

## **BV Wiesau, Umschlagplatz Holz und Container Bahn-Immissionen**

Erschütterungs- und Sekundärluftschalltechnische  
Untersuchung

**imb-dynamik-Bericht Nr. B433381d vom 05.04.2019**

Auftraggeber:

Ziegler Logistik GmbH  
Betzenmühle 3  
**D-95703 Plößberg**

Bearbeitet von:



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



Dipl.-Ing. Florian von Scheurl  
Projektleiter

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



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

## Zusammenfassung

### Situation

In Wiesau, Landkreis Tirschenreuth soll die Umnutzung des bestehenden Bahnhofsgeländes in einen Umschlagplatz für Holz und Container erfolgen. Die geplante Umnutzung bedingt einen Antrag zur Planfeststellung nach §18 des allgemeinen Eisenbahngesetzes (AEG).



Bild (google maps): Betriebsgelände Fa. Ziegler Logistik GmbH

Der Betrieb des Umschlagplatzes für Container und Holz von/auf Bahn und LKW trägt in das Erdreich und in benachbarte Gebäude Körperschallwellen ein, die von den Bewohnern und Nutzern der Gebäude als Erschütterungen bzw. als sogenannter „sekundärer Luftschall“ wahrgenommen werden können. Es war sicherzustellen, dass

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

Für diese Aussagen waren Messungen erforderlich, welche die Erschütterungsimmissionen auf dem Betriebsgelände erfassen. Als Erschütterungsquellen sollten im Wesentlichen die Rangierfahrten der Güterzüge zum/vom Betriebsgelände (Weichenüberfahrten), Be- und Entladevorgänge, Staplerverkehr und LKW-Verkehr betrachtet werden.

### Ergebnisse und Beurteilung

Die folgenden Prognosewerte beziehen sich auf einen mittleren Abstand von 50 m zu den angesetzten Erschütterungsquellen bzw. zum Betriebsgelände.

#### Körperschall nach DIN 4150/2

	Gebäudeeigenschaften		Mischgebiet	Gewerbegeb.
Erschütterungen $KB_{Fmax}$		Anhaltswerte $A_0$ tag / nacht → ↓ Prognosewerte	5 / 0,3	6 / 0,4
	ungünstig	0,30	eingehalten	eingehalten
	günstig	0,16	eingehalten	eingehalten
Beurteilungspegel $KB_{FT}$		Anhaltswerte tags / nachts → ↓ Prognosewerte tags / nachts	0,10 / 0,07	0,15 / 0,10
	ungünstig	0,13 / 0,03	überschritten	eingehalten
	günstig	0,07 / 0,02	eingehalten	eingehalten

- Westlich des Umschlagplatzes ist ein Mischgebiet ausgewiesen, hier sind die Abstände deutlich größer als 50 m, folglich sind hier die Anhaltswerte eingehalten.
- Östlich des Umschlagplatzes ist ein Gewerbegebiet ausgewiesen, hier gelten die höheren Anhaltswerte, diese sind eingehalten.

#### Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719

	Gebäudeeigenschaften		Mindestanforderung	Komfortanforderung
Sekundärluftschall Mittlere Maximalpegel		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	45 dB(A)	40 dB(A)
	ungünstig	29 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	günstig	19 dB(A)	eingehalten	eingehalten

### Gesamtbeurteilung

#### Prinzipielle Minderungsmaßnahmen

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

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

Im vorliegenden Fall gilt es die Emissionsseite zu betrachten.

Angaben zum Anlagenbetrieb

Als Erschütterungsquellen treten beim Betrieb des Umschlagplatzes wie folgt auf:

- Güterzüge/Rangierfahrten auf Betriebsgleis: Aufgrund der Vorgabe Schrittgeschwindigkeit und der Häufigkeit (max. 16 Halbzüge je Tag) nicht relevant
- Container Be-/Entladen: Aufgrund der Beschränkung der Absetzgeschwindigkeit durch die Stapler-Hydraulik nicht relevant
- Baumstamm-Verladung: Bis auf den Ausnahmefall (Fallenlassen aus größerer Höhe) nicht relevant
- LKW-Fahrten: Diese sind aufgrund der Häufigkeit relevant, können jedoch als Punktquelle betrachtet werden und klingen mit wachsender Entfernung stark ab.

Somit bleibt festzuhalten bzw. des Anlagenbetriebs

- Vermeidung des Ausnahmefalls: Fallenlassen eines Baumstamms aus großer Höhe
- Die LKW-Erschütterungen resultieren aus dem teils unebenen Fahrbahnbelag. Bei Instandhaltung der Fahrflächen unter Berücksichtigung der Vermeidung von „Schlaglöchern“, können die Erschütterungen aus LKW-Verkehr deutlich reduziert werden.
- Ansonsten keine weiteren Einschränkungen aus Sicht des Erschütterungsschutzes für die Nachbarschaft nötig.
- Der Betrieb des Umschlagplatzes führt maßgeblich zu Primärluftschallemissionen (Metall auf Metall) und nicht zu Körperschallabstrahlung (LKWs und Stapler z.B. mit luftgefederten Reifen).

---

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Situation und Aufgabenstellung</b>	<b>6</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>6</b>
<b>3 Beurteilungskriterien</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Körperschall nach DIN 4150/2, siehe (5)</b>	<b>7</b>
3.1.1 Beurteilungsgrößen	7
3.1.2 Prognose	7
3.1.3 Beurteilungsverfahren	7
<b>3.2 Sekundärer Luftschall nach VDI 2719, siehe (6)</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Bestimmung der Maximalwerte</b>	<b>10</b>
<b>3.4 Bestimmung der Beurteilungswerte</b>	<b>10</b>
<b>3.5 Zusammenfassung Anhaltswerte</b>	<b>11</b>
<b>4 Messungen</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Lage der Messpunkte</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Messtechnisch erfasste Ereignisse</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Durchführung der Messungen</b>	<b>13</b>
<b>5 Auswertung</b>	<b>13</b>
<b>5.1 Wellenausbreitungsmessung</b>	<b>13</b>
<b>5.2 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt</b>	<b>14</b>
<b>5.3 Auswertung im Zeitbereich</b>	<b>15</b>
<b>6 Prognoseergebnisse und Beurteilung</b>	<b>16</b>
<b>6.1 Allgemein</b>	<b>16</b>
<b>6.2 Immissionssituation</b>	<b>16</b>
6.2.1 Güterzug-/rangierfahrten	17
6.2.2 LKW-Fahrten	18
6.2.3 Container Be-/Entladevorgänge	19
6.2.4 Worst Case-Fälle	20
<b>6.3 Prognostizierte Erschütterungen</b>	<b>21</b>
<b>6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall</b>	<b>22</b>
<b>7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung</b>	<b>23</b>
<b>7.1 Beurteilung der Prognosewerte</b>	<b>23</b>
<b>7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen</b>	<b>23</b>
<b>7.3 Angaben zum Anlagenbetrieb</b>	<b>24</b>
<b>Anlage: Abbildungen</b>	

## 1 Situation und Aufgabenstellung

In Wiesau, Landkreis Tirschenreuth soll die Umnutzung des bestehenden Bahnhofsgeländes in einen Umschlagplatz für Holz und Container erfolgen. Die geplante Umnutzung bedingt einen Antrag zur Planfeststellung nach §18 des allgemeinen Eisenbahngesetzes (AEG).



Bild (google maps): Betriebsgelände Fa. Ziegler Logistik GmbH

Der Betrieb des Umschlagplatzes für Container und Holz von/auf Bahn und LKW trägt in das Erdreich und in benachbarte Gebäude Körperschallwellen ein, die von den Bewohnern und Nutzern der Gebäude als Erschütterungen bzw. als sogenannter „sekundärer Luftschall“ wahrgenommen werden können. Es war sicherzustellen, dass

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

Für diese Aussagen waren Messungen erforderlich, welche die Erschütterungsimmissionen auf dem Betriebsgelände erfassen. Als Erschütterungsquellen sollten im Wesentlichen die Rangierfahrten der Güterzüge zum/vom Betriebsgelände (Weichenüberfahrten), Be- und Entladevorgänge, Staplerverkehr und LKW-Verkehr betrachtet werden.

## 2 Grundlagen

- (1) imb-dynamik-Messungen vom 17.04.2018
- (2) DIN IEC 60263: Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von frequenzabhängigen Kennlinien und Polardiagrammen, vom 1999-08
- (3) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen; Teil 1, Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, 2010-09
- (4) DIN 45669: Messungen von Schwingungsemissionen; Teil 2, Messverfahren, 2005-06
- (5) DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999-06
- (6) VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, 1987-08
- (7) VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, 2006-03
- (8) abConsultants Bericht Nr. 474\_11 vom 30.01.2018: Schalltechnische Untersuchung zum eisenbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren – Errichtung und Betrieb eines Umschlagplatzes für Holz und Container in Wiesau, Landkreis Tirschenreuth

### 3 Beurteilungskriterien

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

##### 3.1.1 Beurteilungsgrößen

Zur Bewertung der Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen wird die bewertete Schwingstärke  $KB_F(t)$  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
- $KB_{FT_r}$ , die Beurteilungsschwingstärke.

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

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

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

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

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

$T_e$  = Einwirkungszeit

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

##### 3.1.2 Prognose

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

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

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

Für den Sekundärluftschall wird die Prognose in analoger Weise durchgeführt.

##### 3.1.3 Beurteilungsverfahren

Die Beurteilung erfolgt nach untenstehend beschriebener Vorgehensweise:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.2 Sekundärer Luftschall nach VDI 2719, siehe (6)

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

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

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

Dabei bedeuten:

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

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

S = Größe der schwingerregten Fläche in m<sup>2</sup>

A = Absorptionsvermögen des Raumes in m<sup>2</sup>

$\sigma$  = Abstrahlgrad

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

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

$S \approx 2 \times$  Grundrissfläche G

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

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

Die Berechnung erfolgte im Frequenzbereich von 10 bis 400 Hz.

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

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

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

### 3.3 Bestimmung der Maximalwerte

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

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

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

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

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

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

### 3.4 Bestimmung der Beurteilungswerte

Es wird bzgl.

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

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

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

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

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

### 3.5 Zusammenfassung Anhaltswerte

#### Erschütterungen

	Mischgebiet	Gewerbegebiet
Maximalwert $KB_{Fmax}$	tags 5 nachts 0,3	tags 6 nachts 0,4
Beurteilungspegel <sup>1</sup> $KB_{FTr}$	tags 0,10 nachts 0,07	tags 0,15 nachts 0,10

#### Sekundärluftschall

	Mindestanforderung	Komfortanforderung
Mittlerer Maximalpegel $\bar{L}_{max}$	45 dB(A)	40 dB(A)
Beurteilungspegel	wird nicht herangezogen	

<sup>1</sup> Aufgrund der Güterzugfahrten dürfen die Werte nach DIN4150/2 nicht um 50% erhöht werden

## 4 Messungen

Verwendete Mess- und Auswertungsgeräte sowie Software:

Gerät / Programm	Typ	Hersteller
Beschleunigungsaufnehmer 10 pC/m/s <sup>2</sup>	4370	Brüel&Kjaer
Ladungsvorverstärker	2635	Brüel&Kjaer
Vielkanal-Messsystem	CS-1016	IMC
Analyseprogramm	Famos	IMC
Rechenprogramm	Mathcad	Mathsoft

### 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 zur Bahnlinie eingerichtet. Die 5 Messpunkte befanden sich in ca. 8 m bis 32 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis, jeweils auf Höhe der beiden Weichen.

Die Lage und Position der Messpunkte ist aus folgender Tabelle ersichtlich. Eine schematische Darstellung der Lage der Messpunkte zeigen die Abbildungen 4.1.1 bis 4.1.3.

Messpunkt	Messrichtung	Position	Art der Befestigung
<b>Immissionsmessungen</b>			
01Z	vertikal	Abstand ca. 8 m zur Gleismitte des östl. Gleises	Erdspieß
02Z	vertikal	Abstand ca. 16 m zur Gleismitte	Erdspieß
03Z	vertikal	Abstand ca. 32 m zur Gleismitte	Erdspieß
04Z	vertikal	Abstand ca. 8 m zur Gleismitte	Erdspieß
05Z	vertikal	Abstand ca. 16 m zur Gleismitte	Erdspieß
<b>Wellenausbreitungsmessungen</b>			
11Z	vertikal	Abstand zur Erschütterungsquelle ca. 25 m	Erdspieß
12Z	vertikal	Abstand zu 11Z ca. 3 m	Erdspieß
13Z	vertikal	Abstand zu 11Z ca. 6 m	Erdspieß
14Z	vertikal	Abstand zu 11Z ca. 26 m	Erdspieß

## 4.2 Messtechnisch erfasste Ereignisse

Die Messungen wurden am Dienstag, den 17.04.2018 in der Zeit von 11:15 Uhr bis 14:45 Uhr durchgeführt.

Die Signale aller Messpunkte wurden weitestgehend bei allen Messereignissen im o.g. Zeitraum synchron aufgezeichnet. Lediglich der Messpunkt 03Z musste aufgrund seiner Lage zeitweise abgebaut werden (Gleisabstand 32 m, somit mitten im Arbeitsbereich der Stapler und LKWs).

Es wurden mehrere Rangierfahrten der Containerzüge, Fahrten des Personennahverkehrs (PNV), LKW-Fahrten und Verladevorgänge von Containern aufgezeichnet. Zusätzlich wurden Fallversuche durchgeführt zur Erfassung der Wellenausbreitung im Boden.

Witterung: sonnig und trocken, anfangs noch kühl, ab ca. 13:00 Uhr warm

Die Messprotokolle sind in den Abbildungen 4.2.1 und 4.2.2 dargestellt.

## 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 während der Messungen frequenzanalysiert und im Zeit- und im Frequenzbereich kontrolliert.

