

Beteiligungsgesellschaft
von:



*Zukunft
Gewissheit geben.*

GUTACHTEN

**Nr. L 7581-2
Assmannshausen**

**über die Erschütterungsmessungen
in einem Gebäude an der rechtsrheinischen Schienenstrecke
in Rüdesheim-Assmannshausen**



Messstelle nach § 26 Bundes-
Immissionsschutzgesetz
(BImSchG)

Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Umwelt,
Klimaschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden

Datum: 05.08.2014

Unsere Zeichen:
UT-F2/Go

Dokument:
L7581-2 Assmannshausen
Stand 2015-02-12 Freigabe zur
Veröffentlichung.docx

Ausgestellt am: 05.08.2014

Das Dokument besteht aus
34 Seiten
Seite 1 von 34

Die auszugsweise Wiedergabe
des Dokumentes und die
Verwendung zu Werbezwecken
bedürfen der schriftlichen
Genehmigung der
TÜV Technische
Überwachung Hessen GmbH.

Anzahl der Ausfertigungen: 3fach Auftraggeber
1fach Auftragnehmer

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die unter-
suchten Prüfgegenstände.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Markus Gooßens
Dipl.-Ing. Martin Heinig
Nico Petry

VMPA-SPG-134-97-HE



Managementsystem
ISO 9001 / ISO14001
zertifiziert durch:



Handelsregister Darmstadt HRB 4915
Id.-Nr.: DE 111665790
Bankverbindung:
Landesbank Hessen-Thüringen
Kto. 5007 594 004 · BLZ 500 500 00

Aufsichtsratsvorsitzender:
Dipl.-Ing. Horst Schneider
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Reiner Block
Dipl.-Betw. Erwin Blumenauer

Telefon: +49 69 7916-303
Telefax: +49 69 7916-477
www.tuev-hessen.de
TÜV®

TÜV Technische
Überwachung Hessen GmbH
Industrie Service
Geschäftsfeld Umwelttechnik
Am Römerhof 15
D-60486 Frankfurt am Main
Deutschland



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Rechts- und Beurteilungsgrundlagen	3
3	Anforderungen zum Erschütterungsschutz	4
	3.1. Anforderungen zur Vermeidung von Gebäudeschäden	4
	3.2. Anforderungen zum Schutz der Menschen in Gebäuden	5
4	Messdurchführung	7
	4.1. Messtag und –zeit	7
	4.2. Messsysteme	7
	4.3. Messorte	7
	4.4. Geräteeinstellung und Objekt-Zuordnung	12
	4.5. Angaben zu dem Erschütterungsemittenten.....	12
5	Messergebnis und Auswertung	13
	5.1. Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3).....	13
	5.2. Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2)	13
6	Zusammenfassung	14
7	Anhang:	16



1 Aufgabenstellung

Die TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH (nachfolgend kurz TÜV Hessen) wurde vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) mit Schreiben vom 23.1.2014 beauftragt die Erschütterungsimmissionen an ausgewählten Orten in der Nachbarschaft der rechtsrheinischen Schienenverkehrsstrecke zu ermitteln und zu bewerten. Ziel der Untersuchung ist es zu prüfen, inwieweit schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes infolge von Erschütterungen durch den Bahnverkehr vorliegen.

Im vorliegenden Bericht L7581-2 Assmannshausen wird hierzu ein Gebäude untersucht. Die Auswahl der Messorte erfolgte mit Abstimmung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Herrn Benarik).

2 Rechts- und Beurteilungsgrundlagen

Bei der Abfassung dieses Berichtes wurden folgende Rechts- und Beurteilungsgrundlagen herangezogen:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BIm-SchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 02. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943)
- DIN 4150 Teil 1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1, Vorermittlung von Schwingungsgrößen, vom Juni 2001
- DIN 4150 Teil 2, Ausgabe Juni 1999, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- DIN 4150 Teil 3, Ausgabe Februar 1999, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- DIN 45669 Teil 1, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1, Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, vom September 2010
- DIN 45669 Teil 1 Berichtigung 1, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1, Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, Berichtigung zu DIN 45669-1:2010-09, vom Dezember 2012
- DIN 45669 Teil 2, Messung von Schwingungsemissionen, Teil 2, Messverfahren, vom Juni 2005
- Auszug aus dem Liegenschaftskataster Hessen, Amt für Bodenmanagement Limburg a. d. Lahn, Gemeinde: Rüdesheim am Rhein, Gemarkung: Assmannshausen, Stand 16.06.2014



3 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Es ist hier zu unterscheiden zwischen den Anforderungen zum Schutz vor Gebäudeschäden und den Anforderungen zum Schutz der Menschen in Gebäuden im Hinblick auf die Belästigung durch Erschütterungsimmissionen.

3.1. Anforderungen zur Vermeidung von Gebäudeschäden

Die DIN 4150 Teil 3 enthält Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Kurzzeit- und Dauererschütterungen. Werden diese Anhaltswerte (DIN 4150 Teil 3, Tabelle 3) eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden bei Einhaltung der Anhaltswerte trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für die Schäden maßgebend sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, folgt daraus nicht unbedingt, dass Schäden auftreten werden.

Bei dem Schienenverkehr ist von Dauererschütterungen auszugehen, da deren häufiges, wiederholtes Auftreten und die zeitliche Länge der Anregung ausreichen, um in den betroffenen Strukturen Resonanzen erzeugen zu können (vgl. Ziffer 3.4; 3.5 DIN 4150 Teil 3). In der folgenden Tabelle 1 sind die entsprechenden Kennwerte der DIN 4150 Teil 3 dargestellt.

Tabelle 1: Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3, Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf **Bauwerke**

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5

Die Anhaltswerte der Tabelle 3 für horizontale Dauererschütterungen werden für die vertikalen Dauererschütterungen unter Ziffer 6.2 für Geschossdecken wie folgt ergänzt:



Für die Beurteilung vertikaler Schwinggeschwindigkeiten von **Geschossdecken** nennt die DIN 4150 Teil 3 für die Gebäude nach Tabelle 3 Zeilen 1 und 2 dieser Norm, einen Anhaltswert von:

$$v_i = 10 \text{ mm/s.}$$

Wird dieser Anhaltswert eingehalten, so treten erfahrungsgemäß keine Schäden auf, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen sind. Bei Gebäuden nach Tabelle 3 dieser Norm, Zeile 3 (z. B. Gebäude unter Denkmalschutz), wird kein Anhaltswert für die Beurteilung von Geschossdecken angegeben.

3.2. Anforderungen zum Schutz der Menschen in Gebäuden

In DIN 4150 Teil 2 werden Anforderungen an den Erschütterungsschutz genannt, bei deren Einhaltung eine erhebliche Belästigung von Menschen in Gebäuden ausgeschlossen werden kann. In der folgenden Tabelle 2 sind die entsprechenden Kennwerte der DIN 4150 Teil 2 dargestellt. Als Beurteilungsgröße dient die bewertete Schwingstärke KB_F die aus den unbewerteten Erschütterungssignalen (Schwinggeschwindigkeit bzw. Schnelle für alle drei Raumrichtungen) bestimmt wird. Aus dem aufgezeichneten Signal aller drei Raumrichtungen wird der Maximalwert KB_{Fmax} bestimmt und das Signal wird in i Takte von 30 Sekunden eingeteilt. Der den Takt i bestimmende Wert wird KB_{FTi} genannt. In der Norm sind die Anhaltswerte A_u und A_o genannt, die mit dem Wert KB_{Fmax} verglichen werden

Die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 gelten als eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \leq A_u$ ist.

Wird der untere Anhaltswert A_u überschritten ist zu prüfen, ob der obere Anhaltswert A_o eingehalten ist und ob die Erschütterungseinwirkungen selten oder häufig auftreten. Wird bei dieser Prüfung der Anhaltswert A_o eingehalten und sind die Erschütterungen seltene Ereignisse, dann sind auch die Anforderungen der Norm eingehalten. Treten die Erschütterungen häufig auf, so ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Dabei werden Erschütterungen, die unter der Schwelle von $KB_{FTi} = 0,1$ liegen gleich 0 gesetzt, um die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nicht wesentlich anzuheben. Hierfür wird die Anzahl dieser Takte bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke dennoch berücksichtigt.

Die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 gelten auch dann als eingehalten, wenn $KB_{FTr} \leq A_r$ ist.

Für Schienenverkehr macht die DIN 4150 Teil 2 im Abschnitt 6.5.3.5 eine abweichende Bedeutung des oberen Anhaltswertes A_o . Bei seltener Überschreitung des oberen Anhaltswertes A_o durch den Schienenverkehr gilt die Norm in der Nachtzeit als eingehalten. Außerdem wird ein weiterer oberer Anhaltswert von $A_o = 0,6$ genannt der mit dem KB_{FTi} -Wert zu vergleichen ist, bei dessen Überschreitung nach der Ursache (z.B. Flachstellen an den Rädern) bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben ist. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von KB_{FTr} zu berücksichtigen.



Tabelle 2: Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2, Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (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

Bei durch **Schieneverkehr** verursachten Erschütterungen, wird bei einer Überschreitung des unteren Anhaltswertes A_u durch die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ gleich im nächsten Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ ermittelt und mit dem Anhaltswert A_r verglichen. Des Weiteren wird bei der Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ aus Schienenverkehrserschütterungen der Faktor zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten **nicht** angewendet.



4 Messdurchführung

4.1. Messtag und –zeit

Die Messungen wurden in der Nachtzeit zwischen 22:00 Uhr und 6:00 Uhr am Mittwoch, den 2. April, auf Donnerstag, den 3. April, von Herrn Markus Gooßens und Herrn Martin Heinig durchgeführt.

4.2. Messsysteme

Für die Erschütterungsmessungen wurde ein 8-kanaliges Schwingungsmesssystem vom Typ 9800 der Firma Beitzler- Messtechnik eingesetzt. Das System 9800 ist ein Schwingungsmesser nach DIN 45669 Teil 1. Die verwendete Erschütterungsmesseinrichtung „HLUG-A“ vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie wurde durch den Hersteller im November 2012 unter Bezug auf das nationale Normal kalibriert. Diese Kalibrierung ist somit bis November 2014 gültig. Die Genauigkeit der gemessenen Erschütterungssignale mit der verwendete Messeinrichtung (unbewertet/bewertet) beträgt $\pm 15\%$ (nach DIN 4150).

Die Ankopplung der Schwingungsaufnehmer erfolgt nach DIN 45699 Teil 2 für Aufstellung und Ankopplung bei harten Unterlagen nach Ziff. 5.3.2 (Bild1 b). Hierfür werden an den Platten jeweils drei abgerundete Füße festgeschraubt und möglichst waagrecht aufgestellt. Ein Abheben oder Wandern der Schwingungsaufnehmer ist dann nicht zu erwarten, wenn die Schwingbeschleunigungsspitzenwerte in allen Messrichtungen $\leq 3 \text{ m/s}^2$ sind. Damit lassen sich nach DIN 45669 Teil 2 unverfälschte Messungen bis 100 Hz für die vertikale Richtung und bis 40 Hz für die horizontale Richtung durchführen.

