

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHER BERICHT NR. LE4727.2/01

zum Bebauungsplan Nr. 322 der Stadt Rheine im Bereich der Stoverner Straße

Auftraggeber:

Herr
W. Werning
Stoverner Straße 14
48431 Rheine

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Klaus Johnig

Datum:

11.12.2009



Immissionsschutz • Bauphysik
Lingen • Wunstorf • Münster

Hessenweg 38 • 49809 Lingen • Telefon 05 91 - 8 00 16 - 0 • Fax 05 91 - 8 00 16 - 20

Lingen@ZechGmbH.de • www.ZechGmbH.de

1.) Zusammenfassung

Die nachfolgende Untersuchung hat ergeben, dass im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine zum Teil Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr zu erwarten sind. Unter der Berücksichtigung eines Mindestabstandes einer ersten Gebäudezeile von mindestens 22 m zum südlichen Gleis der Bahnstrecke Amsterdam/Emden-Osnabrück/Münster liegen die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen im Bereich der geplanten Gebäude aber in einem Bereich, der gemäß den vorliegenden Erkenntnissen und Erfahrungen als nicht erheblich belästigend eingestuft werden kann.

Die erschütterungstechnischen Anhaltswerte, bei deren Überschreitung Schäden an baulichen Anlagen nicht mehr sicher ausgeschlossen werden können, wurden im Zeitraum der Messung erheblich unterschritten. Lediglich durch eine Zugzusammenstellung mit defekten Wagons [11] wurden die Anhaltswerte im Nahbereich des Gleises überschritten. Diese defekte Zugzusammenstellung ist nicht als Regelbetrieb in die Beurteilung aufzunehmen.

Grundlage für diese Beurteilung sind vorgenommene detaillierte Messungen im Bereich des Plangebietes sowie die durchgeführten Prognoseberechnungen.

Bei der Berechnung der Prognosedaten wurden Maximalansätze in Hinblick auf die zu erwartenden Resonanzüberhöhungen von Stahlbetondecken vorgenommen. Trotz dieser Maximalbetrachtung ist eine Unterschreitung der anzustrebenden Anhaltswerte zu erwarten. Auf Grund der vorgefundenen Frequenzzusammensetzung ist allerdings auf den Einbau von Holzbalkendecken zu verzichten, da solche Trenndecken ein wesentlich ausgeprägteres Eigen-Schwingungsverhalten im relevanten Frequenzbereich aufweisen. Die Empfehlungen für mögliche ergänzende Maßnahmen sind in Kapitel 7 näher ausgeführt.

Die nachfolgende erschütterungstechnische Untersuchung wurde nach bestem Wissen und Gewissen mit größter Sorgfalt erstellt. Dieser Bericht besteht aus 24 Seiten und 7 Anlagen sowie einem separaten Dokumentationsband mit 120 Seiten.

Lingen, den 11.12.2009 Jo/Sc

ZECH Ingenieurgesellschaft mbH

Messstelle nach § 26 BImSchG für
Geräusche, Gerüche und Erschütterungen

ZECH Ingenieurgesellschaft mbH
Immissionsschutz · Bauphysik
Hessenweg 38 · 49809 Lingen (Ems)
Tel. 05 91 - 80 01 60 · Fax 05 91 - 8 00 16 20



Dipl.-Ing. Christoph Blasius



i. A. Dipl.-Ing. Klaus Johnig

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1.) Zusammenfassung	2
2.) Situation und Aufgabenstellung	5
3.) Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen sowie Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungen	6
3.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	6
3.2 Einwirkungen auf Gebäude	9
4.) Messprotokoll und Vorgehensweise	11
4.1 Messprotokoll	11
4.2 Vorgehensweise	12
5.) Ergebnisse der Messungen	13
5.1 Auswertung der Messungen	13
5.2 Auswertung in Hinblick auf die Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
5.3 Auswertung im Hinblick auf die Einwirkungen auf Gebäuden	16
6.) Prognose der zu erwartenden Erschütterungen im Gebäude	17
6.1 Nutzung der Bahnstrecken	17
6.2 Prognoseberechnung	17
6.3 Einwirkung von Erschütterung auf Menschen in Gebäuden	19
6.4 Einwirkungen von Erschütterungen auf Gebäude	20
7.) Zu empfehlende Maßnahmen	21
8.) Beurteilungsgrundlagen, Richtlinien und Anhaltswerte	22
9.) Anlagen	24

2.) Situation und Aufgabenstellung

Auf Grund der zu erwartenden Schwingungsemissionen aus dem Schienenverkehr sind im Auftrag des Herrn W. Werning im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen zu berechnen und zu bewerten. Die Berechnungen sollen auf Messungen gründen, die eine ausreichende statistische Aussage für die Prognose darstellen. Falls die Prognosen Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2 [1] und Teil 3 [2] sowie der Erschütterungsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalen [6] im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine erwarten lassen, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu konzipieren.

Im Bereich des Plangebietes ist die Ausweisung von Flächen als Allgemeines Wohngebiet (WA) vorgesehen.

Das Plangebiet liegt im westlichen Bereich der Stadt Rheine und grenzt nördlich direkt an eine - west-östlich verlaufende - zweigleisige elektrifizierte Bahnstrecke. Ca. 120 m westlich des Plangebietes überquert diese Bahnstrecke die Berbornstiege, die Stoverner Straße bildet die südliche Begrenzung (siehe Anlage 1). Östlich des Plangebietes verläuft auf einem Bahndamm - nordsüdlich verlaufend - die eingleisige, nicht elektrifizierte Bahnstrecke Rheine-Spelle, die die zweigleisige Strecke über eine Brücke überquert.

Bei der zweigleisigen Bahnstrecke handelt es sich um folgende verkehrstechnische Besonderheit:

- östlich des Plangebietes treffen im Hauptbahnhof Rheine die Fernbahnstrecken aus Richtung Berlin/Osnabrück und aus Richtung Luxembourg/Münster zusammen
- diese Strecken verzweigen ca. 7 km westlich des Plangebietes - im Bereich der Gemeinde Salzbergen - wieder in die Fernbahnstrecken Lingen/Emden und Bad Bentheim/Amsterdam

Die zweigleisige Bahnstrecke wird von Personen- und Güterzügen der Deutschen Bahn AG und der sog. "Wiehengebirgsbahn" der WestfalenBahn GmbH genutzt.

Auf dem Bahndamm östlich des Plangebietes kommen nur Güterzüge der Regionalverkehr Münsterland GmbH zum Einsatz. Ein Personenverkehr ist auf dieser Bahnstrecke nicht geplant.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Form eines gutachtlichen Berichtes vorzulegen.

3.) Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen sowie Anhalts- und Richtwerte für Erschütterungen

3.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

In der DIN 4150, Teil 2 [1] sowie in der Erschütterungsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalens [6] werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden. Die entsprechenden Anhaltswerte sind abhängig von der Lage des Einwirkungsortes. Im vorliegenden Fall ist die Wohnbebauung in einem Gebiet vorgesehen, in dessen Umgebung vorwiegend Wohnungen vorhanden sind.

