

Umnutzung der Gebäude im Bahnhofsumfeld in Kitzingen

Untersuchungen zum Erschütterungsschutz

Auftraggeber: Stadt Kitzingen
Kaiserstraße 13/15
97318 Kitzingen

Berichtsnummer: Y0044.020.01.002

Dieser Bericht umfasst 8 Seiten Text und 19 Seiten Anhang.



Akkreditierung nach
DIN EN ISO/IEC 17025
für die Prüffarten Geräusche,
Erschütterungen und Bauakus-
tik

Höchberg, 09.01.2024

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen

A handwritten signature in blue ink, reading "Feldbusch".

Dr.-Ing. A. Feldbusch
Bearbeitung
fachliche Verantwortung

A handwritten signature in blue ink, reading "Markus Richter".

Dr.-Ing. M. Richter
Prüfung und Freigabe

VMPA-anerkannte Schall-
schutzprüfstelle
nach DIN 4109,
VMPA-SPG-210-04-BY

Änderungsindex

Version	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
001	20.11.2023	-	-	Erstellung
002	08.11.2023	5, 6, 8		Änderung der Gebietseinstufung

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Unterlagen, Abkürzungen	3
2.1	Unterlagenverzeichnis	3
2.2	Abkürzungsverzeichnis	3
3	Situation vor Ort, Bauablauf	4
4	Anforderungen zum Erschütterungsschutz.....	5
5	Auswertung	5
5.1	Berücksichtigung der Messunsicherheit.....	6
6	Erschütterungsübertragung.....	7
7	Fazit, Empfehlungen	8

Anhänge

Anhang	Inhalt	Seite
A	Allgemeines, Grundlagen	A01-A07
B	Messergebnisse, Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich	B01-B12

1 Aufgabenstellung

Die Stadt Kitzingen plant für Gebäude im Umfeld des Bahnhofs eine Umnutzung. Insbesondere ist die Nutzung als Wohnraum von Interesse.

Aufgrund der Nähe der Gebäude zu den Bahngleisen sind Erschütterungsimmissionen zu erwarten. Daher wurde Wölfel Engineering mit Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 (vgl. [01]) beauftragt, um die Einwirkungen infolge des Schienenverkehrs zu ermitteln.

Im vorliegenden Messbericht sind die Durchführung und die wesentlichen Ergebnisse der Messungen vom 12.10.2023 sowie deren Beurteilung gemäß Norm beschrieben.

2 Unterlagen, Abkürzungen

2.1 Unterlagenverzeichnis

Nr.	Dokument	Bezeichnung / Beschreibung	
[01]	DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen	
	[01a]	Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen	2022-12
	[01b]	Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	1999-06
	[01c]	Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen	2016-12
[02]	DIN 45669	Messung von Schwingungsimmissionen	
	[02a]	Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	2020-06
	[02b]	Teil 2: Messverfahren	2005-06
[03]	Angaben per Email/ Telefon	Stadt Kitzingen Bebauungsplan, sowie Schreiben des Landratsamtes Kitzingen weitere Angaben per Telefon/Email, teils auch vor Ort	2023-08
[04]	Deutsche Bahn AG Bautechnik, Leit-, Sig- nal- und Telekom.-tech- nik	Erschütterungen und sekundärer Luftschall Grundlagen des Oberbaus, Richtlinie DB Ril 820.2050	2017-09
[06]	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissions- schutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm TA-Lärm	1998-08
[07]	Bund/Länder-Arbeitsge- meinschaft für Erschüt- terungsschutz (LAI)	Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschüt- terungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie)	2018-03

2.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
WA/MI/GE/MU	Wohn-/Misch-/Gewerbe-/Urbanes Gebiet gemäß Baunutzungsverordnung (BauNVO)
EG, OG	Erdgeschoss, Obergeschoss
MP	Messposition bzw. Messpunkt
$v_{\max} / v_{0-P}$ [mm/s]	Maximale Schwinggeschwindigkeit / Amplitude der Schwinggeschwindigkeit
$KB_F(t)$ [-]	bewertete Schwingstärke gemäß DIN 4150-2 ([01b]), per Definition dimensionslos
$KB_{F\max}$ [-]	Maximale bewertete Schwingstärke nach [01b]
KB_{FTi} [-]	Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke nach [01b]
KB_{FTm} [-]	Taktmaximal-Effektivwert nach [01b]
KB_{FTr} [-]	Beurteilungsschwingstärke, nach [01b] unter Berücksichtigung d. Einwirkungsdauer

3 Situation vor Ort, Angaben zur Messung

Am 12.10.2023 wurden von Wölfel Engineering im Bahnhofsgebäude „Bahnhofplatz 4“ Erschütterungsmessungen nach DIN 45669 [02] durchgeführt. Die angrenzende Bahnlinie (Würzburg – Nürnberg) umfasst insgesamt fünf Gleise, von denen aktuell lediglich Gleis 2 und Gleis 3 durch Regional-, Fernbahnen und Güterverkehr genutzt werden. Die Regionalbahnen halten in der Regel in unmittelbarer Nähe an, während Fern- und Güterverkehr grundsätzlich durchfährt. Andere Erschütterungsquellen z.B. aus dem Straßenverkehr waren unerheblich und können vernachlässigt werden.

Zur Erfassung der Erschütterungsimmissionen wurden insgesamt drei Messpunkte im 3-stöckigen Gebäude und ein weiterer Messpunkt außen auf einer betonierten Fläche eines Bahnstrommastes installiert. Die Messpunkte im Gebäude befanden sich im DG und 2.OG auf einer beplankten Holzbalkendecke, unmittelbar über den tragenden Holzbalken in den Deckenfeldmitten sowie im EG auf der Bodenplatte an der schienenzugewandten Außenwand. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der einzelnen Messpositionen sowie das jeweils verwendete Ankopplungsverfahren nach DIN 45669-2 [02b].

Tabelle 1: Übersicht der einzelnen Messpositionen mit Angaben zu Lage/Anordnung

Bez.	Aufstellungsort	Abstand zum nächsten Gleis 1	Ankopplungsverfahren nach DIN 45669-2 [2b]
MP 1	DG, in Deckenfeldmitte in ca. 3,0 m Entfernung zur schienenzugewandten Außenwand	ca. 12 m	auf beplankter Holzbalkendecke (unmittelbar über dem tragenden Holzbalken)
MP 2	2.OG, in Deckenfeldmitte in ca. 3,0 m Entfernung zur schienenzugewandten Außenwand	ca. 12 m	auf beplankter Holzbalkendecke (unmittelbar über dem tragenden Holzbalken)
MP 3	betonierte Fläche am Bahnstrommast	ca. 20 m	auf betonierter Fläche
MP 4	EG, an schienenzugewandter Außenwand	ca. 9 m	auf Bodenplatte

MP 4 wurde nachträglich als Ergänzung aufgebaut und umfasst lediglich die 10 letzten Zugvorbeifahrten. MP 3 ist während der letzten 4 Zugvorbeifahrten ausgefallen und wurde aufgrund nicht idealer Ankopplung in den Analysen nicht berücksichtigt.

Weitere Informationen zu der verwendeten Messtechnik, Signalverarbeitung und Durchführung sowie die Position der Messpunkte und eine Fotodokumentation sind dem Anhang S. A1ff. zu entnehmen.

Die prognostizierten Zugzahlen sind gemäß [03] in Tabelle 2 aufgeführt. Insgesamt wurden Vorbeifahrten von 12 Regionalbahnen, 17 ICEs und 4 Güterzügen aufgezeichnet. Für die Regionalbahnen wurde jeweils ein Takt von 30 s berücksichtigt. Bei den Güterzügen wurden 2 Takte à 30 s erfasst. Die Fahrtgeschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge betrugen geschätzt bis zu 80 km/h, die der am Bahnhof haltenden Regionalbahnen unter 50 km/h.

Tabelle 2: Zugprognosezahlen für den Abschnitt Mainbernheim bis Buchbrunn-Mainstockheim sowie der Neubaustrecke Würzburg-Nürnberg [03]

Zugart	Zugzahlen ÷ Prognose Jahr 2030	
	Tag	Nacht
Regionalbahn (RB)	64	8
Intercity-Express (ICE)	117	17
Güterzug (GZ)	100	115
Gesamt	281	140

4 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Die Beurteilung von Erschütterungen bei Bauarbeiten erfolgt in der Regel gemäß DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“ [01]). Darin werden in Teil 1 der Norm Prognose-Modelle für die Erschütterungsausbreitung und typische Einwirkungen infolge verschiedener Verursacher beschrieben. In Teil 2 und 3 werden Anhaltswerte für die Belästigung von Personen sowie hinsichtlich möglicher Schädigungen der Bausubstanz angegeben.