Für die Aufstellung bei weichen Unterlagen erfolgt die Ankopplung nach Ziff. 5.3.2 (Bild a) der DIN 45699 Teil 2. Hierbei werden spitze Füße für das Eindringen in die weichen Unterlagen, wie zum Beispiel Teppich oder Fußbodenbelag, an die Platten angeschraubt. Der Frequenzbereich für vernachlässigbare Messabweichungen wird in der DIN 45699 Teil 2 Ziff. 5.3.3.1 mit bis 100 Hz für alle Richtungen angegeben. Die Schwingbeschleunigungsspitzenwerte sollen dabei in allen Messrichtungen $\leq 3 \text{ m/s}^2$ sein. Die Masse des Schwingaufnehmer mit Ankopplungseinrichtung soll etwa 2,5 kg betragen.

4.3. Messorte

Die Messung wurde an einem Objekt durchgeführt:

Objekt 3: Gebäude

Die Gebietsausweisung wurde gemäß Auskunft als Misch-/Dorfgebiet (MI) angegeben. Entsprechend der tatsächlichen Nutzung erfolgte weiter unten der Vergleich mit den Anhaltswerten für Dorf-/Mischgebieten (MI).

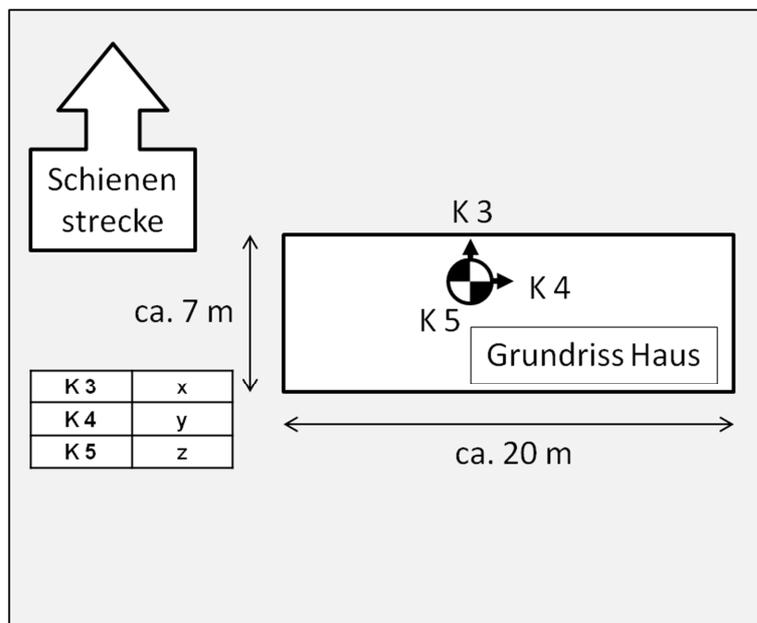
Die konkreten Messorte im Gebäude sollen nach DIN 4150 Teil 2 an den Stellen gewählt werden, an denen die stärksten Erschütterungen zu erwarten sind. Dies ist erfahrungsgemäß für vertikale Schwingungen die Deckenfeldmitte des oberen Geschosses. Für horizontale Schwingungen soll nach DIN 4150 Teil 3 an den Außenwänden gemessen werden. Für die Bewertung nach DIN 4150 Teil 3 soll zusätzlich am Fundament ein Messort gewählt werden.

4.3.1. Messorte bei Objekt 3

Das Objekt 3 ist ein dreistöckiges Gebäude. Im Erdgeschoss befinden sich Garagen und darüber befinden sich Zimmer. Das Haus ist nicht unterkellert. Der Abstand zwischen der Mitte des nächstgelegenen Gleises (Gleis 2 Richtung Wiesbaden) beträgt etwa 7,5 m. Der Bahndamm ist ca. 2 m hoch.

Messpunkt 1

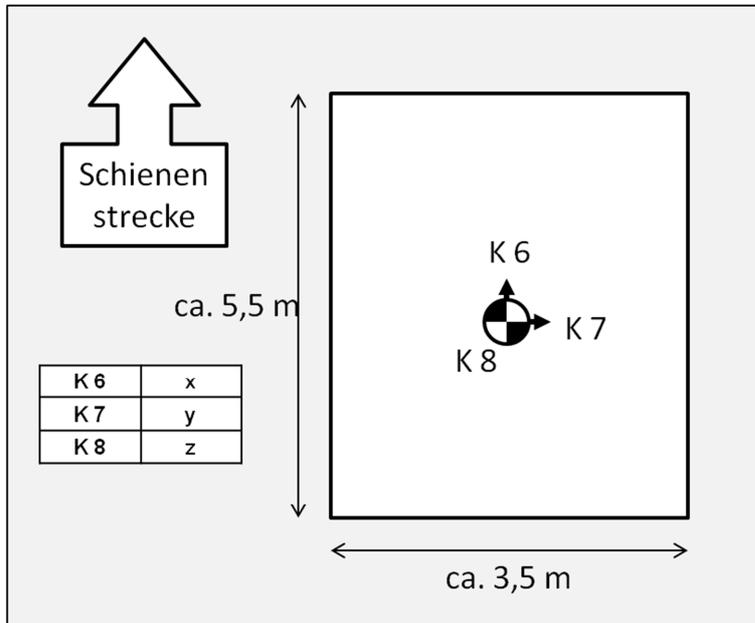
Der Messpunkt 1 wurde im Erdgeschoss in der Nähe der Außenwand, welche zur Bahnstrecke zeigt, festgelegt. Mit einem Triaxial-Geophon werden hier die Einwirkungen auf das Fundament untersucht.





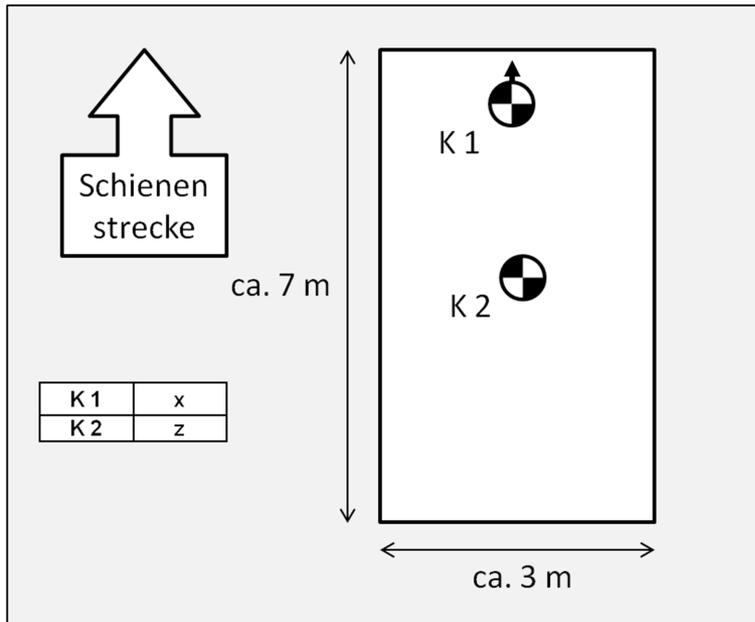
Messpunkt 2

Der Messpunkt 2 wurde im 1. Obergeschoss in einem Zimmer in der Deckenfeldmitte platziert.



Messpunkt 3 und 4

Der Messpunkt 3 wurde im 2. Obergeschoss im Wohnzimmer in der Nähe der Außenwand, welche der Quellenanregung zugewandt ist, bestimmt. Hier werden die höchsten horizontalen Erschütterungen erwartet. Für die vertikalen Schwingungen im 2. Obergeschoss wurde der Messpunkt 4 festgelegt. Dieser befindet sich im Wohnzimmer auf der Deckenfeldmitte des Wohnhauses. Hier werden die höchsten vertikalen Einwirkungen der Erschütterungen erwartet.





Für das Objekt 3 wurde die Erschütterungsmesseinrichtung „HLUG-A“ vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie verwendet. Es wurden folgende Kanäle zu den Messpunkten zugeordnet:

Tabelle 3: Kanalbelegung der Messeinrichtung „HLUG-A“ bei Objekt 3

	Kanal		Ausrichtung zur Außenwand / Gleisstrecke	Position
MP 3	1	x	horizontal senkrecht	Außenwand 2. OG
MP 4	2	z	vertikal	Deckenfeldmitte Wohnzimmer 2. OG
MP 1	3	x	horizontal senkrecht	Fundament Außenwand
	4	y	horizontal parallel	
	5	z	vertikal	
MP 2	6	z	horizontal senkrecht	Deckenfeldmitte Zimmer 1. OG
	7	x	horizontal parallel	
	8	y	vertikal	

4.4. Geräteeinstellung und Objekt-Zuordnung

Dem Objekt 3 wurde die Messeinrichtung „HLUG-A“ vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie zugeordnet. Die Messungen wurden per Hand gestartet. Zur weiteren Information wurde die Zuggattung, Fahrtrichtung und die Uhrzeit der Vorbeifahrt notiert.

Aufgezeichnet wurde als primäres Messsignal für jeden Vorgang an der Messeinrichtung das der Schwingschnelle (Schwinggeschwindigkeit) proportionale und bandbegrenzte Signal nach DIN 45669 Teil 1 im Arbeitsfrequenzbereich von 1 Hz bis 315 Hz.

4.5. Angaben zu dem Erschütterungsemittenten

Der zu untersuchende Erschütterungsemittent ist die zweigleisige Schienenstrecke 3507 Wiesbaden Ost – Niederlahnstein. Diese Schienenstrecke wird nachts hauptsächlich von Güterzügen befahren. Es verkehren zur Nachtzeit (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nur vereinzelt Regionalbahnen.

Die Störquellen im Objekt 3 sind die Bewegungen der Bewohner.. Während der Messzeit waren keine Bewohner in dem maßgeblichen Gebäudeteil t, daher sind diese als Störquelle auszuschließen. Etwaige Bewegungen der Bewohner der Wohnung im 2. Obergeschoss, die zeitgleich während einer Messung stattfanden, sind in den Zeitverläufen der Schwingungen als Überlagerung zu der eigentlichen Einwirkung des Zugverkehrs nicht ersichtlich. Durch das Sichten der Zeitverläufe konnte bei keiner aufgezeichneten Messung ein eindeutiger fremderzeugter Ausschlag durch die Bewohner festgestellt werden, so dass eine diesbezügliche Überbewertung auszuschließen ist.



5 Messergebnis und Auswertung

In der Nacht zwischen 22:00 und 06:00 Uhr vom 3. April auf den 4. April 2014 sind insgesamt 102 Züge in Assmannshausen durchgefahren. Sie teilen sich auf in 6 Regionalbahnen (3 Richtung Koblenz; 3 Richtung Wiesbaden) und 96 Güterzüge (46 Richtung Koblenz; 50 Richtung Wiesbaden).