Gemäß der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 in Verbindung mit Abs. 6.5.3.5 sind hier für Erschütterungsimmissionen folgende Anhaltswerte einzuhalten:

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
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	0,6*	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 der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

* gebietsunabhängig entsprechend 6.5.3.5 der DIN 4150, Teil 2 [1] für oberirdischen Schienenverkehr, außer öffentlichem Personennahverkehr

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

Zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen sind so genannte KB_F -Werte auf einer Geschosstrenndecke zu erfassen. Insbesondere ist der höchste, je Zugvorbeifahrt auftretende Erschütterungswert KB_{Fmax} zu erfassen. Ist dieser KB_{Fmax} -Wert kleiner als der untere Anhaltswert A_u , so sind die Anforderungen der Norm erfüllt. Ist der KB_{Fmax} -Wert größer als der untere Anhaltswert A_u , so ist entsprechend der Norm über einen Taktmaximal-Effektivwert die so genannte Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} zu bilden und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Dem oberen Anhaltswert A_o kommt gemäß der DIN 4150, Teil 2 [1] im Nachtzeitraum eine besondere Bedeutung zu. Wird dieser obere Anhaltswert bei einzelnen Zugvorbeifahrten überschritten, so sind die Anforderungen der Norm noch nicht überschritten. Vielmehr soll bei solchen Werten die Ursache der Erschütterungsemission untersucht werden. Dabei ist die Trasse und die in diesem Streckenabschnitt eingesetzten Zugzusammenstellungen in Hinblick auf Defekte und Störstellen zu untersuchen.

Zur Bewertung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden muss für jede Schicht der Zuggattungen das quadratischen Mittel der bewerteten Schwingstärken herangezogen werden. In der folgenden Formel stellt j die Schicht dar.

$$KB_{FTm,j} = \sqrt{\frac{1}{M_j} \cdot \sum_{i=1}^{M_j} KB_{FTi,j}^2} \quad [1]$$

Wenn von einer Schicht j nur Z_j belegte Takte durch Messungen erfasst wurden, ändert sich die Berechnung zu

$$KB_{FTm,j} = \frac{1}{Z_j} \cdot \sum_{i=1}^{Z_j} KB_{FTi,j}^2 \quad [2]$$

Die Einzelereignisse KB_{FTi} sind dabei die höchsten KB -Werte je 30-Sekunden-Takt. Bei Bahnerschütterungen wird je Vorbeifahrt üblicherweise der höchste Wert als Einzelereignis KB_{FTi} einem Takt zugeordnet.

Die Beurteilungsschwingstärke über den Tageszeitraum von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr bzw. über den Nachtzeitraum von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr ergibt sich dann bei Schienenverkehr gemäß dem folgenden Zusammenhang:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \cdot \sum_{i=1}^L M_j \cdot KB_{FTm,j}^2} \quad [3]$$

mit

$N_r \triangleq$ Anzahl der 30s-Takte im Beurteilungszeitraum

tags: $N_r = 1920$

nachts: $N_r = 960$

$L \triangleq$ Anzahl der unterschiedlichen Schichten (verschiedene Zuggattungen)

$KB_{FTm,j} \triangleq$ Taktmaximal-Effektivwert für die Schicht j

$M \triangleq$ Anzahl der Zugvorbeifahrten im Beurteilungszeitraum

Falls nur eine Schicht zu berücksichtigen ist, d. h. wird die Strecke nur von einer Zuggattung und einer Zugart befahren, so vereinfacht sich diese Gleichung zu:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \cdot \sqrt{\frac{M}{N_r}} \quad [4]$$

Die vorstehenden Beurteilungen in Hinblick auf die Werte der Tabelle 1 sind bei neuen Schienenstrecken sowie im Rahmen der städtebaulichen Planung von Baugebieten anzuwenden. An bestehenden Schienenwegen und bestehender Bebauung im Nahbereich von Trassen werden die Anhaltswerte der Tabelle 1 vielerorts jedoch überschritten. Hier können daher in Hinblick auf den Bestandsschutz keine strengen Beurteilungen erfolgen. Die Grenze der Zumutbarkeit kann gemäß der Norm nur im Einzelfall festgestellt werden.

3.2 Einwirkungen auf Gebäude

In der DIN 4150, Teil 3 [2] und in der Erschütterungsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalens [6] werden Anhaltswerte für die Einwirkung von Erschütterungen auf bauliche Anlagen genannt, bei deren Unterschreitung nicht mit einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken zu rechnen ist. Dazu zählen z. B. auch Risse im Putz von Decken oder Wänden oder Vergrößerungen bereits vorhandener Risse. Treten Überschreitungen dieser Anhaltswerte auf, so folgt daraus nicht unbedingt, dass Schäden auftreten.

Die entsprechenden Anhaltswerte (siehe Tabelle 2) werden

- bei kurzzeitigen Erschütterungen für Gebäudefundamente, für die oberste Deckenebene in horizontaler Richtung und in vertikaler Richtung für alle Deckenebenen;
- bei Dauererschütterungen in horizontaler Richtung für die oberste Deckenebene, in vertikaler Richtung für alle Deckenebenen (Dauererschütterungen treten bei Schienenverkehr nicht auf)

angegeben.

Hierbei werden auf Grund der vorhandenen Bausubstanz für den Wohnbereich die Anhaltswerte für solche Gebäude herangezogen, die wegen ihrer Erschütterungsempfindlichkeit üblichen Massivbauten entsprechen und als Wohn- oder Bürogebäude genutzt werden. Für in der Nachbarschaft gewerblich genutzte Bebauungen wären Anhaltswerte zu betrachten, die um das bis zu vierfache höher liegen.

Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s bei kurzzeitigen Erschütterungen				
	Fundament / Frequenzen**			oberste Deckenebene, horizontal	vertikale Deckenschwingungen
	< 10 Hz	10 Hz - 50 Hz	50 Hz - 100 Hz*	alle Frequenzen	
Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20

* Bei Frequenzen über 100 Hz sollen die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

** Die Immissionswerte für Frequenzen von 10 Hz bis 50 Hz sowie von 50 Hz bis 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

Tabelle 2: Anhaltswerte für die Einwirkung der Erschütterungsmissionen in Massivgebäuden [5]

4.) Messprotokoll und Vorgehensweise

4.1 Messprotokoll

<u>Aufgabe:</u>	Messung der Schwingungsimmissionen im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine
<u>Ort:</u>	Rheine, Stoverner Straße
<u>Datum:</u>	Dienstag, den 20.10.2009
<u>Bearbeiter:</u>	Dipl.-Ing. Klaus Johnig
<u>Messgerät:</u>	Schwingungsmesssystem Beitzer, System 9000, 8-kanalige Messeinrichtung zur parallelen Erfassung von Schwingungsimmissionen, kalibriert bis 2010
<u>Kalibrierung:</u>	anhand eines PTB-geprüften Vergleichsnormals, gültig bis 2010
<u>Ankopplung:</u>	Verwendung von Dreipunktlagern entsprechend DIN 45669 und Erdspießen
<u>Aufgezeichnete Messgrößen:</u>	unbewertetes Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeit, Installation der Messapparatur als mannbetrente Messeinrichtung mit einer Messung je Zugvorbeifahrt
<u>Auswertung:</u>	Maximale Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s, Schwingwerte KB_{Fmax} gemäß DIN 4150 sowie Durchführung von Frequenzanalysen nach dem FFT-Verfahren mit einer Auflösung von 0,25 Hz.
<u>Entfernung vom südlichen Gleis:</u>	- Messpunkt 1: Kanäle 4 - 6: ca. 10 m - Messpunkt 2: Kanäle 1 - 3: ca. 20 m - Messpunkt 3: Kanal 7: ca. 40 m - Messpunkt 4: Kanal 8: ca. 60 m

4.2 Vorgehensweise

Nach dem Aufbau und der Prüfung der Messgeräte begannen die Messungen am 20.10.2009 um 09:41 Uhr. Es wurden in Einzelmessungen bis um 18:05 Uhr insgesamt 57 Messungen vorgenommen.

