

13430

Auftraggeber

Erschütterungsimmissionen für das Aurelis-Grundstück an der Hornschuchpromenade in Fürth

P&P Objekt ZWEI GmbH
Isaak-Loewi-Straße 11
90763 Fürth

Datum

7. Dezember 2017

Bericht

Nummer: 13430.1a
Dokument: 13430_001bg_a_er.docx
Zeichen: HI

Inhalt

Schwingungs- und Erschütterungsschutz
Messung von Erschütterungseinwirkungen durch
Schienenverkehr im Bereich des geplanten Neubaus
Prognoseberechnung für den geplanten Neubau
einschließlich Beurteilung gemäß DIN 4150-2

Umfang

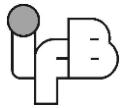
30 Textseiten und 24 Anlagenseiten

Auftrag vom

22. August 2017

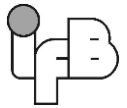
Verteiler

per E-Mail an P&P Objekt ZWEI GmbH, Herrn Faust



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Aufgabenstellung.....	3
2.	Voraussetzungen	4
2.1	Planungsgrundlagen.....	4
2.2	Bauliche Voraussetzungen	4
2.3	Verkehrssituation	5
3.	Regelwerke und Anforderungen	6
3.1	Regelwerke und Veröffentlichungen	6
3.2	Anforderungen	7
4.	Erschütterungstechnische Messungen	12
4.1	Ort und Zeit.....	12
4.2	Teilnehmer.....	12
4.3	Messaufbau und verwendete Messgeräte	12
4.4	Messort und Lage der Messpunkte	13
4.5	Beschreibung der messtechnisch untersuchten Vorbeifahrten	15
4.6	Mess- und Prognoseunsicherheit.....	18
4.7	Messergebnisse	19
4.8	Auswertung der Messergebnisse	20
4.8.1	Vorgehensweise	20
4.8.2	Gemessene maximale bewertete Schwingstärken (Schürfe)	21
5.	Prognose und Beurteilung	22
5.1	Vorgehensweise	22
5.2	Übertragungsfunktionen	22
5.2.1	Entfernungskorrektur	22
5.2.2	Übergang Boden - Fundament.....	23
5.2.3	Übertragungsfaktor innerhalb des Gebäudes	23
5.3	Prognoseergebnisse und Beurteilung (ohne elastische Gebäudelagerung).....	24
5.3.1	Prognoseergebnis	24
5.3.2	Beurteilung.....	26
6.	Erschütterungsmindernde Maßnahmen	28
7.	Zusammenfassung	29



1. Aufgabenstellung

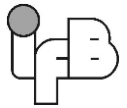
Die P&P Objekt ZWEI GmbH plant den Neubau mehrerer Bürogebäude, zweier Studentenwohnheime sowie mehrerer Gewerbeeinheiten auf dem Aurelis-Grundstück an der Hornschuchpromenade in Fürth.

Nördlich des Bauvorhabens befinden sich die U-Bahnlinie U1, welche zwischen Fürth Jakobinenstraße und Fürth Stadtgrenze verkehrt. Im Süden grenzen die Bahnstrecken 5900, 5907, 5972 und 5950 der DB AG. Es sollen auf dem Baufeld erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt werden.

Im Rahmen der Bearbeitung für den Erschütterungsschutz soll die vorhandene Vorbelastung im Baugrund durch den oberirdischen Schienenverkehr der DB AG und den teilweise unterirdischen Schienenverkehr der VAG messtechnisch ermittelt werden. Auf Grundlage der Messergebnisse werden die im geplanten Bauvorhaben zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen prognostiziert.

Die prognostizierten Erschütterungen werden hinsichtlich der Einwirkungen auf den Menschen gemäß DIN 4150-2:1999-06 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, beurteilt. Gegebenenfalls werden grundlegende erschütterungsmindernde Maßnahmen geprüft.

Eine Zusammenfassung der erschütterungstechnischen Untersuchung erfolgt im vorliegenden Bericht.



2. Voraussetzungen

2.1 Planungsgrundlagen

Folgende Planungsunterlagen wurden uns seitens der P&P GmbH für die Bearbeitung zur Verfügung gestellt:

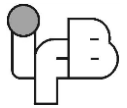
- Bebauungsplan Nr. 291 b für den Bereich Hornschuchcampus, M 1:10000, Planstand 13. April 2017
- Bodenschutz- und abfallrechtliche Bewertung der Sinus Consult GmbH vom 9. August 2016
- Bebauungskonzept Variante 10, M 1:1500, Planstand 15. September 2016

2.2 Bauliche Voraussetzungen

Im Rahmen des Bauvorhabens sind mehrere Bürogebäude, zwei Studentenwohnheime, sowie mehrere Gewerbegebäude auf dem Aurelis-Grundstück geplant.

Der Bebauungsbereich wird gemäß dem Bebauungsplan Nr. 291 b teilweise als Mischgebiet und teilweise als Gewerbegebiet eingestuft.

Die Planung zur Fundamentierung und Lastabtragung der Gebäude liegt aktuell nicht vor. Es ist gemäß den Angaben von Herrn Faust aktuell von einer Unterkellerung der Gebäude auszugehen. Es wird von einer Gründungstiefe von ca. 3,5 m ausgegangen.

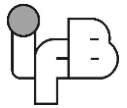


2.3 Verkehrssituation

Die an das Bauvorhaben angrenzenden Bahnstrecken umfassen insgesamt 11 Gleise, wovon maßgeblich die sechs dem Grundstück nächstgelegenen Gleise befahren werden. Entsprechend den Prognosedaten für 2025 der DB AG verkehren auf den Gleisen folgende Zuggattungen:

- Güterverkehr - GZ
- Regionalverkehr - RV
- Intercityexpress - ICE
- Intercity - IC

Die Anlagen 6 - 7 enthalten Angaben der DB AG zu den prognostizierten Zugzahlen für das Jahr 2025 im Tag- und Nachtzeitraum für die Streckenabschnitte 5900, 5907, 5950 und 5972.



3. Regelwerke und Anforderungen

3.1 Regelwerke und Veröffentlichungen

Der erschütterungstechnischen Bearbeitung liegen nachstehende Regelwerke zugrunde:

DIN 4150-1:2001-06

„Erschütterungen im Bauwesen - Vorermittlung von Schwingungsgrößen“

DIN 4150-2:1999-06

„Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“

DIN 45669-1:2010-09

„Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser Anforderungen, Prüfung“

DIN 45669-1 Berichtigung 1:2012-12

„Messung von Schwingungsimmissionen - Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen“

DIN 45669-2:2005-06

„Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren“

DIN 45672-1:2009-12

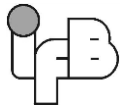
„Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren“

VDI-Richtlinie 2038, Blatt 2:2013-01

„Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischer Beanspruchung“

VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3:1987-05

„Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung“
(zurückgezogen September 2002)



3.2 Anforderungen

Beurteilungskriterien für Erschütterungen nach DIN 4150-2

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 45669-1 als gleitender Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals (Zeitbewertung 125 ms, FAST) definiert.

Die Beurteilung erfolgt nach DIN 4150-2 anhand von zwei Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} , die maximale bewertete Schwingstärke
- KB_{FTr} , die Beurteilungsschwingstärke

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

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

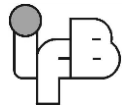
Zur Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist zuvor gemäß DIN 4150-2:1999-06, Anhang A, der Taktmaximal-Effektivwert $KB_{FTm,j}$ je Art der Erschütterungseinwirkung j zu ermitteln:

$$KB_{FTm,j} = \frac{1}{Z_j} \sum_{i=1}^{Z_j} KB_{FTi,j}^2 \quad (A.1b)$$

mit:

Z_j : Anzahl der gemessenen Takte, die von der jeweiligen Art der Erschütterungseinwirkung j belegt sind

$KB_{FTi,j}$: Taktmaximalwert: Bei Anwendung der Gleichung (A.1b) sind Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert = 0 einzusetzen. Jedoch gehen auch diese Takte in die Anzahl Z ein.



Nach Gleichung (A.3) gemäß DIN 4150-2:1999-06, Anhang A, folgt dann für die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} :

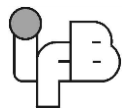
$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \sum_{j=1}^L M_j KB_{FTm,j}^2} \quad (A.3)$$

mit:

- N_r : Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum
tags: $N_r = 1920$ Takte (i.g. 16 Std.); nachts: $N_r = 960$ Takte (i.g. 8 Std.)
- M_j : Anzahl der durch die jeweilige Art der Erschütterungseinwirkung j während der Beurteilungszeit belegten Takte
- L : Anzahl der unterschiedlichen Arten der Einwirkung
- $KB_{FTm,j}$: Taktmaximal-Effektivwerte je Art der Erschütterungseinwirkung j

Die Beurteilung erfolgt nach nachstehend beschriebener Vorgehensweise (vergleiche auch Flussdiagramm in Anlage 8). Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} und Vergleich mit den Anhaltswerten A_u und A_o der DIN 4150-2:

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

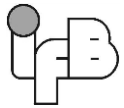


Die in der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Misch- und Gewerbegebieten sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt (entspricht Tabelle 1 in DIN 4150-2):

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 ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitstellungspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend 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. Reine Wohngebiete § 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. Krankenhäuser, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeilen 1 bis 4 entsprechen. Eine Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeilen 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen worden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

Für Erschütterungen durch Schienenverkehre enthält die DIN 4150-2 folgende spezifische Anforderungen bzw. folgende Besonderheiten:

- Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Immer, wenn $KB_{Fmax} > A_u$ ist, erfolgt die Beurteilung auf der Basis der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} im Vergleich zu A_r .
- Bei der Ermittlung von KB_{FTr} wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störmwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.



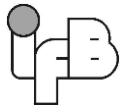
- Für oberirdische Schienenverkehre des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen A_v - und A_r -Werte. Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten sollten jedoch die Kriterien der DIN 4150-2 eingehalten werden (entspricht Faktor 1,0).
- Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_0 nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FTI} -Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über $A_0 = 0,6$, so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben. Angaben zur Behandlung von Werten unterhalb von $A_0 = 0,6$ sind in DIN 4150-2 nicht enthalten.

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 der VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3¹⁾, werden Zusammenhänge zwischen bewerteten Schwingstärken und subjektiver Wahrnehmung angegeben (siehe nachstehende Tabelle):

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

¹⁾ Die VDI 2057, Blatt 3, wurde im September 2002 zurückgezogen, da im Zuge der Anpassung der Arbeitsrichtlinien an das europäische Recht sich in diesem Bereich die Bewertungsverfahren geändert haben. Der in der zurückgezogenen Richtlinie beschriebene Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungseinwirkungen kann aber weiterhin allgemein gültig verwendet werden.



Zur Beurteilung herangezogene Anhaltswerte

Die Grundstücke werden gemäß Bebauungsplan teilweise als urbanes Gebiet und teilweise als Gewerbegebiet eingestuft (vergleiche Anlage 1 und 2). Aus erschütterungstechnischer Sicht wird gemäß DIN 4150-2 nicht zwischen Mischgebiet und urbanem Gebiet unterschieden. Die gemäß Bebauungsplan als urbanes Gebiet eingestuften Grundstücke werden dementsprechend für diese erschütterungstechnische Bearbeitung als Mischgebiet eingestuft.

Zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen herangezogene Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2:

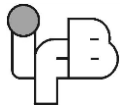
Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
2	GE	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	MI	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07

Hinweise:

Die oben genannten Anhaltswerte der DIN 4150-2 dienen allgemein der Vermeidung von Belästigungen aus Erschütterungen.

Der Grad der Belästigung ist von individuellen und situativen Bedingungen abhängig. Belästigungen sind nur auszuschließen, wenn die einwirkenden Erschütterungen nicht wahrnehmbar (unterhalb der Fühlschwelle) sind.

Demnach sollte der Auftraggeber prüfen, inwieweit im vorliegenden Fall die Unterschreitung der Fühlschwelle mit einem KB-Wert von $< 0,1$ heranzuziehen wäre. Entsprechend dem Anhang D der DIN 4150-2 liegt die Fühlbarkeitsschwelle bei den meisten Menschen zwischen $KB = 0,1$ und $KB = 0,2$. Darüber hinaus werden Erschütterungseinwirkungen mit KB-Werten im Bereich von 0,3 beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend als gut spürbar und dementsprechend als störend wahrgenommen.



4. Erschütterungstechnische Messungen

4.1 Ort und Zeit

Die Messungen wurden

in der Hornschuchpromenade Fürth

am 8. November 2017

in der Zeit von 8.50 Uhr bis 16.30 Uhr

durchgeführt.

4.2 Teilnehmer

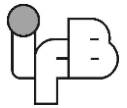
An dem Messtermin nahmen teil:

- Herr Schneider technischer Mitarbeiter W. Sorge IfB GmbH & Co. KG
- Herr Weid technischer Mitarbeiter W. Sorge IfB GmbH & Co. KG
- Herr Hilmer verantwortlicher Messleiter W. Sorge IfB GmbH & Co. KG

4.3 Messaufbau und verwendete Messgeräte

Die zur Erfassung und Registrierung der Erschütterungsvorgänge bzw. zur Auswertung der Erschütterungssignale verwendete Messkette ist in Anlage 9 beschrieben.

Die für die Schwingungsmessungen in Verbindung mit der Analysesoftware eingesetzten Geräte entsprechen den Vorgaben für Schwingungsmesser nach DIN 45669 (Klasse 1).

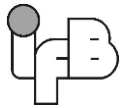


4.4 Messort und Lage der Messpunkte

Entsprechend der Aufgabenstellung wurden die Schwingungsmessungen so angelegt, dass eine Prognose der Erschütterungen für das geplante Bauvorhaben aufgrund der erhaltenen Messergebnisse vorgenommen werden kann. Für die Prognose sollten Schürfen bis zur geplanten Gründungsebene der Gebäude gegraben werden. Aufgrund von örtlich vorherrschenden Bedingungen, wie der Bodenbeschaffenheit und der nicht immer ausreichend abgesicherten Schürfen, konnten die Messpunkte nicht überall auf der geplanten Gründungsebene platziert werden. Somit wurden die Messpunkte teilweise auf einem flacheren Niveau platziert. Insgesamt kann aufgrund der flacheren Positionierung von einer eher kritischen (auf der sicheren Seite liegenden) Messung der Erschütterungen ausgegangen werden.