DIN 4150, Teil 2, beurteilt die Belästigung von Anwohnern aufgrund der auf den Decken auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sowie der Dauer der Einwirkung. Die Norm bezieht sich dabei auf Wohnungen bzw. Aufenthaltsräume. Auf der Anhangseite A7 sind die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1 der Norm genannt, dabei wird die Gebietseinstufung gemäß BauNVO berücksichtigt: Für ein Gewerbegebiet werden höhere Werte genannt als für ein Misch- oder Wohngebiet, d.h. für Betriebswohnungen in GE-Gebieten ist der Schutzanspruch geringer als für Wohnungen in MI/WA-Gebieten.

Für die zu beurteilenden Gebäude ist eine Einstufung als Urbanes Gebiet für Bahnhofsplatz 1 und Gewerbegebiet für Bahnhofsplatz 4 sowie Bahnhofsplatz 2 vorgesehen [03]. Die hierfür geltenden Anhaltswerte sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach [1b] (vgl. Tab. A1)

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind [...]	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind [...]	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07

5 Auswertung

Die größten Erschütterungen wurden meistens in vertikaler Richtung (z-Richtung) registriert und sind somit maßgebend.

In Anhang B sind die Signale der Messungen für repräsentative Zugvorbeifahrten der Regionalbahn, der Fernbahn und des Güterverkehrs im Zeit- und Frequenzbereich dargestellt.

Die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten sind nach DIN 4150-2 zu beurteilen; dementsprechend sind die in Tabelle 3 genannten Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungsimmissionen einzuhalten. Ist die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} \leq A_u$, so sind die Anforderungen der Norm eingehalten und eine erhebliche Belästigung der Menschen im Gebäude ist nicht zu erwarten. Falls $KB_{Fmax} > A_o$ ist, sind die Anforderungen, bis auf Ausnahmefälle, nicht eingehalten. Für den Fall $A_u < KB_{Fmax} \leq A_o$ sind erhebliche Belästigungen infolge von Erschütterungen nur dann nicht zu erwarten, wenn in einem detaillierteren Nachweis gezeigt werden kann, dass die sogenannte Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FTr} < A_r$ ist. Um die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} nach Gleichung (1) ermitteln zu können, muss die Einwirkungszeit der Erschütterungsimmissionen T_E bekannt sein. Diese ergibt sich bei Erschütterungen infolge Schienenverkehr aus den Zugzahlen und der jeweiligen Passierdauer (für Regional- und Fernverkehr $t \leq 30s$ und für Güterzüge $t \leq 60s$).

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \cdot \sqrt{\frac{T_E}{T_R}} \quad \text{mit } T_R = 16 \text{ h (tags) bzw. } T_R = 8 \text{ h (nachts)} \quad (1)$$

Der Taktmaximal-Effektivwert ergibt sich aus N Takten, mit $KB_{FTi} > 0$ aus Gl. (2).

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2} \quad (2)$$

In Tabelle 4 ist die Beurteilung der Messergebnisse gemäß Norm für die ermittelten Erschütterungswerte dargestellt.

Tabelle 4: Beurteilung der gemessenen Erschütterungen (Gewerbegebiet)

Beurteilungswerte	MP 1, z-Richt.	MP 2, z-Richt.	MP 3, z-Richt.	MP 4, z-Richt.
$KB_{FTm, RB_z} [-]$	0,032	0,000	0,032	0,000
$KB_{FTm, ICE_z} [-]$	0,176	0,000	0,000	0,097
$KB_{FTm, GZ_z} [-]$	0,227	0,000	0,050	0,068
KB_{Fmax}	0,315	0,034	0,141	0,247
$KB_{FTr} \text{ tags}$	0,085	0,000	0,017	0,087
$KB_{FTr} \text{ nachts}$	0,114	0,000	0,025	0,128
$KB_{Fmax} \leq A_U \text{ (tags)} = 0,3$	✗	✓	✓	✗
$KB_{Fmax} \leq A_O \text{ (tags)} = 6$	✓	entfällt	entfällt	✓
$KB_{FTr} \text{ tags} \leq A_r \text{ (tags)} = 0,15$	✓	entfällt	entfällt	✓
Anforderung tags eingehalten	✓	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_U \text{ (nachts)} = 0,2$	✗	✓	✓	✗
$KB_{Fmax} \leq A_O \text{ (nachts)} = 0,4$	✓	entfällt	entfällt	✓
$KB_{FTr} \text{ nachts} \leq A_r \text{ (nachts)} = 0,1$	✗	entfällt	entfällt	✗
Anforderung nachts eingehalten	✗	✓	✓	✗

5.1 Berücksichtigung der Messunsicherheit

- Gemäß DIN 45669-2: 2005-06 hält die gerätebedingte Messabweichung für unsere Klasse 1-Messgeräte mit hohem statistischen Vertrauensniveau die Vertrauensgrenzen von bis zu 15 % für effektivwertbasierte Messwerte (z.B. KB_F -Werte nach DIN 4150-2) und von bis zu 20 % für Spitzenwerte (z.B. v_{max} -Werte nach DIN 4150-3) ein.
- Durch eine regelmäßige Kalibrierung unserer Messgeräte, durchgeführt von einem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Kalibrierlabor, stellen wir sicher, diese gerätebedingten Abweichungen einzuhalten. Als Nachweis liegen uns zu den jeweiligen Messgeräten zugehörige Kalibrierscheine vor.
- Darüber hinaus sehen wir grundsätzlich eine Sensoran Kopplung gemäß DIN 45669-2 vor, sodass weitere wesentliche Messwertabweichungen vermieden werden. Sofern im Einzelfall die vor Ort realisierbaren An Kopplungen nicht vollständig den Anforderungen der Norm entsprechen, ist dies im Bericht gesondert aufgeführt.

6 Erschütterungsübertragung

Zur Beurteilung des etwa 40 m von den Gleisen entfernten Gebäudes „Bahnhofsbplatz 1“ wird eine Übertragungsberechnung durchgeführt. Hierzu bietet die DIN 4150-1 [01a] ein geeignetes Verfahren an. Für das mehr als eine Wellenlänge entfernte Fernfeld gilt:

$$v/v_1 = \left(\frac{R}{R_1}\right)^{-n} \cdot \exp(-\alpha(R - R_1)) \quad (1)$$

mit	v und v_1	Schwinggeschwindigkeit im Abstand R und Bezugswert im Abstand R_1
	R und R_1	Abstand von der Quelle und Bezugsabstand
	n	Exponent, abhängig von Wellenart, Quellengeometrie und Signalform
	α	Abklingkoeffizient

Die Gesetzmäßigkeit für die Ausbreitung verknüpft 2 verschiedene Abklingformen multiplikativ, die sog. geometrische Dämpfung mit dem Verhältnis der Radien und dem Exponenten „-n“ sowie die Materialdämpfung mit abklingender Exponentialfunktion. Gemäß [01a] dürfen Schienenfahrzeuge als Kette von Punktquellen (ausgedehnte Quelle mit nicht phasengleicher Anregung) dargestellt werden, für die der Exponent n im Fernfeld zwischen 0,3 und 0,5 liegt. Zur Ermittlung der Materialdämpfung werden konservative Annahmen für die Bodenparameter angenommen. Der Abklingkoeffizient errechnet sich in etwa mit $\alpha = 2\pi D/\lambda$. D stellt dabei den Dämpfungsgrad und $\lambda = c_s/f$ die Scherwellenlänge dar. Der Dämpfungsgrad wurde zu $D = 0,01$ und die Scherwellengeschwindigkeit mit $c_s = 150$ m/s angenommen. Aus der Spektralanalyse zeigen sich im Bereich von 25 Hz ausgeprägte Signalanteile. Daher wird für die Ermittlung der Scherwellenlänge eine Anregungsfrequenz von $f = 25$ Hz zugrunde gelegt. Mit einem mittleren Exponenten von $n = 0,4$ ergibt sich ein Übertragungsfaktor für das ca. 40 m entfernte Gebäude von etwa 0,4. Die Beurteilung der übertragenen Erschütterungswerte ergeben sich nach Tabelle 5.