Bei den Messungen wurden handschriftlich die folgenden Zuggattungen dokumentiert:

- Zugvorbeifahrten, getrennt nach:
 - Güterzügen der Deutschen Bahn AG sowie der Regionalverkehr Münsterland GmbH
 - InterCity-Zügen der Deutschen Bahn AG
 - Regionalbahnen der Deutschen Bahn AG
 - Regional-Expresszügen der WestfalenBahn GmbH

Weiterhin wurde jeweils notiert, in welche Richtung die Zugvorbeifahrten erfolgten. In den folgenden Dokumentationen werden die Fahrtrichtungen - aus Richtung des Plangebietes gesehen - wie folgt angegeben:

- =>: in Richtung Osnabrück/Münster
- <=: in Richtung Amsterdam/Emden
- v: in südlicher Richtung auf dem Bahndamm der eingleisigen Bahnstrecke

Eine chronologische tabellarische Auflistung aller vorgenommenen Messungen ist als Anlage 2 beigelegt. Die Anlage 3 zeigt die grafische Darstellung aller Messungen der einzelnen Zuggattungen.

5.) Ergebnisse der Messungen

5.1 Auswertung der Messungen

Bei den ersten Auswertungen der Messungen vom 20.10.2009 wurde auffällig, dass vier Messungen der Regionalbahnen (siehe Anlage 3.1, Seite 1 und Anlage 3.2, Seite 1) sich - insbesondere bei den horizontalen Komponenten - deutlich von den anderen Messungen der Regionalbahnen unterscheiden. Daher wurden für diese Messungen eine eigene Schicht gemäß DIN 4150, Teil 2 [1] gebildet und entsprechend ausgewertet.

In diesem Zusammenhang sind auch die in den genannten grafischen Darstellungen für diese Messungen angegebenen Uhrzeiten der Ereignisse von Bedeutung (Anlage 3.1, Seite 1). Den Uhrzeiten ist - entsprechend der Streckennummer 395 des aktuellen Kursbuches der Deutschen Bahn AG - der folgende Ablauf zu entnehmen:

Zugnummer	Abfahrt*		Ankunft Rheine	Messzeit	Abfahrt Rheine	Messzeit	Ankunft*	
RE 14109	Emden	08:50	10:26	10:26	10:29	-	Münster	10:56
RE 14116	Münster	11:05	11:32	-	11:34	11:38	Emden	13:13
RE 14119	Emden	13:50	15:26	15:27	15:29	-	Münster	15:56
RE 14126	Münster	16:05	16:32	-	16:34	16:38	Emden	18:13

* Abfahrt- und Ankunftszeiten gemäß dem Kursbuch, Strecke 395 der Deutschen Bahn AG.

Tabelle 3: Uhrzeiten messtechnisch auffälliger Zugvorbeifahrten und zeitlich entsprechende Kursbucheinträge

Zwischen 08:50 Uhr und 15:50 Uhr haben stündlich um je 10 Minuten vor der vollen Stunde Regionalbahnen den Hauptbahnhof Emden verlassen, ohne an den Messpunkten auffällige Werte zu erzeugen, sodass davon auszugehen ist, dass die auffälligen Messwerte immer von der gleichen Zugzusammenstellung hervorgerufen wurden.

Nach telefonischen Angaben der Deutschen Bahn AG [11] wurden Wagons dieser Zugzusammenstellung am 26.10.2009 wegen eines Defektes zur Bereitstellung in einem Ausbesserungswerk außer Betrieb genommen. Die Messergebnisse aus diesen Messungen flossen daher nicht in die Prognoseberechnungen ein.

Insgesamt konnten im genannten Zeitraum 55 Zugvorbeifahrten gemessen und ausgewertet werden. Hierbei wurde entsprechend der Zuggattungen und der Fahrtrichtung zunächst in 9 Schichten unterschieden, die jeweils einzeln ausgewertet wurden (Anlage 4). Während der Auswertung ergaben sich jedoch - wie beschrieben - bei den Regionalbahnen der Deutschen Bahn AG erhebliche Differenzen zwischen 4 Vorbeifahrten und den anderen 14 Vorbeifahrten, sodass für diese Vorbeifahrten eine eigene Schicht je Fahrtrichtung gebildet wurde. Die folgende Tabelle 4 zeigt die ausgewerteten Zugschichten:

Zuggattung		Betreiber	Fahrtrichtung => Osnabrück/Münster <= Amsterdam/Emden v südlich	Anzahl der Zugvorbeifahr- ten
Regionalbahn	Schicht 1	Deutsche Bahn AG	<=	7
			=>	7
	Schicht 2		<=	2
			=>	2
Wiehengebirgsbahn		WestfalenBahn GmbH	<=	6
			=>	7
InterCity-Zug		Deutsche Bahn AG	<=	8
			=>	7
Güterzug		Deutsche Bahn AG	<=	3
			=>	5
Güterzug		Regionalverkehr Münsterland GmbH	v	1

Tabelle 4: Anzahl der ausgewerteten Zugvorbeifahrten je Schicht

Die Ergebnisse der Messungen sind tabellarisch im Detail der Anlage 4 und auszugsweise in Form von Zeitverläufen der Anlage 7 zu entnehmen. Eine Dokumentation aller vorgenommenen Messungen ist als Anlage 8 auf einer CD-ROM beigelegt. In der Anlage 2 sind die je Messpunkt erfassten Schwinggeschwindigkeitswerte $v_{\max}$ in mm/s und die daraus ermittelten bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$ chronologisch aufgeführt.

5.2 Auswertung in Hinblick auf die Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Der untere Anhaltswert $A_u = 0,15$ wurde mit Werten für die bewertete Schwingstärke von $KB_{Fmax} < 3,0$ überschritten. Gleichzeitig wurde der obere Anhaltswert für den Tageszeitraum von $A_o = 3$ in allen Messungen unterschritten. Daher ist nach der DIN 4150, Teil 2 über den Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} zu bestimmen, ob die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} den Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungsschwingstärken A_r unterschreitet.

Die aus den Messungen ermittelten Taktmaximal-Effektivwerte $KB_{FTm,j}$ sind je Zuggattung in der nachfolgenden Tabelle 5 zusammenfassend aufgeführt (Anlage 4):

Taktmaximal-Effektivwert KB _{FTm,j}						
Zuggattung		Richtung ⇐ Amsterdam/Emden ⇒ Osnabrück/Münster v südlich	MP 1* Kanäle 4-6	MP 2* Kanäle 1-3	MP 3 Kanal 7	MP 4 Kanal 8
Regionalbahn	Schicht 1	⇐	0,25	0,18	0,00	0,00
		⇒	0,50	0,15	0,01	0,00
	Schicht 2**	⇐	4,19	1,31	0,02	0,01
		⇒	7,67	1,31	0,07	0,02
Wiehengebirgsbahn		⇐	0,08	0,03	0,00	0,00
		⇒	0,13	0,06	0,00	0,00
InterCity-Zug		⇐	0,09	0,05	0,00	0,00
		⇒	0,44	0,14	0,00	0,00
Güterzug		⇐	0,22	0,07	0,00	0,00
		⇒	0,41	0,15	0,01	0,00
Güterzug		v	0,08	0,02	0,00	0,00

* entsprechend DIN 4150, Teil 2 [1] ist die jeweils größte der drei Richtungs-Komponenten zur Auswertung heranzuziehen.

