

Berichtsexemplar ohne Fotodokumentation
- für die Offenlage geeignet ! -

- Nachrichtlich -

MESSBERICHT - ERSCHÜTTERUNGEN

Vorhaben:

Straßenbahnneubau Campus TU Lichtwiese in Darmstadt

Untersuchungsumfang:

Messtechnische Erfassung der Transferfunktionen von Geschossdecken und vom Freifeld auf die Gebäudefundamente in exemplarischen Gebäuden im Einwirkungsbereich der Straßenbahnstrecke

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen gemäß § 26 BImSchG

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **14237-VME-1**
Datum: **08.09.2015**

Auftraggeber:

Mailänder Consult GmbH
Mathystraße 13
76133 Karlsruhe

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Phys. Peter Fritz

Umfang des Dokumentes

Textteil: 9 Seiten

Anhänge: 25 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1	Sachverhalt und Aufgabenstellung	4
2	Bearbeitungsgrundlagen	4
3	Messdurchführung	5
3.1	Messobjekte	5
3.2	Beschreibung der Messkette	6
3.2.1	Messgeräte	6
3.2.2	Anordnung der Sensoren	7
3.3	Messdurchführung	8
3.4	Auswertung der Messungen	9
4	Untersuchungsergebnisse	9

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prinzipskizze der Messanordnung	7
--------------	---------------------------------	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Komponenten des eingesetzten Messsystems	6
------------	--	---

Anhänge

- ANHANG 1 Messprotokoll MP 01 – Jahnstraße 133
- ANHANG 2 Messprotokoll MP 02 – El-Lissitzky-Straße 1
- ANHANG 3 Messprotokoll MP 03 – Franziska-Braun-Straße 7
- ANHANG 4 Messprotokoll MP 04 – Franziska-Braun-Straße 3
- ANHANG 5 Messprotokoll MP 05 – Franziska-Braun-Straße 10

Abkürzungsverzeichnis

dB	Dezibel
f	Frequenz [Hz]
f_0	Eigenfrequenz
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
MP	Messpunkt
r, R	Abstand
Stabw.	Standardabweichung
T_2	Übertragungsfunktion vom Freifeld auf die Geschossdecke
T_3	Übertragungsfunktion der Decke [dB]
TU	Technische Universität
U(t)	Spannung in Abhängigkeit von der Zeit
v / v(t)	Schwingschnelle
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]

1 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Zur Verbesserung der ÖPNV-Anbindung des Campus TU Lichtwiese planen die HEAG mobilo GmbH und die Stadt Darmstadt in Abstimmung mit der TU Darmstadt die Verlängerung der Straßenbahnlinie 2 von der Nieder-Ramstädter-Straße auf den Campus der Universität.

Im Rahmen des Planrechtsverfahrens muss geprüft werden, ob es planbedingt zu erheblich belästigenden Erschütterungsimmissionen auf Grund des zukünftigen Schienenverkehrs kommen kann. Daher wird an 5 exemplarischen Gebäuden, im Bereich der geplanten und bestehenden Straßenbahnstrecke messtechnische Untersuchungen zur Ermittlung der Eingangsgößen für eine Erschütterungsprognose durchgeführt werden. Die zu erhebenden relevanten baudynamischen Größen sind die Übertragungsfunktionen von Geschossdecken, sowie die Übertragung vom Freifeld auf die Gebäude.

Im vorliegenden Bericht wird ausschließlich dargestellt, wie die Übertragungsfunktionen ermittelt wurden und zu welchen Ergebnissen die messtechnischen Erhebungen geführt haben. Die Erschütterungsprognose und die Beurteilung der prognostizierten Erschütterungsimmissionen entlang der Straßenbahnlinie Campus Lichtwiese werden im Bericht Nr. 14237-VVE-1 behandelt.

2 Bearbeitungsgrundlagen

Für die durchgeführten baudynamischen Prüfungen wurden die folgenden Normen und Regelwerke herangezogen.

- /1/ DIN 45669 Teil 1, „Messung von Schwingungsimmissionen“ Anforderungen an Schwingungsmesser, September 2010
- /2/ DIN 45669 Teil 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ Messverfahren, Juni 2005
- /3/ DIN 45672 Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Messverfahren vom September 1991

/4/ DIN 45672 Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 2: Auswerteverfahren vom Juli 1995

3 Messdurchführung

Die Messungen wurden am 22.07 und 23.07.2015 gemäß den Vorgaben der **DIN 45672-1** /3/ durchgeführt.

3.1 Messobjekte

Die Erschütterungsmessungen wurden in insgesamt 5 repräsentativ ausgewählten Gebäuden durchgeführt, die sich alle im direkten Einwirkungsbereich der geplanten und bestehenden Straßenbahnstrecke befinden. Ein Gebäude ist ein Wohnhaus in der Nieder-Ramstädter Straße Bereich der bestehenden Straßenbahnstrecke. 4 Gebäude befinden sind Gebäude der TU Darmstadt und befinden im Einwirkungsbereich der neuen Straßenbahntrasse an der Lichtwiese. Sie wurden so ausgewählt, dass auf Grund der gegebenen Abstände zur Trasse, der Trassenführung und der vorhandenen Bausubstanz, ein erschütterungstechnisches Konfliktpotential nicht ausgeschlossen werden kann. In den Untersuchungsobjekten sind jeweils drei Geschossdecken messtechnisch untersucht worden. Dies sind im Einzelnen die nachfolgend aufgeführten Gebäude:

MP 01	Jahnstraße 133
MP 02	El-Lissitzky-Straße 1, Architekturgebäude L3 / 01
MP 03	Franziska-Braun-Straße 7, Bauingenieurwesen Institutsgebäude 1, L5 / 01
MP04	Franziska-Braun-Straße 3, Bauingenieurwesen Institutsgebäude 2, L5 / 06
MP05	Franziska-Braun-Straße 10, Medienzentrum, L4 / 02

In **Anhang 1.1** bis **5.1** erfolgt eine Beschreibung der Messobjekte. Bei den Untersuchungsobjekten handelt es sich bis auf das Gebäude Jahnstraße 133 (**MP01**) um Gebäude mit überwiegend wissenschaftlicher Nutzung. Diese Gebäude sind in Massivbauweise mit Stahlbetondecken ausgeführt. Das Gebäude in der Jahnstraße 133 hat ausschließlich Holzbalkendecken.

3.2 Beschreibung der Messkette

3.2.1 Messgeräte

Für die Durchführung der Erschütterungsmessungen wurden die in der folgenden **Tabelle 1** aufgeführten Komponenten eingesetzt.

Tabelle 1: Komponenten des eingesetzten Messsystems

GEOPHONE:	Absolut Geschwindigkeitsaufnehmer
Hersteller:	Western Data Systems
Kennfrequenz:	4,5 + 0,5 Hz
Empfindlichkeit:	0,29 + 5% V/cm/s
MESSVERSTÄRKER:	SMK-4812; 12 Kanäle
Hersteller:	Dr. Kebe Scientific Instruments GmbH
Frequenzbereich:	1 ... 315 Hz
Meßbereich:	Schwinggeschwindigkeit 0,1 ... 500 mm/s
Nachweisgrenze:	besser 0,002 mm/s (gem. DIN 45669)
Genauigkeitsklasse:	DIN 45669-1 im genannten Frequenzbereich
LAPTOP	
Hersteller:	Lenovo
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:	2013-1

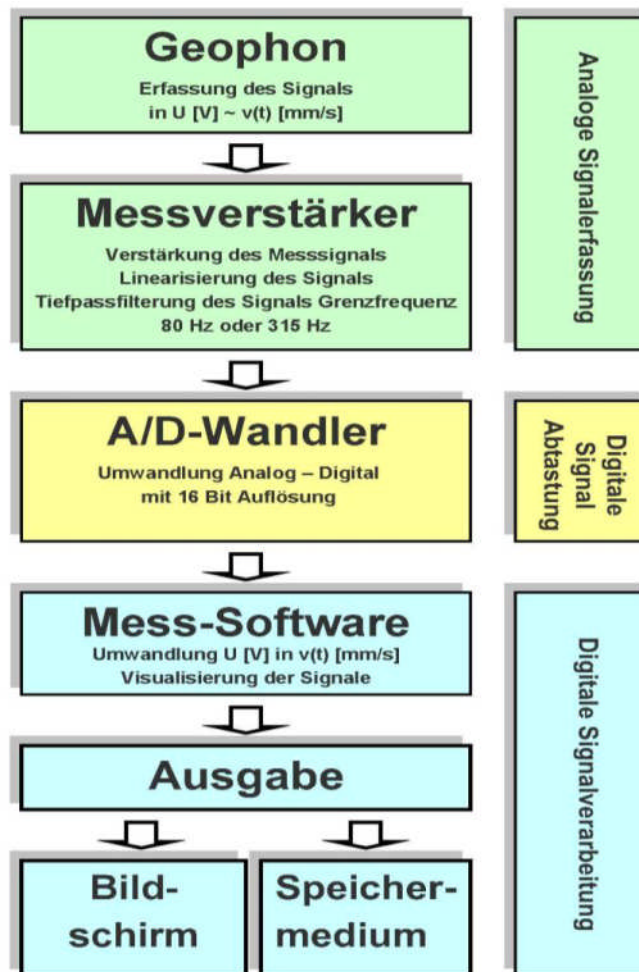
Die einzelnen Kanäle der 12-kanaligen Messanlage wurden letztmalig am 16.01.2014 im Labor mit einem rückführbar kalibrierten Referenzaufnehmer im Kopf an Kopf Verfahren für den relevanten Frequenzbereich kalibriert. Vor der Durchführung der Messungen wurde die Funktionsfähigkeit der Messgeräte durch 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.

Abbildung 1: Prinzipskizze der Messanordnung



3.2.2 Anordnung der Sensoren

Zur Ermittlung der Gebäudeübertragungsfunktionen wird es zunächst erforderlich den Übertragungsweg der Schwingungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament messtechnisch zu erfassen. Hierzu wird vor dem Gebäude ein Sensor auf einem ca. 60 cm langen Erdspieß an das Erdreich angekoppelt. Zusätzlich wird eine weitere Messposition im Bereich des der bestehenden und geplanten Straßenbahntrasse zugewandten Gebäu-

defundaments eingerichtet. Hier werden Schwinggeschwindigkeiten in drei Raumrichtungen gemessen. Das gewählte Koordinatensystem wurde an den Gebäudeachsen ausgerichtet. Es wurde darauf geachtet, dass die Messrichtung **X** parallel zur Bahnstrecke, die Messrichtung **Y** quer zur Bahn verläuft. Die Ankopplung der Sensoren erfolgte gemäß **DIN 45669-2 /2/**.

Des Weiteren wird der Übertragungsweg vom Fundament auf die Geschossdecken messtechnisch ermittelt. Dazu erfolgt zusätzlich die Installation der Schwingungsaufnehmer in Fußbodenmitte der einzelnen schutzwürdigen Räume. Nach Möglichkeit werden in 3 Räumen in unterschiedlichen Geschosslagen die Schwingungsimmissionen in vertikaler Richtung erfasst.

Die Anordnung der Sensoren sowie die Ankopplungsbedingungen der Sensoren an den Messpositionen, die von der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens abhängen, sind in **Anhang 1.1** bis **Anhang 5.1** angegeben. Eine Fotodokumentation der Messpositionen sowie Angaben zu den verwendeten Sensoren findet sich in **Anhang 1.2** bis **Anhang 5.2**.

3.3 Messdurchführung

Für das Messobjekt Jahnstraße 133 (**MP01**) erfolgt die Anregung des Gebäudes durch den Straßenbahnverkehr in der Nieder- Ramstädter-Straße. Hierbei werden resultierenden Erschütterungen für jede einzelne Straßenbahnvorbeifahrt messtechnisch erfasst. Hierbei erfolgt die Registrierung der Signale $v(t)$ an allen Messpositionen zeitgleich. Zusätzlich werden die Zugnummer und die Fahrtrichtung aufgenommen. Des Weiteren wird mit Hilfe einer Radarpistole die Geschwindigkeit der vorbeifahrenden Fahrzeuge registriert.

Eine Zusammenstellung der messtechnisch erfassten Zugereignisse mit Angabe des befahrenen Gleises sowie der gefahrenen Geschwindigkeit findet sich in **Anhang 1.3**.

Für die Messobjekte auf dem Campus der TU Lichtwiese Darmstadt (**MP02** bis **MP05**) erfolgt die Anregung der Gebäude mit Hilfe eines handelsüblichen Plattenrüttlers im Außenbereich der Gebäude. Die Erschütterungssignale werden für jedes Ereignis unmittelbar nach Durchführung der Messung auf dem Bildschirm des Messrechners angezeigt und auf Plausi-

bilität geprüft. Soweit Störungen festgestellt werden, wird die jeweilige Messung verworfen. Sofern Übersteuerungen oder Untersteuerungen für einzelne Kanäle auftraten, wurden die Messungen verworfen, die Aussteuerung angepasst und eine erneute Messung durchgeführt. Die zur Auswertung verwertbaren Messergebnisse werden direkt nach der Plausibilitätsprüfung der $v(t)$ -Signale für die spätere Auswertung digital abgespeichert. Die Signale werden dann nach Absolvierung des Messprogramms im Labor gemäß **DIN 45672-2** /4/ ausgewertet.


