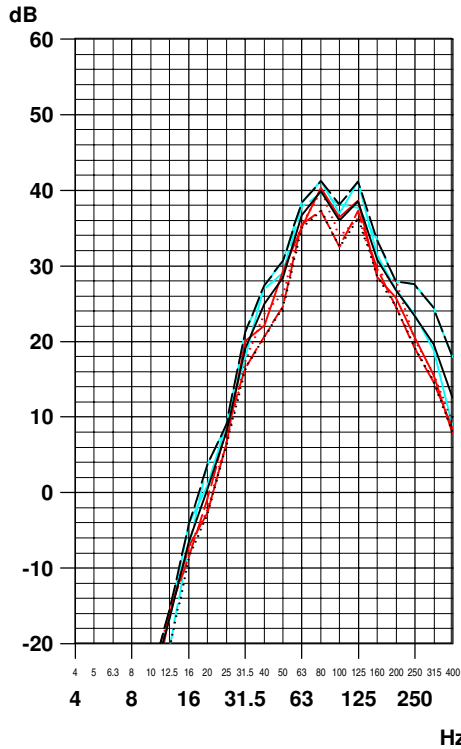
(1)	45
(2)	41
(3)	46
(4)	44
(5)	44
(6)	45
(7)	44
(8)	47
(9)	41

- (1) Messung: SB
- (2) Messung: SE
- (3) Messung: SI
- (4) Messung: SK
- (5) Messung: SG
- (6) Messung: SN
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:09:12

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

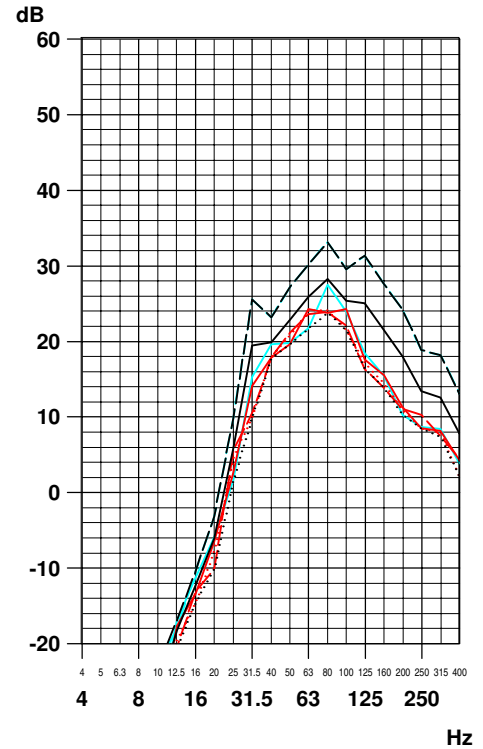
(1) 45
(2) 43
(3) 44
(4) 46
(5) 45

rechtes Diagramm

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

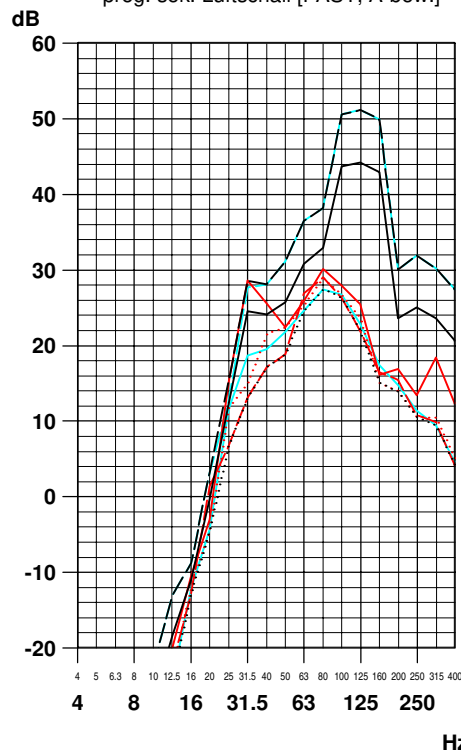
(1) 30
(2) 30
(3) 30
(4) 31
(5) 39

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

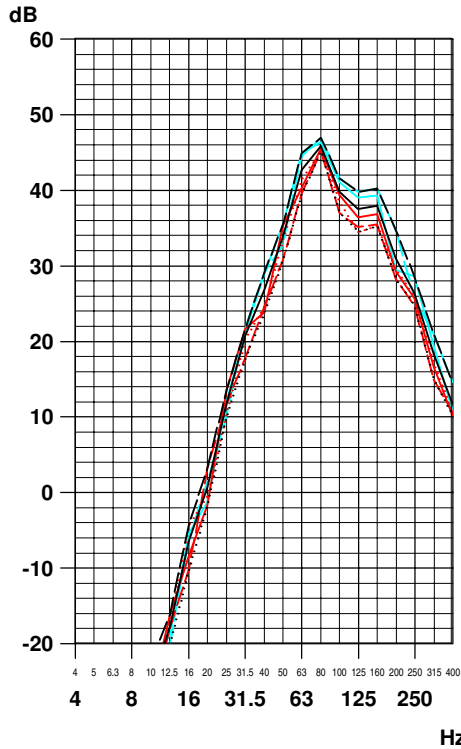
(1) 36
(2) 33
(3) 34
(4) 33
(5) 56

(7) 49
(8) 56
(9) 32

- (1) Messung: SA
- (2) Messung: SD
- (3) Messung: SJ
- (4) Messung: SO
- (5) Messung: SP
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

