

MESSBERICHT - ERSCHÜTTERUNG

VORHABEN:	Bebauungsplan „Untere Zahlbacher Straße (0 69)“
UMFANG:	Durchführung von erschütterungstechnischen Emissions- und Ausbreitungsmessungen an 2 Messquerschnitten im Bereich des Plangebietes
AUFTRAGGEBER:	wiwi immo GmbH & Co KG Umbach 4 55116 Mainz
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER FRITZ AG Hilpertstraße 20 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20178155-VME-1
DATUM:	15.11.2017



Dipl.-Phys. Peter Fritz
Vorstand

Dieser Bericht umfasst 15 Seiten und 3 Anhänge mit 14 Blättern.

Der Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bzw. der Stadt Mainz im Zusammenhang mit dem oben genannten Planvorhaben bestimmt. Jede darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

Inhaltsverzeichnis

1	Sachverhalt und Aufgabenstellung	5
2	Bearbeitungsgrundlagen	6
3	Messdurchführung	7
3.1	Emissionsbedingungen	7
3.2	Auswahl der Messquerschnitte	9
3.3	Beschreibung der Messkette	9
3.4	Messdurchführung	11
3.5	Auswertung Ausbreitungsbedingungen	12
3.6	Auswertung Emissionsspektren	12
4	Messergebnisse	14
4.1	Ausbreitungsbedingungen	14
4.2	Emissionsspektren	14
5	Abschließende Bemerkungen	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Blick auf die Bahnstrecke	7
Abbildung 2:	Blick aufs Gelände N-Bereich parallel zur Bahnstrecke	8
Abbildung 3:	Blick aufs Gelände S-Bereich parallel zur Bahnstrecke.....	8
Abbildung 4:	Prinzipskizze der Messanordnung.....	10
Abbildung 5:	Auswertung im Frequenzbereich.....	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Komponenten des eingesetzten Messsystems.....	11
Tabelle 2:	Mittelwerte der gleisbezogenen Summenpegel L_v [dB]	14

Anhänge

Anhang 1.1	Dokumentation der Messpositionen und der Bahngleise
Anhang 1.2-1.3	Dokumentation der Messsensoren
Anhang 1.4	Dokumentation der einzelnen Straßenbahnvorbeifahrten
Anhang 1.5	Zusammenfassung der Zugvorbeifahrten
Anhang 2.1-2.6	Abnahmekoeffizienten
Anhang 3.1-3.3	Emissionsspektren von Straßenbahnverkehr

Abkürzungsverzeichnis

dB	Dezibel
ΔL	Pegeldifferenz
f_s	Abtastrate [Hz]
f	Frequenz [Hz]
FV	Fernverkehr
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz, Schwingungen je Sekunde
L_v	Schwingschnellepegel in dB
MP	Messpunkt
MQ	Messquerschnitt
MW	Mittelwert
SB	Straßenbahn
StAbw	Standardabweichung
V	messtechnisch erfasste Geschwindigkeit [km/h]
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
$v(t)$	Schwingschnelle

1 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Entlang der Unteren Zahlbacher Straße soll ein Wohn- und Geschäftshauskomplex errichtet werden. In Anbetracht der gegebenen Abstandsverhältnisse zwischen der nächstgelegenen Gleisachse und den Baukörpern, kann nicht ausgeschlossen werden, dass es zukünftig in den geplanten Gebäuden zu Einwirkungen durch wahrnehmbare verkehrsinduzierte Schwingungen kommt. Demgemäß wird im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens ein Nachweis gefordert, dass zukünftig in den Gebäuden gesunde Wohnverhältnisse erreicht werden können.

Ziel der Untersuchungen ist es zu prüfen, ob es infolge der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen durch den Betrieb auf der bestehenden Straßenbahnanlage zu Immissionskonflikten in den geplanten Gebäuden kommen kann.

Ausgangspunkt der diesbezüglichen durchzuführenden erschütterungstechnischen Untersuchungen ist eine umfassende messtechnische Bestandsanalyse der relevanten Emissionen und Transmissionen. Hierbei sind insbesondere die Ausbreitungsbedingungen für Erschütterungen im Untergrund zu analysieren, um auf Grundlage dieser Erkenntnisse Prognosen zu den zukünftig zu erwartenden Einwirkungen durchführen zu können. Zu diesem Zweck wurden an 2 Messquerschnitten und insgesamt 7 Messpositionen Messungen der im Boden auftretenden verkehrsinduzierten Erschütterungen durchgeführt.

In dem vorliegenden Bericht werden ausschließlich die Durchführung und die Auswertung der Messungen behandelt. Die vorhabenspezifische Prognose der zukünftig im Gebäude zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall sowie die Beurteilung der Prognoseergebnisse erfolgt separat im Bericht 20178155-VSE-1.

2 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Regelwerke, Satzungen und Planunterlagen zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /3/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269)
- /4/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /5/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /6/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /7/ DIN 45669 Teil 1, „Messung von Schwingungsimmissionen“ – Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, September 2010
- /8/ DIN 45669 Teil 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ – Messverfahren, Juni 2005
- /9/ DIN 45672 Teil 1, „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 1: Messverfahren vom April 2017
- /10/ DIN 45672 Teil 2, „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 2: Auswertverfahren vom Juli 1995

3 Messdurchführung

Die Durchführung der Messungen auf dem Plangebiet an der Unteren Zahlbacher Straße in Mainz erfolgte an insgesamt 7 Messpositionen. Die Messungen wurden am 13.10.2017 zwischen 11:00 Uhr und 14:30 Uhr gemäß den Vorgaben der **DIN 45672-1 /9/** durchgeführt.

3.1 Emissionsbedingungen

Das zu bebauende Grundstück wird auf der nördlichen Seite durch ein bebautes Grundstück, auf der östlichen und südlichen Seite durch Straßen (Zahlbacher Steg, Bretzenheimer Straße) und auf der westlichen Seite durch die Untere Zahlbacher Straße begrenzt. Diese ist die Hauptverbindungsstraße von Bretzenheim in Richtung Mainz-Hauptbahnhof. Die Straßenbahnstrecke, im Bereich des Plangebiets, die durch eine Kurve (**Abbildung 1**) verläuft, besteht aus zwei Gleisen.



Abbildung 1: Blick auf die Bahnstrecke

Der nördliche Teil des zu überbauende Areals ist nicht ebenerdig (**Abbildung 2**). Der Boden besteht hier zum größten Teil aus Mutterboden. Die Oberfläche ist mit Gras bewachsen und wird als Weidefläche genutzt.



Abbildung 2: Blick aufs Gelände N-Bereich parallel zur Bahnstrecke



Abbildung 3: Blick aufs Gelände S-Bereich parallel zur Bahnstrecke

Der südliche Teil des zu überbauende Areals ist ebenerdig (**Abbildung 3**). Die Oberfläche des Bodens ist zum größten Teil gepflastert. In einer Tiefe ab ca. 30-40 cm besteht der Boden aus Mutterboden.

Die Bahnstrecke sowie die geplanten Gebäude sind im Übersichtslageplan in **Anhang 1.1** dargestellt.

3.2 Auswahl der Messquerschnitte

Insgesamt wurden mit Hilfe von 7 Messsensoren die schienenverkehrsinduzierten Schwingungsemissionen registriert. Es wurden 2 Messquerschnitte (**MQ1** und **MQ2**) mit jeweils 4 bzw. 3 Sensoren bestückt. Da auf der Planfläche unterschiedliche Einwirkungen von Erschütterungen durch den Schienenverkehr stattfinden wurden die Messquerschnitte (**MQ**) so gewählt, dass diese den ganzen Bereich des Wohnkomplexes erfassen. Der im nördlichen Teil vom Planungsgebiet verlaufende Schienenverkehr passiert eine Kurve, in der die Erschütterungen höher zu erwarten sind als die im südlichen Planungsbereich auf einer Geraden verlaufende Schienenverkehr. Dementsprechend wurden zu einem die Messquerschnitte im Bereich des in der Kurve verlaufenden Schienenverkehrs und zum anderen im Bereich der in der Geraden verlaufenden Schienenverkehrs gewählt.

An allen Messpositionen wurden Vertikalsensoren auf ca. 60 cm langen Stahlpflöcken montiert und so an den Boden angekoppelt. Die Ankopplung der Sensoren erfolgte gemäß **DIN 45669-2** /8/. Die Erdspieße weisen einen x-förmigen Querschnitt auf und weisen in dem hier relevanten Frequenzbereich im Boden keine Eigenschwingungen auf. Um Kontaktresonanzen zu vermeiden, wurden die Sensoren mittels Gewinden, die mit Spannringen gesichert waren, an den Pflöcken befestigt.

Die Lage der einzelnen Messpositionen und die Abstände der einzelnen Schwingungssensoren sind in **Anhang 1.1** dargestellt. Sämtliche auflaufenden Messdaten wurden parallel erfasst, so dass also an allen 7 Messpositionen stets dieselben Bahnvorbeifahren registriert wurden. Die Fotodokumentation sowie die Angaben zu verwendeten Geophonen finden sich in **Anhang 1.2** und **Anhang 1.3**.

3.3 Beschreibung der Messkette

Die Durchführung der Erschütterungsmessungen erfolgte mit einer Messanlage, die der Genauigkeitsklasse 1 gemäß **DIN 45669-1** /7/ entspricht. Die Komponenten der Messanlage sind in der Prinzipskizze in **Abbildung 4** dargestellt.

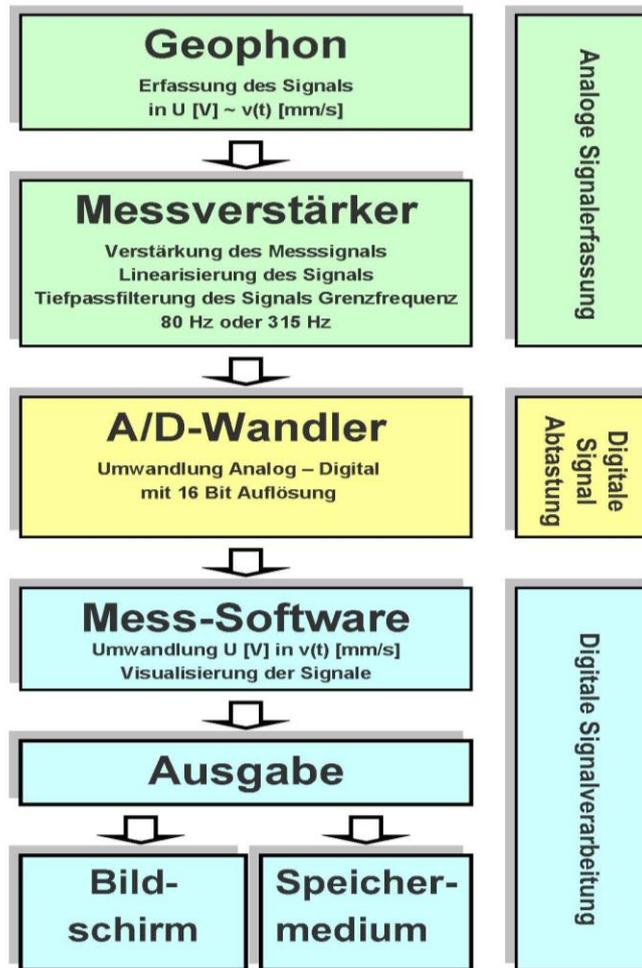


Abbildung 4: Prinzipskizze der Messanordnung

Die einzelnen Kanäle der 8-kanaligen Messanlage wurden letztmalig am 16.01.2014 im Labor mit einem rückführbar kalibrierten Referenzaufnehmer im Kopf an Kopf Verfahren für den relevanten Frequenzbereich kalibriert. Vor der Durchführung der Messungen wurde die Funktionsfähigkeit der Messgeräte durch kurze Stoßanregungen an den Sensoren auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft.

