



MESSPROTOKOLL NR. 450

**Erschütterungsimmissionen durch
Schienenverkehr im Mittelrheintal
an der rechtsrheinischen Bahn-
strecke im Ortsbereich
56340 Osterspai**

Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr im Mittelrheintal an der rechtsrheinischen Bahnstrecke im Ortsbereich

56 340 Osterspai

Bearbeitung:

Manfred Bos

Abteilung: Messinstitut, Zentrallabor

Messprotokoll Nr. 450

Mainz, Juni 2011

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

© 2011

INHALTSVERZEICHNIS

1	Auftragsdaten und Messtermine	5
2	Aufgabenstellung	6
3	Immissionsort	7
4	Durchführung der Messung	8
5	Messgeräte	9
6	Messergebnisse	10
7	Beurteilung	12
7.1	Beurteilung nach DIN 4150 Teil 3	12
7.2	Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2	13
7.3	Fazit der Untersuchung	16

Anlagen: 2 typische Schwingungsverläufe

2 AUFGABENSTELLUNG

Auf Grund von Beschwerden mehrerer Bürgerinitiativen und Einzelpersonen über Erschütterungsimmissionen durch die Bahnstrecken im Mittelrheintal fand am 14.04.2011 ein Gespräch im Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten statt.

Als Ergebnis dieses Gespräches wurde die Beauftragung von Erschütterungsmessungen an der Bahnstrecke im Mittelrheintal vereinbart. Es sollten hier Messungen sowohl auf der rechtsrheinischen als auch auf der linksrheinischen Seite stattfinden. Die Messorte wurden in einer Prioritätenliste festgeschrieben.

Die Ergebnisse dieser Messungen sollten eine Aussage hinsichtlich Gebäudeschäden und der Belästigung der Anwohner zulassen. Als Grundlage dieser Messungen wurde die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ in Ansatz gebracht.

Mit der Durchführung dieser Untersuchung wurde das Messinstitut des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz beauftragt.

3 IMMISSIONSORT

Messort : Wohnhaus der Familie _____,
56340 Osterspai

Der Messort befindet sich auf der rechten Rheinseite. Die Entfernung zwischen der Außenwand des Wohngebäudes und der Mitte des ersten Gleises beträgt ca. 3 – 4 m.

Platzierung der Messwertgeber:

Raummitte: in der Mitte des Wohnzimmers im Erdgeschoss
auf einem PVC - Bodenbelag.
Dieser Raum ist nicht unterkellert, befindet sich jedoch
im kürzesten Abstand zum Gleiskörper.

Raummitte: in der Mitte des Schlafzimmers im 1. Obergeschoss
auf einem Laminatfußboden.
Dieser Raum liegt unmittelbar über dem Wohnzimmer auf
einer Holzbalkendecke.

4 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG

Die Messungen, die ohne Wissen des Betreibers der Bahnlinie durchgeführt wurden, erfolgten nach der DIN-Richtlinie 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“. Hierbei wurde der Teil 1 „Vorermittlungen von Schwingungsgrößen“ (Juni 2001), der Teil 2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Juni 1999) und der Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ (Februar 1999) zur Anwendung gebracht.

Zur Erfassung der Gebäudeschwingungen wurde am o.g. Messort ein Schwingungsmesssystem aufgestellt, das mit zwei Messwertgebersystemen verbunden war.

Diese Messwertgebersysteme, d.h. diese Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer wurden in den beiden am stärksten betroffenen Wohnräumen, d.h. dem Wohnzimmer im Erdgeschoss und dem Schlafzimmer im 1. Obergeschoss aufgestellt.

An den beiden Aufstellungsorten wurden die Schwingungen zeitgleich in zwei rechtwinklig zueinander stehenden horizontalen Messrichtungen (X und Y) und einer vertikalen Richtung (Z) erfasst.

Die Aufnehmersysteme waren hierbei so platziert, dass die horizontalen Geophone (Messsonden) parallel zu den Außenwänden ausgerichtet waren.