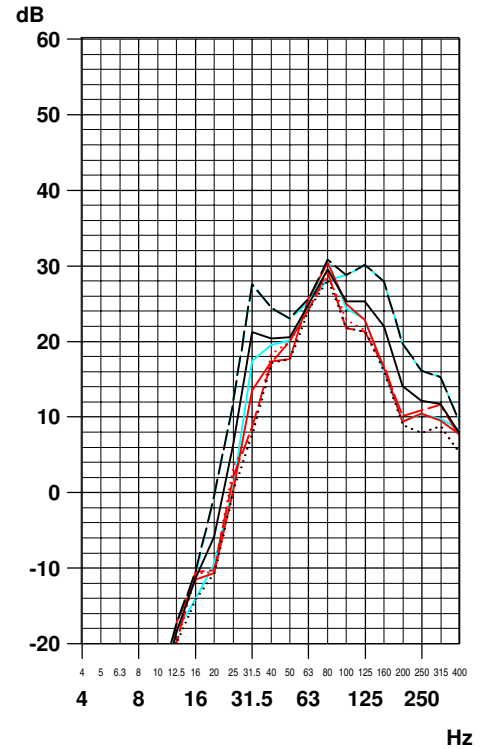
(1)	48
(2)	48
(3)	48
(4)	50
(5)	51
(7)	49
(8)	51
(9)	47

rechtes Diagramm

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

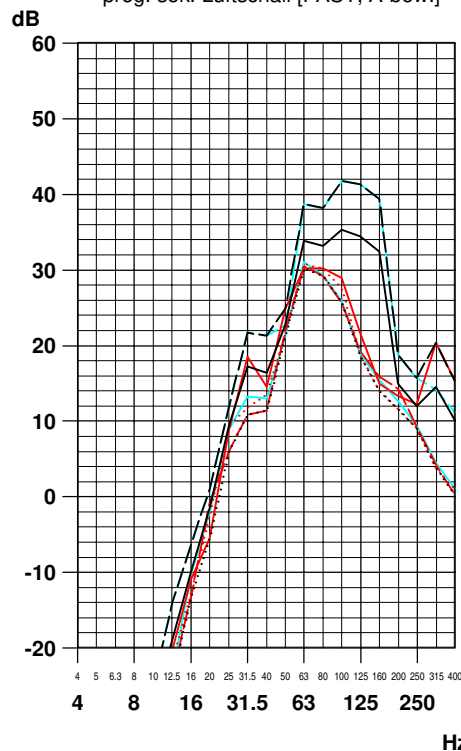
(1)	33
(2)	32
(3)	32
(4)	34
(5)	37
(7)	34
(8)	37
(9)	31

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	36
(2)	34
(3)	35
(4)	35
(5)	47
(7)	41
(8)	47
(9)	34

- (1) Messung: SA
- (2) Messung: SD
- (3) Messung: SJ
- (4) Messung: SO
- (5) Messung: SP
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

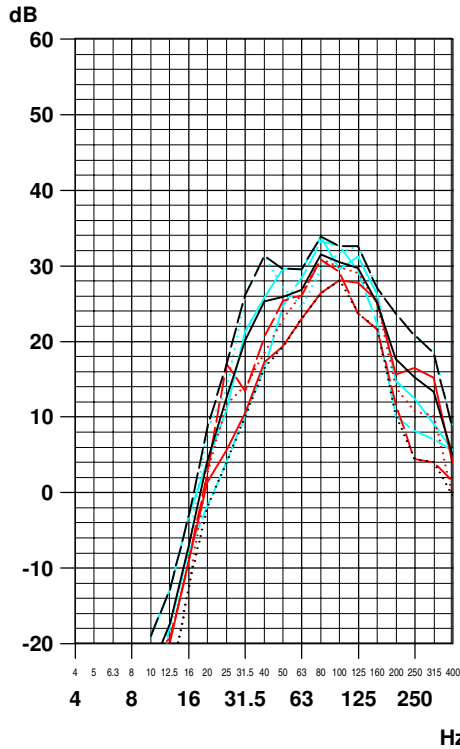
408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:10:12

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Longerich Güterzüge

Abb. 5.2.LS.1

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

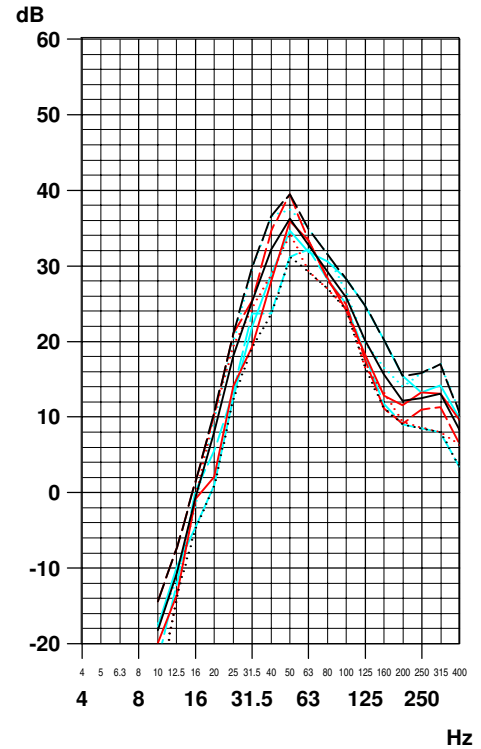
(1)	34
(2)	35
(3)	36
(4)	39
(5)	38
(6)	39
(7)	37
(8)	40
(9)	33

rechtes Diagramm

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

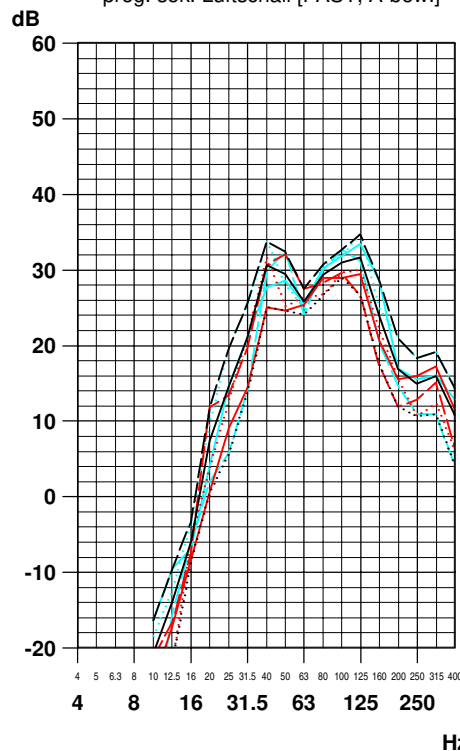
(1)	39
(2)	42
(3)	37
(4)	39
(5)	37
(6)	42
(7)	40
(8)	43
(9)	35