Die Abtastung der analogen Messsignale erfolgte mit einer Abtastrate von

$$f_s = 1024 \text{ Hz.}$$

Somit bietet die Abtastung die Möglichkeit die Signale bis zu einer Frequenz von 500 Hz spektral auszuwerten. Die in der Messkette eingesetzten Komponenten sind in **Tabelle 1** aufgeführt.

GEOPHONE:	Absolut Geschwindigkeitsaufnehmer
Hersteller:	Western Data Systems
Kennfrequenz:	4,5 + 0,5 Hz
Empfindlichkeit:	0,29 + 5% V/cm/s
MESSVERSTÄRKER:	VM-116; 8 Kanäle ;
Hersteller:	Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
Frequenzbereich:	1 ... 315 Hz
Meßbereich:	Schwinggeschwindigkeit 0,1 ... 500 mm/s
Nachweisgrenze:	mindestens 0,001 mm/s (gem. DIN 45669)
Genauigkeitsklasse:	DIN 45669-1 im genannten Frequenzbereich
LAPTOP	
Hersteller:	Samsung
CPU:	Intel Centrino vPro 2,5 GHz
A/D-WANDLER	DAQ-Card 6036-E , 16 Kanäle
Hersteller:	National Instruments
Auflösung:	16 Bit
SOFTWARE:	MEDA-AD
Hersteller:	Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
Version:	2016-1

Tabelle 1: Komponenten des eingesetzten Messsystems

Entsprechend den Empfehlungen der **DIN 45672 /9/,/10/** erfolgt anschließend, d.h. im Rahmen der Auswertung der Signale, eine Bandbegrenzung auf

$$f = 4 \dots 315 \text{ Hz}$$

durch eine entsprechende digitale Bandpassfilterung. Die Signale werden für jedes registrierte Ereignis unmittelbar nach Durchführung der Messung auf dem Bildschirm des Messrechners angezeigt und auf Plausibilität geprüft.

3.4 Messdurchführung

Die Emissionsmessung wurde an insgesamt 7 Messpositionen durchgeführt. Dabei wurden im Tagzeitraum von 11:00 Uhr bis 14:30 Uhr die Schwingungsemissionen an den in **Kapitel 3.2** beschriebenen Messquerschnitten registriert. Es erfolgte die Registrierung der Signale $v(t)$ an allen 7 Messpositionen zeitgleich. Die Signale wurden für jedes Ereignis unmittelbar nach Durchführung der Messung auf dem Bildschirm des Messrechners angezeigt und auf Plausibilität geprüft.

Soweit Störungen festgestellt wurden, wurde die jeweilige Messung verworfen. Sofern Übersteuerungen oder Untersteuerungen für einzelne Kanäle auftraten, wurden die Messungen verworfen, die Aussteuerung angepasst und eine erneute Messung durchgeführt. Des Weiteren wurden das befahrene Gleis und mit einer Radarpistole die Geschwindigkeit der vorbeifahrenden Straßenbahnen registriert und erfasst. Die Signale wurden dann im Labor gemäß **DIN 45672-2** /10/ ausgewertet.

3.5 Auswertung Ausbreitungsbedingungen

Für die Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen werden auf Basis der Messwerte an den einzelnen Messpositionen Regressionsanalysen durchgeführt. Es wird für jede Terzmittenfrequenz die Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand mit der nachfolgenden Gleichung bestimmt:

$$\log KB_{FTi} = \text{const} - n \cdot \log r$$

Hierbei bedeuten:

r	Abstand der Gebäude zur Gleisanlage
const	Achsenabschnitt
n	Steigung der Regressionsgeraden

Durch die Vielzahl an einzelnen Messwerten und Abständen erhält man dann eine frequenzabhängige exponentielle Abnahmebeziehung mit einer hinreichenden statistischen Sicherheit.

3.6 Auswertung Emissionsspektren

Zur Ermittlung der Schwingungsanregung im Erdreich erfolgt die Auswertung der Schwingschnelle $v(t)$ im Frequenzbereich gemäß **DIN 45672-2** /10/. Die Auswertung im Frequenzbereich erfolgt mit Hilfe von Terzanalysen. Hierbei wird der gleitende Effektivwert in Terzbändern mit einer konstanten relativen Breite von 23 % gebildet.

Mit Hilfe der Terzanalyse wird das Spektrum $L_{vFmax}(f_{Tn})$ des Maximal-Terzschnellepegels nach der folgenden Gleichung für jede Sensorposition und jedes Zugereignis ermittelt:

$$L_{vFmax}(f_{Tn}) = 20 \cdot \lg(v_{Fmax}(f_{Tn})/v_0)$$

mit Bezugswert $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Die Emissionsspektren werden anschließend einer statistischen Auswertung unterzogen, indem die einzelnen vergleichbaren Messsignale gemittelt werden. Die Mittelung erfolgt gleisweise. Der Bereich der Terzmittenfrequenz erstreckt sich von 4 Hz bis 315 Hz. Die Vorgehensweise bei der Auswertung im Frequenzbereich ist in

Abbildung 5 schematisch dargestellt.

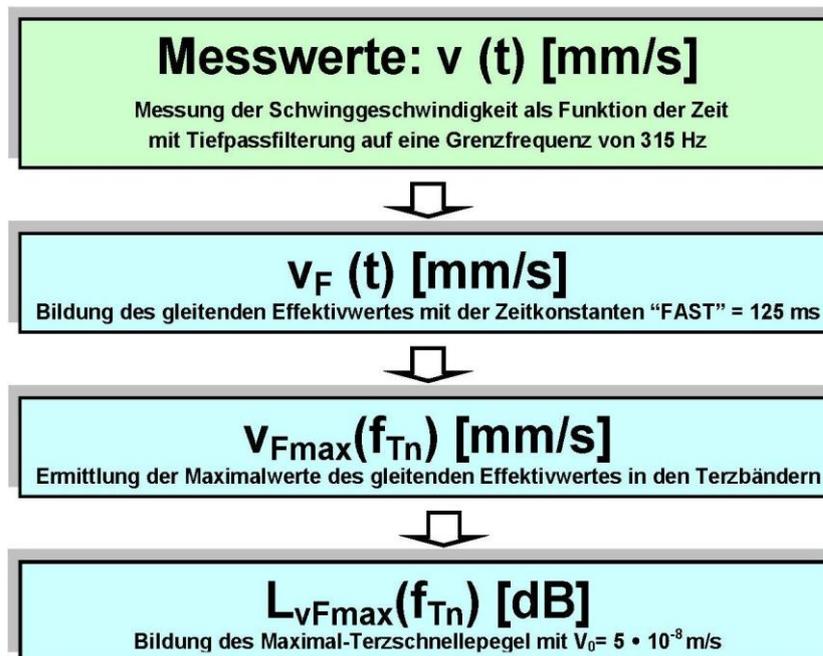


Abbildung 5: Auswertung im Frequenzbereich

Die angewandten Emissionsspektren werden mit Hilfe der durchgeführten Emissions- und Ausbreitungsmessungen gewonnen. Die Emissionsspektren beziehen sich allesamt auf den Referenzabstand von 8 m zur nächstgelegenen Gleisachse. Ferner beziehen sich die angegebenen Emissionen auf die im Bereich des hier behandelten Grundstückes gefahrenen Geschwindigkeiten. Die Emissionen ergeben sich aus der statistischen Auswertung aller unter Berücksichtigung der ermittelten Abnahmeexponenten auf den Referenzabstand zurückgerechneten Terzspektren. Die dargestellten Emissionsspektren sind also sowohl hinsichtlich der Schwankungen einzelner Vorbeifahrtseignisse als auch hinsichtlich der Schwankungen auf Grund der individuellen Bodenverhältnisse im Plangebiet gemittelt.

4 Messergebnisse

4.1 Ausbreitungsbedingungen

Die Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand wird für jede Terzmittenfrequenz graphisch als Regressionsgerade dokumentiert. In jedem Graphen sind die Messwerte als rote Quadrate und die Regressionsgerade blau gekennzeichnet. Die graphische Darstellung erfolgt hierbei doppelt logarithmisch. Eine Zusammenfassung der frequenzabhängigen exponentiellen Abnahmebeziehung findet sich dann am Ende des jeweiligen Anhangs numerisch in Tabellenform als Exponent für jede Terzmittenfrequenz. Die Ergebnisse der Ausbreitungsmessungen befinden sich in **Anhang 2**.

4.2 Emissionsspektren

Die Ergebnisse der Erschütterungsuntersuchung sind in **Anhang 3** graphisch und tabellarisch dargestellt. Hierbei werden die Spektren im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz als Mittelwert für jeden Messquerschnitt angegeben. Aufgeführt werden jeweils die Anzahl der erfassten Zugereignisse und die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge sowie der mittlere Summenpegel. In **Anhang 3.3** sind zusätzlich die über beide Gleise gemittelten Emissionsspektren für die Messquerschnitte MQ1 und MQ2 dargestellt.

In der **Tabelle 2** sind die gemittelten Summenpegel für die Straßenbahn differenziert nach Messquerschnitt und Gleis zusammengefasst.

Verkehrsmittel	MQ1		MQ2		Mittelung	
	Gleis 1	Gleis 2	Gleis 1	Gleis 2	MQ1	MQ2
Straßenbahn	80,5	78,3	86,2	84,5	79,4	85,4

Tabelle 2: Mittelwerte der gleisbezogenen Summenpegel L_v [dB]

5 Abschließende Bemerkungen

Die erhobenen Messdaten zu den Erschütterungsemissionen werden nun hinsichtlich der Belange des Immissionsschutzes, d.h. des Schutzes vor Erschütterungen und vor sekundären Luftschall ausgewertet. Hierbei werden die zukünftigen Einwirkungen prognostiziert und nach den einschlägigen Regelwerken beurteilt. Dieser Teil der Untersuchungen ist im Bericht Ziffer 20178155-VSE-1 dokumentiert.

AUFGESTELLT:



Andre Kaminski B.Eng.