Die einzelnen Messergebnisse sind für das Objekt 3 in Anhang 1 bis 4 mit der maximalen Schwingschnelle v_{\max} , den $KB_{F_{\max}}$ -Werten und den $KB_{F_{Tm}}$ -Werten dargestellt.

Ausgewertet wurden nur Messungen bei denen gesichert keine wesentlichen Störungen durch andere Erschütterungsemittenten (Straße, Personen) zu finden waren.

Die Genauigkeit der mit den verwendeten Messeinrichtungen gemessenen Erschütterungssignale (unbewertet/bewertet) beträgt nach DIN 45669 Teil 2 $\pm 15\%$. Ein Abzug der Messunsicherheit auf die dargestellten Ergebnisse wurde mit vorliegender Auswertung nicht durchgeführt.

5.1. Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3)

Objekt 3

Die höchsten horizontalen Schwingungen wurden bei der Messung Nr. 88 auf dem Messpunkt 2 (Kanal 7, 1. OG, horizontal rechtwinklig zur Gleisstrecke ausgerichtet) festgestellt. Die maximale Schwinggeschwindigkeit betrug:

$$v_{\max} = 0,936 \text{ mm/s.}$$

Der Emittent war ein Güterzug Richtung Wiesbaden um 4:29 Uhr. Der Anhaltswert von $v_i = 5 \text{ mm/s}$ nach Tabelle 3 Zeile 2 dieser Norm, wird somit unterschritten.

Die höchsten vertikalen Schwingungen wurden auf dem Messpunkt 4 (Kanal 2, 2. OG, Wohnzimmer, Deckenfeldmitte) bei der Messung Nr. 100 festgesellt. Hierbei wurde die maximale Schwinggeschwindigkeit mit

$$v_{\max} = 0,820 \text{ mm/s}$$

während der Vorbeifahrt eines Güterzuges Richtung Koblenz um 5:44 Uhr gemessen. Für die Deckenschwingungen in vertikaler Richtung wird nach der Norm der Anhaltswert von $v_i = 10 \text{ mm/s}$ eingehalten.

5.2. Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2)

Objekt 3

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen der Einwirkung auf Menschen in Gebäuden sind nur Messpunkte von Bedeutung die in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen angeordnet sind. Hier wird zur Vereinfachung nur der nachfolgende Messpunkt 2 im 1. Obergeschoss für das Zimmer aufgeführt. Die Auswertung der weiteren Messpunkte ist im Anhang 3 dargestellt.



Für das Zimmer im 1. Obergeschoss wurde die höchste maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ -Wert (Kanal 6, Deckenfeldmitte vertikal) von:

$$KB_{F_{max}} = 0,394$$

mit der Messung Nr. 36 (Güterzug Richtung Wiesbaden um 0:18 Uhr) ermittelt. Hierbei wird der obere Anhaltswert von 0,3 für Dorf-/Mischgebieten überschritten. Insgesamt wurde der obere Anhaltswert in der gesamten Messzeit (22:00 bis 6:00 Uhr) 12-mal überschritten.

Weiterhin wurde für diesen Messpunkt 2 (Kanal 6, Deckenfeldmitte, vertikal) im Zimmer des 1. Obergeschosses die Beurteilungsstärke $KB_{F_{Tr}}$ für die gesamte Messung von 102 Zugvorbeifahrten berechnet. Die Beurteilungsschwingstärke wurde mit einem Wert für die Nachtzeit von:

$$KB_{F_{Tr}} = 0,069$$

ermittelt. Damit wird der Anhaltswert A_r von 0,07 nachts unterschritten. Somit gelten die Anforderungen der Norm als eingehalten.

6 Zusammenfassung

Es wurden die Erschütterungsimmissionen am Objekt 3 in Assmannshausen untersucht. Nach der DIN 4150 Teil 3 konnte für das Gebäude keine Überschreitung der Anhaltswerte festgestellt werden. Schäden durch Erschütterungen sind hier somit erfahrungsgemäß nicht zu erwarten.

Die Beurteilung der Messergebnisse nach DIN 4150 Teil 2 ist in Tabelle 4 dokumentiert.

Tabelle 4: Beurteilung der Messwerte hinsichtlich ihrer Einwirkung auf den Menschen

	Gebiets- nutzung	$KB_{F_{max}}$	A_o	$KB_{F_{Tr}}$	A_r	Ausschöpfung des Anhalts- wertes	Beurteilung
Objekt 3	MI	0,394	0,3	0,069	0,07	99 %	A_o über- schritten A_r nicht über- schritten

Der Anhaltswert A_r zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ der DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1 wird an dem Gebäude geringfügig unterschritten und ist hier ausgeschöpft. Somit gelten die Anforderungen der Norm noch als eingehalten. Bei Addition einer Messunsicherheit nach DIN 45669 Teil 2 von $\pm 15\%$ kann der Anhaltswert A_r im ungünstigen Fall auch überschritten werden. Neben einer ungünstigen Messunsicherheit kann eine höhere Zuganzahl ebenfalls zu einer Überschreitung des Anhaltswertes A_r führen, womit die Norm dann in diesem Falle nicht eingehalten wäre.

Der obere Anhaltswert A_o wurde in der gesamten Messzeit (22:00 bis 6:00 Uhr) **12-mal** an Objekt 3 überschritten.



*Nach Ziffer 6.5.3.5 der DIN 4150 Teil 2 hat der obere Anhaltswert A_o für den Schienenverkehr 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 $A_o = 0,6$ so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben. Bei der Messung wurde dieser obere Anhaltswert bei Objekt 3 nicht überschritten.*

Die Messungen haben zum Ergebnis geführt, dass bei Objekt 3 die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 grenzwertig unterschritten bzw. ausgeschöpft werden. Unter Berücksichtigung der systemischen Unsicherheit der Messketten mit 15% kann eine Ausschöpfung bzw. mit hinzurechnen der Unsicherheit auch eine Überschreitung für den Anhaltswert in der Deckenfeldmitte im 1.OG (MP 2) festgestellt werden (99% des Anhaltswertes plus 15%), womit eine erhebliche Belästigung einhergehen würde. Dies bedeutet, dass bei dem vorhandenen Schienenverkehr unter Würdigung der Kriterien der Regelmäßigkeit des nächtlichen Vorkommens, d.h. nach Art, Ausmaß und Dauer gemäß § 3 (1) (3) im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes „schädliche Umwelteinwirkungen“ nicht auszuschließen sind.

Umwelt Service
Umweltgutachten
Lärm- und Erschütterungsschutz

Markus Gooßens

Martin Heinig

Erich Krämer



7 Anhang:

Anhang 1:	Übersicht der Immissionswerte für Objekt 3.....	17
Anhang 2:	Darstellung der v_{\max} -Werte für Objekt 3.....	18
Anhang 3:	Darstellung der $KB_{F_{\max}}$ -Werte für Objekt 3	24
Anhang 4:	Darstellung der KB_{FTm} -Werte für Objekt 3	30



Anhang 1: Übersicht der Immissionswerte für Objekt 3

Gebäude: 65385 Rüdesheim-Assmannshausen
Messzeitraum: 02.04.2014 22:00 Uhr bis 03.04.2014 06:00 Uhr
Gebietsausweisung: Misch-/ Dorfgebiet (MI)
Bewertung: nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2
 unterer Anhaltswert $A_u = 0,15$ (nachts)
 oberer Anhaltswert $A_o = 0,3$ (nachts)
 oberer Anhaltswert nach Ziffer 6.5.3.5 $A_o = 0,6$ (nachts)
 Anhaltswert zur Beurteilung $A_r = 0,07$ (nachts)

	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ
	2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	x	z	x	y	z	z	x	y
KB_{Fmax}	0,278	0,349	0,166	0,067	0,230	0,394	0,248	0,190
Anzahl der A_o -Überschreitungen		2				12		
KB_{FTr}	0,038	0,062	0,014	0,000	0,026	0,069	0,028	0,019
KB_{FTm}	0,116	0,190	0,041	0,000	0,078	0,209	0,084	0,059

grün markierte: Anforderung der Norm eingehalten
gelb markierte: A_u überschritten, KB_{FTr} wird geprüft
rot markierte: Anforderung der Norm nicht eingehalten

Bei der Messung wurde der obere Anhaltswert nach Ziffer 6.5.3.5 mit $A_o = 0,6$ nicht überschritten

Messpositionen:

WZ 2. OG	K1	Wohnzimmer im 2. Obergeschoss (nähe Außenwand, horizontal senkrecht zur Bahn)
WZ 2. OG	K2	Wohnzimmer im 2. Obergeschoss (Deckenmitte, vertikal)
EG	K3	Erdgeschoss / Fundament (nähe Außenwand, horizontal senkrecht zur Bahn)
EG	K4	Erdgeschoss / Fundament (nähe Außenwand, horizontal parallel zur Bahn)
EG	K5	Erdgeschoss / Fundament (nähe Außenwand, horizontal vertikal)
HZ 1. OG	K6	Zimmer im 1. Obergeschoss (Deckenmitte, vertikal)
HZ 1. OG	K7	Zimmer im 1. Obergeschoss (Deckenmitte, horizontal senkrecht zur Bahn)
HZ 1. OG	K8	Zimmer im 1. Obergeschoss (Deckenmitte, horizontal parallel zur Bahn)