Messbereich/Messabschnitt 1:

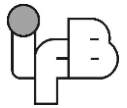
- Messpunkt MP1 (einaxiales Geophon, z-Richtung, Kanal 1)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 2,8 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 58 m)
- Messpunkt MP2 (triaxiales Geophon, z/x/y-Richtung, Kanal 2-4)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 2,2 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 21 m)
- Messpunkt MP3 (einaxiales Geophon, z -Richtung, Kanal 5)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 2,3 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 34 m)
- Messpunkt MP4 (einaxiales Geophon, z-Richtung, Kanal 6)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 2,5 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 65 m)

Messbereich/Messabschnitt 2:

- Messpunkt MP6 (dreiaxiales Geophon, z/x/y-Richtung, Kanal 1-3)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 3,1 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 26 m)
- Messpunkt MP7 (einaxiales Geophon, z-Richtung, Kanal 4)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 0,8 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 39 m)
- Messpunkt MP8 (einaxiales Geophon, z -Richtung, Kanal 5)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 3,2 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 57 m)
- Messpunkt MP9 (einaxiales Geophon, z -Richtung, Kanal 6)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 1,0 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 30 m)
- Messpunkt MP10 (einaxiales Geophon, z-Richtung, Kanal 7)
Ankopplung an Baugrund mit Gehwegplatte auf verdichtetem Sandbett, ca. 3,0 m unter Geländeoberkante (Abstand zur Bahnstrecke ca. 49 m)

Hinweis:

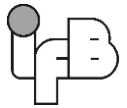
Die vertikale Komponente (z-Richtung) ist normal zur Erdoberfläche und damit senkrecht nach oben orientiert. Die Orientierung der Horizontalkomponenten wurde entsprechend der Gebäudestruktur mit x-Richtung senkrecht zur Bahnstrecke sowie mit y-Richtung parallel zur Bahnstrecke ausgerichtet.



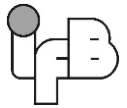
4.5 Beschreibung der messtechnisch untersuchten Vorbeifahrten

Die folgenden Ereignisse wurden messtechnisch erfasst:

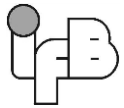
Messungsnummer	Uhrzeit	Zugart
Messabschnitt 1: Sensoren auf den Messpositionen 1 - 4		
5	10.42.09	GZ
6	10.43.14	GZ
7	10.50.23	U
8	10.51.41	U
10	10.57.04	RB
11	11.02.02	U
12	11.03.47	RB
13	11.04.51	GZ
14	11.08.58	U
16	11.10.40	ICE
17	11.13.06	RB
18	11.15.06	U
19	11.17.00	ICE
21	11.20.32	U
21	11.20.32	U
22	11.25.36	U
23	11.27.27	U
24	11.29.35	GZ
25	11.30.39	GZ
26	11.32.17	U
27	11.33.22	ICE
28	11.35.07	U
33	11.39.33	RB
34	11.41.36	ICE
37	11.48.26	ICE



Messungsnummer	Uhrzeit	Zugart
39	11.50.09	GZ
40	11.51.35	U
41	11.53.52	GZ
43	11.56.18	RB
45	12.02.56	U
46	12.04.21	RB
47	12.05.25	RB
48	12.07.50	ICE
49	12.08.54	U
50	12.11.05	GZ
51	12.12.10	GZ
52	12.13.04	RB
Messabschnitt 2: Umsetzen der Sensoren auf die Messpunkte 6 - 10		
54	14.02.41	RB
55	14.03.46	U
56	14.06.05	U
57	14.08.30	U
58	14.10.05	RB
59	14.11.10	U
60	14.12.07	S
61	14.13.32	U
63	14.17.50	S
64	14.19.37	ICE
65	14.20.42	ICE
66	14.21.59	ICE
67	14.24.23	U



Messungsnummer	Uhrzeit	Zugart
69	14.27.00	U
70	14.29.15	U
72	14.32.39	GZ
75	14.35.36	Lok
76	14.36.54	ICE
77	14.37.59	U
79	14.40.08	U
80	14.41.24	GZ
81	14.42.28	GZ
83	14.44.20	RB
84	14.45.03	U
85	14.45.58	RE
87	14.47.19	RB
88	14.48.48	RB
90	14.54.28	GZ
91	14.55.33	U
92	14.56.31	GZ
93	14.58.36	GZ
94	14.59.40	GZ
95	15.07.15	U
96	15.08.27	U
98	15.10.24	RB
99	15.12.03	GZ
100	15.13.07	GZ
101	15.13.44	GZ
103	15.19.23	GZ
105	15.21.52	GZ

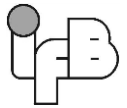


Messungsnummer	Uhrzeit	Zugart
106	15.23.02	U
110	15.26.58	U
111	15.28.29	U

4.6 Mess- und Prognoseunsicherheit

Die für die Schwingungsmessungen in Verbindung mit der Analysesoftware eingesetzten Geräte entsprechen den Vorgaben für Schwingungsmesser nach DIN 45669 (Klasse 1). Die Bestimmung der Messunsicherheit erfolgte nach den Grundsätzen des „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM“. Im vorliegenden Fall beträgt die kombinierte Standardunsicherheit u_c aus Messsystem, Art der Sensorankopplung, Winkelabweichung der Sensorpositionierung sowie aus Positionierung des Sensors bezogen auf das Messergebnis $\pm 45\%$.

Im Zuge der Prognoseberechnung ist eine weitere unkorrelierte Unsicherheit zu beachten, diese liegt jedoch erfahrungsgemäß entsprechend dem gewählten Berechnungsmodell auf der sicheren Seite. Insgesamt ergibt sich die kombinierte Standardunsicherheit u_c , bezogen auf das Prognoseergebnis, zu $-67\% \dots +45\%$.

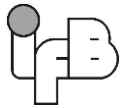


4.7 Messergebnisse

Die gemessenen Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten (0 - peak, Bandpass 0,8 - 400 Hz) aus den verschiedenen Arten der Erschütterungseinwirkungen sind in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert:

Messort:			$v_{\max}$ [mm/s]			
Pos.	Tiefe/Abstand zum Gleisbett	Messrichtung:	GZ	ICE	RB	U-Bahn
MP 1	2,8m/58m	z-Achse	0,07	0,17	0,17	0,19
MP 2	2,2m/21m	z-Achse	0,12	0,28	0,67	0,06
		x-Achse	0,13	0,33	0,94	0,09
		y-Achse	0,10	0,39	0,99	0,12
MP 3	2,3m/34m	z-Achse	0,10	0,15	0,38	0,10
MP 4	2,5m/65m	z-Achse	0,06	0,09	0,14	0,28
MP 6	3,1m/26m	z-Achse	0,31	0,24	1,06	0,10
		x-Achse	0,75	0,74	2,43	0,30
		y-Achse	0,61	0,47	2,70	0,25
MP 7	0,8m/39m	z-Achse	0,12	0,17	0,47	0,09
MP 8	3,2m/57m	z-Achse	0,12	0,10	0,14	0,16
MP 9	1,0m/30m	z-Achse	0,22	0,21	1,02	0,13
MP 10	3,0m/49m	z-Achse	0,12	0,01	0,23	0,22

In den Anlagen 10 bis 19 sind exemplarisch Aufzeichnungen einiger ausgewählter Messungen grafisch (hier: Zeitsignal und Spektrum) dargestellt.

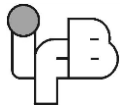


4.8 Auswertung der Messergebnisse

4.8.1 Vorgehensweise

Im Rahmen der durchgeführten Messungen wurden die auftretenden Signale der Schwinggeschwindigkeit aufgezeichnet. Die durchgeführte Messdatenauswertung zur Ermittlung der jeweiligen maximalen bewerteten Schwingstärke je Ereignis, welche im vorliegenden Fall den Taktmaximalwerten KB_{FTi} entspricht, wurde entsprechend dem nachfolgend beschriebenen Berechnungsalgorithmus gemäß DIN 4150-2 ausgewertet.

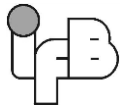
- Durchführung einer Frequenzbewertung des Erschütterungssignals
 Ergebnis: frequenzbewertetes Erschütterungssignal $KB(t)$
- Bildung des gleitenden Effektivwertes des frequenzbewerteten Erschütterungssignals mit der Zeitkonstante $\tau = 0,125 \text{ sec}$
 Ergebnis: bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$
- Ermittlung des Maximalwertes des jeweiligen Taktes
 Taktlänge $T = 30 \text{ s}$
 Ergebnis: Taktmaximalwert KB_{FTi}
- Ermittlung des Maximalwertes der bewerteten Schwingstärke, der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt
 Ergebnis: maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}



4.8.2 Gemessene maximale bewertete Schwingstärken (Schürfe)

Aus den Messergebnissen wurden folgende maximale bewertete Schwingstärken ermittelt:

Messort:			KB _{Fmax}			
Pos.	Tiefe/Abstand zum Gleisbett	Messrichtung:	GZ	ICE	RB	U-Bahn
MP 1	2,8m/58m	z-Achse	0,04	0,07	0,07	0,06
MP 2	2,2m/21m	z-Achse	0,05	0,12	0,23	0,03
		x-Achse	0,06	0,11	0,31	0,04
		y-Achse	0,04	0,15	0,32	0,04
MP 3	2,3m/34m	z-Achse	0,05	0,06	0,14	0,04
MP 4	2,5m/65m	z-Achse	0,03	0,04	0,06	0,10
MP 6	3,1m/26m	z-Achse	0,08	0,08	0,33	0,03
		x-Achse	0,23	0,27	1,08	0,07
		y-Achse	0,19	0,20	0,90	0,05
MP 7	0,8m/39m	z-Achse	0,04	0,07	0,15	0,04
MP 8	3,2m/57m	z-Achse	0,03	0,04	0,06	0,06
MP 9	1,0m/30m	z-Achse	0,09	0,08	0,32	0,05
MP 10	3,0m/49m	z-Achse	0,09	0,05	0,07	0,09



5. Prognose und Beurteilung

5.1 Vorgehensweise

Wie in Abschnitt 4.4 beschrieben, sollten die Erschütterungen in Schürfen auf Höhe der voraussichtlichen Gründungsebene ermittelt werden. Da die Schürfen vor Ort jedoch zu instabil waren, konnten die Geophone nicht vollständig auf der geplanten Gründungsebene, sondern nur etwas flacher installiert werden. Da tendenziell die Erschütterungen mit der Tiefe abnehmen, ist somit von einer kritischen (auf der sicheren Seite liegenden) Vorgehensweise auszugehen.

Aus erschütterungstechnischer Sicht ist anzunehmen, dass die gemessenen Erschütterungsimmissionen, aufgrund der komplexen Vorgänge der Erschütterungsausbreitung im Baugrund und im Gebäude, nicht mit den zu erwartenden Erschütterungsimmissionen in den geplanten Gebäuden übereinstimmen.

Um dennoch eine Beurteilung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen im Gebäude vornehmen zu können, müssen die Messwerte gemäß Kapitel 4.7 mithilfe eines Prognosemodells korrigiert werden.

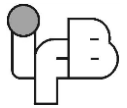
Zur Berücksichtigung einzelner Übertragungsvorgänge greift das Prognosemodell auf Übertragungsfunktionen zurück, welche im folgenden Abschnitt beschrieben werden. Eine schematische Darstellung des Prognosemodells befindet sich in Anlage 20.

5.2 Übertragungsfunktionen

5.2.1 Entfernungskorrektur

Gemäß DIN 4150-1 nehmen die Schwinggeschwindigkeiten v mit einer Proportionalität von ca. $v \sim 1/R^{0,5}$ bis $1/R$ mit dem Abstand zur Quelle R ab.

Da die Messpunkte entsprechend den zu erwartenden Standorten bzw. Immissionsorten innerhalb des geplanten Baufelds der geplanten Gebäude gewählt wurden, ist keine Entfernungskorrektur erforderlich.



5.2.2 Übergang Boden - Fundament

Durch die Elastizität des Baugrundes in Verbindung mit einer hohen Fundament- und Gebäudemasse werden Schwingstärken im Bereich der Fundamente und Bodenplatten gegenüber den Schwingstärken im Baugrund abgemindert.

Bei mehrgeschossigen, unterkellerten Gebäuden liegt dieser Abminderungsfaktor in der Regel zwischen 0,6 (worst-case) und 0,4 (best-case), was einer um 40 % bis 60 % niedrigeren Schwingstärke entspricht. Bedingt durch die geplante Ausführung der Gebäude mit Unterkellerung wurde der Übertragungsfaktor für die Boden-Bauwerk-Interaktion mit

$$H_3(f) = 0,6$$

gewählt.

5.2.3 Übertragungsfaktor innerhalb des Gebäudes

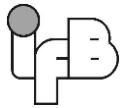
Für die Übertragungsfunktion zwischen Fundament und den Geschossdecken des geplanten Gebäudes sind gemäß den vorliegenden Planunterlagen Massivdecken zugrunde zu legen. Angaben über die Eigenfrequenzen der Geschossdecken lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor. Daher wurde bei der Prognose der zu erwartenden Erschütterungen der IST-Situation (ohne elastische Lagerung) zunächst von einer typischen Übertragungsfunktion mit einem Überhöhungsfaktor von

$$H_4(f) = 5,0$$

ausgegangen. Diese Überhöhung ist nur für die vertikale Schwingungskomponente relevant, da die Geschossdecken nur in vertikaler Richtung resonant erregt werden. Für die horizontalen Schwingungskomponenten wurde ein Übertragungsfaktor von

$$H_4(f) = 1,0$$

gewählt.



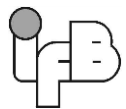
5.3 Prognoseergebnisse und Beurteilung (ohne elastische Gebäudelagerung)

5.3.1 Prognoseergebnis

In der folgenden Tabelle sind die Prognoseergebnisse der KB-bewerteten Schwingstärken, welche auf Grundlage der Prognose-Zugzahlen für das Jahr 2025 ermittelt wurden, den Anhaltswerten gemäß DIN 4150-2 gegenübergestellt. Die Messung wurde dabei aufgrund der großen geometrischen Distanzen zwischen den Messpunkten in zwei Messabschnitte bzw. zwei Messbereiche unterteilt. Die Messpositionen und Bereiche sind in den Anlagen 1 - 4 grafisch dargestellt.