** Zugzusammenstellung mit Defekten an Wagons

Tabelle 5: Taktmaximal-Effektivwerte $KB_{FTm,j}$

5.3 Auswertung im Hinblick auf die Einwirkungen auf Gebäuden

Zur Beurteilung der Einwirkungen auf Gebäude wird nach der DIN 4150, Teil 3 die maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ herangezogen (Anlage 4).

maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$						
Zuggattung		Richtung ≤ Amsterdam/Emden ⇒ Osnabrück/Münster v südlich	MP 1* Kanäle 4-6	MP 2* Kanäle 1-3	MP 3 Kanal 7	MP 4 Kanal 8
Regional- bahn	Schicht 1	≤	1,83	1,62	0,16	0,11
		⇒	2,00	1,30	0,28	0,13
	Schicht 2**	≤	5,23	2,66	0,32	0,19
		⇒	6,97	2,86	0,56	0,36
Wiehengebirgsbahn		≤	1,03	0,76	0,14	0,09
		⇒	1,24	0,76	0,13	0,08
InterCity-Zug		≤	1,04	0,62	0,18	0,12
		⇒	1,73	1,14	0,16	0,11
Güterzug		≤	1,40	0,89	0,16	0,08
		⇒	2,82	1,49	0,32	0,16
Güterzug		v	1,11	0,65	0,18	0,15

* entsprechend DIN 4150, Teil 2 [1] ist die jeweils größte der drei Richtungs-Komponenten zur Auswertung heranzuziehen.

** Zugzusammenstellung mit Defekten an Wagons

Tabelle 6: maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$

6.) Prognose der zu erwartenden Erschütterungen im Gebäude

6.1 Nutzung der Bahnstrecken

Für die Bahnstrecke 2931 der Deutschen Bahn AG liegen Prognosedaten für das Jahr 2015 (siehe Anlage 5) vor. Nach Einschätzung der Deutschen Bahn AG [10] kann nach Rücksprache mit der Fahrdienstleitung in Rheine bei der eingleisigen Strecke Rheine-Spelle von maximal 2 Güterzügen täglich im Tageszeitraum ausgegangen werden.

Die WestfalenBahn GmbH geht zurzeit davon aus, dass sich die Anzahl der Zugvorbeifahrten am Plangebiet bis zum Jahr 2015 nicht ändert. Damit ist je Richtung von - lt. Fahrplan - 16 Vorbeifahrten tags und 2 Vorbeifahrten nachts auszugehen [12].

Die Berechnung der Prognosedaten sind in der Anlage 6 beigelegt.

6.2 Prognoseberechnung

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 5.1 werden bei den Prognoseberechnungen die Messergebnisse nicht berücksichtigt, die aus den Messungen stammen, in denen auf Grund von Defekten an Wagons unverhältnismäßig hohe Erschütterungsimmissionen durch Regionalbahnen der Deutschen Bahn AG - die nicht dem Stand der Technik entsprechen - hervorgerufen wurden.

Die geplanten Gebäude werden üblicherweise unterkellert. Die Hauptaufenthalts-, Wohn- und Schlafräume werden im Erd- und Obergeschoss eingerichtet. Hier sind gemäß den vorliegenden Erfahrungen u. U. relevante Resonanzüberhöhungen zu erwarten. Dies bedeutet, dass die Schwingungen des Fundamentes sich nicht in gleicher Stärke auf die Geschossdecke übertragen.

Bei der Übertragung von Erschütterungen vom Gelände in ein Gebäudefundament sind auf Grund von Impedanzsprüngen und Phasenverschiebungen - gemäß den vorliegenden Erfahrungen - Verluste der Schwingungsenergie um ca. 50 % zu erwarten.

Damit ergeben sich die folgenden zu erwartenden Schwingstärken auf Bodenplatten, d. h. Fundamenten, im Bereich der Messpunkte:

Taktmaximal-Effektivwerte KB _{FTm} auf Bodenplatten (Prognose; Dämpfung 50%)						
Zuggattung		Richtung ≤ Amsterdam/Emden ⇒ Osnabrück/Münster v südlich	MP 1* Kanäle 4-6	MP 2* Kanäle 1-3	MP 3 Kanal 7	MP 4 Kanal 8
Regionalbahn	Schicht 1	≤	0,13	0,09	0,00	0,00
		⇒	0,25	0,08	0,00	0,00
	Schicht 2**	≤	2,10	0,66	0,01	0,00
		⇒	3,84	0,66	0,04	0,01
Wiehengebirgsbahn		≤	0,04	0,02	0,00	0,00
		⇒	0,07	0,03	0,00	0,00
InterCity-Zug		≤	0,05	0,03	0,00	0,00
		⇒	0,11	0,04	0,00	0,00
Güterzug		≤	0,11	0,04	0,00	0,00
		⇒	0,21	0,08	0,00	0,00
Güterzug		v	0,04	0,01	0,00	0,00

* entsprechend DIN 4150, Teil 2 [1] ist die jeweils größte der drei Richtungs-Komponenten zur Auswertung heranzuziehen.

** Zugzusammenstellung mit Defekten an Wagons

Tabelle 7: zu erwartende Schwingstärken auf der geplanten Bodenplatte (KG)

In der vorstehenden Tabelle werden auch Taktmaximal-Effektivwerte von $KB_{FTm} \leq 0,1$ angegeben. Derartige Einzelwerte sind im Sinne der Norm nicht bei der Bestimmung der Beurteilungsschwingstärke heranzuziehen. Zur Darstellung eines repräsentativen Beurteilungswertes und auf Grund der Tatsache, dass einzelne Werte über $KB_{Fmax} = 0,1$ liegen, wird im Mittel auch mit diesen Ansätzen gerechnet.

Die Haupt-Anregfrequenzen liegen überwiegend in einem Bereich bis 20 Hz. Daher dürften vor allem tieffrequente Geschosstrenndecken wie Holzbalkendecken von relevanten Schwingungsüberhöhungen betroffen werden. Die Immissionen, die im Frequenzbereich über 25 Hz liegen, werden i. A. von leichteren Zügen hervorgerufen.

Somit ist bei weitgespannten Stahlbetondecken im ungünstigsten Fall mit einer Resonanzüberhöhung von 300 % zu rechnen. Diese Überhöhung wird in den nachfolgenden Prognosen berücksichtigt.

6.3 Einwirkung von Erschütterung auf Menschen in Gebäuden

Gemäß den Ausführungen nach Kapitel 3 ergeben sich mit den o. g. Ansätzen Beurteilungsschwingstärken von:

Anzahl Zugvorbeifahrten		Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} auf Geschosstrenndecken			
tags	223	Messpunkt 1*	Messpunkt 2*	Messpunkt 4	Messpunkt 3
nachts	61	Kanäle 4-6	Kanäle 1-3	Kanal 7	Kanal 8
Entfernung vom südlichen Gleis		10 m	20 m	40 m	60 m
ohne Resonanzüberhöhung	tags	0,06	0,02	0,00	0,00
	nachts	0,05	0,02	0,00	0,00
mit Resonanzüberhöhung	tags	0,19	0,07	0,00	0,00
	nachts	0,15	0,06	0,00	0,00

* entsprechend DIN 4150, Teil 2 [1] ist die jeweils größte der drei Richtungs-Komponenten zur Auswertung heranzuziehen

Tabelle 8: Beurteilungsschwingstärken auf geplanten Geschosstrenndecken

Die in Tabelle 8 aufgeführten Beurteilungsschwingstärken unterschreiten ab einer Entfernung von ca. 22 m vom südlichen Gleis (siehe Grafik in Anlage 5, Seite 2) die Anhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete von $A_r = 0,07$ für den Tag und $A_r = 0,05$ für die Nacht. In einer Entfernung von weniger als 22 m vom südlichen Gleis sind in dieser Maximalbetrachtung Überschreitungen der A_r -Werte im Tages- und im Nachtzeitraum zu erwarten. Im Bereich der Hauptwohn- und Aufenthaltsräume sind auf Grund der Maximalbetrachtung auch keine Maximalschwingstärken von $KB_{Fmax} \geq 0,6$ - dem entsprechend [1] oberen Anhaltswert bei oberirdischem Schienenverkehr - zu erwarten, die eine Betrachtung einzelner Maximalwerte erfordern würden.

