

BERICHT

AUSBAU DER BAHNSTRECKE WILHELMSHAVEN-OLDENBURG ERSCHÜTTERUNGEN INFOLGE SCHIENENVERKEHR

MESSTECHNISCHE BESTANDSAUFNAHME IM AUGUST/SEPTEMBER 2013

Auftraggeber: Stadt Oldenburg
Amt für Verkehr und Straßenbau
Industriestraße 1
26105 Oldenburg

Berichtsnummer: Y0346/001-01

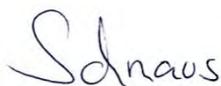
Dieser Bericht umfasst 13 Seiten Text und 54 Seiten Anhang.

Messstelle nach
§ 26, 28 BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen

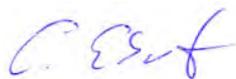
Schallschutzprüfstelle
für Güteprüfungen
nach DIN 4109
VMPPA-SPG-210-04-BY

Bremen / Höchberg, 23.09.2013

Akkreditierung nach
DIN EN ISO/IEC 17025
für die Prüfarten Geräusche,
Erschütterungen und
Bauakustik



Dipl.-Ing. (FH) Florian Schmaus
Bearbeitung



Dr.-Ing. Carsten Ebert
Freigabe / fachliche Verantwortung



Änderungsindex

Revision	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
00	23.09.2013	-	-	Erstellung

Inhaltsverzeichnis

1	Unterlagen, Abkürzungen	4
1.1	Unterlagenverzeichnis	4
1.2	Abkürzungsverzeichnis	4
2	Vorgang, Aufgabe	4
3	Situation vor Ort, Durchführung der Messungen	5
3.1	Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Gebäude Babenend 88A	5
3.2	Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Gebäude Melkbrink 73	6
4	Messergebnisse, Auswertungen	7
4.1	Eingangsdaten der Berechnung	7
4.2	Auswertung gemäß DIN 4150, Teil 2	7
4.3	Ermittlung und Bewertung des sekundären Luftschalls	10
4.4	Messwerte des maximalen Schalldruckpegels L_{AFmax}	11
5	Zusammenfassung, Fazit	12
5.1	Beurteilung der Ergebnisse gemäß DIN 4150-2	12
5.2	Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall	13
5.3	Schallpegelmessung des direkten Luftschalls	13
5.4	Ergänzende Anmerkungen	13

Anlagen

Anlage	Inhalt
A	Angaben zur Messtechnik und Messdurchführung, Fotodokumentation (11 Seiten)
B	Ausgewählte Mess-Signale, Auswertung; Messort 1 Babenend 88A (22 Seiten)
B01 ÷ B09	Ausgewählte Signale bei Vorbeifahrten von Personen- und Güterzügen im Zeit- und Frequenzbereich
B10 ÷ B13	Ausgewählte Signale bei Vorbeifahrten von Personen- und Güterzügen, bewertete Schwingstärke (KB-Werte)
B14 ÷ B18	Zusammenstellung der maßgebenden KB-Werte, Auswertung nach DIN 4150-2 für die Messpunkte 2 und 3 im Ist-Zustand und für den Prognosezustand
B19 ÷ B22	Ermittlung des sekundären Luftschalls infolge Zugvorbeifahrten, Beurteilungspegel
C	Ausgewählte Mess-Signale, Auswertung; Messort 2 Melkbrink 73 (21 Seiten)
C01 ÷ C08	Ausgewählte Signale bei Vorbeifahrten von Personen- und Güterzügen im Zeit- und Frequenzbereich
C09 ÷ C12	Ausgewählte Signale bei Vorbeifahrten von Personen- und Güterzügen, bewertete Schwingstärke (KB-Werte)
C13 ÷ C17	Zusammenstellung der maßgebenden KB-Werte, Auswertung nach DIN 4150-2 für die Messpunkte 6 und 7 im Ist-Zustand und für den Prognosezustand
C18 ÷ C21	Ermittlung des sekundären Luftschalls infolge Zugvorbeifahrten, Beurteilungspegel

1 Unterlagen, Abkürzungen

1.1 Unterlagenverzeichnis

Nr.	Dokument	Bezeichnung / Beschreibung	
[1]	DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen	2001-06 1999-06 1999-02
[2]	DIN 45669	Messung von Schwingungsimmissionen Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung Teil 2: Messverfahren	2010-09 2005-06
[3]	Angaben per Email	Stadt Oldenburg, Amt für Verkehr und Straßenbau Planunterlagen (zum Teil von der Internet-Seite der Stadt) und Angaben zu Gebietseinstufungen und zu den Zugzahlen	
[4]	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm	1998-08
[5]	Deutsche Bahn AG Abteilung Systemtechnik	Körperschall- und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer Informationsschrift 1996-08 in aktualisierter Fassung zzgl. der Ergebnisse neuerer Studien der DB, dargestellt in der „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“, Ausgabe 01/2006	1999-02
[6]	24. BImSchV	24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz- gesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordn.)	1997-02
[7]	Angaben zum Zugverkehr	Gemäß aktuellem Fahrplan der NWB (Fahrzeiten)	

1.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
MP	Messpunkt
EG, OG	Erdgeschoss, Obergeschoss

2 Vorgang, Aufgabe

Zur besseren Verkehrsanbindung des neuen Tiefwasser-Hafens in Wilhelmshaven (Jade-Weser-Port) ist u.a. der Ausbau des Streckenabschnitts Oldenburg – Wilhelmshaven zu einer durchgehenden, 2-gleisigen Bahnstrecke geplant. Da in Zukunft mit vielfach höheren Zugzahlen zu rechnen ist – insbesondere bei den nächtlichen Güterzügen – werden begleitend dazu höhere Erschütterungseinwirkungen auf die umliegenden Gebäude und damit auch für die Anwohner erwartet.

Daher sollen die derzeit einwirkenden Erschütterungen im Sinne einer Bestandsaufnahme messtechnisch erfasst und hinsichtlich der Erschütterungen und des sekundären Luftschalls bewertet werden. Hierzu sind Messungen in ausgewählten Gebäuden entlang der Bahnlinie durchzuführen. Auf dieser Basis kann eine Abschätzung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen mit höheren Zugzahlen erfolgen. Der vorliegende Bericht beschreibt die messtechnische Bestandsaufnahme vom August/September 2013 und stellt die wesentlichen Ergebnisse dar.

3 Situation vor Ort, Durchführung der Messungen

Die Bahnlinie verläuft über mehrere Kilometer im Stadtgebiet von Oldenburg, teils entlang an Wohngebäuden mit einem Abstand von 10 bis 20 Metern. Bei einigen der betroffenen Bereiche handelt es sich gemäß [3] um allgemeine oder reine Wohngebiete WA/WR („Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind“) im Sinne der BauNVO §§3, 4.

Zur besseren Einschätzung der örtlichen Gegebenheiten und zur Klärung der Messorte fand am 15.08.2013 eine Ortsbegehung gemeinsam mit Mitarbeitern der Stadt Oldenburg statt. Im Rahmen der Begehung wurden die beiden Gebäude Babenend 88A und Melkbrink 73 für die Messungen ausgewählt; die Stadt Oldenburg stellte den Kontakt mit den Anwohnern her und klärte die Zugänglichkeit. Beide Gebäude befinden sich in einem Bereich, für die die Gebietseinstufung als allgemeines Wohngebiet zutrifft.

3.1 Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Gebäude Babenend 88A

Die erste Messreihe wurde vom 19. bis 21. August 2013 in dem Gebäude Babenend 88A durchgeführt. Dabei wurden zunächst am 19.08.2013 über mehrere Stunden die auftretenden Erschütterungen vor Ort verfolgt; im Anschluss verblieb die Messtechnik mit 2 triaxialen Sensoren vor Ort, um im Sinne einer Dauerüberwachung weitere Signale aufzeichnen zu können. Diese Vorgehensweise wurde notwendig, da die Zugzahlen derzeit relativ gering sind – insbesondere beim Güterzugverkehr.

Die Aufzeichnung während der Überwachungszeit wurde mit Hilfe von Schwellenwerten gesteuert. Zusätzlich wurden die Maximalwerte für die bewertete Schwingstärke (KB-Werte gemäß DIN 4150-2) in 30s-Takten je Messkanal abgespeichert. Der Abbau der Messtechnik erfolgte am 21.08.2013 gegen 12.00 Uhr.

Die Messpunkte (MP 1 bis 3) im Gebäude Babenend 88A sind im Folgenden zusammengestellt:

- MP 1 im Erdgeschoss des Gebäudes im Wohnzimmer (nicht unterkellert)
- MP 2 in einem „Spitzbodenzimmer“ im 1. OG (mit Dachschrägen an 2 Seiten)
- MP 3 im Kinderzimmer im nordöstlichen Teil des 1. OG

Der Messpunkt 1 wurde am Nachmittag des 19.08.2013 vom Erdgeschoss in das Obergeschoss umgesetzt und ergab somit den MP 3, d.h. es wurde jeweils an 2 Sensoren mit insgesamt 6 Messkanälen gleichzeitig registriert. Das Umsetzen des Messortes war aufgrund der Nutzung notwendig; die Räume im Obergeschoss konnten für den Zeitraum der Messungen freigehalten werden, um so die Fremdeinwirkungen durch Personen möglichst gering zu halten.

Die Sensoren waren mit einem zentralen Messrechner verbunden. Weitere Angaben zur Durchführung der Messungen und der verwendeten Messtechnik sind im Anhang A dargestellt.

Während der Messzeit wurden insgesamt ca. 60 Zug-Vorbeifahrten erfasst, davon 9 Güterzugfahrten. Weiterhin wurden einzelne Signale infolge Testmessungen und des Umhergehens von Personen nahe der Messpunkte abgespeichert.

Am Messpunkt 1 konnte keine Güterzugvorbeifahrt aufgezeichnet werden, da in dem entsprechenden Zeitraum nur Personenzüge der Nord-West-Bahn verkehrt sind.

3.2 Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Gebäude Melkbrink 73

Eine zweite Messreihe fand ab dem 2. September 2013 in dem Gebäude Melkbrink 73 statt. Hier wurden zunächst ebenfalls über einige Stunden die auftretenden Erschütterungen vor Ort verfolgt; im Anschluss verblieb die Messtechnik mit 2 triaxialen Sensoren vor Ort, um im Sinne einer Dauerüberwachung weitere Signale aufzeichnen zu können. Dies wurde notwendig, da auch hier in den ersten Stunden kein Güterzugverkehr stattfand.

Die Aufzeichnung während der Überwachungszeit wurde mit Hilfe von Schwellenwerten gesteuert. Zusätzlich wurden die Maximalwerte für die bewertete Schwingstärke (KB-Werte gemäß DIN 4150-2) in 30s-Takten je Messkanal abgespeichert. Der Abbau der Messtechnik erfolgte am 04.09.2013 gegen 11.00 Uhr.

Die Messpunkte (MP 4 bis 7) im Gebäude Melkbrink 73 sind im Folgenden zusammengestellt:

- MP 4 im Erdgeschoss des Gebäudes im Wohnzimmer (nicht unterkellert)
- MP 5 im Erdgeschoss des Gebäudes in der Küche einer Einliegerwohnung
- MP 6 im Obergeschoss des Gebäudes in der Küche Dachgeschosswohnung
- MP 7 im Obergeschoss des Gebäudes im Schlafbereich der Dachgeschosswohnung

Die Messpunkte 4 und 5 wurden gegen Mittag vom Erdgeschoss in das Obergeschoss umgesetzt und ergaben dann die Messpunkte 6 und 7, d.h. es wurde jeweils an 2 Sensoren mit insgesamt 6 Messkanälen gleichzeitig registriert. Um Fremdeinwirkungen möglichst gering zu halten wurde für die Dauerüberwachung die Dachgeschosswohnung ausgewählt, da der Mieter für die Zeit der Messung nicht anwesend war.

Während der Einsatzzeit vor Ort am 2. und 4. September 2013 wurden zudem Schallpegelmessungen bei den Zugvorbeifahrten durchgeführt. Es wurden dabei die Spitzenpegel L_{AFmax} des direkten Luftschalls ermittelt. Die Messungen wurden mit einem geeichten Schallpegelmessgerät der Genauigkeitsklasse 1 gemäß DIN 60651 durchgeführt (Larson Davis, Typ 831). Das Mikrofon wurde jeweils ca. 0,5 m vor dem geöffneten Fenster positioniert. Da am 2. und 4. September keine Güterzugvorbeifahrten registriert werden konnten, wurde eine zusätzliche Messung am 20. September 2013 durchgeführt.

Die Sensoren für die Erschütterungsmessungen waren mit einem zentralen Messrechner verbunden. Weitere Angaben zur Durchführung der Messungen und der verwendeten Messtechnik sind im Anhang A dargestellt.

Während der Messzeit wurden insgesamt ca. 60 Zug-Vorbeifahrten messtechnisch erfasst, davon 10 Vorbeifahrten von Güterzügen. Weiterhin wurden einzelne Signale infolge Testmessungen und bei Umhergehen von Personen nahe der Messpunkte abgespeichert.

An den Messpunkten 4 und 5 konnte keine Güterzugvorbeifahrt aufgezeichnet werden, da in dem entsprechenden Zeitraum nur Personenzüge der Nord-West-Bahn verkehrt sind.

4 Messergebnisse, Auswertungen

4.1 Eingangsdaten der Berechnung

Die Signale infolge der Zugvorbeifahrten sind eindeutig von den weiteren Einwirkungen, wie z.B. Umherlaufen oder Türeenschlagen, zu unterscheiden.

Die aufgezeichneten Signale können zudem aufgrund des charakteristischen Verlaufs den Güter- bzw. den Personenzügen (Nord-West-Bahn) zugeordnet werden. Die Vorbeifahrtszeiten der Personenzüge wurden mit dem aktuellen Fahrplan der NWB überprüft.

Aufgrund der Ähnlichkeit der Signale und gleicher Zugzahlen in beiden Richtungen erfolgt im Folgenden eine Auswertung ohne Berücksichtigung der Fahrtrichtung. Im Anhang B und C sind jeweils ausgewählte Messungen von den beiden Messorten bzw. Gebäuden dokumentiert.

Für die Zugzahlen liegen gemäß [3] folgende Angaben vor:

Zugart	Tageszeit	Zugzahlen Ist-Zustand	Zugzahlen Prognose 2025
Personennahverkehr (Nord-West-Bahn)	Tag	36	36
	Nacht	6	8
Güterverkehr	Tag	1	46
	Nacht	4	31

Aktuelle Geschwindigkeitsmessungen von Personenzügen und Güterzügen an den beiden Messorten ergeben für Personenzüge eine ungefähre Geschwindigkeit von 95 km/h und für Güterzüge von bis zu 70 km/h; die Güterzuglänge beträgt bis zu 700 m. Diese Angaben wurden von der Stadt Oldenburg zur Verfügung gestellt. Die zugehörigen Messungen wurden begleitend zu den Erschütterungsmessungen im August/September 2013 durchgeführt (vgl. [3]).

Somit ergibt sich für die längeren Güterzüge eine Vorbeifahrtsdauer von mehr als 30 Sekunden, was auch durch die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen bestätigt wird (siehe auch die Seiten B6 und B12). Gemäß DIN 4150-2 werden in diesem Fall 2 Takte à 30 Sekunden berücksichtigt. Für die Auswertung nach Norm werden daher die Zugzahlen für den Güterzugverkehr mit einem Zuschlag versehen, d.h. für 30 Prozent der Güterzug-Vorbeifahrten wird eine Belegung von 2 Takten angenommen.

4.2 Auswertung gemäß DIN 4150, Teil 2

In der Norm werden Anhaltswerte vorgegeben, mit denen eine Beurteilung der Erschütterungen hinsichtlich einer möglichen Belästigung von Personen in Gebäuden möglich ist. Bei Überschreitung der Anhaltswerte kann es zu „erheblichen Belästigungen“ von Personen infolge der Erschütterungen kommen. Die Anhaltswerte sind dabei gemäß der Gebietseinstufung gestaffelt: Für ein Wohngebiet werden geringere Werte vorgegeben als z.B. für ein Mischgebiet (s. Tabelle im Anhang A).

Aus den Messwerten wird zunächst die bewertete Schwingstärke (KB-Werte) für die einzelnen Zugvorbeifahrten ermittelt, die Signale werden in 30s-Takte eingeteilt. Takte mit maximalen KB-Werten unter 0,1 [-] sind gemäß Norm mit dem Wert 0 für die Auswertung anzusetzen.

An den einzelnen Messpunkten ergeben sich folgende KB_{Fmax} –Werte:

Messort	Messpunkt	KB_{Fmax} –Wert	
Babenend 88A	MP 1; EG Wohnzimmer	(0,06)*	
	MP 2; OG Spitzbodenzimmer	0,91	
	MP 3; OG Kinderzimmer	0,39	
Melkbrink 73	MP 4; EG Wohnzimmer	(0,16)*	
	MP 5; EG Küche Einliegerwohnung	(0,15)*	
	MP 6; OG Küche	0,61	
	MP 7; OG Schlafbereich	1,10	
Zum Vergleich: Anhaltswerte A_o gemäß Norm		tags: 3,0	nachts: 0,6

()* Die Maximalwerte bei Güterzugvorbeifahrten sind jeweils deutlich höher als infolge des Nahverkehrs. Da bei den Messpunkten 1, 4 und 5 nur die Vorbeifahrten von Personenzügen registriert wurden, sind die ermittelten KB_{Fmax} –Werte entsprechend niedriger.

Die KB_{Fmax} –Werte werden mit dem Wert für den oberen Anhaltswert A_o gemäß Norm verglichen. Abweichend von den Werten der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (siehe Anhang A) wird für Schienenverkehr ein gebietsunabhängiger Anhaltswert A_o von 0,6 [-] für die Nacht angesetzt. Dieser Wert wird an MP 2 und MP 7 klar überschritten, bei Messpunkt 6 ergibt sich eine geringfügige Überschreitung, die im Bereich der Messunsicherheit liegt. Somit sind die Anforderungen der Norm an mindestens zwei Messpunkten im Ist-Zustand nicht eingehalten.

Im Folgenden werden die Werte für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} gebildet, die erforderlich sind, wenn die ermittelten KB_{Fmax} –Werte zwischen dem unteren und dem oberen Anhaltswert (A_u / A_o) gemäß Norm liegen. Dazu wird jeweils der Mittelwert KB_{FTm} (Taktmaximal-Effektivwert) für die Personen- und Güterzüge gebildet. Mit Ansatz der entsprechenden Zugzahlen und normativer Überlagerung ergibt sich daraus der Beurteilungswert KB_{FT} für die einzelnen Messpunkte tagsüber und nachts. Da an den Messpunkten 1, 4 und 5 keine Güterzugvorbeifahrt registriert werden konnte, erfolgt diese Auswertung nur für die Dauer-Messpunkte 2, 3, 6 und 7.

Auf den Anhangseiten B14 - B18 und C13 - C17 sind die Berechnungen tabellarisch zusammengestellt. Für die Ermittlung der Beurteilungswerte werden jeweils die aktuellen Zugzahlen (Ist-Zustand) und die prognostizierten Zugzahlen für das Jahr 2025 verwendet.

An den einzelnen Messpunkten ergeben sich folgende KB_{FTm} –Werte:

Messort	Messpunkt	KB_{FTm} [-]	
		Personenzüge	Güterzüge
Babenend 88A	MP 2; OG Spitzbodenzimmer	0,262	0,611
	MP 3; OG Kinderzimmer	0,094	0,222
Melkbrink 73	MP 6; OG Küche/Esszimmer	0,202	0,416
	MP 7; OG Schlafbereich	0,223	0,626

Unter Berücksichtigung der Zugzahlen ergeben sich an den Messpunkten folgende KB_{FTT} –Werte:

Messort	Messpunkt	$KB_{FTT, tags} [-]$ Ist-Zustand	$KB_{FTT, nachts} [-]$ Ist-Zustand	$KB_{FTT, tags} [-]$ Prognose für 2025	$KB_{FTT, nachts} [-]$ Prognose für 2025
Babenend 88A	MP 2; OG Spitzbodenzimmer	0,039	0,049	0,114	0,127
	MP 3; OG Kinderzimmer	0,014	0,018	0,041	0,046
Melkbrink 73	MP 6; OG Küche/Esszimmer	0,029	0,034	0,079	0,087
	MP 7; OG Schlafbereich	0,034	0,048	0,115	0,129
Zum Vergleich: Anhaltswerte A_r gemäß Norm, tagsüber/nachts		0,070	0,050	0,070	0,050

Gemäß DIN 4150-2 ist für Wohngebiete tagsüber ein Anhaltswert A_r von 0,07 [-] heranzuziehen. Dieser Anhaltswert wird bei Berücksichtigung der gegenwärtigen Zugzahlen eingehalten. Mit den Prognosewerten ergeben sich teils deutliche Überschreitungen für die Messpunkte 2, 6 und 7.

Für den Nachtzeitraum ist für Wohngebiete ein Anhaltswert A_r von 0,05 [-] anzusetzen. Dieser Wert wird im Ist-Zustand bei MP 2 und MP 7 fast erreicht und bei der Prognose an den Messpunkten 2, 6 und 7 wiederum deutlich überschritten. Somit werden bei der Prognose der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} für das Jahr 2025 an mindestens einem Messpunkt je Gebäude die Anforderungen gemäß Norm nicht eingehalten.

Der nächtliche Anhaltswert A_r von 0,05 [-] wird bei MP 2 und 7 im gegenwärtigen Zustand gerade noch eingehalten, liegt aber im Bereich der in der DIN 4150-2 genannten Messunsicherheit; gemäß Kap. 5.4 der Norm treten bei der Ermittlung der bewerteten Schwingstärken Ungenauigkeiten von bis zu 15% auf. Somit ist auch nachts im Ist-Zustand eine erhebliche Belästigung nicht auszuschließen.

Der Vollständigkeit halber erfolgt auch ein Vergleich der Messwerte mit den Vorgaben gemäß Teil 3 der DIN 4150 („Einwirkungen auf bauliche Anlagen“); hier werden Anhaltswerte bzgl. der Schadensrelevanz von Erschütterungen für die Bausubstanz angegeben.

Wie aus den Signalen der Anhänge B und C zu ersehen ist, liegen die Maximalwerte der unbewerteten Schwinggeschwindigkeit bei maximal ca. 2 mm/s auf den Geschossdecken und im nicht unterkellerten Erdgeschoss jeweils noch unter 1 mm/s. Damit sind die Messwerte deutlich unterhalb der entsprechenden Anhaltswerte nach Teil 3 der Norm: Schäden an der Bausubstanz infolge der Erschütterungen aus Schienenverkehr sind somit nicht zu erwarten.

4.3 Ermittlung und Bewertung des sekundären Luftschalls

Gemäß dem von der DB 1996 erstmals herausgegebenen „Leitfaden für den Planer“ ([5]) besteht eine lineare Beziehung zwischen dem Schnellepegel L_{VA} auf der Geschossdecke und dem Pegel des entstehenden sekundären Luftschalls. Unter Verwendung der im Jahr 2006 aktualisierten Formeln ergeben sich für die Zugvorbeifahrten Pegelwerte des sekundären Luftschalls L_{sek} von ca. 35 bis 40 dB(A), für Vorbeifahrten im Bereich des Wohnhauses Melkbrink 73 werden Werte von bis zu 41 dB(A) ermittelt. Die entsprechenden Berechnungen sind im Anhang B und C dokumentiert.