GEPRÜFT:



Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ANHANG

Messprotokoll Erschütterungen

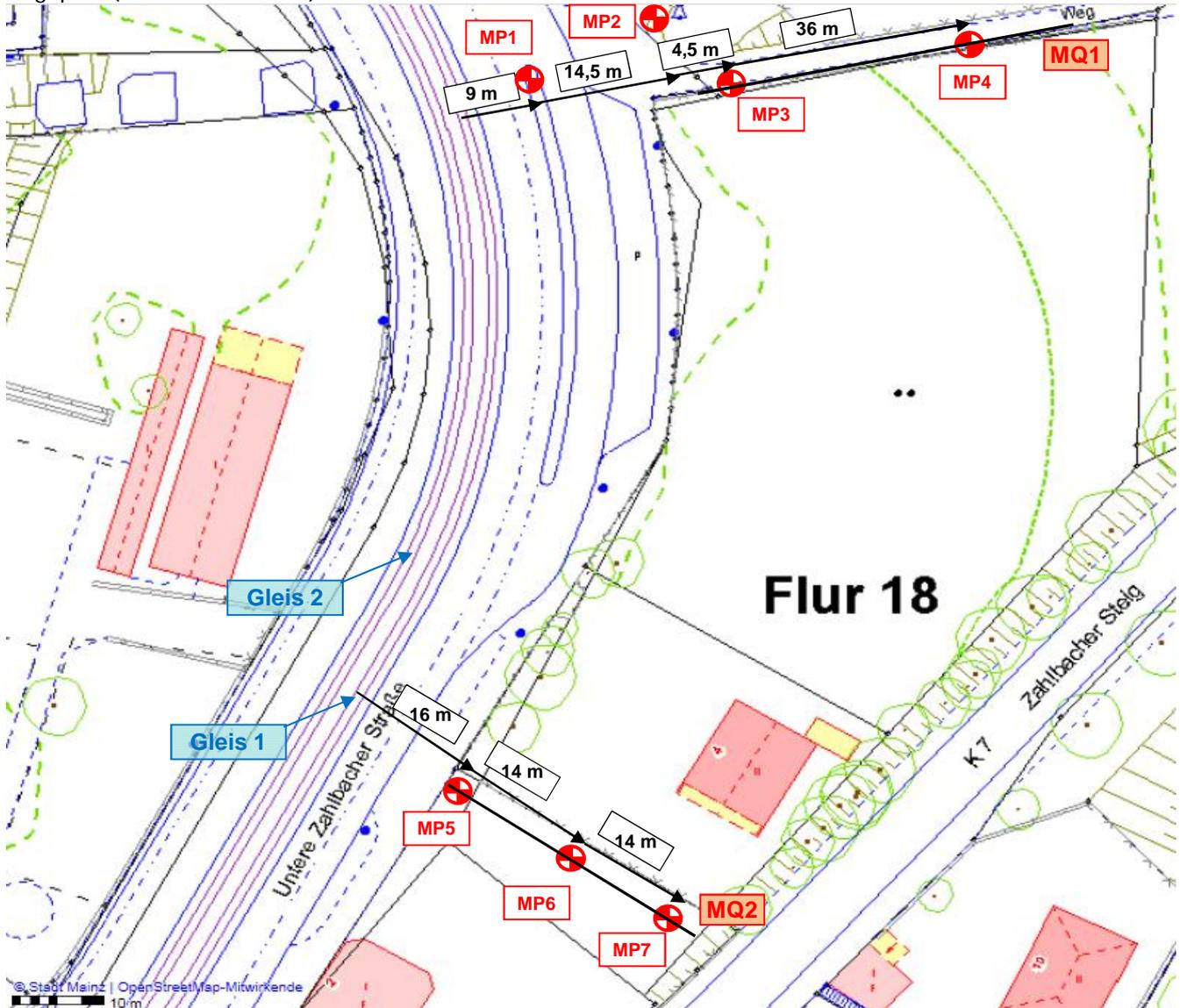
Beschreibung des Messortes

K:\VB Projekte\2017\8155 VME wiwi BPlan Untere Zahlbacher Straße\C Bearbeitung\C-Auswertung\10 Messprotokoll-Ausbreitung.xlsx\1.1

Objektadresse: Untere Zahlbacher Straße 2
55131 Mainz

Datum: 13.10.2017

Lageplan (nicht maßstäblich)



Messposition **MP** Messpunkt **MQ1** Messquerschnitt **m** Abstand

Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Messposition	Lage	Abstand 1. Gleis	Abstand 2. Gleis	Ankopplung
1	Freifeld	9,0 m	11,5 m	an Erdreich mit Erdspieß
2	Freifeld	23,5 m	26,0 m	an Erdreich mit Erdspieß
3	Freifeld	28,0 m	30,5 m	an Erdreich mit Erdspieß
4	Freifeld	64,0 m	66,5 m	an Erdreich mit Erdspieß
5	Freifeld	16,0 m	18,5 m	an Erdreich mit Erdspieß
6	Freifeld	30,0 m	32,5 m	an Erdreich mit Erdspieß
7	Freifeld	44,0 m	46,5 m	an Erdreich mit Erdspieß

09.11.2017

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

K:\B Projekte\2017\8155 VME wiwi BPlan Untere Zahlbacher Straße\C Bearbeitung\C-Auswertung\10 Messprotokoll-Ausbreitung.xlsx1.2

Messposition 1: 9,0 m



Messposition 2: 23,5 m



Messposition 3: 28,0 m



Messposition 4: 64,0 m



Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Mess- bereich [mm/s]
7	1	z	V11	0,99	2,0
1	2	z	V19	1,01	0,5
2	3	z	V23	0,99	0,2
3	4	z	V24	0,99	0,1

09.11.2017

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

K:\B Projekte\2017\8155 VME wiwi BPlan Untere Zahlbacher Straße\C Bearbeitung\C-Auswertung\10 Messprotokoll-Ausbreitung.xlsx\1.3

Messposition 5: 16,0 m



Messposition 6: 30,0 m



Messposition 7: 44,0 m



Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Mess- bereich [mm/s]
4	5	z	V5	1,01	1,0
5	6	z	V21	1,01	0,2
6	7	z	V25	0,99	0,1

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der einzelnen Zugvorbeifahrten

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwI_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\10_Messprotokoll-Ausbreitung.xlsx]1.4

Objektadresse: Untere Zahlbacher Straße 2
55131 Mainz

Datum: 13.10.2017
Zeitraum: 11:19 bis 14:19

Messung Nr.:	Uhrzeit	Zuggattung	Gleis Nr.	v [km/h]	Richtung B = Bretzenheim MHBF = Mainz HBF	Bemerkung
01	11:19	SB	1	41	MHBF	
02	11:21	SB	2	41	B	
03	11:46	SB	1	45	MHBF	
04	11:50	SB	2	41	B	
05	12:01	SB	1	29	MHBF	
06	12:04	SB	2	44	B	
07	12:15	SB	1	37	MHBF	
08	12:19	SB	2	38	B	
09	12:31	SB	1	38	MHBF	
10	12:33	SB	2	50	B	
11	12:45	SB	1	39	MHBF	
12	12:48	SB	2	38	B	
13	13:02	SB	1	30	MHBF	
14	13:15	SB	1	40	MHBF	
15	13:31	SB	1	35	MHBF	
16	13:33	SB	2	49	B	
17	13:45	SB	1	40,0	MHBF	
18	13:48	SB	2	33,0	B	
19	14:01	SB	2	44,0	B	
20	14:02	SB	1	41,0	MHBF	
21	14:15	SB	1	43,0	MHBF	
22	14:19	SB	2	41,0	B	
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

09.11.2017

Messprotokoll Erschütterungen

Übersicht Geschwindigkeit, Anzahl Vorbeifahrten

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwl_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\10_Messprotokoll-Ausbreitung.xlsx\1.5

Objektadresse: Untere Zahlbacher Straße 2
55131 Mainz

Datum: 13.10.2017
Zeitraum: 11:19 bis 14:19

Gemessene Durchschnittsgeschwindigkeit v [km/h]

	Zuggattung			
	Straßenbahn			
Gleis 1	38	+/- 5		
Gleis 2	42	+/- 5		
Mittelwert	40	+/- 5		