Messabschnitt 1, Bereich 1, Gebietskategorie Urbanes Gebiet bzw. Mischgebiet							
Messort:	MP1	MP2	MP2	MP2	MP3	MP4	Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2
Tiefe/ Abstand zum Gleisbett	2,8m/ 58m	2,2m/ 21m	2,2m/ 21m	2,2m/ 21m	2,3m/ 34m	2,5m/ 65m	
Messrichtung:	z	z	x	y	z	z	
Zuggattung	KB _{Fmax,2017} (max. bewertete Schwingstärke)						A _u /A _o
Güterzug	0,14	0,22	0,04	0,03	0,21	0,12	Tags: 0,2/5 Nachts: 0,15/0,3
ICE	0,28	0,47 ¹⁾	0,09	0,12	0,24	0,17	
RB	0,27	0,92 ¹⁾	0,25	0,25	0,55 ¹⁾	0,26	
U-Bahn	0,24	0,13	0,03	0,03	0,16	0,38 ¹⁾	
Prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärkte KB _{FTr,2025}							
Tag	0,10	0,25	0,06	0,06	0,14	0,07	A _r = 0,10
Nacht	0,06	0,15	0,03	0,04	0,09	0,04	A _r = 0,07

¹⁾ Überschreitung von A_o im Nachtzeitraum (nur bei Wohnnutzung relevant)

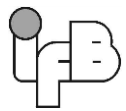


Messabschnitt 2, Bereich 2, Gebietskategorie Urbanes Gebiet bzw. Mischgebiet						
Messort:	MP6	MP6	MP6	MP7	MP8	Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2
Tiefe/ Abstand zum Gleisbett	3,1m/ 26m	3,1m/ 26m	3,1m/ 26m	0,8m/ 39m	3,2m/ 57m	
Messrichtung:	z	x	y	z	z	
Zuggattung	KB _{Fmax,2017} (max. bewertete Schwingstärke)					A _u /A _o
Güterzug	0,32 ¹⁾	0,19	0,15	0,17	0,11	Tags: 0,2/5 Nachts: 0,15/0,3
ICE	0,33 ¹⁾	0,22	0,16	0,27	0,15	
RB	1,33 ¹⁾	0,86 ¹⁾	0,72 ¹⁾	0,59 ¹⁾	0,22	
U-Bahn	0,12	0,06	0,04	0,16	0,22	
Prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärke KB _{FTr,2025}						
Tag	0,23	0,14	0,12	0,12	0,06	A _r = 0,10
Nacht	0,14	0,09	0,07	0,08	0,04	A _r = 0,07

¹⁾ Überschreitung von A_o im Nachtzeitraum (nur bei Wohnnutzung relevant)

Messabschnitt 2, Bereich 2, Gebietskategorie Gewerbegebiet			
Messort:	MP9	MP10	Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2
Tiefe/ Abstand zum Gleisbett	1,0m/ 30m	3,0m/ 49m	
Messrichtung:	z	z	
Zuggattung	KB _{Fmax,2017} (max. bewertete Schwingstärke)		A _u /A _o
Güterzug	0,35	0,35	Tags: 0,3/6 Nachts: 0,2/0,4
ICE	0,32	0,19	
RB	1,28 ¹⁾	0,28	
U-Bahn	0,21	0,38	
Prognostizierte Beurteilungs-Schwingstärke KB _{FTr,2025}			
Tag	0,19	0,10	A _r = 0,15
Nacht	0,13	0,08	A _r = 0,1

¹⁾ Überschreitung von A_o im Nachtzeitraum (nur bei Wohnnutzung relevant)

Hinweis:

Die rot markierten Zahlenwerte kennzeichnen die Schwingstärken, welche oberhalb der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 liegen.

5.3.2 Beurteilung

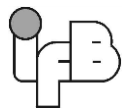
Werden die Grundstücke ohne zusätzliche erschütterungsmindernde Maßnahmen bebaut, können die Anforderungen der DIN 4150-2 unter Berücksichtigung der Zugzahlen von 2025 und der angesetzten pauschalen Übertragungsfaktoren nicht flächendeckend eingehalten werden.

Die Überschreitung oder Einhaltung der maximalen Schwingstärke KB_{Fmax} und der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ist abhängig von der Gebietseinstufung sowie der Art der Nutzung der Gebäude (Gewerbe ausschließlich im Tagzeitraum, Wohnnutzung auch im Nachtzeitraum). In Anlage 1 und 2 sind die unterschiedlichen Bereiche und Messpositionen eingezeichnet. Da die genaue Gebäudeverteilung und Nutzung zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht endgültig feststeht, wird im Folgenden die Beurteilung des untersuchten Bereichs in Abhängigkeit von der möglichen zukünftigen Nutzung vorgenommen. Die Unterteilung in Bereiche mit unterschiedlicher Erschütterungsempfindlichkeit ist in Anlage 3 und 4 grafisch dargestellt. Diese Unterteilung gilt nur für einzelne, isoliert in diesem Bereich stehende Gebäude. Für zusammenhängende, bereichsübergreifende Gebäude ist eine weitergehende Untersuchung durchzuführen.

MU-West (vergleiche Anlage 3 und 4):

Das urbane Gebiet MU-West ist erschütterungstechnisch in zwei Bereiche zu unterteilen. Der nördliche, zur U-Bahn gerichtete, Bereich ist erschütterungstechnisch weniger kritisch, als der südliche, zu den Bahngleisen gerichtete, Teil. Für den südlichen Teil sind unabhängig von der zukünftigen Nutzung (Wohnnutzung oder gewerbliche Nutzung) erschütterungsmindernde Maßnahmen zu ergreifen. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,92 sind als gut bzw. deutlich spürbar einzustufen.

Für den nördlichen Teil sind bei zukünftiger gewerblicher Nutzung voraussichtlich keine gesonderten erschütterungsmindernden Maßnahmen zu ergreifen.



Es ist jedoch eine gezielte Anpassung der Deckeneigenfrequenz erforderlich, um eine resonante Deckenerregung zu reduzieren. Bei zukünftiger Wohnnutzung sind voraussichtlich weitere erschütterungsmindernde Maßnahmen erforderlich. Für eine genauere Aussage sind hier detailliertere Prognoserechnungen mit Kenntnis über die zukünftige Gebäudestruktur notwendig. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,28 sind als gerade spürbar einzustufen.

MU-Mitte (vergleiche Anlage 3 und 4):

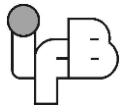
Das urbane Gebiet MU-Mitte ist erschütterungstechnisch insgesamt stärker betroffen als die restlichen Bereiche. Bei zukünftiger Wohnnutzung sind in diesem Bereich grundsätzlich erschütterungsmindernde Maßnahmen auszuführen. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,92 sind als gut bzw. deutlich spürbar einzustufen.

Bei zukünftiger gewerblicher Nutzung muss das Gebiet wieder in einen nördlichen und südlichen Bereich unterteilt werden. Für den nördlichen Teil sind voraussichtlich keine gesonderten erschütterungsmindernden Maßnahmen zu ergreifen. Es ist jedoch eine gezielte Anpassung der Deckeneigenfrequenz erforderlich. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,92 sind jedoch auch so als gut bzw. deutlich spürbar einzustufen.

MU-Ost (vergleiche Anlage 3 und 4):

Der urbane Bereich MU-Ost ist erschütterungstechnisch in zwei Bereiche zu unterteilen. Der nördliche, zur U-Bahn gerichtete, Bereich ist erschütterungstechnisch weniger kritisch, als der südliche, zu den Bahngleisen gerichtete, Teil. Für den südlichen Teil sind unabhängig von der zukünftigen Nutzung (Wohnnutzung oder gewerbliche Nutzung) erschütterungsmindernde Maßnahmen zu ergreifen. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 1,33 sind als gut bzw. deutlich spürbar einzustufen.

Für den nördlichen Teil sind bei zukünftiger gewerblicher Nutzung genauere Prognoserechnungen durchzuführen, um die Notwendigkeit zusätzlicher erschütterungsmindernder Maßnahmen zu prüfen. Hier kann jedoch durch eine Anpassung der Deckeneigenfrequenz mit einer Erfüllung der DIN 4150-2 gerechnet werden. Bei zukünftiger Wohnnutzung sind voraussichtlich weitere erschütterungsmindernde Maßnahmen erforderlich.



Für eine genauere Aussage sind hier detailliertere Prognoserechnungen mit Kenntnis über die zukünftige Gebäudestruktur notwendig. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,22 sind als gerade spürbar einzustufen.

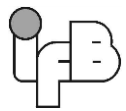
Gewerbegebiet (vergleiche Anlage 3 und 4)

Das Gewerbegebiet muss analog zu den Bereichen MU-West und MU-Ost aus erschütterungstechnischer Sicht in einen nördlichen und einen südlichen Bereich unterteilt werden. Für den südlichen Bereich sind unabhängig von der zukünftigen Gebäudenutzung erschütterungsmindernde Maßnahmen auszuführen. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 1,28 sind als gut bzw. deutlich spürbar einzustufen.

Für den nördlichen Bereich sind bei einer zukünftigen gewerblichen Nutzung voraussichtlich keine zusätzlichen erschütterungsmindernden Maßnahmen auszuführen. Jedoch muss die Deckeneigenfrequenz auf die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen abgestimmt werden. Bei einer zukünftigen Wohnnutzung sind für diesen Bereich voraussichtlich auch zusätzliche erschütterungsmindernde Maßnahmen auszuführen. Dies muss jedoch erst noch mittels einer genaueren Prognoserechnung unter Kenntnis der Gebäudestruktur geprüft werden. Die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen (KB_{Fmax}) mit KB-Werten bis 0,38 sind als gerade spürbar einzustufen.

6. Erschütterungsmindernde Maßnahmen

Aufgrund des tieffrequenten Emissionsspektrums der untersuchten Zugvorbeifahrten kann davon ausgegangen werden, dass der Übertragungsfaktor zwischen Fundament und Geschossdecke von $H_4(f) = 5,0$ realistisch abgeschätzt ist. Typische Deckeneigenfrequenzen liegen in der Regel zwischen 9 Hz und 20 Hz. Somit kann davon ausgegangen werden, dass eine resonante Anregung der Geschossdecken während der Zugvorbeifahrten erfolgt.



Unter Berücksichtigung der geplanten baulichen Randbedingungen des vorliegenden Bauvorhabens werden erschütterungsmindernde Maßnahmen für die meisten Bereiche des geplanten Baufelds dringend empfohlen, da mit diesen nicht nur die Erschütterungen effektiv reduziert, sondern auch der sekundäre Luftschall minimiert werden kann. Eine Unterteilung des Baufelds bezüglich der Erfordernis von erschütterungsmindernden Maßnahmen in Abhängigkeit der möglichen zukünftigen Nutzung ist in Anlage 3 und 4 grafisch zusammengefasst. Als schwingungsmindernde Maßnahme kommt unter anderem eine elastische Gebäudelagerung in Frage.

Die elastische Lagerung wird üblicherweise entweder in Form einer Mattenlagerung mit Elastomeren oder in Form von Stahlfedern ausgeführt.

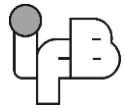
Die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen bei Ausführung einer elastischen Gebäudelagerung können aktuell noch nicht im Detail prognostiziert werden. Hierzu sind genauere Kenntnisse über die Gebäudegründung und die zu erwartenden Deckeneigenfrequenzen notwendig. Durch Ausführung geeigneter erschütterungsmindernder Maßnahmen kann die Unterschreitung der Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 gewährleistet werden.

7. Zusammenfassung

Die P&P Objekt ZWEI GmbH plant den Neubau mehrerer Bürogebäude, zweier Studentenwohnheime sowie mehrerer Gewerbeeinheiten auf dem Aurelis-Grundstück an der Hornschuchpromenade in Fürth.

Nördlich des Bauvorhabens befinden sich die U-Bahnlinie U1, welche zwischen Fürth Jakobinenstraße und Fürth Stadtgrenze verkehrt. Im Süden grenzen die Bahnstrecken 5900, 5907, 5972 und 5950 der DB AG an das Grundstück an. Es wurden auf dem Baufeld erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt.

Im Rahmen der Bearbeitung für den Erschütterungsschutz wurde die vorhandene Vorbelastung im Baugrund durch den oberirdischen Schienenverkehr der DB AG und den teilweise unterirdischen Schienenverkehr der VAG messtechnisch ermittelt. Auf Grundlage der Messergebnisse konnten die im geplanten Bauvorhaben zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen prognostiziert werden.



Werden die Grundstücke ohne zusätzliche erschütterungstechnische Maßnahmen bebaut, können die Anforderungen nach DIN 4150-2 unter Berücksichtigung der Zugzahlen von 2025 und der angesetzten pauschalen Übertragungsfaktoren nicht flächendeckend eingehalten werden. Insbesondere die Wohnnutzung des Areals führt aufgrund der strengeren Anhaltswerte der DIN 4150-2 im Nachtzeitraum zu Überschreitungen. Aus diesem Grund werden erschütterungsmindernde Maßnahmen, wie z. B. eine elastische Gebäudelagerung und eine Anpassung der Deckeneigenfrequenzen, notwendig. Bei gewerblicher Nutzung des Areals müssen noch genauere Prognoserechnungen durchgeführt werden, um eine endgültige Aussage über die Notwendigkeit zusätzlicher erschütterungstechnischer Maßnahmen für alle Bereiche treffen zu können.

Die Verbesserungsmaßnahmen sind im weiteren Planungsverlauf zu detaillieren. Durch entsprechende Auslegung und Ausführung erschütterungsmindernder Maßnahmen kann mit einer Erfüllung der Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 gerechnet werden.

Weiterhin kann durch Ausführung entsprechender erschütterungsmindernder Maßnahmen auch die Abstrahlung von sekundärem Luftschall effektiv minimiert werden.