Mit den Pegelwerten für die einzelnen Vorbeifahrten werden die Beurteilungspegel für die Messpunkte gebildet, hier gehen wiederum die Zugzahlen für den Personen- und Güterzugverkehr tagsüber und nachts ein. Die ermittelten Gesamt-Beurteilungspegel für MP 2, 3, 6 und 7 sind auf den Anhangseiten B22 und C21 zusammengestellt. Die jeweils höchsten Werte ergeben sich bei MP 7 im Wohnhaus Melkbrink 73 mit 20,4 bzw. 18,5 dB(A) für den Ist-Zustand tagsüber/nachts und mit 24,9 bzw. 25,1 dB(A) für die Prognose-Werte tagsüber/nachts. Die Beurteilungspegel an den weiteren Messpunkten sind geringer.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls existiert derzeit in Deutschland keine verbindliche Vorschrift. Ersatzweise werden daher zumeist Regelwerke aus dem Umfeld herangezogen, wie z.B. die TA-Lärm, die gebietsunabhängige Richtwerte vorgibt. Gemäß Punkt 6.2 der TA-Lärm werden Richtwerte für die Beurteilungspegel von 35 dB(A) am Tag und 25 dB(A) angegeben. Infolge von kurzzeitigen Geräuschspitzen dürfen die Beurteilungspegel um nicht mehr als 10 dB überschritten werden.

In einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes aus dem Jahr 2010 (BVerwG 7 A 14.09) wird ausgeführt, dass die TA Lärm zur Beurteilung der Immissionen aus oberirdischem Schienenverkehr als nicht geeignet angesehen wird, da sie sich vorrangig auf den anlagenbezogenen Lärm bzw. Gewerbelärm bezieht. Stattdessen wird in diesem Urteil die 24. BImSchV angeführt, in der ein einzuhaltender Innenpegel bzw. ein „Korrektursummand zur Berücksichtigung der Raumnutzung“ genannt wird (s. [6]). Damit ergeben sich einzuhaltende Werte für die Beurteilungspegel von 37 dB(A) am Tag und 27 dB(A) nachts. Eine Begrenzung für einzelne Spitzenpegel wird in der 24. BImSchV nicht genannt.

Dementsprechend werden die genannten Werte gemäß der 24. BImSchV tagsüber und nachts eingehalten.

Bei Ansatz der Richtwerte gemäß TA-Lärm ergibt sich eine geringfügige Überschreitung des Richtwertes in der Nacht mit den Prognose-Werten für den MP 7. Im Hinblick auf das „Spitzenpegelkriterium“ gemäß TA Lärm würde es an allen untersuchten Messpunkten zu Überschreitungen kommen, da bei einzelnen Güterzugvorbeifahrten jeweils Pegel über 35 dB(A) ermittelt wurden.

4.4 Messwerte des maximalen Schalldruckpegels L_{AFmax}

Am Messort 2 wurden parallel zu den Erschütterungen auch die Schalldruckpegel L_{AFmax} des direkten Luftschalls messtechnisch erfasst. Dies erfolgte am 02.09.13 nahe des Messpunkts 4 im EG und am 02.09.13, 04.09.13 und 20.09.13 nahe des Messpunkts 6 im OG; das Mikrofon wurde dazu jeweils ca. 0,5m vor dem geöffneten Fenster positioniert. Am 02.09.13 und 04.09.13 wurden nur Personenzüge erfasst. Am 20.09.13 konnten sowohl Güter- als auch Personenzüge registriert werden.

In folgender Tabelle sind für die jeweiligen Messorte, Zugrichtungen und -gattungen die maximalen und durchschnittlichen Spitzenpegel L_{AFmax} aus den Messungen aufgeführt. Falls an den Messorten mehrere Vorbeifahrten messtechnisch erfasst wurden, ist auch ein Mittelwert genannt.

Messort	Zugrichtung und -gattung	Max. Pegel L_{AFmax} aller Messungen [dB(A)]	Mittlerer Max. Pegel L_{AFmax} der Messungen
EG; nahe MP 4	Personenzug Richtung Bahnhof OL	78,9	-
	Personenzug Richtung Wilhelmshaven	89,2	-
OG; nahe MP 6	Personenzug Richtung Bahnhof OL	81,9	80,7
	Personenzug Richtung Wilhelmshaven	93,6	92,9
	Güterzug Richtung Wilhelmshaven	95,4	94,7

Die Schwankungen der gemessenen Pegelwerte bei gleichem Messort und gleicher Zugart waren relativ gering, dies belegen auch die angegebenen mittleren Pegelwerte. Schallimmissionen mit Spitzenpegeln von 90 dB(A) und darüber sind gut wahrnehmbar, insbesondere zur Nachtzeit.

Während der Messzeit fand kein Güterzugverkehr in Richtung Bahnhof Oldenburg statt.

Das Gleis in Richtung Wilhelmshaven ist dem Gebäude zugewandt, daher ergeben sich bei Vorbeifahrten auf diesem Gleis deutlich höhere Werte als in der Gegenrichtung.

5 Zusammenfassung, Fazit

5.1 Beurteilung der Ergebnisse gemäß DIN 4150-2

Zur messtechnischen Bestandsaufnahme wurden in 2 Gebäuden entlang der Bahnstrecke in Oldenburg Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 durchgeführt, um die vorhandenen Einwirkungen zu ermitteln. Die Erschütterungsmessungen wurden je Gebäude über die Dauer von 2 Tagen durchgeführt, von den insgesamt 7 Messpunkten wurden an 4 Messpunkten Vorbeifahrten von Güterzügen registriert. Für diese Messpunkte erfolgte im Nachgang die Auswertung gemäß DIN 4150-2 („Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“).

Die Auswertung der Messungen erfolgt unter Berücksichtigung der aktuellen Zugzahlen (Ist-Zustand) und auch mit den zur Verfügung gestellten Prognose-Werten für das Jahr 2025. Wegen des neu in Betrieb genommenen Tiefwasser-Hafens in Wilhelmshaven (Jade-Weser-Port) ist für die Zukunft mit vielfach höheren Zugzahlen bei den Güterzügen zu rechnen.

Bei der Auswertung gemäß DIN 4150-2 ergeben sich Überschreitungen der Anhaltswerte nach Norm für reine bzw. allgemeine Wohngebiete. Zum einen wird bei Güterzugvorbeifahrten der obere Anhaltswert A_o für die Nachtzeit überschritten, der bei Schienenverkehr mit 0,6 [-] anzusetzen ist. Diese Überschreitungen ergeben sich gegenwärtig bei einzelnen Güterzugvorbeifahrten je Nacht. Infolge eines zu erwartenden massiven Anstiegs der nächtlichen Güterzugzahlen würde sich entsprechend die Anzahl der Überschreitungen pro Nacht deutlich erhöhen.

Weiterhin ergeben sich deutliche Überschreitungen bei der Ermittlung der Beurteilungswerte $KB_{FT,r}$ für die Prognose-Werte: Für mindestens 1 Messpunkt je Gebäude werden Beurteilungswerte ermittelt, die über dem nächtlichen Anhaltswert A_r liegen. Im Ist-Zustand werden die Anhaltswerte ungefähr erreicht. Aufgrund der Messungenauigkeit von 15% gemäß Kap. 5.4 der Norm sind somit Belästigungen nicht auszuschließen. Im Prognose-Zustand hingegen kann von erheblichen Belästigungen ausgegangen werden.

Somit sind sowohl der Anhaltswert A_o als auch der Anhaltswert A_r im Prognosezustand überschritten. Dies führt im Ist- und Prognosezustand zu Belästigungen aufgrund stark spürbarer Erschütterungen aus Einzelvorbeifahrten, als auch zu Belästigungen aufgrund des erwarteten Anstiegs der nächtlichen Güterzugvorbeifahrten bis zum Prognosejahr 2025.

Die Bahnlinie Wilhelmshaven – Oldenburg führt auf mehreren Kilometern durch das Stadtgebiet Oldenburg. Entlang der Bahnstrecke gibt es eine Vielzahl von Gebäuden, die von der Charakteristik – Abstand zum Gleis, Bauweise, Baugrund – den beiden Messgebäuden ähneln. Somit ist zu erwarten, dass entlang der Bahnlinie in weiteren Gebäuden die Anhaltswerte A_o und A_r überschritten werden und damit erhebliche Belästigungen auftreten bzw. in Zukunft auftreten werden. Dies gilt speziell für Immissionsorte in den Obergeschossen.

5.2 Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall

Die Einwirkungen des sekundären Luftschalls wurden aufgrund der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen ermittelt. Da es für die Beurteilung des sekundären Luftschalls kein verbindliches Regelwerk gibt, erfolgt ein Vergleich der ermittelten Werte mit den Richtwerten der TA-Lärm, die in der Vergangenheit zumeist herangezogen wurde. Weiterhin werden die Vorgaben der 24. BImSchV berücksichtigt, die aufgrund der Rechtsprechung der letzten Jahre verstärkt Anwendung findet. Hier ergibt sich eine Überschreitung der Richtwerte der TA-Lärm beim sog. Spitzenpegelkriterium; bzgl. der Beurteilungswerte tagsüber/nachts werden die Richtwerte bis auf eine geringfügige Überschreitung an einem Messpunkt eingehalten.

Die Vorgaben der 24. BImSchV werden eingehalten; zur Beurteilung von kurzzeitigen Geräuschspitzen werden in der 24. BImSchV keine Werte angegeben.

5.3 Schallpegelmessung des direkten Luftschalls

Begleitend zu den Erschütterungsmessungen wurden Schallpegelmessungen an dem Gebäude Melkbrink 73 durchgeführt. Hier ergeben sich bei den Güterzugvorbeifahrten Werte für den maximalen Schalldruckpegel L_{AFmax} von ca. 95 dB(A). Gemäß den Vorgaben aus dem Schallimmissionsschutz erfolgt die Berücksichtigung des direkten Luftschalls bei Zugvorbeifahrten rein rechnerisch zur Ermittlung der maßgebenden Beurteilungspegel. Kurzzeitige Geräuschspitzen werden dabei nicht berücksichtigt.

5.4 Ergänzende Anmerkungen

Auch bei Einhaltung der maßgebenden Anhalts- und Richtwerte kann nicht ausgeschlossen werden, dass Zugvorbeifahrten in den Gebäuden spür- oder hörbar sind; dies hängt auch von der Wahrnehmung und der Empfindlichkeit der jeweils betroffenen Personen ab.

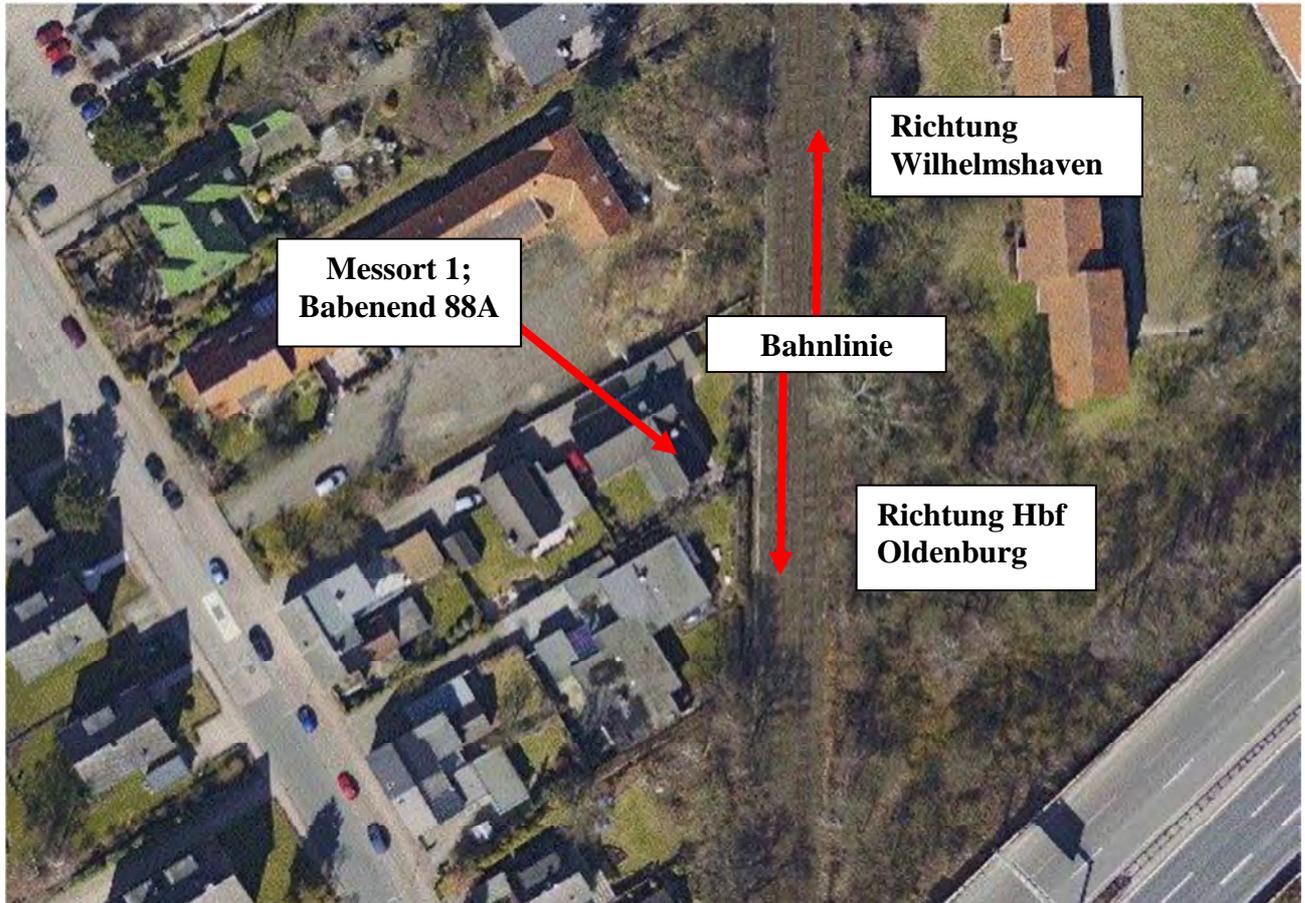
Zur Verminderung der Erschütterungseinwirkungen (und damit auch des sekundären Luftschalls) sind prinzipiell Nachbesserungen an den Gleisen möglich, z.B. mit Hilfe von Unterschottermatten. Über die Durchführung bzw. Planung solcher Maßnahmen liegen uns keine Angaben vor.

Messtechnik, Messdurchführung der Schwingungsmessungen vom 19. bis 21.08.2013

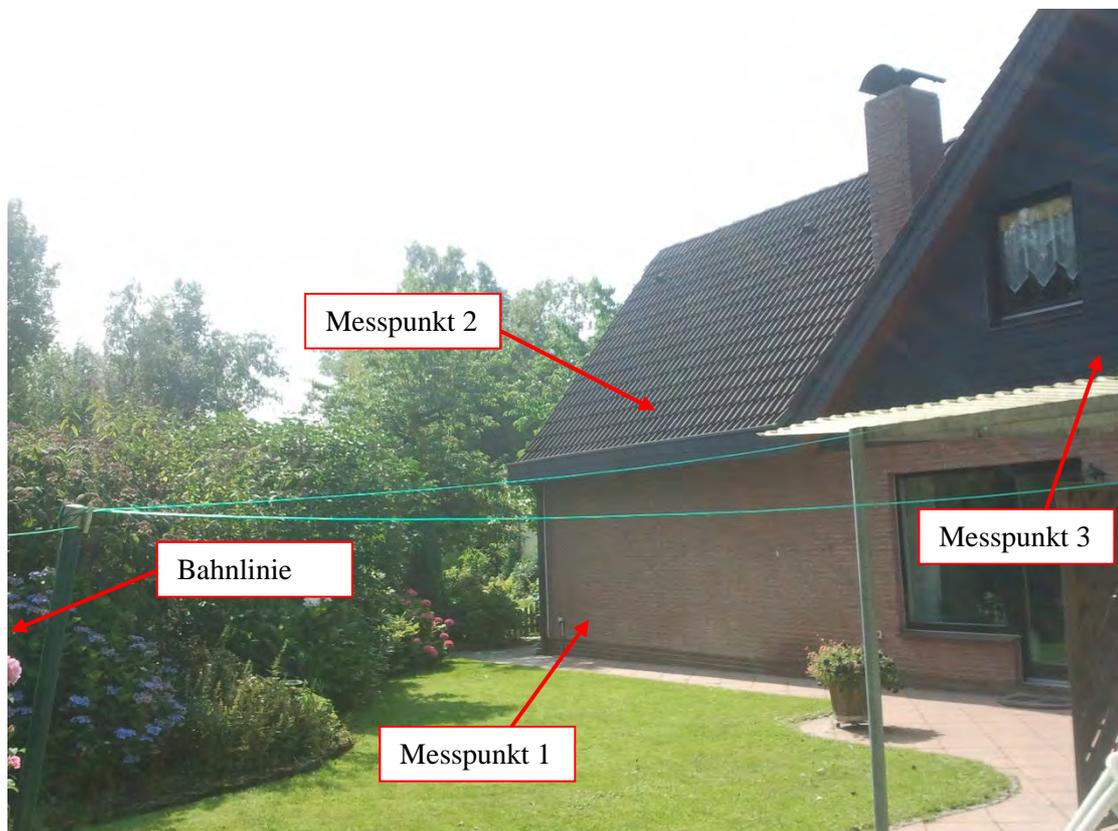
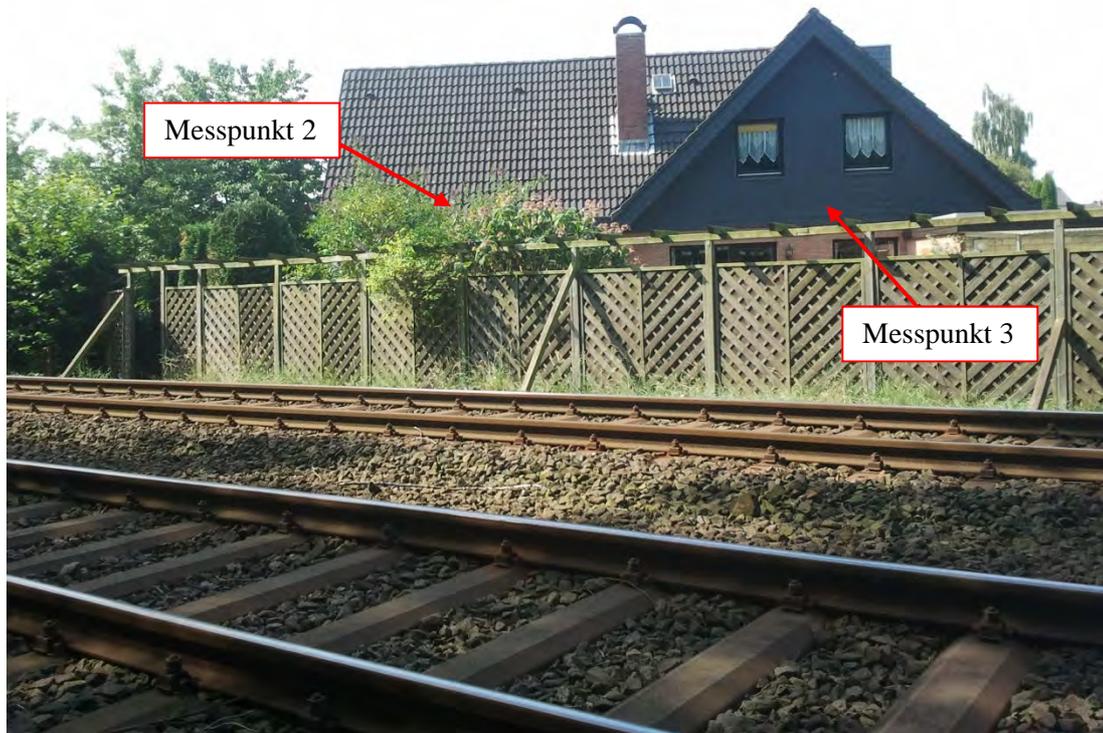
- Messzeit: am 19.08.2013 von ca. 12.00 bis 17.00 Uhr vor Ort,
anschließend Überwachungsmessung mit 2 Messpunkten
Ende/Abbau der Messung am 21.08.2013 um 12.00 Uhr
- Messorte: 3 Messpunkte im Wohngebäude Babenend 88A in Oldenburg
- Verursacher: Schienenverkehr auf der Bahnlinie Oldenburg - Wilhelmshaven
- Messpunkte (MP): MP 1: im Erdgeschoss, Wohnzimmer (nahe Fundament; EG nicht unterkellert);
Abbau am 19.08.13 um 16.20 Uhr
- MP 2: im 1. Obergeschoss, Deckenmitte Spitzbodenzimmer
- MP 3: im 1. Obergeschoss, Deckenmitte Kinderzimmer
Aufbau am 19.08.13 um 16.30 Uhr (Umsetzen MP 1)
- x-Richtung: ungefähr senkrecht zum Gleisverlauf; senkrecht zur Außenwand
y-Richtung: ungefähr parallel zum Gleisverlauf; parallel zur Außenwand
z-Richtung: vertikal
- An allen Messpunkten wurde jeweils triaxial gemessen;
Ankopplung der Messaufnehmer gemäß DIN 45669.
- Messdatenerfassung und -verarbeitung: Schwingungsmesser nach DIN 45669
2 x Lennartz LE-3D, Lennartz electronic GmbH
mit Messverstärker PS800, Wölfel Meßsysteme
- Lynx Notebook mit AD-Wandlerkarte NI DAQCard 6036 E
Mess- und Auswertesoftware MEDA
WÖLFEL Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
- Die obere Grenzfrequenz für die analogen Filter wurde mit ≥ 80 Hz eingestellt.
Abtastung: obere Grenzfrequenz 200 Hz, entspricht Abtastrate von 1,95 ms.
- Die Messkette wurde vor und nach den Messungen auf Funktionsfähigkeit überprüft.
Gemäß DIN 4150-2, Kap. 5.4, treten bei der Ermittlung der bewerteten Schwinggeschwindigkeiten (KB_F -Werte) erfahrungsgemäß Unsicherheiten bis etwa 15 % auf.
- Umfeldbedingungen: heiter bis wolzig, ca. 15-25 °C, trocken, kaum Wind
keine Fremdeinwirkung durch Straßenverkehr

Für die Messdurchführung verantwortlich war Dipl.-Ing. (FH) Florian Schmaus, Firma Wölfel.