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	36
(2)	38
(3)	37
(4)	39
(5)	39
(6)	40
(7)	38
(8)	41
(9)	34

- (1) Messung: GC
- (2) Messung: GD
- (3) Messung: GF
- (4) Messung: GH
- (5) Messung: GJ
- (6) Messung: GB
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

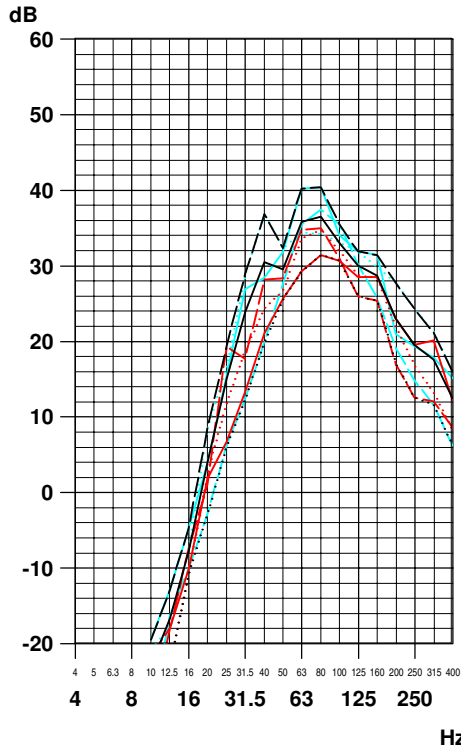
408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:10:34

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Longerich Güterzüge

Abb. 5.2.LS.2

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

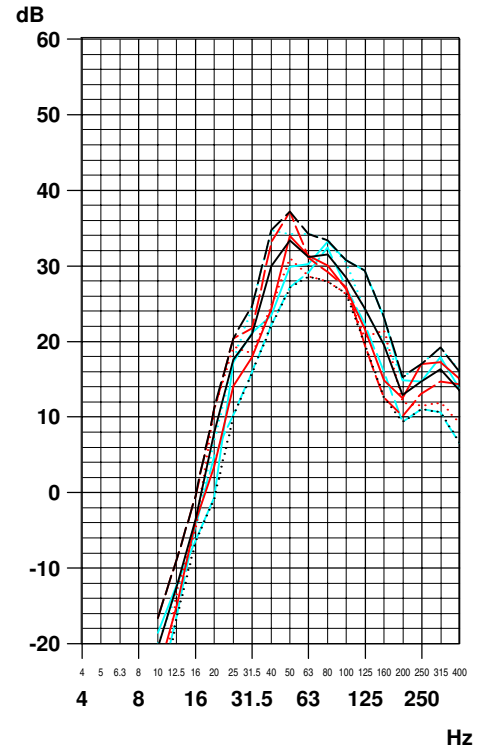
(1)	38
(2)	40
(3)	40
(4)	45
(5)	42
(6)	43
(7)	42
(8)	46
(9)	37

rechtes Diagramm

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

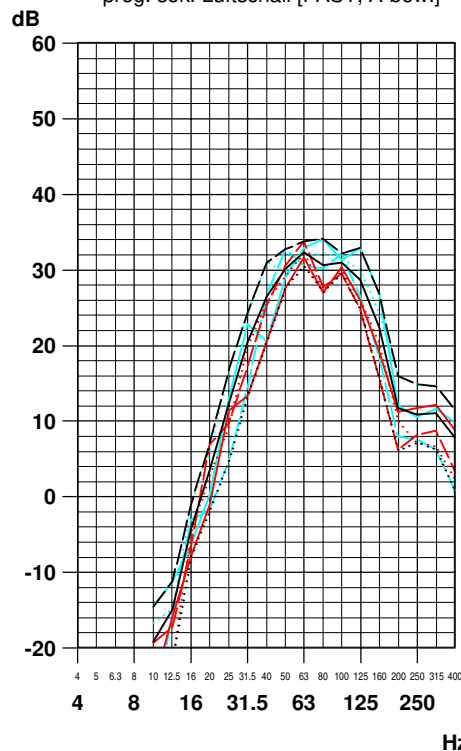
(1)	38
(2)	40
(3)	36
(4)	38
(5)	36
(6)	41
(7)	39
(8)	42
(9)	34

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	36
(2)	38
(3)	37
(4)	40
(5)	38
(6)	39
(7)	38
(8)	41
(9)	36