Nürnberg, den 7. Dezember 2017

Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Wieland, M.Eng., M.BP.
Geschäftsleitung

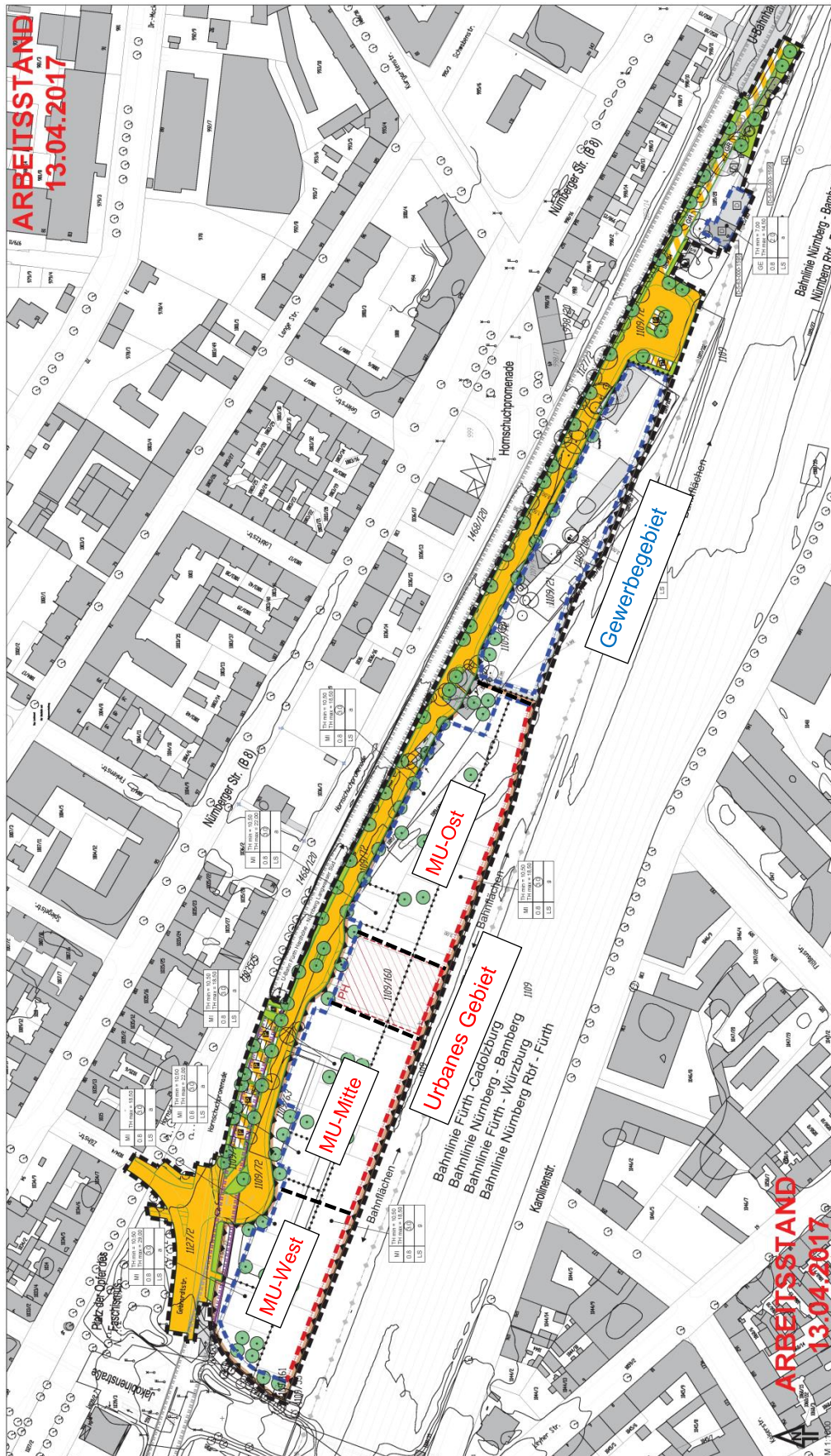
Georg Hilmer, M.Sc.
Projektleitung

Diese Ausarbeitung wurde elektronisch versandt und ist ohne Unterschrift gültig.

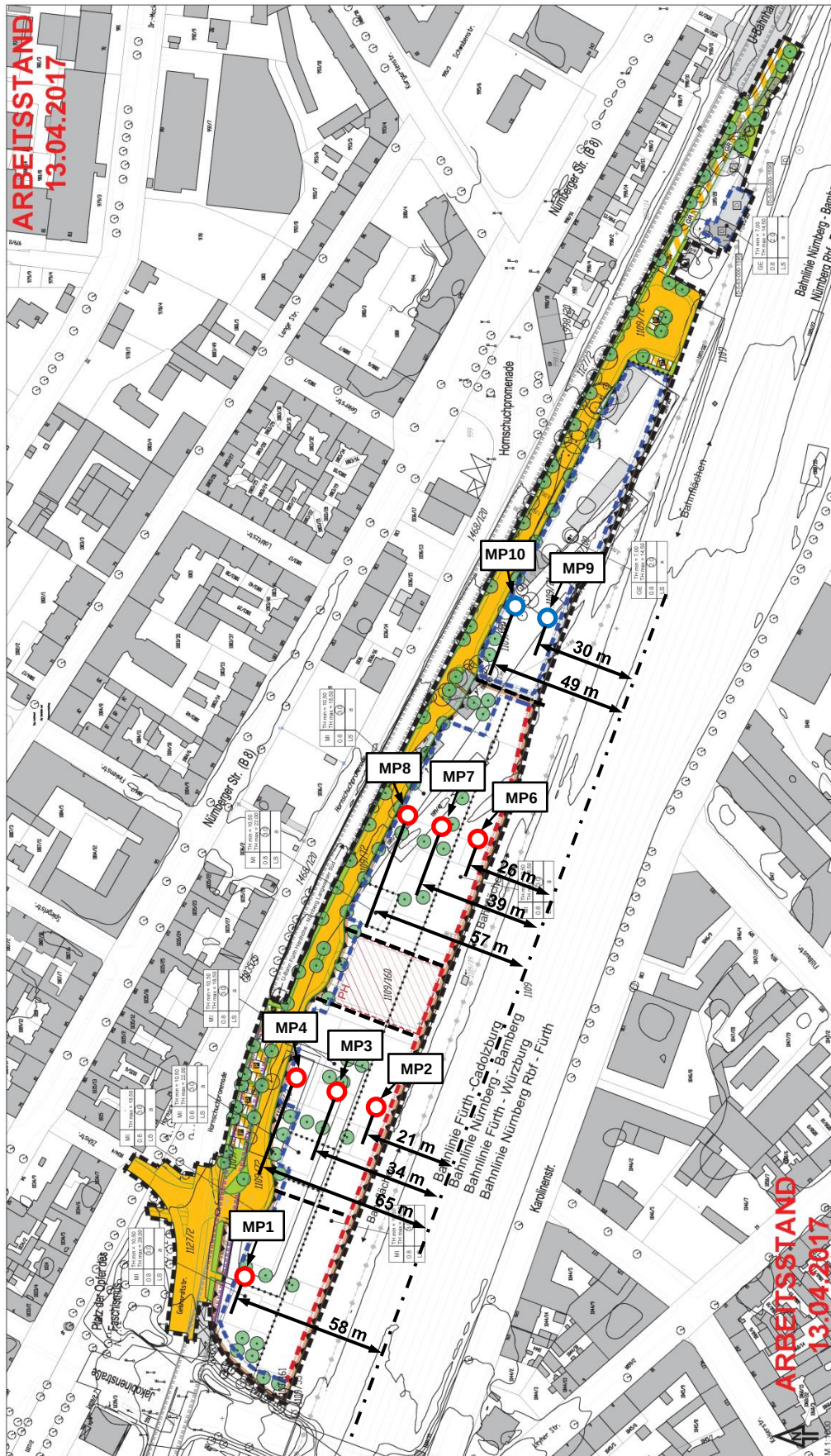
Das Dokument darf weder auszugsweise noch ohne Zustimmung
der Wolfgang Sorge IfB GmbH & Co. KG an Dritte verteilt werden.

Anlagen

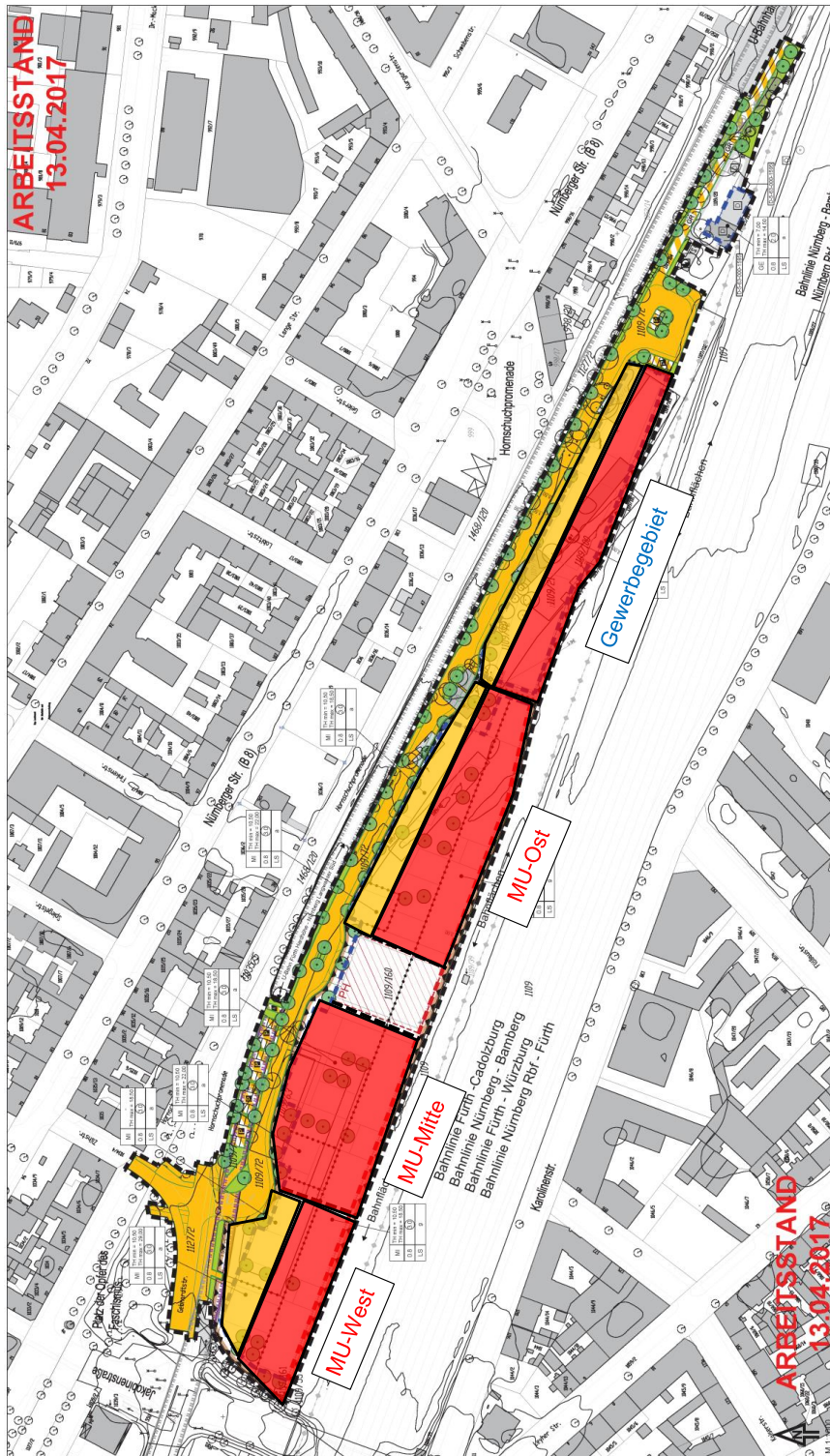
Auszug Bebauungsplan (ohne Maßstab)



**Auszug Änderung des Bebauungsplans Nr. 399
(ohne Maßstab)**



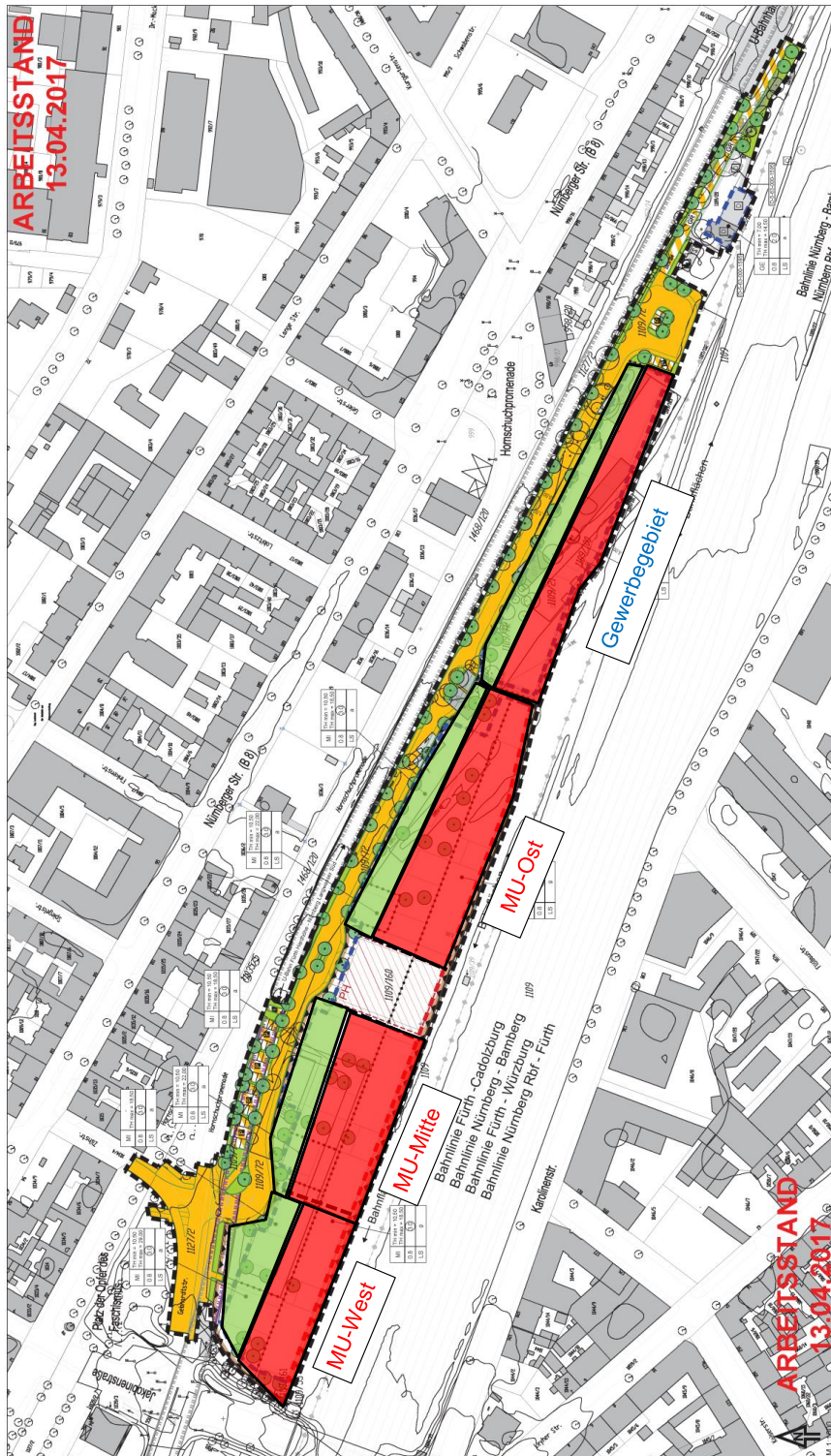
Auszug Bebauungsplan mit Einschätzung der Erschütterungsempfindlichkeit bei Wohnnutzung oder wohnähnlicher Nutzung (ohne Maßstab)



Erschütterungstechnisch sehr kritischer Bereich, erschütterungsmindernde Maßnahmen sind zwingend erforderlich

Erschütterungstechnisch relativ kritischer Bereich. Erschütterungsmindernde Maßnahmen sind voraussichtlich, in Abhängigkeit der Gebäudegründung und Deckeneigenfrequenz erforderlich.