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

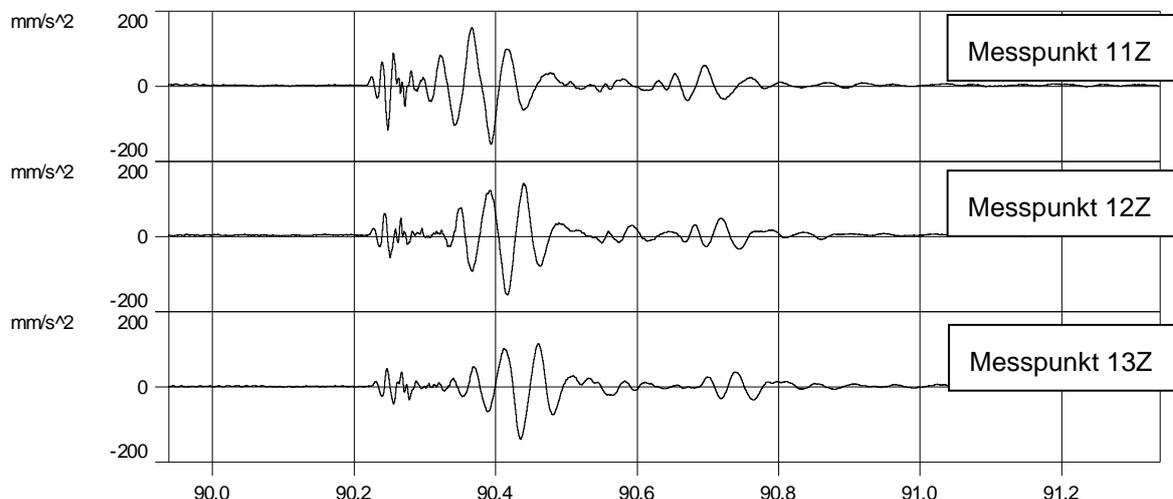
## 5 Auswertung

### 5.1 Wellenausbreitungsmessung

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

Als Anregungsquelle dienten zum Einen das harte Aufsetzen eines Containers, zum Anderen das Fallenlassen eines Baumstamms (Länge 4 m, Durchmesser ca. 40 cm) aus einer Höhe von ca. 2,5 m.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die Messsignale eines Fallversuchs.



s

Bild: Ungefilterte Beschleunigungszeitverläufe der Messkette 11Z bis 13Z, Messpunkt Abstand je 3 m

Detaillierter Zeitausschnitt:

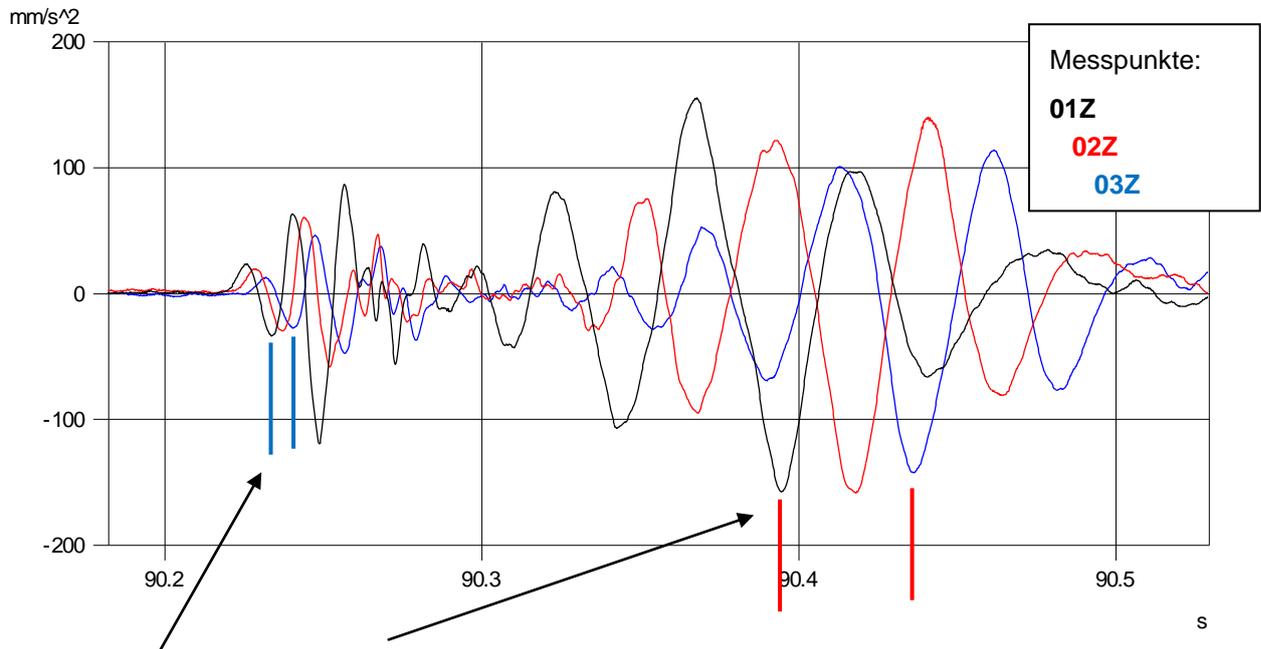


Bild: Kompressionswelle, Rayleigh-Welle

Maßgebende Wellenausbreitungsgeschwindigkeit:

$$v_{\text{Rayleigh-Welle}} = dx / dt = \text{Messpunktabstand} / \text{Zeitversatz} = 6 \text{ m} / 0,043 \text{ s} = \text{ca. } 140 \text{ m/s}$$

Anmerkungen:

Die Kompressionswelle ist die vorauslaufende, sich mit deutlich höherer Ausbreitungsgeschwindigkeit fort-pflanzende Longitudinalwelle.

Die Rayleigh-Welle (Oberflächenwelle) breitet sich deutlich langsamer aus. Diese Wellenform sowie deren Ausbreitungsgeschwindigkeit sind für Rechen- bzw. Bodenmodelle maßgebend.

## 5.2 Spektrale Auswertung jeder Zugfahrt

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

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

Die Ergebnisse sind in den Abb. 5.1.KS.4 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.

### 5.3 Auswertung im Zeitbereich

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

Schritt 1 Bestimmung des Zeitausschnittes der Zugvorbeifahrt

Schritt 2 Berechnung der bewerteten Schwingstärke  $KB_F(t)$  nach Abschnitt 3.1.

Schritt 3 Ermittlung der Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$

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

Die Abbildungen 5.KB.1 und 5.KB.2 enthalten die im Zeitbereich berechneten Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  für alle ausgewerteten Zugvorbeifahrten und die sich ergebende maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ .

Tabelle der maximalen KB-Werte der ausgewerteten Ereignisse, getrennt nach Ereignistyp:

Ereignis	Bemerk.	01Z	02Z	03Z	04Z	05Z	11Z	12Z	13Z	14Z
<b>Wellenausbreitungsmessung</b>										
$KB_{max}$							0,582	0,566	0,474	0,181
<b>Containerverladevorgänge</b>										
$KB_{max}$		0,102	0,116	0,326	0,223	0,295				
<b>LKW-Fahrten</b>										
$KB_{max}$		0,089	0,147	0,082	0,251	0,494				
<b>Güterzug- und Rangierfahrten</b>										
$KB_{max}$		0,247	0,144	0,061	0,214	0,131				
<b>Personenzugfahrten auf den westl. Durchgangsgleisen (nur für Vergleichszwecke)</b>										
$KB_{max}$		0,080	0,049	0,029	0,125	0,059				

- Als Erschütterungsquelle für die sog. Wellenausbreitungsmessung diente das harte Aufsetzen eines Containers sowie das Fallenlassen eines Baumstamms aus 2,5 m Höhe. Diese Vorgänge können als Ausnahmeereignisse betrachtet werden und stellen damit den worst case-Fall dar.
- Die Containerverladung und die LKW-Fahrten waren sehr zufällig hinsichtlich der Abstände zu den einzelnen Messpunkten. Hier muss bei der Beurteilung der Werte der Abstand Emissionsort zu Immissionsort berücksichtigt werden.

Für die Messereignisse „Zugfahrten“ war der Gleisabstand definiert, jedoch waren die Erschütterungen aus Zugverkehr teils von Verladetätigkeiten überlagert.

## 6 Prognoseergebnisse und Beurteilung

### 6.1 Allgemein

Die i.d.R. aus den einzelnen KB-Werten abgeleiteten Mittelwerte machen hier aufgrund der Varianz der Abstände Quelle bzw. Emissionsort zu Immissionsort wenig Sinn.

Die Analyse und Beurteilung basiert folglich auf den Maximalwerten je Messereignis. Für diese „repräsentativen“ Ereignisse wird dann, unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Wellenausbreitungsmessungen, die Erschütterungseinwirkung auf die Nachbarschaft in Abhängigkeit der Entfernung zum Emissionsort prognostiziert.

Die folgende Analyse geht davon aus, dass sich der gegenwärtige Streckenzustand und die Betriebszustände nicht wesentlich ändern. Es können daher durch einzelne Zugfahrten (z.B. Züge mit starken Radunrundheiten und Flachstellen, höheren Geschwindigkeiten) gelegentlich höhere Immissionswerte erreicht werden.

Datenbasis für die folgenden Prognosen und Beurteilungen bilden die Tätigkeiten auf dem Betriebsgelände.

Als Grundlage für die Berechnung der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTT}$  wurde mit folgendem Verkehrsaufkommen gerechnet, entnommen (8):

Kategorie / Fahrtrichtung	Anzahl tags	Anzahl nachts
4 Güterzüge, je Güterzug 2 Halbzüge ein- bzw. ausfahrend	16 Halbzüge	2 Halbzüge (nur Rangierfahrt)
LKW-Fahrten als Maximalansatz (2 Ganzzüge Container; 2 Ganzzüge Rundholz)	max. 840 bzw. 52,5 / h	max. 3 / h (nur Befahrung)
Container Be-/Entladevorgänge bzw. Staplerbetrieb	max. 16 h	-
Rundholzumschlag bzw. Baggerbetrieb	max. 16 h	-

Anmerkungen:

- Anlagenbetrieb nur im Tageszeitraum, d.h. 16 h von 06:00 bis 22:00 Uhr
- Je Güterzug erfolgen 4 Bewegungen: 2 Halbzüge einfahrend, 2 Halbzüge ausfahrend

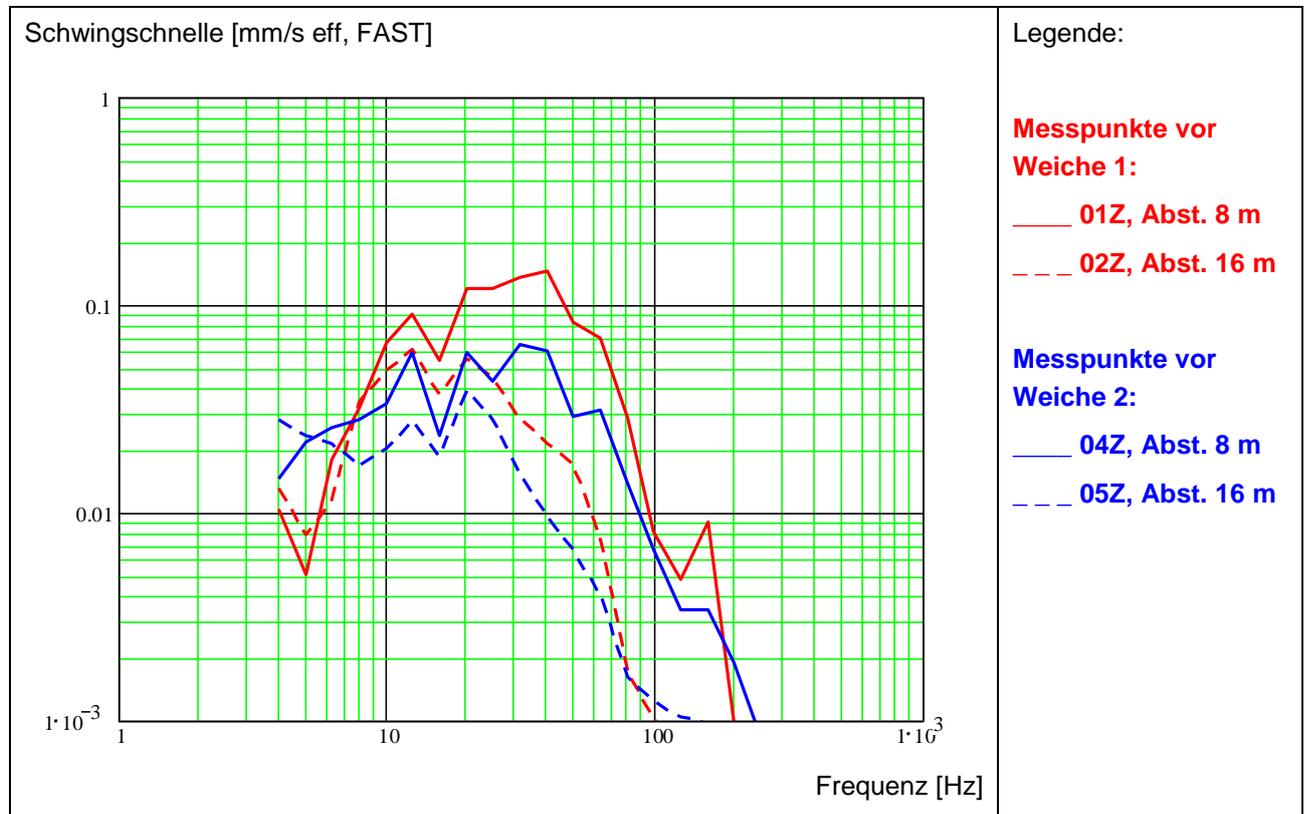
### 6.2 Immissionssituation

Die gemessenen Freifeldimmissionen werden hier folgendermaßen dargestellt:

- Je Ereignistyp/Tätigkeit alle Messpunkte
- Maßgebender Messpunkt, mehrere Ereignistypen