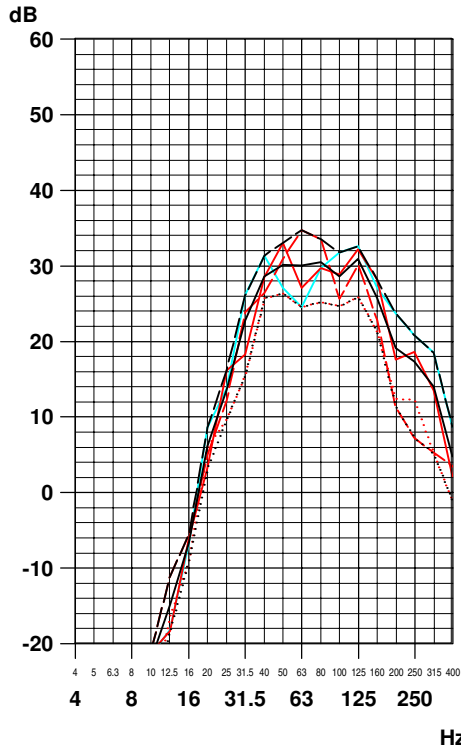
- (1) Messung: GC
- (2) Messung: GD
- (3) Messung: GF
- (4) Messung: GH
- (5) Messung: GJ
- (6) Messung: GB
- (7) energ. Mittel
- (8) obere Hüllkurve
- (9) untere Hüllkurve
- Grenzkurve (entfällt)

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Nippes Güterzüge

Abb. 5.2.LS.3

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 39
(2) 39
(3) 34
(4) 39

(7) 38
(8) 41
(9) 34

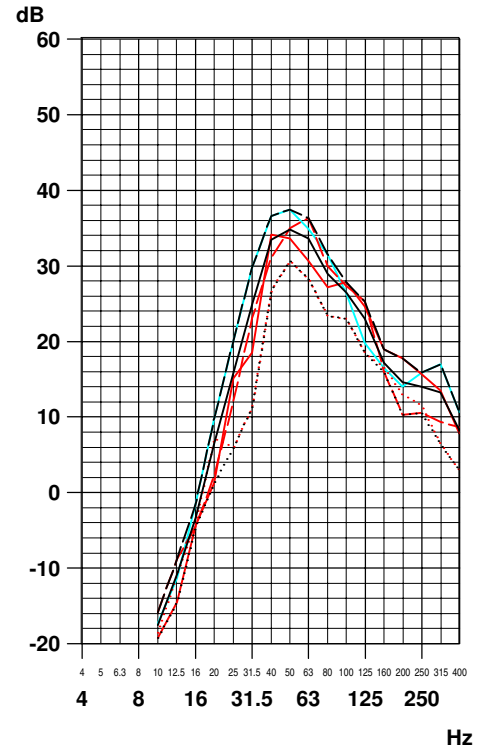
rechtes Diagramm

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

(1) 39
(2) 40
(3) 35
(4) 42

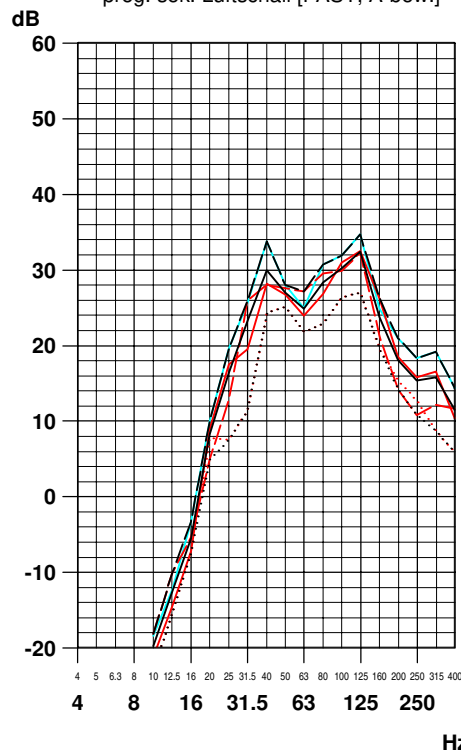
(7) 40
(8) 43
(9) 35

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 38
(2) 38
(3) 33
(4) 40

(7) 38
(8) 40
(9) 33

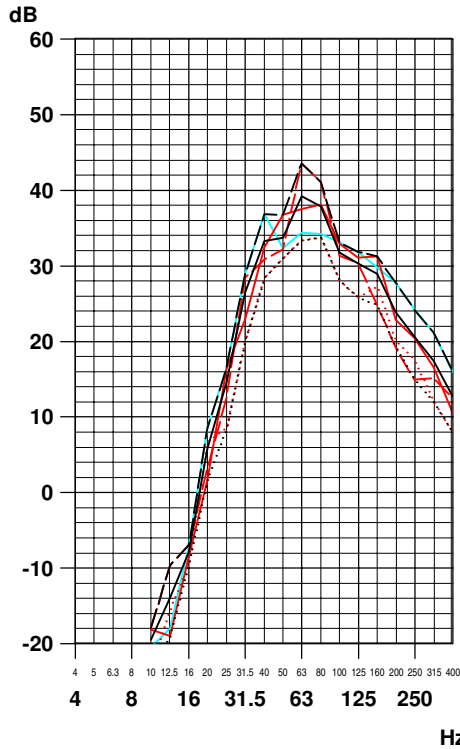
(1) Messung: GE
(2) Messung: GG
(3) Messung: GI
(4) Messung: GB
--- (7) energ. Mittel
--- (8) obere Hüllkurve
--- (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Nippes Güterzüge