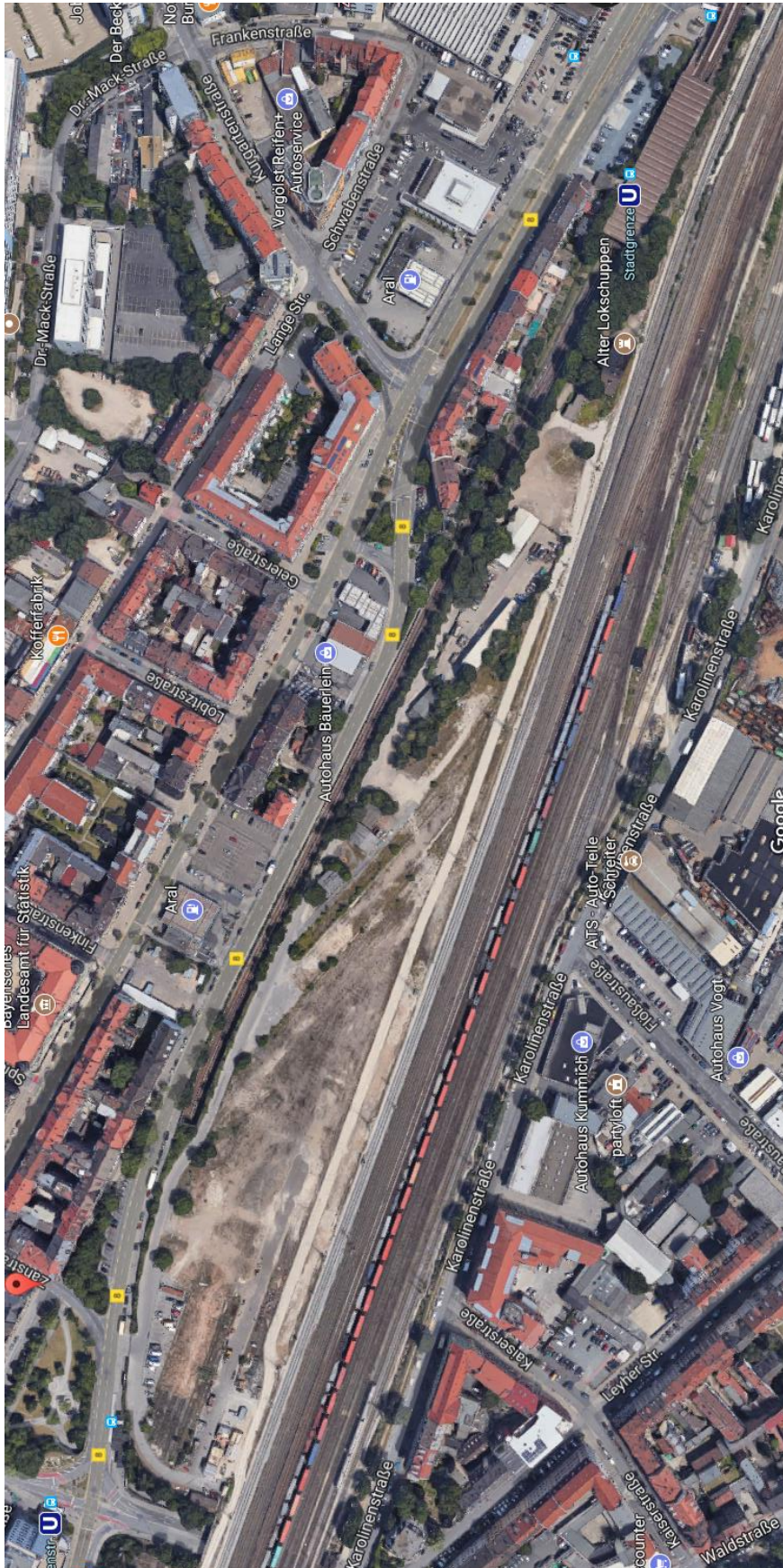
Auszug Bebauungsplan mit Einschätzung der Erschütterungsempfindlichkeit bei gewerblicher Nutzung
(ohne Maßstab)

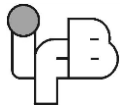


Erschütterungstechnisch sehr kritischer Bereich, erschütterungsmindernde Maßnahmen sind zwingend erforderlich

Erschütterungstechnisch weniger kritischer Bereich. Die Notwendigkeit erschütterungsmin-
dernder Maßnahmen muss hier weiter geprüft werden. Jedoch ist durch eine gezielte Ab-
stimmung der Deckeneigenfrequenz eine Erfüllung der DIN 4150-2 ohne weitergehende
Maßnahmen wahrscheinlich.

Auszug Satellitenbild des Baugrundstücks
(ohne Maßstab)





Prognosezugzahlen für 2025 der DB AG

5900 Streckenabschnitt Fürth (Bay) Gbf - Fürth Hbf

bei Ritterstraße

Km 6,5 - Km 7,5 V = 130 km/h

Schienenverkehr Prognose (2025 / Strecke) => neue Schall 03

Zugart	Anzahl Tag (6-22) Uhr	Anzahl Nacht (22-6) Uhr	V - max (Km/h)	Fz-KAT 1	ANZ 1	Fz-KAT 2	ANZ 2	Fz-KAT 3	ANZ 3	Fz-KAT 4	ANZ 4	Fz-KAT 5	ANZ 5
GZ-E	22	36	100	7-Z5_A4	1	10-Z2	4	10-Z5	25	10-Z15	3	10-Z18	4
GZ-E	6	10	120	7-Z5_A4	1	10-Z2	3	10-Z5	26	10-Z15	4	10-Z18	3
RB-ET	45	7	130	5-Z5_A10	2								
RE-ET	53	8	130	5-Z5_A12	2								
RE-E	10	3	130	7-Z2_A4	1	9-Z5	11						
IC-E	36	4	130	7-Z5_A4	1	9-Z5	6						
ICE	100	7	130	3-Z11	1								

Total 272 75

Bemerkung : Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie (Fz-KaT) setzt sich wie folgt zusammen

Nr. der Fz-Kategorie:

Zeilennr. in Tab . Beiblatt 1

Achszahl (bei Tzf, E- und V-Triebz.

außer bei HGV)

Traktionsarten:

E = Bsp. E-Lok

V = Bsp. Diesellok

ET,-VT= E - /Dieseltriebzug

Zugarten:

LZ = Leerzug/Lok

GZ = Güterzug

RB = Regionalbahn

S = S-Bahn

ICE = Triebzug des HGV

IC = Intercityzug

D/EZ/NZ = Reise-/Nachtreisezug

RE = Regionalexpress

TGV = franz.Triebzug des HGV

5907 Streckenabschnitt Fürth (Bay) Gbf - Fürth Hbf

bei Ritterstraße

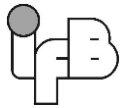
Km 6,5 - Km 7,0 V = 130 km/h

Km 7,0 - Km 7,6 V = 100 km/h

Schienenverkehr Prognose (2025 / Strecke) => neue Schall 03

Zugart	Anzahl Tag (6-22) Uhr	Anzahl Nacht (22-6) Uhr	V - max (Km/h)	Fz-KAT 1	ANZ 1	Fz-KAT 2	ANZ 2	Fz-KAT 3	ANZ 3	Fz-KAT 4	ANZ 4	Fz-KAT 5	ANZ 5
RB-VT	5	2	120	6-A10	1								
RE-ET	61	6	130	5-Z5_A10	2								
IC-E	0	1	130	7-Z5_A4	1	9-Z5	11						
ICE	1	0	130	4-V1	2								
ICE	7	0	130	1-V1	2	2-V1	14						
ICE	1	0	130	1-V1	2	2-V1	12						
ICE	2	0	130	3-Z11	2								

Total 77 9



Prognosezugzahlen für 2025 der DB AG

5950 Streckenabschnitt Fürth (Bay) Gbf - Fürth Hbf

bei Ritterstraße

Km 9,2 - Km 9,8 V = 80 km/h

Km 9,8 - Km 10,2 V = 100 km/h

Schienenverkehr Prognose (2025 / Strecke) => neue Schall 03

Zugart	Anzahl Tag (6-22) Uhr	Anzahl Nacht (22-6) Uhr	V - max (Km/h)	Fz-KAT 1	ANZ 1	Fz-KAT 2	ANZ 2	Fz-KAT 3	ANZ 3	Fz-KAT 4	ANZ 4	Fz-KAT 5	ANZ 5
GZ-E	65	57	100	7-Z5_A4	1	10-Z2	4	10-Z5	25	10-Z15	3	10-Z18	4
GZ-E	17	15	100	7-Z5_A4	1	10-Z2	3	10-Z5	26	10-Z15	4	10-Z18	3

Total **82** **72**

Bemerkung : Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie (Fz-KaT) setzt sich wie folgt zusammen

Nr. der Fz-Kategorie:

Zeilennr. in Tab . Beiblatt 1

Achszahl (bei Tfz, E- und V-Triebz.
außer bei HGV)

Strecke 5972 Streckenabschnitt Fürth (Bay) Gbf - Fürth Hbf

S-Bahn(eingl) bei Ritterstraße Km 6,5 - Km 7,6 V = 140 km/h

Schienenverkehr Prognose (2025 / Strecke) => neue Schall 03 ab 01/2015

Zugart	Anzahl Tag (6-22) Uhr	Anzahl Nacht (22-6) Uhr	V - max (Km/h)	Fz-KAT 1	ANZ 1	Fz-KAT 2	ANZ 2	Fz-KAT 3	ANZ 3	Fz-KAT 4	ANZ 4	Fz-KAT 5	ANZ 5
S	98	24	140	5-Z5_A10	2								

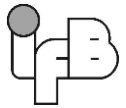
Total **98** **24** (Richtung u. Gegenrichtung)

Bemerkung : Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie (Fz-KaT) setzt sich wie folgt zusammen

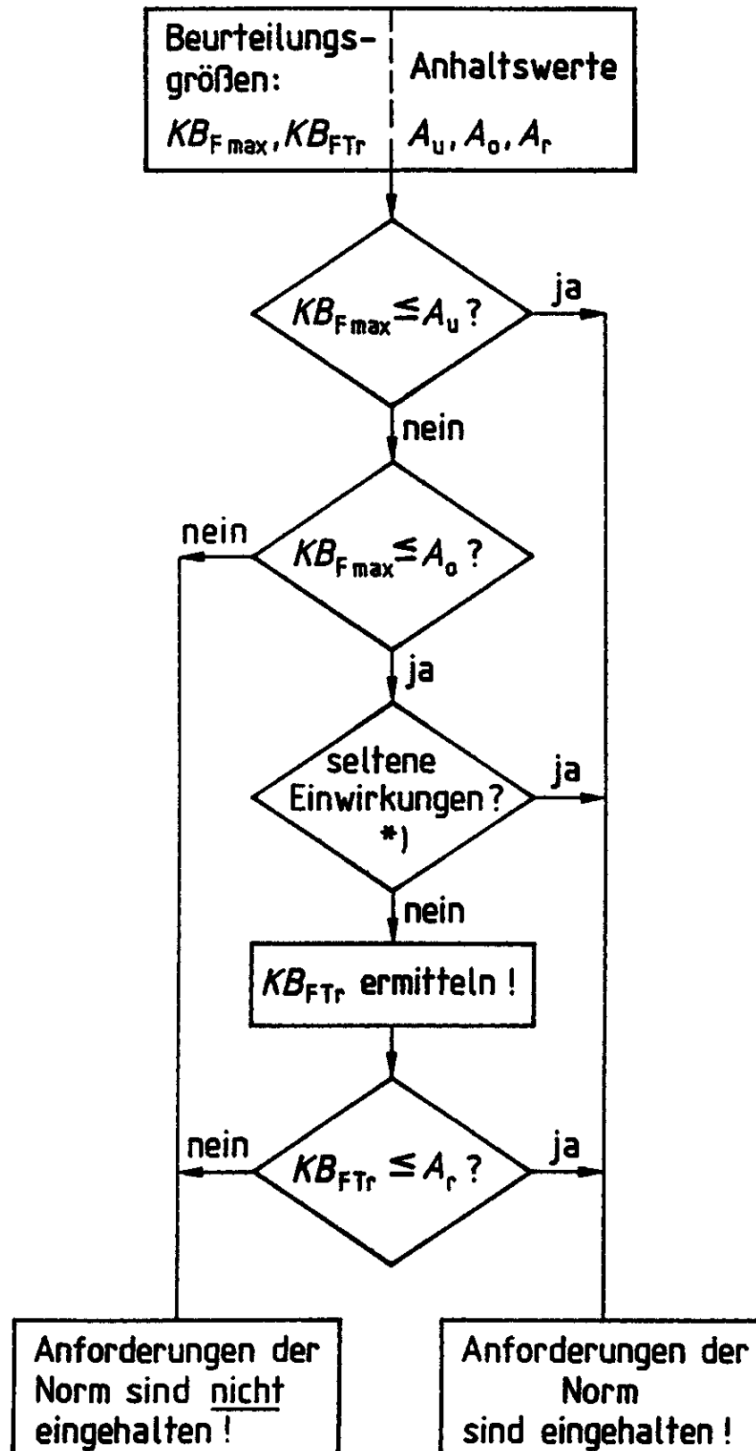
Nr. der Fz-Kategorie:

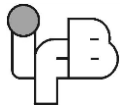
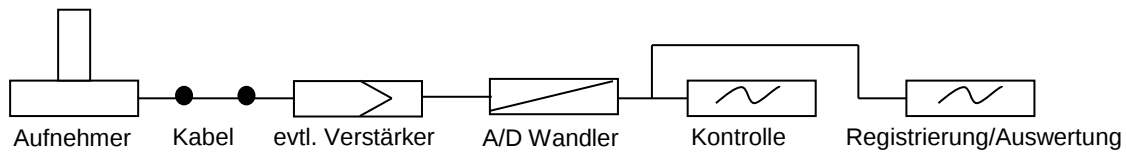
Zeilennr. in Tab . Beiblatt 1

Achszahl (bei Tfz, E- und V-Triebz.
außer bei HGV)

**Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren**

(Auszug aus DIN 4150-2:1999-06)



**Messkette zur Durchführung der Erschütterungsmessungen:****Aufnehmer**

- 1 passiver elektrodynamischer Absolutschwingungsaufnehmer SM-6, 4,5 Hz B-Coil (Geofone) für triaxiale Messwerterfassung (Vertikalkomponente Z sowie Horizontalkomponenten X und Y)
- 4 passive elektrodynamische Absolutschwingungsaufnehmer SM-6, 4,5 Hz B-Coil (Geofon) für einaxiale Messwerterfassung (Vertikalkomponente Z)

Hinweis:

Die Kalibrierintervalle der DIN 45669-1: 2010-09 werden bzgl. der vorgenannten Aufnehmer beachtet.