Tabelle 5: Beurteilung der übertragenen Erschütterungen (Urbanes Gebiet) auf Gebäude mit 40 m Distanz zu den Gleisen

Beurteilungswerte	MP 1, z-Richt.	MP 2, z-Richt.	MP 4, z-Richt.
$KB_{FTm, RB, [-]}$	0,000	0,000	0,000
$KB_{FTm, ICE, [-]}$	0,030	0,000	0,000
$KB_{FTm, GZ, [-]}$	0,064	0,000	0,000
KB_{Fmax}	0,125	0,013	0,098
$KB_{FTr tags}$	0,022	0,000	0,000
$KB_{FTr nachts}$	0,031	0,000	0,000
$KB_{Fmax} \leq A_U (tags) = 0,2$	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_O (tags) = 5$	entfällt	entfällt	entfällt
$KB_{FTr tags} \leq A_r (tags) = 0,1$	entfällt	entfällt	entfällt
Anforderung tags eingehalten	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_U (nachts) = 0,15$	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_O (nachts) = 0,3$	entfällt	entfällt	entfällt
$KB_{FTr nachts} \leq A_r (nachts) = 0,07$	entfällt	entfällt	entfällt
Anforderung nachts eingehalten	✓	✓	✓

7 Fazit, Empfehlungen

Der Anhaltswerte A_u und A_r (nachts) der DIN 4150-2 für ein Gewerbegebiet sind auf den Decken für die Gebäude (Bahnhofsplatz 2 und Bahnhofsplatz 4) mit etwa 10 m Abstand zu den Gleisen überschritten. Die Anhaltswerte auf der Bodenplatte sind hingegen eingehalten. Da die Überschreitungen in den oberen Geschossen nur die Nachtzeit betreffen, könnten die oberen Geschosse als Büroräume genutzt werden. Eine Wohnnutzung der Obergeschosse wird mit den vorhandenen Decken mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen und/oder sekundärem Luftschall führen. Sollte dennoch eine Wohnnutzung angestrebt werden, müssten die Deckenkonstruktionen nachgebessert werden. Hierzu sind gesonderte Untersuchungen erforderlich.

Für das 40 m entfernte Gebäude „Bahnhofsplatz 1“ sind die Anhaltswerte A_u für ein Urbanes Gebiet eingehalten. Das gilt auch bei Befahrung des näher gelegenen Gleis 1. Eine erhebliche Belästigung durch Erschütterungen gemäß DIN 4150-2 kann mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Auch bei Einhaltung der maßgebenden Anhalts- und Richtwerte kann nicht vollkommen ausgeschlossen werden, dass Zugvorbeifahrten im Gebäude spür- oder hörbar sind; dies hängt auch von der Wahrnehmung und Empfindlichkeit der jeweils betroffenen Personen ab, die Norm lässt das ausdrücklich zu.

Höchberg, 09.01.2024 – Fd / RHo / Ri

Messdurchführung, Messtechnik, Messpositionen	
Messzeit / Messort:	12.10.2023; 11:30 – 15:30 Uhr
	Bahnhofsgebäude „Bahnhofplatz 4“, 97318 Kitzingen
Anmerkungen:	Messungen im Gebäude und vor dem Gebäude zur Ermittlung der Erschütterungsimmissionen infolge des Schienenverkehrs der Linie zwischen Würzburg und Nürnberg
Messpunkte (MP):	MP 1: im DG in Deckenfeldmitte auf beplankter Holzbalkendecke unmittelbar über dem tragenden Holzbalken in ca. 3,0 m Entfernung zur schienenzugewandten Außenwand MP 2: im EG an schienenzugewandter Außenwand, in ca. 9 m Entfernung zum Gleis MP 3: auf betonierter Fläche am Bahnstrommast in ca. 20 m Entfernung zum Gleis MP 4: im 2.OG in Deckenfeldmitte auf beplankter Holzbalkendecke unmittelbar über dem tragenden Holzbalken in ca. 3,0 m Entfernung zur schienenzugewandten Außenwand x-Richtung: horizontal, senkrecht zur Bahntrasse y-Richtung: horizontal, parallel zur Bahntrasse z-Richtung: vertikal An den Erschütterungsmesspunkten wurde jeweils triaxial gemessen. Ankopplung der Erschütterungsmessgeräte gemäß DIN 45669
Messaufnehmer:	SM-6 Geophone von Sensor Nederland, 3D mit Funkknoten Red-Sens, Hersteller Elovis GmbH MP 1 (Seriennummer: 0813-161), letzte Kalibrierung: 17.03.2023 MP 2 (Seriennummer: 0813-162), letzte Kalibrierung: 17.03.2023 MP 3 (Seriennummer: 0913-163), letzte Kalibrierung: 17.03.2023 MP 4 (Seriennummer: 0913-164), letzte Kalibrierung: 17.03.2023 Messgröße der Erschütterungsmesspunkte (MP): Schwinggeschw.: $v = v(t)$ [mm/s] triaxiale Geschwindigkeitssensoren gemäß DIN 45669-1 Abtastung: Obere Grenzfrequenz 400 Hz (entspricht einer Abtastrate von 0,977 ms) Die Messkette wurde vor und nach der Messung überprüft.
Messdatenerfassung und -verarbeitung:	MP 1 ÷ MP 4: DELL Latitude 5511 mit USB-Antenne Mess- und Auswertesoftware MEDA_AD Version 2020-1 WÖLFEL Monitoring Systems GmbH + Co. KG
Umfeldbedingungen:	Während der Messungen wurden Zug-Vorbeifahrten in beide Fahrtrichtungen erfasst. Die Umweltbedingungen waren: bewölkt bei ca. 10°C.

Für die Durchführung der Messung verantwortlich war Rebecca Horn, B. Eng. (Wölfel Engineering, Höchberg).



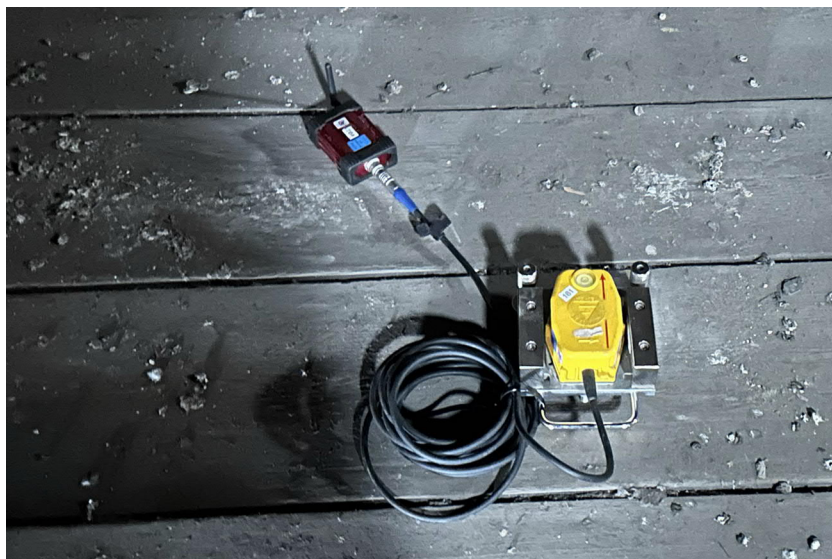


Abb. A2: MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofsplatz 4

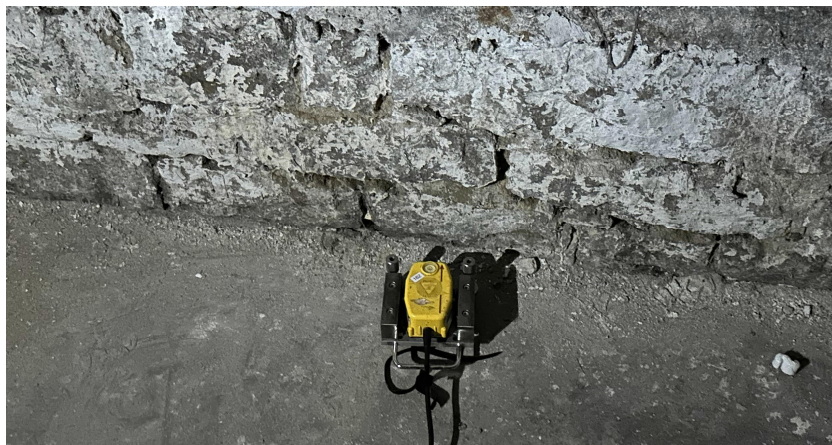


Abb. A3: MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4



Abb. A4: MP 3 auf betonierte Fläche in der Nähe von Gebäude Bahnhofsplatz 4



Abb. A5: MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungen nach DIN 4150-2

Tab. A1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen [01b]

Zeile	Einwirkungsort	Tages-/Nachtzeit der Einwirkung	Tags			Nachts		
		Nomenklatur gemäß DIN 4150-2	A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
		... gemäß Erschütterungsleitlinie	IW _u	IW _o	IW _r	IW _u	IW _o	IW _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9)		0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8)		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 (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5)		0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).		0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.		0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnungen trägt.