Anhang 2: Darstellung der v_{\max} -Werte für Objekt 3

Objekt 3: 65385 Rüdesheim-Assmannshausen

Messzeitraum: 02.04.2014 22:00 Uhr bis 03.04.2014 06:00 Uhr

Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$v_{\max,i}$ [mm/s]								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
6	02.04.2014	22:01	20	1	Ko	GZ	-	-	18	0,230	0,515	0,110	0,074	0,151	0,398	0,167	0,273								
7	02.04.2014	22:04	30	1	Ko	GZ	405	104	14	0,250	0,533	0,179	0,074	0,214	0,421	0,208	0,151								
8	02.04.2014	22:11	10	1	Ko	RB	15	18	3	0,111	0,114	0,057	0,032	0,074	0,120	0,098	0,073								
9	02.04.2014	22:14	25	1	Ko	GZ	285	103	10	0,396	0,432	0,170	0,121	0,162	0,323	0,193	0,204								
10	02.04.2014	22:17	30	1	Wi	GZ	570	71	29	0,403	0,333	0,203	0,092	0,201	0,411	0,282	0,187								
11	02.04.2014	22:18				Hin.				0,010	0,012	0,003	0,002	0,004	0,012	0,016	0,028								
12	02.04.2014	22:19	20	1	Ko	GZ	345	89	14	0,224	0,223	0,121	0,092	0,164	0,220	0,360	0,289								
13	02.04.2014	22:21	25	1	Wi	GZ	495	74	24	0,361	0,465	0,199	0,082	0,280	0,370	0,248	0,139								
14	02.04.2014	22:24	30	1	Ko	GZ	480	64	27	0,579	0,494	0,217	0,095	0,583	0,565	0,408	0,321								
15	02.04.2014	22:27	30	1	Wi	GZ	555	74	27	0,893	0,352	0,322	0,081	0,263	0,552	0,566	0,211								
16	02.04.2014	22:39	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	165	59	60	0,281	0,485	0,194	0,095	0,193	0,385	0,343	0,266								
17	02.04.2014	22:46	10	1	Wi	RB	58	42	5	0,172	0,174	0,082	0,045	0,114	0,244	0,181	0,145								
18	02.04.2014	22:47				Hin.				0,004	0,006	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,003								
19	02.04.2014	22:50	30	1	Ko	GZ	675	84	29	0,371	0,538	0,169	0,114	0,262	0,507	0,319	0,243								
20	02.04.2014	22:53	20	1	Wi	GZ	285	93	11	0,364	0,546	0,241	0,082	0,248	0,425	0,775	0,538								
21	02.04.2014	22:58	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,297	0,330	0,195	0,183	0,202	0,342	0,394	0,301								
22	02.04.2014	23:00	25	1	Ko	GZ	360	54	24	0,199	0,446	0,156	0,087	0,259	0,398	0,152	0,143								
23	02.04.2014	23:04	30	1	Ko	GZ	405	58	25	0,270	0,484	0,157	0,104	0,231	0,364	0,206	0,139								
24	02.04.2014	23:11	10	1	Ko	RB	45	20	8	0,098	0,082	0,047	0,028	0,055	0,096	0,070	0,055								
25	02.04.2014	23:18	20	1	Ko	GZ	285	60	17	0,285	0,547	0,153	0,063	0,250	0,430	0,155	0,124								
26	02.04.2014	23:25	30	1	Ko	GZ	465	64	26	0,295	0,584	0,140	0,092	0,239	0,553	0,196	0,173								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$v_{max,i}$ [mm/s]								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
27	02.04.2014	23:30	25	1	Ko	GZ	390	70	20	0,189	0,452	0,112	0,057	0,169	0,343	0,150	0,156								
28	02.04.2014	23:35	20	1	Ko	GZ	315	81	14	0,364	0,370	0,184	0,105	0,192	0,365	0,300	0,279								
29	02.04.2014	23:41	25	1	Ko	GZ	525	86	22	0,240	0,447	0,226	0,085	0,278	0,542	0,224	0,160								
30	02.04.2014	23:47	20	1	Wi	GZ	405	83	18	0,284	0,237	0,195	0,069	0,208	0,506	0,264	0,251								
31	02.04.2014	23:54	15	1	Wi	GZ	210	76	10	0,211	0,266	0,232	0,064	0,222	0,318	0,241	0,160								
32	02.04.2014	23:59	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,414	0,520	0,235	0,114	0,254	0,614	0,453	0,348								
33	03.04.2014	0:04	25	1	Wi	GZ	615	92	24	0,361	0,306	0,227	0,084	0,248	0,368	0,312	0,294								
34	03.04.2014	0:10	30	1	Wi	GZ	600	90	24	0,362	0,482	0,248	0,067	0,256	0,524	0,340	0,286								
35	03.04.2014	0:14	25	1	Wi	GZ	630	99	23	0,378	0,496	0,206	0,089	0,268	0,647	0,305	0,185								
36	03.04.2014	0:18	30	1	Wi	GZ	585	78	27	0,421	0,480	0,176	0,098	0,258	0,726	0,491	0,411								
37	03.04.2014	0:20	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,274	0,430	0,123	0,076	0,213	0,378	0,174	0,114								
38	03.04.2014	0:23	20	1	Wi	GZ	330	66	18	0,347	0,455	0,304	0,103	0,412	0,453	0,348	0,277								
39	03.04.2014	0:23	20	1	Ko	GZ	465	80	21	0,325	0,455	0,149	0,076	0,248	0,370	0,224	0,195								
40	03.04.2014	0:28	30	1	Wi	GZ	405	56	26	0,357	0,312	0,227	0,085	0,294	0,503	0,507	0,462								
41	03.04.2014	0:35	10	1	Wi	GZ	105	76	5	0,476	0,534	0,231	0,091	0,366	0,613	0,491	0,345								
42	03.04.2014	0:36	30	1	Ko	GZ	645	89	26	0,209	0,520	0,139	0,074	0,244	0,432	0,168	0,150								
43	03.04.2014	0:39	25	1	Wi	GZ	555	91	22	0,478	0,475	0,238	0,112	0,324	0,524	0,880	0,624								
44	03.04.2014	0:43	35	2	Ko	GZ	690	86	29	0,316	0,397	0,281	0,089	0,308	0,323	0,345	0,197								
45	03.04.2014	0:46	20	1	Wi	GZ	300	83	13	0,408	0,371	0,318	0,107	0,250	0,541	0,461	0,350								
46	03.04.2014	0:47	25	1	Ko	GZ	570	98	21	0,216	0,378	0,110	0,065	0,193	0,391	0,173	0,216								
47	03.04.2014	0:50	30	1	Wi	GZ	330	48	25	0,224	0,472	0,124	0,069	0,208	0,379	0,181	0,142								
48	03.04.2014	0:55	15	1	Ko	GZ	285	93	11	0,358	0,366	0,227	0,116	0,315	0,391	0,450	0,300								
49	03.04.2014	1:00	45	2	Ko	GZ	510	48	38	0,208	0,302	0,183	0,066	0,248	0,373	0,245	0,131								
50	03.04.2014	1:05	60	2	Ko	GZ	495	30	59	0,302	0,159	0,063	0,039	0,150	0,139	0,129	0,070								
51	03.04.2014	1:13	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	315	34	60	0,436	0,302	0,195	0,098	0,222	0,434	0,441	0,396								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk-Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug-art	Fahrt-richtung	Zug-länge l [m]	Zug-Geschw. v [km/h]	Vorbei-fahrtzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$v_{max,i}$ [mm/s]								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
52	03.04.2014	1:21	30	1	Wi	GZ	-	-	27	0,505	0,453	0,290	0,100	0,276	0,657	0,642	0,578								
53	03.04.2014	1:24	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,370	0,336	0,185	0,061	0,258	0,538	0,287	0,197								
54	03.04.2014	1:34	25	1	Ko	GZ	540	85	23	0,270	0,538	0,137	0,063	0,255	0,450	0,165	0,204								
55	03.04.2014	1:40	20	1	Ko	GZ	405	86	17	0,262	0,474	0,165	0,081	0,226	0,385	0,199	0,131								
56	03.04.2014	1:49	25	1	Wi/Ko	GZ/GZ	600	90	33	0,407	0,491	0,243	0,104	0,330	0,620	0,339	0,377								
57	03.04.2014	1:56	30	1	Ko	GZ	540	75	26	0,198	0,528	0,184	0,075	0,222	0,443	0,241	0,198								
58	03.04.2014	1:57	20	1	Wi	GZ	-	-	19	0,534	0,343	0,189	0,104	0,270	0,387	0,632	0,365								
59	03.04.2014	2:00	25	1	Ko	GZ	450	68	24	0,199	0,577	0,146	0,083	0,309	0,412	0,180	0,174								
60	03.04.2014	2:01	20	1	Wi	GZ	420	76	20	0,327	0,321	0,154	0,079	0,214	0,339	0,514	0,388								
61	03.04.2014	2:04	45	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	75	44	0,344	0,642	0,170	0,083	0,270	0,532	0,324	0,248								
62	03.04.2014	2:20	30	1	Wi	GZ	645	86	27	0,485	0,660	0,463	0,110	0,565	0,699	0,543	0,496								
63	03.04.2014	2:21	30	1	Ko	GZ	600	77	28	0,235	0,424	0,217	0,095	0,229	0,397	0,180	0,157								
64	03.04.2014	2:24	25	1	Wi	GZ	465	76	22	0,366	0,349	0,198	0,097	0,238	0,470	0,352	0,332								
65	03.04.2014	2:27	20	1	Ko	GZ	390	83	17	0,234	0,240	0,112	0,076	0,241	0,237	0,140	0,127								
66	03.04.2014	2:32	30	1	Wi	GZ	615	92	24	0,308	0,358	0,131	0,075	0,185	0,365	0,321	0,248								
67	03.04.2014	2:36	30	1	Wi	GZ	540	93	21	0,373	0,436	0,186	0,084	0,295	0,738	0,585	0,407								
68	03.04.2014	2:41	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,283	0,263	0,164	0,070	0,212	0,422	0,253	0,208								
69	03.04.2014	3:01	25	1	Wi	GZ	555	95	21	0,479	0,419	0,303	0,099	0,305	0,536	0,877	0,648								
70	03.04.2014	3:08	25	1	Ko	GZ	375	68	20	0,327	0,391	0,154	0,088	0,205	0,371	0,239	0,206								
71	03.04.2014	3:14	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,372	0,413	0,217	0,070	0,200	0,543	0,260	0,216								
72	03.04.2014	3:17	20	1	Ko	GZ	300	54	20	0,167	0,360	0,118	0,062	0,184	0,334	0,164	0,231								
73	03.04.2014	3:18	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,389	0,375	0,210	0,076	0,286	0,511	0,700	0,579								
74	03.04.2014	3:26	20	1	Wi	GZ	375	68	20	0,449	0,524	0,235	0,105	0,287	0,685	0,911	0,630								
75	03.04.2014	3:27	25	1	Ko	GZ	405	69	21	0,252	0,386	0,132	0,096	0,203	0,327	0,250	0,205								
76	03.04.2014	3:31	20	1	Ko	GZ	510	102	18	0,313	0,443	0,217	0,071	0,249	0,394	0,367	0,216								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk-Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug-art	Fahrt-richtung	Zug-länge l [m]	Zug-Geschw. v [km/h]	Vorbei-fahrtzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$v_{max,i}$ [mm/s]								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
77	03.04.2014	3:35	25	1	Ko	GZ	450	74	22	0,240	0,512	0,154	0,073	0,228	0,447	0,182	0,132								
78	03.04.2014	3:43	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,383	0,618	0,311	0,087	0,410	0,520	0,491	0,496								
79	03.04.2014	3:48	30	1	Ko	GZ	510	73	25	0,299	0,431	0,148	0,059	0,176	0,342	0,236	0,120								
80	03.04.2014	3:51	30	1	Wi	GZ	690	96	26	0,650	0,544	0,337	0,156	0,397	0,745	0,919	0,804								
81	03.04.2014	3:55	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	510	77	44	0,372	0,747	0,256	0,096	0,350	0,532	0,280	0,254								
82	03.04.2014	4:02	30	1	Wi	GZ	450	62	26	0,243	0,465	0,201	0,082	0,351	0,570	0,396	0,290								
83	03.04.2014	4:06	30	1	Wi	GZ	405	69	21	0,396	0,261	0,215	0,093	0,261	0,458	0,323	0,261								
84	03.04.2014	4:09	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	71	59	0,482	0,468	0,244	0,088	0,231	0,635	0,470	0,249								
85	03.04.2014	4:14	30	1	Wi	GZ	480	72	24	0,319	0,295	0,162	0,077	0,171	0,302	0,217	0,166								
86	03.04.2014	4:20	30	1	Wi	GZ	555	77	26	0,280	0,352	0,211	0,083	0,234	0,300	0,330	0,322								
87	03.04.2014	4:25	30	1	Ko	GZ	585	75	28	0,203	0,432	0,184	0,076	0,267	0,396	0,311	0,205								
88	03.04.2014	4:29	25	1	Wi	GZ	375	68	20	0,737	0,537	0,267	0,099	0,411	0,816	0,936	0,659								
89	03.04.2014	4:36	30	1	Wi	GZ	705	102	25	0,397	0,488	0,173	0,091	0,264	0,693	0,221	0,195								
90	03.04.2014	4:45	20	1	Wi	GZ	330	74	16	0,500	0,389	0,295	0,147	0,350	0,497	0,358	0,289								
91	03.04.2014	4:51	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,358	0,421	0,237	0,104	0,259	0,594	0,317	0,402								
92	03.04.2014	4:56	15	1	Wi	GZ	-	-	13	0,385	0,463	0,208	0,134	0,297	0,482	0,594	0,486								
93	03.04.2014	5:01	30	1	Ko	GZ	390	59	24	0,212	0,520	0,179	0,059	0,272	0,535	0,179	0,143								
94	03.04.2014	5:03	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,278	0,392	0,179	0,082	0,216	0,408	0,295	0,237								
95	03.04.2014	5:16	10	1	Wi	RB	-	-	8	0,161	0,123	0,068	0,032	0,141	0,163	0,137	0,119								
96	03.04.2014	5:23	25	1	Ko	GZ	465	73	23	0,307	0,608	0,200	0,086	0,300	0,433	0,394	0,317								
97	03.04.2014	5:35	10	1	Ko	RB	116	70	6	0,113	0,134	0,075	0,041	0,102	0,176	0,104	0,114								
98																									
99	03.04.2014	5:40	35	1	Ko	GZ	540	72	27	0,259	0,377	0,123	0,059	0,176	0,253	0,148	0,137								
100	03.04.2014	5:44	30	1	Ko	GZ	435	65	24	0,297	0,820	0,182	0,095	0,339	0,640	0,273	0,200								
101	03.04.2014	5:46	10	1	Wi	RB	116	70	6	0,193	0,192	0,101	0,048	0,136	0,185	0,219	0,198								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$v_{max,i}$ [mm/s]								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
102	03.04.2014	5:49	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,297	0,322	0,137	0,075	0,236	0,310	0,163	0,154								
103	03.04.2014	5:50	25	1	Wi	GZ	450	77	21	0,270	0,346	0,249	0,095	0,273	0,389	0,417	0,350								
104	03.04.2014	5:54	30	1	Ko	GZ	525	76	25	0,290	0,448	0,127	0,084	0,209	0,417	0,184	0,122								
		Σ	2570	104					v_{max} :	0,893	0,820	0,463	0,183	0,583	0,816	0,936	0,804								