## 6.2.1 Güterzug/-rangierfahrten

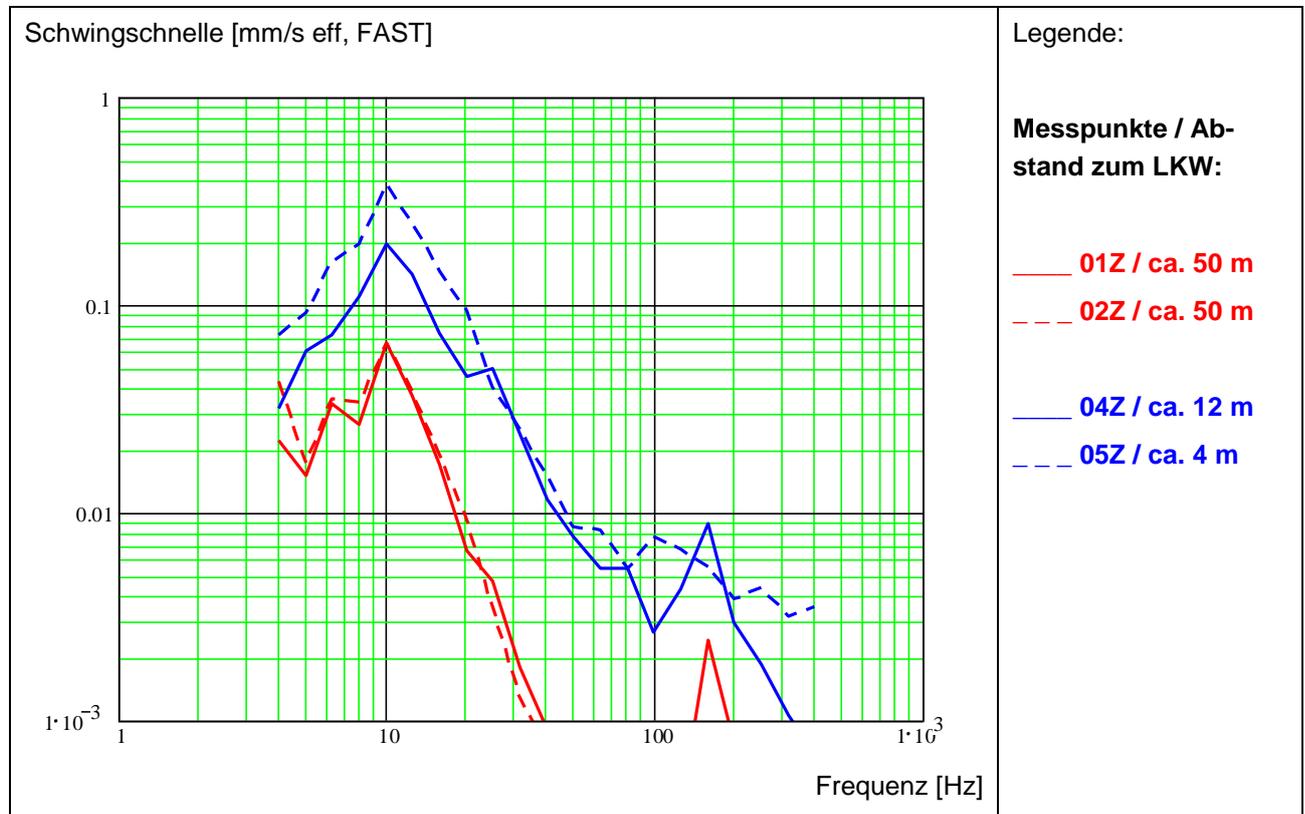
Rangierfahrt, exemplarisch Ereignis GC, ausfahrend



- An der Weiche 1 traten deutlich höhere Werte auf. Der Grund hierfür liegt vermutlich an der Ausfahrt, d.h. an der höheren Geschwindigkeit bei Überfahrt von Weiche 1, die nach der Weiche 2 überfahren wurde.
- Nur der 8 m-Messpunkt vor Weiche 1 überschreitet spektral die Fühlschwelle von 0,1.
- Die Messpunkte in 16 m Entfernung zur Weiche liegen bereits deutlich unter Fühlschwelle.

## 6.2.2 LKW-Fahrten

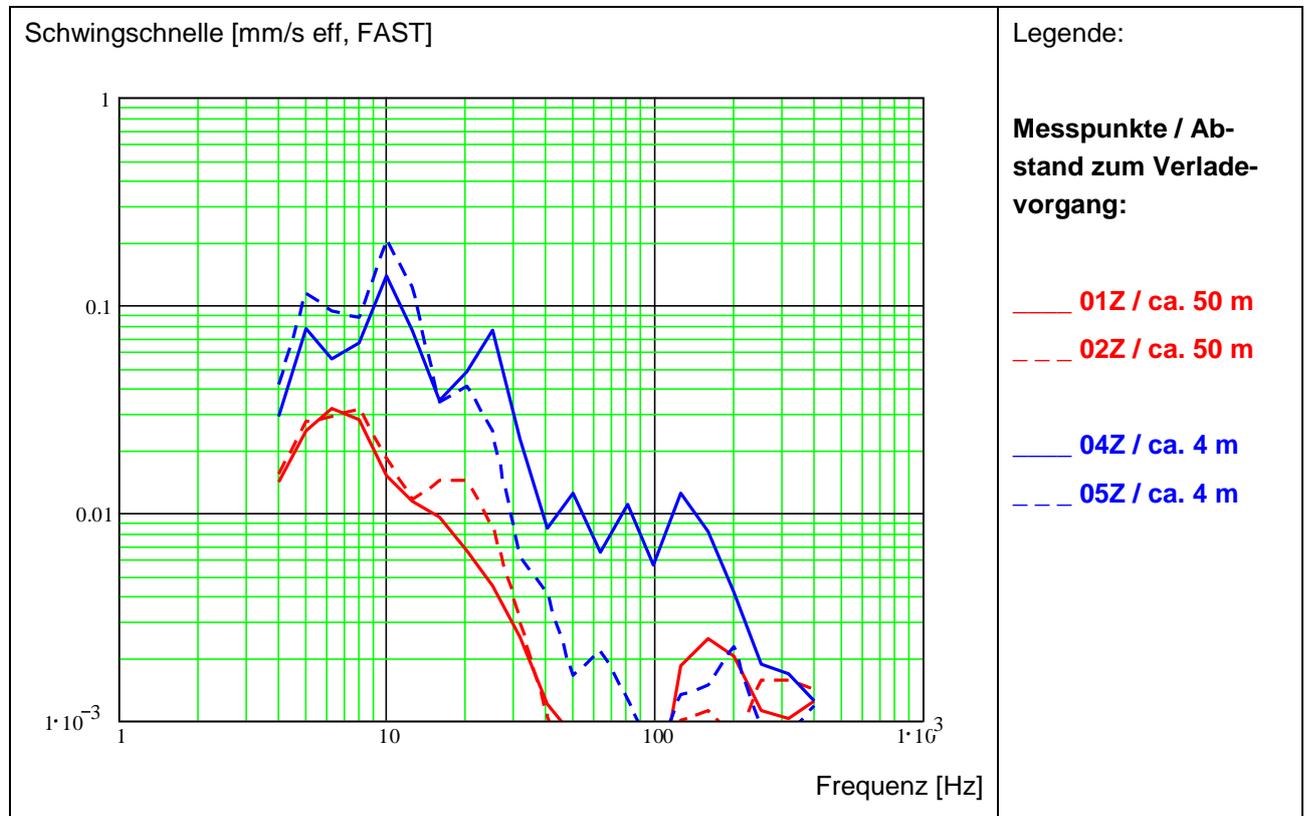
LKW-Vorbeifahrt, exemplarisch Ereignis LB, direkt nb. 05Z



- Die LKW-Vorbeifahrt erreicht für die nahegelegene Messpunkte Werte deutlich über der Fühlschwelle von 0,1 mm/s eff.
- Es werden nur tieffrequente Signalanteile emittiert, dominanter Peak bei 10 Hz.
- In ca. 12 m Entfernung liegen die Werte noch um ca. Faktor 2 über der Fühlschwelle.
- Bereits in 30 m Entfernung (Messpunkt 01Z, 02Z) liegen die Werte jedoch deutlich unter der Fühlschwelle.
- Deutliche Erschütterungsabnahme:  
Schwingschnellepegel [mm/s eff] bei 10 Hz: 0,4 / 0,2 / 0,06 bei 4m / 12m / 50m  
beachte: Entfernungen zu LKW geschätzt

### 6.2.3 Container Be-/Entladevorgänge

Container Verladevorgang, exemplarisch Ereignis CA, direkt nb. 05Z



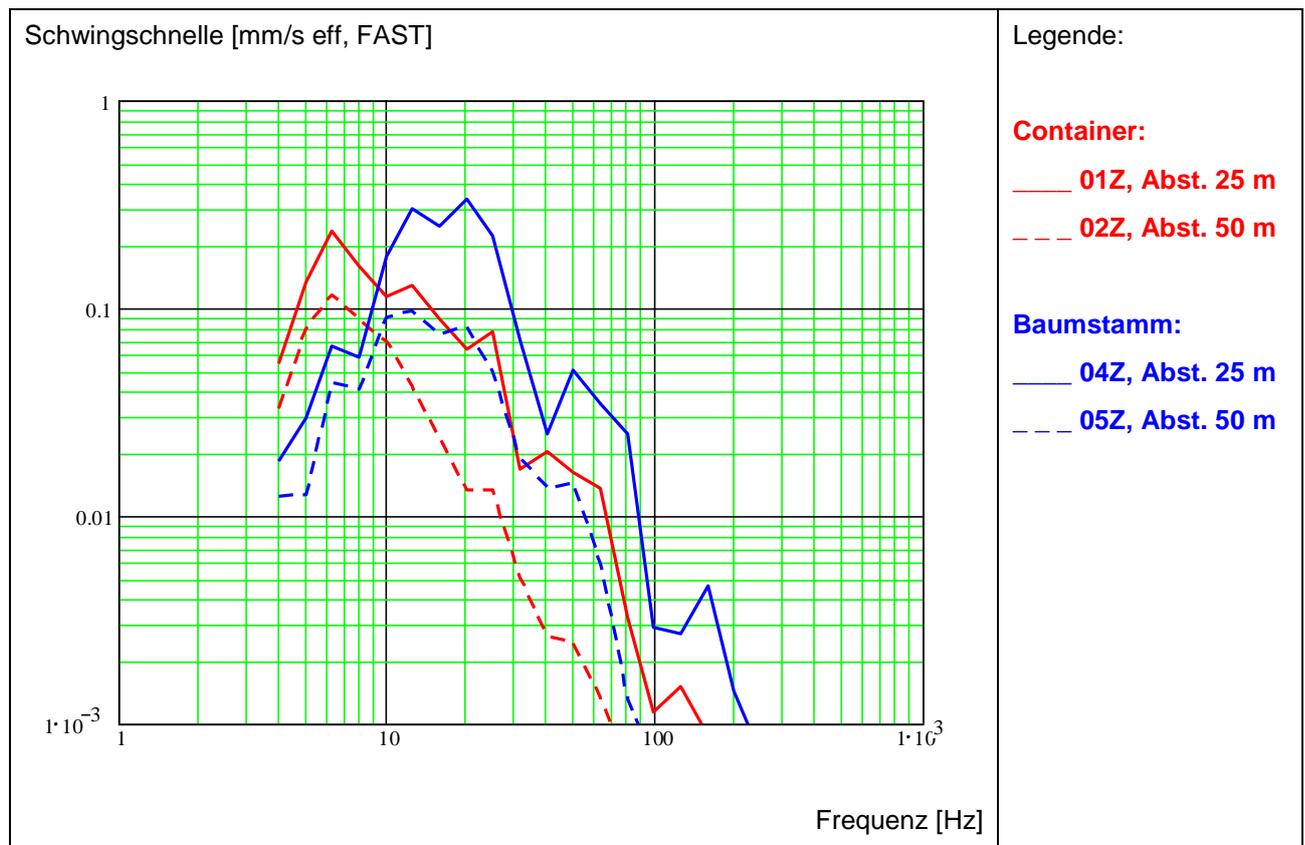
- Die Verladevorgänge (hier direkt neben den beiden Messpositionen 04Z und 05Z) führen zu Werten von bis zu 0,2 mm/s im Nahbereich.
- Die Messpositionen in ca. 50 m-Entfernung zeigen bereits Werte von weit unter der Fühlschwelle.
- Es werden nur tieffrequente Signanteile emittiert, dominanter Peak bei 10 Hz.

#### 6.2.4 Worst Case-Fälle

Im Zuge der Wellenausbreitung wurden Fallversuche durchgeführt zur Impulsanregung des Untergrunds. Hieraus kann ein Worst Case-Fall für die Tätigkeiten Verladevorgang angenommen werden.

Beispiele:

- Möglichst „hartes“ Container absetzen (Begrenzung der Absetzgeschwindigkeit durch Greifarmhydraulik des Staplers)
- Fallenlassen eines Baumstamm (Länge 4 m, Durchmesser ca. 0,4 m) aus ca. 2,5 m Höhe



- Das Absetzen des Containers führt zu deutlich niedrigeren Werten im Vergleich zum Ereignis „Baumstamm“. Die Absetzgeschwindigkeit ist begrenzt durch die Hydraulik des Greifarms.
- Im Gegensatz dazu führt das ungebremste Auftreffens des Baumstamms auf dem Boden zu sehr hohen Erschütterungswerten im Nahbereich, siehe Messpunkt 01Z bzw. Abstand 25 m.
- In 50 m-Entfernung erreichen dagegen beide Ereignisse noch die Fühlschwelle von 0,1 mm/s.
- Die höherfrequenten Schwingungen klingen mit größerer Entfernung stärker ab im Vergleich zu den niederfrequenten.
- Diese Worst Case-Fälle finden nur tagsüber statt und können hinsichtlich der Schwingstärke als Ausnahmeereignis betrachtet werden.

### 6.3 Prognostizierte Erschütterungen

Die Prognose wird für

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

durchgeführt.

Für die Prognose werden die Ereignisse LKW-Fahrt und Container betrachtet, jeweils anhand des 50 m-Messpunktes (in der Realität möglicher Abstand).

Die Güterzugfahrten sind aufgrund des großen Abstands zur östl. Bebauung und der sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeiten (Schrittgeschwindigkeit) nicht relevant.

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 25 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 125 Hz und den oben dargestellten maßgebenden Ereignissen ergeben sich folgende  $KB_{Fmax}$ -Werte für die Erschütterungen:

*Maximalwerte LKW-Fahrt (max 3 Fahrten je Stunde nachts)*

Maßgebender Messpunkt 02Z Ereignis: LKW-Fahrt LB Annahme: Abstand 50 m	Prognose $KB_{Fmax}$	Anhaltswerte $A_o / A_u$ tags und $A_o / A_u$ nachts	
		Mischgebiet	Gewerbegebiet
Maximalwerte ungünstige Gebäudeparameter	<b>0,30</b>	5 / 0,2	6 / 0,3
Maximalwerte günstige Gebäudeparameter	<b>0,16</b>	0,3 / 0,15	0,4 / 0,2

*Maximalwerte Container, nur tags*

Maßgebender Messpunkt 02Z Ereignis: LKW-Fahrt LB Annahme: Abstand 50 m	Prognose $KB_{Fmax}$	Anhaltswerte $A_o / A_u$ tags	
		Mischgebiet	Gewerbegebiet
Maximalwerte ungünstige Gebäudeparameter	<b>0,20</b>	5 / 0,2	6 / 0,3
Maximalwerte günstige Gebäudeparameter	<b>0,10</b>		

Die Anhaltswerte der DIN 4150/2 werden im Maximalwertkriterium bei günstigen Parametern eingehalten bzw. unterschritten für einen Abstand von 50 m zur Erschütterungsquelle.

Lediglich für ungünstige Gebäudeparameter (Deckeneigenfrequenz 12,5 Hz) wird der  $A_u$ -Wert für Mischgebiete tags überschritten, bei einem Gebäudeabstand von < 50 m. Der  $A_o$ -Wert wird stets deutlich eingehalten.

### Beurteilungswerte

	Prognose KB <sub>FTr</sub> tags / nachts	Anhaltswerte tags / nachts	
		Mischgebiet	Gewerbegebiet
ungünstige Gebäudeparameter	<b>0,13 / 0,03</b>	0,10 / 0,07	0,15 / 0,10
günstige Gebäudeparameter	<b>0,07 / 0,02</b>		

Die Beurteilungskriterien werden bei günstigen Parametern eingehalten.