Die Beurteilung erfolgt nach folgendem Schema: Zunächst wird der Maximalwert KB_{Fmax} mit dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) sowie mit dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) verglichen:

- Wenn KB_{Fmax} über dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) liegt, ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten, somit sind im Sinne der Norm erhebliche Belästigungen von Personen zu erwarten.
- Wenn KB_{Fmax} unter dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) liegt, ist die Anforderung der Norm eingehalten und damit erhebliche Belästigungen von Personen in der Regel ausgeschlossen.
- Wenn KB_{Fmax} zwischen A_u (IW_u) und A_o (IW_o) liegt, kommt eine zeitliche Bewertung zur Anwendung: In diesem Fall muss die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gebildet werden, welche die Einwirkzeiten je Tag berücksichtigt, in denen die Erschütterungen auftreten. Ist diese Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r (IW_r) ist die Anforderung der Norm eingehalten.

Anmerkung: Die Immissionswerte IW_o , IW_u , IW_r sind Bezeichnungen der Erschütterungsleitlinie 2018-03 der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [07]. Sie decken sich mit den Anhaltswerten A_o , A_u und A_r der DIN 4150-2.

Ausgewählte Signale, Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr

MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4

MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

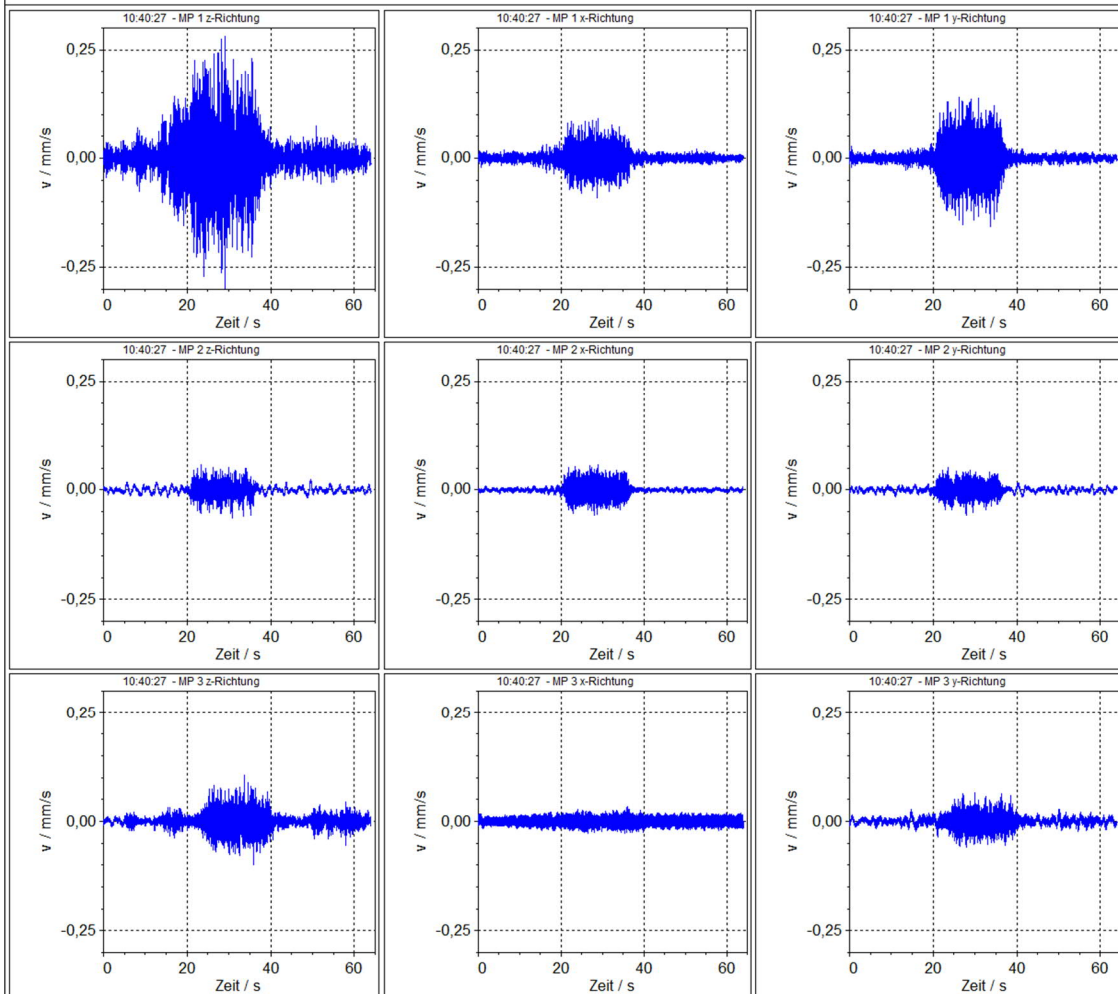


Abb. B1: Zeitsignal der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 6 (ICE) auf Gl. 2

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

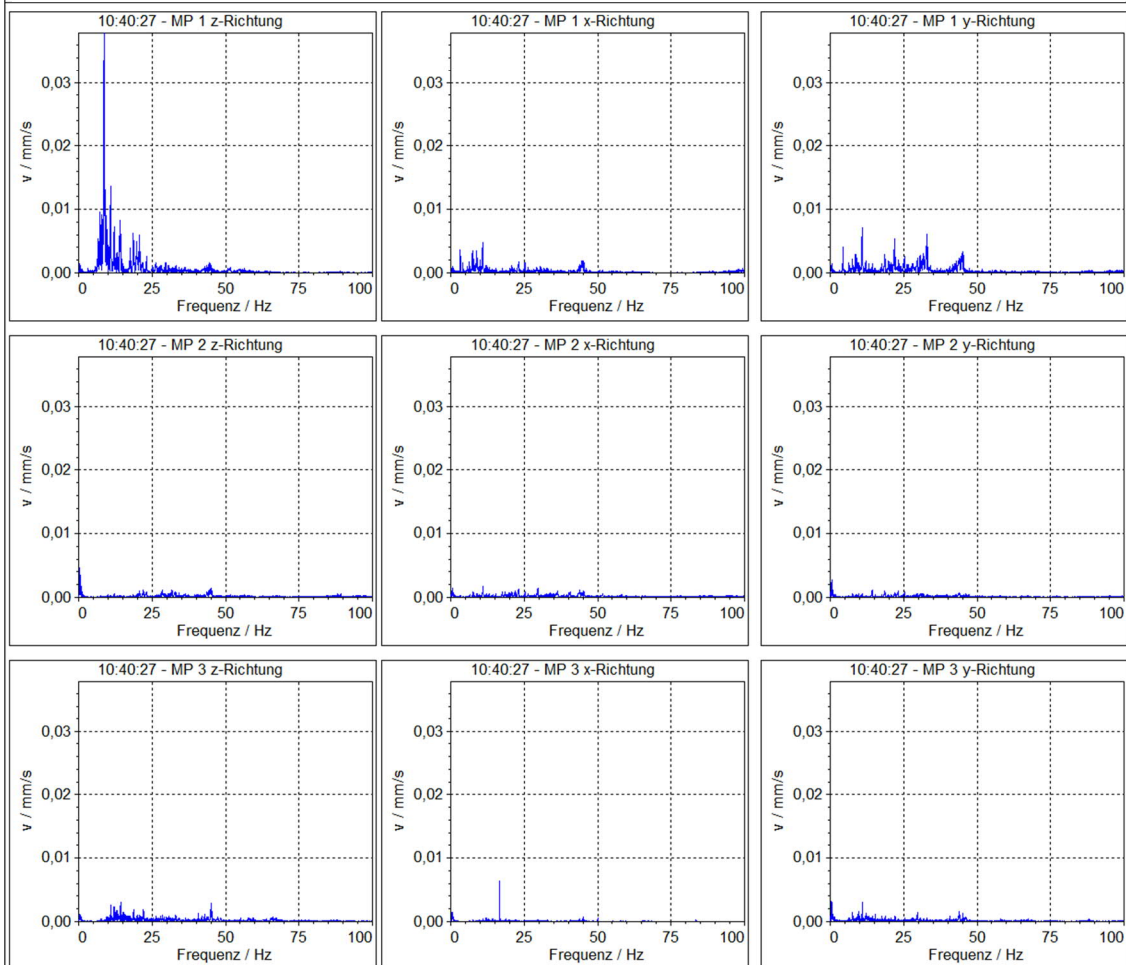


Abb. B2: Spektrum der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 6 (ICE) auf Gl. 2