Lageplan Messort 1; Babenend 88A



Außenansicht Gebäude

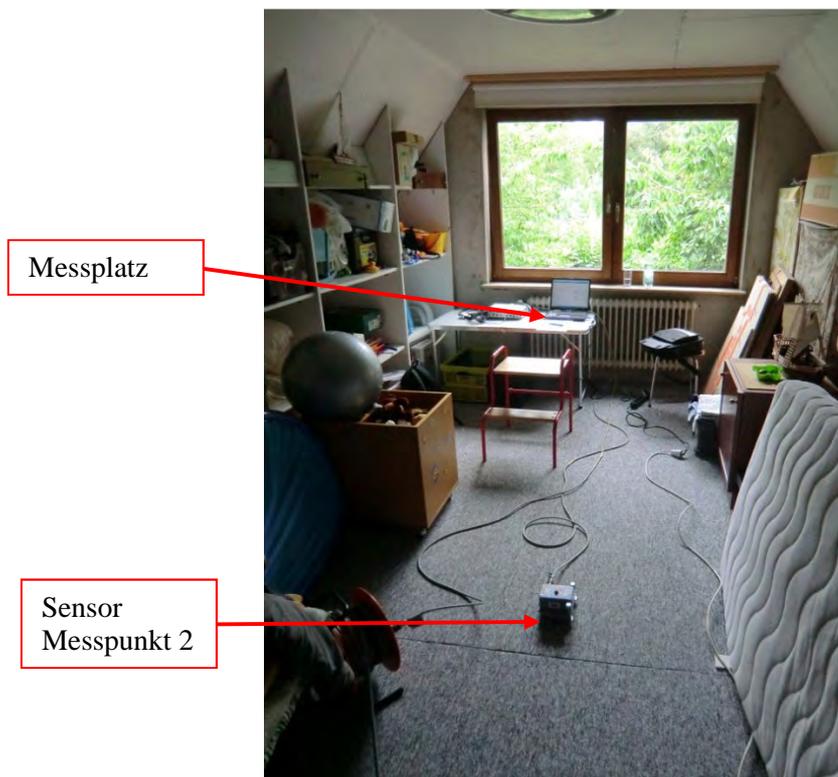


Messpunkt 1 – EG; Wohnzimmer



Sensor
Messpunkt 1

Messpunkt 2 – OG; Spitzbodenzimmer



Messplatz

Sensor
Messpunkt 2

Messpunkt 3 – OG; Kinderzimmer



Sensor
Messpunkt 3

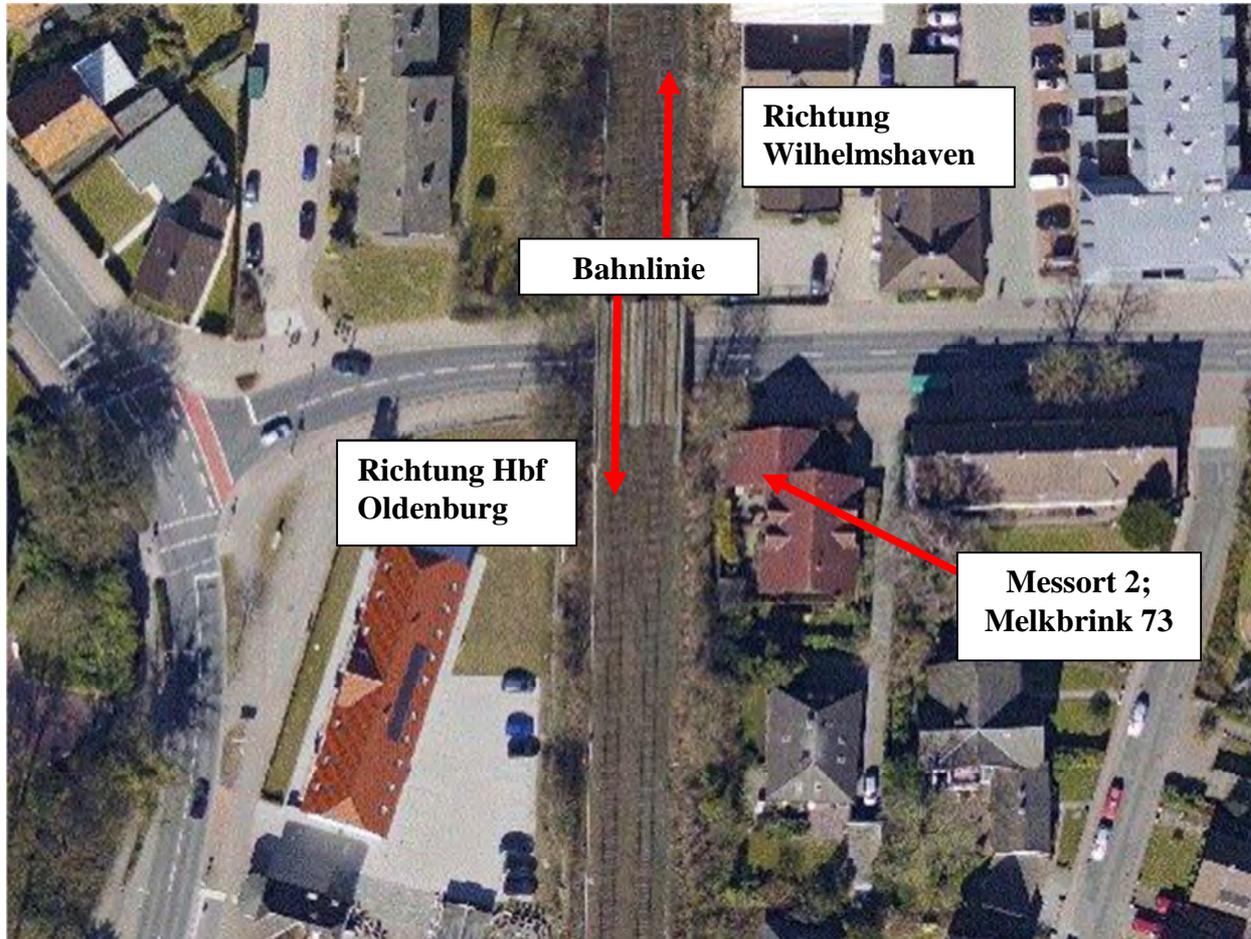
Zugvorbeifahrt Nordwestbahn; Blick vom Messplatz nahe Messpunkt 2



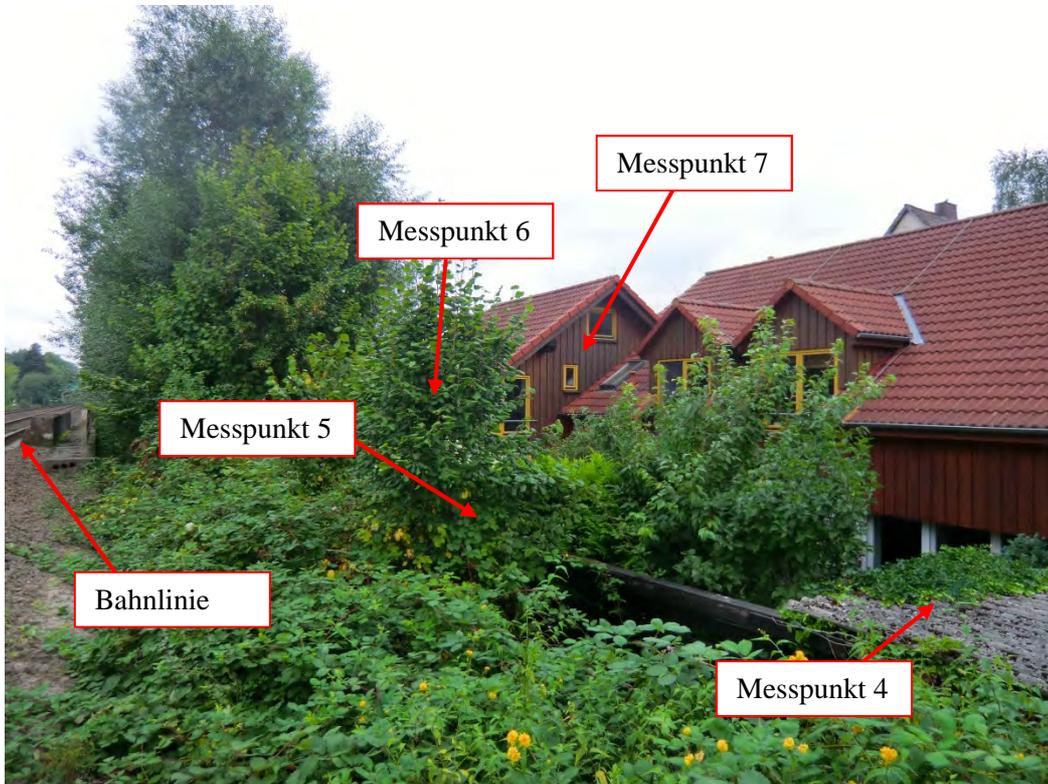
Messtechnik, Messdurchführung der Schwingungsmessungen vom 02.09. bis 04.09.2013

- Messzeit: am 02.09.2013 von ca. 9.00 bis 15.00 Uhr vor Ort,
anschließend Überwachungsmessung mit 2 Messpunkten
Ende/Abbau der Messung am 04.09.2013 um 11.00 Uhr
- Messorte: 4 Messpunkte im Wohngebäude Melkbrink 73 in Oldenburg
- Verursacher: Schienenverkehr auf der Bahnlinie Oldenburg - Wilhelmshaven
- Messpunkte (MP): MP 4: im Erdgeschoss, Wohnzimmer (nahe Fundament; EG nicht unterkellert);
Abbau am 02.09.13 um 12.50 Uhr
MP 5: im Erdgeschoss, Küche Einliegerwohnung (nahe Fundament; EG nicht
unterkellert); Abbau am 02.09.13 um 12.50 Uhr
MP 6: im Obergeschoss, Deckenmitte Küche/Esszimmer Dachgeschosswohnung
Aufbau am 02.09.13 um 13.10 Uhr
MP 7: im Obergeschoss, Schlafbereich Dachgeschosswohnung
Aufbau am 02.09.13 um 13.10 Uhr
- x-Richtung: senkrecht zum Gleisverlauf, senkrecht zur Außenwand
y-Richtung: parallel zum Gleisverlauf
z-Richtung: vertikal
- An allen Messpunkten wurde jeweils triaxial gemessen;
Ankopplung der Messaufnehmer gemäß DIN 45669.
- Messdatenerfassung und -verarbeitung: Schwingungsmesser nach DIN 45669
2 x Lennartz LE-3D, Lennartz electronic GmbH
mit Messverstärker PS800, Wölfel Meßsysteme
- Lynx Notebook mit AD-Wandlerkarte NI DAQCard 6036 E
Mess- und Auswertesoftware MEDA
WÖLFEL Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
- Die obere Grenzfrequenz für die analogen Filter wurde mit ≥ 80 Hz eingestellt.
Abtastung: obere Grenzfrequenz 200 Hz, entspricht Abtastrate von 1,95 ms.
- Die Messkette wurde vor und nach den Messungen auf Funktionsfähigkeit überprüft.
Gemäß DIN 4150-2, Kap. 5.4, treten bei der Ermittlung der bewerteten Schwing-
geschwindigkeiten (KB_F -Werte) erfahrungsgemäß Unsicherheiten bis etwa 15 % auf.
- Umfeldbedingungen: Leicht regenerisch bis wolkeig, ca. 10-20 °C, kaum Wind
kaum Fremdeinwirkung durch Straßenverkehr
- Für die Messdurchführung verantwortlich war Dipl.-Ing. (FH) Florian Schmaus, Firma Wölfel.

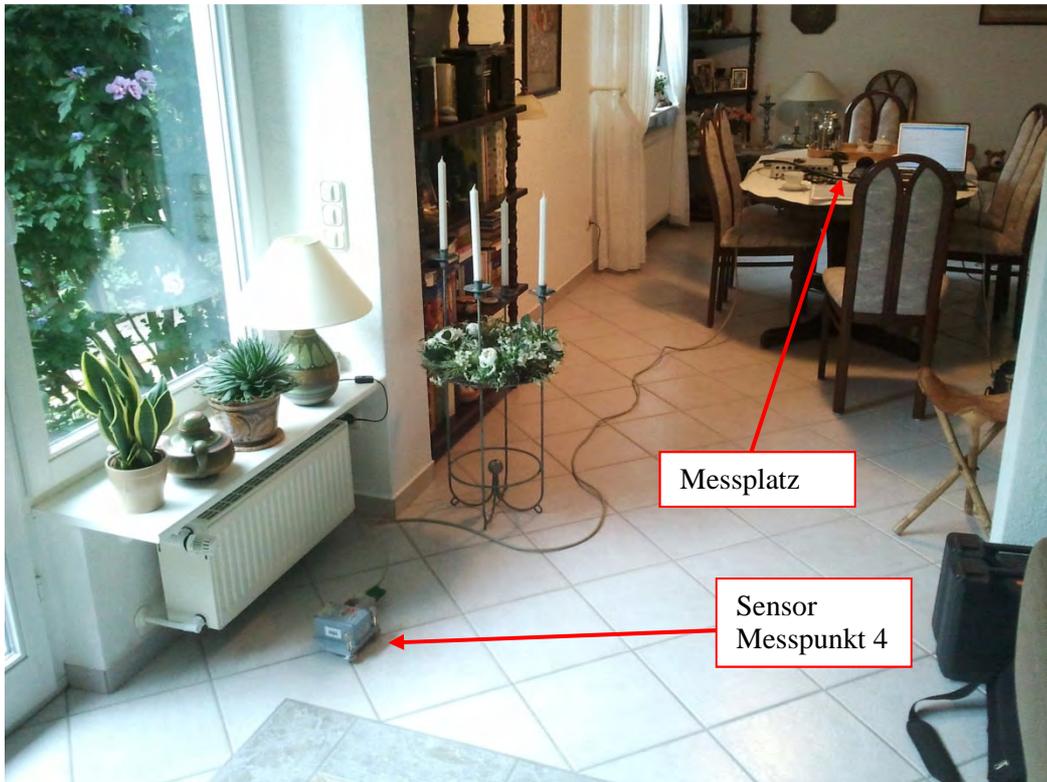
Lageplan Messort 2; Melkbrink 73



Außenansicht Gebäude



Messpunkt 4 – EG; Wohnzimmer



Messpunkt 5 – EG; Küche Einliegerwohnung



Messpunkt 6 – OG; Küche/Esszimmer Dachgeschosswohnung



Messplatz

Sensor
Messpunkt 6

Messpunkt 7 – OG; Schlafbereich Einliegerwohnung



Sensor
Messpunkt 7

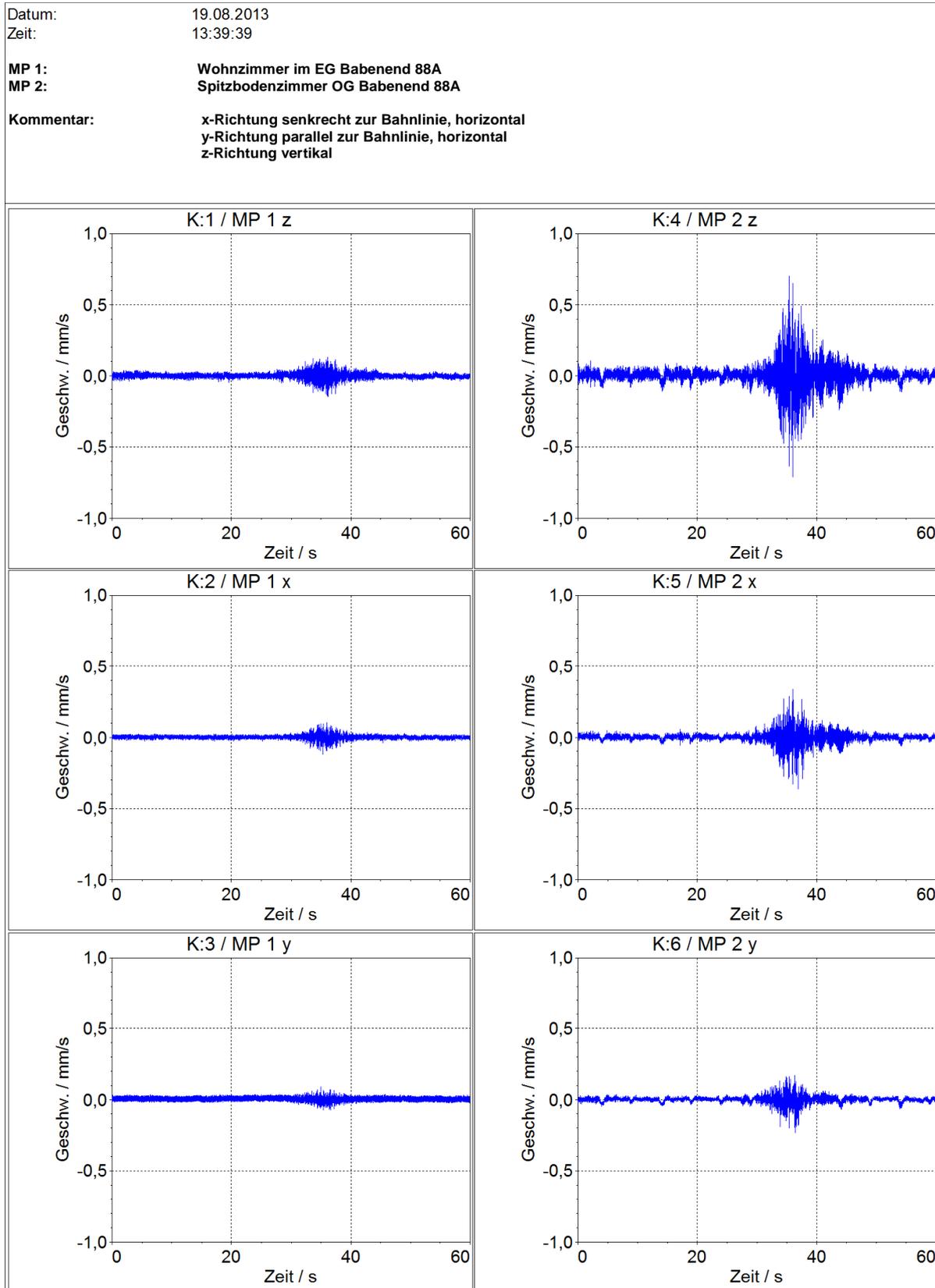
Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (Tabelle 1, DIN 4150-2)

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und 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

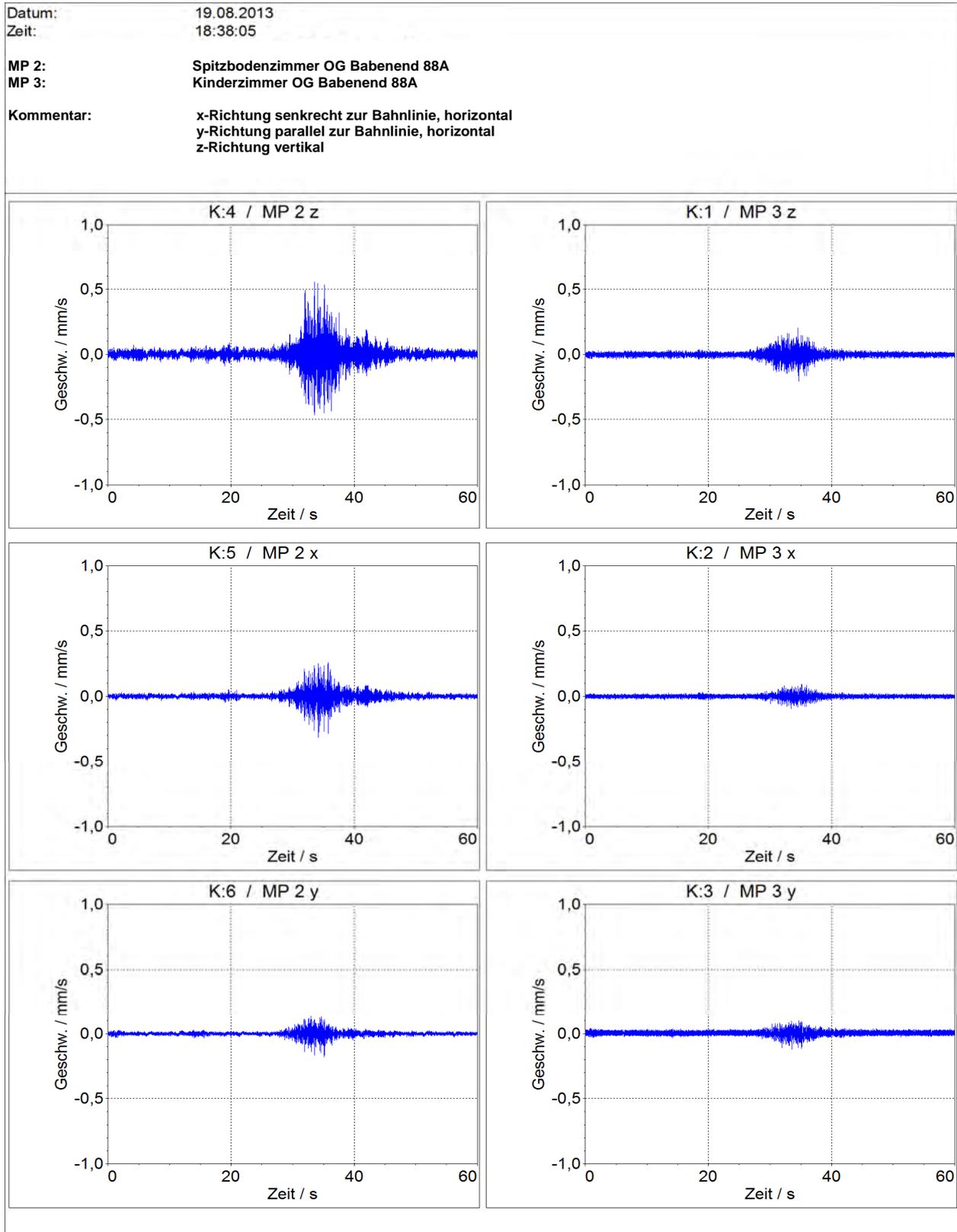
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit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

Gemäß den vorliegenden Angaben liegt eine Einstufung als Allgemeines Wohngebiet (WA) vor; demnach sind die Anhaltswerte gemäß Zeile 4 der o.g. Tabelle heranzuziehen

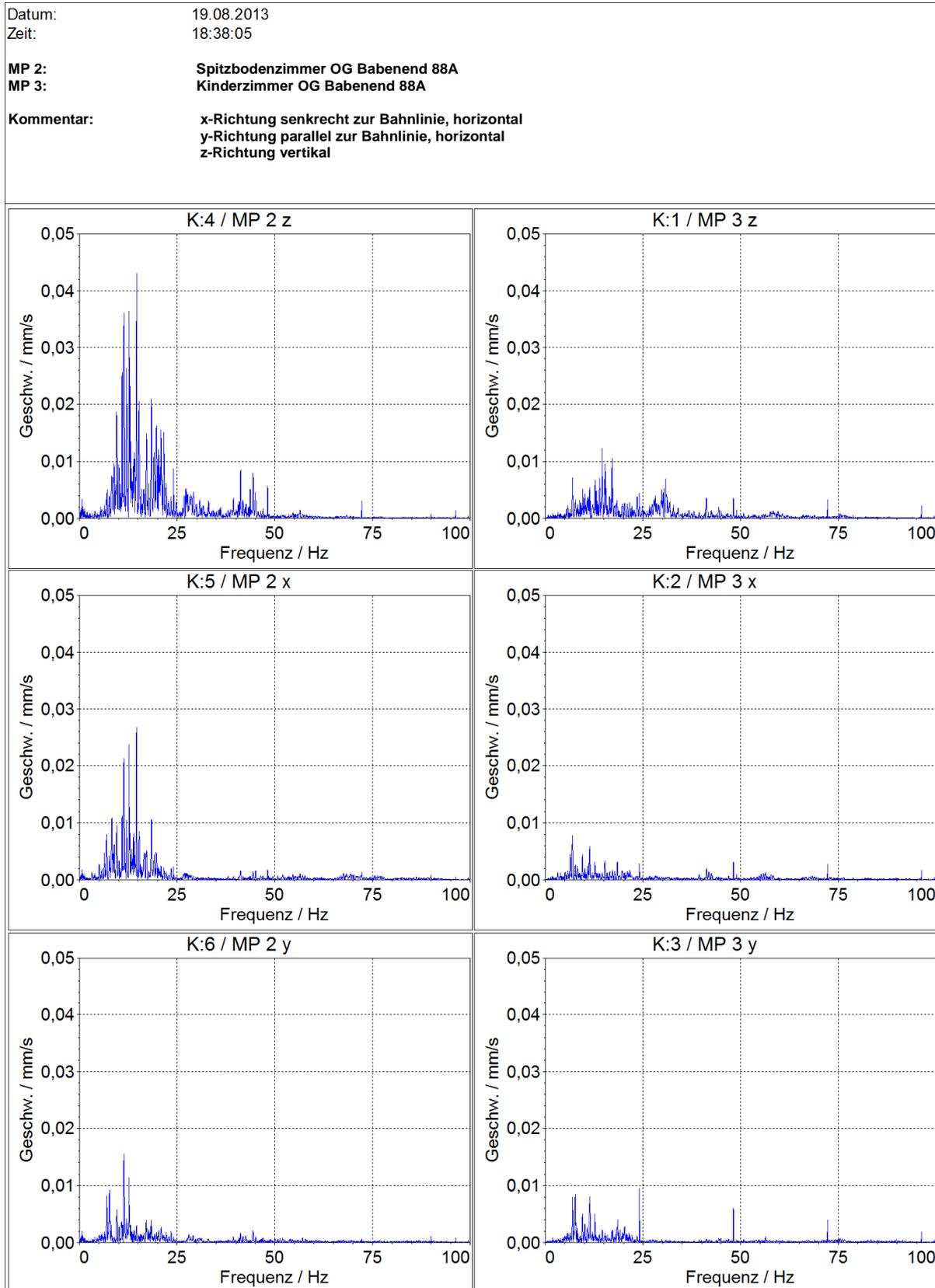
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden (MP 1 / 2), Darstellung im Zeitbereich