3.4 Auswertung der Messungen

Zur Ermittlung der bauphysikalischen Kenndaten der Gebäude erfolgt die Auswertung der Schwingschnelle $v(t)$ im Frequenzbereich gemäß **DIN 45672-2** /4/. Die Auswertung im Frequenzbereich erfolgt mit Hilfe von Terzanalysen. Hierbei wird der gleitende Effektivwert in Terzbändern mit einer konstanten relativen Breite von 23 % gebildet. Der Bereich der Terzmittenfrequenz erstreckt sich von 4 Hz bis 315 Hz. Anschließend werden für den vorgenannten Frequenzbereich Verhältnisswerte der einzelnen Messpositionen auf den Geschossdecken zu der am Gebäudedefundament bzw. vom Freifeldpunkt auf das Gebäudedefundament gebildet. Hieraus erhält man die Transferfunktion 3 und die Transferfunktion 2.

4 Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse für die 5 repräsentativen Gebäude im Bereich der bestehenden bzw. geplanten Gleisanlage und der hierin ausgewählten Deckenfelder sind in den **Anhängen 1.4 bis 5.4** dokumentiert. In diesen Anhängen finden sich die Übertragungsfunktionen für die gemessenen Geschossdecken. Die Übertragungsfunktionen vom Freifeld auf das Gebäudedefundament sind in **Anhang 1.5 bis Anhang 5.5** dargestellt

Für die Übertragungsfunktionen ist das Übertragungsmaß $\square L_v$ in dB für den Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz ausgewiesen. Für die T3-Funktion ist das Übertragungsmaß jeweils für jeweils 3 Räume je Messobjekt angegeben. Die Graphiken zeigen die Resonanzfrequenzen der Geschossdecken als Mittelwert.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.- Ing. Rolf Schneider

ANHANG

Messprotokoll Erschütterungen

Beschreibung des Messortes

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP01-Jahnstraße 133\IP05-Messprotokoll.xls\Immissionsort

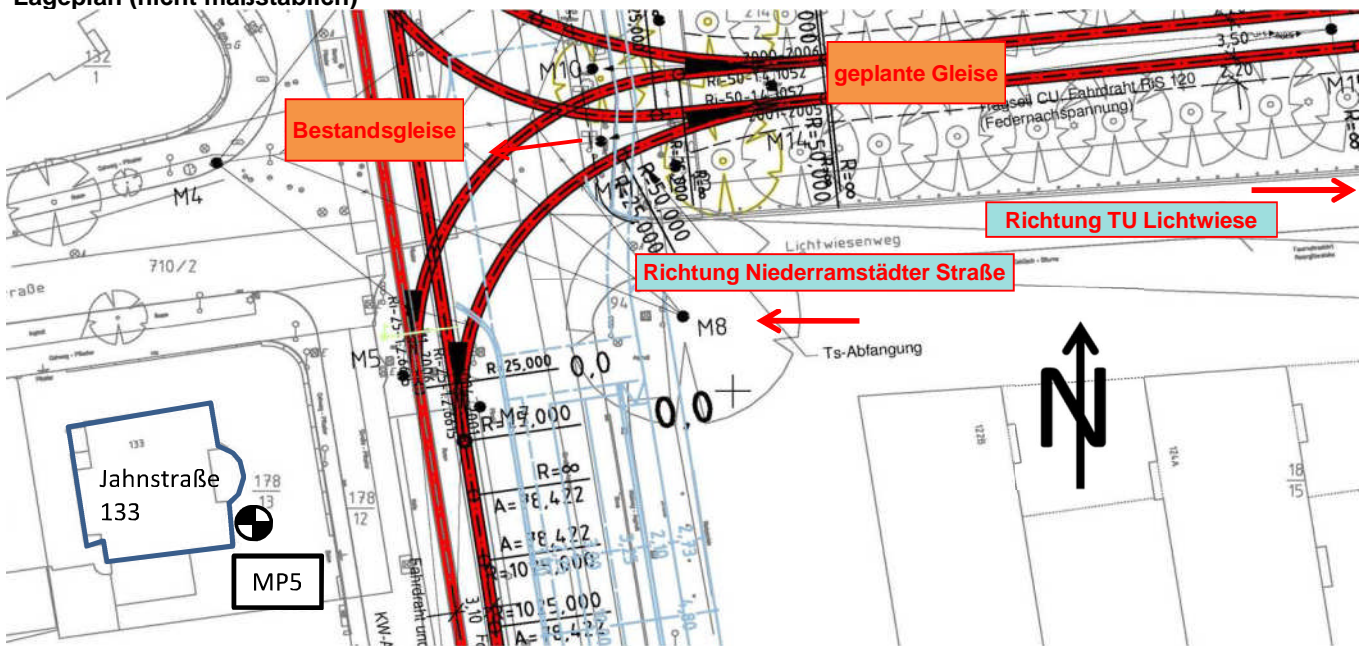
Immissionsort: MP01
Objektadresse: Jahnstraße 133
64287 Darmstadt

Bezeichnung:
Datum: 22.07.2015

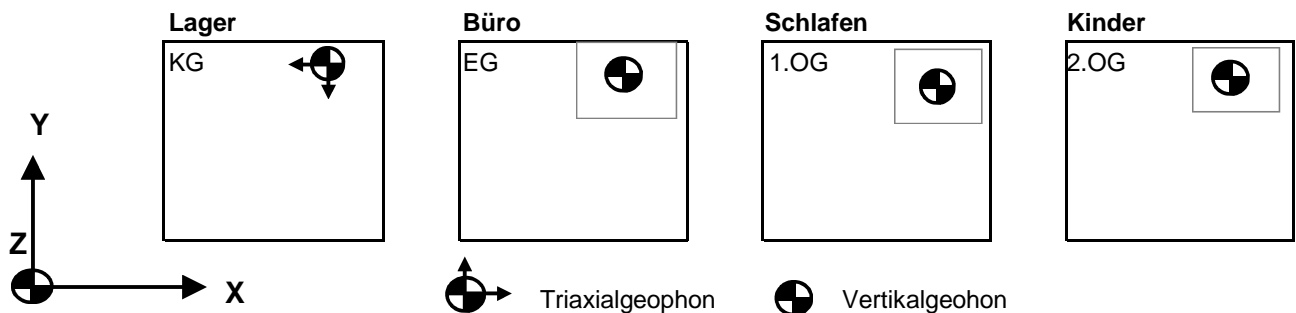
Allgemeine Angaben zum Gebäude

Anzahl der Geschosse ohne Keller: 3
Anzahl der Kellergeschosse: 1
Baujahr:
Art der Baukonstruktion: Massivbau mit Holzbalkendecken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis (Bestand): 17,5 m

Lageplan (nicht maßstäblich)



Orientierung der Messpunkte



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess-position	Lage	Nutzung	Deckenaufbau	Raumgröße	Bodenbelag	Ankopplung
1	KG	Lager			Beton	2
2	EG	Büro	Holzbalken	4,0 m x 6,0 m	Parkett	2
3	1.OG	Schlafen	Holzbalken	4,0 m x 6,0 m	Holzdielen	2
4	2.OG	Kinder	Holzbalken	4,0 m x 4,5 m	Holzdielen	2
5	FF	Vorgarten				4

Ankopplung: 1 Metallplatte auf Spitzen gemäß DIN 45669 3 Messsensor auf Tripod
03.08.2015 2 Metallplatte auf runden Füßen gemäß DIN 45669 4 Erdspieß

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP01-Jahnstraße 133\IP05-Messprotokoll.xls\Photodol

Messposition 1: KG Lager

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt

Messposition 2: EG Büro

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 3: 1.OG Schlafen

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 4: 2.OG Kinder

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 1: FF Vorgarten

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Messbereich [mm/s]
1	1	z	V16	1,00	0,5
2	1	x	H9	0,99	0,2
3	1	y	H7	0,99	0,2
4	2	z	V22	1,01	1,0
5	3	z	V25	0,99	2,0
6	4	z	V12	1,00	5,0
7	5	z	V21	1,01	0,5

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der einzelnen Zugvorbeifahrten

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP01-Jahnstraße 133\IP05-Messprotokoll.xls|Z

Objektadresse: MP01
Jahnstraße 133
64287 Darmstadt

Datum: 22.07.2015
Zeitraum: 12:33 bis 13:57

Messung Nr.:	Uhrzeit	Zugnummer	Gleis Nr.	v [km/h]	Richtung B= Böllenfactor H=Hochschul- stadion	Bemerkung
01	12:33	Linie 9	1	32	B	
02	12:34	Werkstatt	1	35	B	Störung aufgetreten
03	12:41	Linie 2	2	40	H	Störung aufgetreten
04	12:46	Werkstatt	2	25	H	
05	12:47	Linie 9	1	32	B	
06	12:49	Linie 9	2	30	H	
07	12:56	Linie 2	2	31	H	
08	13:03	Linie 9	1	35	B	
09	13:05	Linie 9	2	27	H	
10	13:07	Linie 2	1	32	B	Störung aufgetreten
11	13:13	Linie 2	2	33	H	
12	13:18	Linie 9	1	30	B	
13	13:19	Linie 9	2	40	H	
14	13:27	Linie 2	1	31	B	
15	13:29	Linie 2	2	30	H	
16	13:31	Linie 9	1	35	B	
17	13:34	Linie 9	2	37	H	
18	13:42	Linie 2	2	30	H	
19	13:46	Linie 9	1	35	B	
20	13:48	Linie 2	1	37	B	
21	13:55	Linie 2	1	32	B	
22	13:56	Linie 2	2	33	H	
23	13:57	Linie 9	2	25	H	
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						

Übertragungsfunktion T2

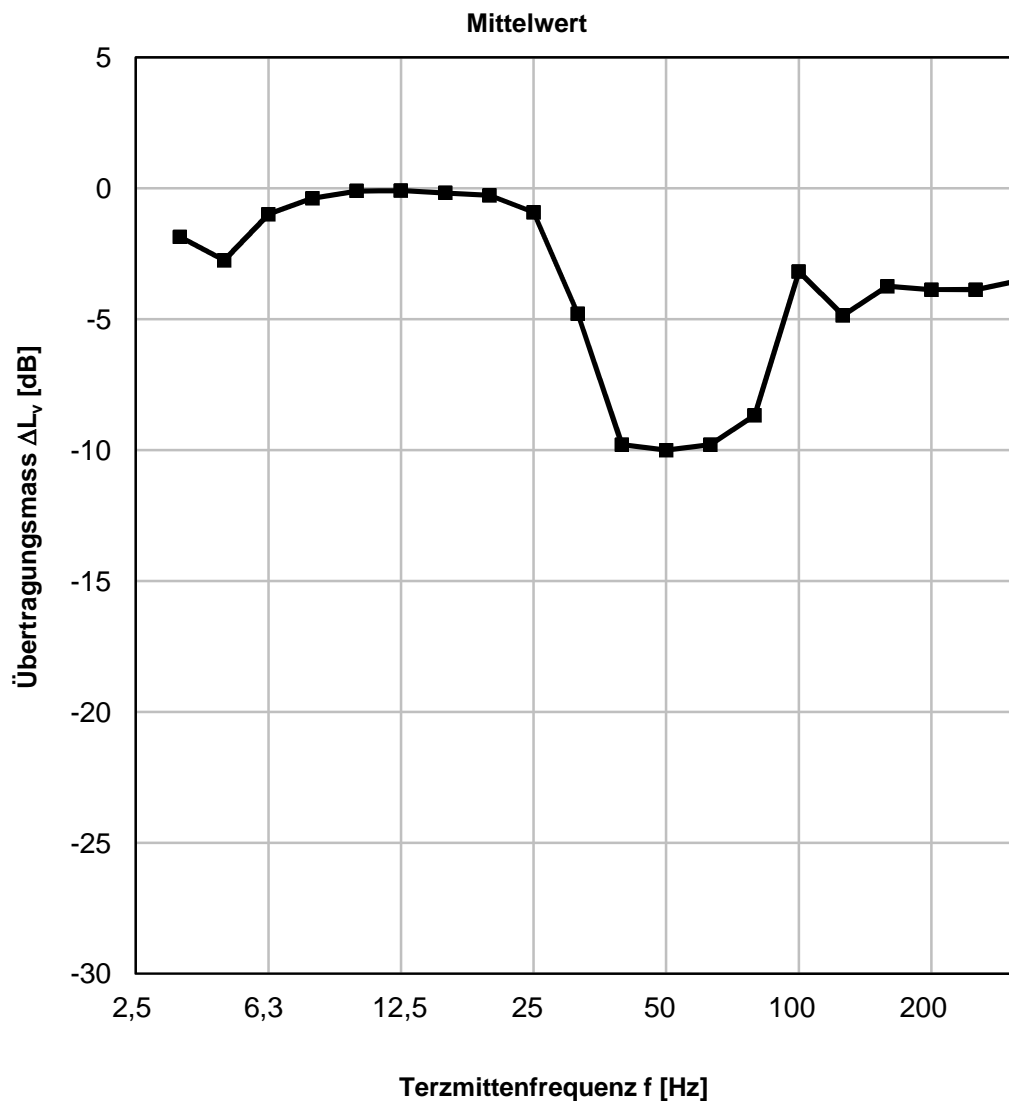
Übertragung Freifeld - Gebäudefundament

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP01-Jahnstraße 133\IP05-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt MP01
Objekt Jahnstraße 133
64287 Darmstadt