Abb. 5.2.LS.4

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	44
(2)	46
(3)	39
(4)	43

(7)	44
(8)	47
(9)	39

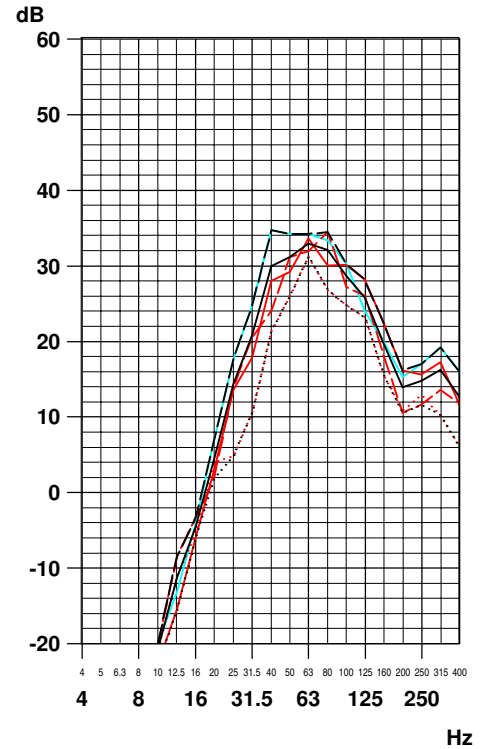
rechtes Diagramm

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

(1)	38
(2)	39
(3)	35
(4)	41

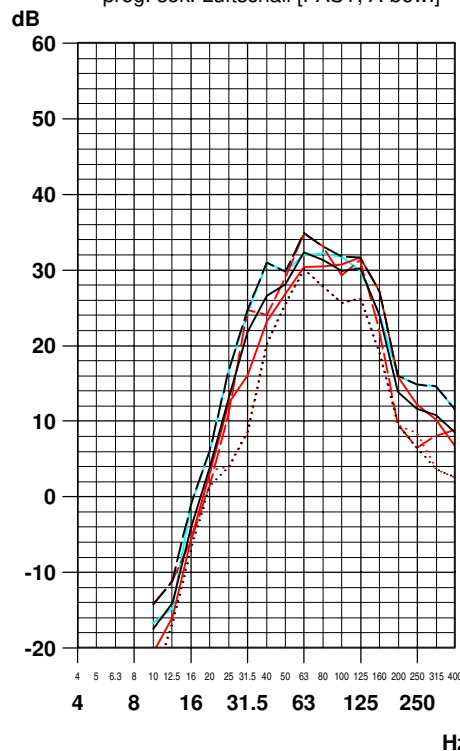
(7)	39
(8)	41
(9)	35

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	38
(2)	39
(3)	35
(4)	39

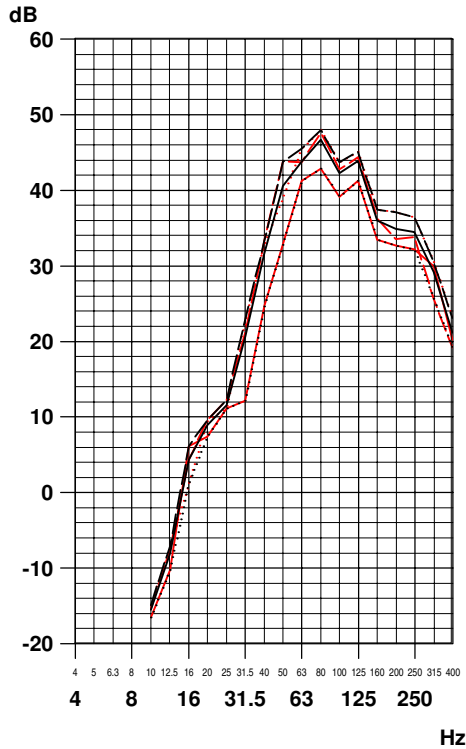
(7)	38
(8)	41
(9)	35

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

408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:11:52

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

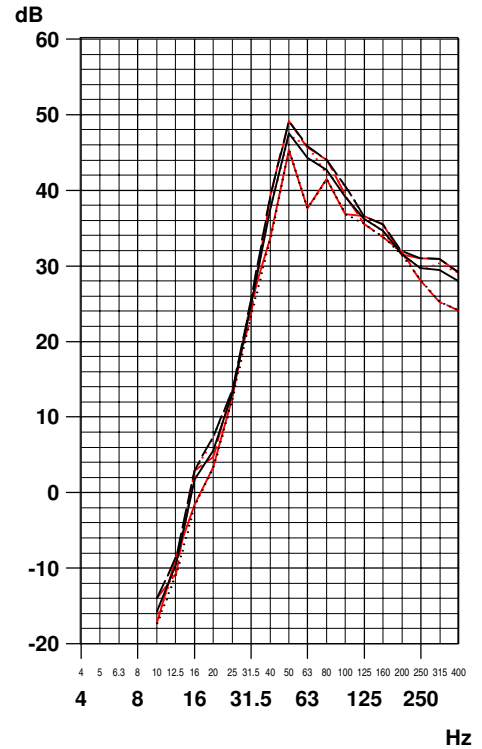
(1)	48
(2)	52
(3)	53
(7)	51
(8)	53
(9)	48

rechtes Diagramm

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

(1)	49
(2)	52
(3)	51
(7)	51
(8)	53
(9)	48

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	58
(2)	61
(3)	61
(7)	60
(8)	62
(9)	58