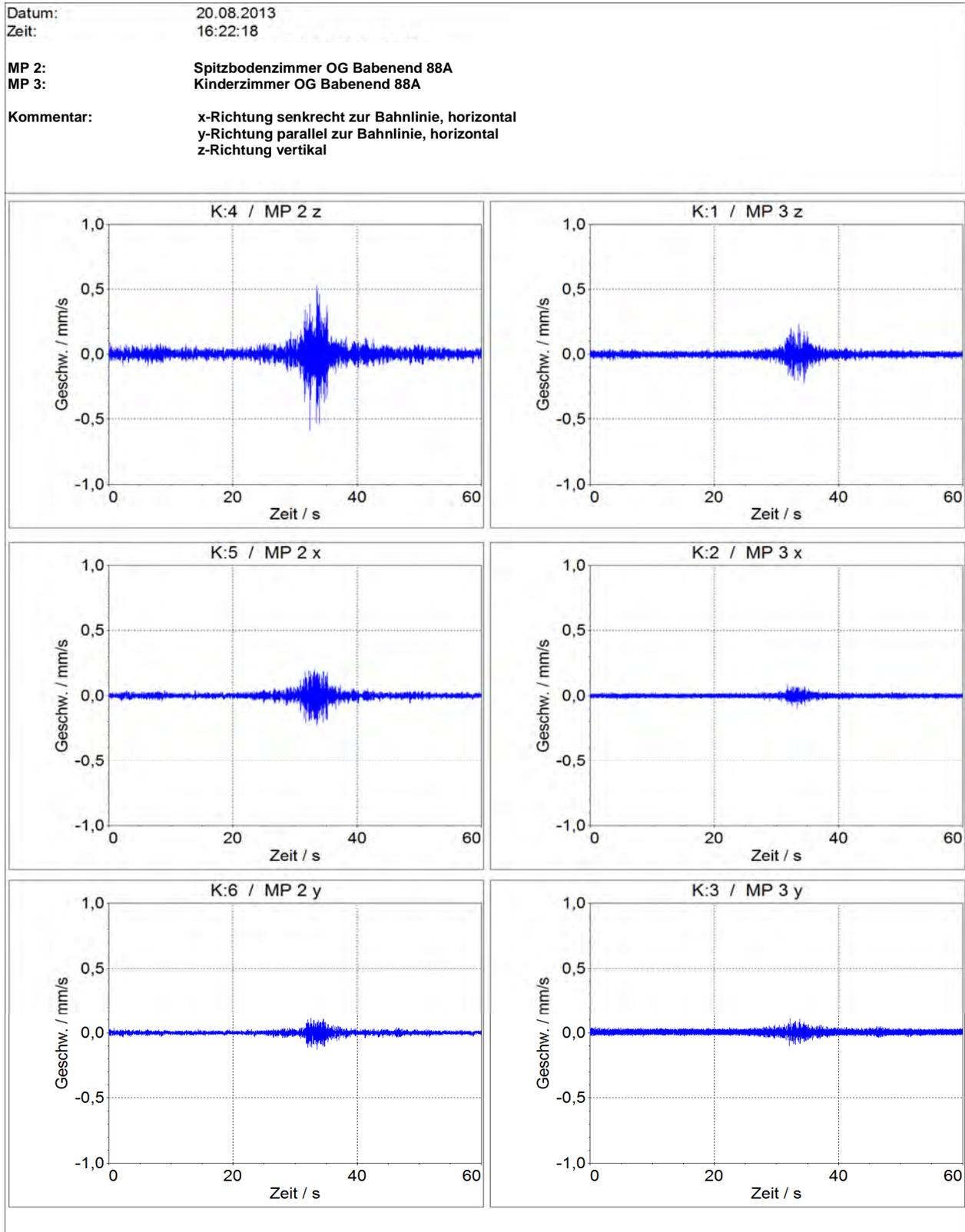
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden (MP 2 / 3), Darstellung im Zeitbereich



Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden, Darstellung im Frequenzbereich

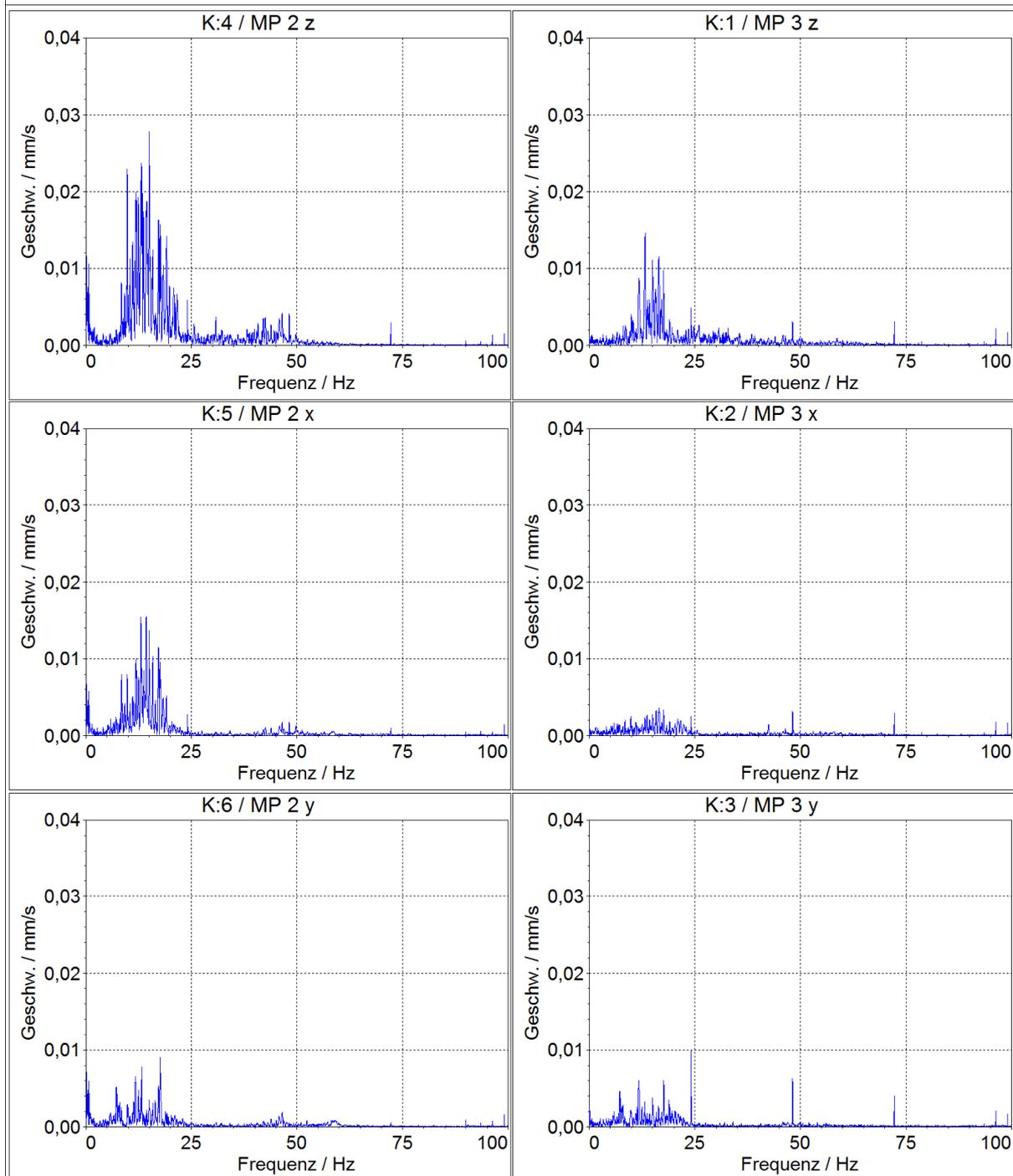


Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden, Darstellung im Zeitbereich

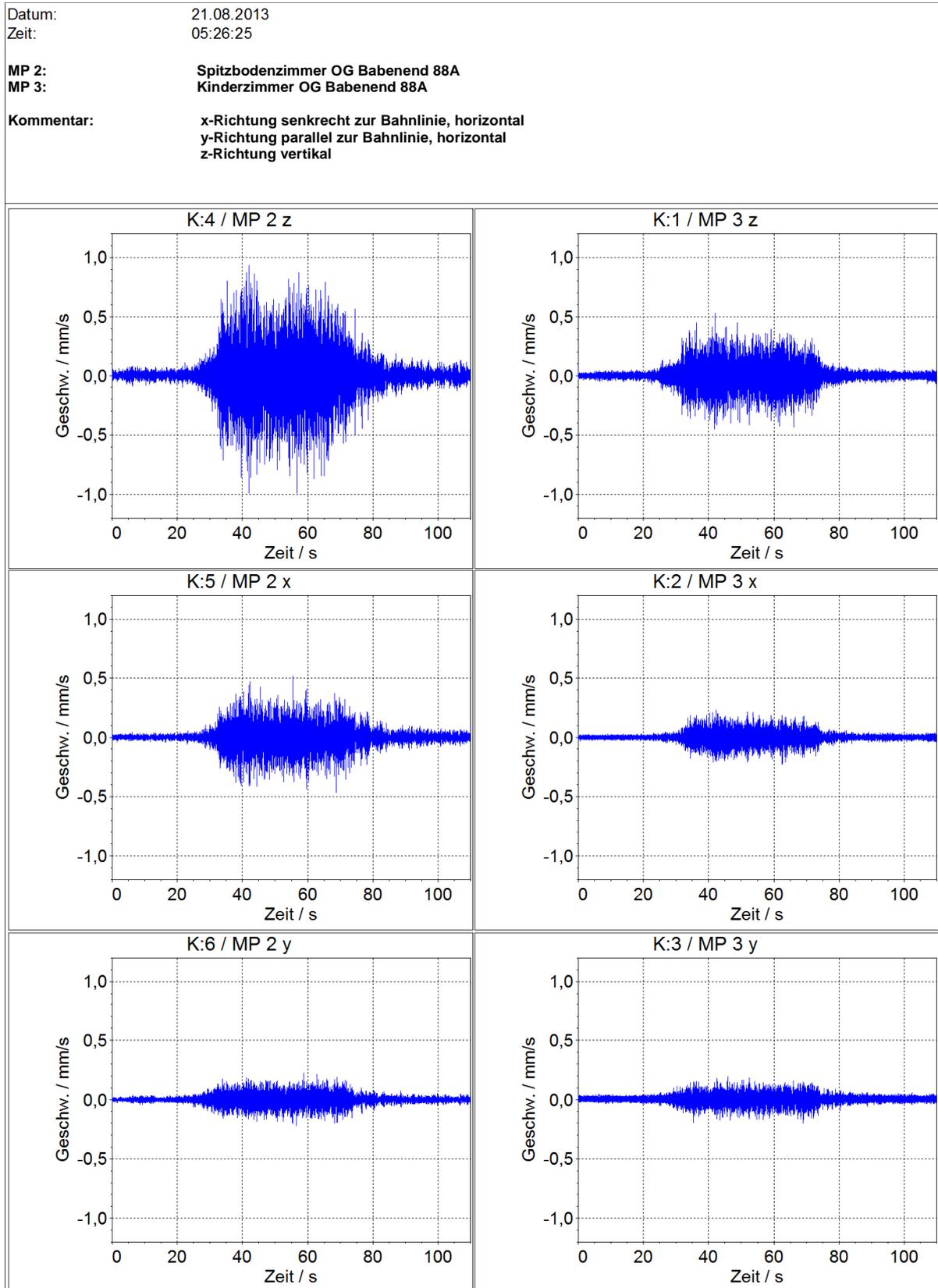


Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden, Darstellung im Frequenzbereich

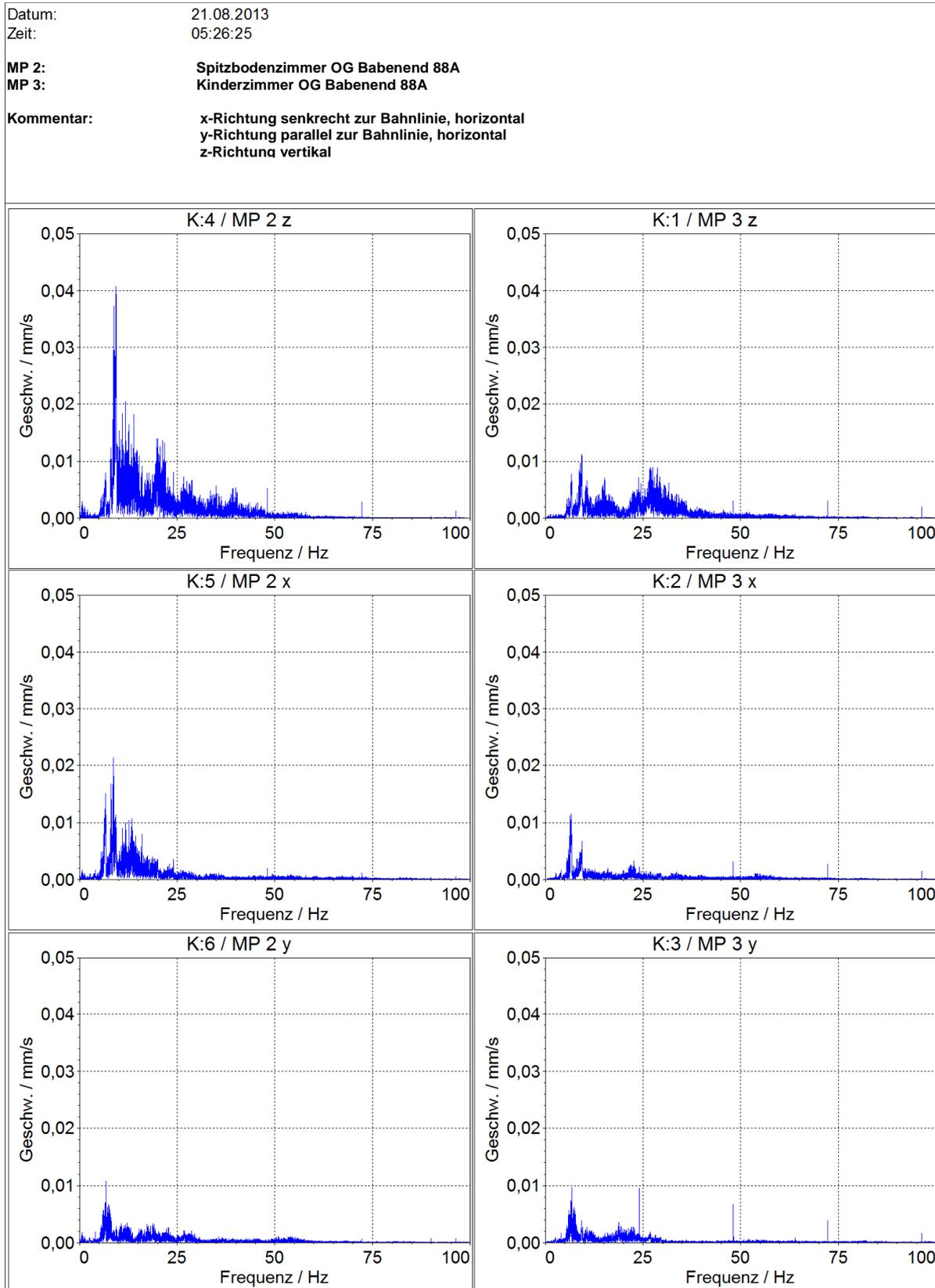
Datum: 20.08.2013
 Zeit: 16:22:18
 MP 2: Spitzbodenzimmer OG Babenend 88A
 MP 3: Kinderzimmer OG Babenend 88A
 Kommentar: x-Richtung senkrecht zur Bahnlinie, horizontal
 y-Richtung parallel zur Bahnlinie, horizontal
 z-Richtung vertikal



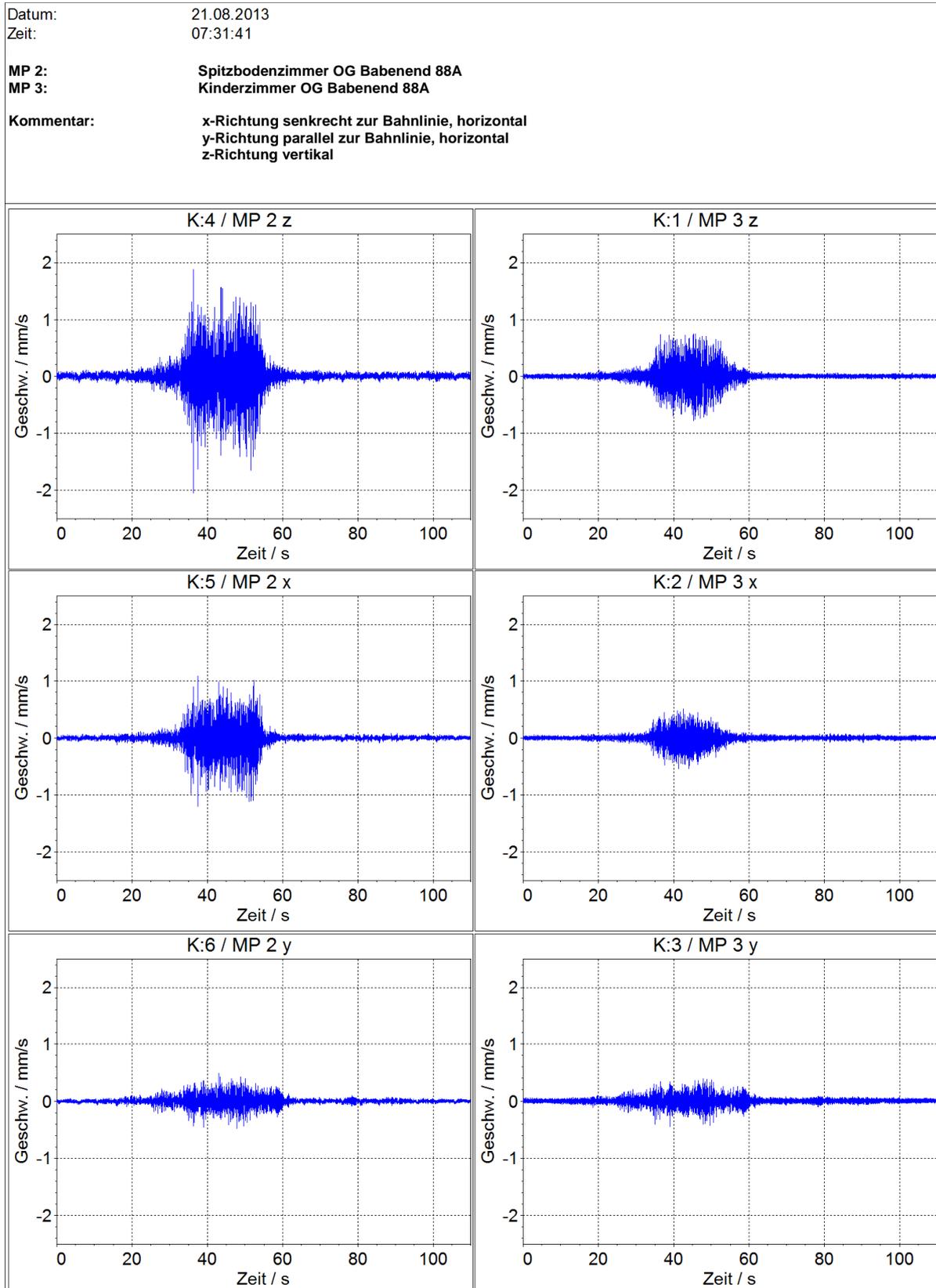
Vorbeifahrt eines Güterzuges (MP 2 / 3), Darstellung im Zeitbereich



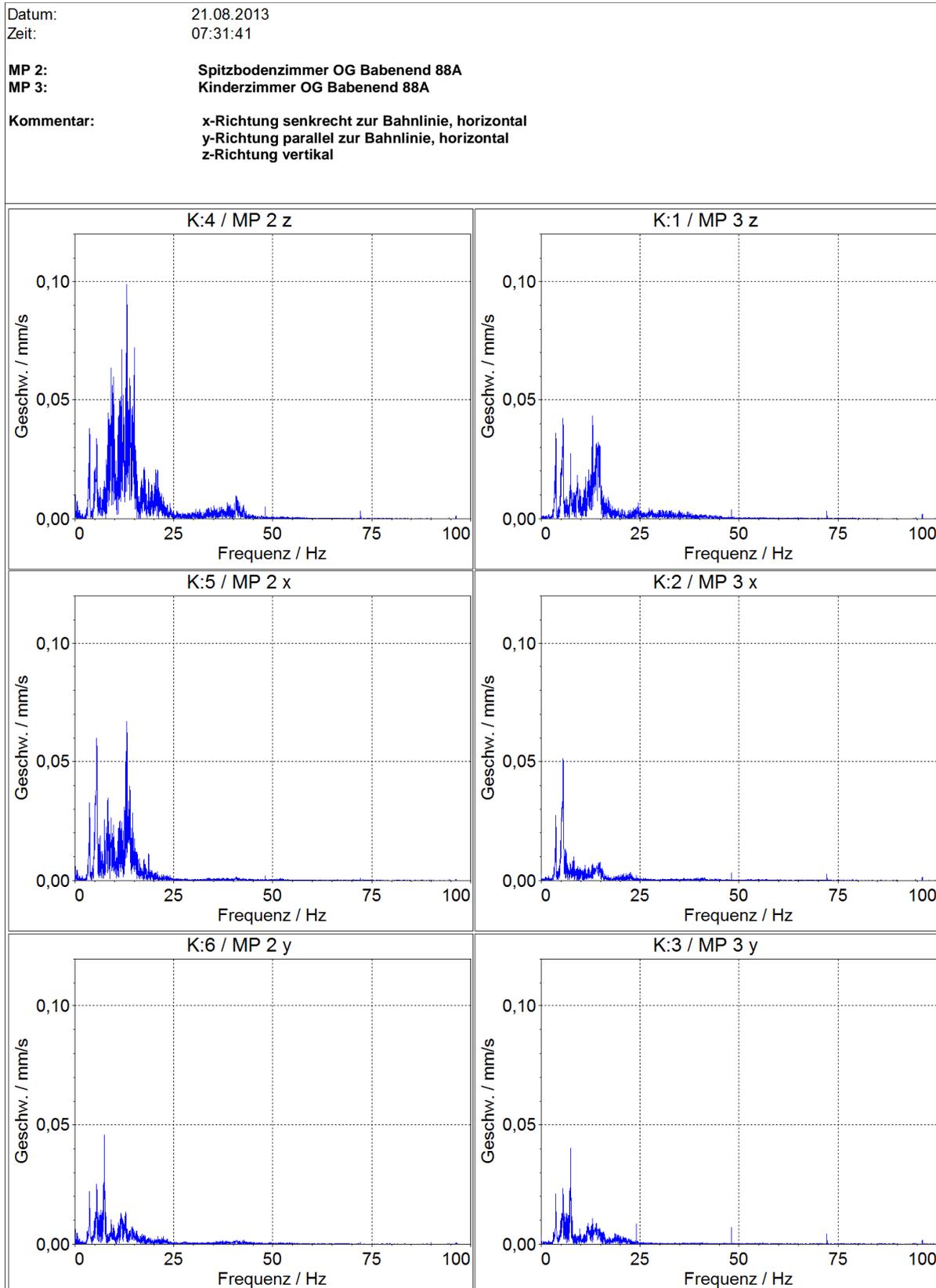
Vorbeifahrt eines Güterzuges, Darstellung im Frequenzbereich