Datum 22.07.2015

Freifeld 0,5 m vor dem Gebäude (Messposition 5)
Schwingungsrichtung vertikal (z)



T2-Funktion	
[dB]	[Hz]
-1,9	4
-2,8	5
-1,0	6,3
-0,4	8
-0,1	10
-0,1	12,5
-0,2	16
-0,3	20
-0,9	25
-4,8	31,5
-9,8	40
-10,0	50
-9,8	63
-8,7	80
-3,2	100
-4,9	125
-3,7	160
-3,9	200
-3,9	250
-3,5	315
-3,7	MW

Übertragungsfunktion T3

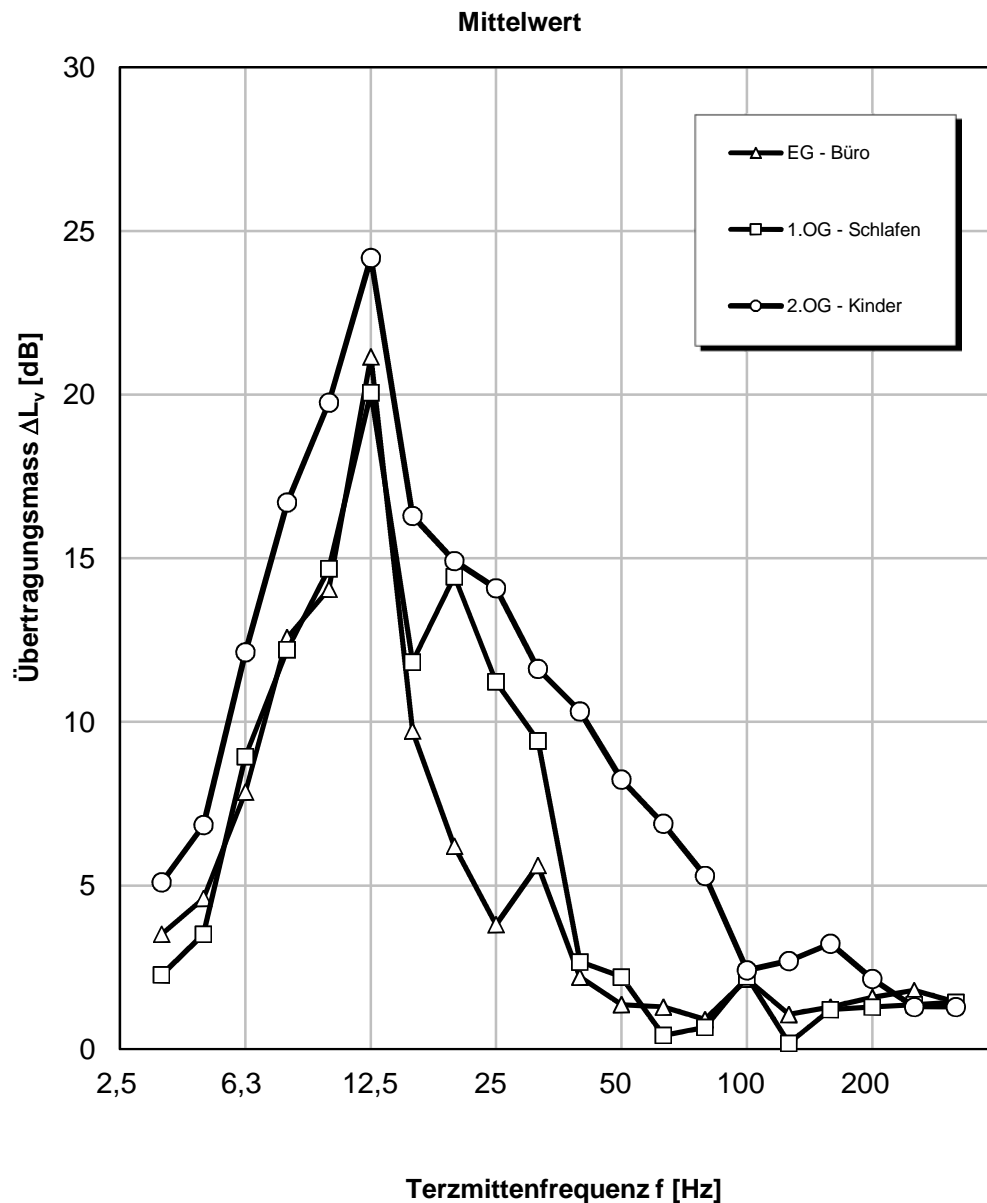
Übertragung Fundament - Geschossdecke

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP01-Jahnstraße 133\IP05-Messprotokoll.xls\Immission

Messpunkt MP01
Objekt Jahnstraße 13364287 Darmstadt

Datum 22.07.2015

Geschoss	EG	1.OG	2.OG
Raumnutzung	Büro	Schlafen	Kinder
Deckenaufbau	Holzbalken	Holzbalken	Holzbalken
Schwingungsrichtung	vertikal (z)	vertikal (z)	vertikal (z)



EG	1.OG	2.OG	
ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	f [Hz]
3,5	2,3	5,1	4
4,6	3,5	6,8	5
7,9	8,9	12,1	6,3
12,6	12,2	16,7	8
14,1	14,7	19,8	10
21,2	20,1	24,2	12,5
9,7	11,8	16,3	16
6,2	14,4	14,9	20
3,8	11,2	14,1	25
5,6	9,4	11,6	31,5
2,2	2,7	10,3	40
1,4	2,2	8,2	50
1,3	0,4	6,9	63
0,9	0,7	5,3	80
2,1	2,2	2,4	100
1,1	0,2	2,7	125
1,3	1,2	3,2	160
1,6	1,3	2,1	200
1,8	1,4	1,3	250
1,4	1,4	1,3	315

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Beschreibung des Messortes

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP02-Architektengebäude\IP02-Messprotokoll.xls\Immissionsort

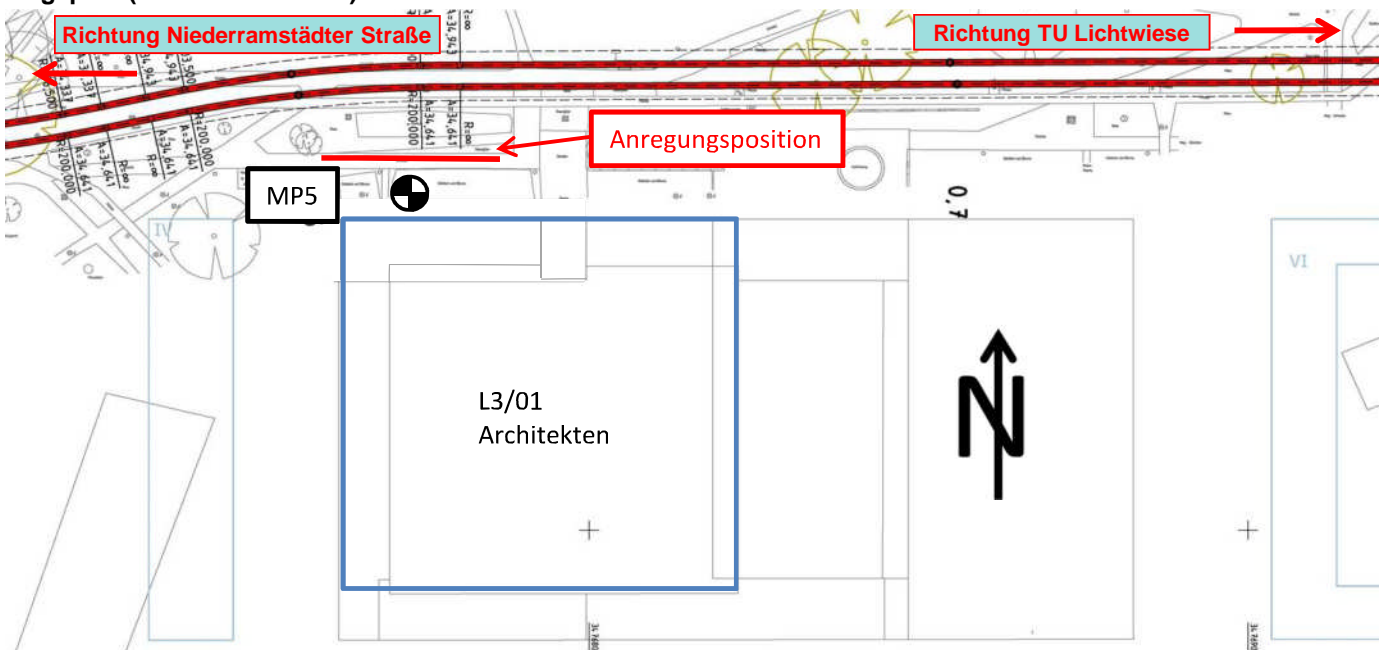
Immissionsort: MP02
Objektadresse: El-Lissitzky-Str. 1
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L3/01
Datum: 22.07.2015

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Anzahl der Geschosse ohne Keller: 6
Anzahl der Kellergeschosse: 1
Baujahr:
Art der Baukonstruktion: Massivbau mit Stahlbetondecken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis (Bestand): 20,5 m

Lageplan (nicht maßstäblich)



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess-position	Lage	Nutzung	Deckenaufbau	Raumgröße	Bodenbelag	Ankopplung
1	UG	Lüftungsschacht			Beton	2
2	EG	Modellwerkstatt	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	PVC	2
3	3.OG	PC-Pool	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	Fliesen	2
4	5.OG	Seminar	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	Fliesen	2
5	FF	Vorgarten				4

Ankopplung:

1	Metallplatte auf Spitzen gemäß DIN 45669	3	Messsensor auf Tripod
2	Metallplatte auf runden Füßen gemäß DIN 45669	4	Erdspeiß

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP02-Architektengebäude\IP02-Messprotokoll.xls\Phot

Messposition 1: UG Lüftungsschacht

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 2: EG Modellwerkstatt

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 3: 3.OG PC-Pool

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 4: 5.OG Seminar

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 1: FF Vorgarten

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Messbereich [mm/s]
1	1	z	V16	1,00	0,1
2	1	x	H9	0,99	0,1
3	1	y	H7	0,99	0,1
4	2	z	V25	0,99	0,2
5	3	z	V12	1,00	0,1
6	4	z	V22	1,01	0,1
7	5	z	V21	1,01	2,0

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Lage der Messpunkte in Gebäude

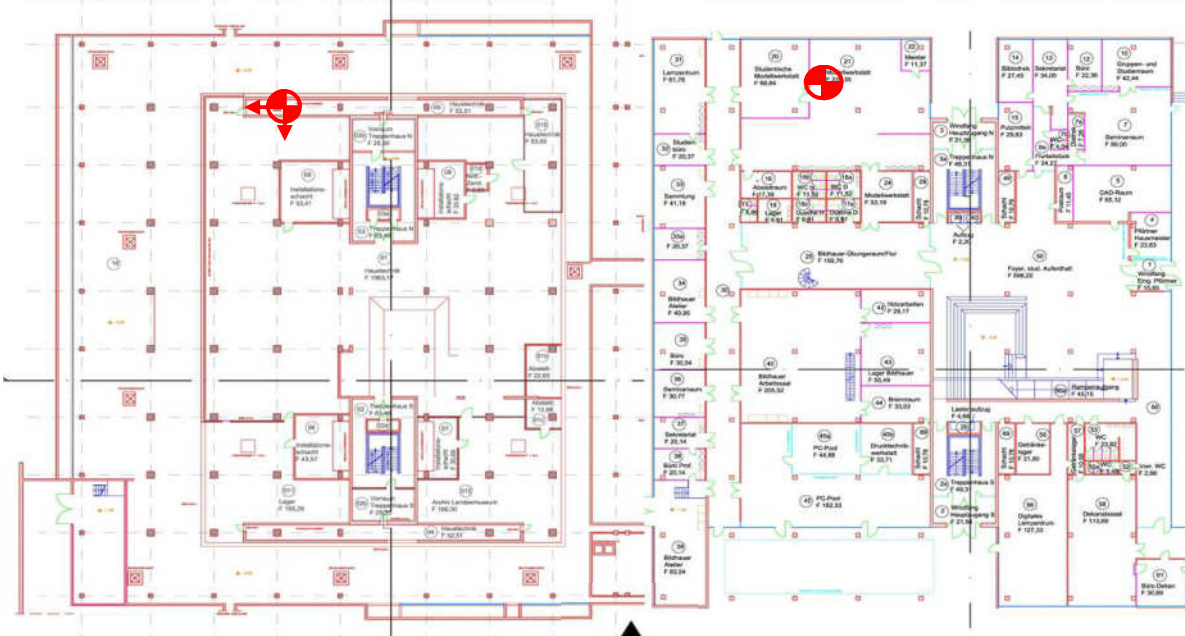
X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\B-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP02-Architektengebäude\IP02-Messprotokoll.xlsLag

Messpunkt: MP02
Objekt: El-Lissitzky-Str. 1
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L3/01
Datum: 22.07.2015