t [s] Vorbeifahrzeit des Zuges

t_E [s] Einwirkzeit der Erschütterung

$v_{max,i}$ Maximale Schwinggeschwindigkeit je Messkanal und Zugereignis

v_{max} Maximale Schwinggeschwindigkeit je Messkanal für alle Zugereignisse

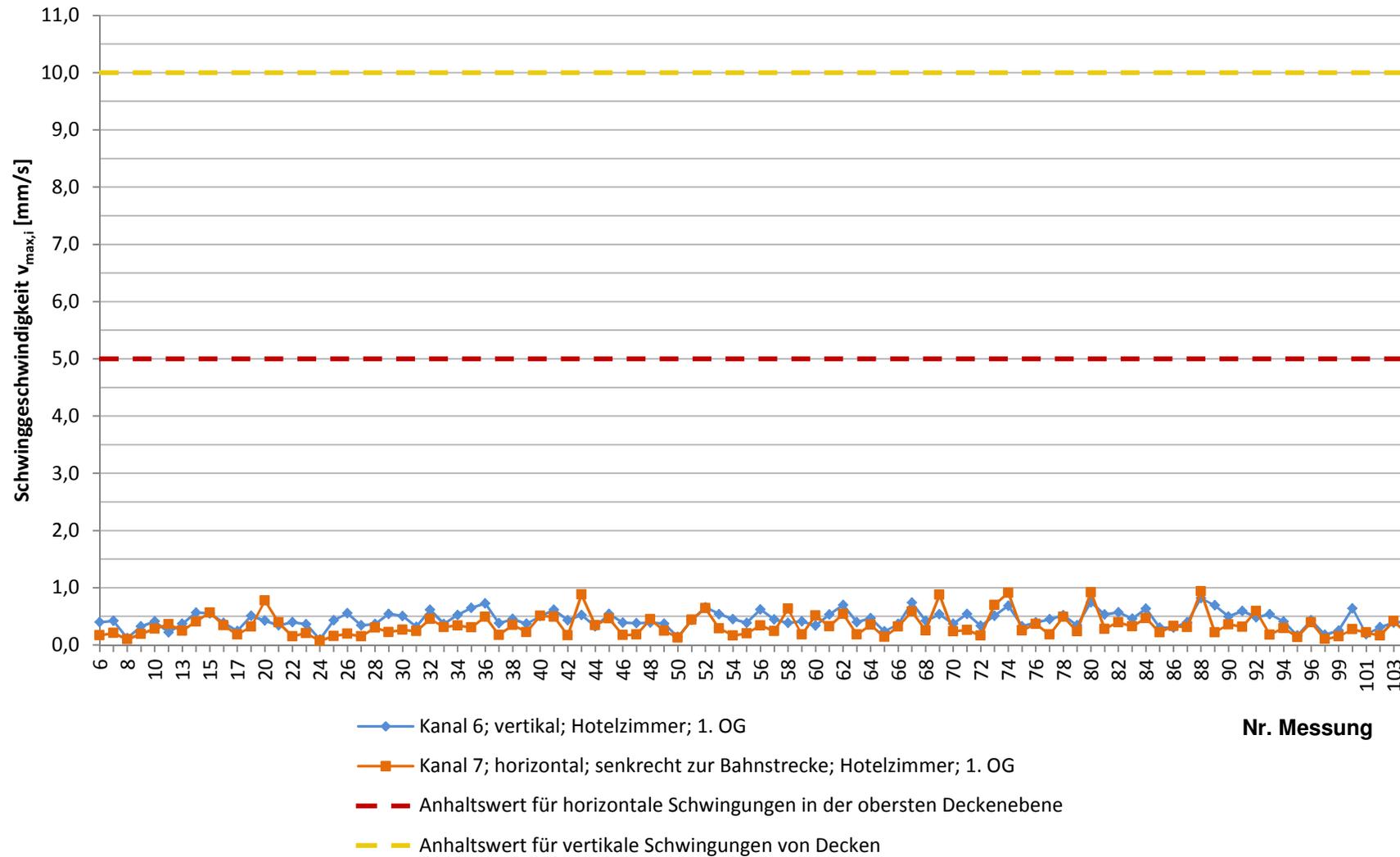
Hin. Hintergrundmessung

Zuglänge und Zug-Geschwindigkeit sind aus Waggonzahl und gestoppter Vorbeifahrtszeiten, errechnete ca. Werte.