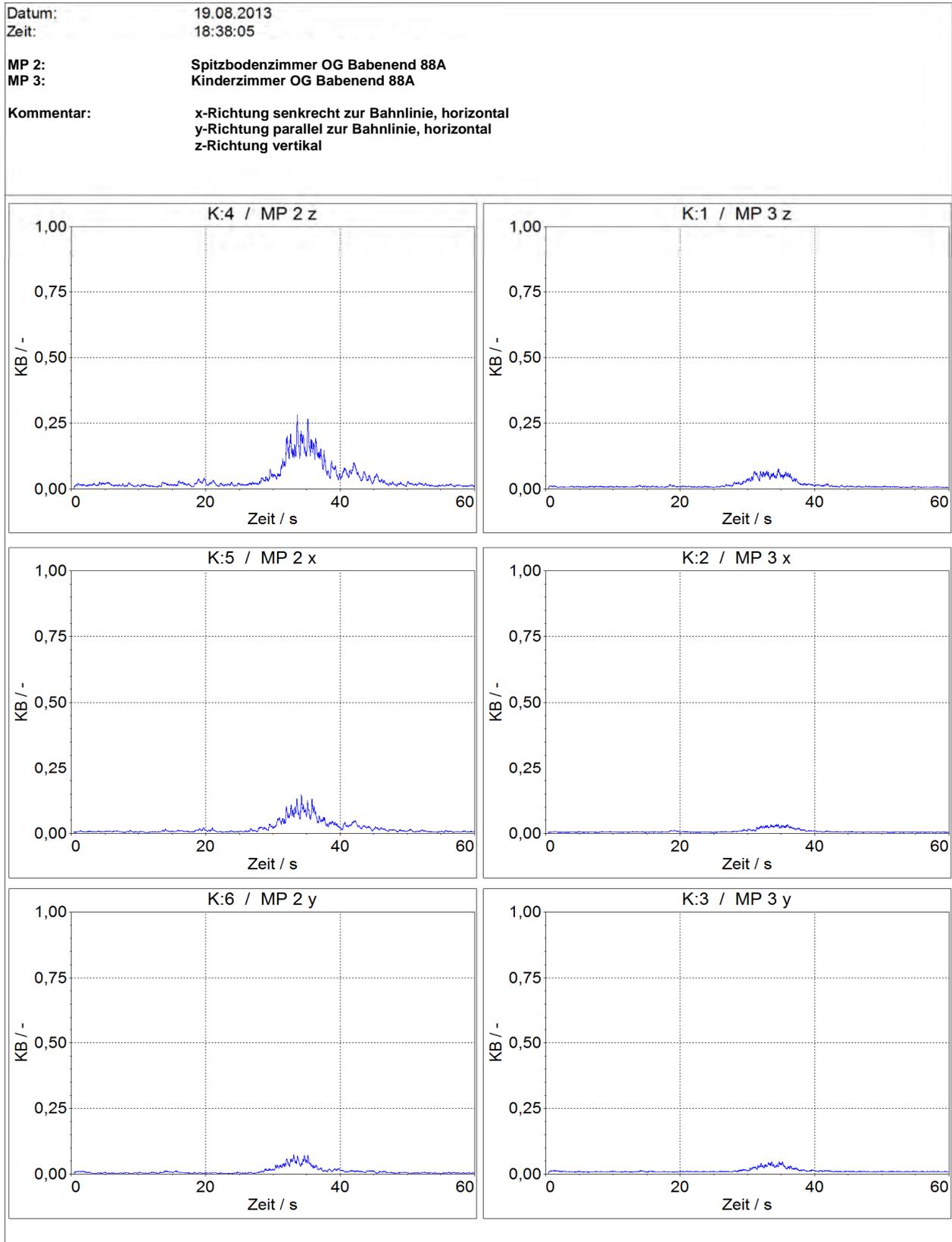
Vorbeifahrt eines Güterzuges (MP 2 / 3), Darstellung im Zeitbereich



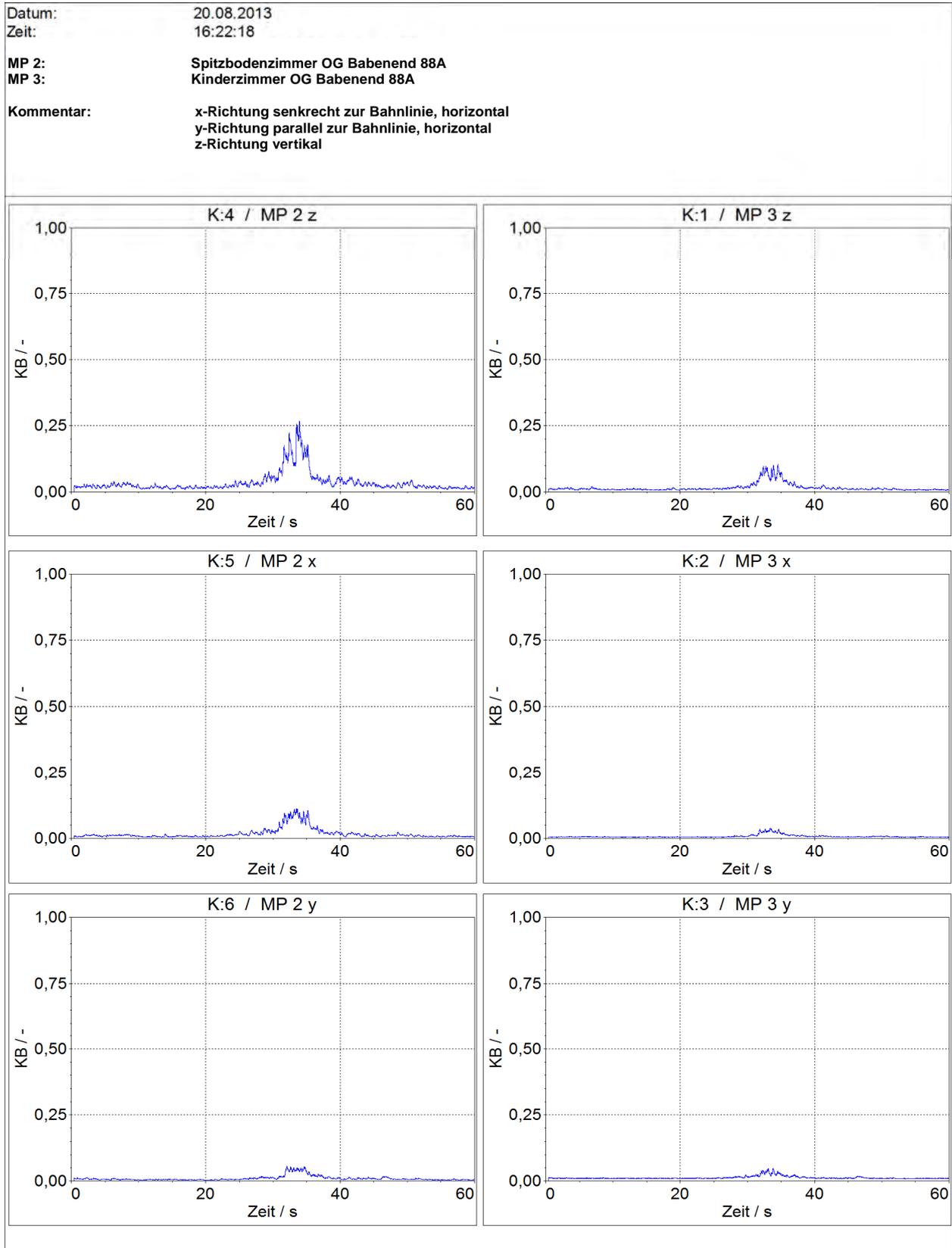
Vorbeifahrt eines Güterzuges, Darstellung im Frequenzbereich



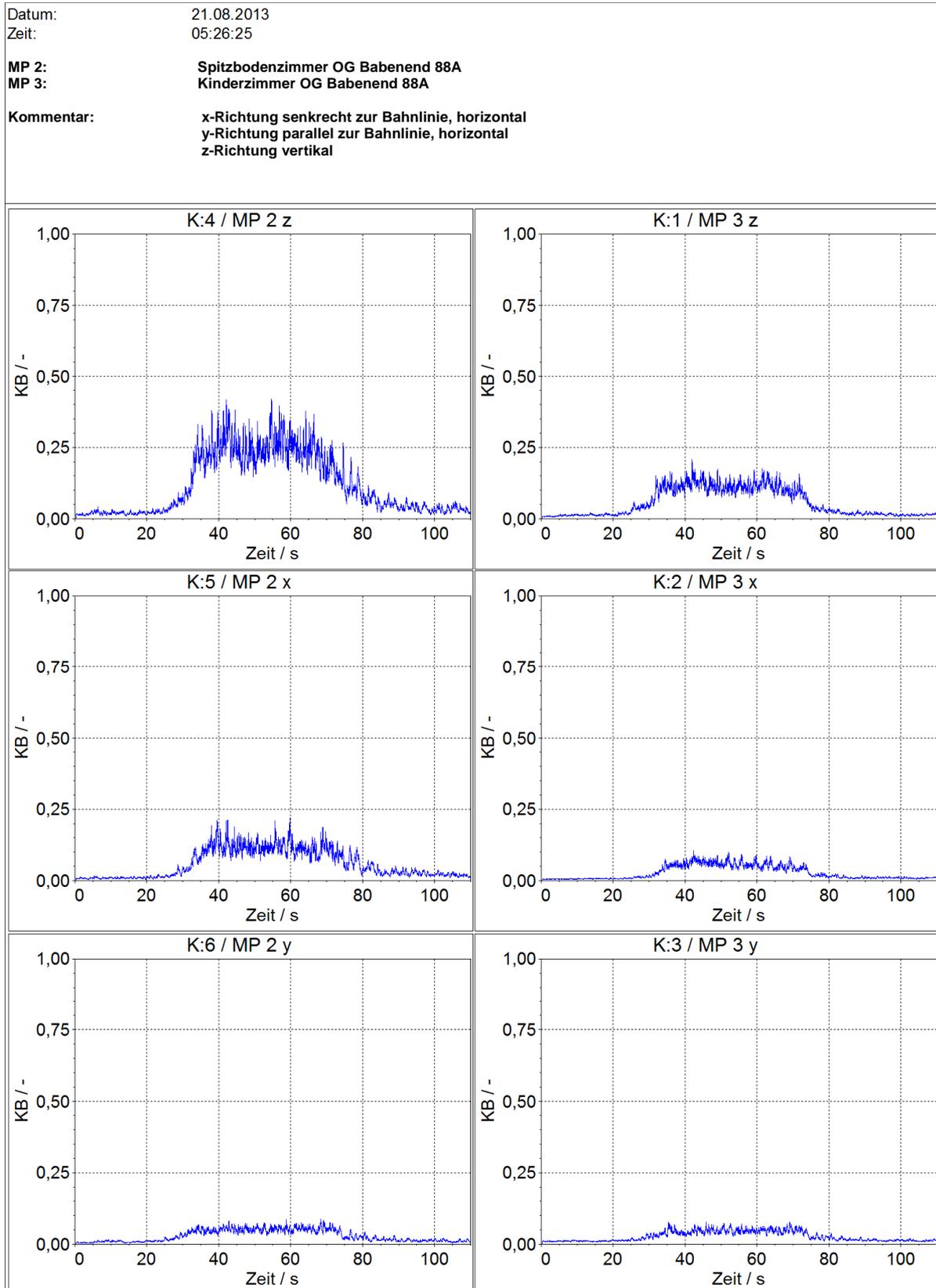
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



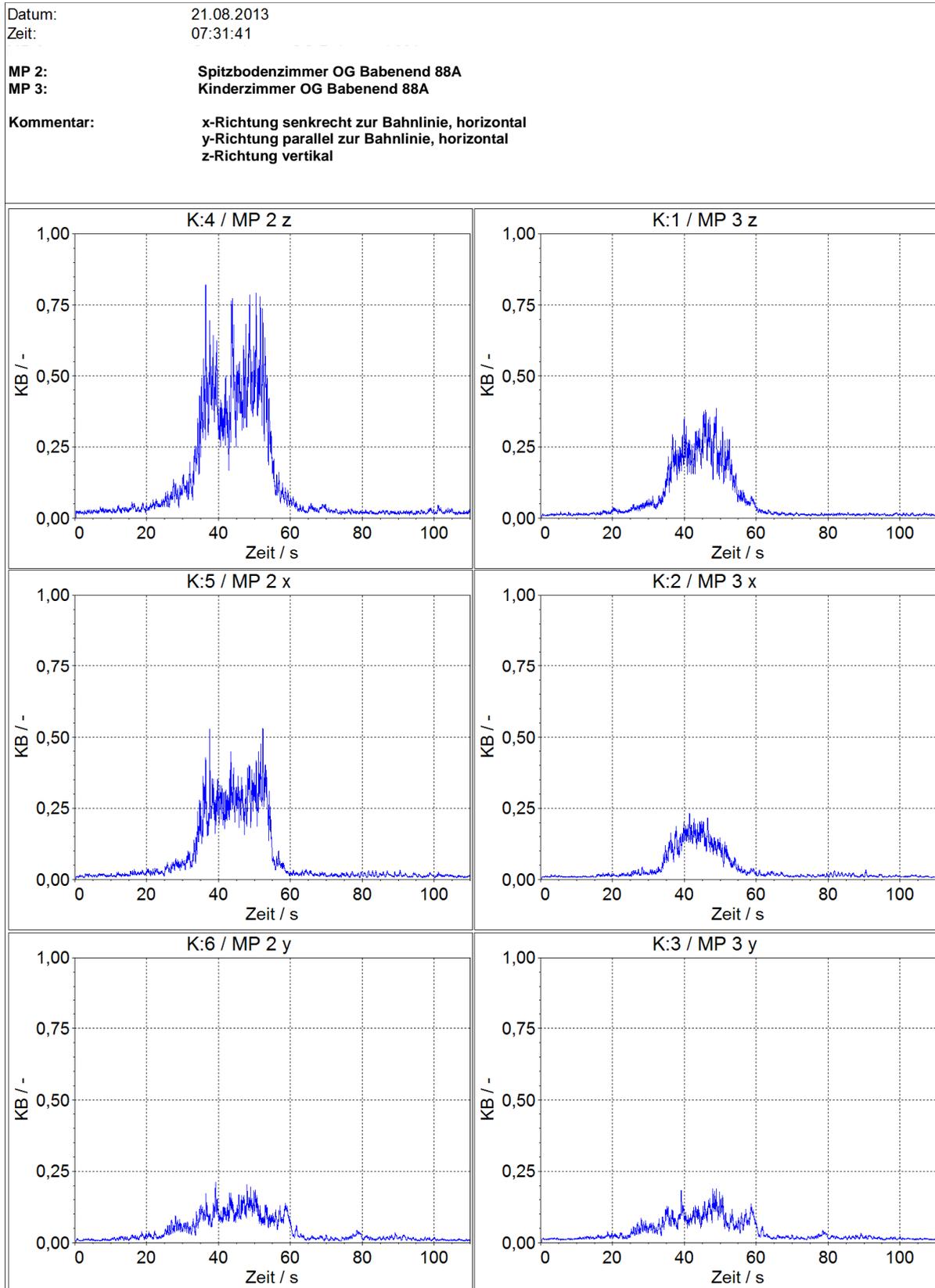
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Vorbeifahrt eines Güterzuges, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Vorbeifahrt eines Güterzuges, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Bildung des Taktmaximal-Effektivwertes KB_{FTm} für Güterzugverkehr bei MP 2 und MP 3

Datum	Uhrzeit	Max. KB-Werte, MP 2 [-]			Max. -Wert	nach Norm	Quadrat
		z	x	y			
19.08.2013	16:47:25	0,464	0,231	0,084	0,464	0,464	0,215
19.08.2013	20:08:16	0,533	0,368	0,148	0,533	0,533	0,284
19.08.2013	20:08:46	0,441	0,338	0,097	0,441	0,441	0,194
20.08.2013	01:15:32	0,735	0,469	0,246	0,735	0,735	0,541
20.08.2013	01:16:02	0,564	0,355	0,165	0,564	0,564	0,319
20.08.2013	03:51:15	0,410	0,161	0,105	0,410	0,410	0,168
20.08.2013	03:51:45	0,400	0,197	0,125	0,400	0,400	0,160
20.08.2013	11:40:12	0,906	0,540	0,265	0,906	0,906	0,822
20.08.2013	11:40:42	0,830	0,457	0,224	0,830	0,830	0,689
21.08.2013	05:26:25	0,420	0,219	0,086	0,420	0,420	0,176
21.08.2013	05:26:55	0,377	0,187	0,089	0,377	0,377	0,142
21.08.2013	07:17:57	0,566	0,291	0,150	0,566	0,566	0,320
21.08.2013	07:18:27	0,343	0,186	0,092	0,343	0,343	0,118
21.08.2013	07:31:41	0,821	0,530	0,212	0,821	0,821	0,674
21.08.2013	11:48:54	0,886	0,580	0,231	0,886	0,886	0,785

Taktmaximal-Effektivwert für MP 2 [-]: $KB_{FTm, Güterzug} = 0,611$

Datum	Uhrzeit	Max. KB-Werte MP 3 [-]			Max. -Wert	nach Norm	Quadrat
		z	x	y			
19.08.2013	16:47:25	0,128	0,067	0,073	0,128	0,128	0,016
19.08.2013	20:08:16	0,217	0,097	0,105	0,217	0,217	0,047
19.08.2013	20:08:46	0,175	0,087	0,076	0,175	0,175	0,031
20.08.2013	01:15:32	0,296	0,172	0,217	0,296	0,296	0,088
20.08.2013	01:16:02	0,181	0,139	0,158	0,181	0,181	0,033
20.08.2013	03:51:15	0,191	0,066	0,089	0,191	0,191	0,037
20.08.2013	03:51:45	0,187	0,074	0,111	0,187	0,187	0,035
20.08.2013	11:40:12	0,279	0,149	0,224	0,279	0,279	0,078
20.08.2013	11:40:42	0,218	0,118	0,205	0,218	0,218	0,048
21.08.2013	05:26:25	0,208	0,104	0,078	0,208	0,208	0,043
21.08.2013	05:26:55	0,177	0,086	0,078	0,177	0,177	0,031
21.08.2013	07:17:57	0,152	0,130	0,135	0,152	0,152	0,023
21.08.2013	07:18:27	0,090	0,074	0,078	0,090	0,000	0,000
21.08.2013	07:31:41	0,387	0,232	0,190	0,387	0,387	0,150
21.08.2013	11:48:54	0,279	0,162	0,213	0,279	0,279	0,078

Taktmaximal-Effektivwert für MP 3 [-]: $KB_{FTm, Güterzug} = 0,222$

Beurteilung der Erschütterungen im Ist-Zustand für den MP 2

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	1	1
Nachts	6	6	4	5
NWB	KB _{FTM}	0,262		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,036		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,015		
Güterzüge	KB _{FTM}	0,611		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,014		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,044		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,039		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,049		
Beurteilung des Gebietes:	Wohngebiet			
Einzuhaltender Wert:	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen für die prognostizierten Zugzahlen am MP 2

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	46	60
Nachts	8	8	31	40
NWB				
NWB	KB _{FTM}	0,262		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,036		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,017		
Güterzüge				
Güterzüge	KB _{FTM}	0,611		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,108		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,125		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,114		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,127		
Beurteilung des Gebietes: Wohngebiet				
Einzuhaltender Wert:				
	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN				
	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen im Ist-Zustand für den MP 3

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	1	1
Nachts	6	6	4	5
NWB				
	KB _{FTM}	0,094		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,013		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,005		
Güterzüge				
	KB _{FTM}	0,222		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,005		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,016		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,014		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,018		
Beurteilung des Gebietes: Wohngebiet				
Einzuhaltender Wert:				
	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN				
	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen für die prognostizierten Zugzahlen am MP 3

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	46	60
Nachts	8	8	31	40
NWB				
	KB _{FTM}	0,094		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,013		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,006		
Güterzüge				
	KB _{FTM}	0,222		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,039		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,045		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,041		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,046		
Beurteilung des Gebietes: Wohngebiet				
Einzuhaltender Wert:				
	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN				
	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

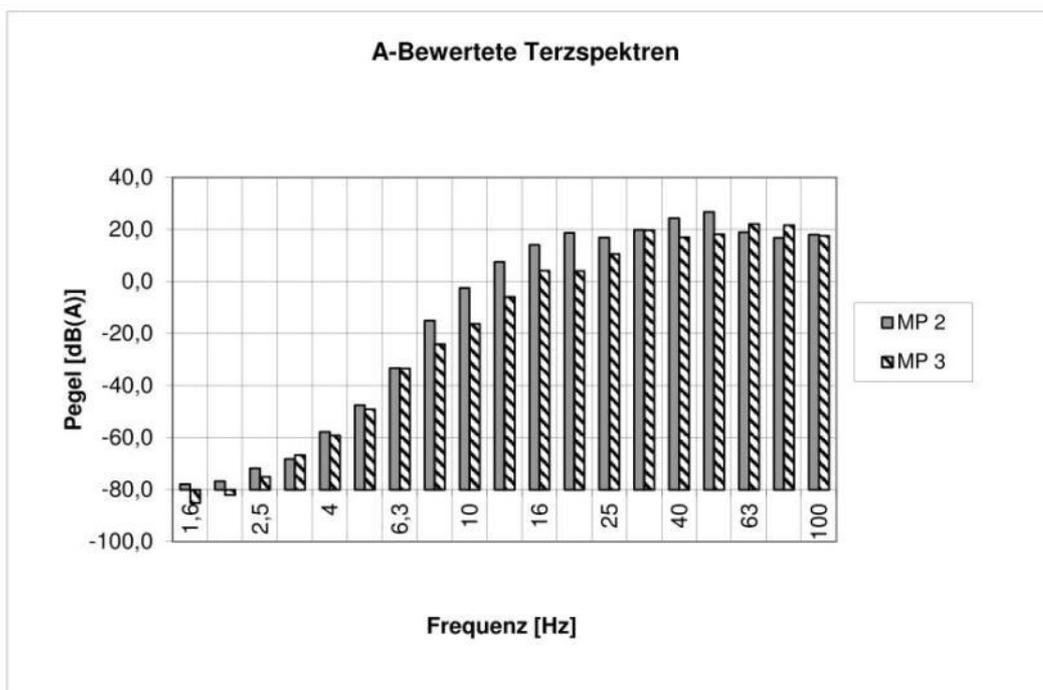
Sekundärer Luftschall für Vorbeifahrt NWB am 19.08.2013 um 18:38 Uhr, MP 2 und MP 3

Frequenz [Hz]	Pegel [dB]		Bew./Korrektur [dB]	
	MP 2	MP 3	A-Bew.	Korrektur
1,6	42,09	34,93	-120	0
2	41,26	36,01	-118	0
2,5	39,22	35,95	-111	0
3,125	36,79	38,36	-105	0
4	39,67	38,35	-97,5	0
5	43,41	41,96	-91	0
6,3	50,70	50,63	-84,0	0
8	61,93	53,03	-77,0	0
10	67,88	54,11	-70,4	0
12,5	70,91	57,60	-63,4	0
16	70,79	60,91	-56,7	0
20	69,21	54,57	-50,5	0
25	61,54	55,36	-44,7	0
31,5	59,19	59,14	-39,4	0
40	58,97	51,59	-34,6	0
50	56,85	48,32	-30,2	0
63	45,11	48,33	-26,2	0
80	39,28	44,19	-22,5	0
100	37,07	36,76	-19,1	0

A-Pegel [dB(A)]	
MP 2	MP 3
-77,9	-85,1
-76,7	-82,0
-71,8	-75,0
-68,2	-66,6
-57,8	-59,2
-47,6	-49,0
-33,3	-33,4
-15,1	-24,0
-2,5	-16,3
7,5	-5,8
14,1	4,2
18,7	4,1
16,8	10,7
19,8	19,7
24,4	17,0
26,6	18,1
18,9	22,1
16,8	21,7
18,0	17,7