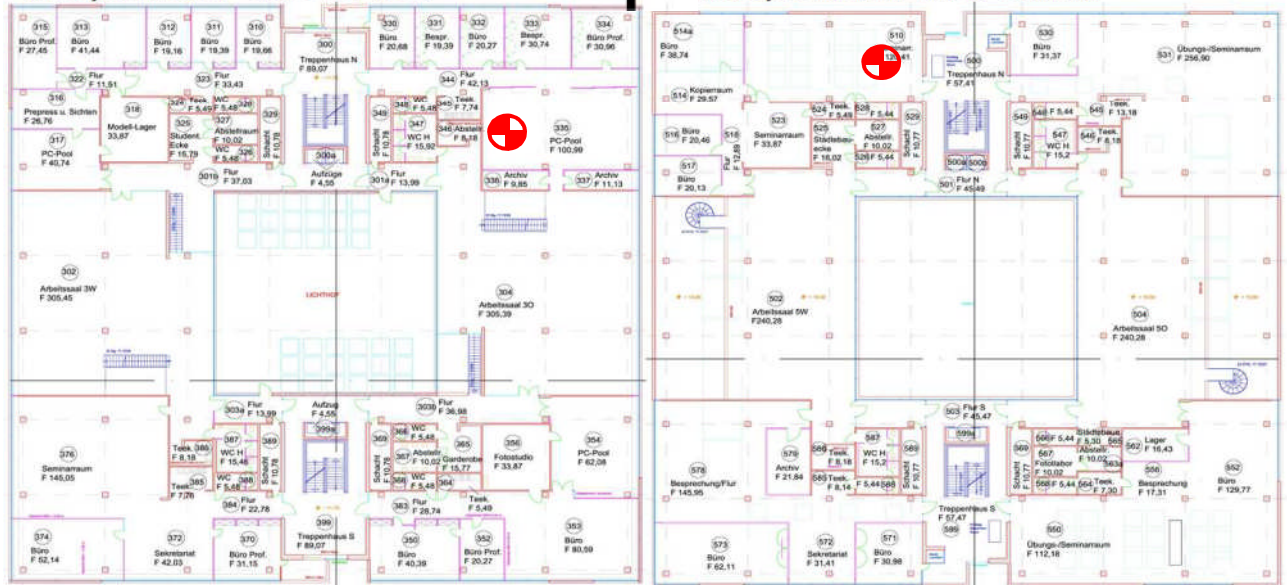
Messposition 1: UG Lüftungsschacht

Messposition 2: EG Modellwerkstatt



Messposition 3: 3.OG PC-Pool

Messposition 4: 5.OG Seminar



03.08.2015

Übertragungsfunktion T2

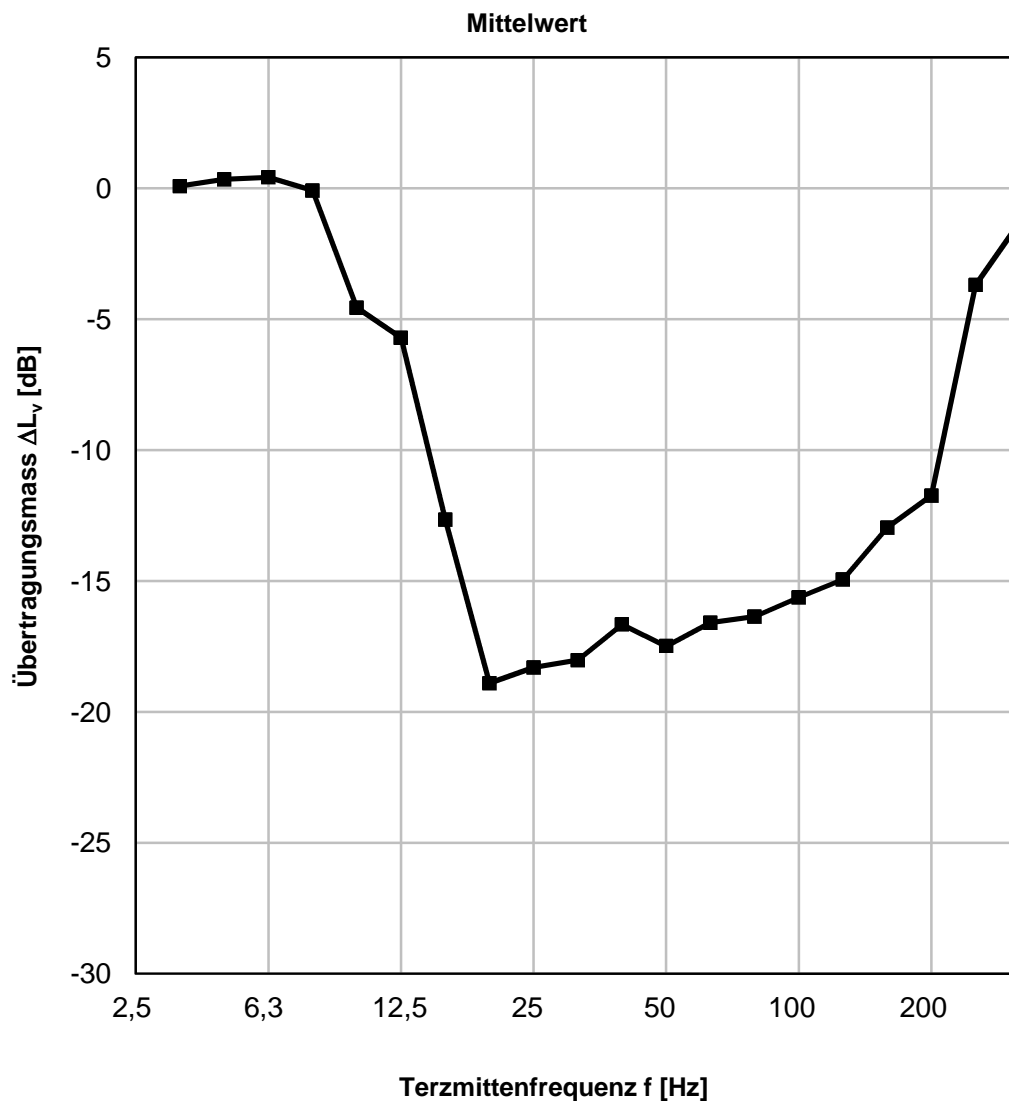
Übertragung Freifeld - Gebäudefundament

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\ID-Prognose\IP 02-Architektur-L3-01.xls\IP

Messpunkt MP02
Objekt El-Lissitzky-Str. 1
64287 Darmstadt

Datum 22.07.2015

Freifeld 1 m vor dem Gebäude (Messposition 5)
Schwingungsrichtung vertikal (z)



T2-Funktion	
[dB]	[Hz]
0,1	4
0,3	5
0,4	6,3
-0,1	8
-4,6	10
-5,7	12,5
-12,7	16
-18,9	20
-18,3	25
-18,0	31,5
-16,7	40
-17,5	50
-16,6	63
-16,4	80
-15,6	100
-14,9	125
-13,0	160
-11,7	200
-3,7	250
-1,3	315
-10,2	MW

15.08.2015

Übertragungsfunktion T3

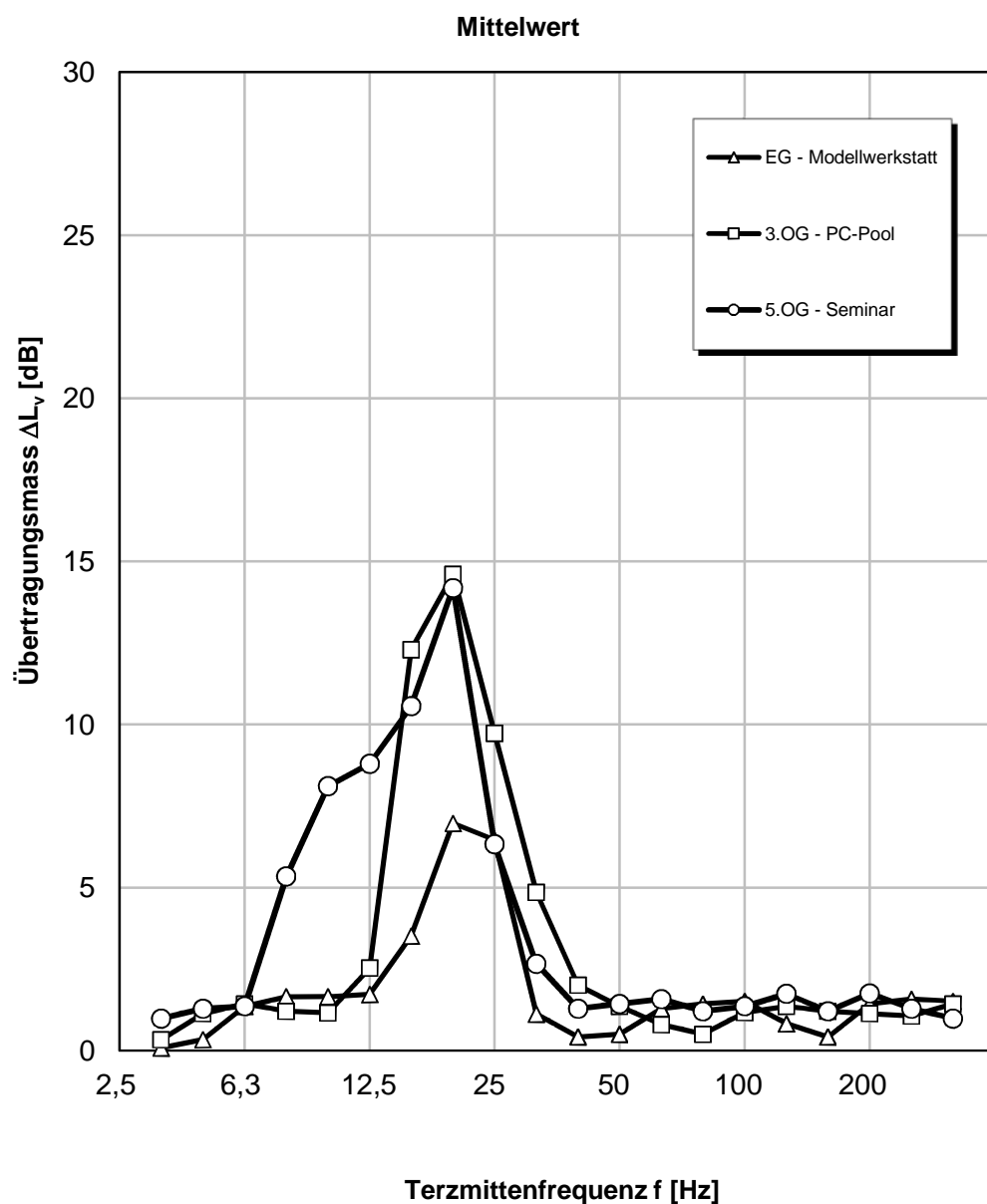
Übertragung Fundament - Geschossdecke

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP03-L501\IP03-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt MP02
Objekt El-Lissitzky-Str. 164287 Darmstadt

Datum 22.07.2015

Geschoss	EG	3.OG	5.OG
Raumnutzung	Modellwerkstatt	PC-Pool	Seminar
Deckenaufbau	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
Schwingungsrichtung	vertikal (z)	vertikal (z)	vertikal (z)



EG	3.OG	5.OG	
ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,1	0,3	1,0	4
0,3	1,1	1,3	5
1,4	1,4	1,4	6,3
1,7	1,2	5,3	8
1,7	1,2	8,1	10
1,7	2,5	8,8	12,5
3,5	12,3	10,6	16
7,0	14,6	14,2	20
6,5	9,7	6,3	25
1,1	4,9	2,7	31,5
0,4	2,0	1,3	40
0,5	1,4	1,4	50
1,3	0,8	1,6	63
1,4	0,5	1,2	80
1,5	1,2	1,4	100
0,8	1,4	1,7	125
0,4	1,2	1,2	160
1,4	1,1	1,8	200
1,6	1,1	1,3	250
1,5	1,4	1,0	315

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Beschreibung des Messortes

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\B-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP03-L501\IP03-Messprotokoll.xls\Immissionsort