Zugart: GZ Güterzug Fahrtrichtung: Wi Wiesbaden
 RB Regionalbahn Ko Koblenz



Objekt 3: $v_{\max,i}$ -Werte für die gemessenen Zugvorbeifahrten





Anhang 3: Darstellung der KB_{Fmax} -Werte für Objekt 3

Objekt 3: 65385 Rüdesheim-Assmannshausen

Messzeitraum: 02.04.2014 22:00 Uhr bis 03.04.2014 06:00 Uhr

Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk-Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug-art	Fahrt-richtung	Zug-länge l [m]	Zug-Geschw. v [km/h]	Vorbei-fahrtzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$KB_{Fmax,i}$								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
6	02.04.2014	22:01	20	1	Ko	GZ	-	-	18	0,091	0,246	0,041	0,026	0,072	0,201	0,053	0,057								
7	02.04.2014	22:04	30	1	Ko	GZ	405	104	14	0,099	0,248	0,058	0,031	0,089	0,216	0,069	0,057								
8	02.04.2014	22:11	10	1	Ko	RB	15	18	3	0,046	0,038	0,020	0,015	0,028	0,051	0,030	0,020								
9	02.04.2014	22:14	25	1	Ko	GZ	285	103	10	0,150	0,196	0,058	0,044	0,066	0,122	0,068	0,063								
10	02.04.2014	22:17	30	1	Wi	GZ	570	71	29	0,127	0,173	0,068	0,030	0,094	0,215	0,079	0,058								
11	02.04.2014	22:18				Hin.				0,003	0,004	0,001	0,000	0,001	0,003	0,003	0,006								
12	02.04.2014	22:19	20	1	Ko	GZ	345	89	14	0,097	0,093	0,054	0,038	0,061	0,095	0,102	0,082								
13	02.04.2014	22:21	25	1	Wi	GZ	495	74	24	0,154	0,163	0,073	0,031	0,099	0,189	0,084	0,058								
14	02.04.2014	22:24	30	1	Ko	GZ	480	64	27	0,278	0,190	0,073	0,036	0,230	0,183	0,122	0,093								
15	02.04.2014	22:27	30	1	Wi	GZ	555	74	27	0,215	0,166	0,093	0,034	0,116	0,236	0,119	0,078								
16	02.04.2014	22:39	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	165	59	60	0,100	0,219	0,080	0,038	0,073	0,200	0,092	0,071								
17	02.04.2014	22:46	10	1	Wi	RB	58	42	5	0,050	0,055	0,025	0,012	0,044	0,064	0,044	0,034								
18	02.04.2014	22:47				Hin.				0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001								
19	02.04.2014	22:50	30	1	Ko	GZ	675	84	29	0,126	0,232	0,082	0,050	0,111	0,214	0,140	0,092								
20	02.04.2014	22:53	20	1	Wi	GZ	285	93	11	0,106	0,265	0,092	0,025	0,078	0,130	0,222	0,148								
21	02.04.2014	22:58	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,080	0,125	0,054	0,035	0,089	0,120	0,092	0,062								
22	02.04.2014	23:00	25	1	Ko	GZ	360	54	24	0,100	0,216	0,055	0,030	0,097	0,198	0,058	0,056								
23	02.04.2014	23:04	30	1	Ko	GZ	405	58	25	0,110	0,217	0,049	0,048	0,084	0,182	0,075	0,050								
24	02.04.2014	23:11	10	1	Ko	RB	45	20	8	0,046	0,034	0,019	0,012	0,020	0,039	0,026	0,018								
25	02.04.2014	23:18	20	1	Ko	GZ	285	60	17	0,113	0,251	0,064	0,026	0,095	0,202	0,059	0,051								
26	02.04.2014	23:25	30	1	Ko	GZ	465	64	26	0,106	0,290	0,062	0,026	0,103	0,243	0,064	0,072								
27	02.04.2014	23:30	25	1	Ko	GZ	390	70	20	0,081	0,229	0,043	0,023	0,076	0,187	0,061	0,064								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{Fmax,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
28	02.04.2014	23:35	20	1	Ko	GZ	315	81	14	0,120	0,189	0,064	0,046	0,077	0,179	0,084	0,077								
29	02.04.2014	23:41	25	1	Ko	GZ	525	86	22	0,101	0,205	0,094	0,040	0,100	0,214	0,075	0,061								
30	02.04.2014	23:47	20	1	Wi	GZ	405	83	18	0,122	0,107	0,068	0,029	0,084	0,260	0,082	0,087								
31	02.04.2014	23:54	15	1	Wi	GZ	210	76	10	0,090	0,128	0,108	0,029	0,091	0,184	0,084	0,051								
32	02.04.2014	23:59	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,138	0,261	0,095	0,044	0,123	0,316	0,121	0,107								
33	03.04.2014	0:04	25	1	Wi	GZ	615	92	24	0,139	0,122	0,078	0,036	0,122	0,149	0,088	0,062								
34	03.04.2014	0:10	30	1	Wi	GZ	600	90	24	0,165	0,253	0,102	0,032	0,146	0,312	0,108	0,127								
35	03.04.2014	0:14	25	1	Wi	GZ	630	99	23	0,192	0,272	0,081	0,034	0,138	0,357	0,098	0,069								
36	03.04.2014	0:18	30	1	Wi	GZ	585	78	27	0,134	0,224	0,073	0,033	0,129	0,394	0,116	0,105								
37	03.04.2014	0:20	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,099	0,207	0,049	0,033	0,088	0,195	0,060	0,048								
38	03.04.2014	0:23	20	1	Wi	GZ	330	66	18	0,142	0,159	0,106	0,042	0,116	0,238	0,100	0,086								
39	03.04.2014	0:23	20	1	Ko	GZ	465	80	21	0,098	0,211	0,051	0,026	0,101	0,150	0,071	0,066								
40	03.04.2014	0:28	30	1	Wi	GZ	405	56	26	0,138	0,131	0,074	0,035	0,098	0,268	0,134	0,106								
41	03.04.2014	0:35	10	1	Wi	GZ	105	76	5	0,177	0,215	0,088	0,029	0,108	0,293	0,126	0,090								
42	03.04.2014	0:36	30	1	Ko	GZ	645	89	26	0,096	0,257	0,061	0,031	0,086	0,201	0,063	0,065								
43	03.04.2014	0:39	25	1	Wi	GZ	555	91	22	0,224	0,182	0,072	0,030	0,108	0,237	0,231	0,162								
44	03.04.2014	0:43	35	2	Ko	GZ	690	86	29	0,137	0,169	0,084	0,036	0,100	0,124	0,114	0,057								
45	03.04.2014	0:46	20	1	Wi	GZ	300	83	13	0,161	0,196	0,166	0,043	0,106	0,281	0,126	0,103								
46	03.04.2014	0:47	25	1	Ko	GZ	570	98	21	0,096	0,187	0,051	0,032	0,071	0,195	0,057	0,056								
47	03.04.2014	0:50	30	1	Wi	GZ	330	48	25	0,102	0,241	0,045	0,030	0,075	0,201	0,071	0,062								
48	03.04.2014	0:55	15	1	Ko	GZ	285	93	11	0,154	0,136	0,060	0,047	0,090	0,124	0,112	0,082								
49	03.04.2014	1:00	45	2	Ko	GZ	510	48	38	0,110	0,156	0,090	0,030	0,114	0,177	0,132	0,066								
50	03.04.2014	1:05	60	2	Ko	GZ	495	30	59	0,100	0,069	0,029	0,016	0,072	0,076	0,041	0,023								
51	03.04.2014	1:13	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	315	34	60	0,190	0,125	0,086	0,041	0,097	0,223	0,111	0,089								
52	03.04.2014	1:21	30	1	Wi	GZ	-	-	27	0,132	0,188	0,102	0,026	0,104	0,272	0,127	0,113								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk-Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug-art	Fahrt-richtung	Zug-länge l [m]	Zug-Geschw. v [km/h]	Vorbei-fahrtzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{Fmax,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
53	03.04.2014	1:24	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,123	0,140	0,080	0,025	0,106	0,292	0,089	0,092								
54	03.04.2014	1:34	25	1	Ko	GZ	540	85	23	0,114	0,258	0,057	0,028	0,095	0,224	0,065	0,070								
55	03.04.2014	1:40	20	1	Ko	GZ	405	86	17	0,124	0,195	0,071	0,037	0,091	0,190	0,067	0,055								
56	03.04.2014	1:49	25	1	Wi/Ko	GZ/GZ	600	90	33	0,161	0,205	0,110	0,036	0,135	0,335	0,101	0,094								
57	03.04.2014	1:56	30	1	Ko	GZ	540	75	26	0,088	0,254	0,077	0,029	0,093	0,229	0,067	0,068								
58	03.04.2014	1:57	20	1	Wi	GZ	-	-	19	0,117	0,165	0,085	0,043	0,126	0,150	0,143	0,101								
59	03.04.2014	2:00	25	1	Ko	GZ	450	68	24	0,084	0,267	0,062	0,035	0,105	0,208	0,079	0,074								
60	03.04.2014	2:01	20	1	Wi	GZ	420	76	20	0,096	0,117	0,051	0,029	0,085	0,150	0,129	0,093								
61	03.04.2014	2:04	45	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	75	44	0,140	0,241	0,090	0,031	0,120	0,252	0,085	0,067								
62	03.04.2014	2:20	30	1	Wi	GZ	645	86	27	0,249	0,215	0,128	0,039	0,197	0,313	0,150	0,109								
63	03.04.2014	2:21	30	1	Ko	GZ	600	77	28	0,097	0,216	0,104	0,033	0,090	0,191	0,074	0,055								
64	03.04.2014	2:24	25	1	Wi	GZ	465	76	22	0,130	0,159	0,065	0,029	0,082	0,203	0,084	0,084								
65	03.04.2014	2:27	20	1	Ko	GZ	390	83	17	0,101	0,110	0,053	0,030	0,097	0,099	0,055	0,051								
66	03.04.2014	2:32	30	1	Wi	GZ	615	92	24	0,069	0,179	0,051	0,025	0,071	0,200	0,065	0,062								
67	03.04.2014	2:36	30	1	Wi	GZ	540	93	21	0,140	0,209	0,078	0,032	0,139	0,360	0,103	0,107								
68	03.04.2014	2:41	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,109	0,116	0,067	0,024	0,079	0,188	0,068	0,059								
69	03.04.2014	3:01	25	1	Wi	GZ	555	95	21	0,108	0,139	0,075	0,034	0,091	0,194	0,248	0,190								
70	03.04.2014	3:08	25	1	Ko	GZ	375	68	20	0,137	0,202	0,065	0,034	0,088	0,193	0,094	0,064								
71	03.04.2014	3:14	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,160	0,221	0,072	0,029	0,085	0,301	0,080	0,065								
72	03.04.2014	3:17	20	1	Ko	GZ	300	54	20	0,066	0,181	0,047	0,027	0,086	0,180	0,049	0,058								
73	03.04.2014	3:18	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,108	0,184	0,087	0,023	0,098	0,233	0,153	0,163								
74	03.04.2014	3:26	20	1	Wi	GZ	375	68	20	0,152	0,190	0,079	0,036	0,095	0,240	0,195	0,159								
75	03.04.2014	3:27	25	1	Ko	GZ	405	69	21	0,113	0,209	0,045	0,044	0,095	0,148	0,063	0,065								
76	03.04.2014	3:31	20	1	Ko	GZ	510	102	18	0,113	0,184	0,070	0,025	0,116	0,174	0,141	0,052								
77	03.04.2014	3:35	25	1	Ko	GZ	450	74	22	0,102	0,285	0,067	0,029	0,087	0,248	0,073	0,048								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{Fmax,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
78	03.04.2014	3:43	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,101	0,209	0,129	0,045	0,148	0,256	0,126	0,127								
79	03.04.2014	3:48	30	1	Ko	GZ	510	73	25	0,092	0,209	0,051	0,026	0,079	0,173	0,052	0,045								
80	03.04.2014	3:51	30	1	Wi	GZ	690	96	26	0,195	0,180	0,089	0,038	0,091	0,215	0,225	0,185								
81	03.04.2014	3:55	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	510	77	44	0,119	0,332	0,106	0,033	0,152	0,302	0,098	0,068								
82	03.04.2014	4:02	30	1	Wi	GZ	450	62	26	0,111	0,236	0,105	0,029	0,175	0,330	0,117	0,124								
83	03.04.2014	4:06	30	1	Wi	GZ	405	69	21	0,137	0,114	0,083	0,028	0,100	0,227	0,110	0,088								
84	03.04.2014	4:09	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	71	59	0,120	0,239	0,075	0,038	0,112	0,311	0,097	0,080								
85	03.04.2014	4:14	30	1	Wi	GZ	480	72	24	0,086	0,128	0,052	0,024	0,065	0,147	0,061	0,048								
86	03.04.2014	4:20	30	1	Wi	GZ	555	77	26	0,110	0,144	0,069	0,035	0,092	0,137	0,090	0,081								
87	03.04.2014	4:25	30	1	Ko	GZ	585	75	28	0,073	0,225	0,056	0,028	0,094	0,205	0,095	0,063								
88	03.04.2014	4:29	25	1	Wi	GZ	375	68	20	0,131	0,189	0,099	0,035	0,120	0,206	0,186	0,152								
89	03.04.2014	4:36	30	1	Wi	GZ	705	102	25	0,141	0,249	0,068	0,028	0,116	0,365	0,084	0,065								
90	03.04.2014	4:45	20	1	Wi	GZ	330	74	16	0,239	0,163	0,120	0,067	0,127	0,240	0,124	0,121								
91	03.04.2014	4:51	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,151	0,179	0,113	0,036	0,100	0,299	0,109	0,092								
92	03.04.2014	4:56	15	1	Wi	GZ	-	-	13	0,181	0,175	0,082	0,050	0,091	0,158	0,133	0,118								
93	03.04.2014	5:01	30	1	Ko	GZ	390	59	24	0,086	0,265	0,058	0,028	0,097	0,243	0,075	0,052								
94	03.04.2014	5:03	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,111	0,166	0,071	0,029	0,105	0,198	0,081	0,062								
95	03.04.2014	5:16	10	1	Wi	RB	-	-	8	0,054	0,045	0,023	0,012	0,043	0,053	0,032	0,029								
96	03.04.2014	5:23	25	1	Ko	GZ	465	73	23	0,095	0,259	0,064	0,028	0,116	0,233	0,090	0,073								
97	03.04.2014	5:35	10	1	Ko	RB	116	70	6	0,045	0,055	0,029	0,015	0,041	0,060	0,030	0,026								
98																									
99	03.04.2014	5:40	35	1	Ko	GZ	540	72	27	0,109	0,209	0,050	0,025	0,080	0,111	0,063	0,067								
100	03.04.2014	5:44	30	1	Ko	GZ	435	65	24	0,101	0,349	0,066	0,040	0,134	0,273	0,096	0,080								
101	03.04.2014	5:46	10	1	Wi	RB	116	70	6	0,068	0,071	0,032	0,017	0,050	0,074	0,053	0,045								
102	03.04.2014	5:49	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,112	0,165	0,057	0,030	0,083	0,146	0,054	0,061								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{Fmax,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
103	03.04.2014	5:50	25	1	Wi	GZ	450	77	21	0,088	0,157	0,088	0,033	0,100	0,183	0,102	0,082								
104	03.04.2014	5:54	30	1	Ko	GZ	525	76	25	0,136	0,249	0,058	0,029	0,087	0,227	0,069	0,049								
		Σ	2570	104					KB_{Fmax}:	0,278	0,349	0,166	0,067	0,230	0,394	0,248	0,190								