An dem Schwingungsmesssystem wurden die Messbereiche so gewählt, dass die zu erwartenden Schwingungen mit ausreichender Sicherheit erfasst werden konnten. Die einzelnen Messungen wurden über vordefinierte Triggerschwellen ausgelöst.

Eine Unterscheidung der einzelnen Zugklassen in Personen- und Güterzüge war jedoch nicht möglich, da zwischen dem Messort und dem Gleiskörper eine Schallschutzwand errichtet ist, die die Sicht auf die Züge verhinderte. Zur Nachtzeit verkehren hier laut Fahrplan jedoch nur fünf Personenzüge. Alle anderen Schienenfahrzeuge waren Güterzüge mit Ausnahme von zwei Triebwagen.

5 MESSGERÄTE

Zur Messung, Registrierung und Auswertung der Gebäudeschwingungen wurden folgenden Messgeräte und Aufnehmersysteme eingesetzt:

- Schwingungsmesssysteme
Fabrikat Marlen Beitzer, Messtechnik
Typ System 9000

- Schwinggeschwindigkeits-
aufnehmer (Messwertgeber)

Typ Geophon PE 6 B – triaxial

- Betriebssoftware System 9000 Ver. 30.12.2009

Das eingesetzte Schwingungsmesssystem entspricht laut Herstellerangabe der DIN 45669 „Messung von Schwingungsimmissionen“ Teil 1 „Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung“ (Juni 1995). Der Arbeitsfrequenzbereich war auf 1 – 80 Hz eingestellt.

6 MESSERGEBNISSE

In der Nacht vom 31.05. auf den 01.06.2011 wurden insgesamt 83 Zugvorbeifahrten erfasst. Diese Zugvorbeifahrten stellen Dauererschütterungen im Sinne der DIN 4150 dar. Dies ist beim Vergleich der Messwerte mit den Anhaltswerten zu berücksichtigen. Während der Messung fanden zwei Zugbegegnungen unmittelbar am Messort statt, die zu nur einer Messaufzeichnung führte, d.h. den Ergebnissen liegen 81 Einzelmessungen zugrunde. Die Dauer der einzelnen Zugvorbeifahrten lag immer unter 30 sec, wodurch der Messwert KB_{Fmax} dem Messwert KB_{FTi} entspricht. Im Einzelnen wurde in den beiden Wohnräumen die folgende Spanne der Schwingungsmesswerte registriert:

Bereich der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten V_i in mm/s

Wohnzimmer EG			Schlafzimmer 1.OG		
X	Y	Z	X	Y	Z
0,135 – 1,722	0,107 – 1,033	0,285 – 6,194	0,261 – 1,039	0,158 – 0,707	0,409 – 3,973
Zul. Anhaltswerte (Wohngebäude)					
5,0 mm/s	5,0 mm/s	10,0 mm/s	5,0 mm/s	5,0 mm/s	10,0 mm/s

Bereich der ermittelten Schwingstärken KB_{Fmax}

Wohnzimmer EG			Schlafzimmer 1.OG		
X	Y	Z	X	Y	Z
0,056 – 0,595	0,036 – 0,399	0,118 – 1,966	0,125 – 0,484	0,069 – 0,277	0,177 – 2,305
Taktmaximal – Effektivwerte (Gl.3 der DIN 4150 Teil 2)					
KB_{FTm}	KB_{FTm}	KB_{FTm}	KB_{FTm}	KB_{FTm}	KB_{FTm}
0,212	0,163	0,718	0,262	0,161	0,952

Wie die Aufstellung zeigt, wurden die stärksten Schwingungen in der vertikalen Raumrichtung ermittelt. Erwartungsgemäß wurden die höchsten Messwerte im 1.OG festgestellt. Für die weitere Betrachtung der Schwingstärke **KB** werden die Messwerte dieses Raumes herangezogen.