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

408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:12:33

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 54
(2) 57
(3) 57

(7) 56
(8) 58
(9) 54

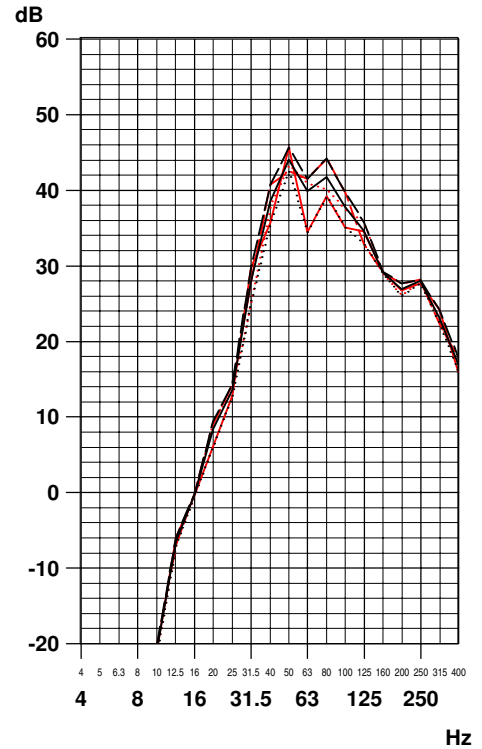
rechtes Diagramm

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

(1) 48
(2) 49
(3) 48

(7) 48
(8) 50
(9) 46

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 53
(2) 57
(3) 56

(7) 56
(8) 57
(9) 53

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

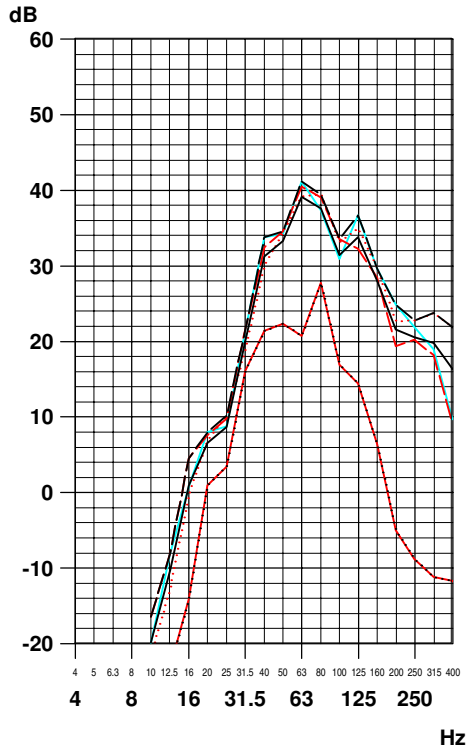
408.42; DST_LS1a.seq; 24.01.14; 15:12:48

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Nippes Regionalzüge

Abb. 5.3.LS.3

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 31
(2) 45
(3) 44
(4) 45

(7) 44
(8) 46
(9) 31

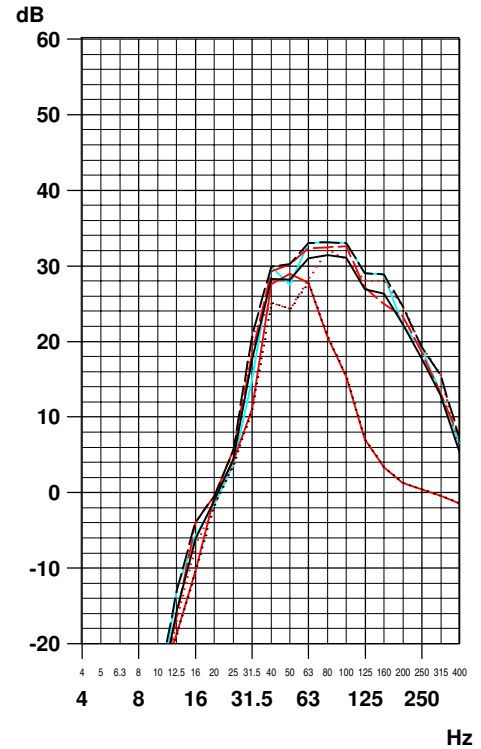
rechtes Diagramm

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

(1) 33
(2) 39
(3) 38
(4) 40

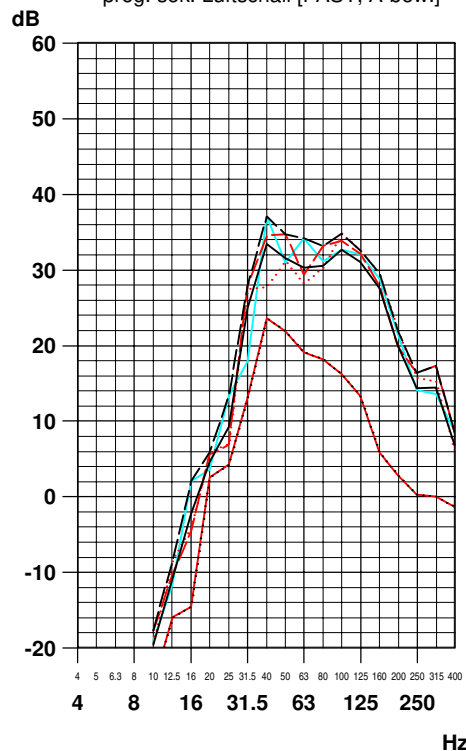
(7) 38
(8) 40
(9) 31

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 28
(2) 42
(3) 40
(4) 42

(7) 40
(8) 43
(9) 28

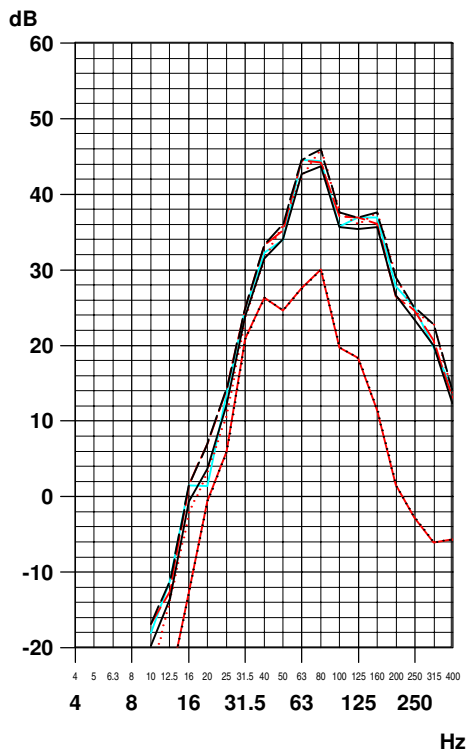
(1) Messung: RA
(2) Messung: RC
(3) Messung: RE
(4) Messung: RF
(7) energ. Mittel
(8) obere Hüllkurve
(9) untere Hüllkurve
Grenzkurve (entfällt)

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugfahrten Richtung Köln-Nippes Regionalzüge