6.4 Einwirkungen von Erschütterungen auf Gebäude

Eine weitere Betrachtung der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten v_{max} in mm/s zeigte, dass als höchster Wert im Bereich des Geländes ein Schwinggeschwindigkeitswert von $v_{max} = 2,8$ mm/s ermittelt wurde. Bei Übertragung ins Gebäude ist dann im Bereich des Kellergeschosses eine maximale Schwinggeschwindigkeit von $v_l = 1,4$ mm/s zu erwarten. Dies setzt technisch einwandfreie Zugzusammenstellungen ohne Defekten an Radsätzen oder Drehgestellen voraus.

Der in Hinblick auf mögliche Gebäudeschäden - zu denen auch als den Gebrauchswert mindernde kleine Schäden wie Putzrisse etc. verstanden werden - vorgegebene Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3 [2] von 5,0 mm/s wird damit um ca. 70 % unterschritten. Der Anhaltswert für die oberste Deckenebene von 15,0 mm/s für die Horizontalrichtung bzw. 20,0 mm/s für die Vertikalrichtung dürfte auch bei Berücksichtigung ungünstigster Resonanzüberhöhungen bei weitem nicht erreicht werden. Daher sind nicht annähernd Erschütterungsimmissionen zu erwarten, die in Hinblick auf schädigende Wirkungen auf Gebäude/Bausubstanzen einen relevanten Einfluss haben könnten.

7.) Zu empfehlende Maßnahmen

Wie den Berechnungen zu entnehmen ist, unterschreiten die zu erwartenden höchsten Beurteilungsschwingstärken die angegebenen erschütterungstechnischen Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 sowie der Erschütterungsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalens ab einer Entfernung von 22 m vom südlichen Gleis der Bahnstrecke Amsterdam/Emden-Osnabrück/Münster. Somit sind bei Beachtung der Abstandsangabe und einer entsprechenden Bauausführung keine störenden oder erheblich belästigenden Erschütterungsimmissionen im Bereich der geplanten Gebäude zu erwarten.

Die Prognoseberechnungen beziehen sich auf die Prognosedaten für das Jahr 2015 [10; 12] für die Bahnstrecke Amsterdam/Emden-Osnabrück/Münster sowie der eingleisigen Bahnstrecke Rheine-Spelle. Trotz der geringen Fahrgeschwindigkeiten - insbesondere bei der Einfahrt in den Hauptbahnhof Rheine - sollten die folgenden Empfehlungen auf die geplante Bebauung bezogen werden.

Für die geplante Bebauung ist im Bereich der Geschosstrenndecken auf den Einbau von Holzbalkendecken zu verzichten. Im Wesentlichen sollten Stahlbetondecken Anwendung finden. Sollten dabei freie Decken-Spannweiten von mehr als 4 m vorgesehen werden, so sind diese Stahlbetondecken mit einer Dicke von mindestens 16 cm auszubilden. Dabei sollte bei einer freien Spannweite von 5 m die Deckendicke bereits $d = 22$ cm betragen.

Bei größeren Spannweiten von Decken sollten daher im Bereich des für Wohnnutzung vorgesehenen Gebäudes im der Bahn nächstgelegenen Bauabschnitt in Abständen von weniger als ca. 60 m zur südlichen Gleismitte durch die geeignete Lage von Unterzügen eine ausreichende Versteifung der Decke bewerkstelligt werden.

Bei Beachtung der o. g. Anregung ist nach [7] mit Eigenfrequenzen der Stahlbetondecken von mindestens 30 Hz zu rechnen. Diese sind dann ausreichend steif und haben eine so hohe Eigenfrequenz, dass keine unzulässigen Resonanzerhöhungen und relevante Schwingungsimmissionen zu erwarten sind.

8.) Beurteilungsgrundlagen, Richtlinien und Anhaltswerte

Für die Durchführung der Messungen, Analysen und Beurteilungen der Schwingungs- und Erschütterungssituationen werden folgende Normen, Richtlinien und Unterlagen zu Grunde gelegt:

- | | | |
|-----|--|---|
| [1] | DIN 4150, Teil 2
Ausgabe Juni 99 | Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden |
| [2] | DIN 4150, Teil 3
Ausgabe Feb. 99 | Erschütterung im Bauwesen, Teil 3: Einwirkung auf bauliche Anlagen |
| [3] | DIN 45669-1
Ausgabe Juni 95 | Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfungen |
| [4] | DIN 45669-2
Ausgabe Juni 95 | Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren |
| [5] | Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen | Erschütterungsrichtlinie, herausgegeben vom Länderausschuss für Immissionsschutz mit Stand vom 28.09.1994; 20.10.94 in Stade |
| [6] | Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen 05.09.2000, Nr. 52, Glied-Nr. 7129 | Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen vom 31.07.2000 |
| [7] | LIS-Bericht Nr. 107
Ausgabe 92 | Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen |
| [8] | Dipl.-Ing. Ch. Blasius | Zur Anwendung der DIN 4150, Teil 2, bei Erschütterungen aus oberirdischem Bahnverkehr, Tagungsband DAGA 1993, Seite 183 ff. |

- [9] Lagepläne, am 09.10.2009, 10.10.2009 und 20.10.2009, zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber
- [10] Prognosedaten für die Strecke 2931, Abschnitte Rheine West von Lessingstraße bis Bernbornstiege der Deutschen Bahn AG, zur Verfügung gestellt durch die Deutsche Bahn AG am 27.10.2009
- [11] Telefonische Auskunft der Deutschen Bahn AG, dass mehrere Wagons einer Zugzusammenstellung den Status "Warten auf Ausbesserungswerk" standen am 27.10.2009
- [12] Prognosedaten für die Strecken 2931, Abschnitte Rheine West von Lessingstraße bis Bernbornstiege der WestfalenBahn GmbH, zur Verfügung gestellt durch die WestfalenBahn GmbH am 08.12.2009