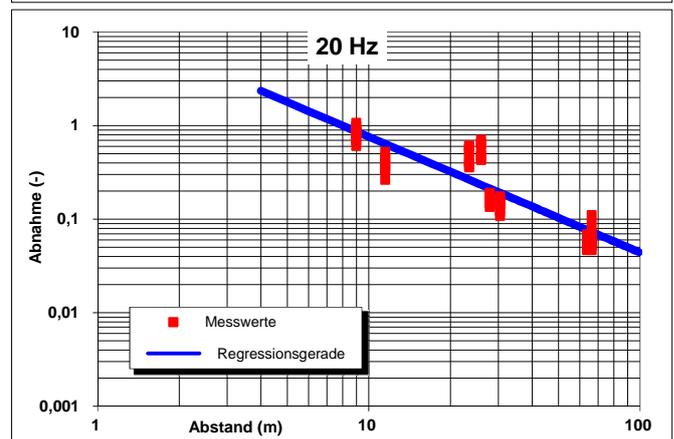
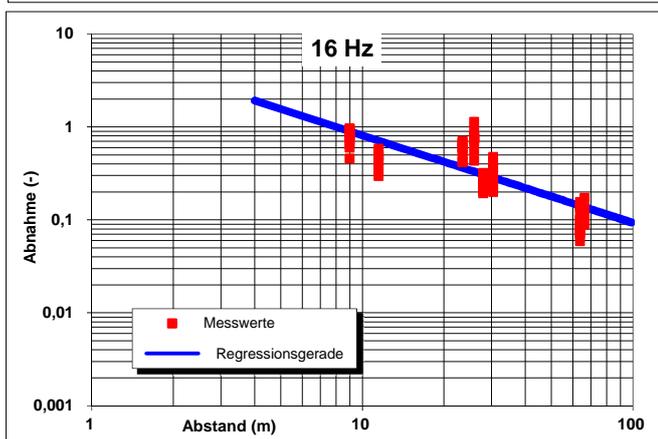
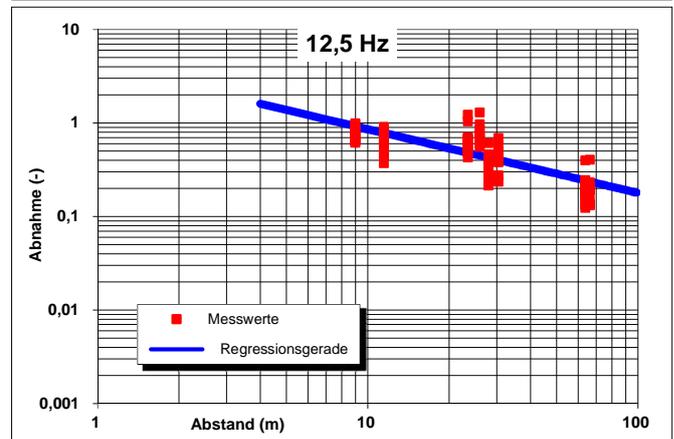
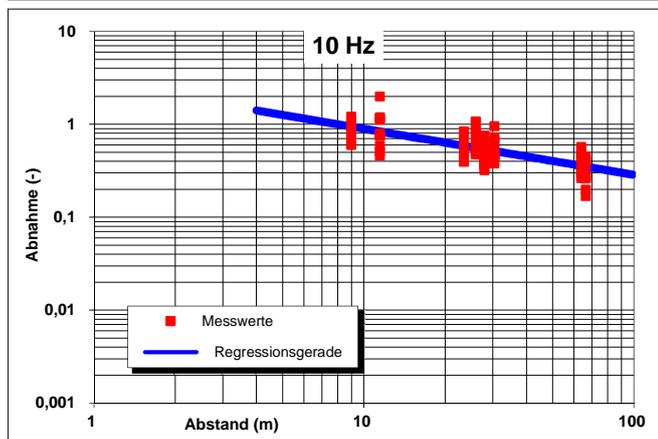
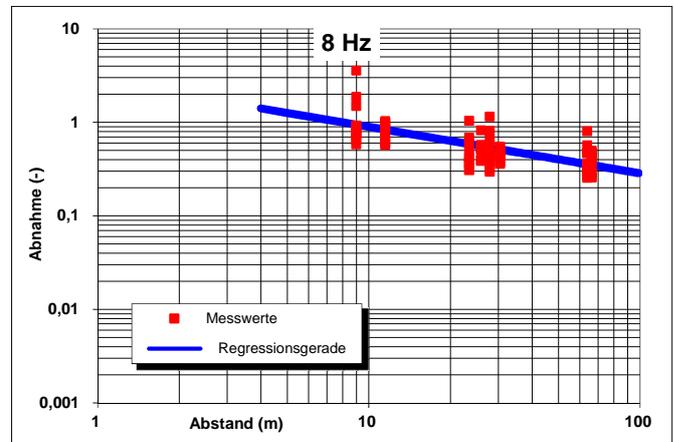
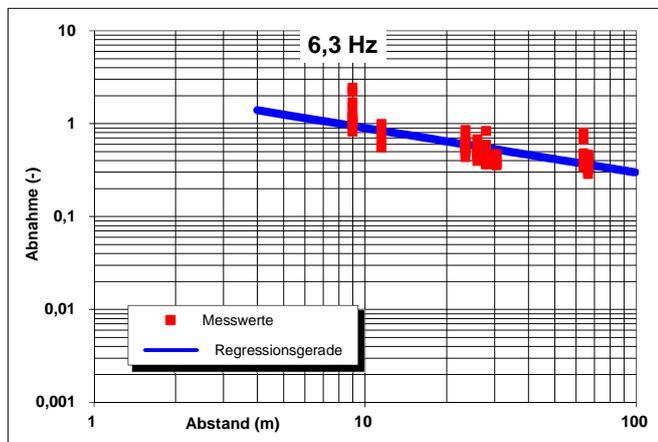
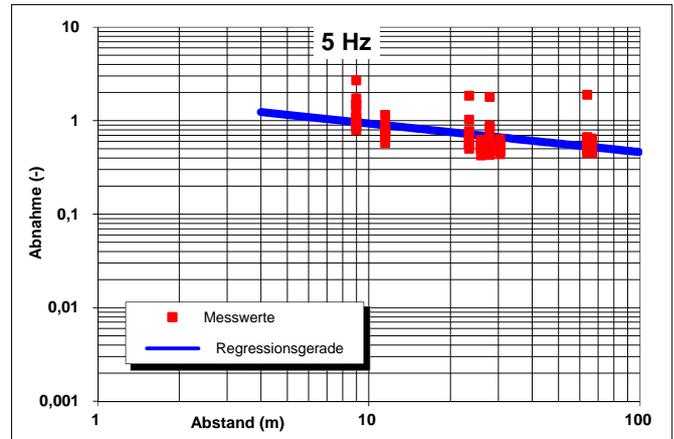
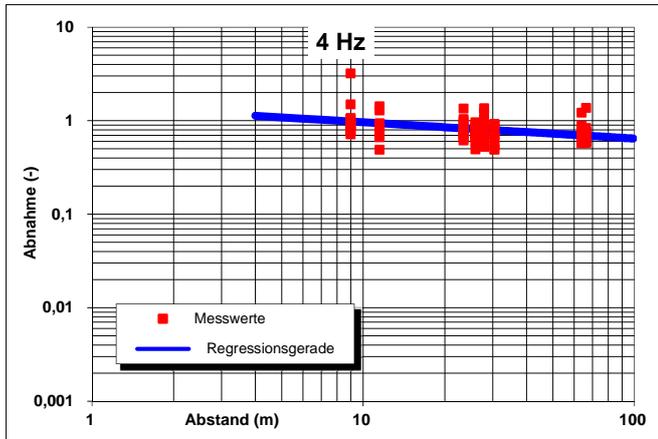
Anzahl der messtechnisch erfassten Zugvorbeifahrten je Gleis

	Zuggattung			
	Straßenbahn			
Gleis 1	12			
Gleis 2	10			
Summe	22			

Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ1

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 1 .xlsx\ANHANG 2.1

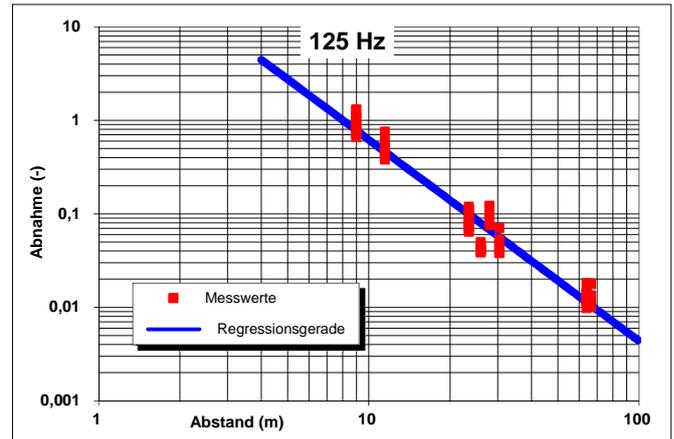
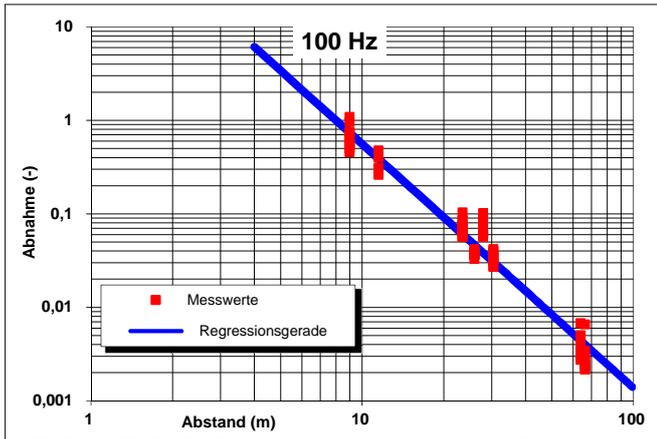
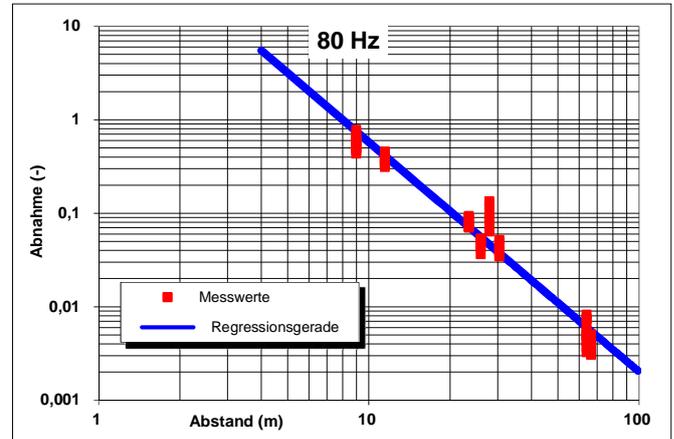
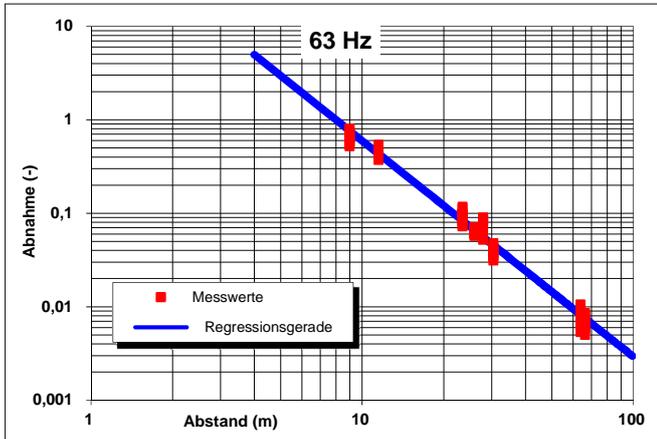
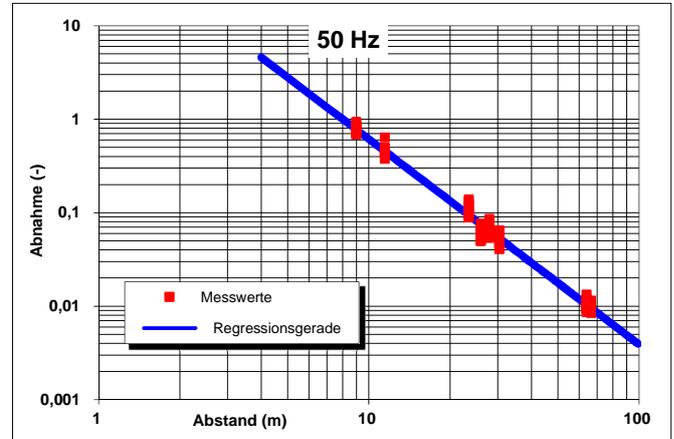
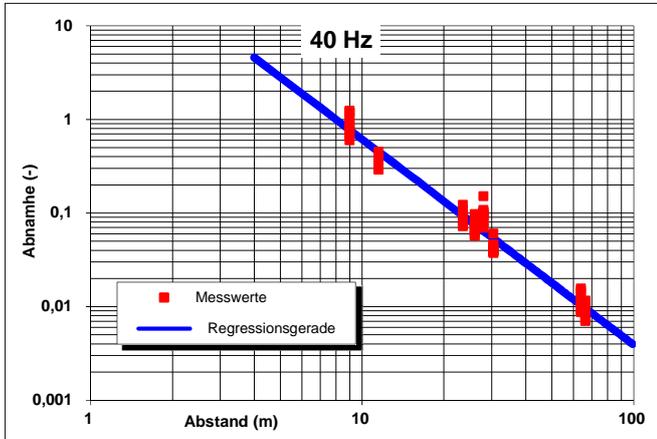
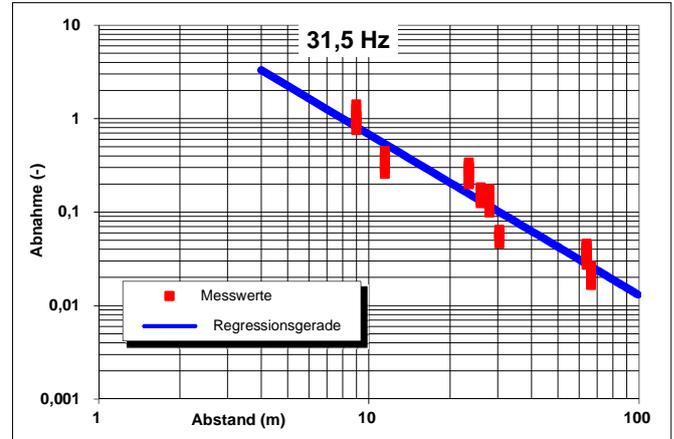
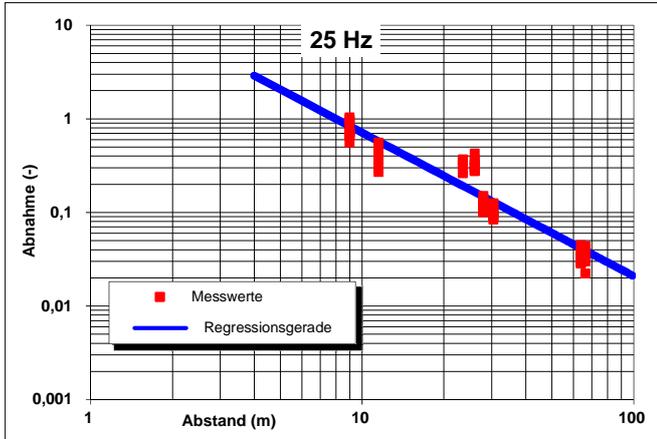
Untere Zahlbacher Straße, Mainz



Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ1

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 1 .xlsx\ANHANG 2.1

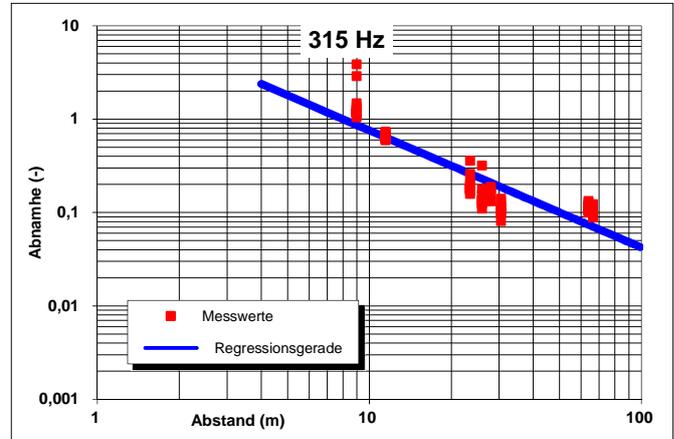
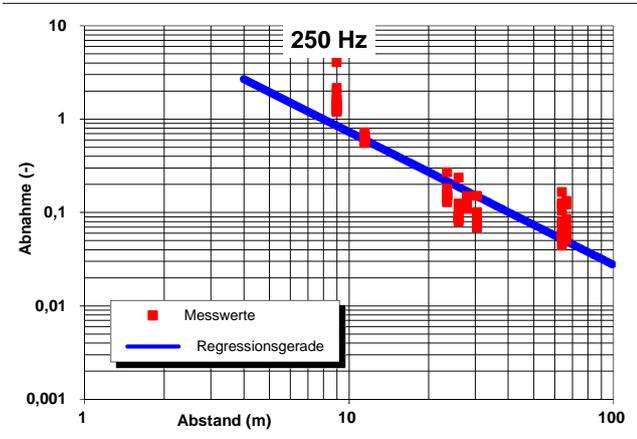
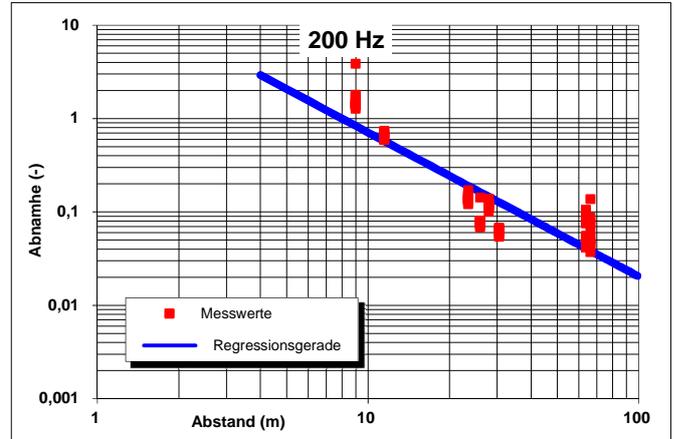
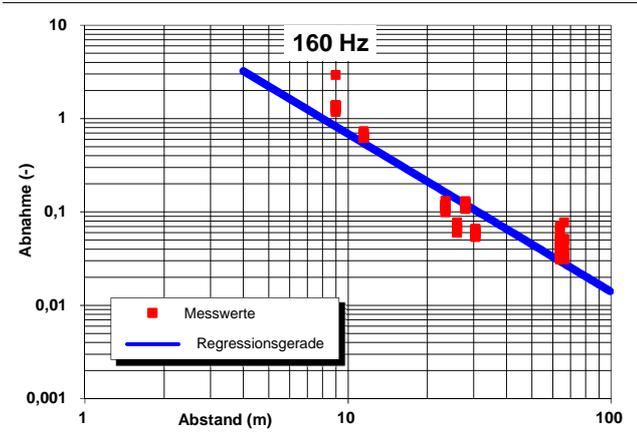
Untere Zahlbacher Straße, Mainz



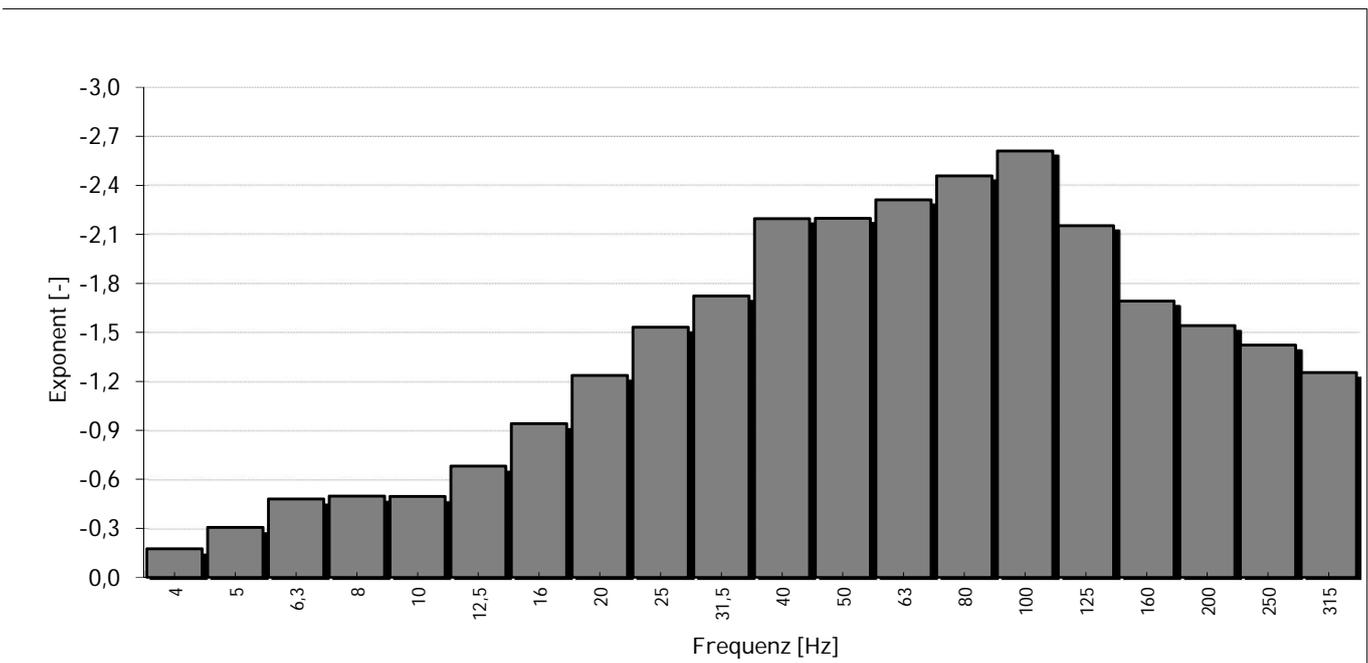
Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ1