Abb. 5.3.LS.4

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	34
(2)	49
(3)	49
(4)	49

(7)	48
(8)	50
(9)	34

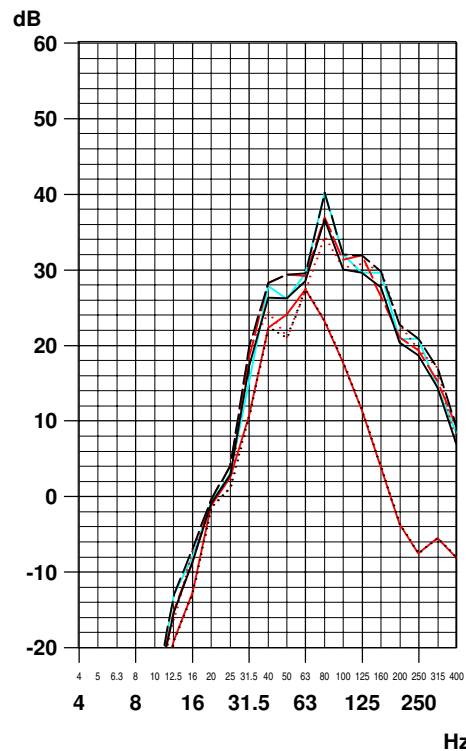
rechtes Diagramm

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

(1)	31
(2)	40
(3)	39
(4)	42

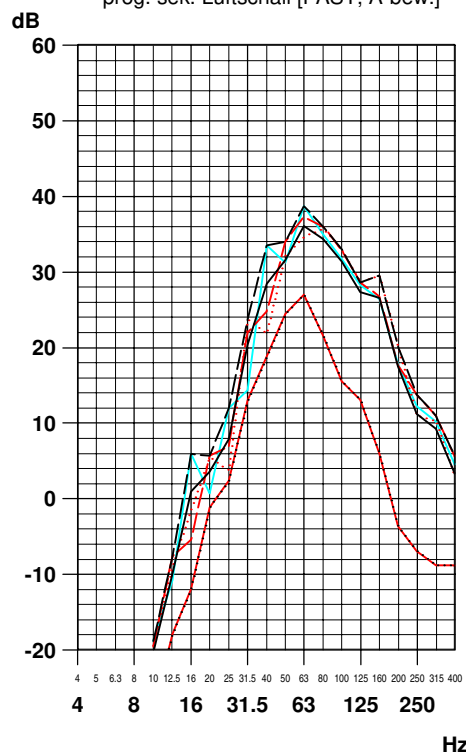
(7)	40
(8)	42
(9)	31

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	30
(2)	42
(3)	41
(4)	42

(7)	41
(8)	43
(9)	30

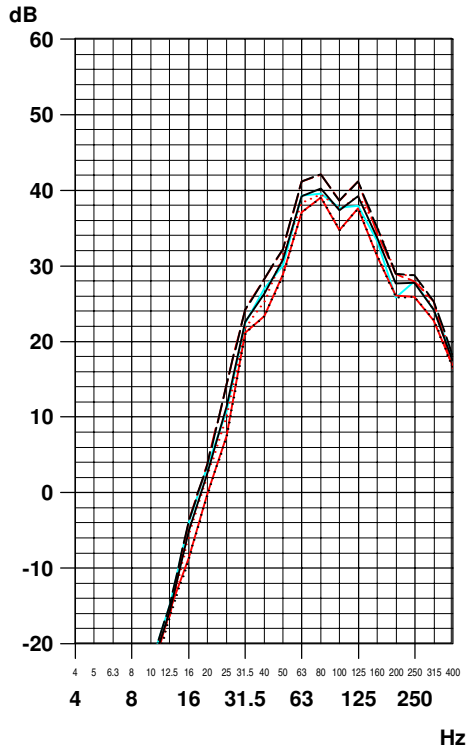
— (1) Messung: RA
- - (2) Messung: RC
... (3) Messung: RE
— (4) Messung: RF
... (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
... (9) untere Hüllkurve
● Grenzkurve (entfällt)

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugkreuzungen S-Bahnen

Abb. 5.4.LS.1

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 11G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 44
(2) 48
(3) 46
(4) 45