9.) Anlagen

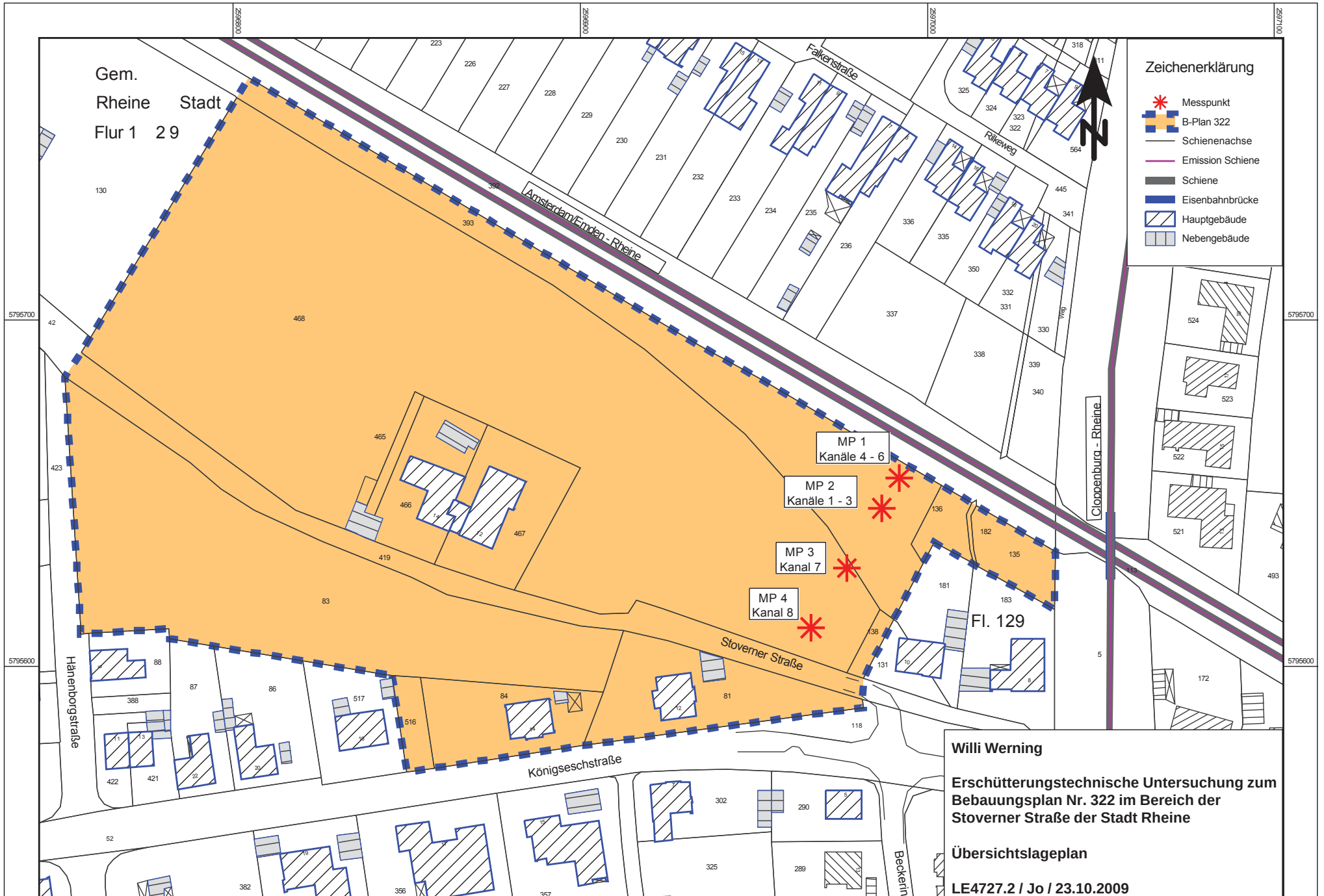
- Anlage 1: Übersichtslageplan des Plangebietes mit Lage der Messpunkte
- Anlage 2: Tabellarische Auflistung aller vorgenommenen Messungen in chronologischer Reihenfolge
- Anlage 3: Grafische Darstellungen der maximalen Schwinggeschwindigkeit v_{imax} in mm/s und der bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} je Zuggattung
- Anlage 4: Ergebnistabellen der Schwinggeschwindigkeit v_{imax} in mm/s und der bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} je Zuggattung und Berechnung des Taktmaximal-Effektivwertes KB_{FTmj}
- Anlage 5: Zugzahlen: Zustand 2009 und Prognose 2015
- Anlage 6: Prognoseberechnungen
- Anlage 7: Ausgewählte Zeitverläufe der einzelnen Zuggattungen
- 2 Regionalbahnen der Deutschen Bahn AG
 - 2 Züge der Wiehengebirgsbahn der WestfalenBahn GmbH
 - 2 InterCity-Züge der Deutschen Bahn AG
 - 2 Güterzüge der Deutschen Bahn AG
- Anlage 8: Dokumentationsband aller vorgenommenen Messungen als .pdf-Datei auf CD-Rom

Anlage 1: Übersichtslageplan des Plangebietes mit Lage der Messpunkte

Gem.
Rheine Stadt
Flur 1 29

Zeichenerklärung

-  Messpunkt
-  B-Plan 322
-  Schienenachse
-  Emission Schiene
-  Schiene
-  Eisenbahnbrücke
-  Hauptgebäude
-  Nebengebäude



Willi Werning

Erschütterungstechnische Untersuchung zum
Bebauungsplan Nr. 322 im Bereich der
Stoverner Straße der Stadt Rheine

Übersichtslageplan

LE4727.2 / Jo / 23.10.2009

Anlage 2: Tabellarische Auflistung aller vorgenommenen Messungen in chronologischer Reihenfolge

Erschütterungsmessung im Bereich des Bebauungsplanes Nr. 322 der Stadt Rheine; chronologische Auswertung aller vorgenommenen Messungen