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

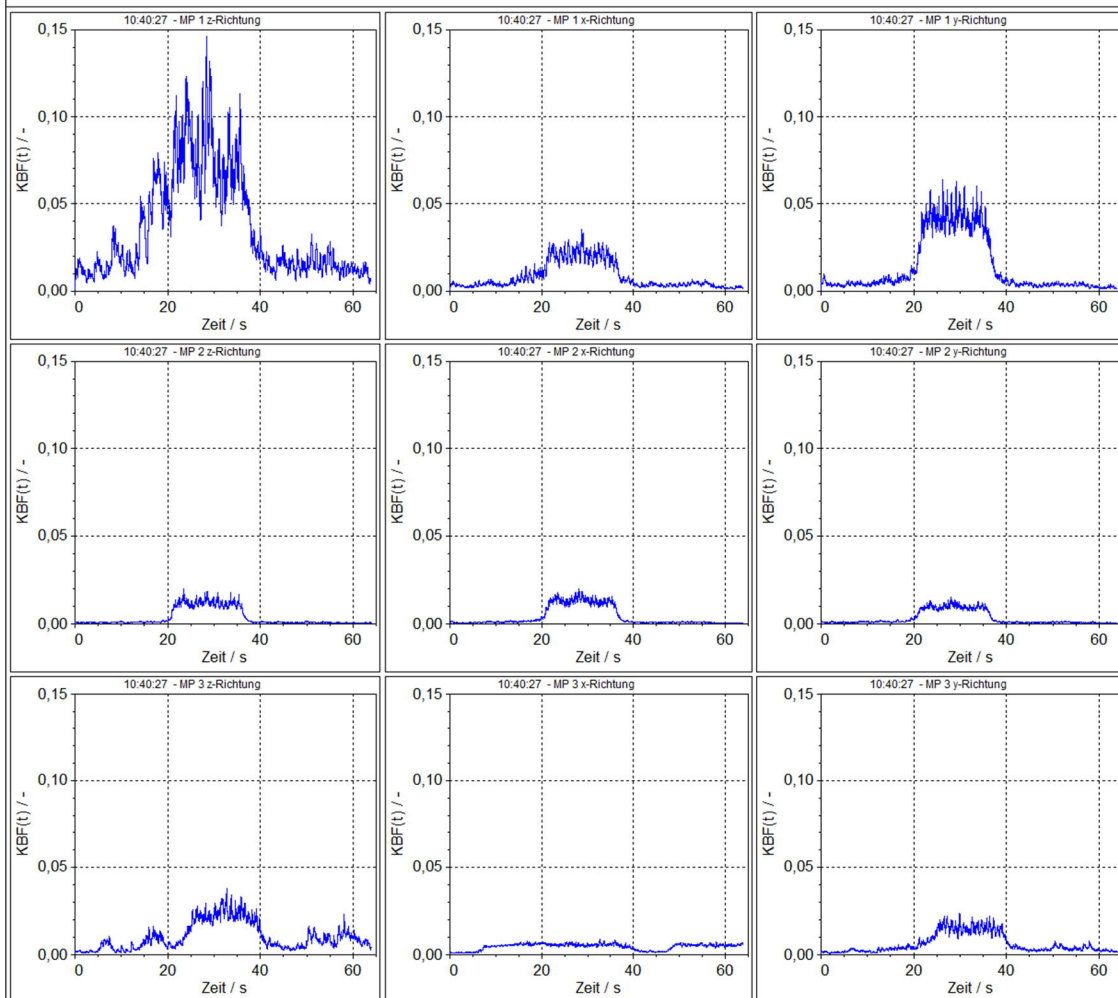


Abb. B3: Gleitender Effektivwert (KB-Wert) der Erschütterungen von Zugvorbeifahrt 6 (ICE) auf Gl. 2

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

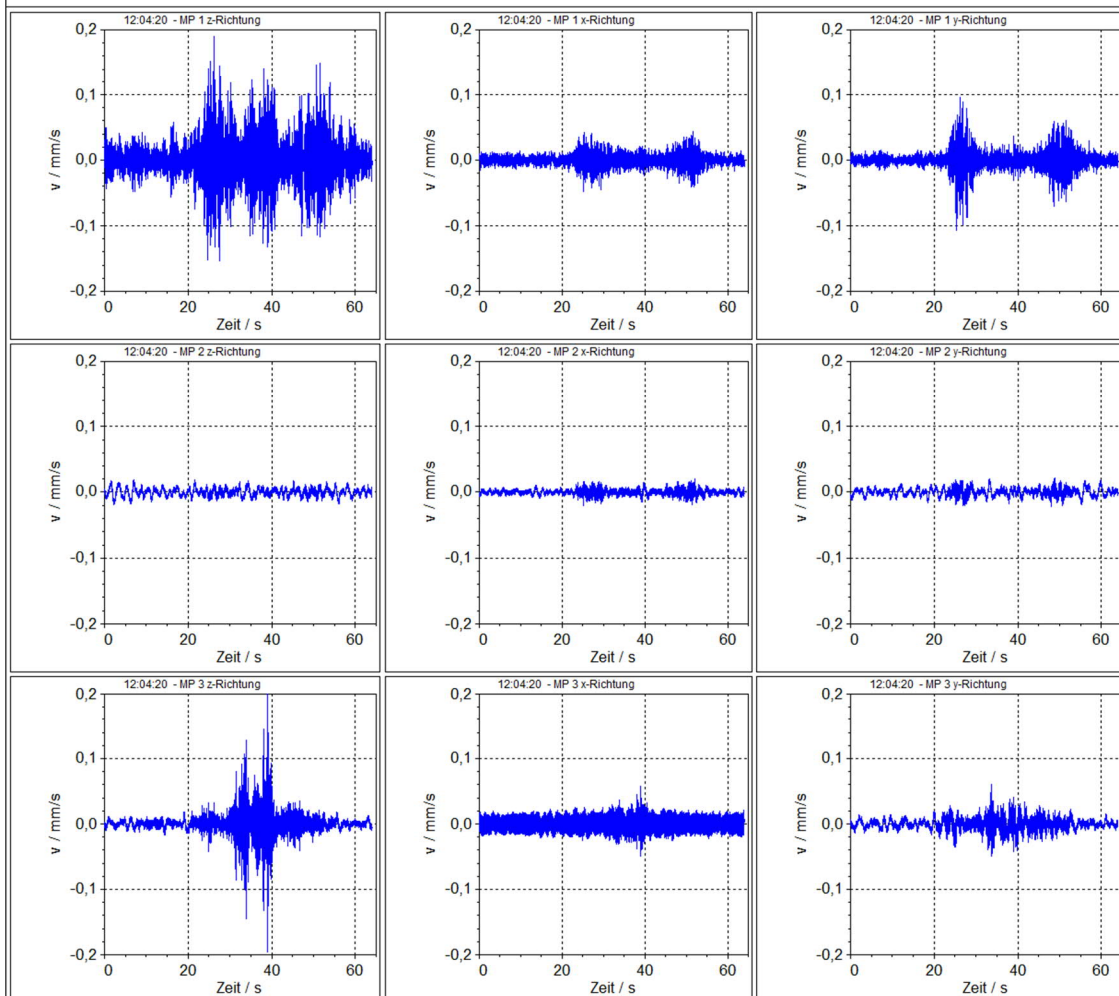


Abb. B4: Zeitsignal der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 16 (RE) auf Gl. 3

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsggebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofsplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofsplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofsplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofsplatz 4