7 BEURTEILUNG

Die DIN 4150 „Erschütterung im Bauwesen“ unterscheidet bei der Beurteilung von Erschütterungen nach der Einwirkung auf Bauwerke im Teil 3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ und der mittelbaren Einwirkung auf den Menschen im Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“. Für beide Beurteilungssachverhalte sind unterschiedliche Messgrößen maßgeblich. Darüber hinaus wird unterschieden, ob es sich um kurzzeitige Erschütterungen, wie z.B. um Sprengungen oder um Dauererschütterungen wie z.B. Sägegatter, Rammarbeiten oder ähnliches handelt. Die Erschütterungen die durch die vorbeifahrenden Züge verursacht werden, sind u. E. ebenfalls der Kategorie der Dauererschütterungen zuzuordnen.

7.1 Beurteilung nach DIN 4150 Teil 3

Zur Beurteilung von Erschütterungen auf bauliche Anlagen wurden die Gebäudeschwingungen auf den beiden Deckenebenen, Wohnzimmer im EG und Schlafzimmer im 1.OG, ermittelt. Wie die oben stehende Messwerttabelle zeigt, traten die stärksten Erschütterungen im Wohnzimmer des Wohnhauses auf. Diese Messwerte sind mit den Anhaltswerten der Tabelle 3 „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit V_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke“ zu vergleichen.

Für „Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten“ sind nach Zeile 2 dieser Tabelle und dem Punkt 6.2 folgende Anhaltswerte maßgeblich:

Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	5,0	mm/s
oberste Deckenebene, vertikal	10,0	mm/s

Vergleicht man den höchsten Messwert beider Deckenebenen der horizontalen Messrichtungen „X und Y“ von 1,722 mm/s mit dem zulässigen Anhaltswert von 5,0 mm/s, so ist zu erkennen, dass dieser deutlich eingehalten wird. Ebenso zeigt die Gegenüberstellung des Messwertes von max. 6,194 mm/s, der in vertikaler Richtung „Z“ ermittelt wurde, mit dem Anhaltswert von 10 mm/s, dass

auch dieser nicht erreicht wurde. Schwingungen dieser Größenordnung sind für den Menschen jedoch sehr stark spürbar.

In der DIN 4150 Teil 3 unter Punkt 6.1 Absatz 2 heißt es: „Werden die Anhaltswerte eingehalten, treten Schäden nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf.“. Diese Aussage bezieht sich auf die Anhaltswerte der Tabelle 3. Das bedeutet, dass die Anforderung der Norm im Teil 3 eingehalten wird.

7.2 Beurteilung nach DIN 4150 Teil 2

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden ist die bewertete Schwingstärke **KB** auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes zu ermitteln. Dieser Messwert entspricht dem gleitenden Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals.

Im ersten Schritt werden die maximalen bewerteten Schwingstärken **KB_{Fmax}** der drei Raumrichtungen **X**, **Y** und **Z** ermittelt. Der größte dieser drei Werte ist mit den Anhaltswerten der Tabelle 1 zu vergleichen. Für oberirdische Schienenstrecken sind zudem die Besonderheiten des Punktes 6.5.3.5 zu beachten.

- Ist **KB_{Fmax}** kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert **A_u**, dann ist die Anforderung dieser Norm eingehalten.
- Ist **KB_{Fmax}** größer als der (untere) Anhaltswert **A_u**, dann ist bei Schienenverkehr die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke **KB_{FT}** erforderlich. Ist **KB_{FT}** kleiner als der Anhaltswert **A_r**, dann ist die Anforderung der Norm ebenfalls eingehalten.
- Ist **KB_{Fmax}** zur Nachtzeit größer als der gebietsunabhängige (obere) Anhaltswert **A_o** von 0,6 gemäß Punkt 6.5.3.5, so ist nach der Ursache bei den entsprechenden Zugeinheiten zu forschen. Für die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke sind diese hohen Messwerte jedoch zu berücksichtigen.

Nach Zeile 3 der Tabelle 1 gelten nachts für Einwirkungsorte, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind

(vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, §5), folgende Anhaltswerte:

$$A_u = 0,15$$

$$A_o = 0,3$$

$$A_r = 0,07.$$

Der obere Anhaltswert für die Nachtzeit beträgt hier jedoch nach den Besonderheiten für oberirdischen Schienenverkehr $A_o = 0,6$. Die Norm geht hier davon aus, dass nachts lediglich einzelne KB_{FTi} – Werte diesen Anhaltswert überschreiten. Es wurde jedoch festgestellt, dass der überwiegende Teil der Schienenfahrzeuge diesen Anhaltswert in der vertikalen Raumrichtung überschreitet.