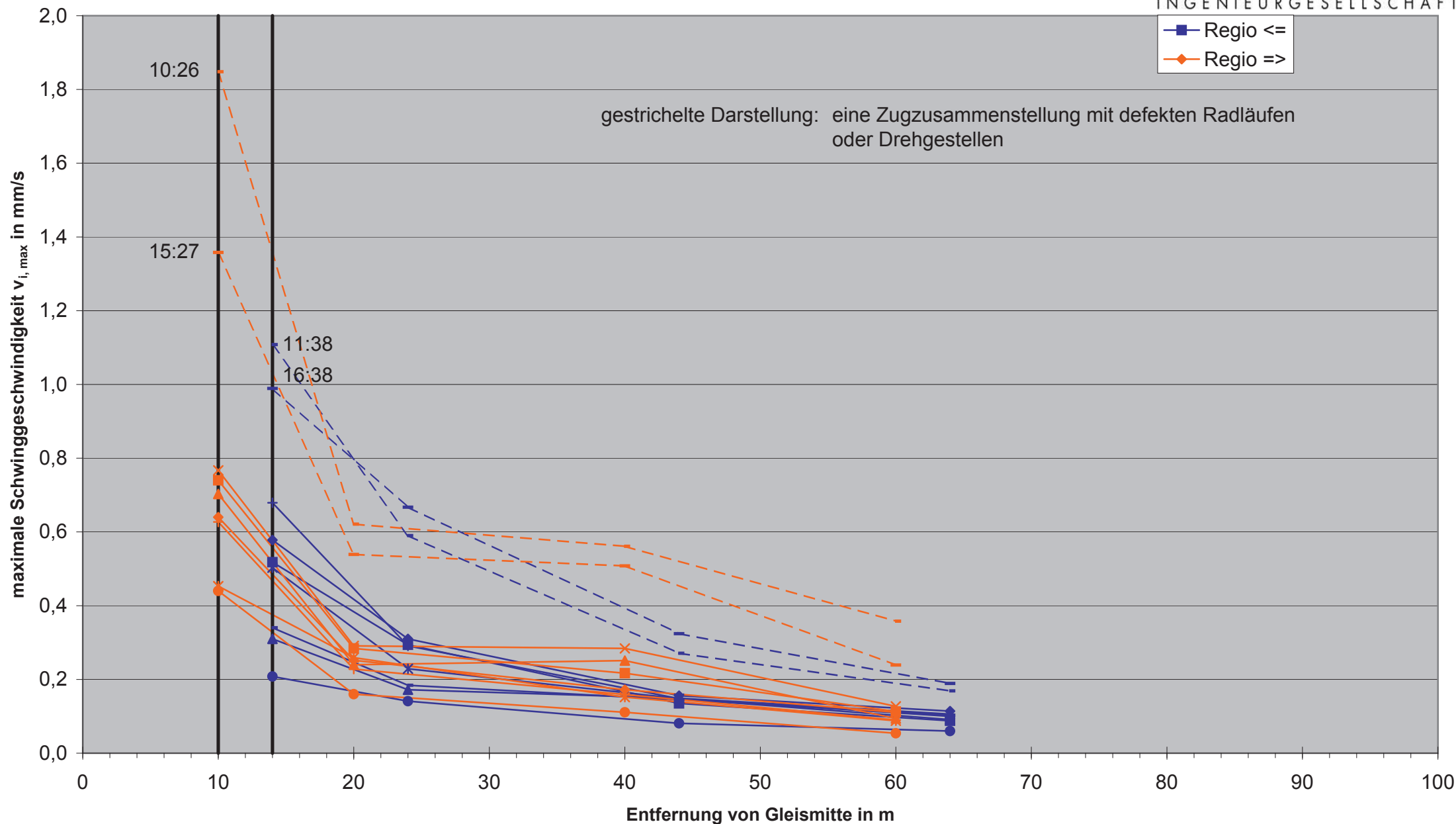
Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
3	41	09:41:16	14	Regio <=	1,171	1,164	0,518	1,179	1,137	0,294	0,135	0,088	0,507	0,475	0,198	0,429	0,469	0,114	0,056	0,033
4	44	09:53:36	6,8	RegEx <=	0,546	0,437	0,234	0,409	0,345	0,184	0,116	0,094	0,259	0,190	0,089	0,137	0,145	0,069	0,042	0,034
5	46	10:02:08	15,1	IC <=	1,042	0,707	0,433	0,617	0,557	0,221	0,116	0,094	0,323	0,273	0,148	0,242	0,211	0,080	0,052	0,038
6	49	10:03:41	23	IC =>	1,493	1,498	0,583	1,084	1,042	0,267	0,153	0,112	0,665	0,728	0,199	0,414	0,419	0,102	0,064	0,045
7	51	10:06:01	8	Lok <=	0,795	0,767	0,260	0,688	0,419	0,172	0,121	0,062	0,401	0,318	0,098	0,328	0,196	0,071	0,045	0,027
8	53	10:11:35	8,9	RegEx =>	0,919	0,791	0,453	0,734	0,665	0,154	0,104	0,062	0,322	0,366	0,157	0,286	0,236	0,068	0,037	0,025
9	55	10:25:18	20,1	IC <=	0,737	0,584	0,227	0,463	0,413	0,153	0,101	0,068	0,289	0,265	0,075	0,207	0,176	0,058	0,041	0,027
10	57	10:26:47	15,2	Regio =>	6,968	4,988	1,848	2,855	2,170	0,621	0,561	0,358	2,955	2,207	0,734	1,198	0,755	0,241	0,276	0,177
11	60	10:37:55	12,5	Regio <=	1,271	1,601	0,578	1,141	1,122	0,310	0,156	0,114	0,581	0,558	0,199	0,471	0,418	0,103	0,064	0,034
12	62	11:01:06	58	GZ =>	1,536	1,408	0,703	1,026	0,881	0,303	0,233	0,162	0,681	0,681	0,190	0,380	0,328	0,115	0,098	0,062
13	64	11:05:07	34	GZ <=	1,398	1,035	0,310	0,881	0,887	0,198	0,140	0,069	0,836	0,443	0,110	0,469	0,405	0,085	0,075	0,031
14	66	11:07:15	29,5	GZ =>	2,110	1,759	0,503	1,314	1,315	0,366	0,288	0,132	0,968	0,765	0,206	0,530	0,602	0,140	0,112	0,057
15	68	11:11:43	9,6	RegEx =>	0,953	0,813	0,447	0,661	0,562	0,165	0,134	0,062	0,344	0,341	0,159	0,274	0,216	0,058	0,040	0,023
16	70	11:14:09	45	GZ <=	1,065	0,998	0,504	0,629	0,844	0,192	0,110	0,066	0,512	0,443	0,238	0,242	0,328	0,080	0,043	0,029
17	72	11:27:21	14	Regio =>	1,619	1,661	0,640	1,053	1,062	0,252	0,172	0,111	0,650	0,755	0,221	0,357	0,414	0,103	0,073	0,042
18	76	11:38:07	8	Regio <=	5,231	2,847	1,108	2,662	2,192	0,590	0,271	0,169	2,217	1,296	0,506	1,233	0,691	0,207	0,108	0,062
19	78	11:40:37	24,5	IC =>	1,228	1,321	0,497	0,789	0,899	0,198	0,149	0,090	0,596	0,654	0,163	0,343	0,373	0,081	0,056	0,035
20	81	11:52:53	6,3	RegEx <=	0,634	0,493	0,210	0,374	0,314	0,161	0,089	0,060	0,258	0,190	0,086	0,127	0,128	0,061	0,041	0,027
21	84	12:00:27	11,6	IC <=	0,733	0,730	0,216	0,623	0,435	0,160	0,175	0,097	0,280	0,275	0,098	0,252	0,166	0,071	0,070	0,038
22	86	12:03:07	16,3	IC =>	1,725	1,563	0,678	0,936	0,965	0,229	0,156	0,099	0,609	0,626	0,197	0,376	0,338	0,091	0,057	0,035
23	88	12:11:25	8,9	RegEx =>	1,023	0,961	0,465	0,680	0,605	0,172	0,117	0,061	0,308	0,397	0,162	0,265	0,224	0,065	0,043	0,023
24	91	12:28:15	11,8	Regio =>	1,661	1,573	0,740	0,912	0,971	0,284	0,217	0,113	0,807	0,779	0,252	0,448	0,347	0,105	0,093	0,043
24	96	12:28:15	16,4	IC <=	0,797	0,571	0,216	0,493	0,485	0,166	0,103	0,069	0,292	0,234	0,076	0,194	0,178	0,062	0,044	0,028
25	99	12:33:23	10,5	Regio <=	0,792	0,833	0,310	0,715	0,701	0,172	0,149	0,106	0,326	0,295	0,123	0,314	0,293	0,084	0,063	0,043
27	102	12:52:32	6,5	RegEx <=	0,532	0,475	0,185	0,367	0,310	0,153	0,093	0,066	0,220	0,179	0,077	0,120	0,125	0,063	0,038	0,027
28	105	13:11:35	8,8	RegEx =>	1,238	1,028	0,409	0,689	0,707	0,153	0,112	0,051	0,412	0,480	0,138	0,238	0,268	0,058	0,043	0,019
29	108	13:26:10	18,8	Regio =>	1,645	1,543	0,703	0,900	1,212	0,240	0,251	0,094	0,703	0,650	0,184	0,358	0,349	0,092	0,087	0,044
30	110	13:37:59	10,3	Regio <=	0,809	0,832	0,340	0,714	0,417	0,184	0,145	0,103	0,382	0,359	0,129	0,240	0,167	0,081	0,065	0,045
31	112	13:43:33	19,8	IC =>	1,566	1,246	0,572	1,138	0,983	0,222	0,141	0,106	0,763	0,552	0,191	0,407	0,326	0,088	0,063	0,047
32	115	13:52:37	7,9	RegEx =>	0,528	0,550	0,221	0,358	0,294	0,147	0,087	0,076	0,232	0,213	0,085	0,119	0,130	0,066	0,041	0,031
33	116	13:54:32	61	Leermessung	0,032	0,038	0,042	0,034	0,037	0,054	0,017	0,018	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,008	0,008
34	118	14:00:41	16,7	IC <=	0,731	0,607	0,310	0,615	0,502	0,172	0,090	0,061	0,296	0,229	0,088	0,246	0,213	0,063	0,039	0,027
35	121	14:02:45	16	IC =>	1,379	1,404	0,691	0,961	0,875	0,228	0,144	0,094	0,642	0,607	0,213	0,399	0,327	0,088	0,057	0,036
36	123	14:11:49	15	RegEx =>	0,713	0,546	0,241	0,368	0,363	0,110	0,092	0,037	0,286	0,238	0,092	0,163	0,137	0,045	0,033	0,015

Erschütterungsmessung im Bereich des Bebauungsplanes Nr. 322 der Stadt Rheine; chronologische Auswertung aller vorgenommenen Messungen