(7) 46
(8) 48
(9) 44

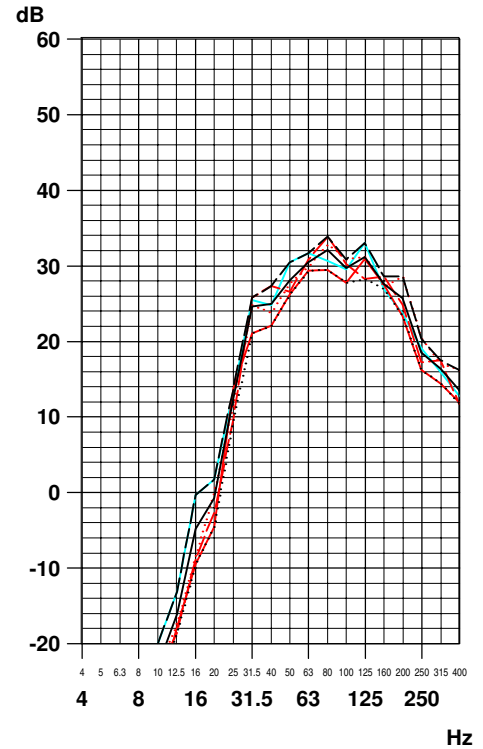
rechtes Diagramm

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

(1) 37
(2) 39
(3) 39
(4) 39

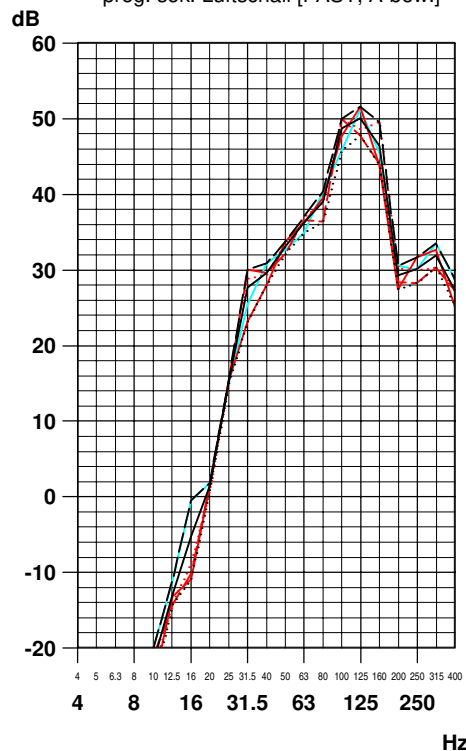
(7) 39
(8) 40
(9) 37

Messpunkt 21G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 31G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 3,25 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 54
(2) 53
(3) 55
(4) 54

(7) 54
(8) 56
(9) 51

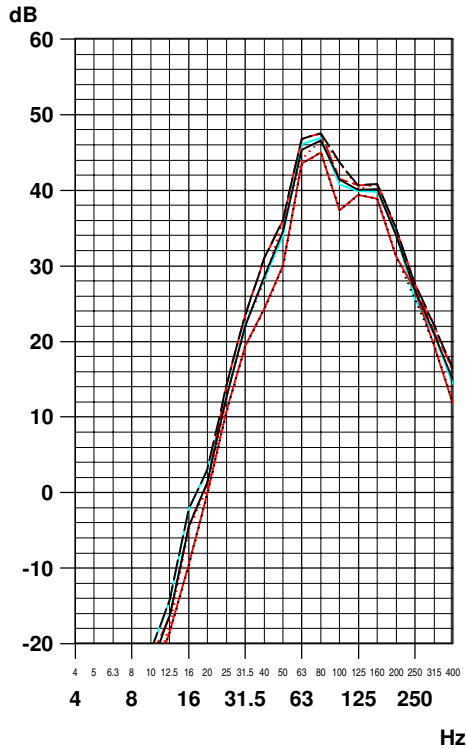
(1) Messung: SC
(2) Messung: SF
(3) Messung: SL
(4) Messung: SQ
(7) energ. Mittel
(8) obere Hüllkurve
(9) untere Hüllkurve
Grenzkurve (entfällt)

Prognostizierter Sekundärluftschall Zugkreuzungen S-Bahnen

Abb. 5.4.LS.2

A-bewertete Sekundärluftschall-Terzspektren

Messpunkt 12G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1) 49
(2) 52
(3) 51
(4) 51

(7) 51
(8) 52
(9) 49

rechtes Diagramm

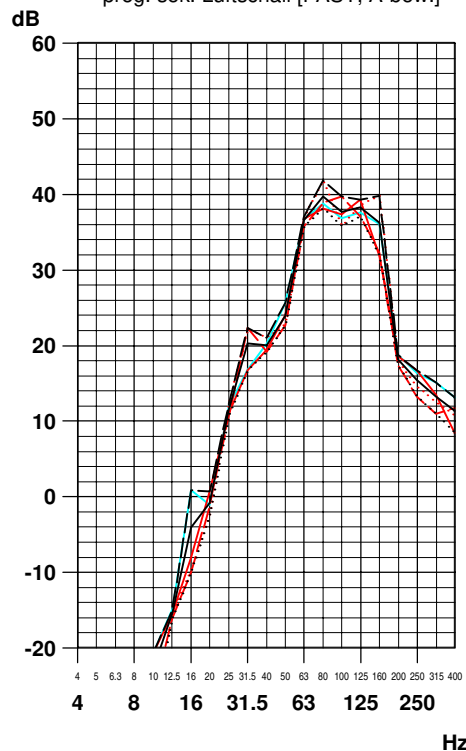
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]
Terz 20 - 315 Hz

(1) 36
(2) 38
(3) 39
(4) 38

(7) 38
(8) 40
(9) 35

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

Messpunkt 32G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



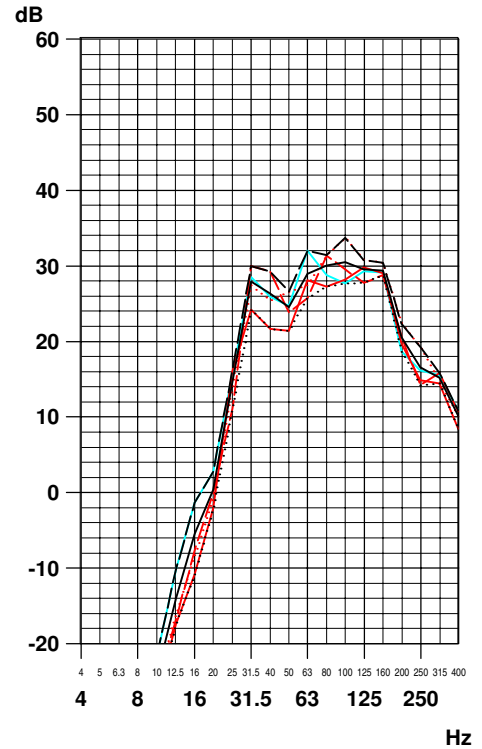
linkes Diagramm

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

(1) 44
(2) 45
(3) 46
(4) 44

(7) 45
(8) 47
(9) 43

Messpunkt 22G; vertikal
Freifeld, Abstand zur Stützmauer ca. 7,95 m
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



(1) Messung: SC
(2) Messung: SF
(3) Messung: SL
(4) Messung: SQ

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

408.42; DST_LS1b.seq; 24.01.14; 14:50:14