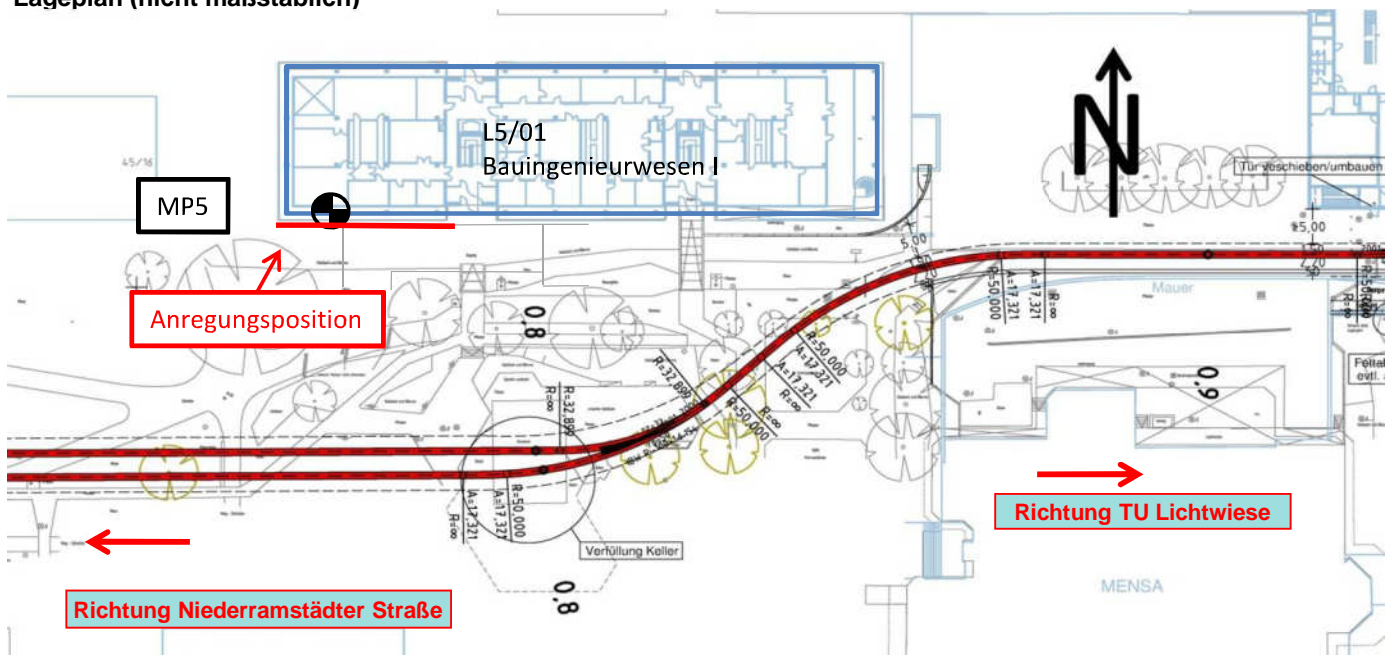
Immissionsort: MP03
Objektadresse: Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L5/01
Datum: 23.07.2015

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Anzahl der Geschosse ohne Keller: 7
Anzahl der Kellergeschosse: 2
Baujahr:
Art der Baukonstruktion: Massivbau mit Stahlbetondecken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis (Bestand): 6,5 m

Lageplan (nicht maßstäblich)



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess-position	Lage	Nutzung	Deckenaufbau	Raumgröße	Bodenbelag	Ankopplung
1	2. UG	Lüftung			Beton	2
2	EG	Labor	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	Fliesen	2
3	1.OG	Büro	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	PVC	2
4	5.OG	Labor	Stahlbeton	6,9 m x 7,0 m	PVC	2
5	FF	Zufahrt				3

Ankopplung:

1	Metallplatte auf Spitzen gemäß DIN 45669	3	Messsensor auf Tripod
2	Metallplatte auf runden Füßen gemäß DIN 45669	4	Erdspeiß

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP03-L501\IP03-Messprotokoll.xls\Photodoku

Messposition 1: 2. UG Lüftung

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 2: EG Labor

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 3: 1.OG Büro

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 4: 5.OG Labor

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 1: FF Zufahrt

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Messbereich [mm/s]
1	1	z	V18	0,99	0,5
2	1	x	H5	0,98	0,5
3	1	y	H4	0,98	0,5
4	2	z	V22	1,01	0,5
5	3	z	V12	1,00	0,5
6	4	z	V25	0,99	0,2
7	5	z	V17	0,99	5,0

03.08.2015

Übertragungsfunktion T2

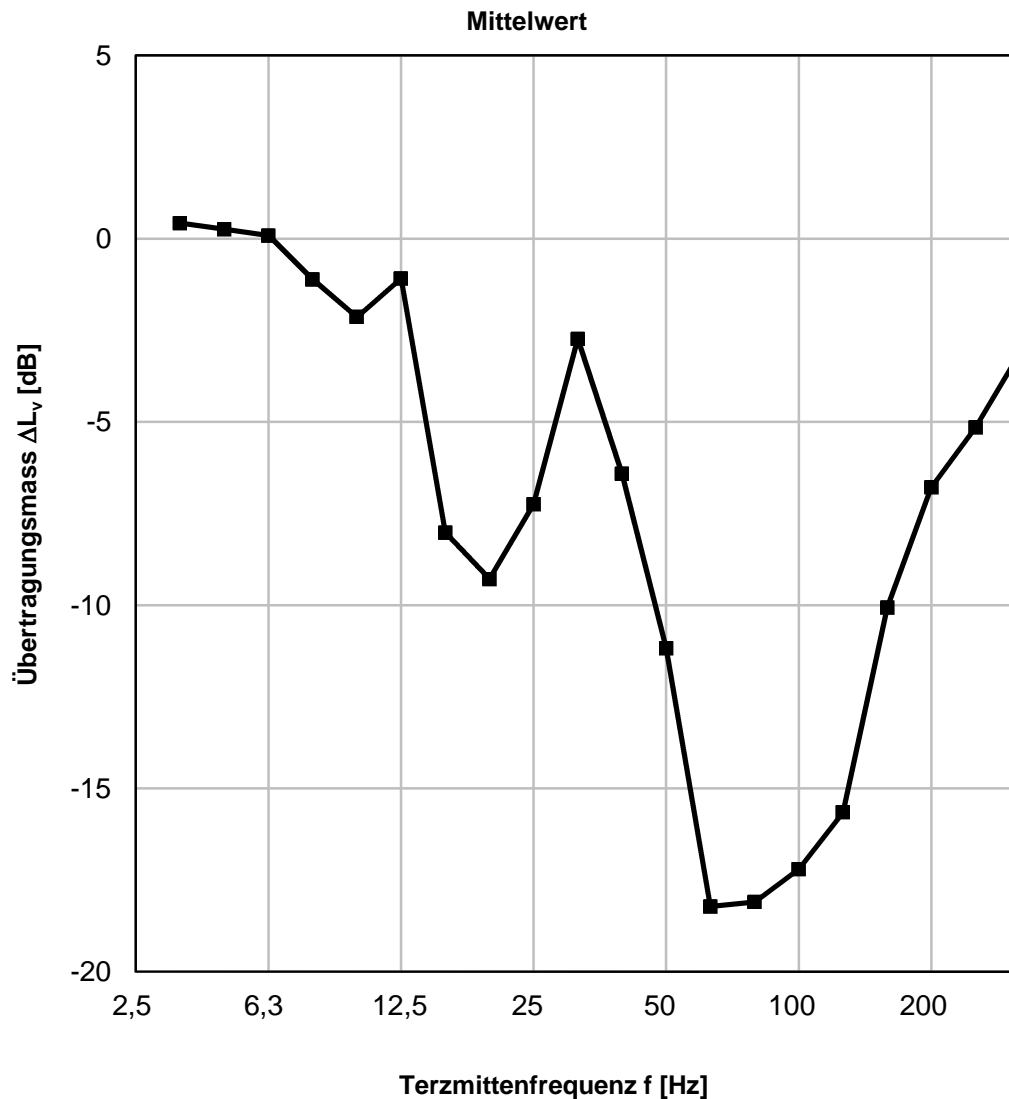
Übertragung Freifeld - Gebäudefundament

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP03-L501\IP03-Messprotokoll.xls\T2-Funktion

Messpunkt MP03
Objekt Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Datum 23.07.2015

Freifeld 0,2 m vor dem Gebäude (Messposition 5)
Schwingungsrichtung vertikal (z)



T2-Funktion	
[dB]	[Hz]
0,4	4
0,3	5
0,1	6,3
-1,1	8
-2,1	10
-1,1	12,5
-8,0	16
-9,3	20
-7,2	25
-2,7	31,5
-6,4	40
-11,2	50
-18,2	63
-18,1	80
-17,2	100
-15,7	125
-10,1	160
-6,8	200
-5,1	250
-3,1	315
-7,1	MW

15.08.2015

Übertragungsfunktion T3

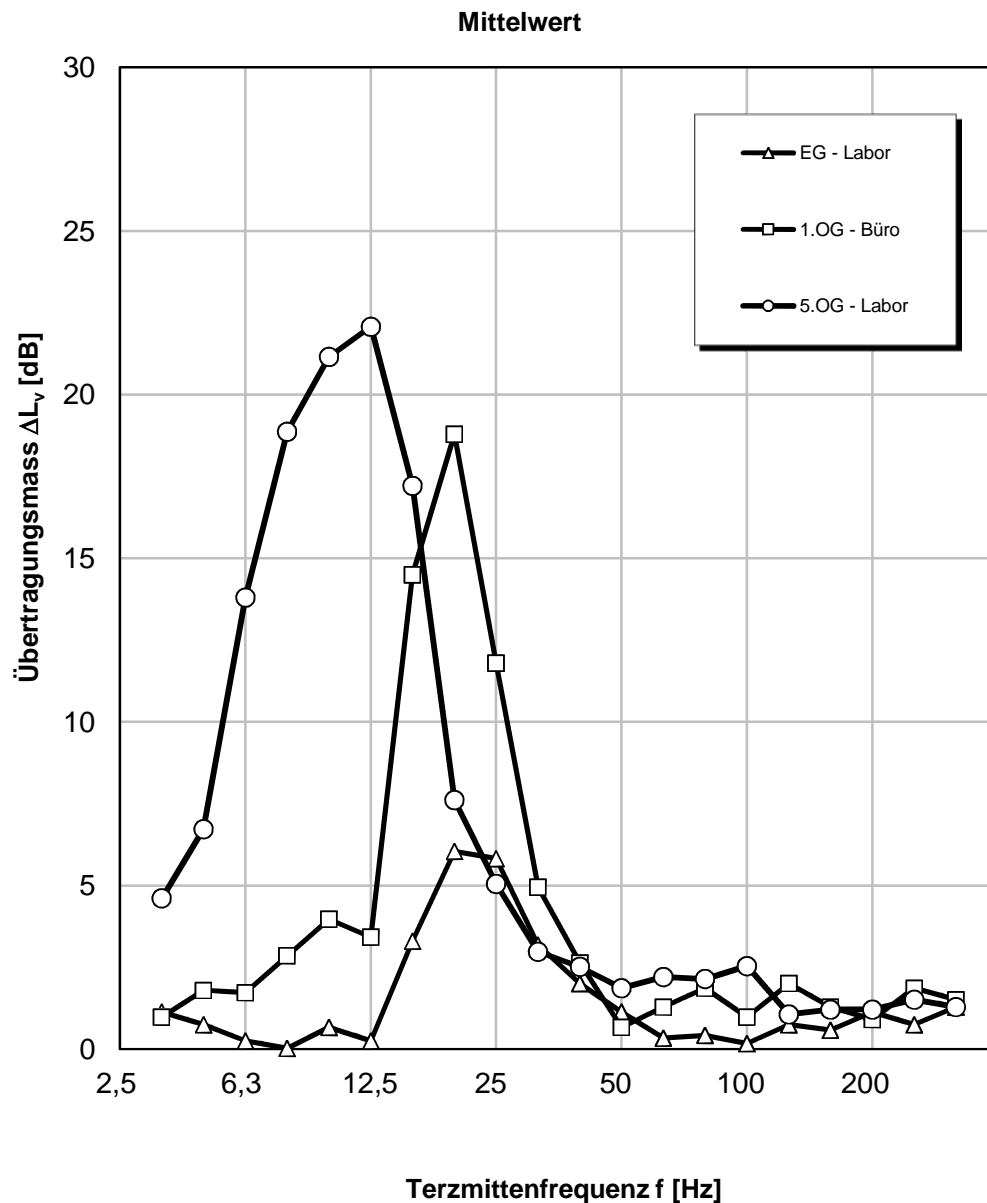
Übertragung Fundament - Geschossdecke

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP03-L501\IP03-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt MP03
Objekt Franziska-Braun-Straße 7 64287 Darnstadt

Datum 23.07.2015

Geschoss	EG	1.OG	5.OG
Raumnutzung	Labor	Büro	Labor
Deckenaufbau	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
Schwingungsrichtung	vertikal (z)	vertikal (z)	vertikal (z)



EG	1.OG	5.OG	
ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,1	1,0	4,6	4
0,7	1,8	6,7	5
0,3	1,7	13,8	6,3
0,0	2,9	18,9	8
0,7	4,0	21,2	10
0,3	3,4	22,1	12,5
3,3	14,5	17,2	16
6,0	18,8	7,6	20
5,8	11,8	5,1	25
3,2	5,0	3,0	31,5
2,0	2,6	2,5	40
1,1	0,7	1,9	50
0,3	1,3	2,2	63
0,4	1,9	2,1	80
0,2	1,0	2,5	100
0,7	2,0	1,1	125
0,6	1,3	1,2	160
1,1	0,9	1,2	200
0,7	1,9	1,5	250
1,3	1,5	1,3	315

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Beschreibung des Messortes

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP04-L506\IP04-Messprotokoll.xls\Immissionsort