Schnellepegel: L_{VA} [dB(A)] **30,7** **27,8**

ermittelter sekundärer Luftschall L_{sek} [dB(A)]: **34,3** **32,9**
 (Holzbalkendecken)



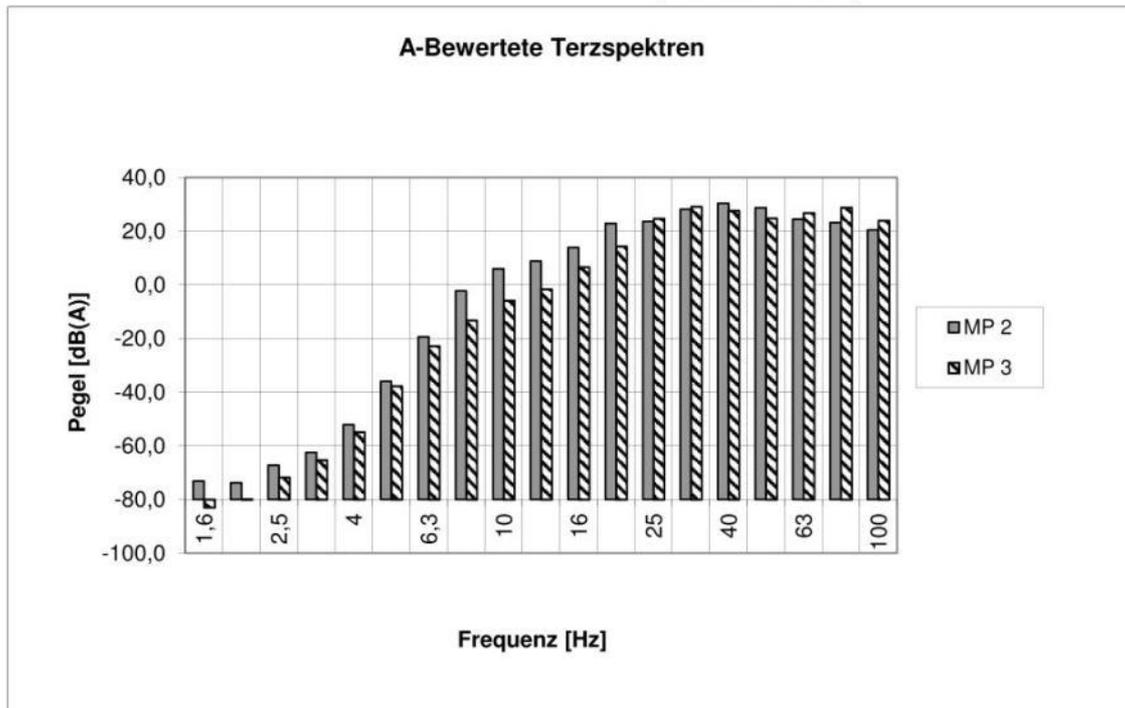
Sekundärer Luftschall für Güterzug-Vorbeifahrt am 20.08.2013 um 05:26 Uhr, MP 2 / 3

Frequenz [Hz]	Pegel [dB]		Bew./Korrektur [dB]	
	MP 2	MP 3	A-Bew.	Korrektur
1,6	46,82	37,03	-120	0
2	44,24	38,13	-118	0
2,5	43,81	39,23	-111	0
3,125	42,48	39,70	-105	0
4	45,34	42,66	-97,5	0
5	55,02	53,27	-91	0
6,3	64,61	61,13	-84,0	0
8	74,76	63,81	-77,0	0
10	76,39	64,58	-70,4	0
12,5	72,28	61,82	-63,4	0
16	70,64	63,32	-56,7	0
20	73,38	64,84	-50,5	0
25	68,38	69,34	-44,7	0
31,5	67,57	68,56	-39,4	0
40	65,01	62,22	-34,6	0
50	58,94	55,02	-30,2	0
63	50,63	52,95	-26,2	0
80	45,69	51,31	-22,5	0
100	39,61	43,00	-19,1	0

A-Pegel [dB(A)]	
MP 2	MP 3
-73,2	-83,0
-73,8	-79,9
-67,2	-71,8
-62,5	-65,3
-52,2	-54,8
-36,0	-37,7
-19,4	-22,9
-2,2	-13,2
6,0	-5,8
8,9	-1,6
13,9	6,6
22,9	14,3
23,7	24,6
28,2	29,2
30,4	27,6
28,7	24,8
24,4	26,7
23,2	28,8
20,5	23,9

Schnellepegel: L_{vA} [dB(A)] **35,5** **35,4**

ermittelter sekundärer Luftschall L_{sek} [dB(A)]: **36,6** **36,6**
 (Holzbalkendecken)



Ermittlung der Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall, tagsüber/nachts

Für die Ermittlung der Beurteilungspegel für die Zeiträume Tag/Nacht werden die Streckenbelastungen unter Berücksichtigung der einzelnen Zuggattungen und die dazugehörigen Vorbeifahrzeiten t_{zug} angesetzt. Die Berechnungen der Beurteilungspegel pro Zuggattung erfolgen gemäß folgenden Gleichungen:

Tag:

$$L_{A,m\text{-Tag}} = L_{\text{sek}} + 10 \lg \frac{t_{\text{zug}} \cdot N_T}{57600} \quad [\text{dB}]$$

Darin bedeuten:

N_T : Anzahl der Zugereignisse (Zeitraum 6 Uhr bis 22 Uhr)

Nacht:

$$L_{A,m\text{-Nacht}} = L_{\text{sek}} + 10 \lg \frac{t_{\text{zug}} \cdot N_N}{28800} \quad [\text{dB}]$$

Darin bedeuten:

N_N : Anzahl der Zugereignisse (Zeitraum 22 Uhr bis 6 Uhr)

(Aus [5], „Leitfaden für den Planer“ der DB)

Für die Bildung der Beurteilungspegel wird die mittlere „Vorbeifahrzeit“ t_{zug} der Nord-West-Bahn mit 15 Sekunden und für Güterzüge mit 30 Sekunden angesetzt (s. Signale auf den Vorseiten)

Vorbeifahrten der Nord-West-Bahn bei MP 2

Mit den Zugzahlen von 36 Ereignissen am Tag und 6 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 34,3 dB(A) ergeben sich die folgenden Beurteilungswerte für den Ist-Zustand:

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Tag}} = 14,0 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Nacht}} = 9,2 \text{ dB(A)}$$

Mit den prognostizierten Zugzahlen von 36 Ereignissen am Tag und 8 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 34,3 dB(A) ergeben sich die folgenden Prognose-Beurteilungswerte:

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Tag}} = 14,0 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Nacht}} = 10,5 \text{ dB(A)}$$

Vorbeifahrten der Güterzüge bei MP2

Mit den Zugzahlen von 1 Ereignis am Tag und 4 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 36,6 dB(A) ergeben sich die folgenden Beurteilungswerte für den Ist-Zustand:

$$\begin{aligned} \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 3,8 \text{ dB(A)} \\ \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 12,8 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Mit den prognostizierten Zugzahlen von 46 Ereignissen am Tag und 31 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 36,6 dB(A) ergeben sich die folgenden Prognose-Beurteilungswerte:

$$\begin{aligned} \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 20,4 \text{ dB(A)} \\ \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 21,7 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Beurteilungspegel bei Berücksichtigung der Vorbeifahrten aller Züge bei MP2

Der Gesamt-Beurteilungspegel für MP 2 ergibt sich durch energetische Addition der Pegel für die beiden Zuggattungen:

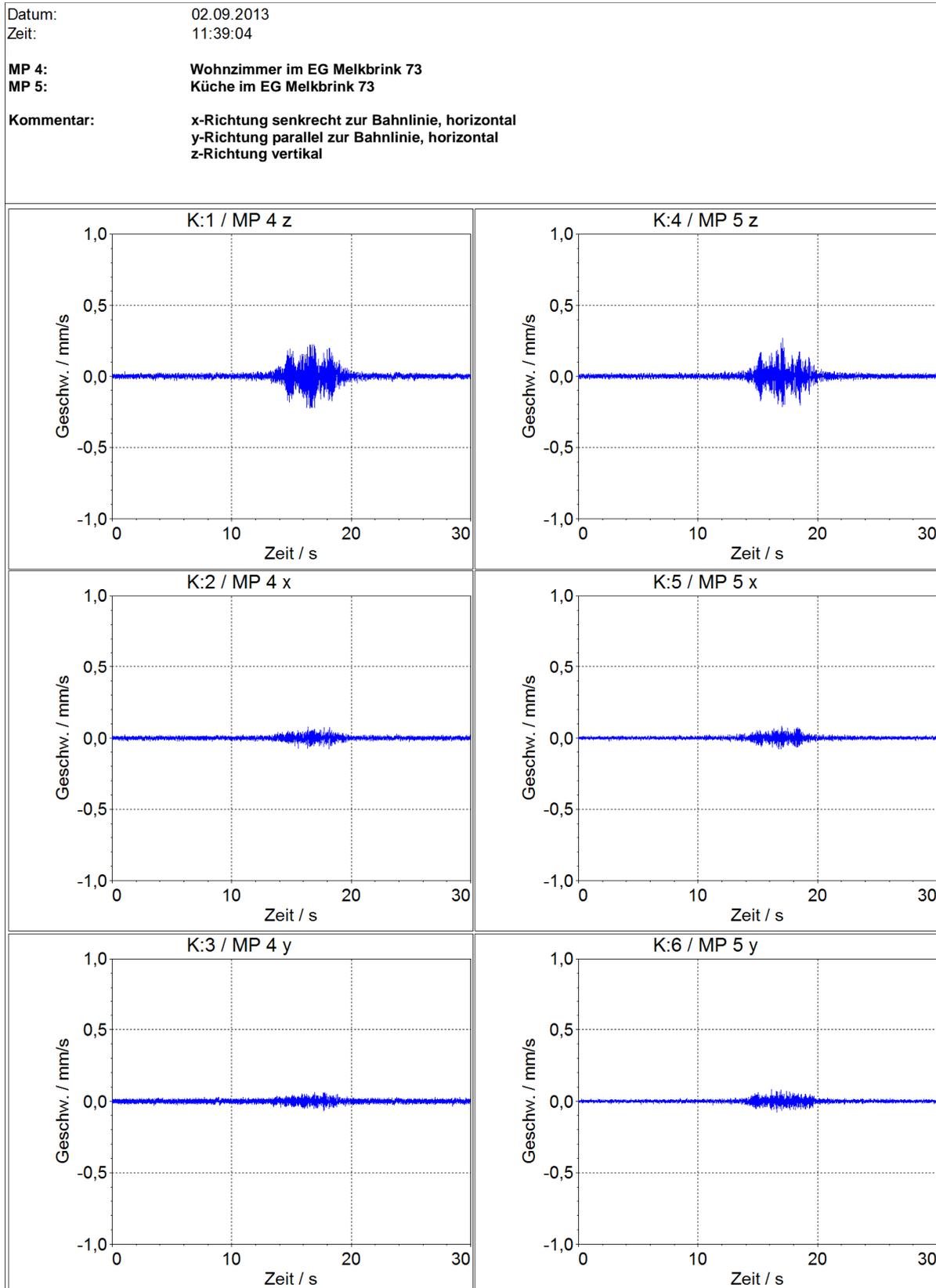
$$\begin{aligned} \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 14,4 \text{ dB(A)} \quad \text{für den Ist-Zustand} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 14,4 \text{ dB(A)} \\ \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 21,3 \text{ dB(A)} \quad \text{für die Prognose-Werte} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 22,0 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Beurteilungspegel bei Berücksichtigung der Vorbeifahrten aller Züge bei MP3

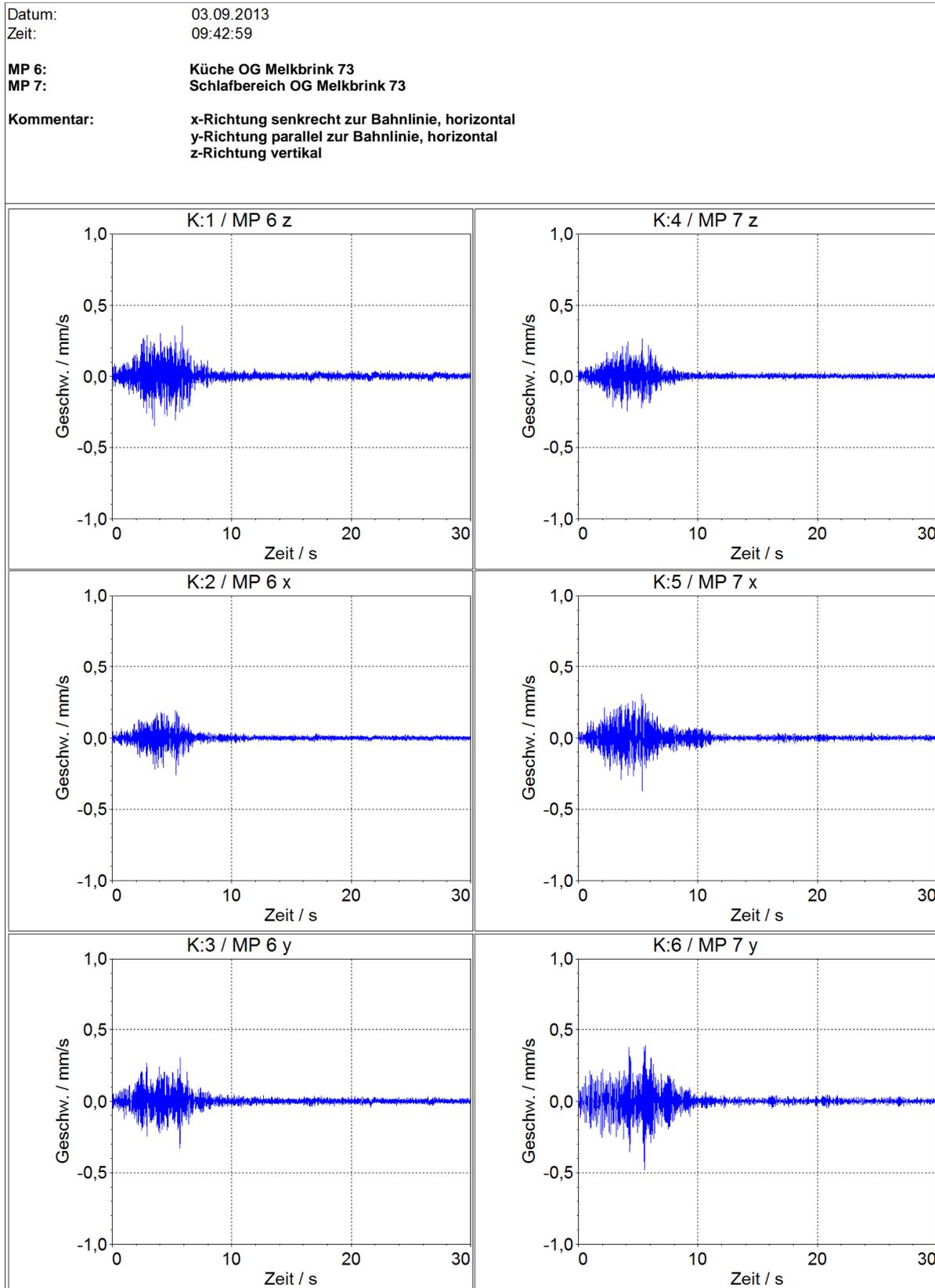
Für den Messpunkt 3 werden repräsentative Einzelpegel von 32,9 dB(A) für die Vorbeifahrten der Nord-West-Bahn angesetzt und 36,6 dB(A) für die Güterzüge. Mit gleichen Zugzahlen und dem Berechnungsverfahren wie o.g. ergeben sich folgende Beurteilungspegel:

$$\begin{aligned} \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 13,2 \text{ dB(A)} \quad \text{für den Ist-Zustand} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 14,0 \text{ dB(A)} \\ \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 21,1 \text{ dB(A)} \quad \text{für die Prognose-Werte} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 21,9 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

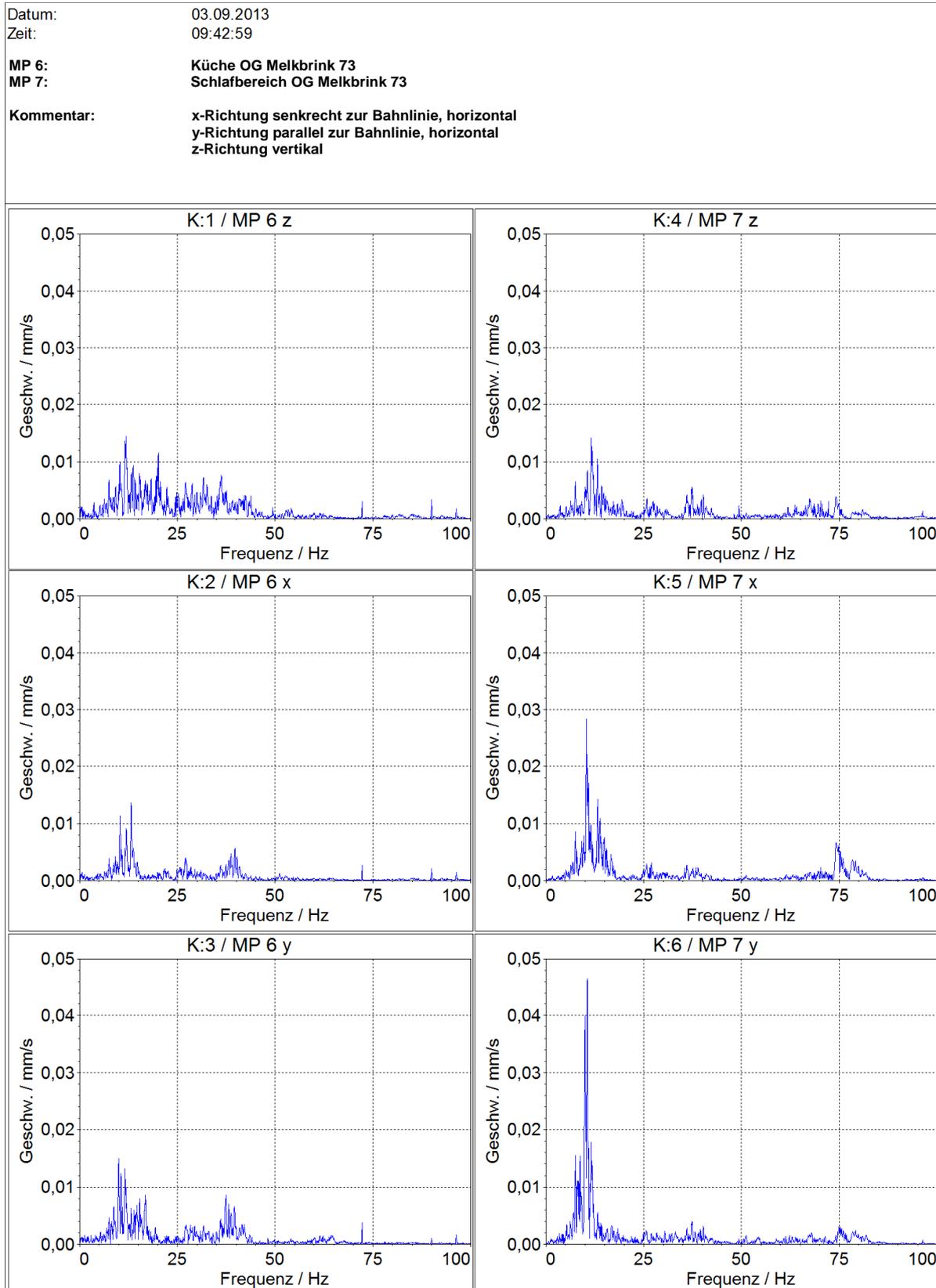
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden (MP 4 und 5), Darstellung im Zeitbereich



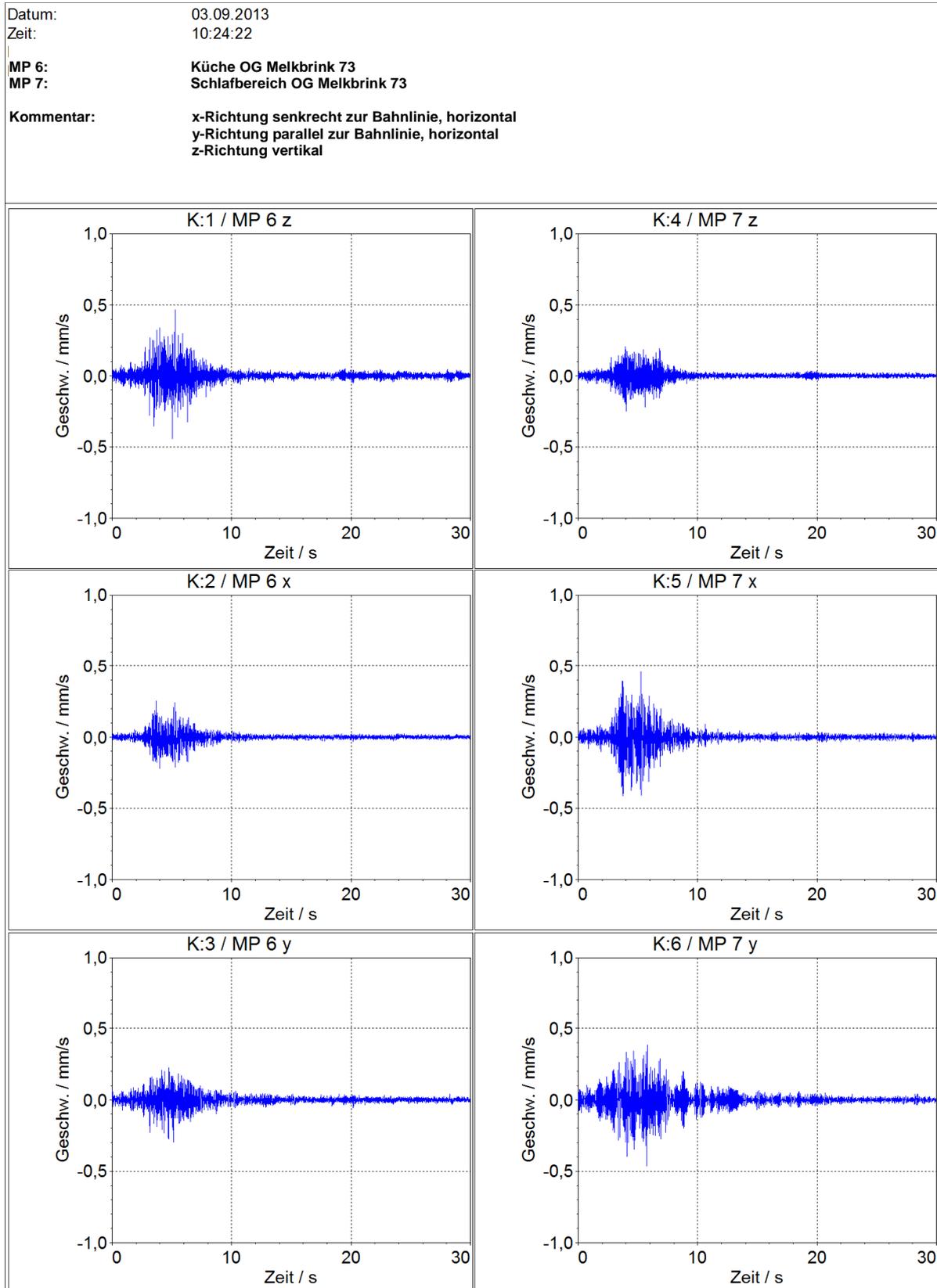
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden (MP 6 und 7), Darstellung im Zeitbereich