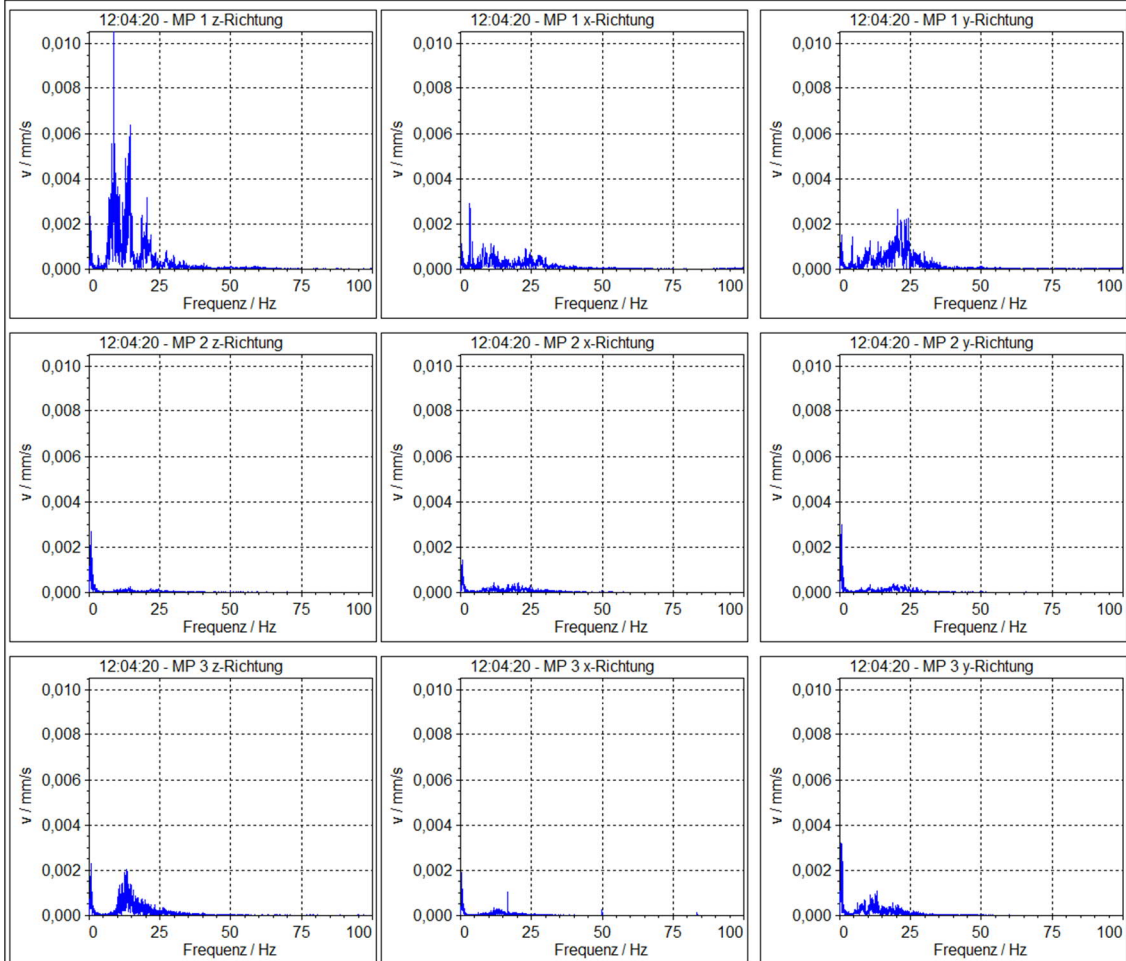


Abb. B5: Spektrum der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 16 (RE) auf Gl. 3

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

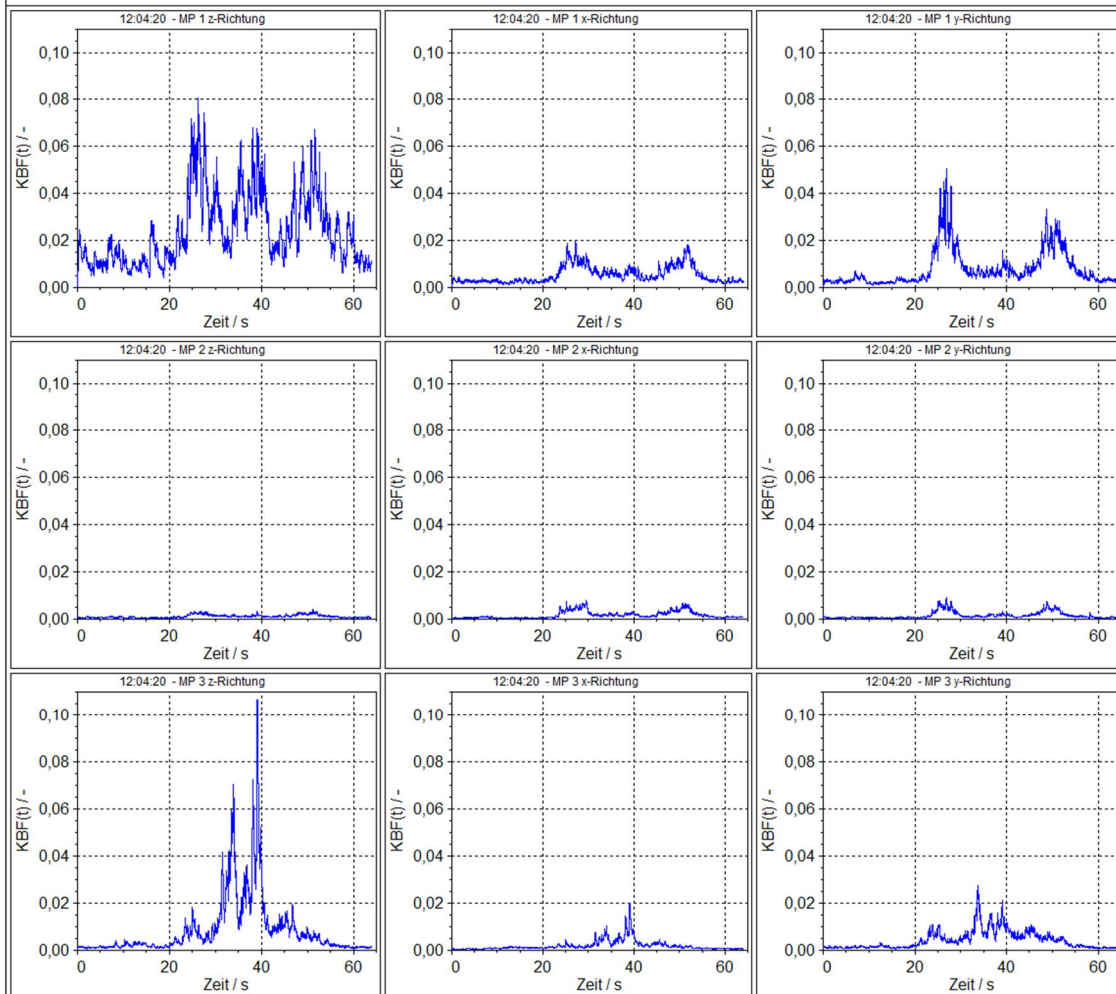


Abb. B6: Gleitender Effektivwert (KB-Wert) der Erschütterungen von Zugvorbeifahrt 16 (RE) auf Gl. 3

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

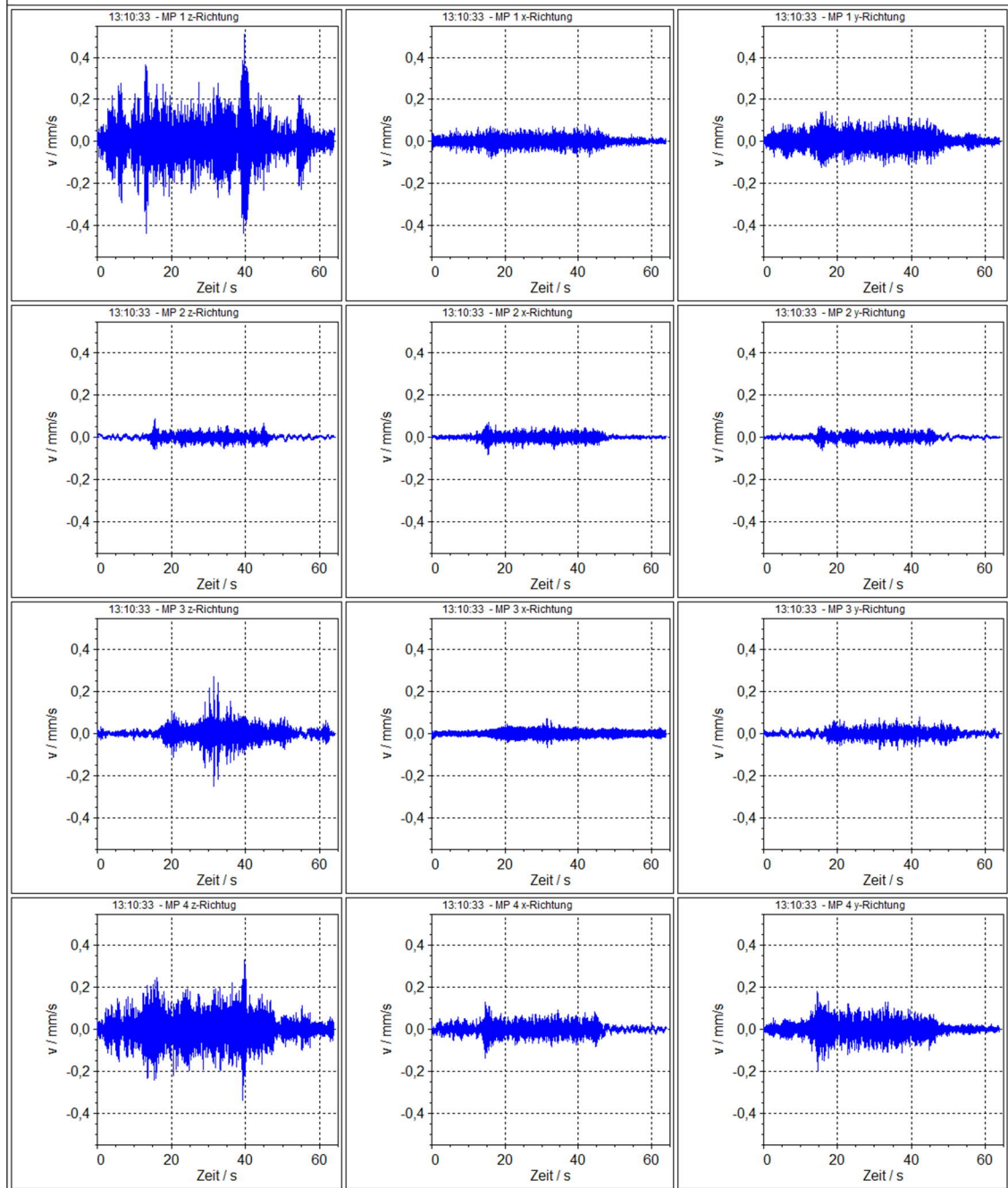


Abb. B7: Zeitsignal der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 25 (GZ) auf Gl. 2