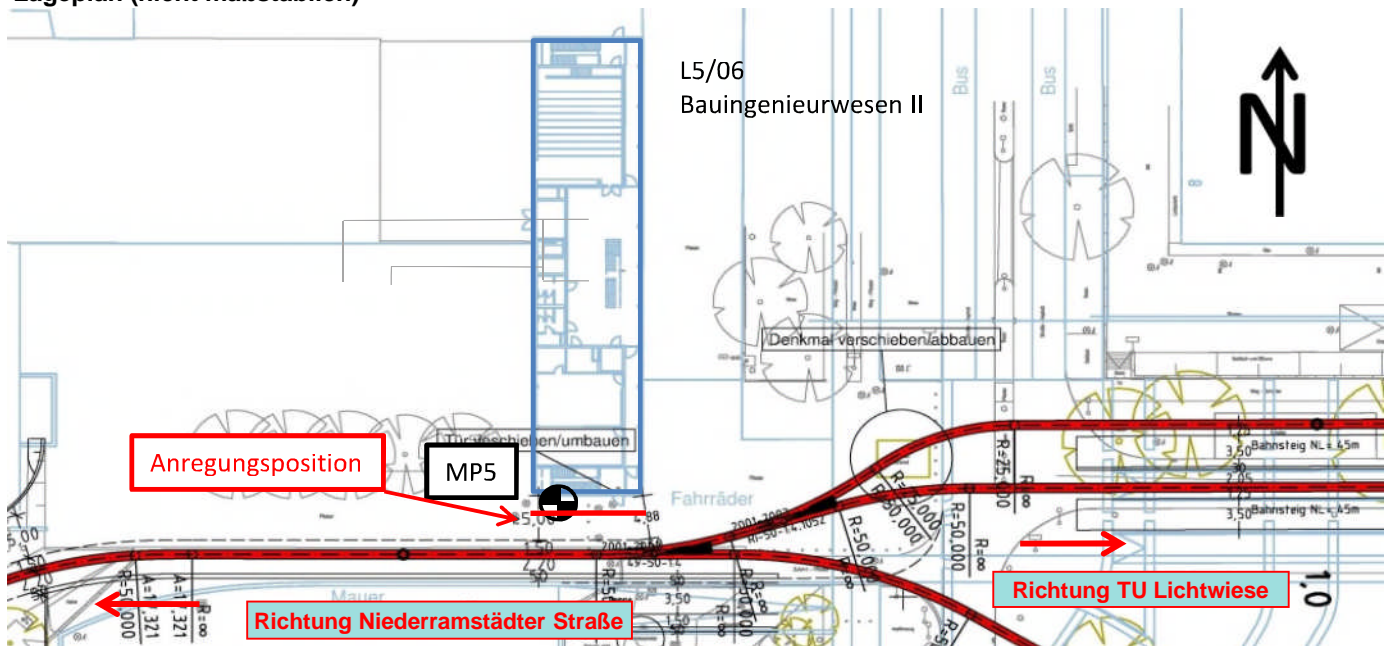
Immissionsort: MP04
Objektadresse: Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L5/06
Datum: 23.07.2015

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Anzahl der Geschosse ohne Keller: 7
Anzahl der Kellergeschosse: 1
Baujahr:
Art der Baukonstruktion: Massivbau mit Betonbalken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis (Bestand): 6,5 m

Lageplan (nicht maßstäblich)



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess-position	Lage	Nutzung	Deckenaufbau	Raumgröße	Bodenbelag	Ankopplung
1	UG	Vorraum			Beton	2
2	EG	Seminar	Stahlbeton	6,0 m x 9,0 m	PVC	2
3	5.OG	Büro	Stahlbeton	6,0 m x 4,5 m	Beton	2
4	6.OG	Büro	Stahlbeton	5,8 m x 4,0 m	Beton	2
5	FF	Zufahrt				3

Ankopplung:

1	Metallplatte auf Spitzen gemäß DIN 45669	3	Messsensor auf Tripod
2	Metallplatte auf runden Füßen gemäß DIN 45669	4	Erdspeiß

15.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\B-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP04-L506\IP04-Messprotokoll.xls\Photodoku

Messposition 1: UG Vorraum

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 2: EG Seminar

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 3: 5.OG Büro

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 4: 6.OG Büro

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 1: FF Zufahrt

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Messbereich [mm/s]
1	1	z	V18	0,99	0,5
2	1	x	H5	0,98	0,5
3	1	y	H4	0,98	0,5
4	2	z	V22	1,01	1,0
7	3	z	V12	1,00	0,5
8	4	z	V25	0,99	1,0
6	5	z	V17	0,99	20,0

15.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

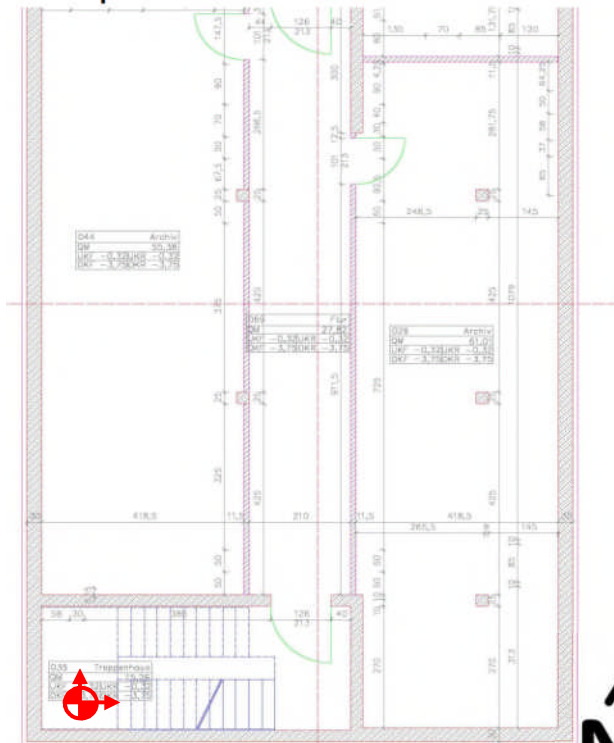
Lage der Messpunkte in Gebäude

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP04-L506\IP04-Messprotokoll.xls\Lagepläne

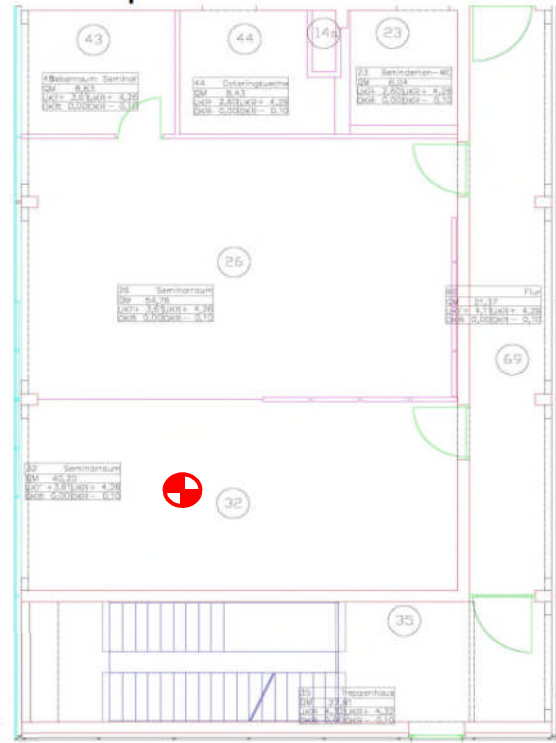
Messpunkt: MP04
Objekt: Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L5/06
Datum: 23.07.2015

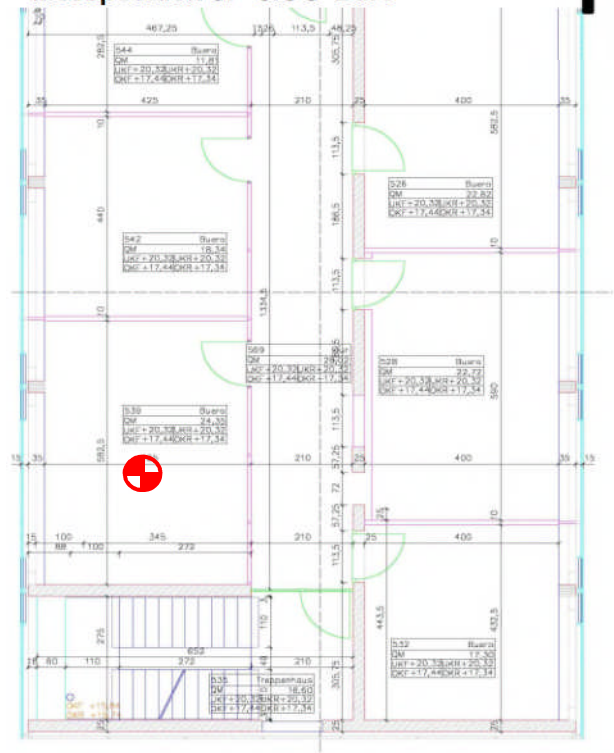
Messposition 1: UG Vorraum



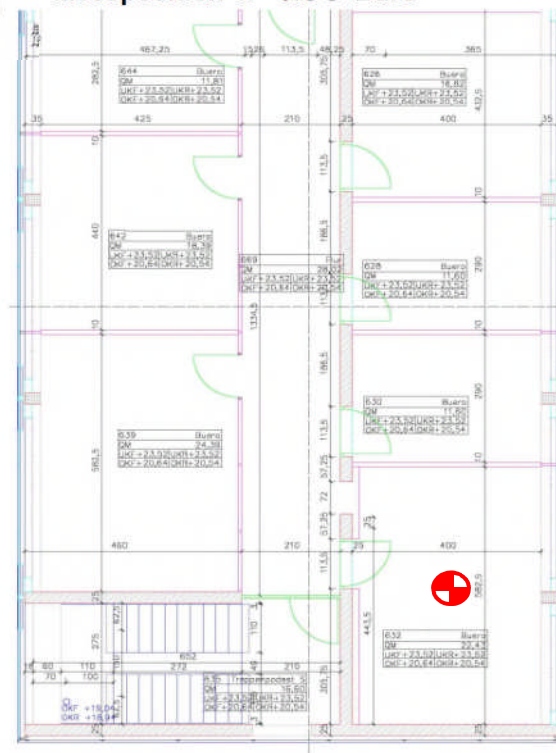
Messposition 2: EG Seminar



Messposition 3: 5.OG Büro



Messposition 4: 6.OG Büro



15.08.2015

Übertragungsfunktion T2

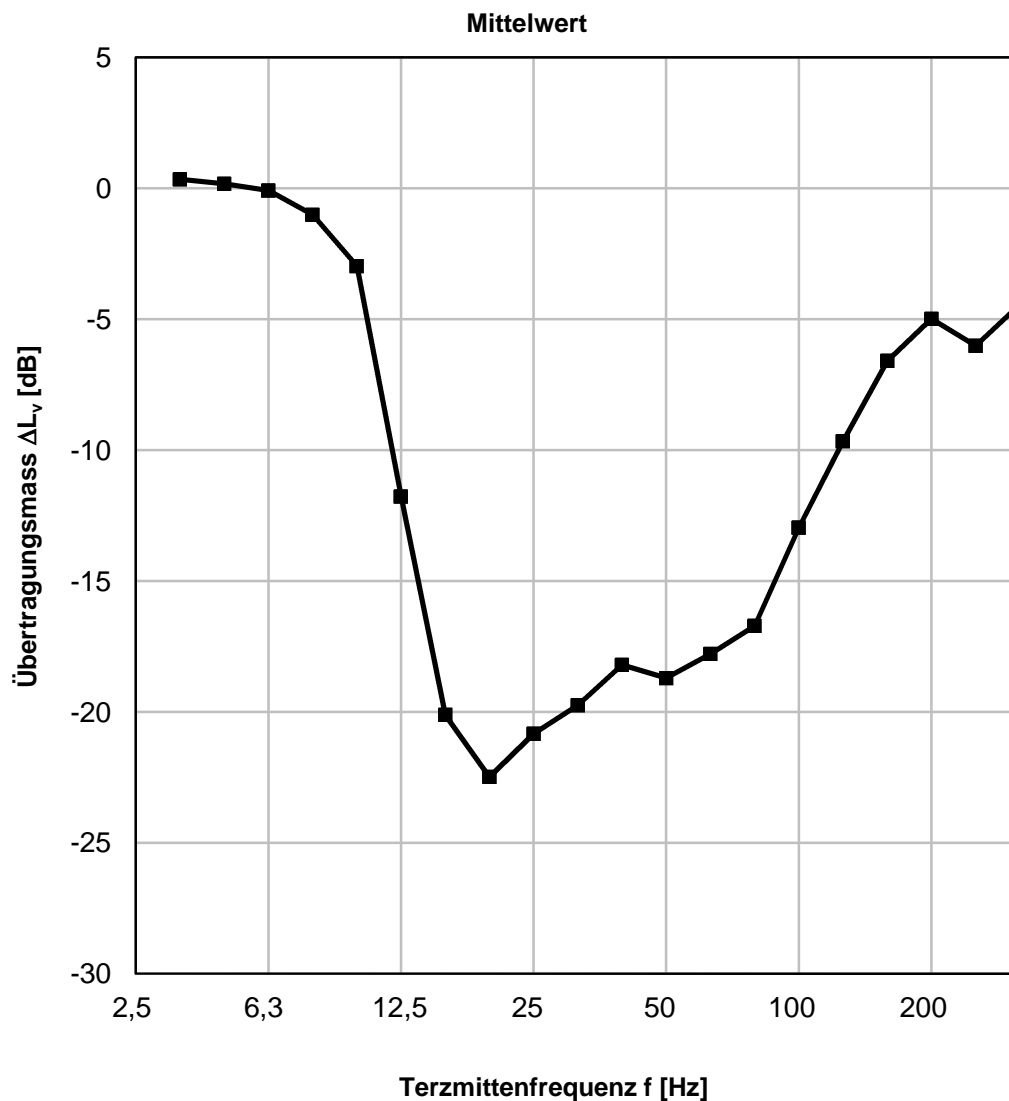
Übertragung Freifeld - Gebäudefundament

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP04-L506\IP04-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt MP04
Objekt Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt

Datum 23.07.2015

Freifeld 0,2 m vor dem Gebäude (Messposition 5)
Schwingungsrichtung vertikal (z)



T2-Funktion	
[dB]	[Hz]
0,3	4
0,2	5
-0,1	6,3
-1,0	8
-3,0	10
-11,8	12,5
-20,1	16
-22,5	20
-20,8	25
-19,7	31,5
-18,2	40
-18,7	50
-17,8	63
-16,7	80
-13,0	100
-9,7	125
-6,6	160
-5,0	200
-6,0	250
-4,4	315
-10,7	MW

15.08.2015

Übertragungsfunktion T3

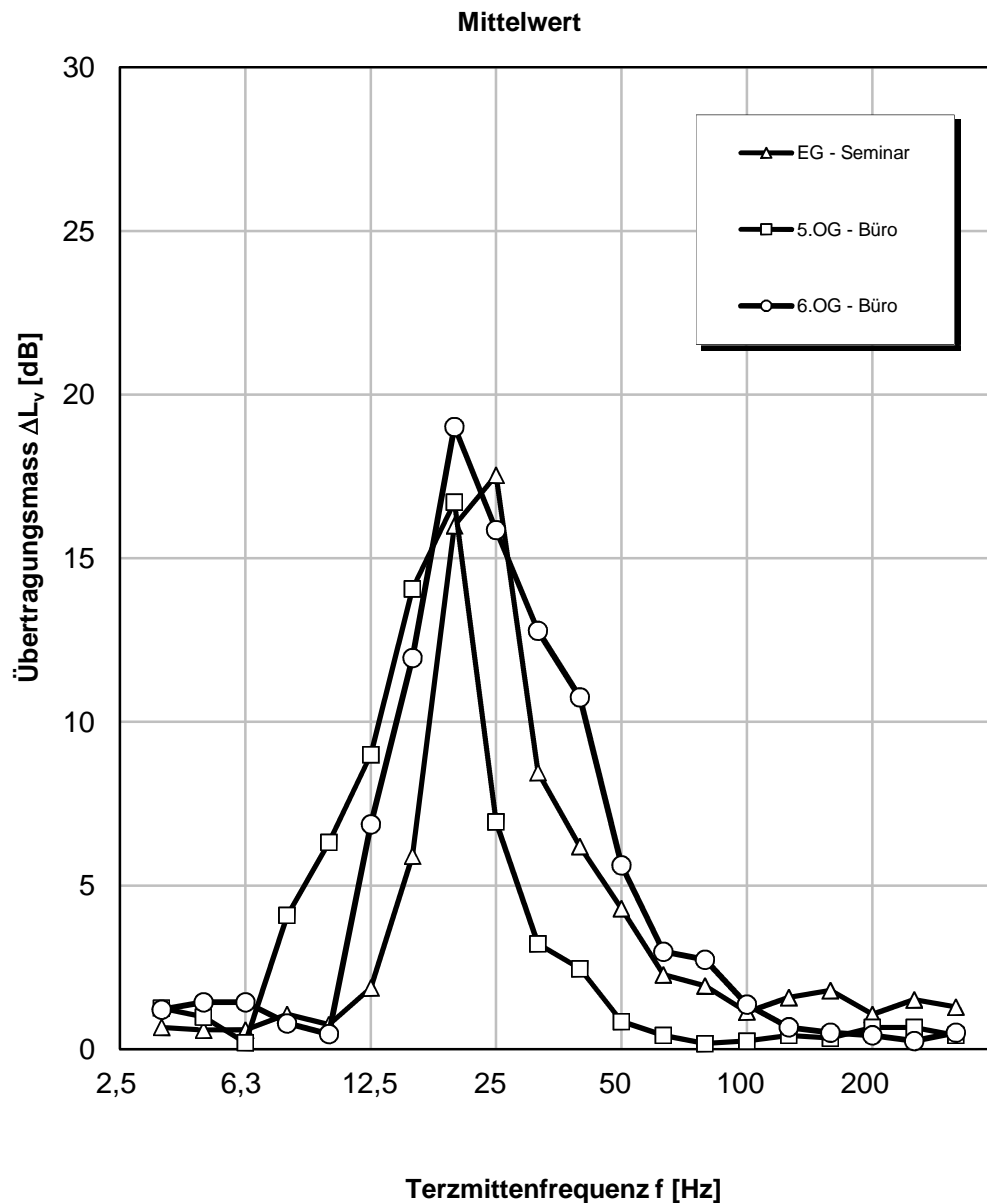
Übertragung Fundament - Geschossdecke

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\C-Bearbeitung\B-Erschütterungen\A-Messungen\E-Auswertung\IP04-L506\IP04-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt MP04
Objekt Franziska-Braun-Straße 3I 64287 Darmstadt

Datum 23.07.2015

Geschoss	EG	5.OG	6.OG
Raumnutzung	Seminar	Büro	Büro
Deckenaufbau	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
Schwingungsrichtung	vertikal (z)	vertikal (z)	vertikal (z)



EG	5.OG	6.OG	
ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,7	1,3	1,2	4
0,6	1,0	1,4	5
0,6	0,2	1,4	6,3
1,1	4,1	0,8	8
0,7	6,3	0,5	10
1,9	9,0	6,9	12,5
5,9	14,1	12,0	16
16,0	16,7	19,0	20
17,5	6,9	15,9	25
8,5	3,2	12,8	31,5
6,2	2,5	10,7	40
4,3	0,9	5,6	50
2,3	0,4	3,0	63
1,9	0,2	2,7	80
1,1	0,3	1,4	100
1,6	0,4	0,7	125
1,8	0,3	0,5	160
1,1	0,7	0,4	200
1,5	0,7	0,3	250
1,3	0,4	0,5	315

15.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Beschreibung des Messortes

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\1-Bearbeitung\1-B-Erschütterungen\1A-Messungen\1E-Auswertung\IP05-L402\IP05-Messprotokoll.xls\Immissionsort

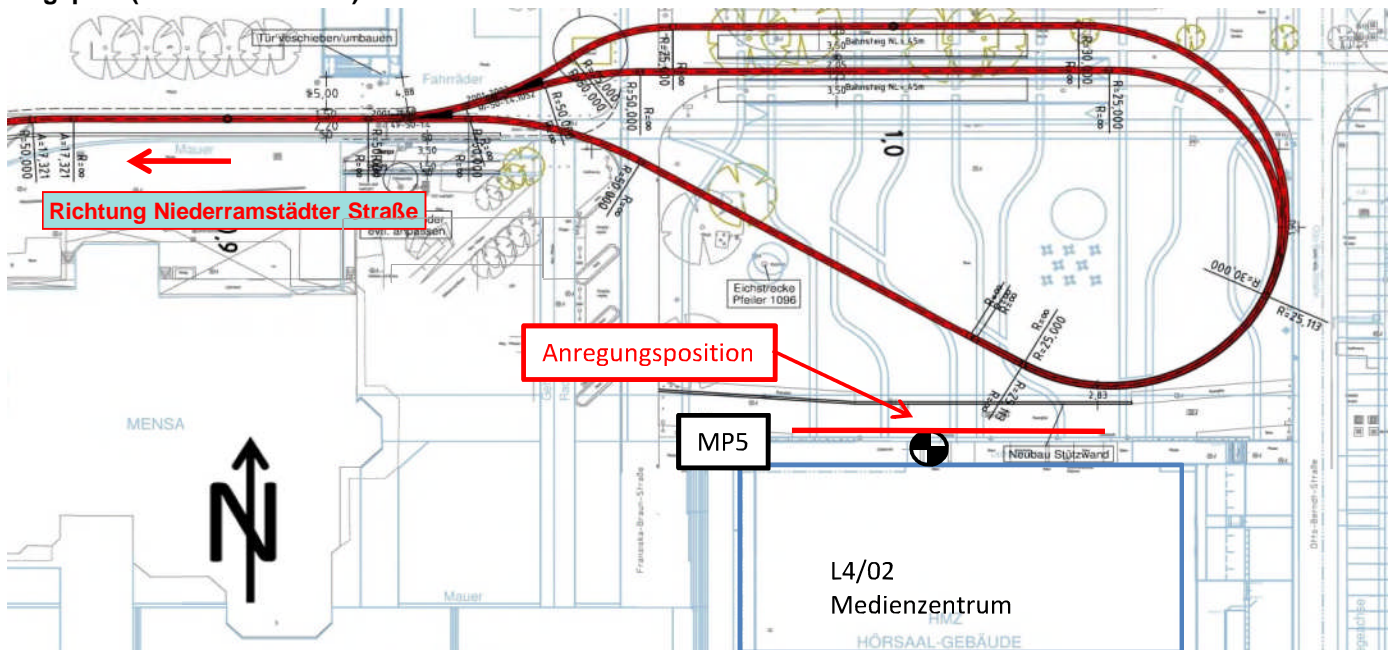
Immissionsort: MP04
Objektadresse: Franziska-Braun-Straße 10
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L4/02
Datum: 23.07.2015

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Anzahl der Geschosse ohne Keller: 4
Anzahl der Kellergeschosse: 1
Baujahr:
Art der Baukonstruktion: Massivbau mit Betonbalken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis (Bestand): 12,5 m

Lageplan (nicht maßstäblich)



Allgemeine Angaben zu den Messpunkten

Mess-position	Lage	Nutzung	Deckenaufbau	Raumgröße	Bodenbelag	Ankopplung
1	UG	Lager			Beton	2
2	EG	Konferenz	Stahlbeton	6,0 m x 9,0 m	PVC	2
3	2.OG	Mediathek	Stahlbeton	6,0 m x 4,5 m	Beton	2
4	3.OG	Büro	Stahlbeton	5,8 m x 4,0 m	Beton	2
5	FF	Zufahrt				3

Ankopplung:

1	Metallplatte auf Spitzen gemäß DIN 45669	3	Messsensor auf Tripod
2	Metallplatte auf runden Füßen gemäß DIN 45669	4	Erdspeiß

15.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

Dokumentation der Messsensoren / Kalibrierfaktoren

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP05-L402\IP05-Messprotokoll.xls\Photodoku

Messposition 1: UG Lager

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 2: EG Konferenz

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 3: 2.OG Mediatek

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 4: 3.OG Büro

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Messposition 1: FF Zufahrt

Foto aus
Datenschutzgründen entfernt!

Kanal	Mess- position	Mess- richtung	Sensor Nr.	Kalibrier- faktor	Messbereich [mm/s]
1	1	z	V18	0,99	0,2
2	1	x	H5	0,98	0,2
3	1	y	H4	0,98	0,2
4	2	z	V22	1,01	0,5
7	3	z	V10	1,01	0,2
8	4	z	V13	0,99	0,2
6	5	z	V17	0,99	0,5

03.08.2015

Messprotokoll Erschütterungen

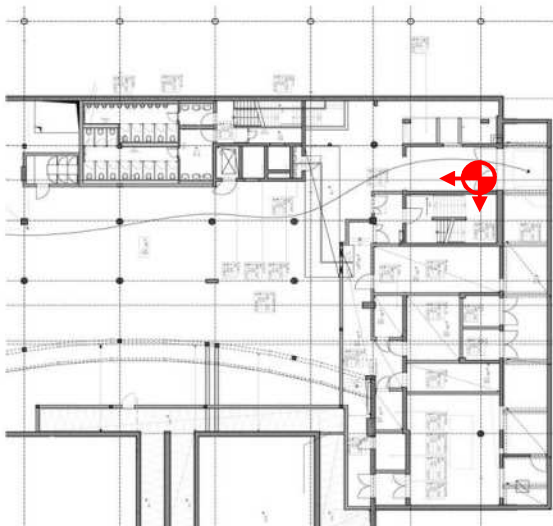
Lage der Messpunkte in Gebäude

X:\Projekte2\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\B-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP05-L402\IP05-Messprotokoll.xls\Lagepläne

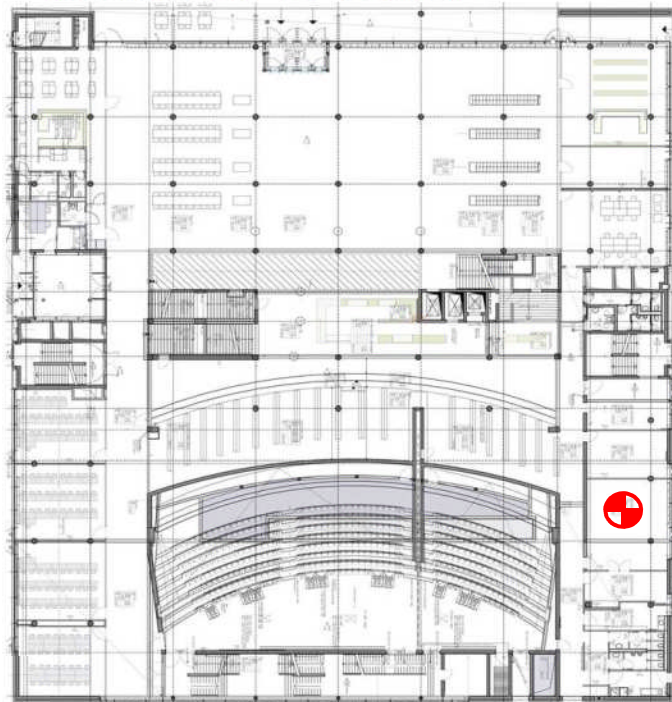
Messpunkt: MP04
Objekt: Franziska-Braun-Straße 10
64287 Darmstadt