Lediglich für ungünstige Gebäudeparameter (Deckeneigenfrequenz 12,5 Hz) wird der Anhaltswert für Mischgebiete tags überschritten, bei einem Gebäudeabstand von < 50 m. Es wurde hierbei die Anzahl an LKW-Fahrten von 840 Stck. tagsüber angesetzt.

### 6.4 Prognostizierter Sekundärluftschall

Mit Deckeneigenfrequenzen zwischen 12,5 und 25 Hz, Estricheigenfrequenzen zwischen 40 Hz und 125 Hz ergibt sich:

*Mittlere Maximalwerte für den ungünstige Gebäudeparameter*

Maßgebender Messpunkt 02Z Annahme: Abstand 50 m	Prognose	Anhaltswerte	
		Mindestanf.	Komfortanf.
Mittlere Maximalwerte LKW-Fahrt	<b>29 dB(A)</b>	45 dB(A)	40 dB(A)
Mittlere Maximalwerte Container	<b>19 dB(A)</b>		

Die Anhaltswerte nach VDI-Richtlinie werden bei der obenstehend beschriebenen angesetzten Gebäudeausführung deutlich unterschritten bzw. eingehalten.

Aufgrund der sehr tieffrequenten Signalanteile in Verbindung mit der A-Bewertung der Luftschallspektren wird der Sekundärluftschall hier nicht relevant.

## 7 Gesamtbeurteilung und Angaben zur baulichen Ausführung

### 7.1 Beurteilung der Prognosewerte

#### Körperschall nach DIN 4150/2

	Gebäude- eigenschaften		Mischgebiet	Gewerbegeb.
Erschütterungen KB <sub>Fmax</sub>		Anhaltswerte A <sub>o</sub> tag / nacht → ↓ Prognosewerte	5 / 0,3	6 / 0,4
	ungünstig	0,30	eingehalten	eingehalten
	günstig	0,16	eingehalten	eingehalten
Beurteilungspegel KB <sub>FT</sub>		Anhaltswerte tags / nachts → ↓ Prognosewerte tags / nachts	0,10 / 0,07	0,15 / 0,10
	ungünstig	0,13 / 0,03	überschritten	eingehalten
	günstig	0,07 / 0,02	eingehalten	eingehalten

#### Sekundärluftschall nach VDI-Richtlinie 2719

	Gebäude- eigenschaften		Mindest- anforderung	Komfort- anforderung
Sekundärluftschall Mittlere Maximalpegel		Anhaltswerte → ↓ Prognosewerte	45 dB(A)	40 dB(A)
	ungünstig	29 dB(A)	eingehalten	eingehalten
	günstig	19 dB(A)	eingehalten	eingehalten

- Die Prognosewerte beziehen sich auf einen mittleren Abstand von 50 m zu den angesetzten Erschütterungsquellen bzw. zum Betriebsgelände.
- Westlich des Umschlagplatzes ist ein Mischgebiet ausgewiesen, hier sind die Abstände deutlich größer als 50 m, folglich sind hier die Anhaltswerte eingehalten.
- Östlich des Umschlagplatzes ist ein Gewerbegebiet ausgewiesen, hier gelten die höheren Anhaltswerte, diese sind eingehalten.

### 7.2 Prinzipielle Minderungsmaßnahmen

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

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

Im vorliegenden Fall gilt es die Emissionsseite zu betrachten.

### **7.3 Angaben zum Anlagenbetrieb**

Als Erschütterungsquellen treten beim Betrieb des Umschlagplatzes wie folgt auf:

- Güterzüge/Rangierfahrten auf Betriebsgleis: Aufgrund der Vorgabe Schrittgeschwindigkeit und der Häufigkeit (max. 16 Halbzüge je Tag) nicht relevant
- Container Be-/Entladen: Aufgrund der Beschränkung der Absetzgeschwindigkeit durch die Stapler-Hydraulik nicht relevant
- Baumstamm-Verladung: Bis auf den Ausnahmefall (Fallenlassen aus größerer Höhe) nicht relevant
- LKW-Fahrten: Diese sind aufgrund der Häufigkeit relevant, können jedoch als Punktquelle betrachtet werden und klingen mit wachsender Entfernung stark ab.

Somit bleibt festzuhalten bzw. des Anlagenbetriebs

- Vermeidung des Ausnahmefalls: Fallenlassen eines Baumstamms aus großer Höhe
- Die LKW-Erschütterungen resultieren aus dem teils unebenen Fahrbahnbelag. Bei Instandhaltung der Fahrflächen unter Berücksichtigung der Vermeidung von „Schlaglöchern“, können die Erschütterungen aus LKW-Verkehr deutlich reduziert werden.
- Ansonsten keine weiteren Einschränkungen aus Sicht des Erschütterungsschutzes für die Nachbarschaft nötig.
- Der Betrieb des Umschlagplatzes führt maßgeblich zu Primärluftschallemissionen (Metall auf Metall) und nicht zu Körperschallabstrahlung (LKWs und Stapler z.B. mit luftgefederten Reifen).

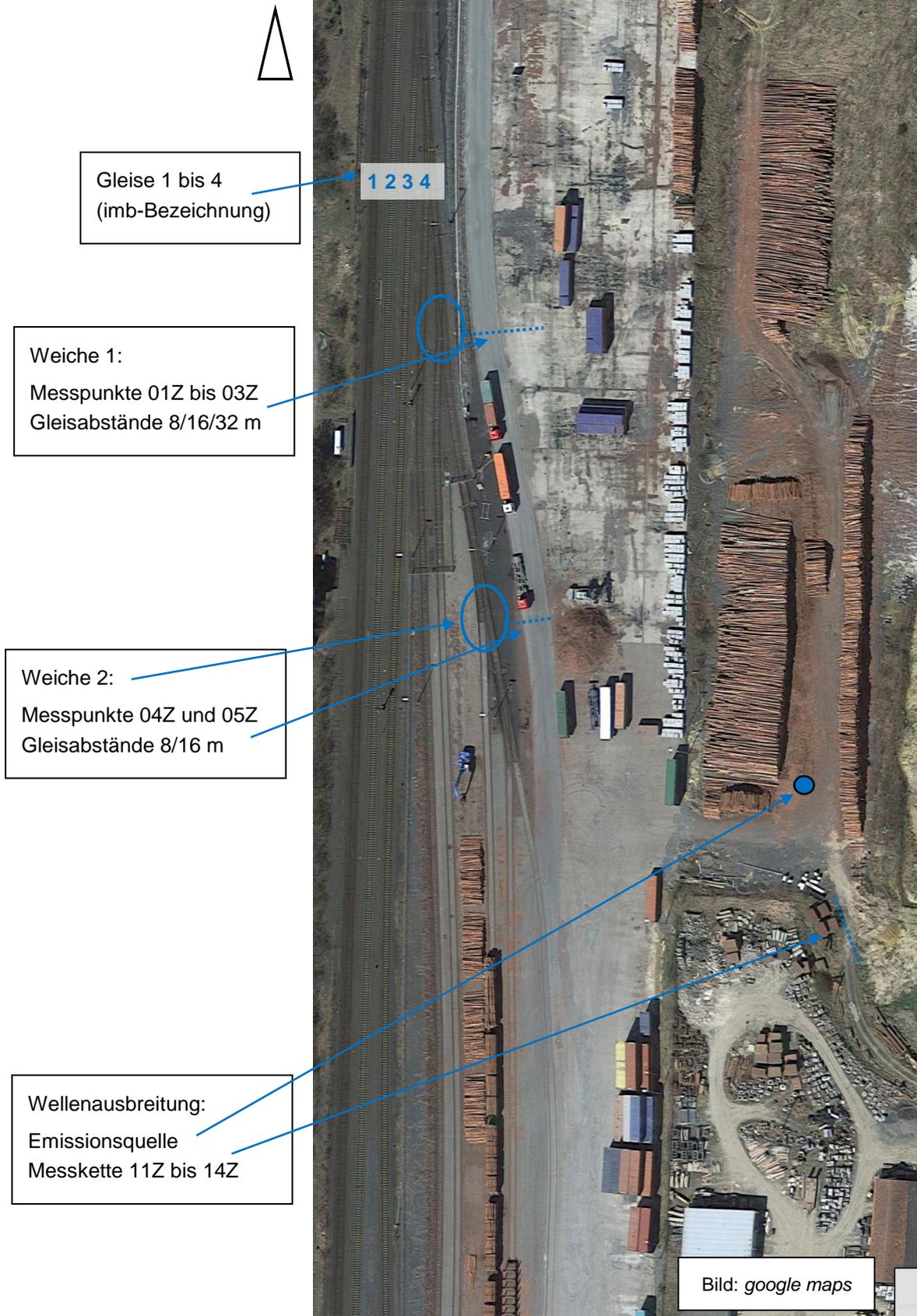
---

Messung, Auswertung durchgeführt und Bericht erstellt von:

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

Immissionsmessungen Zugverkehr und Containerumschlag bei Weiche 1 und 2

Wellenausbreitungsmessung bei Holzlager



Legende:

Messpunkt vertikal 



Weiche 1:  
Messpunkte 01Z bis 03Z  
Gleisabstände 8/16/32 m

Weiche 2:  
Messpunkte 04Z und 05Z  
Gleisabstände 8 m, 16 m

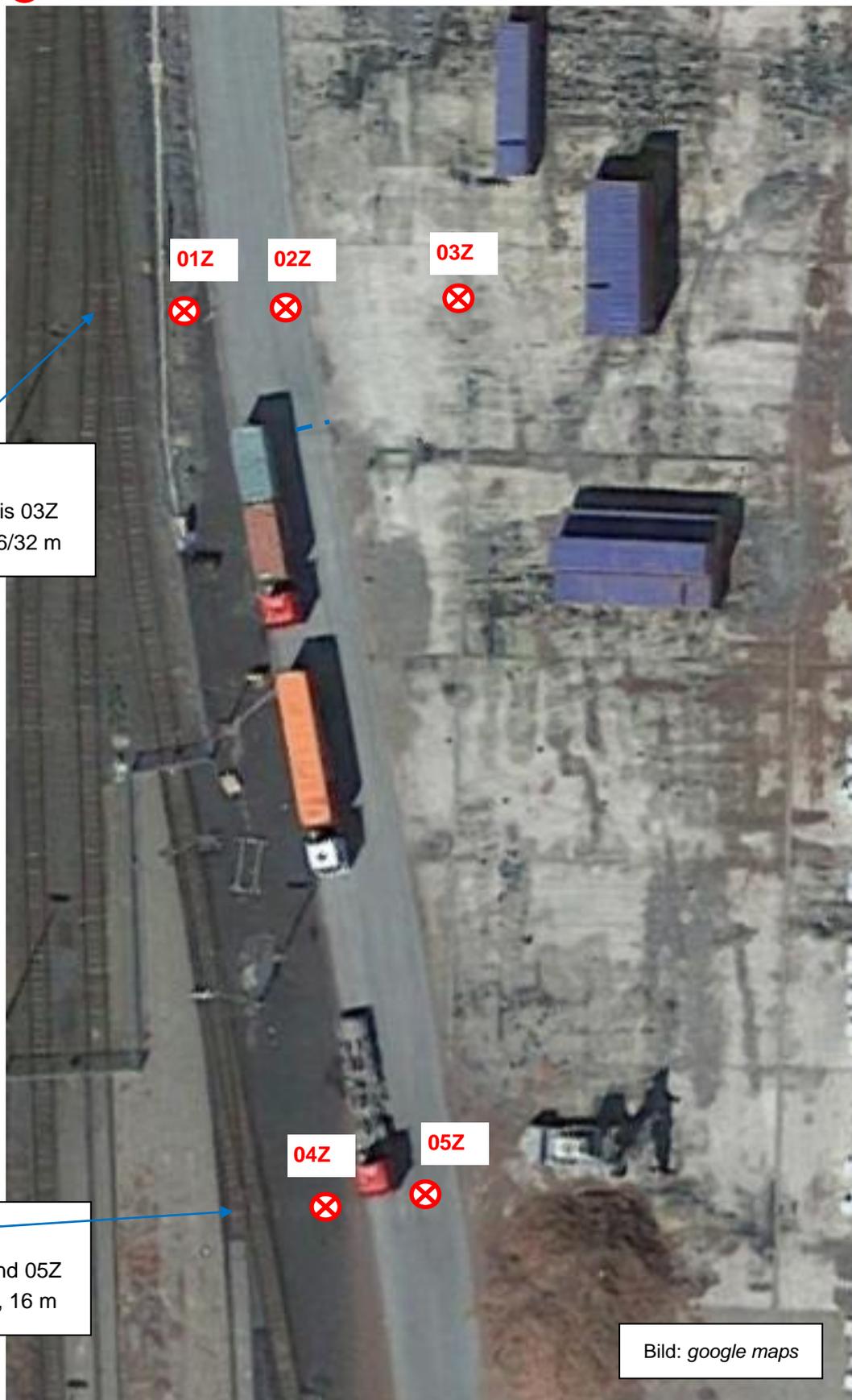


Bild: google maps

Legende:

Messpunkt vertikal 



Wellenausbreitung:  
Emissionsquelle   
Messkette 11Z bis 14Z  
Abstände:  
Quelle – 11Z: ca. 25 m  
11Z – 12Z: 3 m  
12Z – 13Z: 3 m  
13Z – 14Z: 20 m