Wie bereits oben festgestellt, wurden die höchsten Schwingstärken in der vertikalen Ebene festgestellt. Vergleicht man diese Messwerte mit dem unteren Anhaltswert A_u von 0,15, so ist festzustellen, dass die gemessenen Schwingstärken dieser Messrichtung ausnahmslos den unteren Anhaltswert überschreiten.

Für diesen Fall sieht die DIN die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} vor. Zunächst wird der gemessene Verlauf der KB – Werte in Takte von jeweils 30 sec unterteilt und der hierin enthaltene Maximalwert als Stichprobe KB_{FTi} entnommen. Im vorliegenden Fall sind dies die 81 Einzelmessungen, deren Länge unter 30 sec lag. Aus diesen Messwerten wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} unter Berücksichtigung einer 15%igen Messunsicherheit (DIN 4150 Teil 2 Punkt 5.4 Abs.3) nach folgender Gleichung zu bestimmt:

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

Der Faktor N entspricht der Anzahl der berücksichtigten Takte.

Aus dieser Formel ergibt sich ein Taktmaximal-Effektivwert von:

$$KB_{FTm} = 0,809$$

wenn die oben erwähnte Messunsicherheit von 15 % zugunsten des Verursachers abgezogen wird.

Nach der Bestimmung des Taktmaximal-Effektivwertes KB_{FTm} wird die Beurteilungs-Schwingstärke unter Berücksichtigung der Einwirkdauer und der Tageszeit des Auftretens nach folgender Gleichung errechnet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

dabei bedeutet:

T_e - Einwirkdauer der Schwingungen

T_r - Beurteilungszeitraum nachts acht Stunden

Nach dieser Gleichung errechnet sich unter Zugrundelegung der o. g. Bedingungen eine Beurteilungs-Schwingstärke von

$$KB_{FTr} = 0,235$$

für den nächtlichen Schienenverkehr.

Vergleicht man diese Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} von 0,235 mit dem zulässigen Anhaltswert A_r von 0,07, so ist zu erkennen, dass dieser sehr deutlich überschritten wird. Das bedeutet, dass der Teil 2 der DIN 4150 nicht eingehalten wird.

7.3 Fazit der Untersuchung

Wie aus den oben stehenden Messwerten abzulesen ist, sind Schäden bzw. eine Beeinträchtigung der Standsicherheit des Wohnhauses der Familie _____ in Osterspai, die auf die Zugvorbeifahrten zurückzuführen wären, nach der DIN 4150 Teil 3 nicht zu erwarten.

In Bezug auf die Belästigung der Nachbarschaft muss jedoch festgestellt werden, dass die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2, auch unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen für oberirdischen Schienenverkehr, sehr erheblich überschritten wurden. Die Überschreitung liegt mindestens in dieser Höhe vor, da bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke die mögliche Messunsicherheit von 15% abgezogen wurde, was eine Beurteilung zu Gunsten des Betreibers bedeutet.