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 1.xls\ANHANG 2.1

Untere Zahlbacher Straße, Mainz



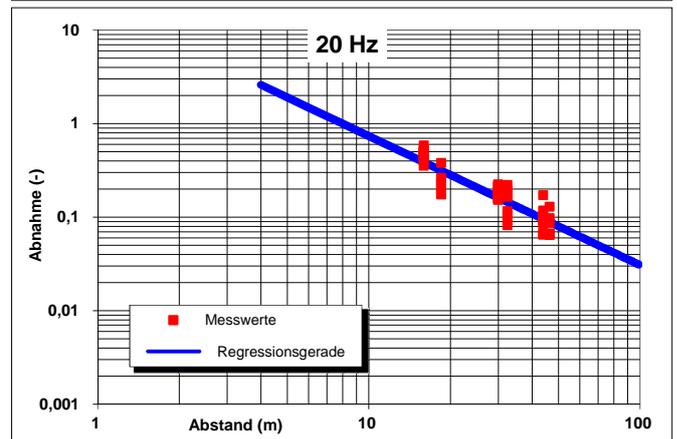
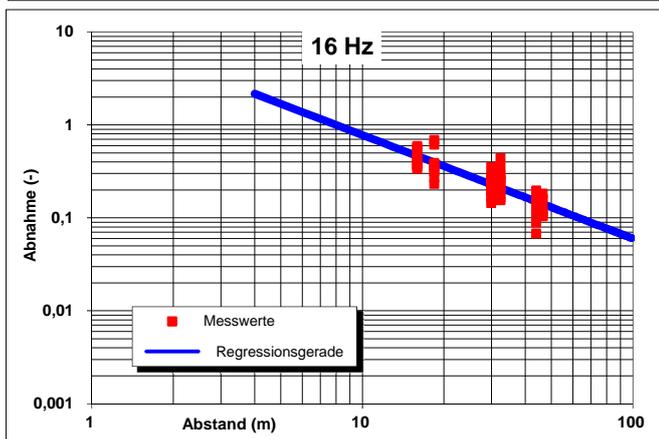
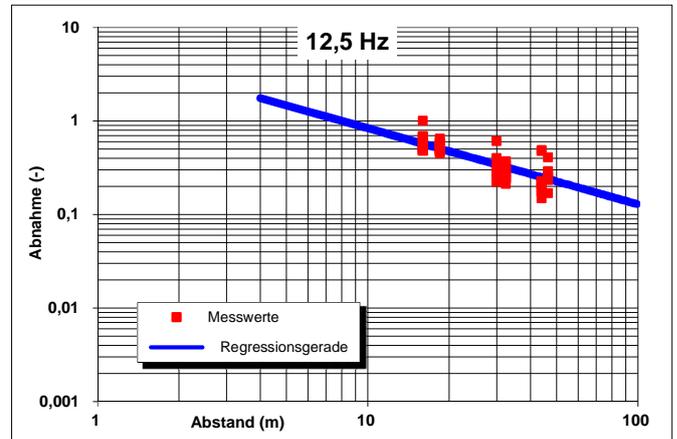
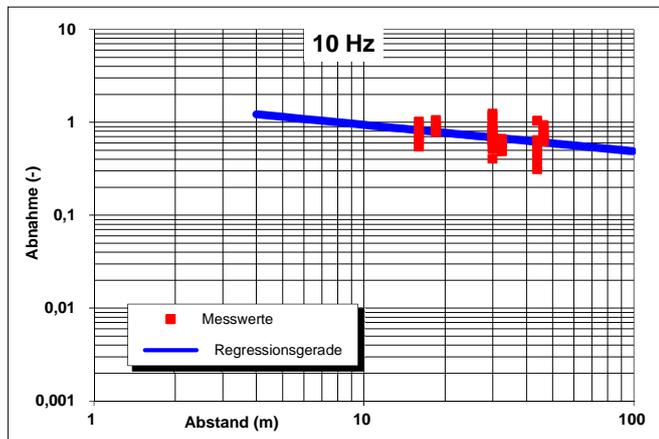
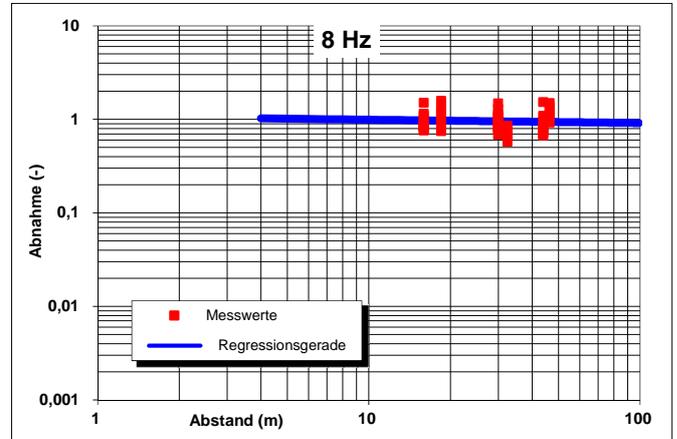
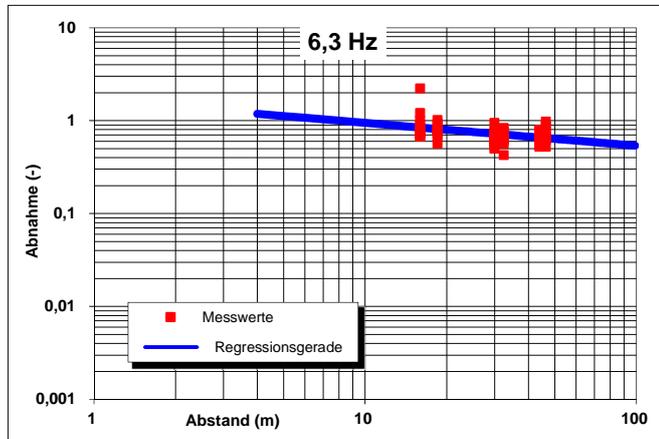
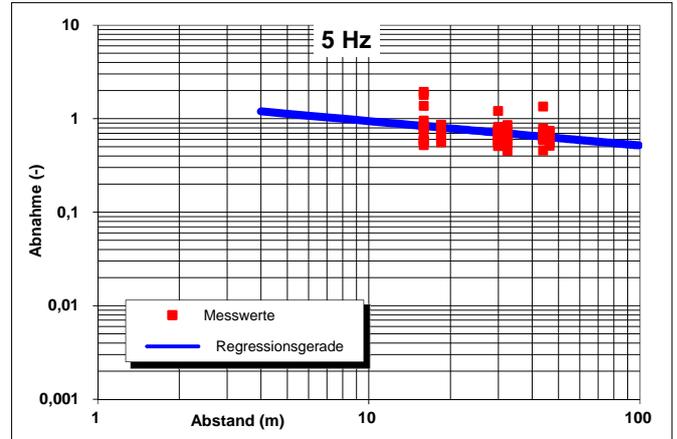
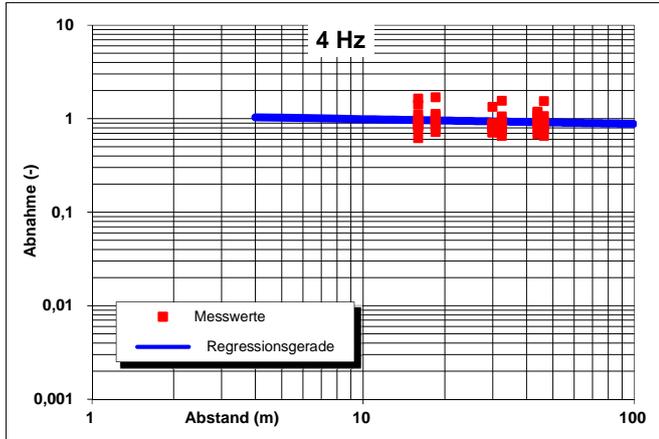
Terzen	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Exponent	-0,2	-0,3	-0,5	-0,5	-0,5	-0,7	-0,9	-1,2	-1,5	-1,7	-2,2	-2,2	-2,3	-2,5	-2,6	-2,2	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3



Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ2

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 2.xlsx\ANHANG 2.6

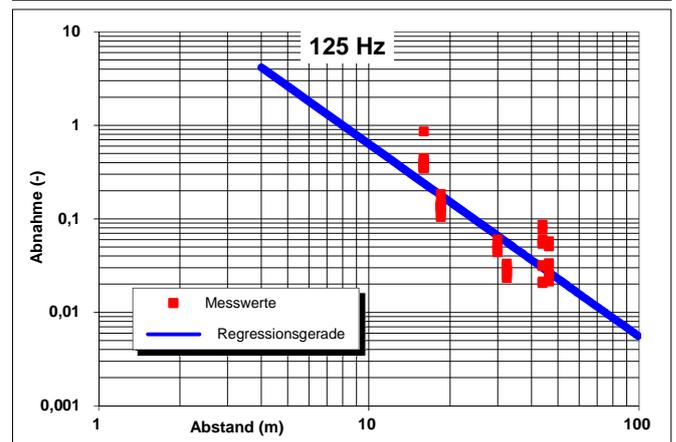
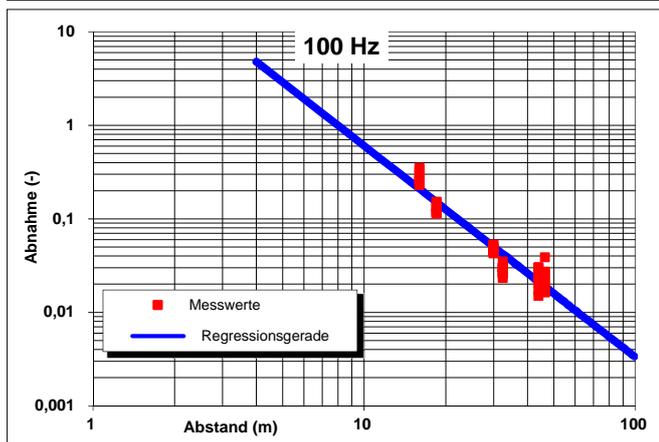
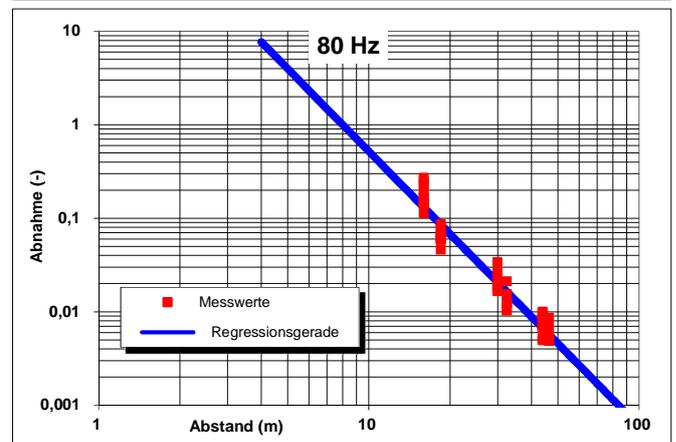
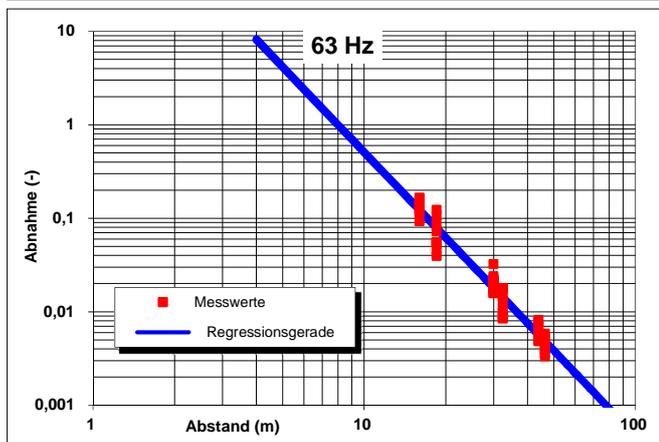
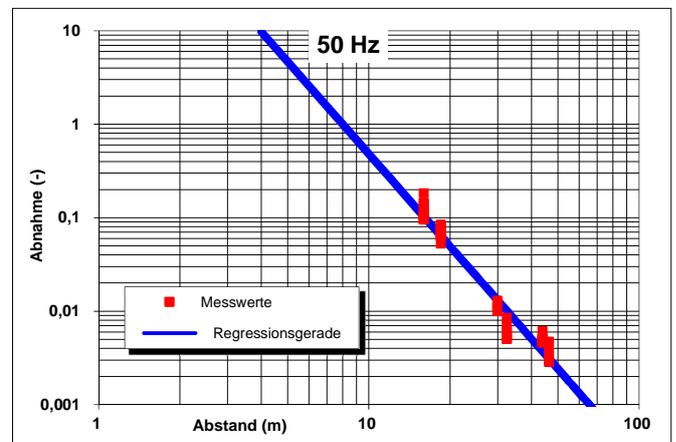
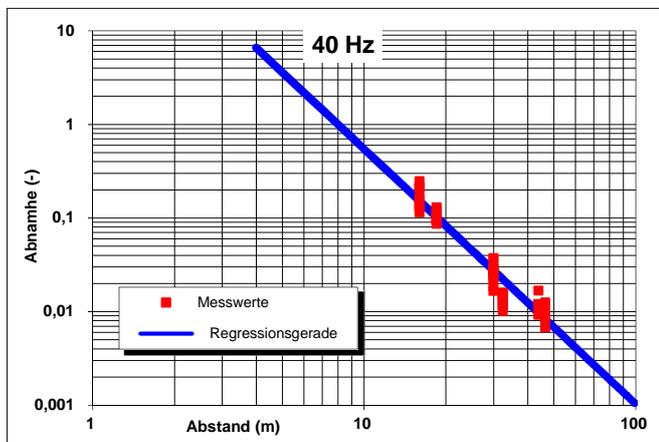
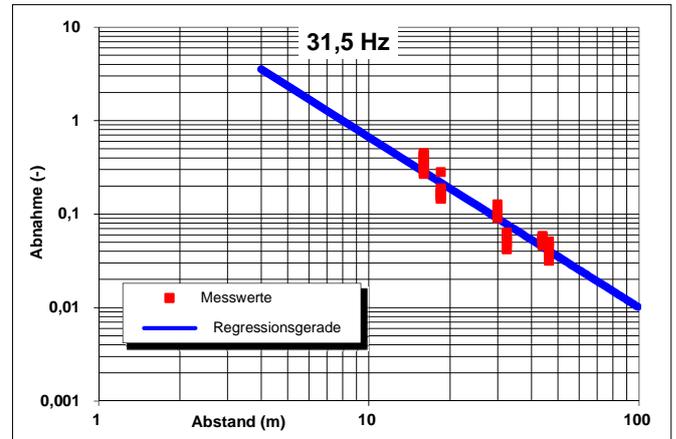
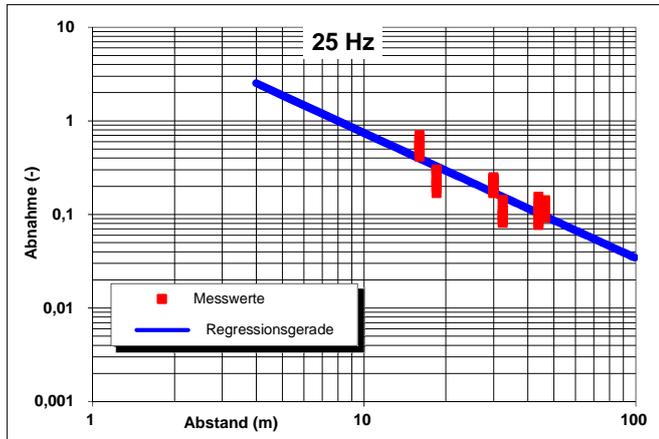
Untere Zahlbacher Straße, Mainz



Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ2

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 2.xls\ANHANG 2.6

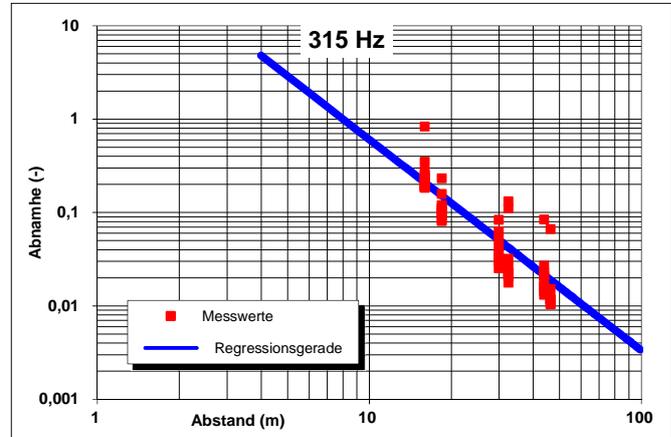
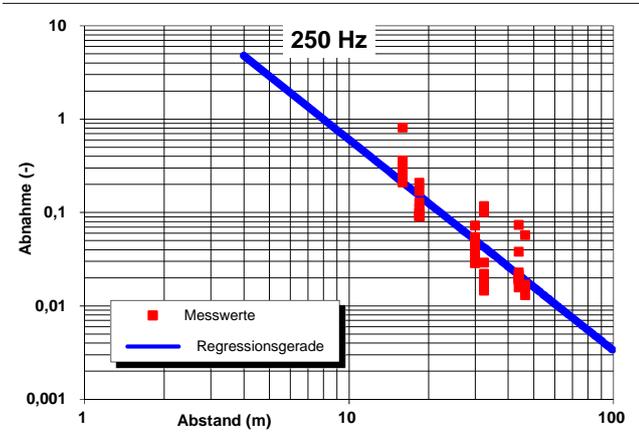
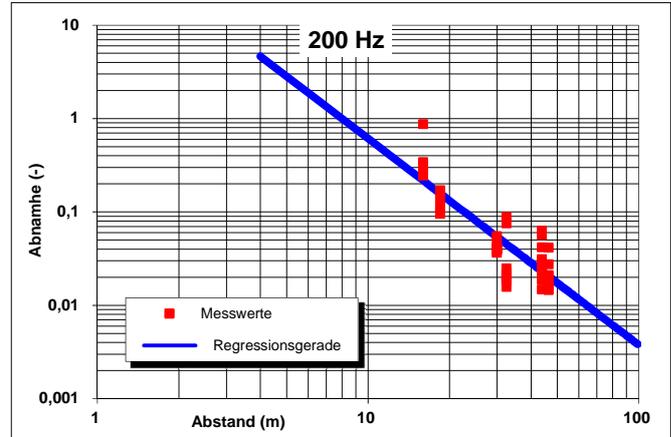
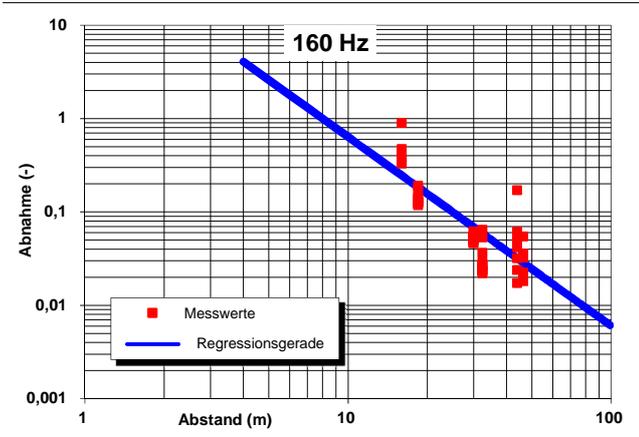
Untere Zahlbacher Straße, Mainz



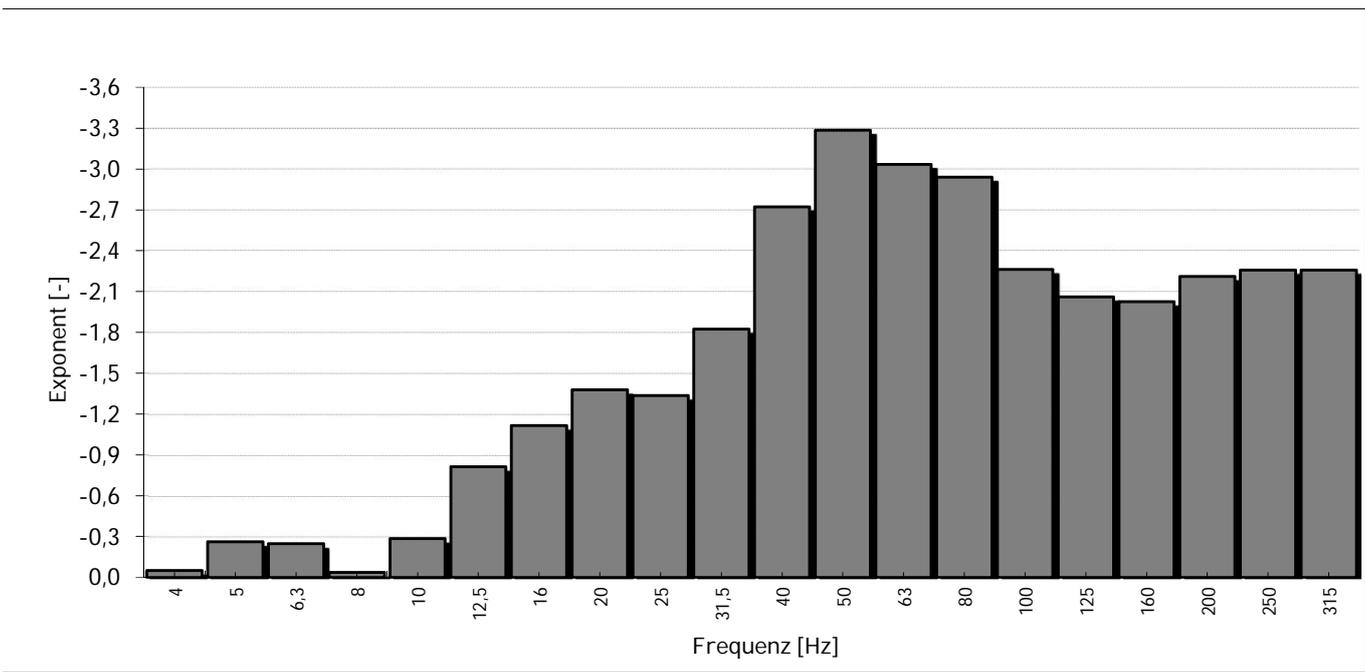
Abnahme der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit des Abstandes für MQ2

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\22-Abnahmeexponent_bis_100 m_MQ 2.xlsx\ANHANG 2.6

Untere Zahlbacher Straße, Mainz



Terzen	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Exponent	-0,1	-0,3	-0,2	0,0	-0,3	-0,8	-1,1	-1,4	-1,3	-1,8	-2,7	-3,3	-3,0	-2,9	-2,3	-2,1	-2,0	-2,2	-2,3	-2,3



Emissionsspektrum

Bezugsabstand 8 m zur Gleisachse

MQ1

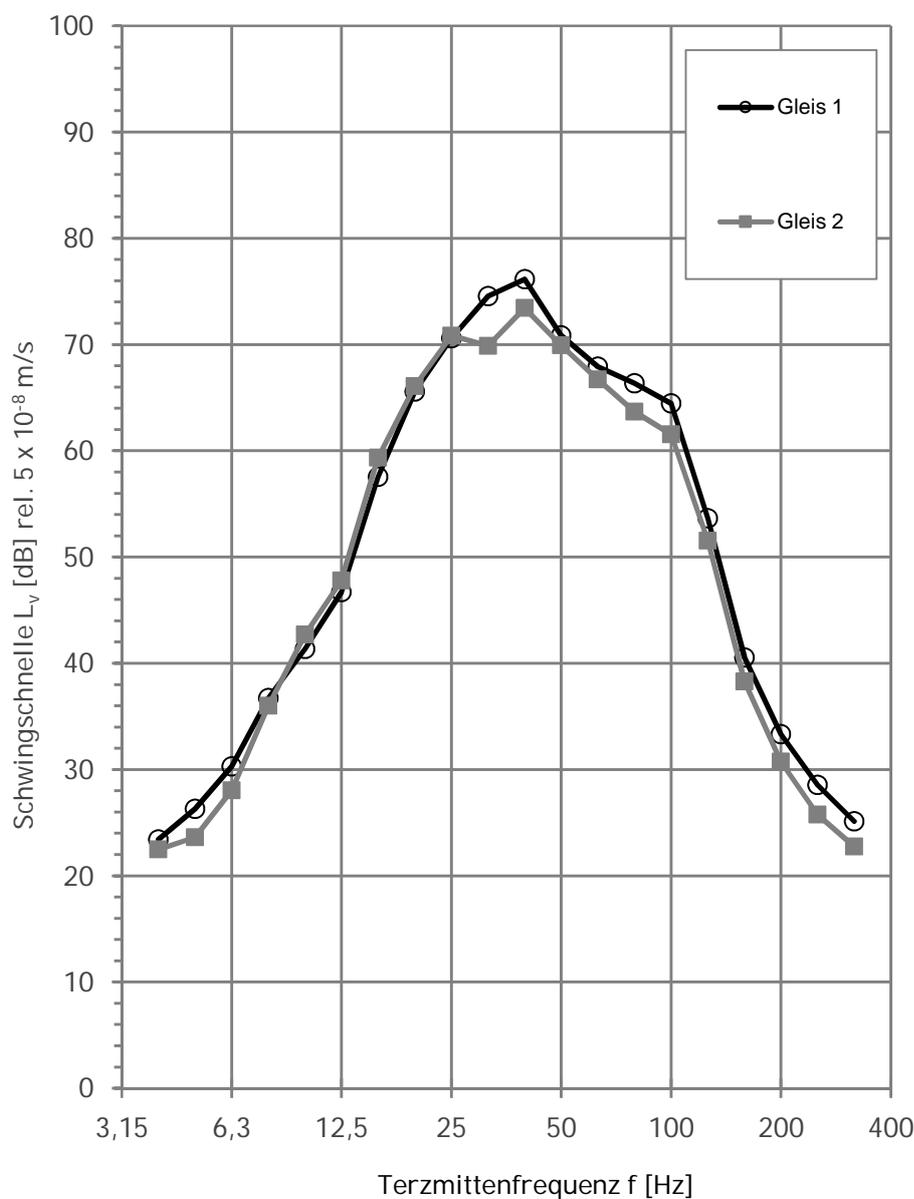
K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwI_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\21_Emissionen_8m_zusammen.xls\3.1