Bild: google maps

Tabelle der erfassten Zugfahrten bzw. Ereignisse

Kurzzeichen	Uhrzeit	Ereignis	Beschreibung
WA	17.04.2018 11:20	Wellenausbreitung	Quelle: Absetzen Container
WB	17.04.2018 11:25	Wellenausbreitung	Quelle: Fallenlassen Holzstamm
GA	17.04.2018 12:26	Güterzug	Ausfahrt Hackschnitzelcontainer
RA	17.04.2018 12:32	Personenzug	Oberpfalzbahn (TW 1-teilig), Ri. Norden
GB	17.04.2018 12:32	Güterzug	Einfahrt auf Gleis außerhalb Betriebsgelände
OA	17.04.2018 12:47	-	Grundgeräuschmessung
LA	17.04.2018 12:54	LKW	LKW Vorbeifahrt direkt nb. 02Z
CA	17.04.2018 12:54	Container	2x Container auf LKW sowie 2x absetzen Boden
CB	17.04.2018 12:54	Container	Container absetzen auf Boden
LB	17.04.2018 12:54	LKW	LKW Vorbeifahrt nb. 05Z
CC	17.04.2018 12:54	Container	Container absetzen auf Boden, Abstand ca. 30m zu 01Z/02Z
CD	17.04.2018 13:01	Container	Container auf LKW
CE	17.04.2018 13:09	Container	Container absetzen auf Boden
RB	17.04.2018 13:27	Personenzug	Oberpfalzbahn (TW 1-teilig), Ri. Süden, Gleis 1
LC	17.04.2018 13:27	LKW	LKW Vorbeifahrt nb. 05Z ... 02Z
AA	17.04.2018 13:27	-	Tätigkeit auf Betriebsgelände, nicht maßgebend
GC	17.04.2018 13:37	Einzellok	Ausfahrt über Weiche 2 und 1, Schrittgeschw.
GD	17.04.2018 13:37	Einzellok	Einfahrt über Weiche 1, Schleichfahrt
CF	17.04.2018 13:37	Container	Container abladen
RC	17.04.2018 13:47	Personenzug	ALEX, Ri. Norden
LD	17.04.2018 13:47	LKW	LKW leer, Vorbeifahrt nb. 02Z...05Z
RD	17.04.2018 13:56	Personenzug	Oberpfalzbahn (TW 1-teilig), Ri. Norden
LE	17.04.2018 14:09	LKW	LKW Vorbeifahrt
LF	17.04.2018 14:09	LKW	LKW Vorbeifahrt nb. 03Z
GE	17.04.2018 14:15	Güterzug	Fahrt auf Gleis 3 (außerhalb Betriebsgel.), Con- tainer-Ganzzug

Tabelle der erfassten Zugfahrten bzw. Ereignisse

Kurzzeichen	Uhrzeit	Ereignis	Beschreibung
GF	17.04.2018 14:19	Güterzug	Einfahrt Container-Halbzug
RE	17.04.2018 14:19	Personenzug	ALEX, Ri. Süden
RF	17.04.2018 14:30	Personenzug	Oberpfalzbahn (TW 1-teilig), Ri. Süden
GG	17.04.2018 14:30	Güterzug	Einfahrt 2. Container-Halbzug, Lok hinten
GH	17.04.2018 14:30	Einzellok	Ausfahrt
CG	17.04.2018 14:30	Container	Container absetzen auf Container nb. 03Z
GI	17.04.2018 14:30	Güterzug	Einzellok auf Gleis 1
LG	17.04.2018 13:37	LKW	LKW Vorbeifahrt

Tabelle der KB-Werte der ausgewerteten Messereignisse, sortiert nach Ereignis-Typ:

Ereignis	Bemerk.	01Z	02Z	03Z	04Z	05Z	11Z	12Z	13Z	14Z
<b>Wellenausbreitungsmessung</b>										
WA	Container						0,357	0,311	0,282	0,177
WB	Baumstamm						0,582	0,566	0,474	0,181
<b>KB<sub>max</sub></b>							<b>0,582</b>	<b>0,566</b>	<b>0,474</b>	<b>0,181</b>
<b>Containerverladevorgänge</b>										
CA	-	0,041	0,048		0,223	0,295				
CB	-	0,082	0,061		0,148	0,126				
CC	-	0,056	0,057		0,059	0,080				
CD	-	0,027	0,030		0,167	0,079				
CE	-	0,102	0,081		0,094	0,155				
CF	-	0,035	0,037		0,024	0,046				
CG	-	0,098	0,116	0,326	0,055	0,077				
<b>KB<sub>max</sub></b>		<b>0,102</b>	<b>0,116</b>	<b>0,326</b>	<b>0,223</b>	<b>0,295</b>				
<b>LKW-Fahrten</b>										
LA	-	0,063	0,110		0,082	0,075				
LB	-	0,078	0,087		0,251	0,494				
LC	-	0,065	0,118		0,086	0,137				
LD	-	0,089	0,147		0,111	0,178				
LE	-	0,047	0,059	0,082	0,110	0,149				
LF	-			0,056						
LG	-	0,056	0,056		0,100	0,135				
<b>KB<sub>max</sub></b>		<b>0,089</b>	<b>0,147</b>	<b>0,082</b>	<b>0,251</b>	<b>0,494</b>				

## Anmerkungen:

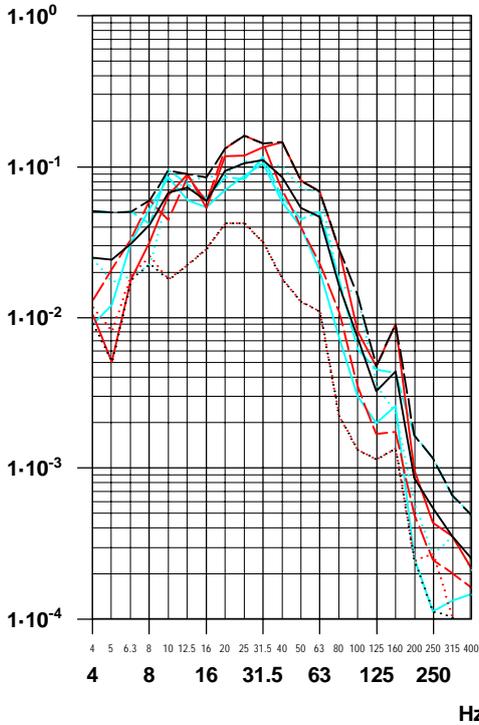
Die in den Tabellen angegebenen Maximalwerte je Messpunkt und Ereignis-Typ sind vom Abstand der Erschütterungsquelle abhängig. Dies betrifft z.B. die LKW-Vorbeifahrten, hier war der Abstand zu den Messpositionen mehr oder weniger „zufällig“. Für die Messereignisse „Zugfahrt“ war der Gleisabstand definiert, jedoch waren die Erschütterungen aus Zugverkehr teils von Verladetätigkeiten überlagert.

Tabelle der KB-Werte der ausgewerteten Messereignisse, sortiert nach Ereignis-Typ:

Ereignis	Bemerk.	01Z	02Z	03Z	04Z	05Z	11Z	12Z	13Z	14Z
<b>Güterzug- und Rangierfahrten</b>										
GA	-			0,061	0,214					
GB	-			0,043	0,038					
GC	Einzellok	0,247	0,100		0,113	0,048				
GD	Einzellok	0,201	0,092		0,110	0,112				
GE	-	0,070	0,042	0,027	0,050	0,049				
GF	-	0,148	0,082	0,044	0,148	0,077				
GG	-	0,144	0,144		0,206					
GH	Einzellok	0,215	0,097	0,052	0,068	0,131				
GI	-	0,057	0,067	0,057	0,165					
<b>KB<sub>max</sub></b>		<b>0,247</b>	<b>0,144</b>	<b>0,061</b>	<b>0,214</b>	<b>0,131</b>				
<b>Personenzugfahrten</b>										
RA	OPB		0,049	0,029	0,026					
RB	OPB	0,080			0,101					
RC	ALEX	0,060	0,045		0,043	0,049				
RD	OPB	0,058	0,048		0,025	0,032				
RE	ALEX	0,058	0,045	0,028	0,125	0,059				
RF	OPB	0,067		0,067	0,124					
<b>KB<sub>max</sub></b>		<b>0,080</b>	<b>0,049</b>	<b>0,029</b>	<b>0,125</b>	<b>0,059</b>				

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



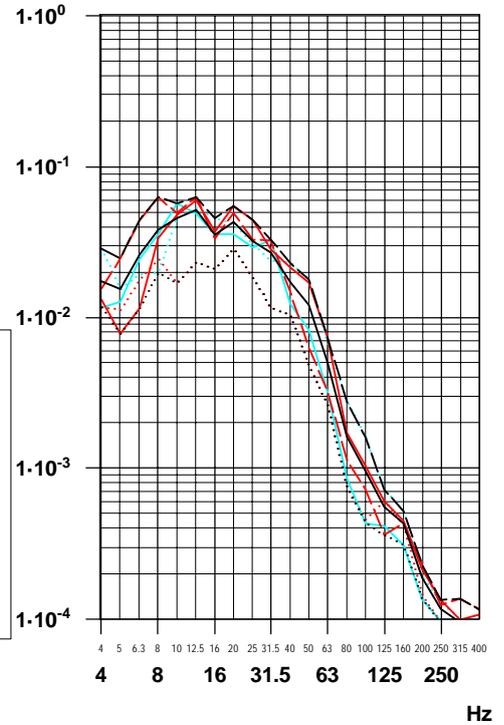
linkes Diagramm

Terz	eff v [mm/s]
(1)	0.311
(2)	0.299
(3)	0.090
(4)	0.218
(5)	0.255
(6)	0.268
(7)	0.251
(8)	0.365
(9)	0.088

rechtes Diagramm

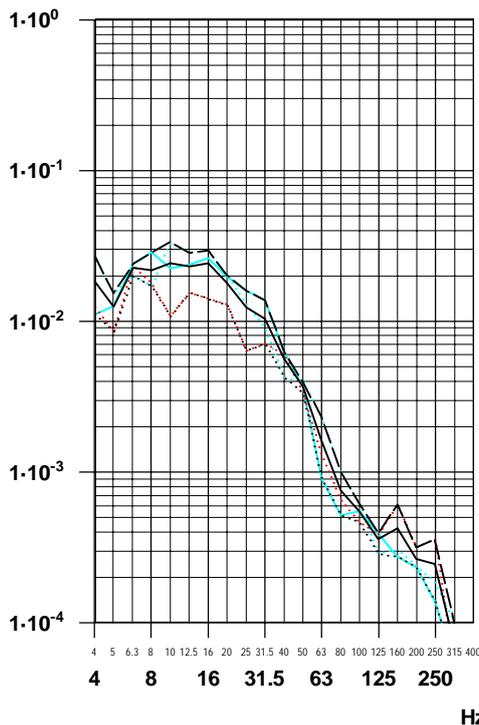
Terz	eff v [mm/s]
(1)	0.125
(2)	0.139
(3)	0.062
(4)	0.112
(6)	0.114
(7)	0.113
(8)	0.154
(9)	0.058

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



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

Messpunkt 03Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 32 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

Terz	eff v [mm/s]
(3)	0.044
(4)	0.066
(6)	0.072
(7)	0.062
(8)	0.078
(9)	0.042

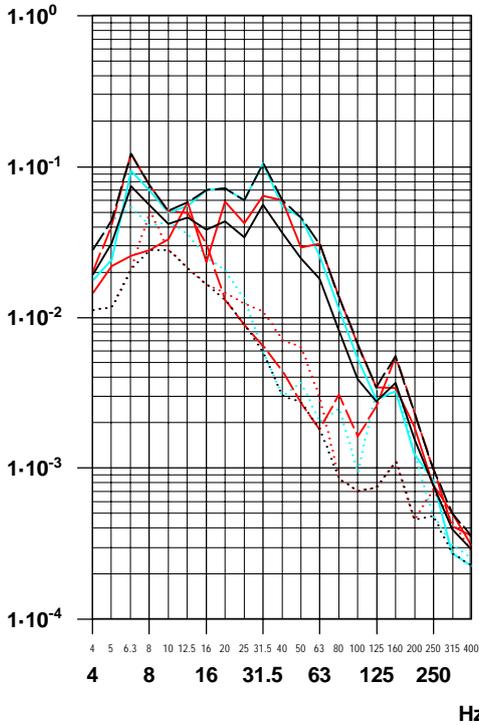
— (1)	Messung: GC
- - (2)	Messung: GD
... (3)	Messung: GE
— (4)	Messung: GF
— (5)	Messung: GG
... (6)	Messung: GH
— (7)	energ. Mittel
— (8)	obere Hüllkurve
... (9)	untere Hüllkurve
● (9)	Grenzkurve (entfällt)

433.38; DST\_KS1.seq; 20.04.18; 11:32:40

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]

Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]

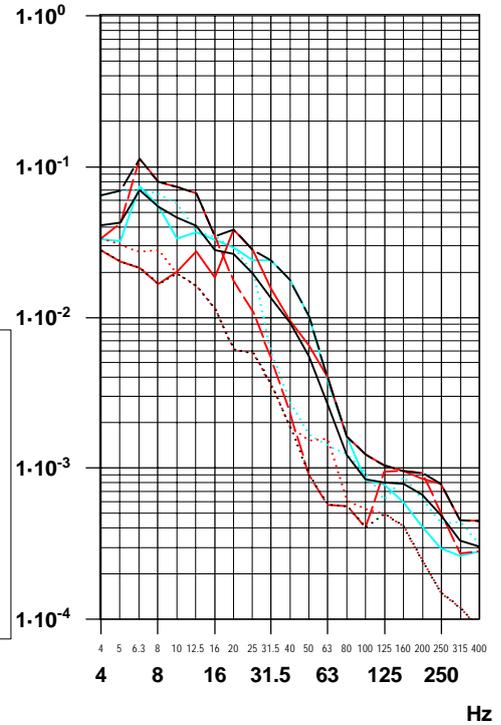


linkes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.150
(2)	0.171
(3)	0.074
(4)	0.227
(6)	0.109
(7)	0.155
(8)	0.249
(9)	0.058

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.079
(2)	0.184
(3)	0.067
(4)	0.130
(6)	0.160
(7)	0.132
(8)	0.207
(9)	0.054



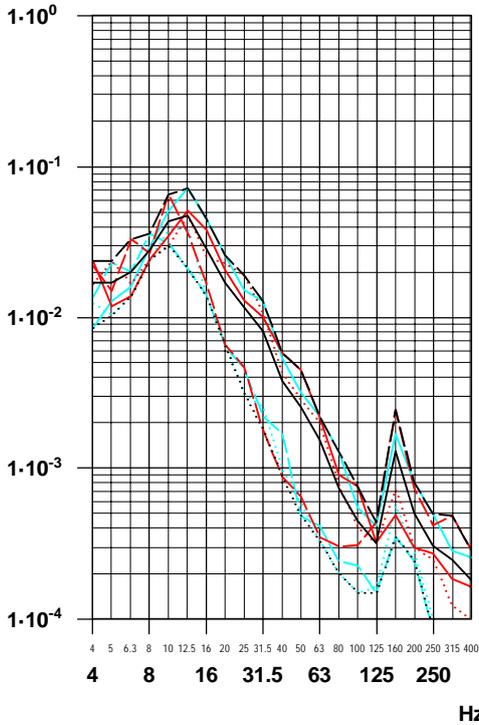
Faktor 10 (linear) = 20 dB  
1 mm/s eff Schnelle = 86 dBv (re 5e-8 m/s)