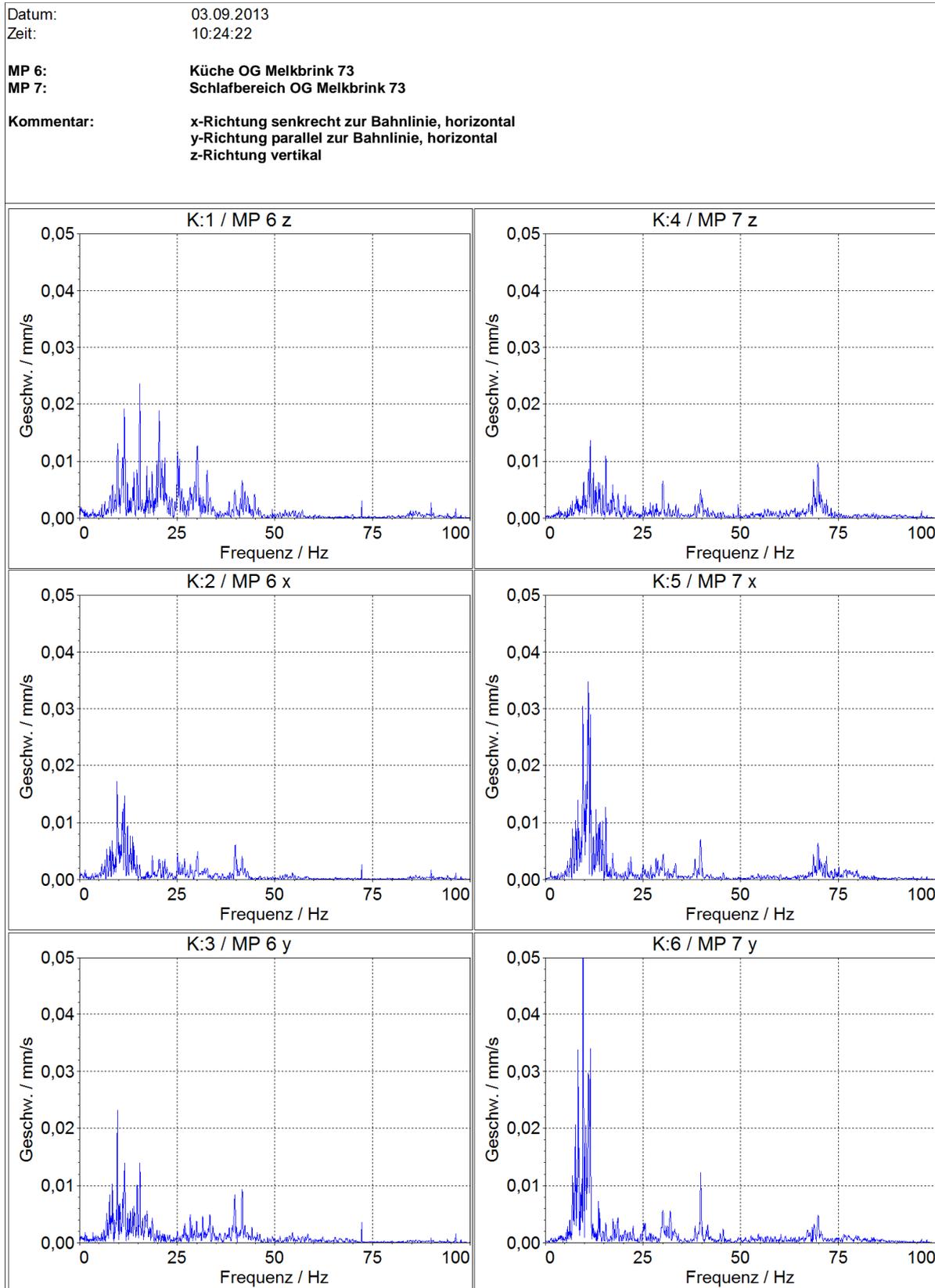
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden, Darstellung im Frequenzbereich



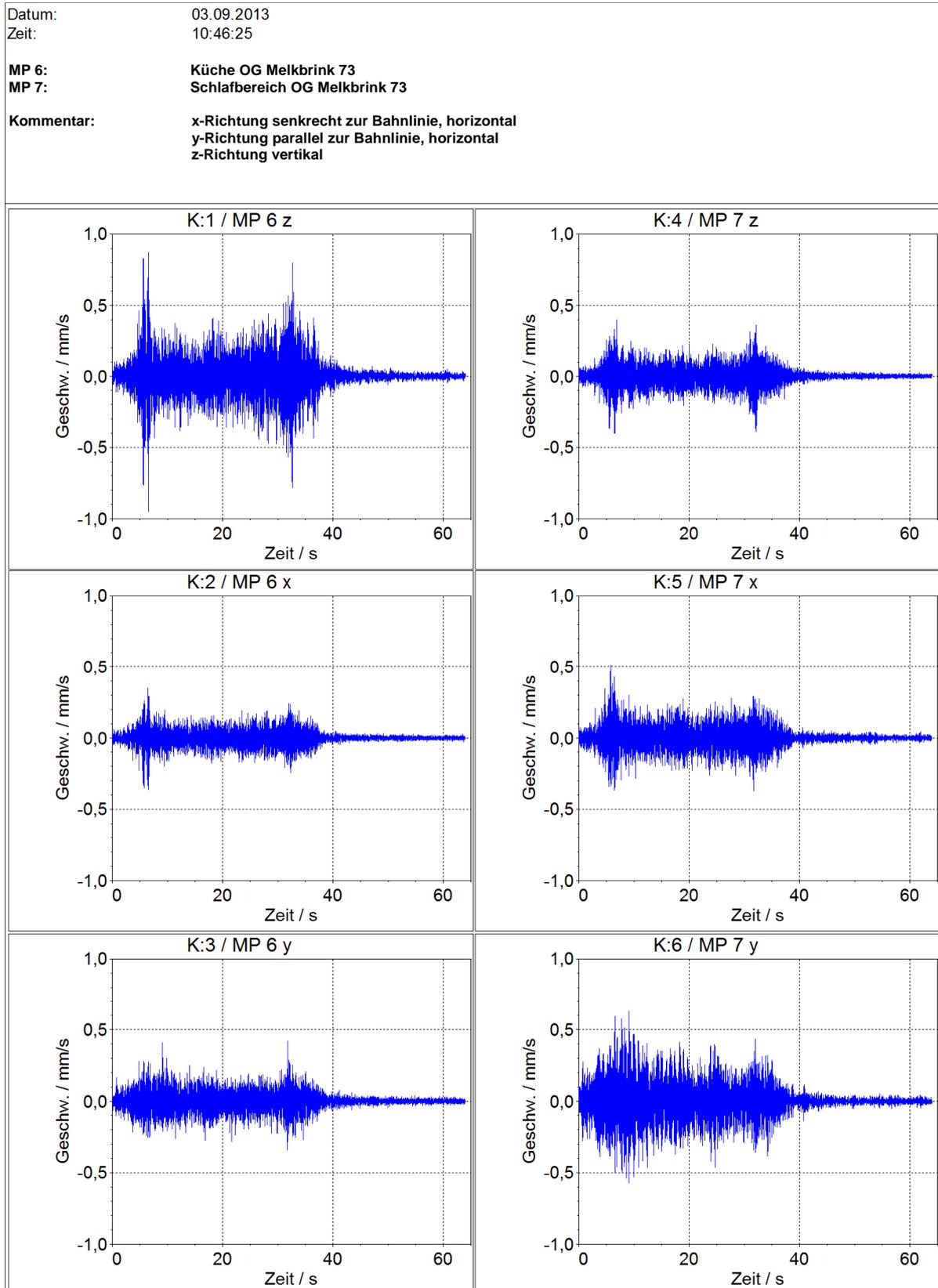
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden (MP 6 und 7), Darstellung im Zeitbereich



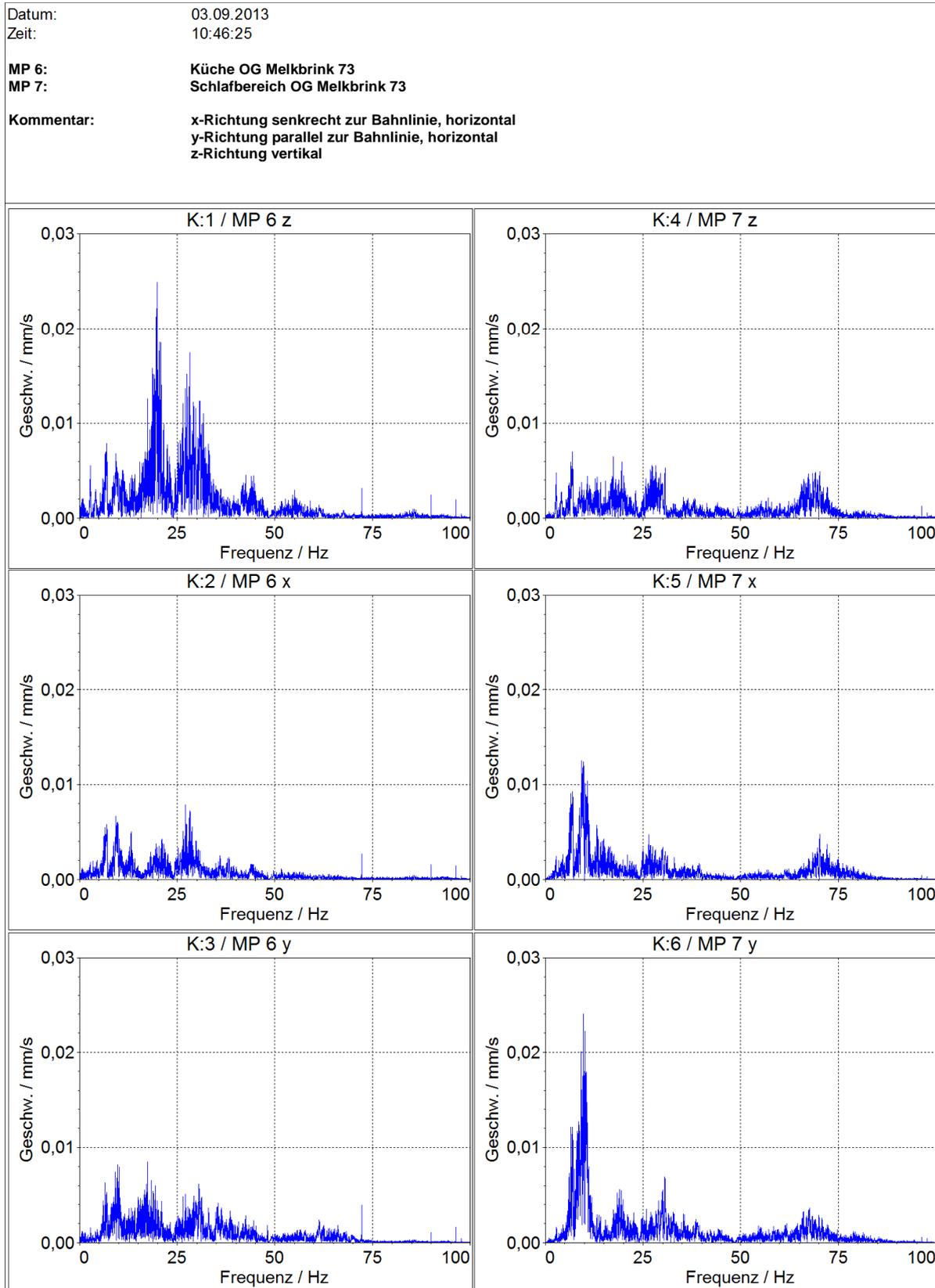
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden, Darstellung im Frequenzbereich



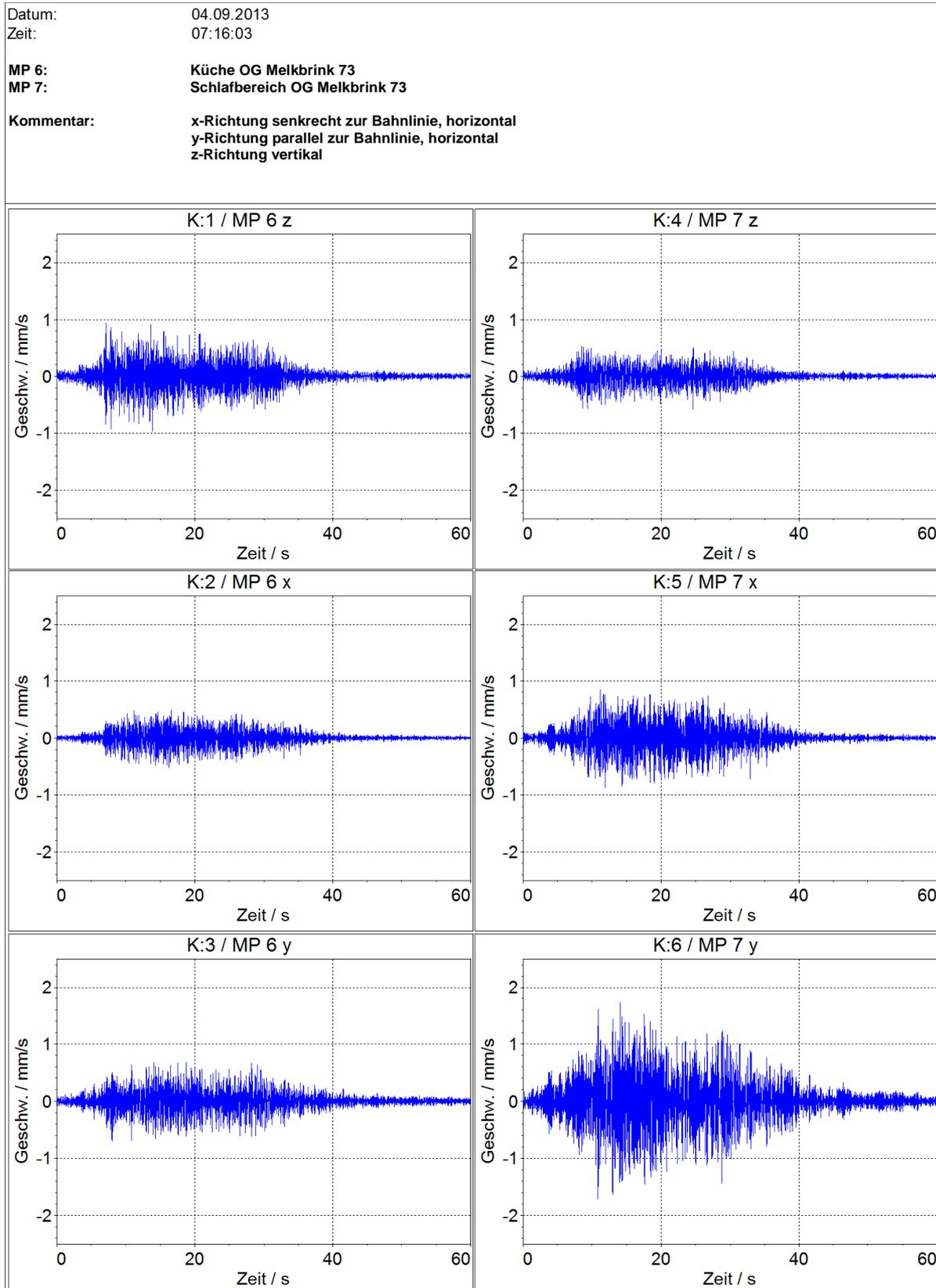
Vorbeifahrt eines Güterzuges (MP 6 und 7) am 03.09.2013, Darstellung im Zeitbereich



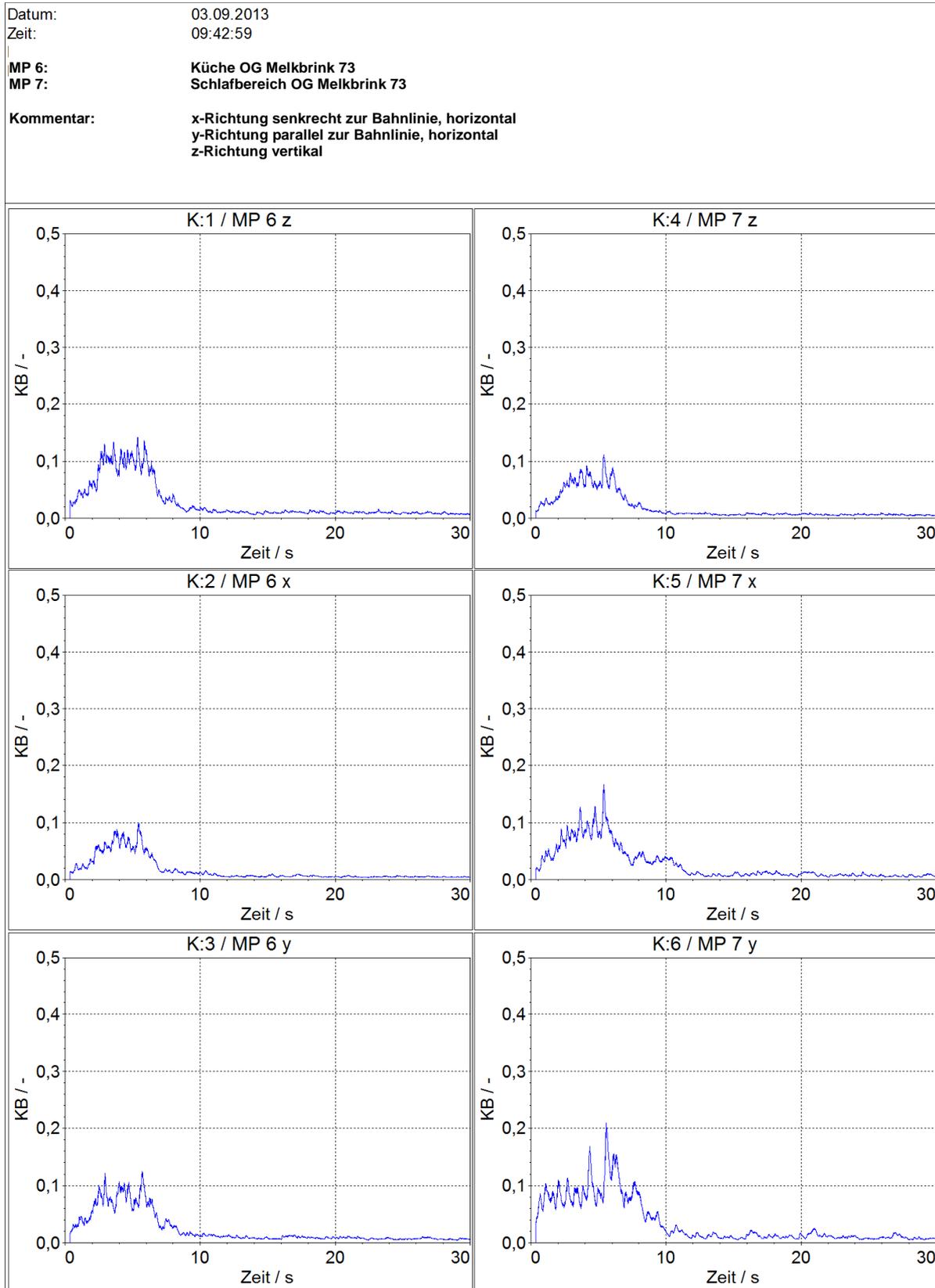
Vorbeifahrt eines Güterzuges am 03.09.2013, Darstellung im Frequenzbereich



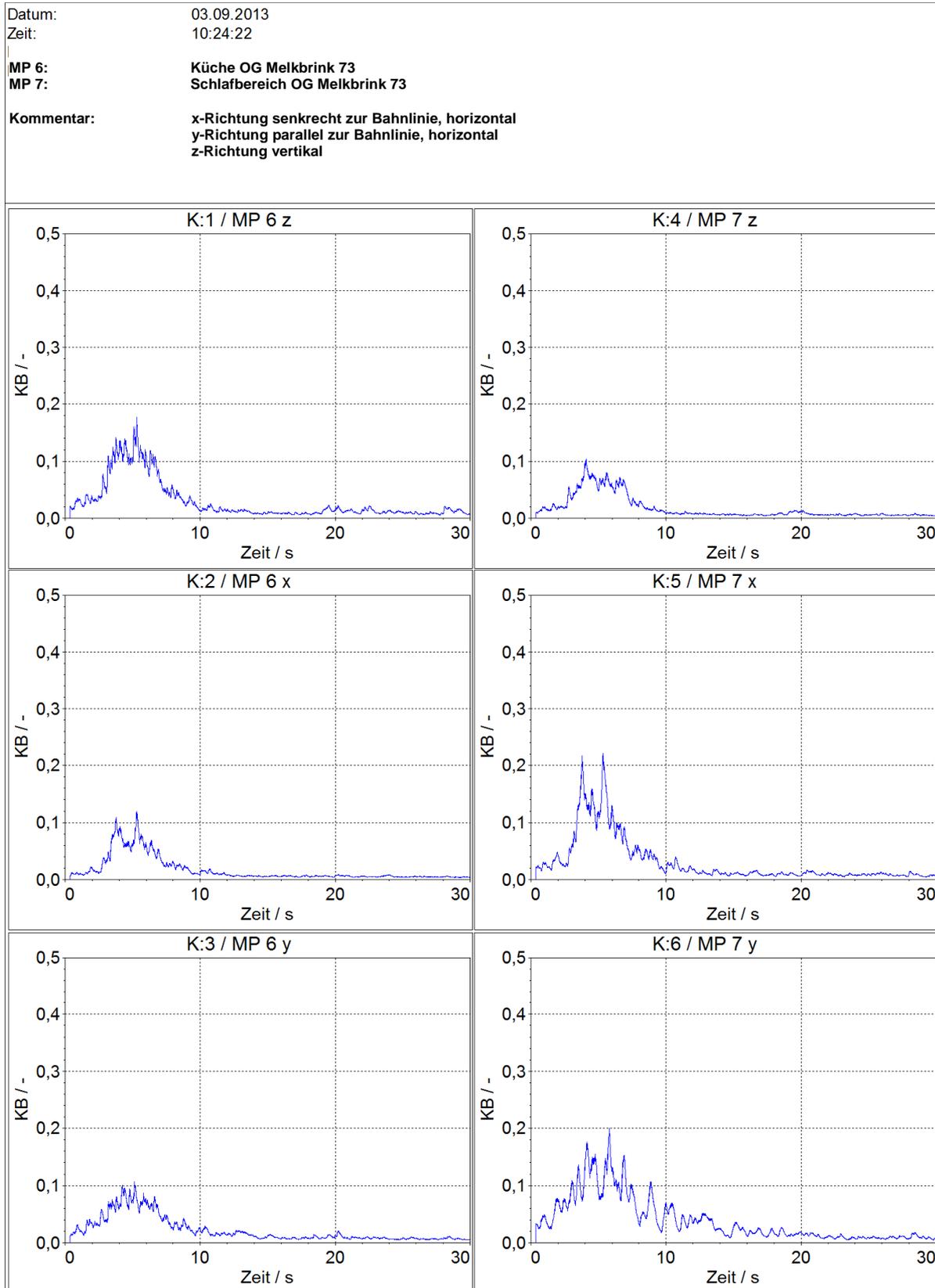
Vorbeifahrt eines Güterzuges am 04.09.2013, Darstellung im Zeitbereich