t [s] Vorbeifahrzeit des Zuges

t_E [s] Einwirkzeit der Erschütterung

$KB_{Fmax,i}$ Maximale Schwinggeschwindigkeit je Messkanal und Zugereignis

KB_{Fmax} Maximale Schwinggeschwindigkeit je Messkanal für alle Zugereignisse

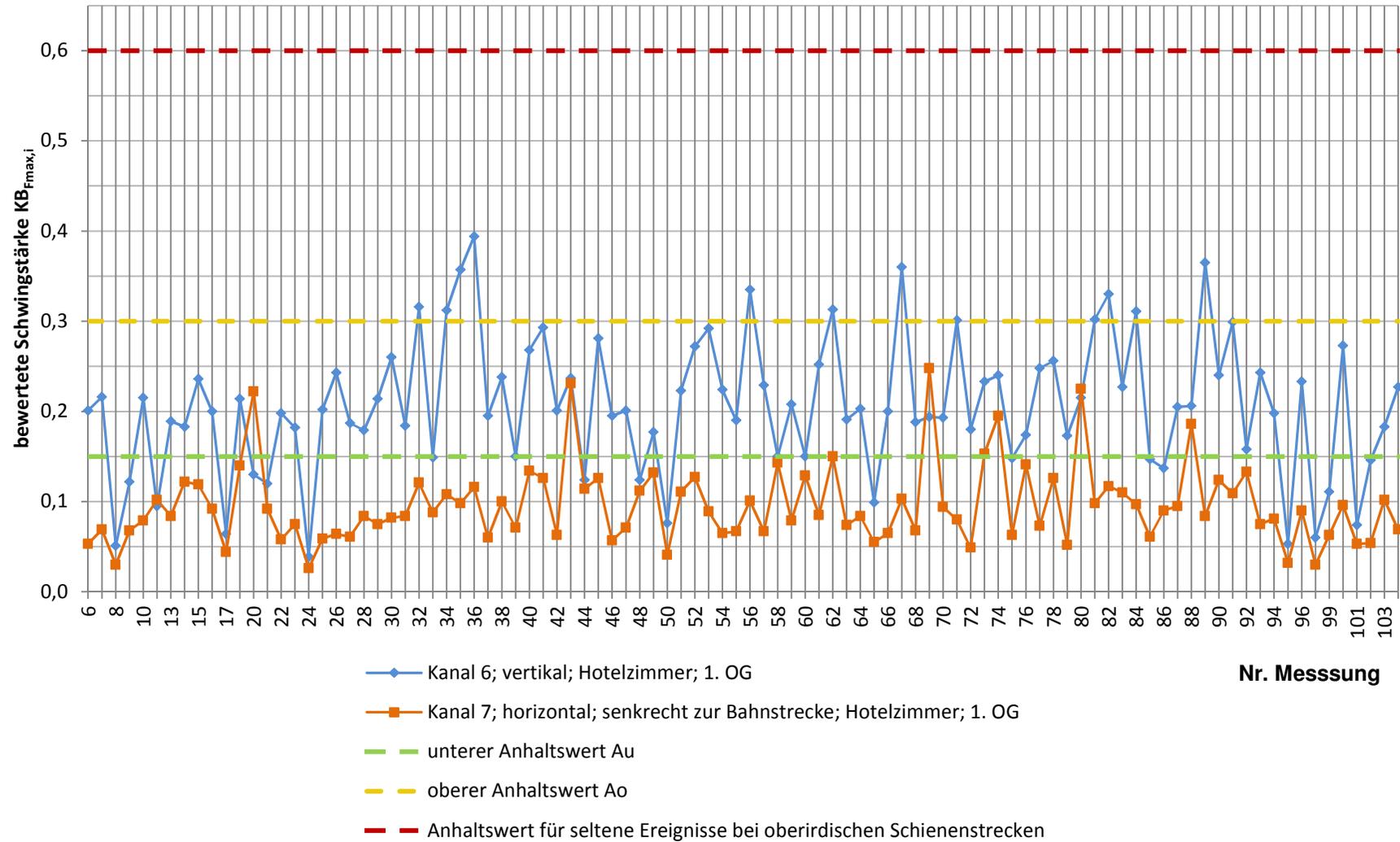
Hin. Hintergrundmessung

Zuglänge und Zug-Geschwindigkeit sind aus Waggonzahl und gestoppter Vorbeifahrtszeiten errechnete ca. Werte.

Zugart: GZ Güterzug Fahrtrichtung: Wi Wiesbaden
 RB Regionalbahn Ko Koblenz



Objekt 3: $KB_{F_{max,i}}$ -Werte für die gemessenen Zugvorbeifahrten





Anhang 4: Darstellung der KB_{FTm} -Werte für Objekt 3

Objekt 3: 65385 Rüdesheim-Assmannshausen
Messzeitraum: 02.04.2014 22:00 Uhr bis 03.04.2014 06:00 Uhr

Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										$KB_{FTm,i}$								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
6	02.04.2014	22:01	20	1	Ko	GZ	-	-	18	0,000	0,246	0,000	0,000	0,000	0,201	0,000	0,000								
7	02.04.2014	22:04	30	1	Ko	GZ	405	104	14	0,000	0,248	0,000	0,000	0,000	0,216	0,000	0,000								
8	02.04.2014	22:11	10	1	Ko	RB	15	18	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
9	02.04.2014	22:14	25	1	Ko	GZ	285	103	10	0,150	0,196	0,000	0,000	0,000	0,122	0,000	0,000								
10	02.04.2014	22:17	30	1	Wi	GZ	570	71	29	0,127	0,173	0,000	0,000	0,000	0,215	0,000	0,000								
11	02.04.2014	22:18				Hin.																			
12	02.04.2014	22:19	20	1	Ko	GZ	345	89	14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	0,000								
13	02.04.2014	22:21	25	1	Wi	GZ	495	74	24	0,154	0,163	0,000	0,000	0,000	0,189	0,000	0,000								
14	02.04.2014	22:24	30	1	Ko	GZ	480	64	27	0,278	0,190	0,000	0,000	0,230	0,183	0,122	0,000								
15	02.04.2014	22:27	30	1	Wi	GZ	555	74	27	0,215	0,166	0,000	0,000	0,116	0,236	0,119	0,000								
16	02.04.2014	22:39	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	165	59	60	0,071	0,155	0,000	0,000	0,000	0,141	0,000	0,000								
17	02.04.2014	22:46	10	1	Wi	RB	58	42	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
18	02.04.2014	22:47				Hin.																			
19	02.04.2014	22:50	30	1	Ko	GZ	675	84	29	0,126	0,232	0,000	0,000	0,111	0,214	0,140	0,000								
20	02.04.2014	22:53	20	1	Wi	GZ	285	93	11	0,106	0,265	0,000	0,000	0,000	0,130	0,222	0,148								
21	02.04.2014	22:58	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,120	0,000	0,000								
22	02.04.2014	23:00	25	1	Ko	GZ	360	54	24	0,100	0,216	0,000	0,000	0,000	0,198	0,000	0,000								
23	02.04.2014	23:04	30	1	Ko	GZ	405	58	25	0,110	0,217	0,000	0,000	0,000	0,182	0,000	0,000								
24	02.04.2014	23:11	10	1	Ko	RB	45	20	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
25	02.04.2014	23:18	20	1	Ko	GZ	285	60	17	0,113	0,251	0,000	0,000	0,000	0,202	0,000	0,000								
26	02.04.2014	23:25	30	1	Ko	GZ	465	64	26	0,106	0,290	0,000	0,000	0,103	0,243	0,000	0,000								
27	02.04.2014	23:30	25	1	Ko	GZ	390	70	20	0,000	0,229	0,000	0,000	0,000	0,187	0,000	0,000								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t _E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t[s] t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{FTm,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
28	02.04.2014	23:35	20	1	Ko	GZ	315	81	14	0,120	0,189	0,000	0,000	0,000	0,179	0,000	0,000								
29	02.04.2014	23:41	25	1	Ko	GZ	525	86	22	0,101	0,205	0,000	0,000	0,100	0,214	0,000	0,000								
30	02.04.2014	23:47	20	1	Wi	GZ	405	83	18	0,122	0,107	0,000	0,000	0,000	0,260	0,000	0,000								
31	02.04.2014	23:54	15	1	Wi	GZ	210	76	10	0,000	0,128	0,108	0,000	0,000	0,184	0,000	0,000								
32	02.04.2014	23:59	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,138	0,261	0,000	0,000	0,123	0,316	0,121	0,107								
33	03.04.2014	0:04	25	1	Wi	GZ	615	92	24	0,139	0,122	0,000	0,000	0,122	0,149	0,000	0,000								
34	03.04.2014	0:10	30	1	Wi	GZ	600	90	24	0,165	0,253	0,102	0,000	0,146	0,312	0,108	0,127								
35	03.04.2014	0:14	25	1	Wi	GZ	630	99	23	0,192	0,272	0,000	0,000	0,138	0,357	0,000	0,000								
36	03.04.2014	0:18	30	1	Wi	GZ	585	78	27	0,134	0,224	0,000	0,000	0,129	0,394	0,116	0,105								
37	03.04.2014	0:20	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,000	0,207	0,000	0,000	0,000	0,195	0,000	0,000								
38	03.04.2014	0:23	20	1	Wi	GZ	330	66	18	0,142	0,159	0,106	0,000	0,116	0,238	0,100	0,000								
39	03.04.2014	0:23	20	1	Ko	GZ	465	80	21	0,000	0,211	0,000	0,000	0,101	0,150	0,000	0,000								
40	03.04.2014	0:28	30	1	Wi	GZ	405	56	26	0,138	0,131	0,000	0,000	0,000	0,268	0,134	0,106								
41	03.04.2014	0:35	10	1	Wi	GZ	105	76	5	0,177	0,215	0,000	0,000	0,108	0,293	0,126	0,000								
42	03.04.2014	0:36	30	1	Ko	GZ	645	89	26	0,000	0,257	0,000	0,000	0,000	0,201	0,000	0,000								
43	03.04.2014	0:39	25	1	Wi	GZ	555	91	22	0,224	0,182	0,000	0,000	0,108	0,237	0,231	0,162								
44	03.04.2014	0:43	35	2	Ko	GZ	690	86	29	0,097	0,120	0,000	0,000	0,071	0,088	0,081	0,000								
45	03.04.2014	0:46	20	1	Wi	GZ	300	83	13	0,161	0,196	0,166	0,000	0,106	0,281	0,126	0,103								
46	03.04.2014	0:47	25	1	Ko	GZ	570	98	21	0,000	0,187	0,000	0,000	0,000	0,195	0,000	0,000								
47	03.04.2014	0:50	30	1	Wi	GZ	330	48	25	0,102	0,241	0,000	0,000	0,000	0,201	0,000	0,000								
48	03.04.2014	0:55	15	1	Ko	GZ	285	93	11	0,154	0,136	0,000	0,000	0,000	0,124	0,112	0,000								
49	03.04.2014	1:00	45	2	Ko	GZ	510	48	38	0,078	0,110	0,000	0,000	0,081	0,125	0,093	0,000								
50	03.04.2014	1:05	60	2	Ko	GZ	495	30	59	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
51	03.04.2014	1:13	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	315	34	60	0,134	0,122	0,000	0,000	0,000	0,176	0,079	0,000								
52	03.04.2014	1:21	30	1	Wi	GZ	-	-	27	0,132	0,188	0,102	0,000	0,104	0,272	0,127	0,113								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t _E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t[s] t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{FTm,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
53	03.04.2014	1:24	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,123	0,140	0,000	0,000	0,106	0,292	0,000	0,000								
54	03.04.2014	1:34	25	1	Ko	GZ	540	85	23	0,114	0,258	0,000	0,000	0,000	0,224	0,000	0,000								
55	03.04.2014	1:40	20	1	Ko	GZ	405	86	17	0,124	0,195	0,000	0,000	0,000	0,190	0,000	0,000								
56	03.04.2014	1:49	25	1	Wi/Ko	GZ/GZ	600	90	33	0,161	0,205	0,110	0,000	0,135	0,335	0,101	0,000								
57	03.04.2014	1:56	30	1	Ko	GZ	540	75	26	0,000	0,254	0,000	0,000	0,000	0,229	0,000	0,000								
58	03.04.2014	1:57	20	1	Wi	GZ	-	-	19	0,117	0,165	0,000	0,000	0,126	0,150	0,143	0,101								
59	03.04.2014	2:00	25	1	Ko	GZ	450	68	24	0,000	0,267	0,000	0,000	0,105	0,208	0,000	0,000								
60	03.04.2014	2:01	20	1	Wi	GZ	420	76	20	0,000	0,117	0,000	0,000	0,000	0,150	0,129	0,000								
61	03.04.2014	2:04	45	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	75	44	0,099	0,170	0,000	0,000	0,085	0,178	0,000	0,000								
62	03.04.2014	2:20	30	1	Wi	GZ	645	86	27	0,249	0,215	0,128	0,000	0,197	0,313	0,150	0,109								
63	03.04.2014	2:21	30	1	Ko	GZ	600	77	28	0,000	0,216	0,104	0,000	0,000	0,191	0,000	0,000								
64	03.04.2014	2:24	25	1	Wi	GZ	465	76	22	0,130	0,159	0,000	0,000	0,000	0,203	0,000	0,000								
65	03.04.2014	2:27	20	1	Ko	GZ	390	83	17	0,101	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
66	03.04.2014	2:32	30	1	Wi	GZ	615	92	24	0,000	0,179	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000								
67	03.04.2014	2:36	30	1	Wi	GZ	540	93	21	0,140	0,209	0,000	0,000	0,139	0,360	0,103	0,107								
68	03.04.2014	2:41	25	1	Wi	GZ	405	66	22	0,109	0,116	0,000	0,000	0,000	0,188	0,000	0,000								
69	03.04.2014	3:01	25	1	Wi	GZ	555	95	21	0,108	0,139	0,000	0,000	0,000	0,194	0,248	0,190								
70	03.04.2014	3:08	25	1	Ko	GZ	375	68	20	0,137	0,202	0,000	0,000	0,000	0,193	0,000	0,000								
71	03.04.2014	3:14	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,160	0,221	0,000	0,000	0,000	0,301	0,000	0,000								
72	03.04.2014	3:17	20	1	Ko	GZ	300	54	20	0,000	0,181	0,000	0,000	0,000	0,180	0,000	0,000								
73	03.04.2014	3:18	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,108	0,184	0,000	0,000	0,000	0,233	0,153	0,163								
74	03.04.2014	3:26	20	1	Wi	GZ	375	68	20	0,152	0,190	0,000	0,000	0,000	0,240	0,195	0,159								
75	03.04.2014	3:27	25	1	Ko	GZ	405	69	21	0,113	0,209	0,000	0,000	0,000	0,148	0,000	0,000								
76	03.04.2014	3:31	20	1	Ko	GZ	510	102	18	0,113	0,184	0,000	0,000	0,116	0,174	0,141	0,000								
77	03.04.2014	3:35	25	1	Ko	GZ	450	74	22	0,102	0,285	0,000	0,000	0,000	0,248	0,000	0,000								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t _E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t[s] t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{FTm,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
78	03.04.2014	3:43	30	1	Wi	GZ	510	77	24	0,101	0,209	0,129	0,000	0,148	0,256	0,126	0,127								
79	03.04.2014	3:48	30	1	Ko	GZ	510	73	25	0,000	0,209	0,000	0,000	0,000	0,173	0,000	0,000								
80	03.04.2014	3:51	30	1	Wi	GZ	690	96	26	0,195	0,180	0,000	0,000	0,000	0,215	0,225	0,185								
81	03.04.2014	3:55	60	2	Wi/Ko	GZ/GZ	510	77	44	0,084	0,235	0,075	0,000	0,107	0,214	0,000	0,000								
82	03.04.2014	4:02	30	1	Wi	GZ	450	62	26	0,111	0,236	0,105	0,000	0,175	0,330	0,117	0,124								
83	03.04.2014	4:06	30	1	Wi	GZ	405	69	21	0,137	0,114	0,000	0,000	0,100	0,227	0,110	0,000								
84	03.04.2014	4:09	60	2	Ko/Wi	GZ/GZ	435	71	59	0,085	0,169	0,000	0,000	0,079	0,220	0,000	0,000								
85	03.04.2014	4:14	30	1	Wi	GZ	480	72	24	0,000	0,128	0,000	0,000	0,000	0,147	0,000	0,000								
86	03.04.2014	4:20	30	1	Wi	GZ	555	77	26	0,110	0,144	0,000	0,000	0,000	0,137	0,000	0,000								
87	03.04.2014	4:25	30	1	Ko	GZ	585	75	28	0,000	0,225	0,000	0,000	0,000	0,205	0,000	0,000								
88	03.04.2014	4:29	25	1	Wi	GZ	375	68	20	0,131	0,189	0,000	0,000	0,120	0,206	0,186	0,152								
89	03.04.2014	4:36	30	1	Wi	GZ	705	102	25	0,141	0,249	0,000	0,000	0,116	0,365	0,000	0,000								
90	03.04.2014	4:45	20	1	Wi	GZ	330	74	16	0,239	0,163	0,120	0,000	0,127	0,240	0,124	0,121								
91	03.04.2014	4:51	25	1	Wi	GZ	420	76	20	0,151	0,179	0,113	0,000	0,100	0,299	0,109	0,000								
92	03.04.2014	4:56	15	1	Wi	GZ	-	-	13	0,181	0,175	0,000	0,000	0,000	0,158	0,133	0,118								
93	03.04.2014	5:01	30	1	Ko	GZ	390	59	24	0,000	0,265	0,000	0,000	0,000	0,243	0,000	0,000								
94	03.04.2014	5:03	25	1	Wi	GZ	435	78	20	0,111	0,166	0,000	0,000	0,105	0,198	0,000	0,000								
95	03.04.2014	5:16	10	1	Wi	RB	-	-	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
96	03.04.2014	5:23	25	1	Ko	GZ	465	73	23	0,000	0,259	0,000	0,000	0,116	0,233	0,000	0,000								
97	03.04.2014	5:35	10	1	Ko	RB	116	70	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
98																									
99	03.04.2014	5:40	35	1	Ko	GZ	540	72	27	0,109	0,209	0,000	0,000	0,000	0,111	0,000	0,000								
100	03.04.2014	5:44	30	1	Ko	GZ	435	65	24	0,101	0,349	0,000	0,000	0,134	0,273	0,000	0,000								
101	03.04.2014	5:46	10	1	Wi	RB	116	70	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
102	03.04.2014	5:49	25	1	Ko	GZ	510	83	22	0,112	0,165	0,000	0,000	0,000	0,146	0,000	0,000								



Nr.	Datum	Uhrzeit	Einwirk- Zeit t_E [s]	Anzahl 30 s Takte	Zug- art	Fahrt- richtung	Zug- länge l [m]	Zug- Geschw. v [km/h]	Vorbei- fahrzeit t [s]	WZ	WZ	EG	EG	EG	HZ	HZ	HZ								
										2. OG	2. OG				1. OG	1. OG	1. OG								
										KB _{FTm,i}								K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
										x	z	x	y	z	z	x	y								
103	03.04.2014	5:50	25	1	Wi	GZ	450	77	21	0,000	0,157	0,000	0,000	0,100	0,183	0,102	0,000								
104	03.04.2014	5:54	30	1	Ko	GZ	525	76	25	0,136	0,249	0,000	0,000	0,000	0,227	0,000	0,000								
		Σ	2570	104					KB_{FTm}:	0,116	0,190	0,041	0,000	0,078	0,209	0,084	0,059								
									KB_{FTr}:	0,038	0,062	0,014	0,000	0,026	0,069	0,028	0,019								
									s(KB_{FTm}²)	0,012	0,020	0,005	0,000	0,008	0,029	0,011	0,007								

t [s] Vorbeifahrzeit des Zuges

t_E [s] Einwirkzeit der Erschütterung

KB_{FTm,i} Taktmaximaleffektivwert je Messkanal und Zugereignis

KB_{FTm} Taktmaximaleffektivwert je Messkanal für alle Zugereignisse

KB_{FTr} Beurteilungs-Schwingstärke je Messkanal für alle Zugereignisse

$s(KB_{FTm}^2)$ Standardabweichung des quadratischen Mittelwertes nach DIN 4150 Teil 2, Formel A.2

Hin. Hintergrundmessung

Zuglänge und Zug-Geschwindigkeit sind aus Waggonzahl und gestoppter Vorbeifahrtszeiten errechnete ca. Werte.

Zugart: GZ Güterzug Fahrtrichtung: Wi Wiesbaden
 RB Regionalbahn Ko Koblenz