Bezeichnung: L4/02
Datum: 23.07.2015

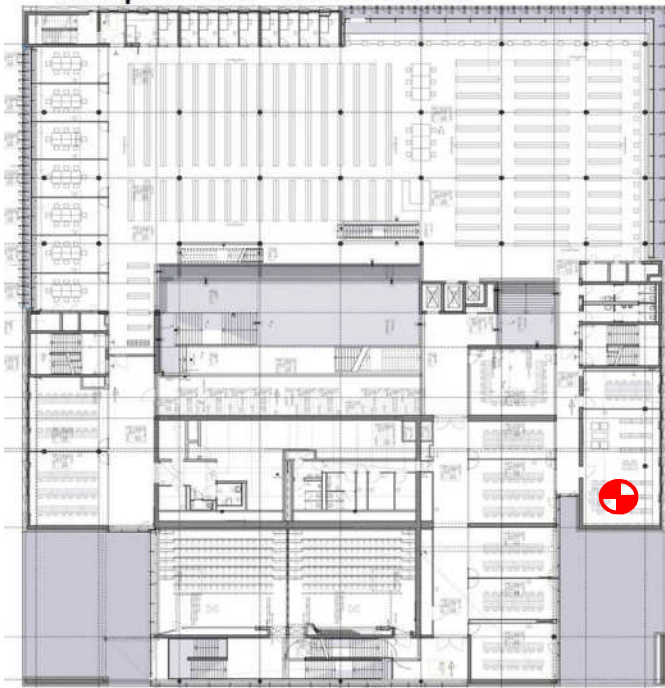
Messposition 1: UG Lager



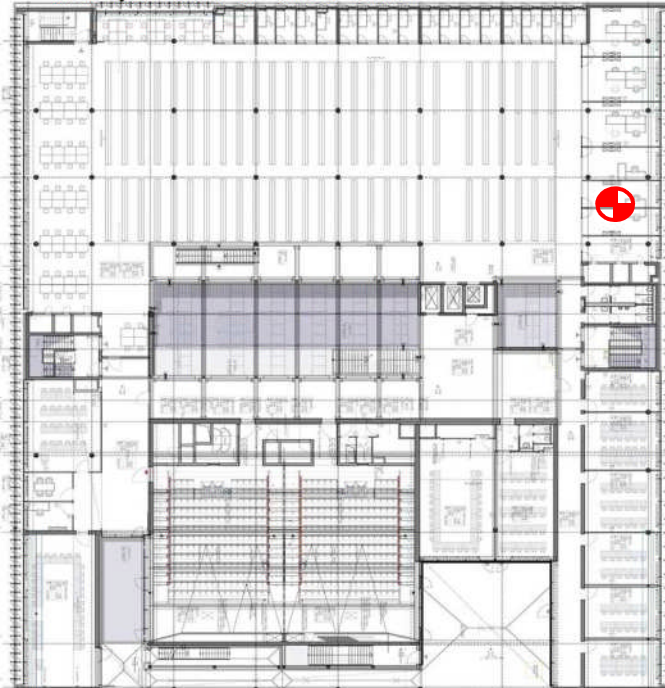
Messposition 2: EG Konferenz



Messposition 3: 2.OG Mediatek



Messposition 4: 3.OG Büro



03.08.2015

Übertragungsfunktion T2

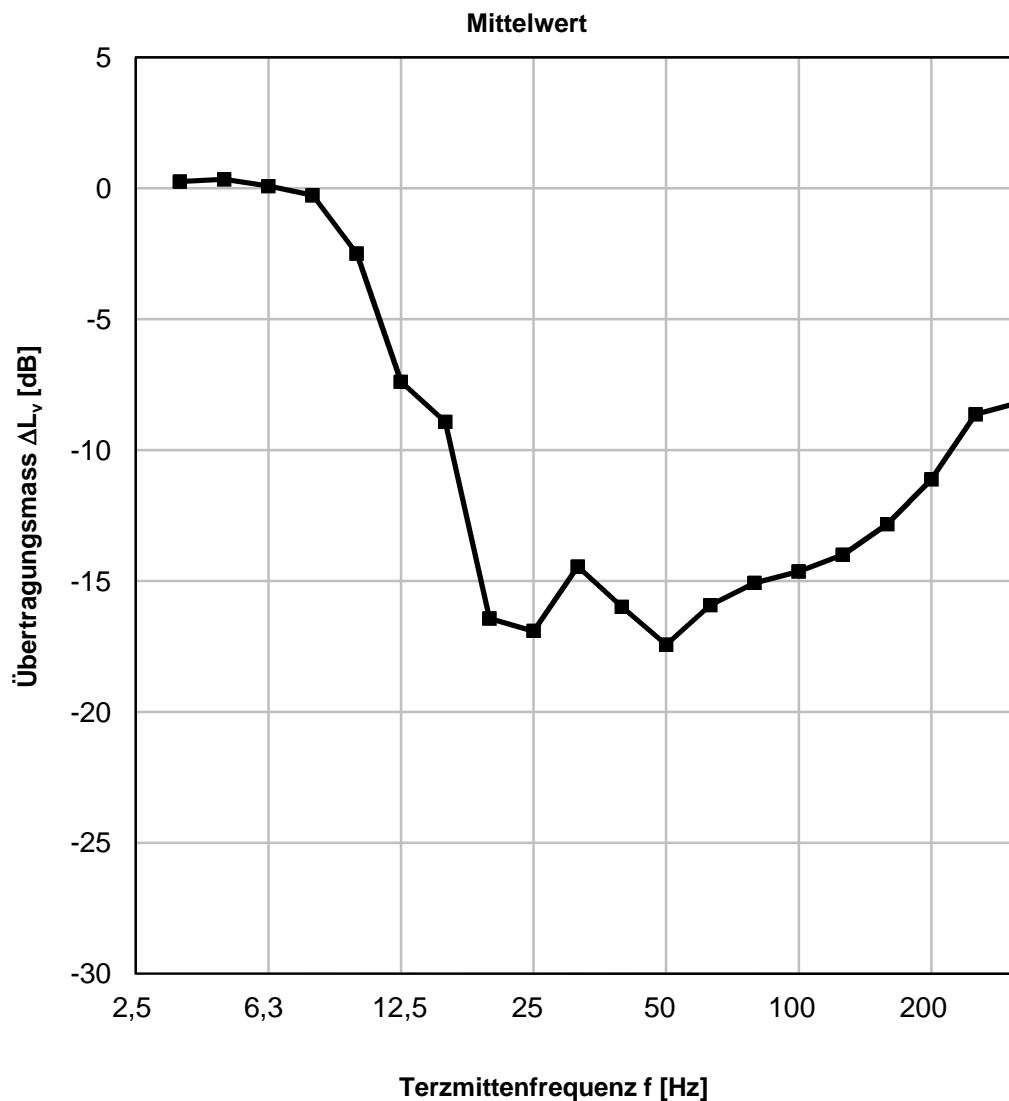
Übertragung Freifeld - Gebäudefundament

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\ID-Prognose\IP 05-Franziska Braun Str 10-Mediencenter.xls\IP

Messpunkt MP04
Objekt Franziska-Braun-Straße 10
64287 Darmstadt

Datum 23.07.2015

Freifeld 3,5 m vor dem Gebäude (Messposition 5)
Schwingungsrichtung vertikal (z)



T2-Funktion	
[dB]	[Hz]
0,3	4
0,3	5
0,1	6,3
-0,3	8
-2,5	10
-7,4	12,5
-8,9	16
-16,4	20
-16,9	25
-14,5	31,5
-16,0	40
-17,4	50
-15,9	63
-15,1	80
-14,6	100
-14,0	125
-12,8	160
-11,1	200
-8,6	250
-8,2	315
-10,0	MW

15.08.2015

Übertragungsfunktion T3

Übertragung Fundament - Geschossdecke

X:\Projekte\2014\14237-VVSE-Mailänder-Straßenbahn Campus Lichtwiese\IC-Bearbeitung\B-Erschütterungen\Messungen\E-Auswertung\IP05-L402\IP05-Messprotokoll.xls\Immissionsort

Messpunkt

MP04

Datum 23.07.2015

Objekt

Franziska-Braun-Straße 1064287 Darmstadt

Geschoss

EG

2.OG

3.OG

Raumnutzung

Konferenz

Mediatek

Büro

Deckenaufbau

Stahlbeton

Stahlbeton

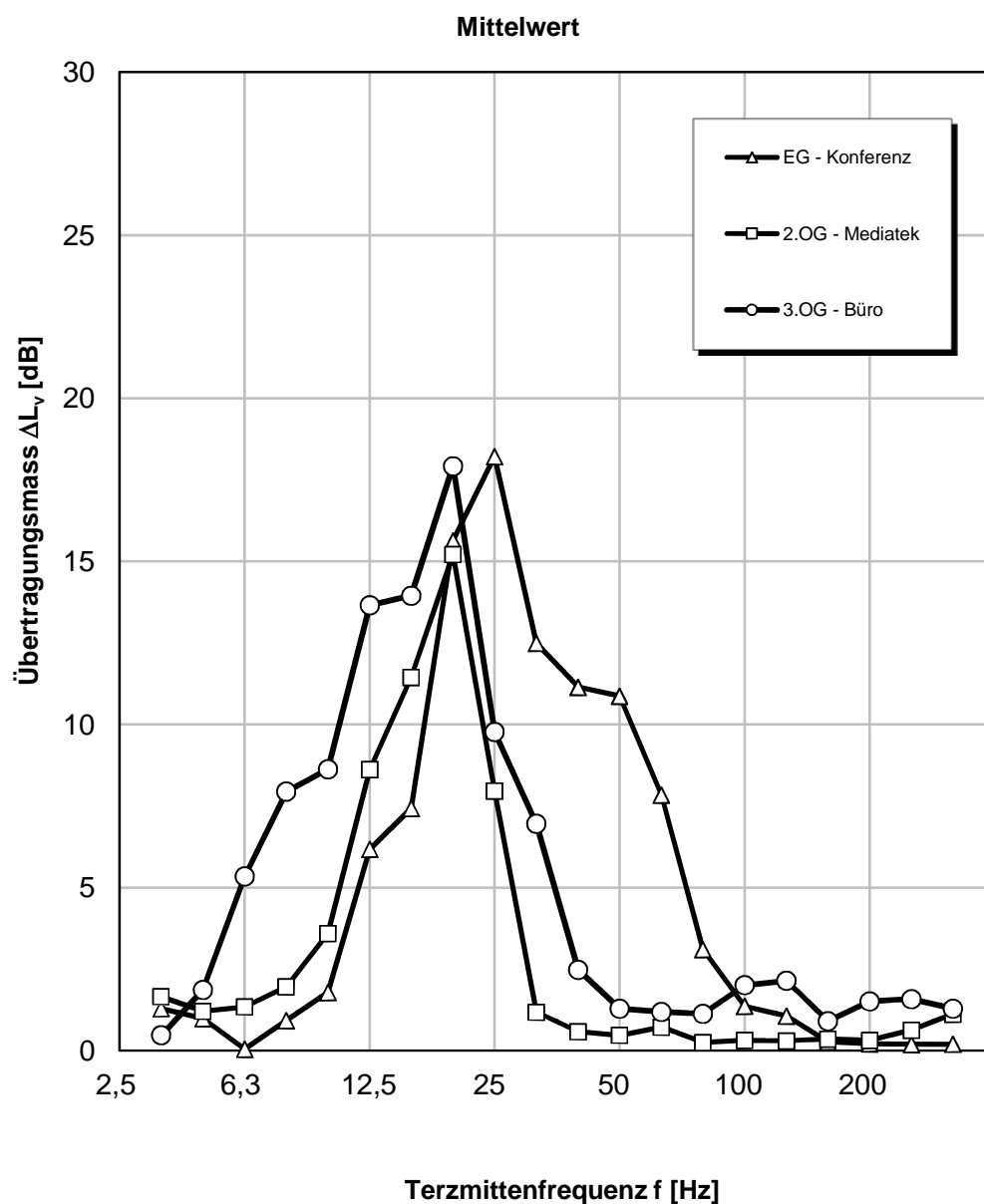
Stahlbeton

Schwingungsrichtung

vertikal (z)

vertikal (z)

vertikal (z)



EG	2.OG	3.OG	
ΔL_v	ΔL_v	ΔL_v	f
[dB]	[dB]	[dB]	[Hz]
1,3	1,7	0,5	4
1,0	1,2	1,9	5
0,0	1,3	5,3	6,3
0,9	2,0	7,9	8
1,8	3,6	8,6	10
6,2	8,6	13,7	12,5
7,4	11,4	14,0	16
15,6	15,2	17,9	20
18,2	8,0	9,8	25
12,5	1,2	7,0	31,5
11,1	0,6	2,5	40
10,9	0,5	1,3	50
7,8	0,7	1,2	63
3,1	0,3	1,1	80
1,4	0,3	2,0	100
1,1	0,3	2,1	125
0,3	0,4	0,9	160
0,2	0,3	1,5	200
0,2	0,6	1,6	250
0,2	1,1	1,3	315

03.08.2015