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

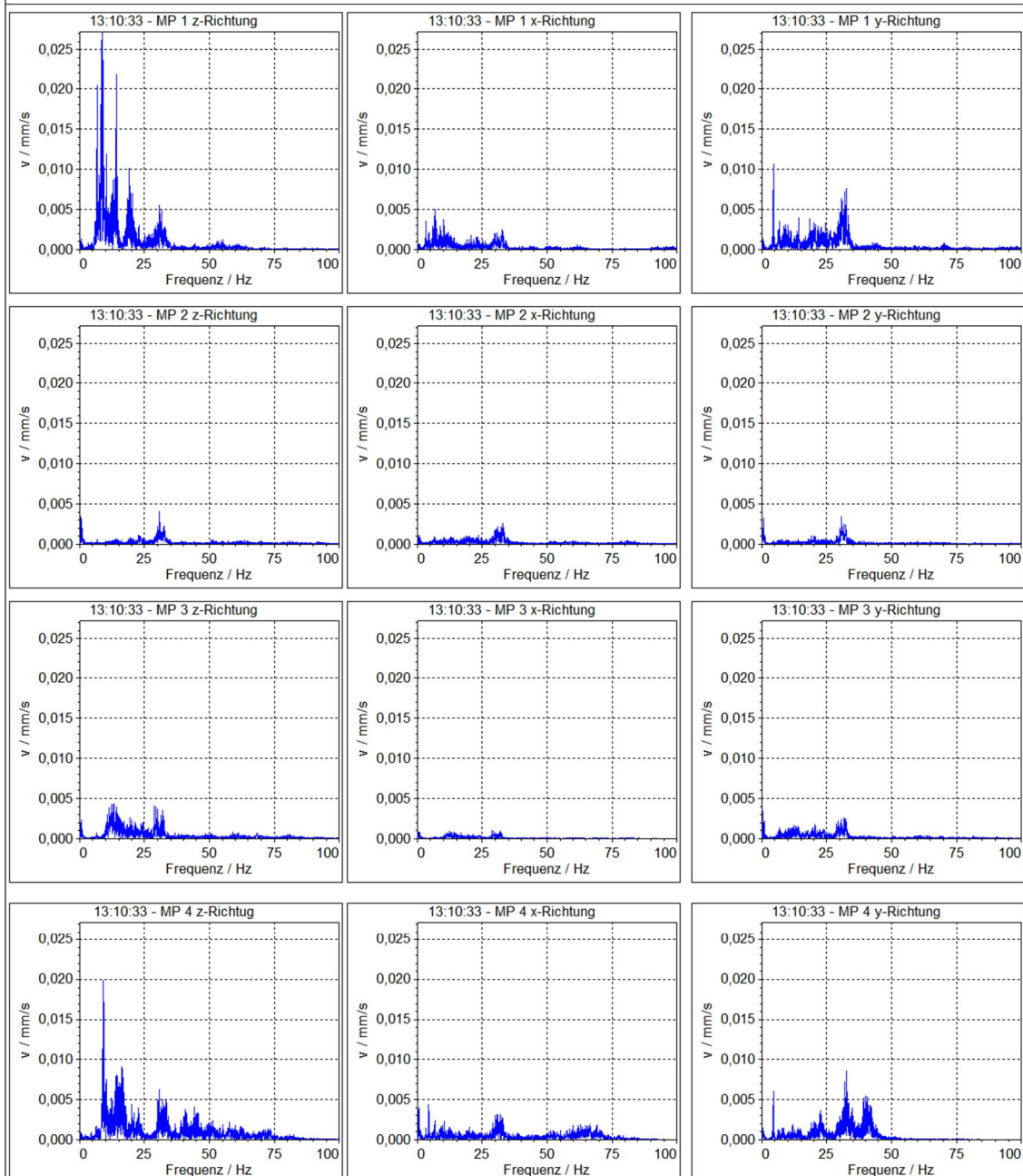


Abb. B8: Spektrum der Erschütterungen infolge der Zugvorbeifahrt 25 (GZ) auf Gl. 2

Datum: 12.10.2023

Projekt: Umnutzung Bahnhofsgebäude in Kitzingen
Erschütterungsprognose infolge Schienenverkehr
MP 1 im DG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 2 im EG des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 3 auf betonierter Fläche in Nähe des Gebäudes Bahnhofplatz 4
MP 4 im 2.OG des Gebäudes Bahnhofplatz 4

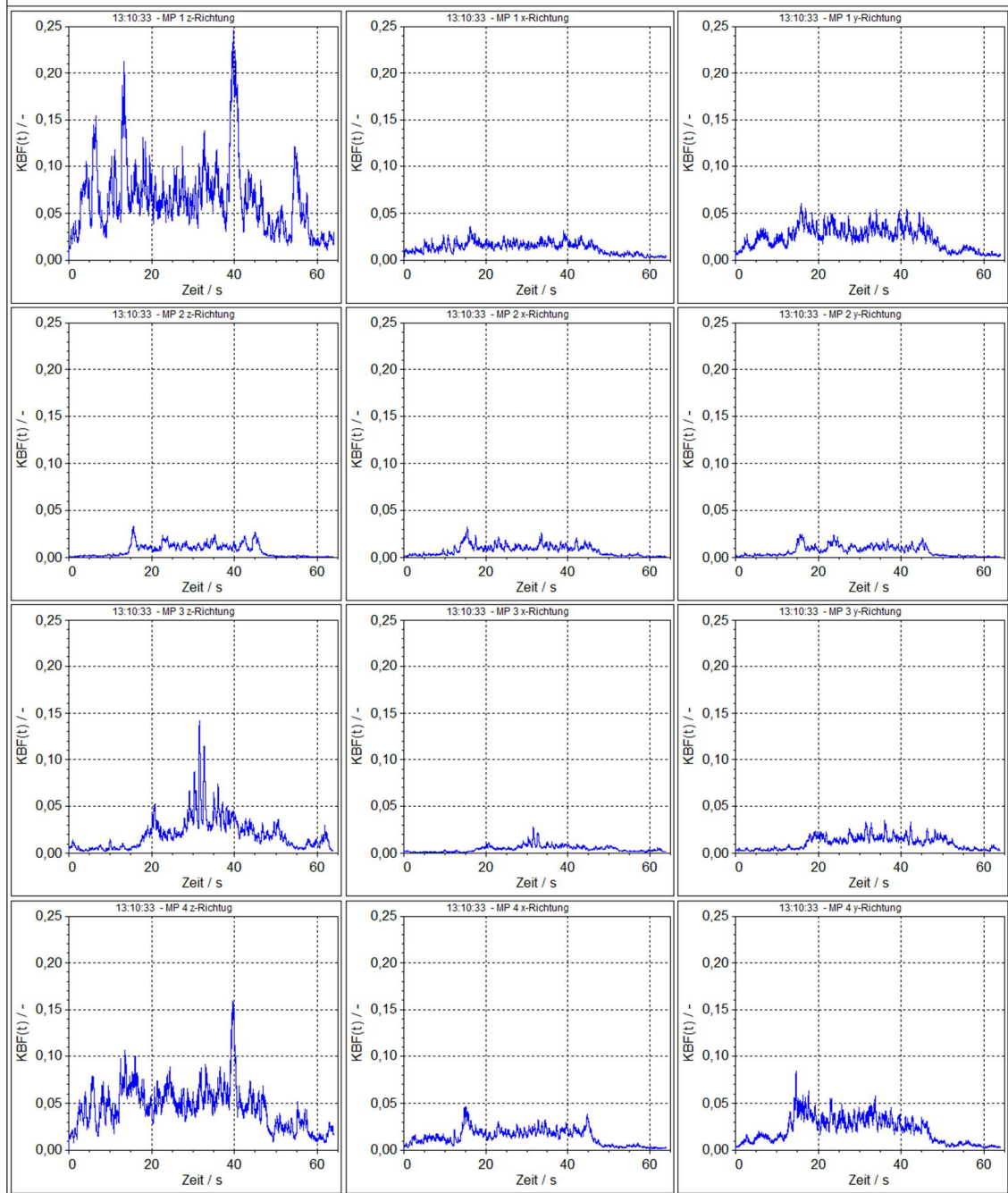


Abb. B9: Gleitender Effektivwert (KB-Wert) der Erschütterungen von Zugvorbeifahrt 25 (GZ) auf Gl. 2