Kabel

- 5 Kabeltrommeln mit 50 m Kabellänge, paarweise verseilt und gesamt geschirmt

Verstärker

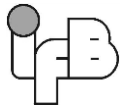
- Schwingungsmesser nach DIN 45669-1, Genauigkeitsklasse 1, 12-kanalig
- Multifunktionsdatenerfassungsmodule Bluestack, Summenabtastrate 52,7 kHz je Kanal, 24 bit-Auflösung
 - o Bluestack, 4-kanalig, SN: 10491162, letzte Kalibrierung: Februar 2013
 - o Bluestack, 4-kanalig, SN: 11011177, letzte Kalibrierung: Februar 2013
 - o Bluestack, 4-kanalig, SN: 12391691, letzte Kalibrierung: Dezember 2012

Kontrolle

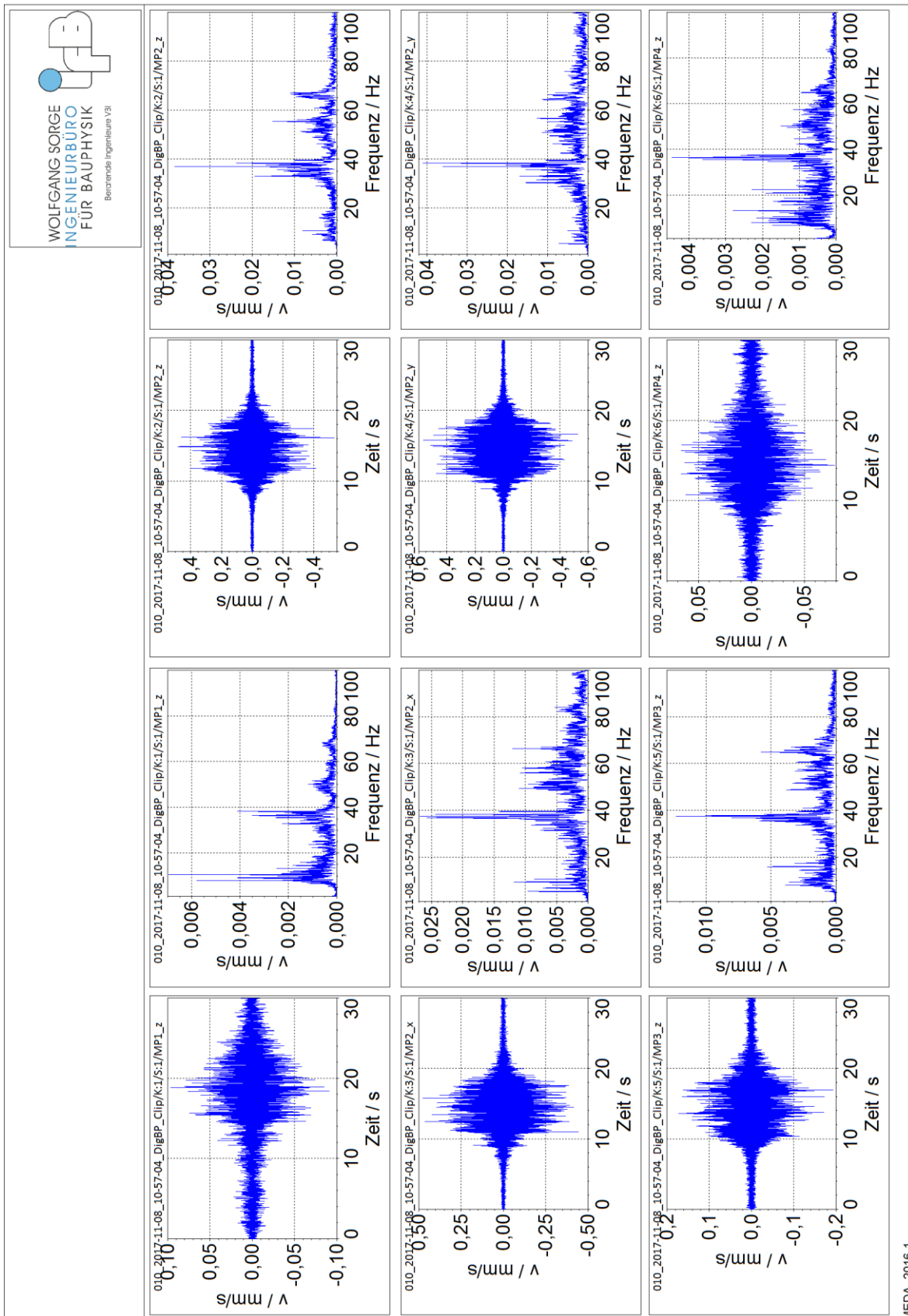
- Bildschirm Notebook

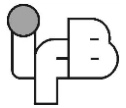
Registrierung/Auswertung

- Notebook mit Auswertesoftware MEDA 2016-1



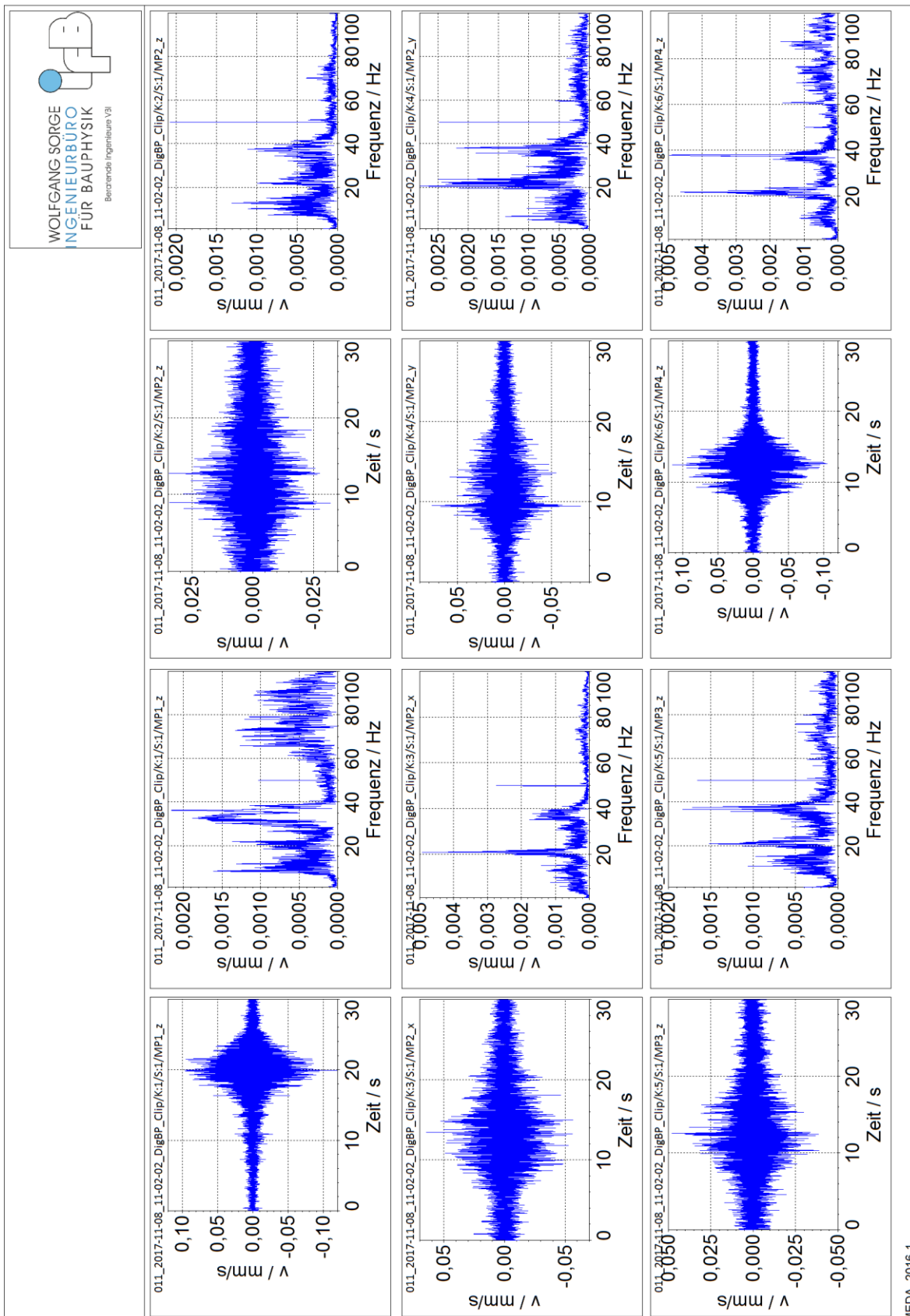
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt S-Bahn Messung-Nr. 010, Messpunkt 1- 4