Quelle: Erschütterungsmessungen Untere Zahlbacher Straße, 55131 Mainz
KREBS + KIEFER FRITZ AG 13.10.2017

Strecke: Bretzenheim - Mainz HBF

	Gleis 1	Gleis 2
Anzahl der Züge:	12	10
Geschwindigkeit:	38	42 [km/h]

Mittelwert



Gleis 1 Lv [dB]	Gleis 2 Lv [dB]	f [Hz]
23,4	22,5	4
26,3	23,6	5
30,3	28,0	6,3
36,7	36,0	8
41,4	42,7	10
46,7	47,8	12,5
57,5	59,3	16
65,6	66,1	20
70,6	70,8	25
74,5	69,9	31,5
76,1	73,4	40
70,9	69,9	50
67,9	66,7	63
66,4	63,7	80
64,5	61,5	100
53,6	51,5	125
40,5	38,3	160
33,3	30,7	200
28,5	25,7	250
25,1	22,8	315
80,5	78,3	Σ

Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

09.11.2017

Emissionsspektrum

Bezugsabstand 8 m zur Gleisachse

MQ2

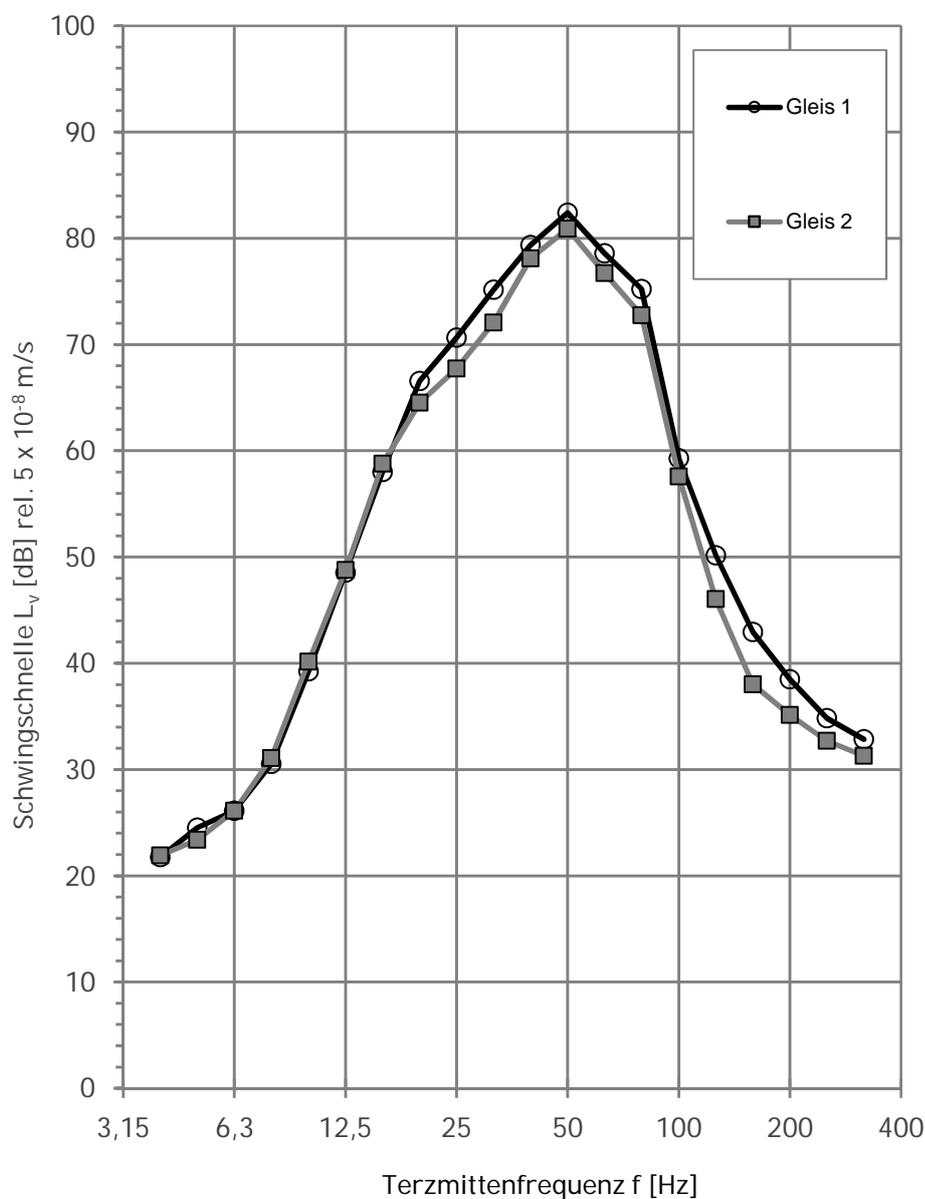
K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwI_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\21_Emissionen_8m_zusammen.xls\3.2

Quelle: Erschütterungsmessungen Untere Zahlbacher Straße, 55131 Mainz
KREBS + KIEFER FRITZ AG 13.10.2017

Strecke: Bretzenheim - Mainz HBF

Gleis 1	Gleis 2
Anzahl der Züge:	12 10
Geschwindigkeit:	38 42 [km/h]

Mittelwert



Gleis 1	Gleis 2	f
Lv [dB]	Lv [dB]	[Hz]
21,8	21,9	4
24,5	23,4	5
26,1	26,1	6,3
30,5	31,1	8
39,2	40,2	10
48,5	48,8	12,5
58,0	58,8	16
66,6	64,5	20
70,7	67,7	25
75,2	72,1	31,5
79,4	78,1	40
82,4	80,9	50
78,6	76,7	63
75,2	72,8	80
59,3	57,6	100
50,2	46,0	125
42,9	38,0	160
38,5	35,1	200
34,8	32,7	250
32,8	31,3	315
86,2	84,5	Σ

Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

09.11.2017

Emissionsspektrum

Bezugsabstand 8 m zur Gleisachse

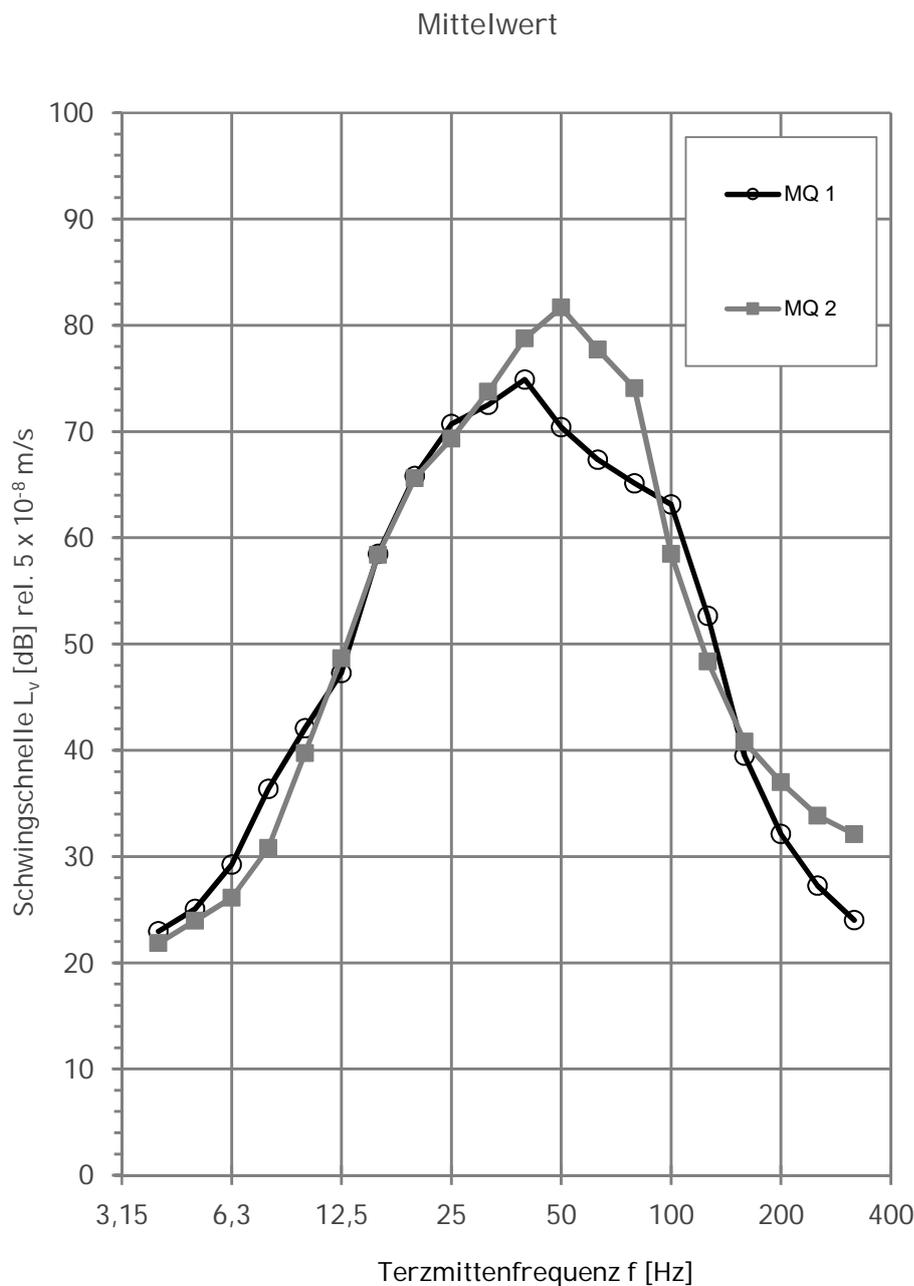
Mittelung MQ1 & MQ2

K:\B_Projekte\2017\8155_VME_wiwi_BPlan_Untere_Zahlbacher_Straße\C_Bearbeitung\C-Auswertung\21_Emissionen_8m_zusammen.xls\3.3

Quelle: Erschütterungsmessungen Untere Zahlbacher Straße, 55131 Mainz
KREBS + KIEFER FRITZ AG 13.10.2017

Strecke: Bretzenheim - Mainz HBF

	Gleis 1	Gleis 2
Anzahl der Züge:	12	10
Geschwindigkeit:	38	42 [km/h]



MQ 1 Lv [dB]	MQ 2 Lv [dB]	f [Hz]
23,0	21,8	4
25,1	24,0	5
29,2	26,1	6,3
36,4	30,8	8
42,1	39,7	10
47,3	48,7	12,5
58,5	58,4	16
65,8	65,6	20
70,7	69,3	25
72,5	73,7	31,5
74,9	78,8	40
70,4	81,7	50
67,3	77,7	63
65,1	74,1	80
63,1	58,5	100
52,7	48,3	125
39,5	40,8	160
32,1	37,0	200
27,3	33,8	250
24,0	32,1	315
79,4	85,4	Σ

Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

10.11.2017