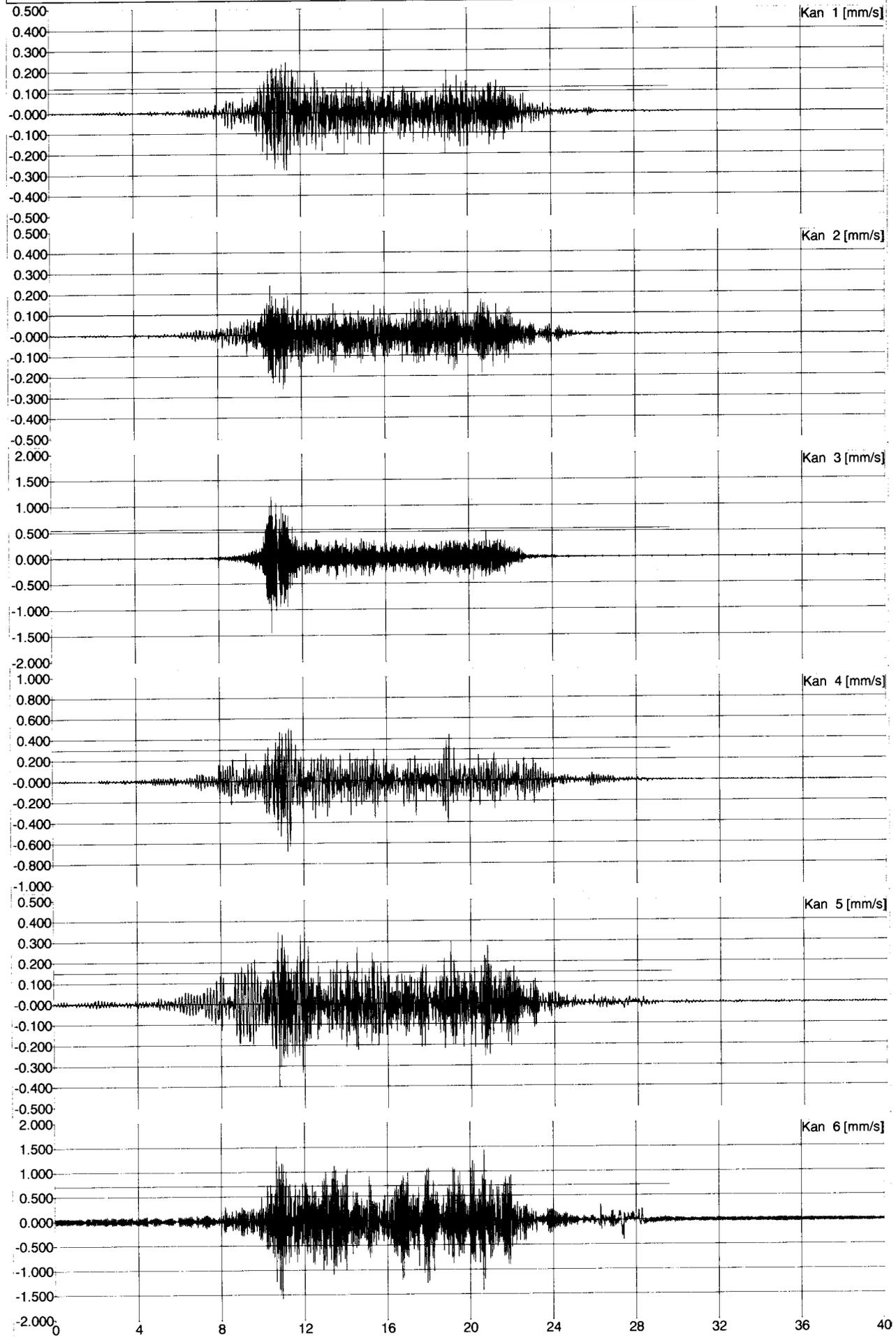
Darüber hinaus wurde während der Messung beobachtet, dass es bei der Vorbeifahrt einzelner Güterzüge zu stark schwankenden Erschütterungen kam. Dies ist möglicherweise auf den Wartungszustand der einzelnen Waggons zurück zu führen. Bei einer Messung traten Schwingungen von mehr als 6,0 mm/s auf. Dies deutet u. E. auf einen Defekt an einem der Waggons hin.

Wie unter Punkt 6.5.3.5 zu lesen ist, soll bei einzelnen Überschreitungen des Anhaltswertes A_0 von 0,6 durch die Messwerte KB_{FTI} zur Nachtzeit nach den Ursachen bei den entsprechenden Zugeinheiten geforscht werden. Dies kann nur durch den Betreiber erfolgen. Bei der Messung bzw. Auswertung wurde jedoch festgestellt, dass diese Überschreitungen nicht selten, sondern überwiegend auftraten.

Im Auftrag

gez.

Manfred Bos



LUWG - Ref64 2011 OSTERPAI

1.6.2011 05:23:06

ID=169