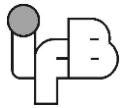




Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt U-Bahn

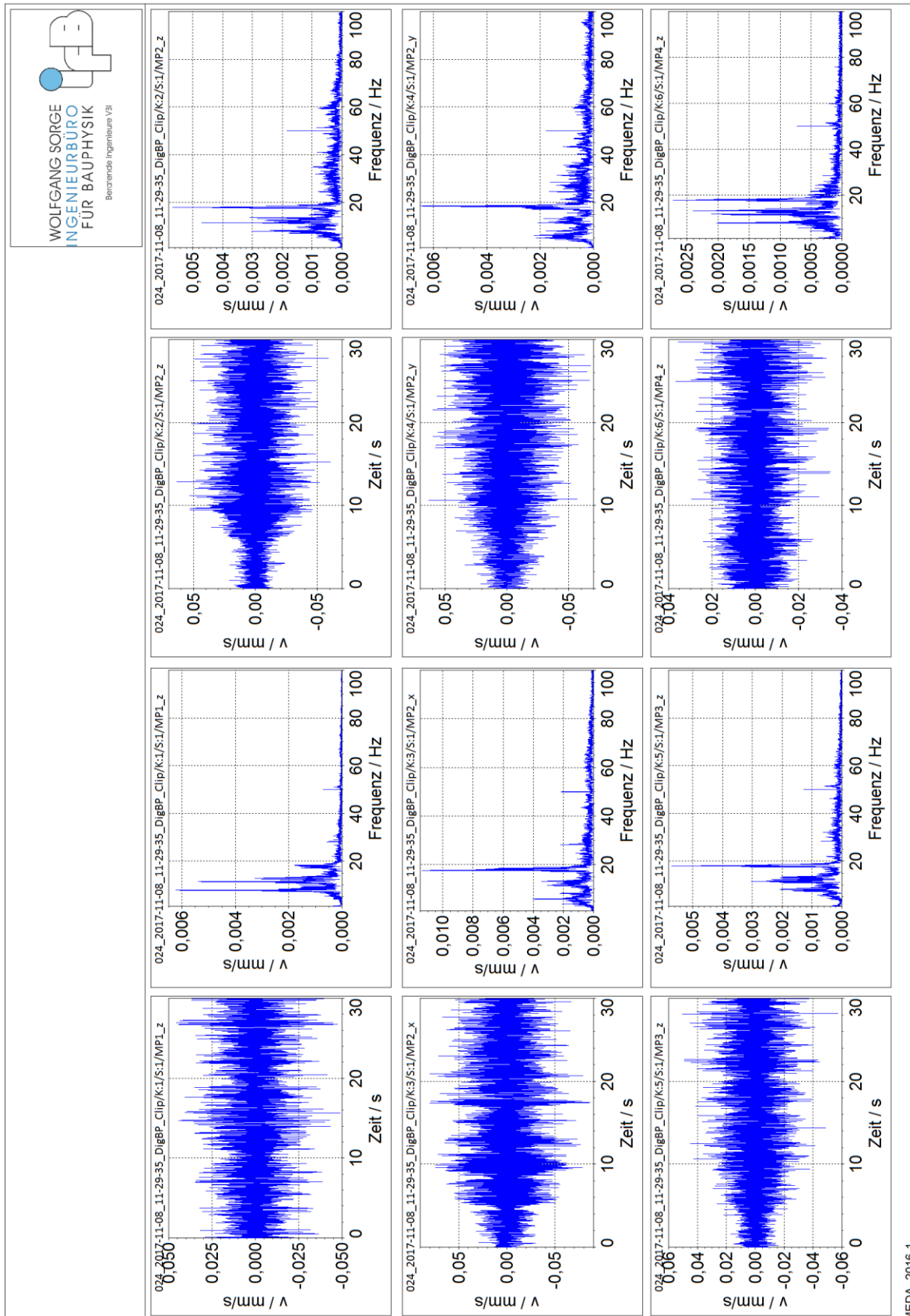
Messung-Nr. 011, Messpunkt 1- 4

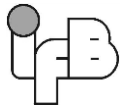




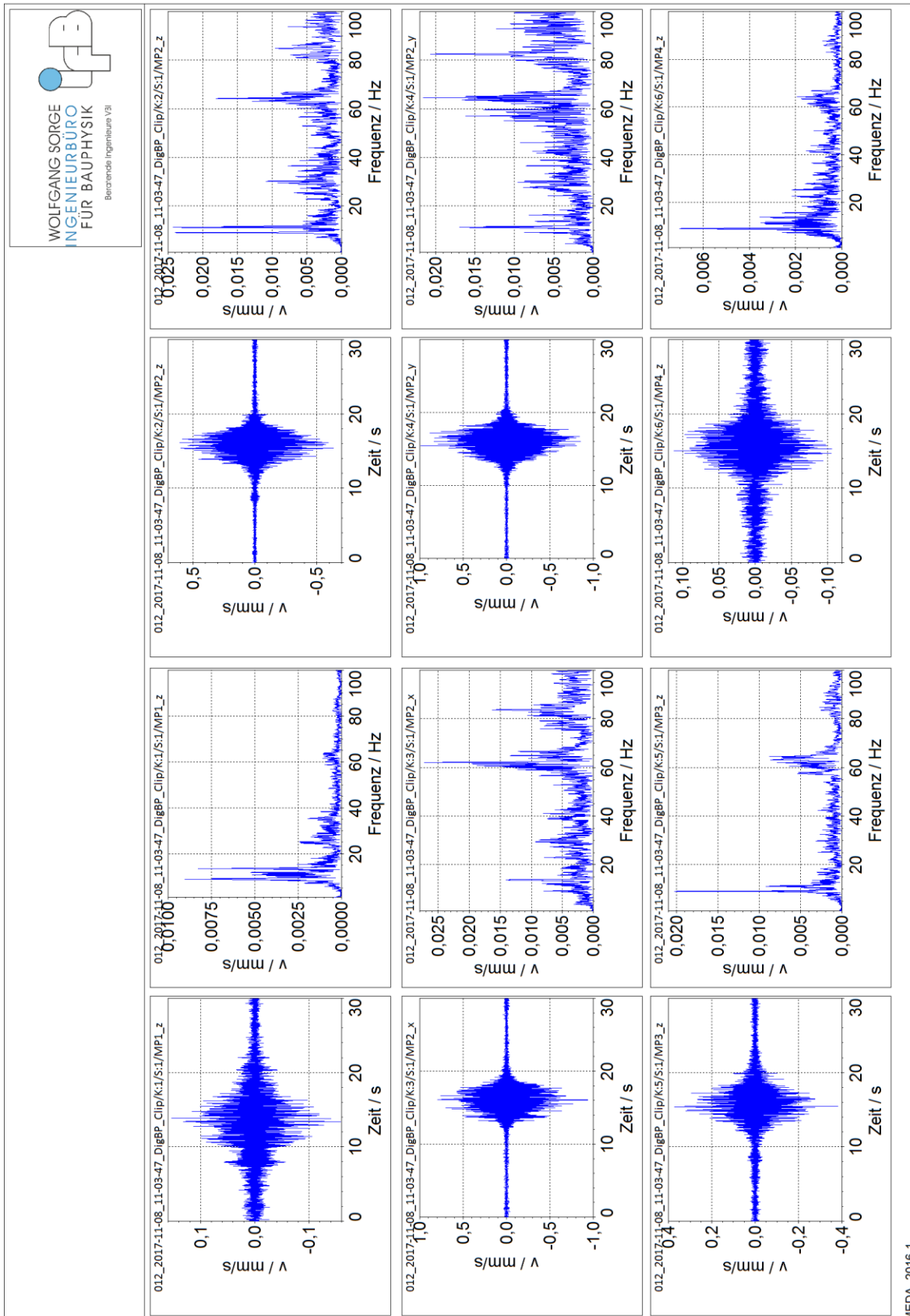
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt Güterzug

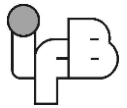
Messung-Nr. 024, Messpunkt 1- 4



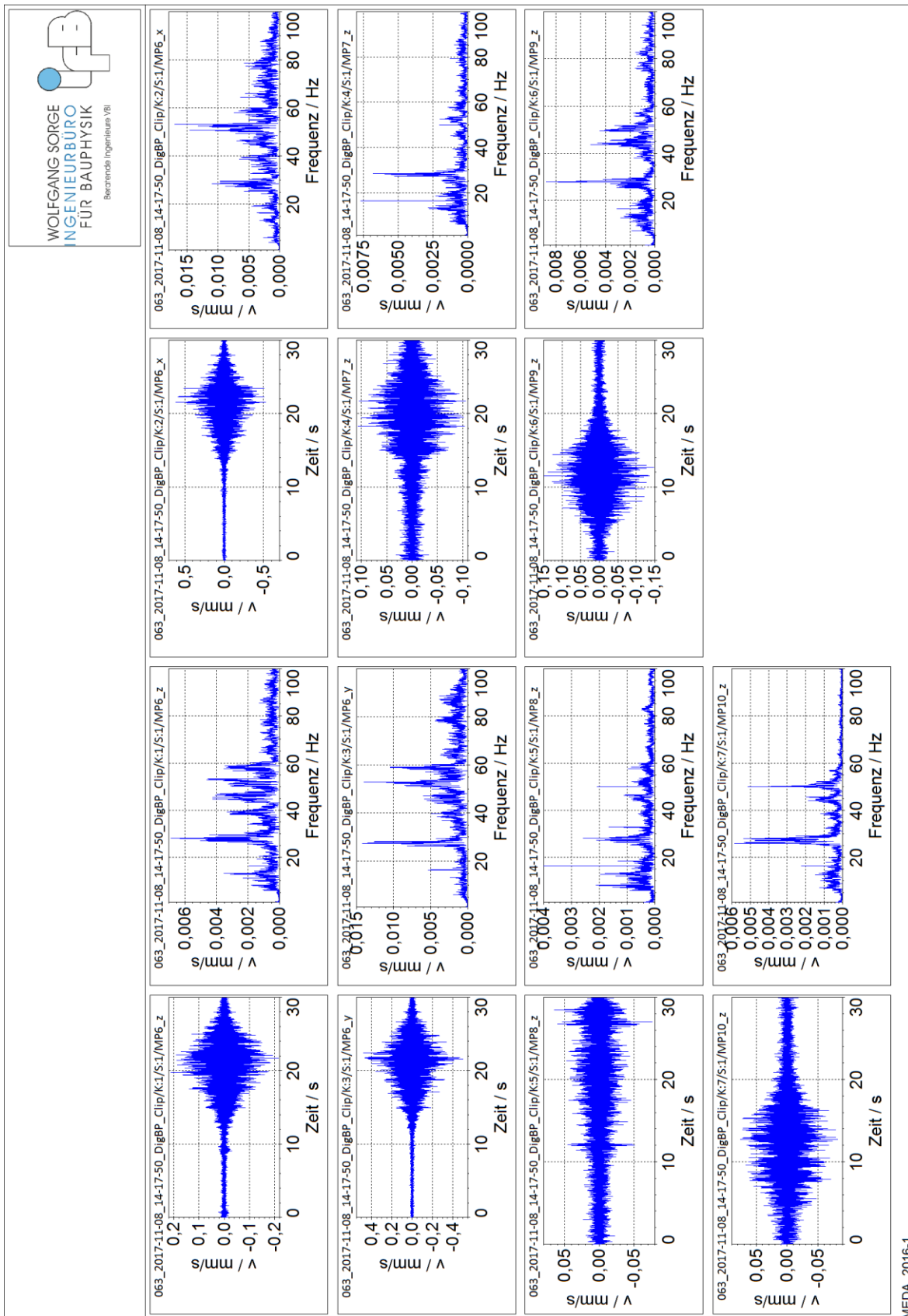


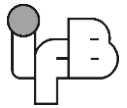
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt RE Messung-Nr. 012, Messpunkt 1- 4



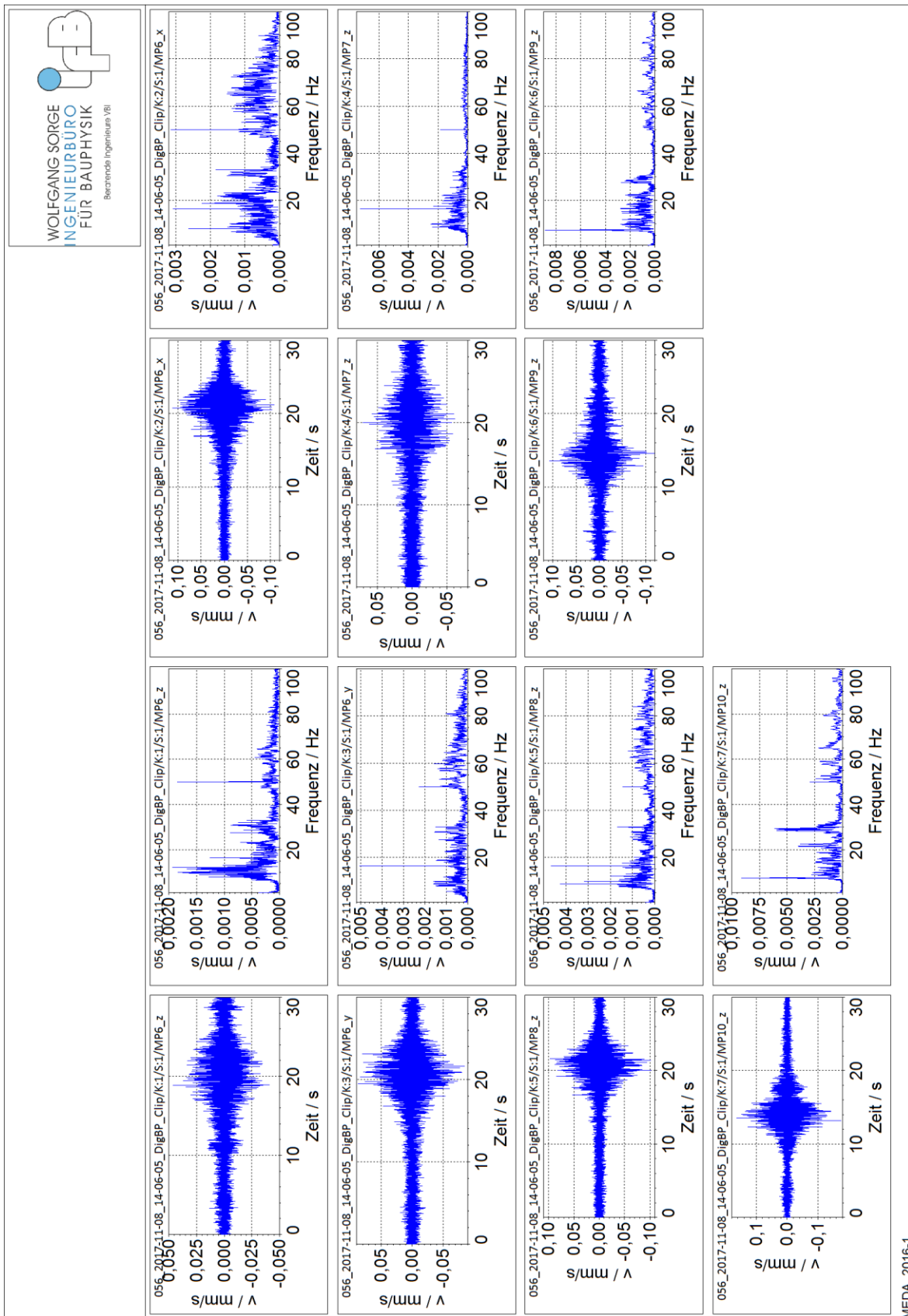


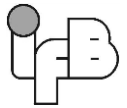
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt S-Bahn Messung-Nr. 063, Messpunkt 6 - 10



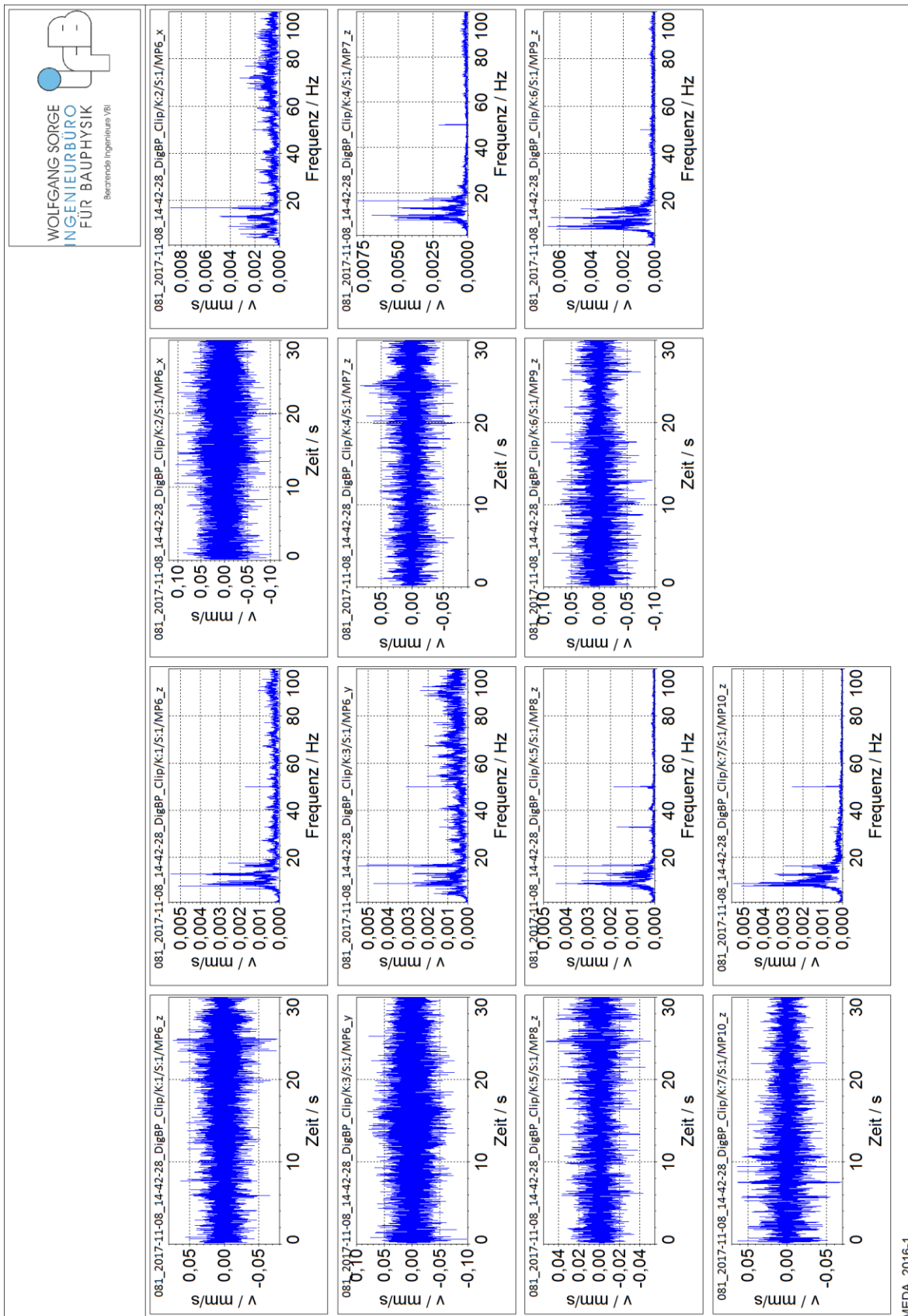


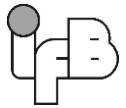
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt U-Bahn Messung-Nr. 056, Messpunkt 6 - 10