433.38; DST\_KS1.seq; 20.04.18; 11:54:20

<span style="color: red;">—</span>	(1) Messung: GC
<span style="color: red;">- - -</span>	(2) Messung: GD
<span style="color: red;">· · · · ·</span>	(3) Messung: GE
<span style="color: cyan;">—</span>	(4) Messung: GF
<span style="color: cyan;">- - -</span>	(5) Messung: GG
<span style="color: cyan;">· · · · ·</span>	(6) Messung: GH
<span style="color: black;">—</span>	(7) energ. Mittel
<span style="color: black;">- - -</span>	(8) obere Hüllkurve
<span style="color: black;">· · · · ·</span>	(9) untere Hüllkurve
<span style="color: red;">●</span>	Grenzkurve (entfällt)

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.087
(2)	0.092
(3)	0.081
(4)	0.112
(5)	0.064
(6)	0.066
(7)	0.085
(8)	0.128
(9)	0.051

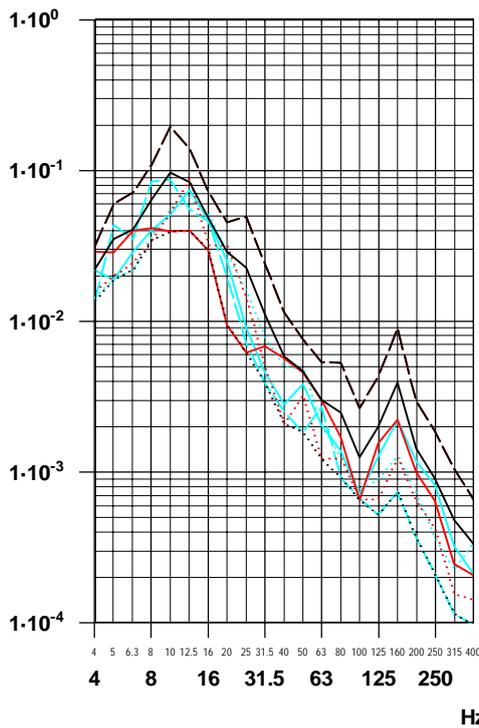
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.152
(2)	0.103
(3)	0.135
(4)	0.180
(5)	0.073
(6)	0.063
(7)	0.125
(8)	0.191
(9)	0.052

- (1) Messung: LA
- - (2) Messung: LB
- · - (3) Messung: LC
- (4) Messung: LD
- · - (5) Messung: LE
- · - (6) Messung: LG
- (7) energ. Mittel
- - - (8) obere Hüllkurve
- · - (9) untere Hüllkurve
- (9) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



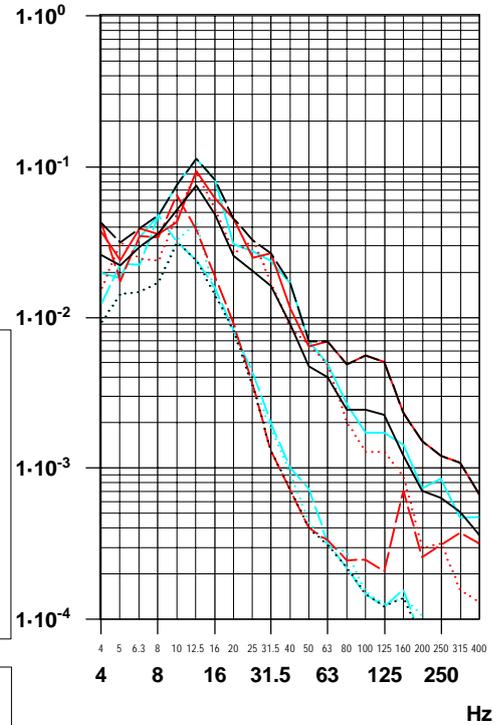
linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.096
(2)	0.302
(3)	0.124
(4)	0.120
(5)	0.154
(6)	0.117
(7)	0.167
(8)	0.302
(9)	0.080

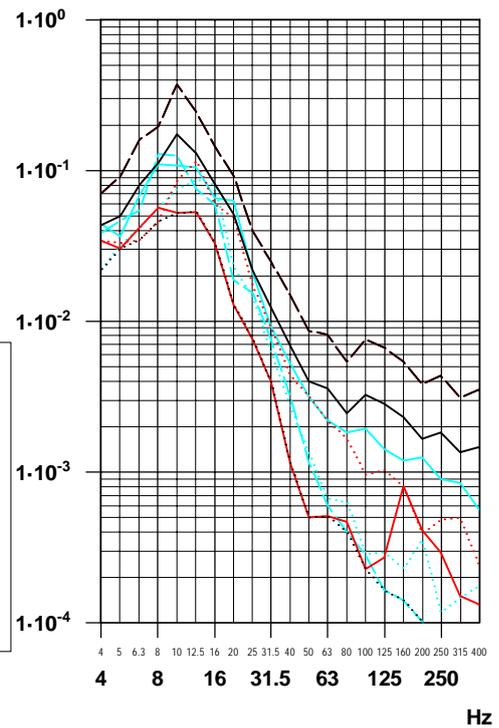
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.118
(2)	0.559
(3)	0.181
(4)	0.228
(5)	0.222
(6)	0.164
(7)	0.285
(8)	0.559
(9)	0.108

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



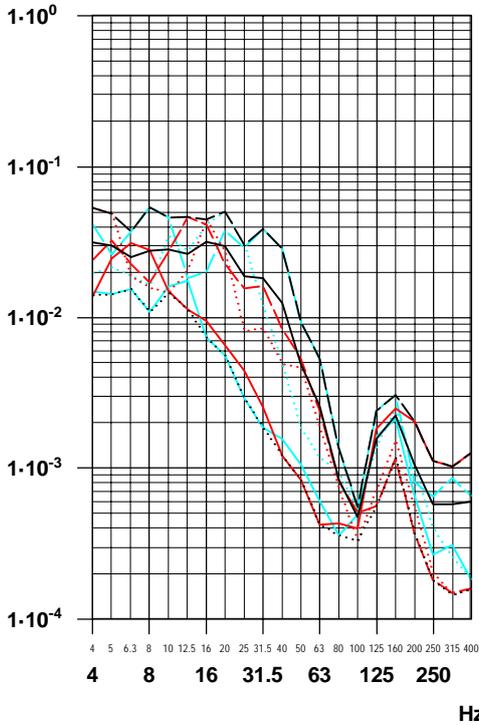
Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.38; DST\_KS1.seq; 14.05.18; 14:30:40

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.056
(2)	0.091
(3)	0.097
(4)	0.038
(5)	0.120
(6)	0.094
(7)	0.087
(8)	0.148
(9)	0.035

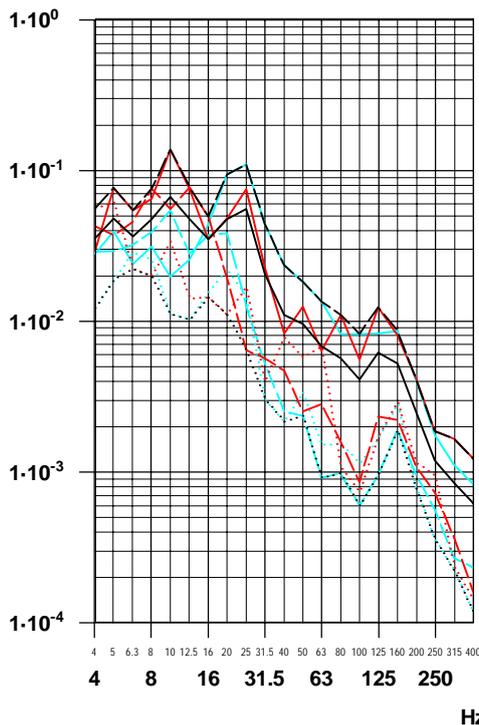
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.062
(2)	0.082
(3)	0.103
(4)	0.040
(5)	0.096
(6)	0.109
(7)	0.086
(8)	0.146
(9)	0.035

- (1) Messung: CA
- - (2) Messung: CB
- · - (3) Messung: CC
- (4) Messung: CD
- · - (5) Messung: CE
- · - (6) Messung: CG
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- · - (9) untere Hüllkurve
- (9) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



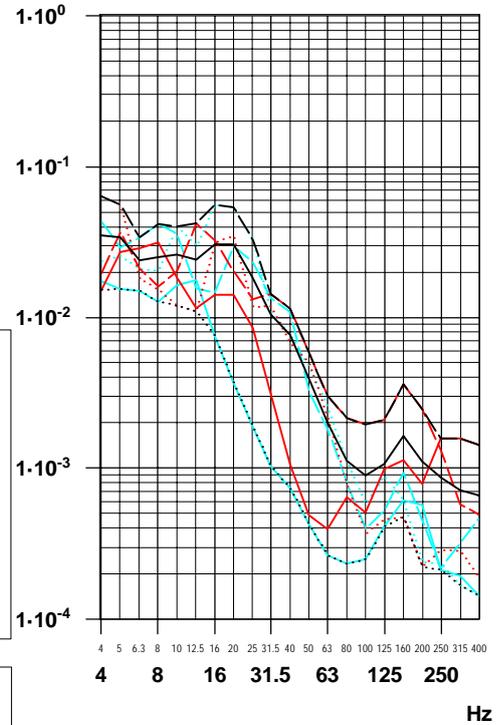
linkes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.222
(2)	0.152
(3)	0.100
(4)	0.177
(5)	0.106
(6)	0.057
(7)	0.146
(8)	0.265
(9)	0.045

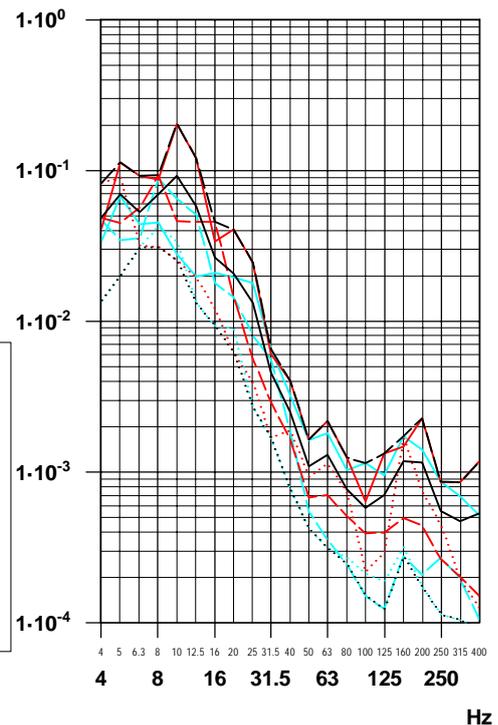
rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	Terz 4 - 315 Hz
(1)	0.302
(2)	0.152
(3)	0.135
(4)	0.110
(5)	0.142
(6)	0.070
(7)	0.168
(8)	0.314
(9)	0.059

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



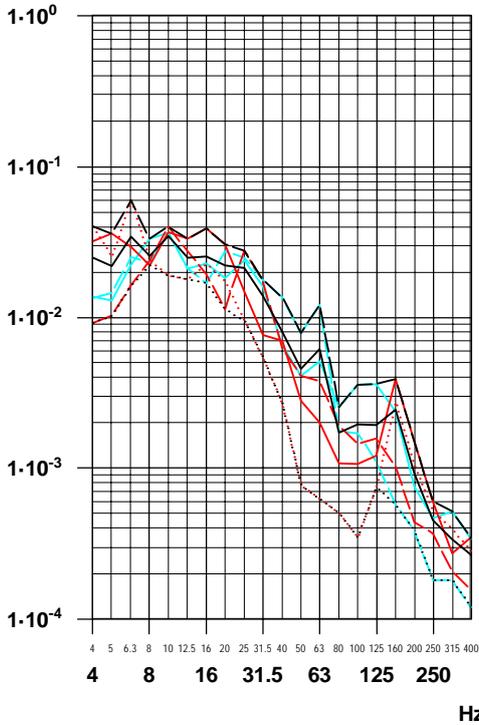
Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



433.38; DST\_KS1.seq; 14.05.18; 14:32:36

Terz-Schnelle-Spektren

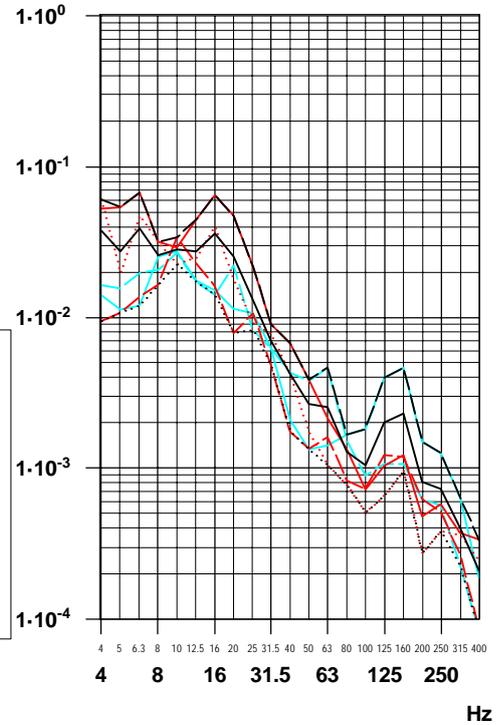
Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.095
(2)	0.071
(3)	0.090
(4)	0.075
(5)	0.076
(7)	0.082
(8)	0.120
(9)	0.047

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]

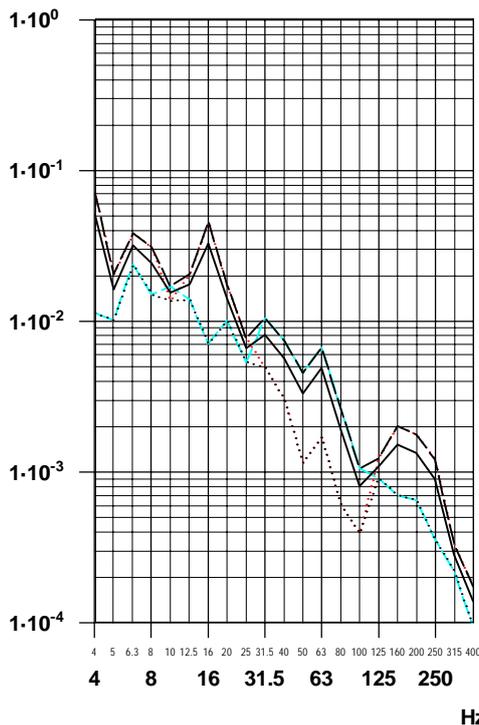


rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.146
(2)	0.053
(3)	0.103
(4)	0.052
(5)	0.057
(7)	0.090
(8)	0.150
(9)	0.042

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

Messpunkt 03Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 32 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]



linkes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(3)	0.105
(5)	0.044
(7)	0.081
(8)	0.107
(9)	0.040