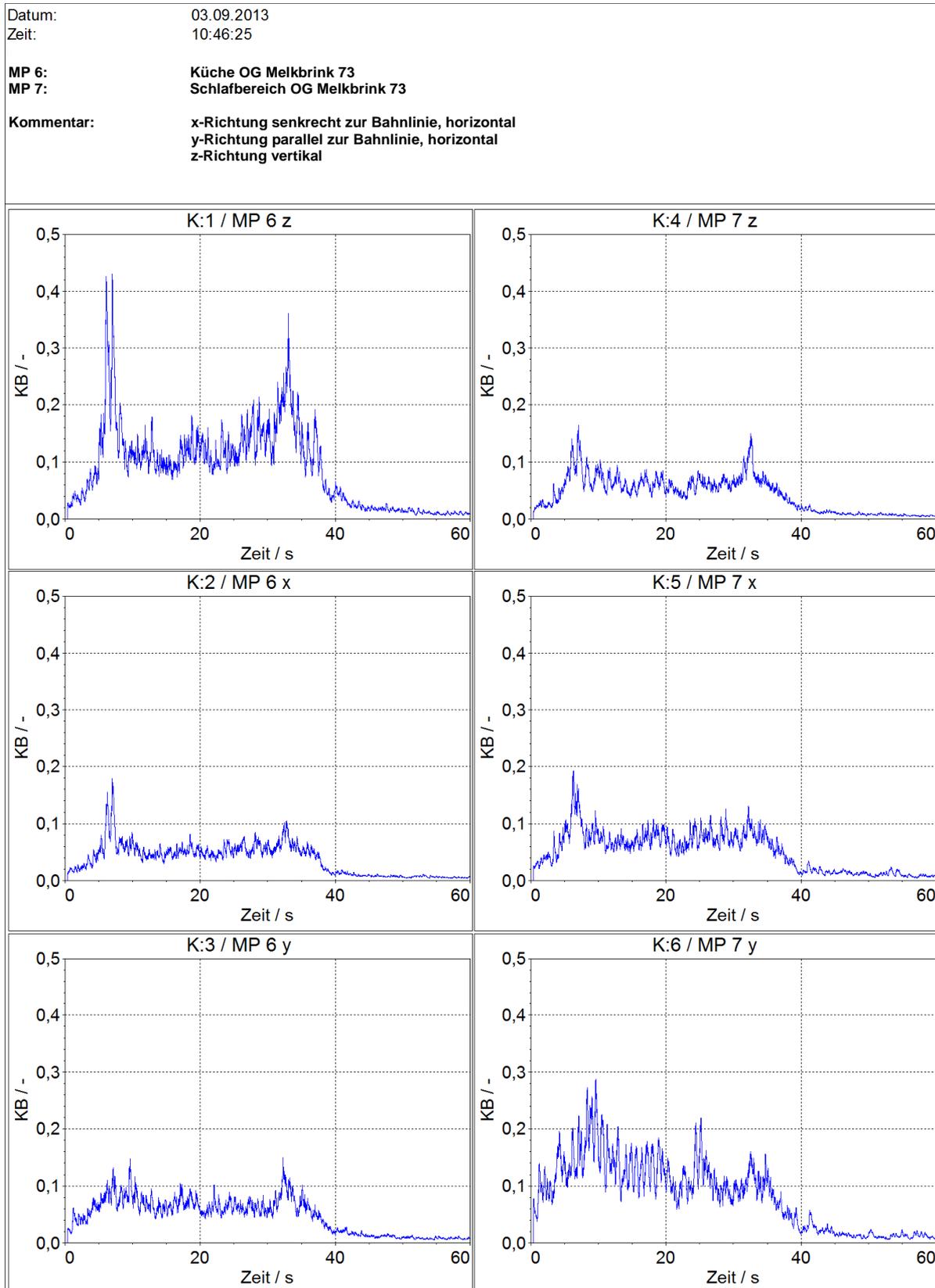
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Norden, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



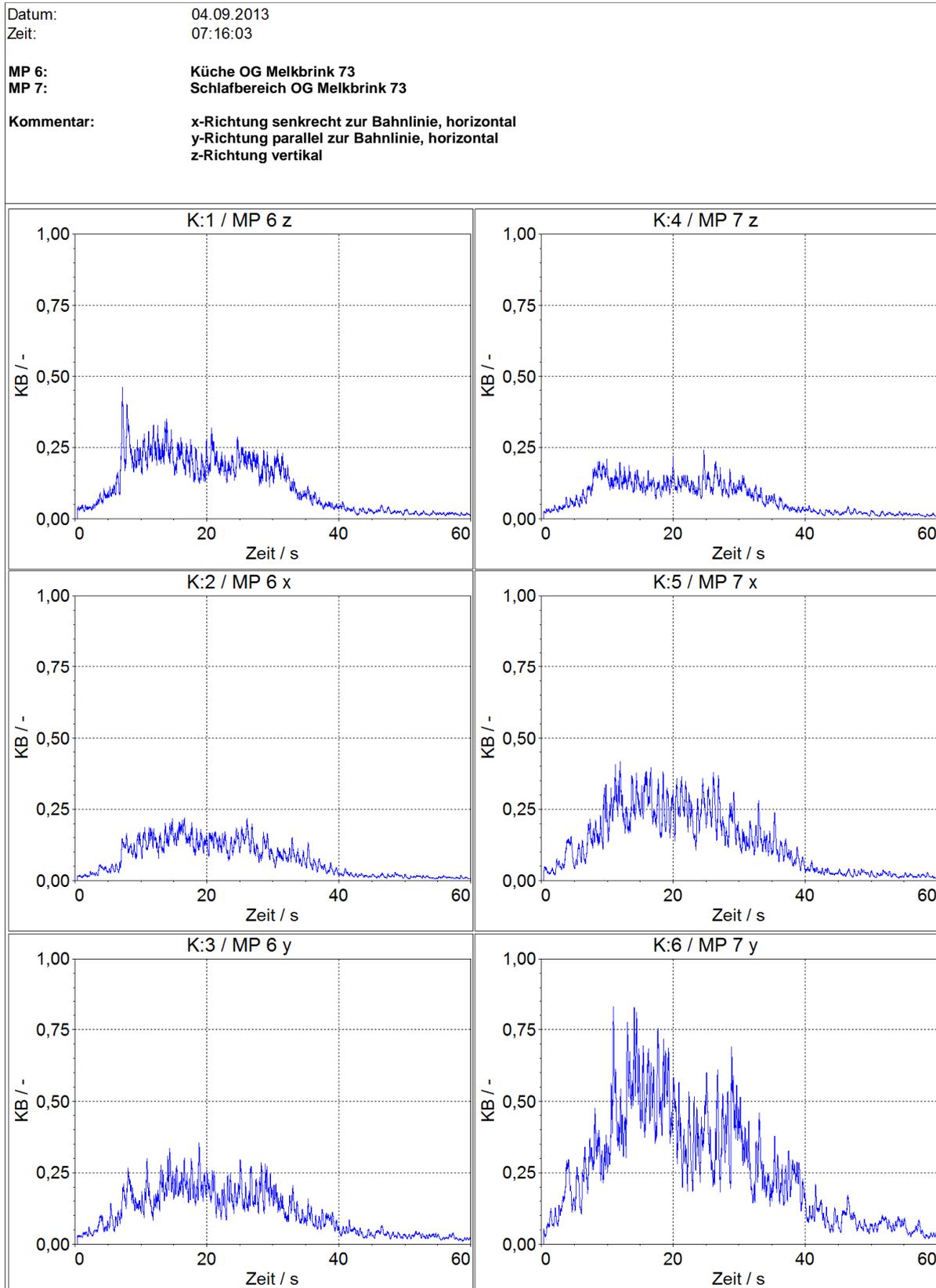
Vorbeifahrt Nord-West-Bahn Richtung Süden, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Vorbeifahrt eines Güterzuges am 03.09.2013, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Vorbeifahrt eines Güterzuges am 04.09.2013, Darstellung der bewerteten Schwingstärke



Bildung des Taktmaximal-Effektivwertes KB_{FTm} für Güterzugverkehr bei MP 6 und MP 7

Datum	Uhrzeit	Max. KB-Werte, MP 6 [-]			Max. -Wert	nach Norm	Quadrat
		z	x	y			
02.09.2013	19:45	0,381	0,150	0,184	0,381	0,381	0,145
02.09.2013	19:46	0,269	0,172	0,182	0,269	0,269	0,072
03.09.2013	01:27	0,609	0,244	0,300	0,609	0,609	0,371
03.09.2013	06:25	0,364	0,120	0,154	0,364	0,364	0,132
03.09.2013	10:46	0,430	0,179	0,149	0,430	0,430	0,185
03.09.2013	14:34	0,414	0,239	0,208	0,414	0,414	0,172
03.09.2013	15:31	0,398	0,202	0,175	0,398	0,398	0,158
03.09.2013	15:45	0,458	0,172	0,247	0,458	0,458	0,209
04.09.2013	05:52	0,321	0,219	0,273	0,321	0,321	0,103
04.09.2013	07:16	0,460	0,220	0,354	0,460	0,460	0,212
04.09.2013	07:23	0,377	0,194	0,363	0,377	0,377	0,142

Taktmaximal-Effektivwert für MP 6 [-]: $KB_{FTm, Güterzug} = 0,416$

Datum	Uhrzeit	Max. KB-Werte MP 7 [-]			Max. -Wert	nach Norm	Quadrat
		z	x	y			
02.09.2013	19:45	0,156	0,289	0,435	0,435	0,435	0,189
02.09.2013	19:46	0,150	0,333	0,453	0,453	0,453	0,205
03.09.2013	01:27	0,269	0,503	0,943	0,943	0,943	0,888
03.09.2013	06:25	0,179	0,258	0,296	0,296	0,296	0,087
03.09.2013	10:46	0,165	0,193	0,287	0,287	0,287	0,082
03.09.2013	14:34	0,164	0,376	0,354	0,376	0,376	0,141
03.09.2013	15:31	0,182	0,272	0,327	0,327	0,327	0,107
03.09.2013	15:45	0,212	0,342	0,586	0,586	0,586	0,344
04.09.2013	05:52	0,253	0,351	0,609	0,609	0,609	0,370
04.09.2013	07:16	0,242	0,417	0,830	0,830	0,830	0,688
04.09.2013	07:23	0,199	0,421	1,097	1,097	1,097	1,204

Taktmaximal-Effektivwert für MP 7 [-]: $KB_{FTm, Güterzug} = 0,626$

Beurteilung der Erschütterungen im Ist-Zustand für den MP 6

Messpunkt 6	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	1	1
Nachts	6	6	4	5
NWB	KB _{FTM}	0,202		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,028		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,011		
Güterzüge	KB _{FTM}	0,416		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,009		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,030		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTr} [-]	0,029		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,034		
Beurteilung des Gebietes:	Wohngebiet			
Einzuhaltender Wert:	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen für die prognostizierten Zugzahlen am MP 6

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	46	60
Nachts	8	8	31	40
NWB				
	KB _{FTM}	0,202		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,028		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,013		
Güterzüge				
	KB _{FTM}	0,416		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,074		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,085		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTr} [-]	0,079		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,087		
Beurteilung des Gebietes: Wohngebiet				
Einhaltender Wert:				
	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN				
	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen im Ist-Zustand für den MP 7

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	1	1
Nachts	6	6	4	5
NWB	KB _{FTM}	0,223		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,031		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,012		
Güterzüge	KB _{FTM}	0,626		
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,014		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,045		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTTr} [-]	0,034		
Nacht	KB _{FTTr} [-]	0,048		
Beurteilung des Gebietes:	Wohngebiet			
Einzuhaltender Wert:	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

Beurteilung der Erschütterungen für die prognostizierten Zugzahlen am MP 7

	NWB		Güterzüge	
	Zugzahlen	Takte	Zugzahlen	Takte
Tags	36	36	46	60
Nachts	8	8	31	40
NWB				
NWB	KB _{FTM}	0,223		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,031		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,014		
Güterzüge				
Güterzüge	KB _{FTM}	0,626		
Tag	KB _{FTr} [-]	0,111		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,128		
Güterzüge + NWB				
Tag	KB _{FTr} [-]	0,115		
Nacht	KB _{FTr} [-]	0,129		
Beurteilung des Gebietes: Wohngebiet				
Einzuhaltender Wert:				
	A _r		A _u	
	Tag	Nacht	Tags	Nachts
	0,07	0,05	0,15	0,10
Anhaltswerte DIN				
	A _r		A _u	
	Tags	Nachts	Tags	Nachts
Industriegebiete	0,2	0,15	0,40	0,30
Gewerbegebiet	0,15	0,10	0,30	0,20
Kern/Mischgebiet	0,10	0,07	0,20	0,15
Wohngebiet	0,07	0,05	0,15	0,10
Sondergebiet	0,05	0,05	0,10	0,10

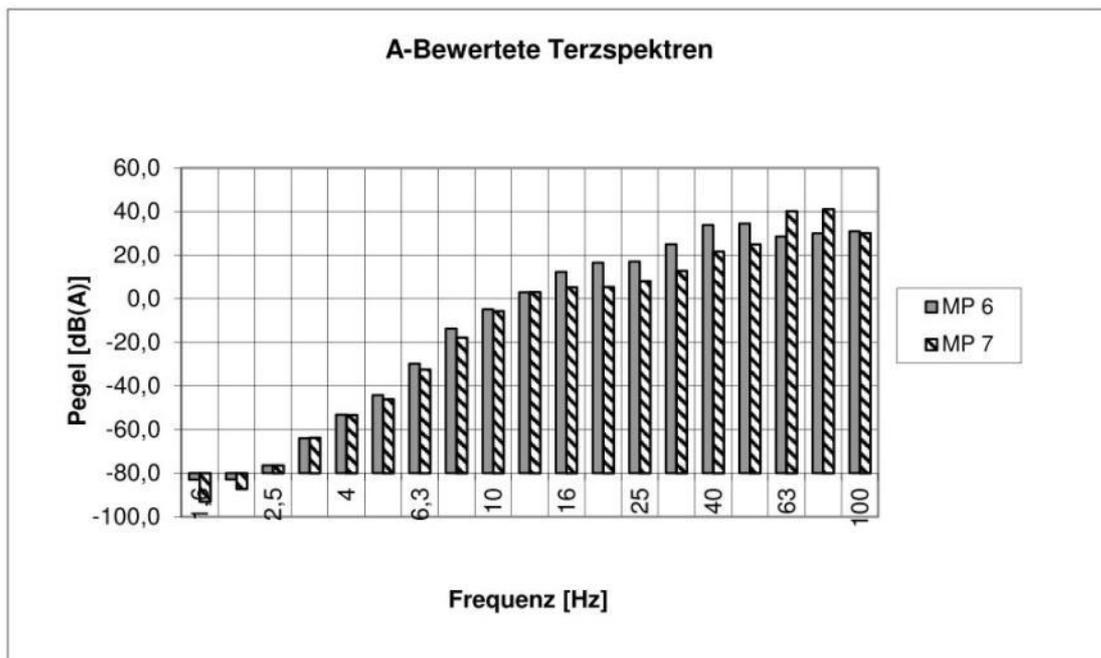
Sekundärer Luftschall für eine Vorbeifahrt der NWB am 03.09.2013, MP 6 und MP 7

Frequenz [Hz]	Pegel [dB]		Bew./Korrektur [dB]	
	MP 6	MP 7	A-Bew.	Korrektur
1,6	37,00	26,94	-120	0
2	35,07	30,71	-118	0
2,5	34,61	34,59	-111	0
3,125	41,05	41,20	-105	0
4	44,34	44,16	-97,5	0
5	46,81	44,91	-91	0
6,3	54,16	51,61	-84,0	0
8	63,26	59,22	-77,0	0
10	65,60	64,79	-70,4	0
12,5	66,33	66,48	-63,4	0
16	69,03	61,97	-56,7	0
20	66,96	55,97	-50,5	0
25	61,80	52,73	-44,7	0
31,5	64,34	52,21	-39,4	0
40	68,45	56,22	-34,6	0
50	64,69	55,20	-30,2	0
63	54,73	66,32	-26,2	0
80	52,52	63,53	-22,5	0
100	49,99	49,16	-19,1	0

A-Pegel [dB(A)]	
MP6	MP7
-83,0	-93,1
-82,9	-87,3
-76,4	-76,4
-63,9	-63,8
-53,2	-53,3
-44,2	-46,1
-29,8	-32,4
-13,7	-17,8
-4,8	-5,6
2,9	3,1
12,3	5,3
16,5	5,5
17,1	8,0
24,9	12,8
33,9	21,6
34,5	25,0
28,5	40,1
30,0	41,0
30,9	30,1

Schnellepegel: L_{vA} [dB(A)] **39,4** **43,9**

ermittelter sekundärer Luftschall L_{sek} [dB(A)]: **38,4** **40,5**
 (Holzbalkendecken)



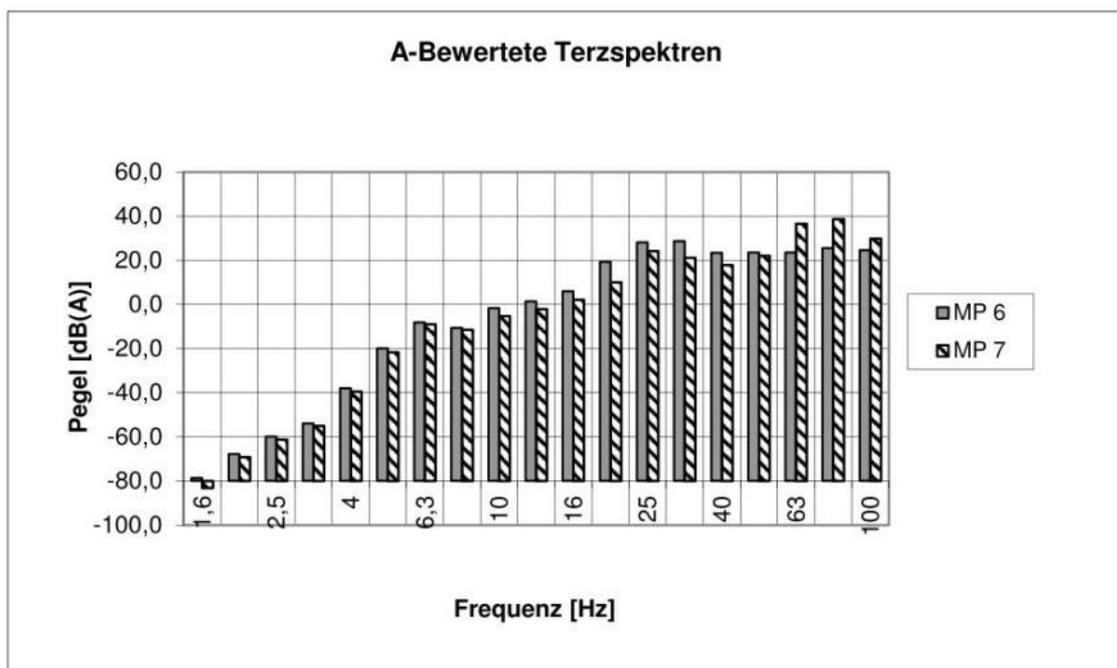
Sekundärer Luftschall für eine Güterzug-Vorbeifahrt am 04.09.2013, MP 6 und MP 7

Frequenz [Hz]	Pegel [dB]		Bew./Korrektur [dB]	
	MP 6	MP 7	A-Bew.	Korrektur
1,6	41,29	36,87	-120	0
2	50,15	48,90	-118	0
2,5	51,15	49,78	-111	0
3,125	51,09	49,92	-105	0
4	59,55	58,11	-97,5	0
5	71,10	69,43	-91	0
6,3	75,82	75,04	-84,0	0
8	66,27	65,52	-77,0	0
10	68,74	65,09	-70,4	0
12,5	64,68	61,36	-63,4	0
16	62,72	58,86	-56,7	0
20	69,77	60,59	-50,5	0
25	72,82	68,83	-44,7	0
31,5	68,10	60,56	-39,4	0
40	58,02	52,40	-34,6	0
50	53,66	52,25	-30,2	0
63	49,75	62,76	-26,2	0
80	47,98	61,23	-22,5	0
100	43,68	49,00	-19,1	0

A-Pegel [dB(A)]	
MP 6	MP 7
-78,7	-83,1
-67,8	-69,1
-59,9	-61,2
-53,9	-55,1
-38,0	-39,4
-19,9	-21,6
-8,2	-9,0
-10,7	-11,5
-1,7	-5,3
1,3	-2,0
6,0	2,2
19,3	10,1
28,1	24,1
28,7	21,2
23,4	17,8
23,5	22,1
23,6	36,6
25,5	38,7
24,6	29,9

Schnellepegel: L_{vA} [dB(A)] **34,5** **41,3**

ermittelter sekundärer Luftschall L_{sek} [dB(A)]: **36,1** **39,3**
 (Holzbalkendecken)



Ermittlung der Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall, tagsüber/nachts

Für die Ermittlung der Beurteilungspegel für die Zeiträume Tag/Nacht werden die Streckenbelastungen unter Berücksichtigung der einzelnen Zuggattungen und die dazugehörigen Vorbeifahrzeiten t_{zug} angesetzt. Die Berechnungen der Beurteilungspegel pro Zuggattung erfolgen gemäß folgenden Gleichungen:

Tag:

$$L_{A,m\text{-Tag}} = L_{\text{sek}} + 10 \lg \frac{t_{\text{zug}} \cdot N_T}{57600} \quad [\text{dB}]$$

Darin bedeuten:

N_T : Anzahl der Zugereignisse (Zeitraum 6 Uhr bis 22 Uhr)

Nacht:

$$L_{A,m\text{-Nacht}} = L_{\text{sek}} + 10 \lg \frac{t_{\text{zug}} \cdot N_N}{28800} \quad [\text{dB}]$$

Darin bedeuten:

N_N : Anzahl der Zugereignisse (Zeitraum 22 Uhr bis 6 Uhr)

(Aus [5], „Leitfaden für den Planer“ der DB)

Für die Bildung der Beurteilungspegel wird die mittlere „Vorbeifahrzeit“ t_{zug} der Nord-West-Bahn mit 15 Sekunden und für Güterzüge mit 30 Sekunden angesetzt (s. Signale auf den Vorseiten)

Vorbeifahrten der Nord-West-Bahn bei MP 6

Mit den Zugzahlen von 36 Ereignissen am Tag und 6 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 38,4 dB(A) ergeben sich die folgenden Beurteilungswerte für den Ist-Zustand:

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Tag}} = 18,1 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Nacht}} = 13,3 \text{ dB(A)}$$

Mit den prognostizierten Zugzahlen von 36 Ereignissen am Tag und 8 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 38,4 dB(A) ergeben sich die folgenden Prognose-Beurteilungswerte:

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Tag}} = 18,1 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Beurteilungswert } L_{A, m\text{-Nacht}} = 14,6 \text{ dB(A)}$$

Vorbeifahrten der Güterzüge bei MP 6

Mit den Zugzahlen von 1 Ereignis am Tag und 4 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 36,1 dB(A) ergeben sich die folgenden Beurteilungswerte für den Ist-Zustand:

$$\begin{aligned} \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 3,3 \text{ dB(A)} \\ \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 12,3 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Mit den prognostizierten Zugzahlen von 46 Ereignissen am Tag und 31 Fahrten in der Nacht und einem mittleren bzw. repräsentativen Ansatz des Einzelpegels von 36,1 dB(A) ergeben sich die folgenden Prognose-Beurteilungswerte:

$$\begin{aligned} \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 19,9 \text{ dB(A)} \\ \text{Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 21,2 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Beurteilungspegel bei Berücksichtigung der Vorbeifahrten aller Züge bei MP 6

Der Gesamt-Beurteilungspegel für MP 6 ergibt sich durch energetische Addition der Pegel für die beiden Zuggattungen:

$$\begin{aligned} \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 18,3 \text{ dB(A)} \quad \text{für den Ist-Zustand} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 15,9 \text{ dB(A)} \\ \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 22,1 \text{ dB(A)} \quad \text{für die Prognose-Werte} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 22,1 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Beurteilungspegel bei Berücksichtigung der Vorbeifahrten aller Züge bei MP 7

Für den Messpunkt 7 werden repräsentative Einzelpegel von 40,5 dB(A) für die Vorbeifahrten der Nord-West-Bahn angesetzt und 39,3 dB(A) für die Güterzüge. Mit gleichen Zugzahlen und dem Berechnungsverfahren wie o.g. ergeben sich folgende Beurteilungspegel:

$$\begin{aligned} \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 20,4 \text{ dB(A)} \quad \text{für den Ist-Zustand} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 18,5 \text{ dB(A)} \\ \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Tag}} &= 24,9 \text{ dB(A)} \quad \text{für die Prognose-Werte} \\ \text{Gesamt-Beurteilungswert } L_{A, m - \text{Nacht}} &= 25,1 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$