Messergebnisse nach DIN 4150, Teil 2

Tab. B1: Gemessene KB_{FTi} -Werte der Zugvorbeifahrten für jeden Messpunkt

Zug Nr	Uhrzeit	Zugtyp	Fahrtrichtung	Gleis	Messwerte KB_{FTi} [-]											
					MP1			MP2			MP3			MP4		
					z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y
1	10:10	ICE	Würzburg	2	0,205	0,042	0,063	0,020	0,027	0,017	0,033	0,009	0,027			
2	10:14	ICE	Nürnberg	3	0,114	0,021	0,022	0,005	0,008	0,005	0,070	0,014	0,016			
3	10:18	ICE	Würzburg	2	0,211	0,038	0,058	0,021	0,030	0,022	0,032	0,009	0,025			
4	10:22	ICE	Nürnberg	3	0,110	0,017	0,035	0,007	0,008	0,008	0,027	0,006	0,022			
5.1	10:34	GZ	Nürnberg	3	0,121	0,021	0,027	0,007	0,009	0,008	0,025	0,006	0,019			
5.2	10:35	GZ	Nürnberg	3	0,182	0,028	0,037	0,011	0,012	0,008	0,021	0,016	0,017			
6	10:40	ICE	Würzburg	2	0,146	0,028	0,060	0,018	0,016	0,013	0,038	0,009	0,022			
7	10:55	RE	Würzburg	2	0,080	0,008	0,015	0,003	0,003	0,002	0,023	0,004	0,009			
8	11:00	RE	Würzburg	2	0,046	0,010	0,015	0,005	0,005	0,002	0,027	0,006	0,010			
9	11:01	RE	Nürnberg	3	0,041	0,015	0,019	0,004	0,004	0,005	0,030	0,006	0,010			
10	11:11	ICE	Würzburg	2	0,315	0,042	0,054	0,025	0,023	0,016	0,037	0,008	0,026			
11	11:20	ICE	Nürnberg	3	0,111	0,017	0,024	0,007	0,009	0,008	0,026	0,006	0,020			
12	11:42	ICE	Würzburg	2	0,236	0,017	0,031	0,003	0,002	0,002	0,007	0,013	0,002			
13	11:48	ICE	Nürnberg	3	0,111	0,019	0,028	0,006	0,008	0,007	0,066	0,013	0,020			
14	11:58	RE	Würzburg	2	0,079	0,010	0,008	0,001	0,002	0,002	0,039	0,008	0,010			
15	12:00	RE	Würzburg	2	0,111	0,018	0,021	0,006	0,006	0,008	0,036	0,008	0,019			
16	12:04	RE	Nürnberg	3	0,080	0,018	0,034	0,004	0,007	0,007	0,107	0,020	0,027			
17	12:05	RE	Nürnberg	3	0,042	0,011	0,020	0,005	0,004	0,002	0,051	0,009	0,008			
18	12:17	ICE	Würzburg	2	0,214	0,033	0,048	0,019	0,024	0,014	0,034	0,008	0,025			
19	12:18	ICE	Nürnberg	3	0,102	0,016	0,026	0,007	0,009	0,009	0,033	0,009	0,021			
20	12:39	ICE	Würzburg	2	0,163	0,032	0,057	0,017	0,018	0,013	0,058	0,033	0,022			
21.1	12:57	GZ	Würzburg	2	0,258	0,049	0,060	0,023	0,029	0,021	0,033	0,008	0,036			
22.2	12:57	GZ	Würzburg	2	0,232	0,039	0,047	0,017	0,022	0,017	0,049	0,010	0,029			
22	12:59	RE	Nürnberg	3	0,040	0,010	0,015	0,003	0,005	0,002	0,043	0,008	0,015			
23	13:02	RE	Nürnberg	3	0,048	0,015	0,030	0,009	0,007	0,011	0,059	0,013	0,017			
24.1	13:04	GZ	Würzburg	2	0,273	0,052	0,058	0,032	0,035	0,024	0,042	0,008	0,023			
24.2	13:05	GZ	Würzburg	2	0,253	0,033	0,061	0,029	0,018	0,016	0,032	0,009	0,025			
25.1	13:10	GZ	Würzburg	2	0,213	0,036	0,061	0,034	0,032	0,025	0,067	0,013	0,027	0,107	0,047	0,085
25.2	13:11	GZ	Würzburg	2	0,246	0,032	0,055	0,027	0,026	0,021	0,141	0,028	0,035	0,160	0,038	0,058
26	13:14	RE	Nürnberg	2	0,044	0,006	0,006	0,002	0,003	0,001	0,005	0,002	0,004	0,040	0,006	0,010
27	13:16	ICE	Nürnberg	3	0,173	0,026	0,025	0,007	0,011	0,007	0,050	0,010	0,020	0,120	0,021	0,052
28	13:25	RE	Würzburg	2	0,095	0,033	0,009	0,002	0,002	0,001	0,031	0,007	0,013	0,032	0,005	0,010
39	13:41	ICE	Würzburg	2	0,150	0,036	0,063	0,023	0,020	0,015				0,247	0,049	0,084
30	13:43	ICE	Nürnberg	3	0,146	0,038	0,043	0,007	0,010	0,010				0,180	0,035	0,034
31	14:24	ICE	Nürnberg	3	0,100	0,028	0,022	0,005	0,011	0,007				0,107	0,018	0,026
32	14:30	ICE	Würzburg	2	0,243	0,028	0,049	0,019	0,022	0,015				0,201	0,062	0,065
33	14:43	RE	Würzburg	2	0,039	0,010	0,011	0,003	0,004	0,002				0,092	0,007	0,017

Tab. B2: Übertragung der KB_{FTi} -Werte auf 40 m entfernte Gebäude

Zug ----- Nr	Uhrzeit	Zugtyp	Fahrtrichtung	Gleis	Prognosewerte KB_{FTi} [-]											
					MP1 nach Norm [-]			MP2 nach Norm [-]			MP3 nach Norm [-]			MP4 nach Norm [-]		
					z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y
1	10:10	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
2	10:14	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
3	10:18	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
4	10:22	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
5.1	10:34	GZ	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
5.2	10:35	GZ	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
6	10:40	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
7	10:55	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
8	11:00	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
9	11:01	RE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
10	11:11	ICE	Würzburg	2	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
11	11:20	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
12	11:42	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
13	11:48	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
14	11:58	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
15	12:00	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
16	12:04	RE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
17	12:05	RE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
18	12:17	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
19	12:18	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
20	12:39	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
21.1	12:57	GZ	Würzburg	2	0,103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
22.2	12:57	GZ	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
22	12:59	RE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
23	13:02	RE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
24.1	13:04	GZ	Würzburg	2	0,109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
24.2	13:05	GZ	Würzburg	2	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
25.1	13:10	GZ	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25.2	13:11	GZ	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	13:14	RE	Nürnberg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
28	13:16	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
29	13:25	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	13:41	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000
31	13:43	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000
32	14:24	ICE	Nürnberg	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000
33	14:30	ICE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000
34	14:43	RE	Würzburg	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000

Tab. B3: Beurteilungswerte gemäß DIN 4150-2 für Gebäude Bahnhofsplatz 2 und 4

		MP1 nach Norm [-]			MP2 nach Norm [-]			MP3 nach Norm [-]			MP4 nach Norm [-]		
		z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y
KB_{FTm}	RE	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	ICE	0,175	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,178	0,000	0,000
	GZ	0,227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,136	0,000	0,000
KB_{Fmax}		0,315	0,052	0,063	0,034	0,035	0,025	0,141	0,033	0,036	0,247	0,062	0,085
KB_{FTr,tag}		0,085	0,000	0,000	*	*	*	*	*	*	0,062	0,000	0,000
KB_{FTr,nacht}		0,114	0,000	0,000	*	*	*	*	*	*	0,071	0,000	0,000

* Ermittlung nicht erforderlich

Tab. B4: Beurteilungswerte gemäß DIN 4150-2 für das Gebäude Bahnhofsplatz 1

		MP1 nach Norm [-]			MP2 nach Norm [-]			MP3 nach Norm [-]			MP4 nach Norm [-]		
		z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y
KB_{FTm}	RE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	ICE	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	GZ	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KB_{Fmax}		0,125	0,021	0,025	0,013	0,014	0,010	0,056	0,013	0,014	0,098	0,025	0,034