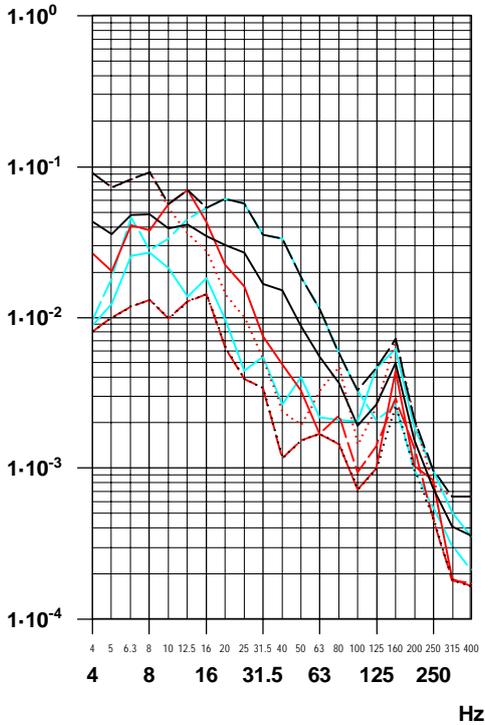
— (1) Messung: RB
- - (2) Messung: RD
- - - (3) Messung: RF
— (4) Messung: RC
- - - (5) Messung: RE
— (7) energ. Mittel
- - - (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
••• Grenzkurve (entfällt)

433.38; DST\_KS1.seq; 14.05.18; 14:24:46

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]

Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
Schnelle [mm/s eff, FAST]

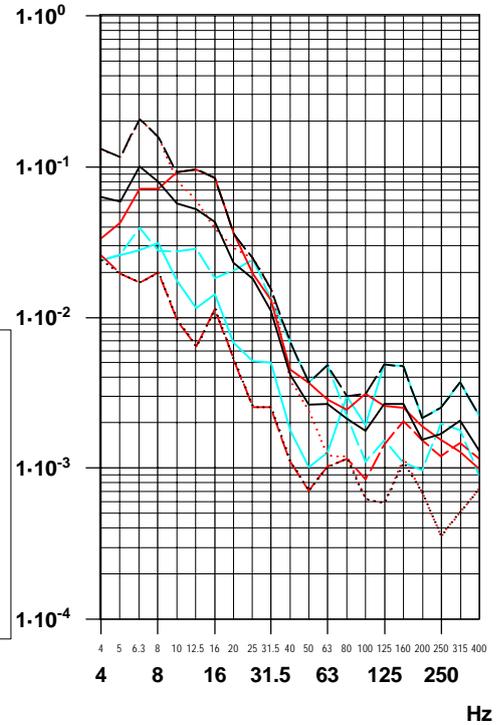


linkes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.123
(2)	0.032
(3)	0.186
(4)	0.053
(5)	0.139
(7)	0.121
(8)	0.224
(9)	0.032

rechtes Diagramm

eff v [mm/s]	
Terz 4 - 315 Hz	
(1)	0.201
(2)	0.045
(3)	0.335
(4)	0.062
(5)	0.083
(7)	0.182
(8)	0.355
(9)	0.044



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

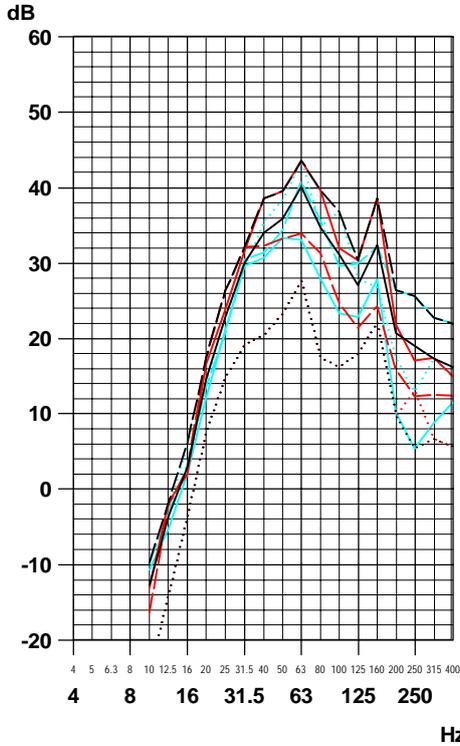
433.38; DST\_KS1.seq; 14.05.18; 14:26:25

<span style="color: red;">—</span>	(1) Messung: RB
<span style="color: red;">- - -</span>	(2) Messung: RD
<span style="color: red;">. . .</span>	(3) Messung: RF
<span style="color: cyan;">—</span>	(4) Messung: RC
<span style="color: cyan;">- - -</span>	(5) Messung: RE
<span style="color: black;">—</span>	(7) energ. Mittel
<span style="color: black;">- - -</span>	(8) obere Hüllkurve
<span style="color: black;">. . .</span>	(9) untere Hüllkurve
<span style="color: red;">—●—</span>	Grenzkurve (entfällt)

# Prognostizierter Sekundärluftschall Güterzugfahrten

## Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

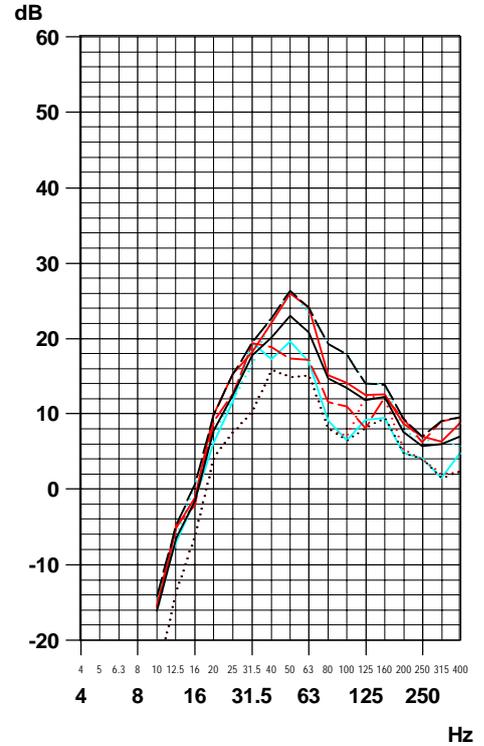
(1)	48
(2)	40
(3)	31
(4)	39
(5)	44
(6)	46
(7)	44
(8)	48
(9)	31

rechtes Diagramm

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

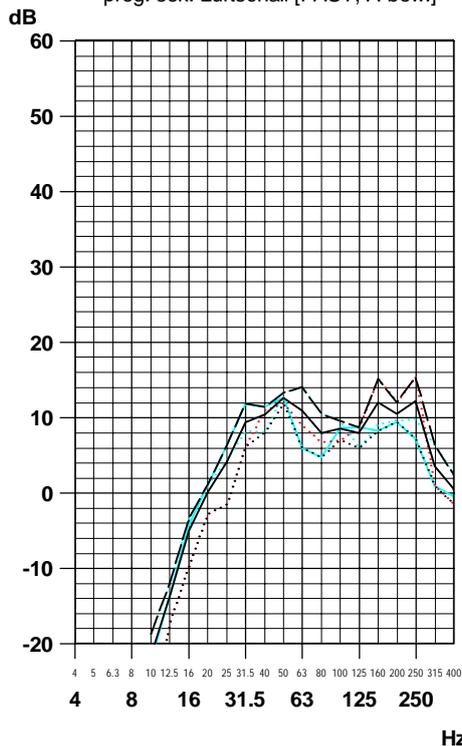
(1)	30
(2)	26
(3)	22
(4)	25
(6)	30
(7)	28
(8)	31
(9)	22

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 03Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 32 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(3)	22
(4)	20
(6)	21
(7)	21
(8)	23
(9)	18

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

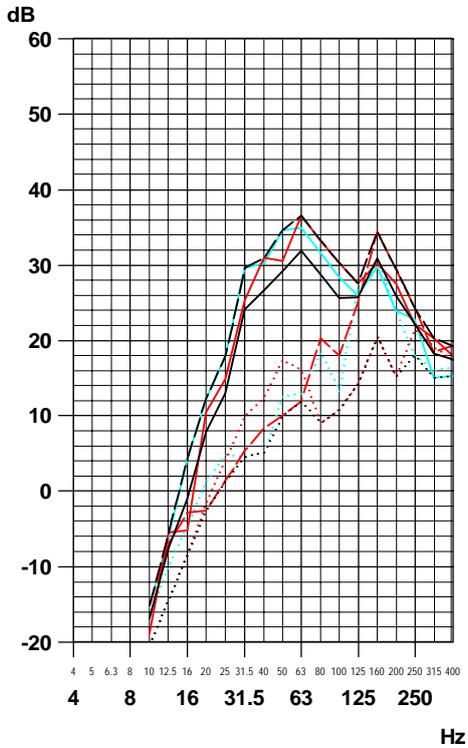
433.38; DST\_LS1.seq; 18.06.18; 12:07:45

# Prognostizierter Sekundärluftschall Güterzugfahrten

Abb. 5.1.LS.2

## Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	41
(2)	37
(3)	27
(4)	41
(6)	34
(7)	38
(8)	42
(9)	25

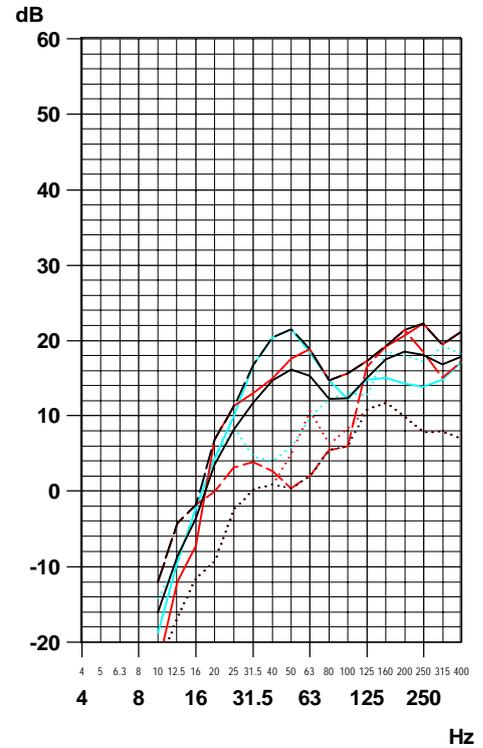
rechtes Diagramm

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

(1)	29
(2)	26
(3)	19
(4)	28
(6)	25
(7)	26
(8)	30
(9)	18

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

Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



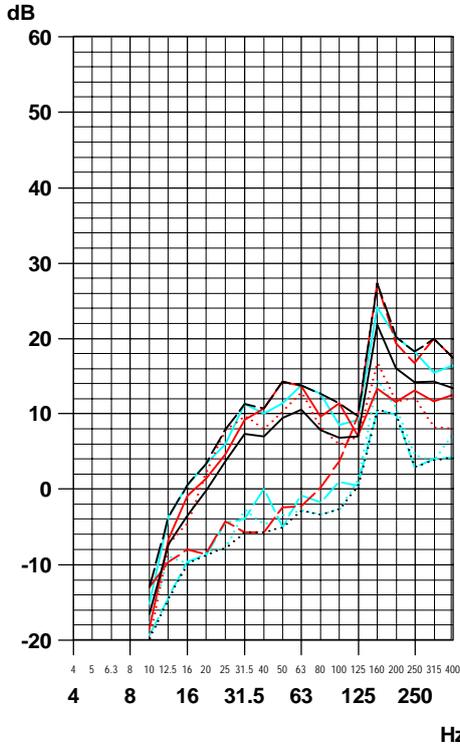
— (red)	(1) Messung: GC
- - - (red)	(2) Messung: GD
... (red)	(3) Messung: GE
— (cyan)	(4) Messung: GF
- - - (cyan)	(5) Messung: GG
... (cyan)	(6) Messung: GH
— (black)	(7) energ. Mittel
- - - (black)	(8) obere Hüllkurve
... (black)	(9) untere Hüllkurve
— (red) ◆	Grenzkurve (entfällt)

433.38; DST\_LS1.seq; 18.06.18; 12:09:14

**Prognostizierter Sekundärluftschall  
LKW-Fahrten**

**Terz-Schnelle-Spektren**

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	22
(2)	29
(3)	22
(4)	28
(5)	15
(6)	17
(7)	25
(8)	30
(9)	15

rechtes Diagramm

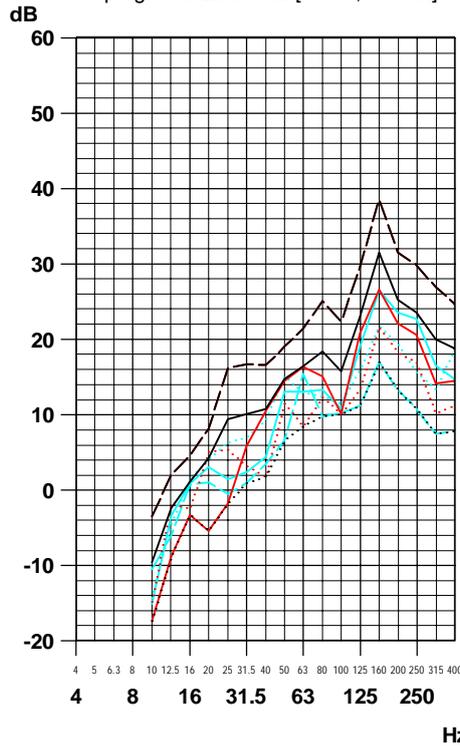
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]  
Terz 20 - 315 Hz

(1)	36
(2)	22
(3)	27
(4)	31
(5)	10
(6)	10
(7)	30
(8)	37
(9)	9

- (1) Messung: LA
- - (2) Messung: LB
- ... (3) Messung: LC
- (4) Messung: LD
- - (5) Messung: LE
- ... (6) Messung: LG
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- ... (9) untere Hüllkurve
- (9) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