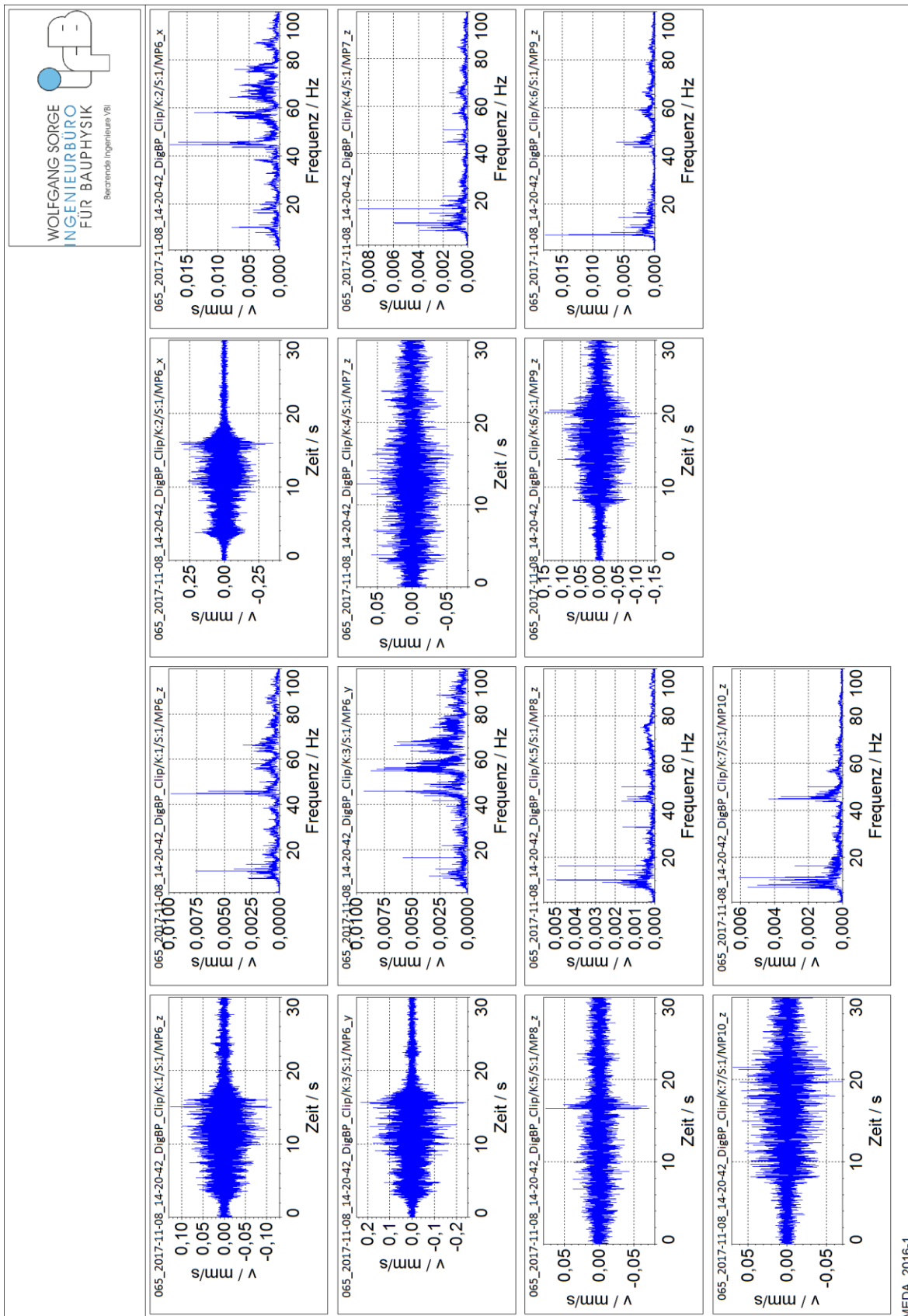


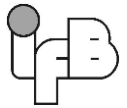
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt Güterzug Messung-Nr. 081, Messpunkt 6 - 10



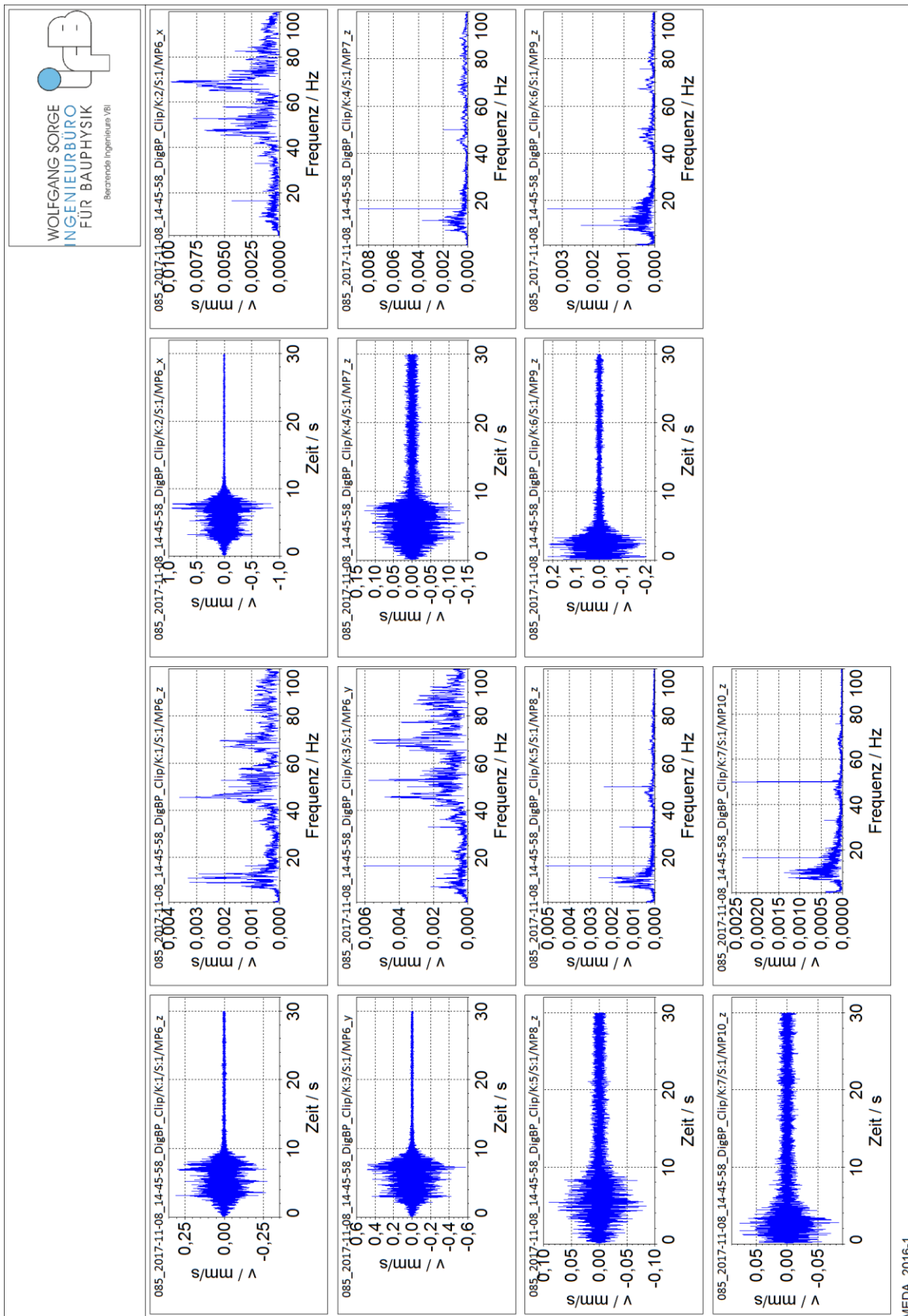


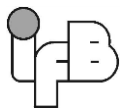
Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt ICE Messung-Nr. 065, Messpunkt 6 - 10



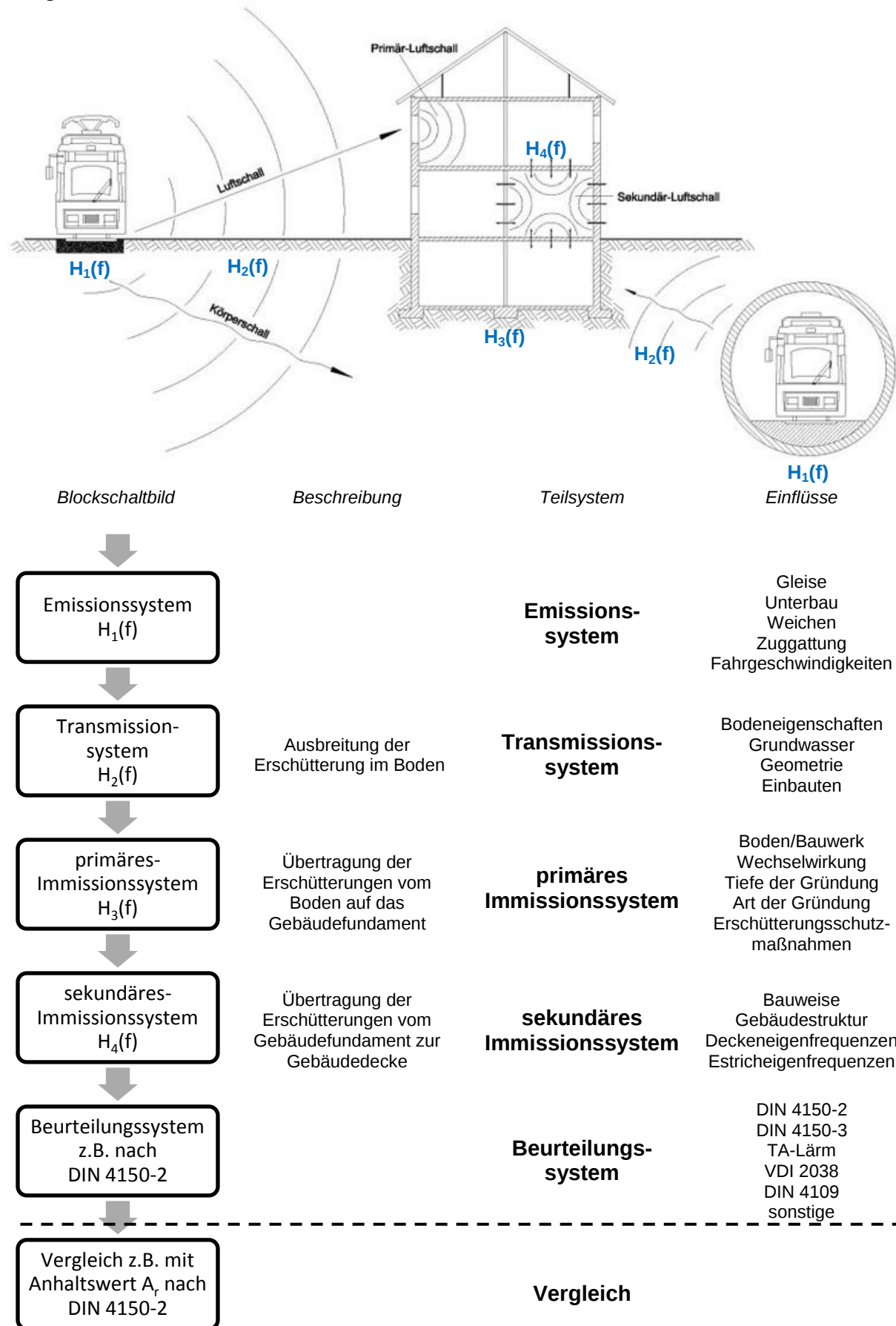


Erschütterungssignal (Zeitsignal und Spektrum) Vorbeifahrt RE Messung-Nr. 085, Messpunkt 6 - 10





Prognosemodell



Fotodokumentation der Messpositionen

MP 1, einaxiales Geophon, ca. 2,8 m unterhalb der Geländeoberkante



MP 2, triaxiales Geophon, ca. 2,2 m unterhalb der Geländeoberkante

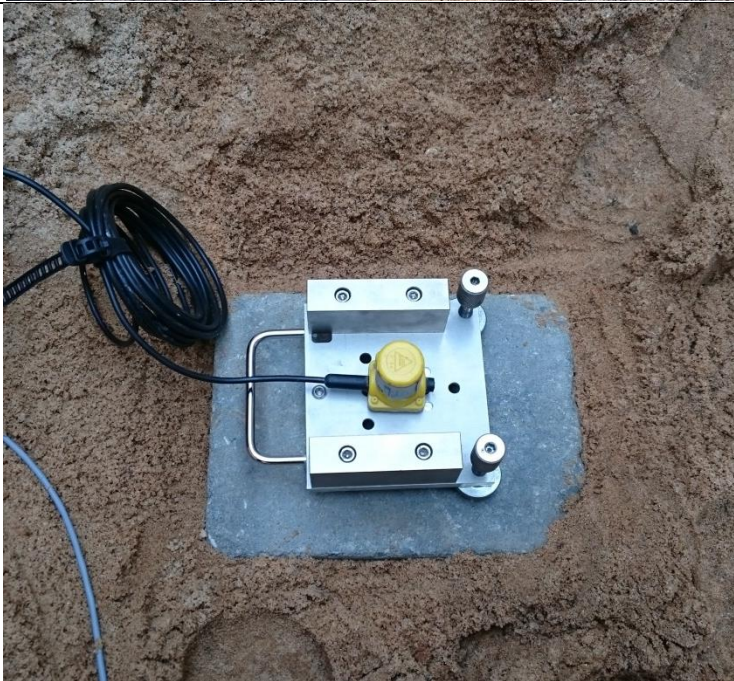


Fotodokumentation der Messpositionen

MP 3, einaxiales Geophon,
ca. 2,3 m unterhalb der Gelände-
oberkante



MP 4, einaxiales Geophon,
ca. 2,5 m unterhalb der Gelände-
oberkante



Fotodokumentation der Messpositionen

MP 6, triaxiales Geophon, ca. 3,1 m unterhalb der Geländeoberkante	
MP 7, einaxiales Geophon, ca. 0,8 m unterhalb der Geländeoberkante	

Fotodokumentation der Messpositionen

MP 8, einaxiales Geophon, ca. 3,2 m unterhalb der Geländeoberkante	
MP 9, einaxiales Geophon, ca. 1,0 m unterhalb der Geländeoberkante	
MP 10, einaxiales Geophon, ca. 3,0 m unterhalb der Geländeoberkante	