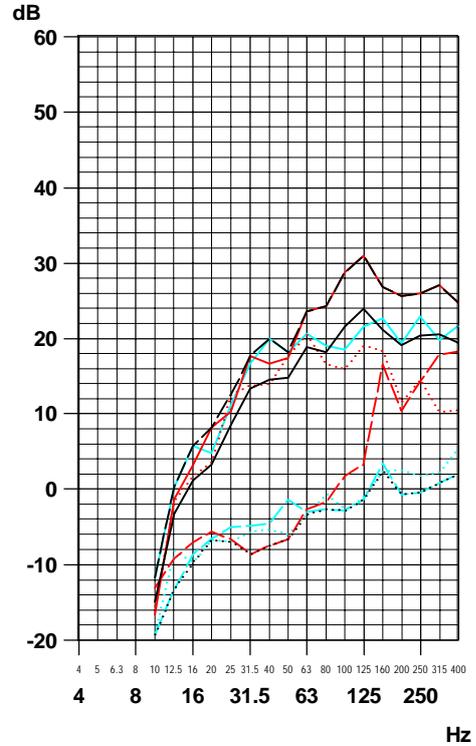
(1)	30
(2)	41
(3)	25
(4)	30
(5)	22
(6)	26
(7)	34
(8)	41
(9)	21

rechtes Diagramm

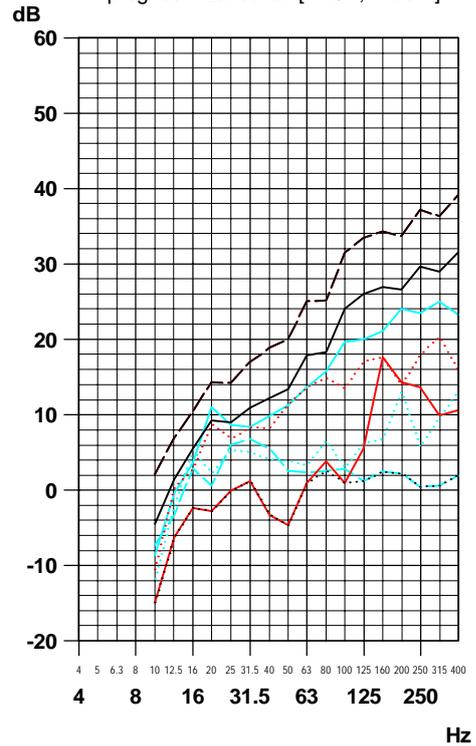
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]  
Terz 20 - 315 Hz

(1)	21
(2)	43
(3)	26
(4)	31
(5)	14
(6)	18
(7)	35
(8)	43
(9)	12

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

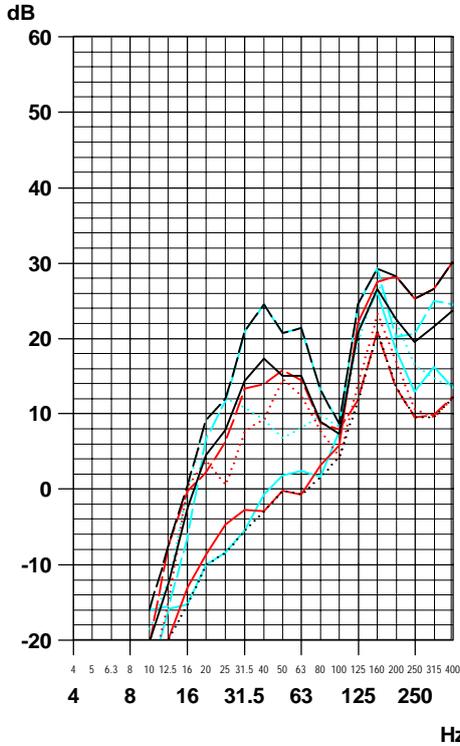


433.38; DST\_LS1.seq; 18.06.18; 12:26:55

**Prognostizierter Sekundärluftschall  
Container Be-/Entladen**

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	33
(2)	25
(3)	26
(4)	28
(5)	34
(6)	30
(7)	31
(8)	35
(9)	23

rechtes Diagramm

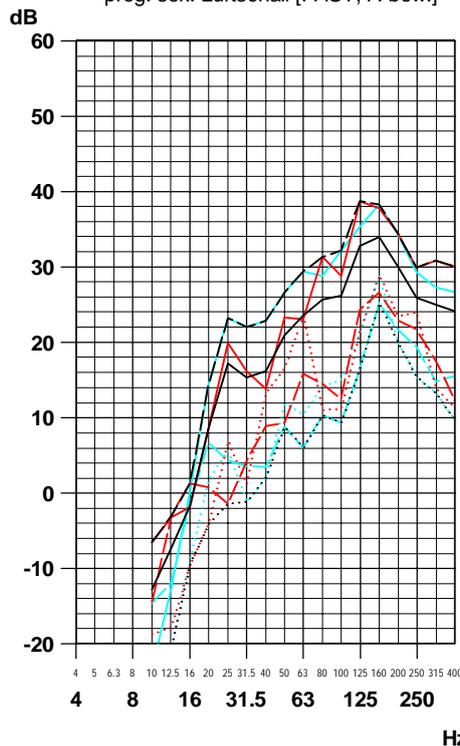
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]  
Terz 20 - 315 Hz

(1)	33
(2)	35
(3)	23
(4)	21
(5)	25
(6)	24
(7)	30
(8)	36
(9)	18

- (1) Messung: CA
- - (2) Messung: CB
- · - (3) Messung: CC
- (4) Messung: CD
- · - (5) Messung: CE
- · - (6) Messung: CG
- (7) energ. Mittel
- - (8) obere Hüllkurve
- · - (9) untere Hüllkurve
- (9) Grenzkurve (entfällt)

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

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

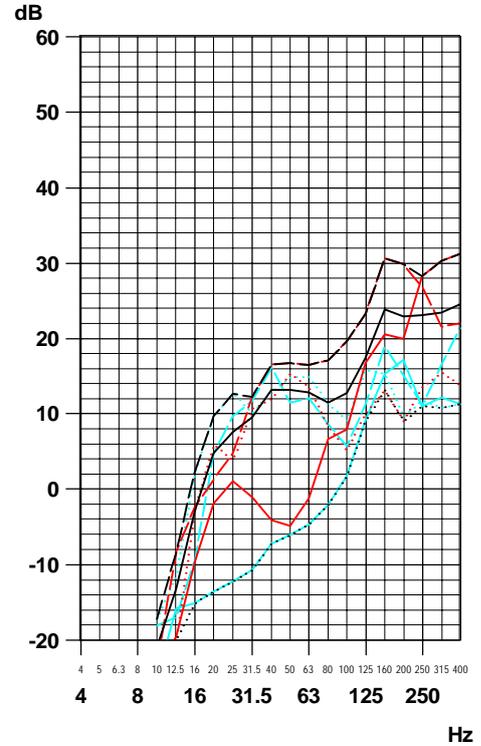
(1)	43
(2)	31
(3)	32
(4)	43
(5)	28
(6)	31
(7)	39
(8)	44
(9)	28

rechtes Diagramm

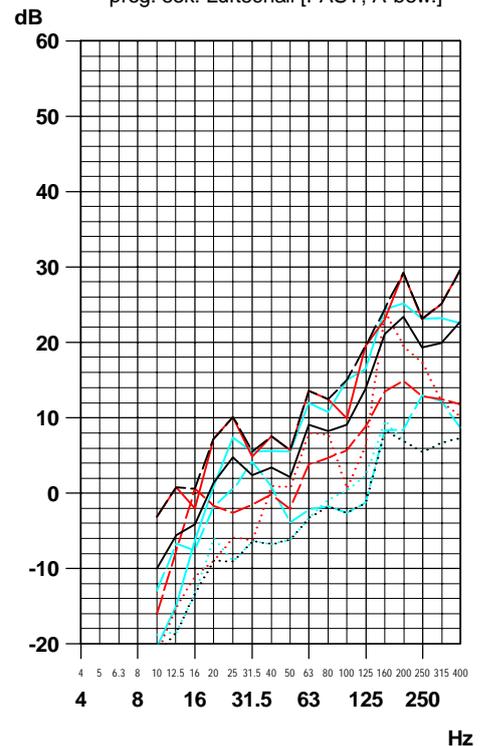
LAF [dB(A), re 2e-5 Pa]  
Terz 20 - 315 Hz

(1)	32
(2)	20
(3)	26
(4)	31
(5)	18
(6)	14
(7)	28
(8)	33
(9)	14

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]

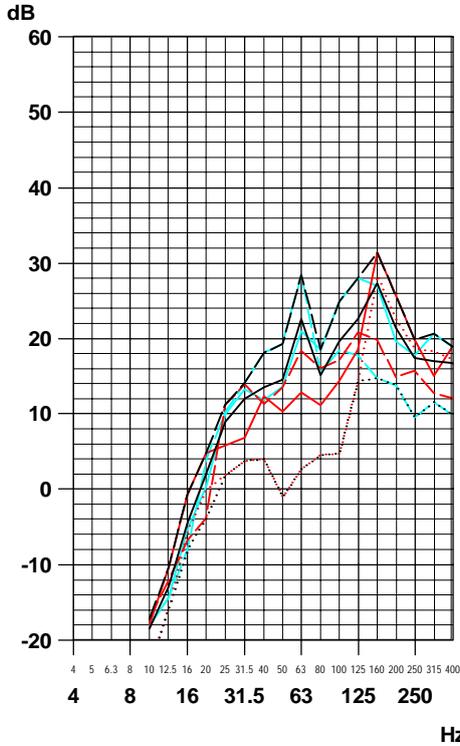


433.38; DST\_LS1.seq; 18.06.18; 12:27:38

**Prognostizierter Sekundärluftschall  
Regionalzug**

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 01Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

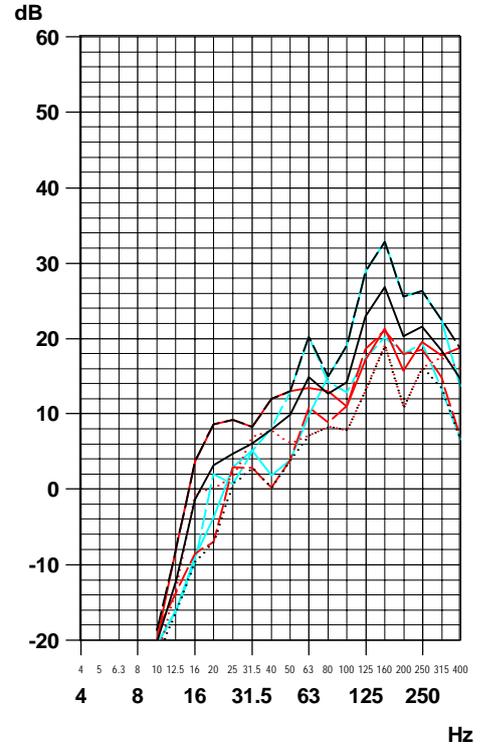
(1)	33
(2)	27
(3)	30
(4)	33
(5)	31
(7)	31
(8)	36
(9)	21

rechtes Diagramm

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

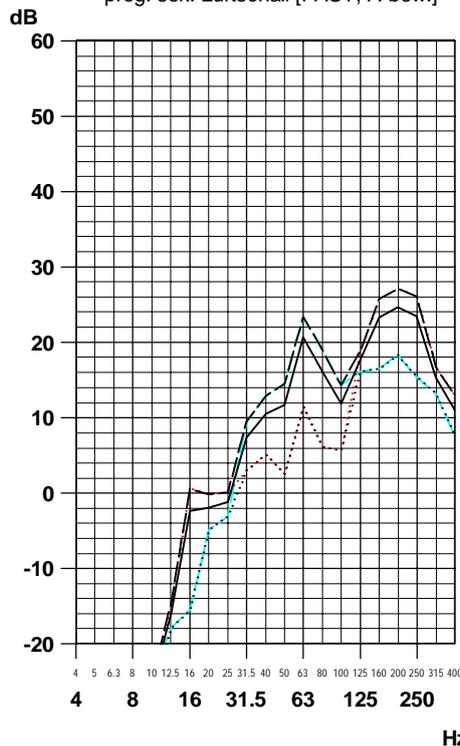
(1)	27
(2)	26
(3)	24
(4)	36
(5)	27
(7)	30
(8)	36
(9)	23

Messpunkt 02Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

Messpunkt 03Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 1 ca. 32 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(3)	32
(5)	28
(7)	30
(8)	33
(9)	24

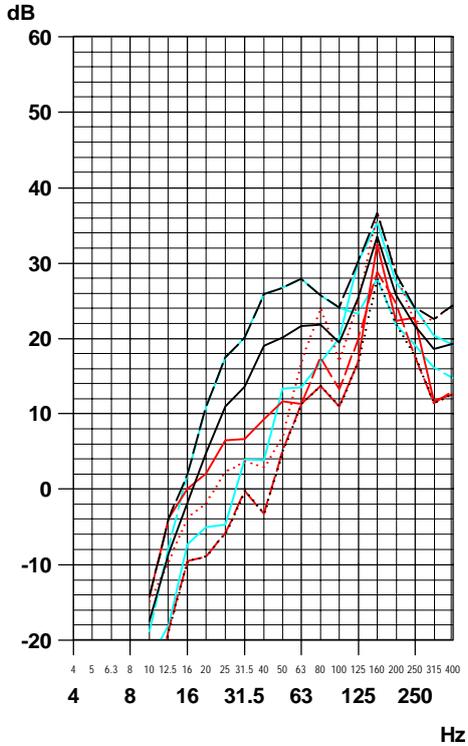
— (1) Messung: RB
- - - (2) Messung: RD
· · · (3) Messung: RF
— (4) Messung: RC
- - - (5) Messung: RE
— (7) energ. Mittel
— (8) obere Hüllkurve
- - - (9) untere Hüllkurve
● (9) Grenzkurve (entfällt)

433.38; DST\_LS1.seq; 18.06.18; 12:36:33

**Prognostizierter Sekundärluftschall  
Regionalzug**

Terz-Schnelle-Spektren

Messpunkt 04Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 8 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



linkes Diagramm

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

(1)	34
(2)	31
(3)	38
(4)	38
(5)	35
(7)	36
(8)	40
(9)	30

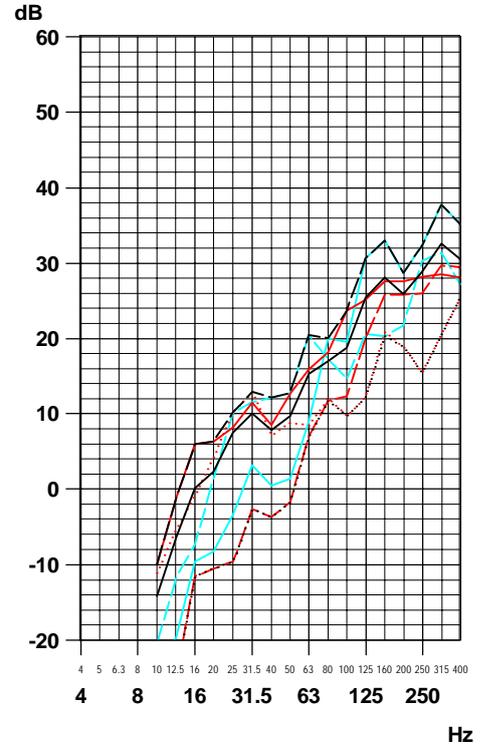
rechtes Diagramm

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

(1)	35
(2)	33
(3)	26
(4)	41
(5)	35
(7)	36
(8)	41
(9)	26

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

Messpunkt 05Z; vertikal  
Freifeld, Abstand zu Weiche 2 ca. 16 m  
prog. sek. Luftschall [FAST, A-bew.]



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

433.38; DST\_LS1.seq; 19.06.18; 11:06:24