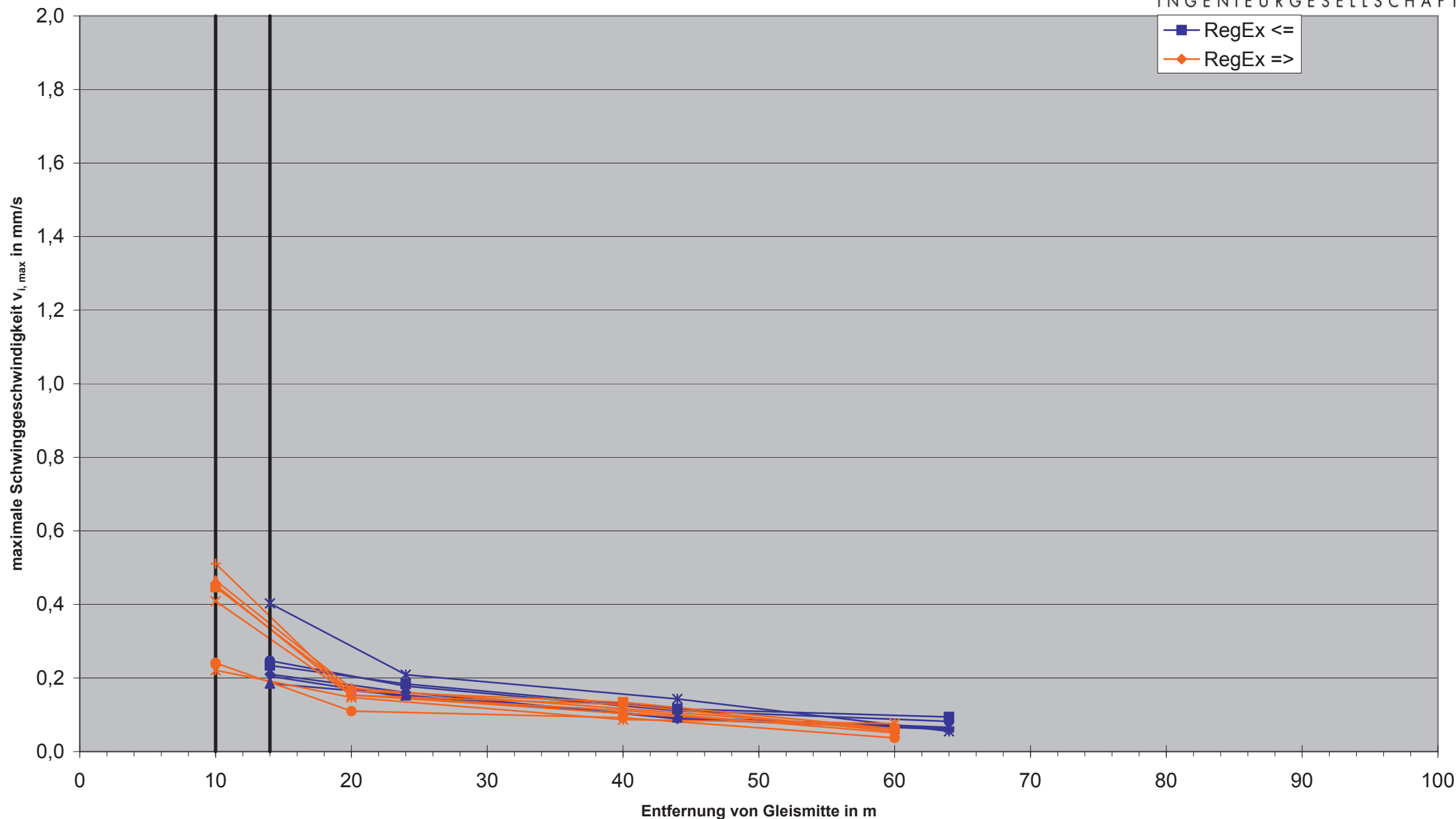
Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
37	125	14:17:52	21,2	Regio =>	1,826	2,012	0,767	1,297	0,911	0,291	0,284	0,127	0,831	0,795	0,249	0,468	0,380	0,131	0,107	0,064
38	127	14:23:38	45,4	GZ =>	1,523	1,665	0,590	0,918	1,176	0,272	0,193	0,100	0,642	0,758	0,218	0,375	0,428	0,105	0,080	0,042
40	130	14:30:17	17,6	IC <=	0,628	0,554	0,259	0,541	0,485	0,147	0,099	0,088	0,274	0,239	0,099	0,219	0,186	0,061	0,041	0,032
41	139	14:41:37	9,3	Regio <=	1,506	1,276	0,503	1,113	1,615	0,229	0,148	0,091	0,573	0,458	0,191	0,465	0,580	0,087	0,056	0,036
42	142	14:42:18	17,2	Regio =>	1,529	1,349	0,453	0,826	0,724	0,259	0,152	0,088	0,624	0,478	0,167	0,312	0,273	0,092	0,062	0,039
43	144	14:48:47	8,4	Regio <=	0,710	0,481	0,208	0,390	0,375	0,141	0,081	0,060	0,230	0,237	0,077	0,126	0,127	0,044	0,037	0,023
44	146	14:54:14	3,8	RegEx <=	0,564	0,418	0,205	0,317	0,285	0,148	0,093	0,063	0,225	0,186	0,078	0,115	0,091	0,061	0,038	0,030
45	153	15:07:37	7,8	Regio =>	0,947	0,870	0,440	0,647	0,588	0,160	0,111	0,054	0,337	0,351	0,155	0,261	0,212	0,062	0,039	0,023
46	157	15:13:49	9	RegEx <=	1,025	1,021	0,403	0,639	0,761	0,209	0,143	0,055	0,425	0,449	0,146	0,231	0,286	0,066	0,053	0,022
47	160	15:22:22	6,2	Lok <=	1,366	0,632	0,204	0,562	0,471	0,148	0,087	0,053	0,562	0,253	0,083	0,300	0,189	0,069	0,034	0,022
48	162	15:27:05	14,6	Regio =>	6,309	3,562	1,358	2,491	1,596	0,539	0,508	0,239	2,569	1,583	0,474	1,091	0,780	0,218	0,253	0,112
49	170	15:37:50	8,6	Regio <=	1,834	1,367	0,679	1,279	1,326	0,291	0,148	0,100	0,711	0,558	0,228	0,566	0,561	0,110	0,063	0,042
50	172	15:41:33	26,5	IC =>	1,231	1,088	0,385	0,764	0,785	0,209	0,142	0,082	0,559	0,472	0,169	0,264	0,284	0,089	0,060	0,034
51	175	15:48:07	80,1	GZ auf Damm v	0,995	1,113	0,252	0,653	0,489	0,259	0,175	0,152	0,425	0,489	0,127	0,246	0,247	0,112	0,084	0,066
52	177	15:54:37	6,6	RegEx <=	0,532	0,529	0,247	0,337	0,305	0,178	0,111	0,082	0,234	0,223	0,093	0,124	0,120	0,068	0,048	0,034
53	180	15:59:16	43,1	GZ <=	1,092	1,100	0,440	0,566	0,682	0,197	0,160	0,082	0,474	0,588	0,172	0,252	0,300	0,095	0,076	0,038
54	182	16:02:11	17,2	IC =>	1,316	1,282	0,528	0,904	0,779	0,210	0,140	0,099	0,645	0,593	0,183	0,352	0,348	0,083	0,060	0,041
55	186	16:07:28	13,2	IC <=	0,725	0,839	0,242	0,592	0,389	0,216	0,163	0,115	0,311	0,330	0,097	0,238	0,158	0,085	0,072	0,043
56	188	16:12:27	9,5	RegEx =>	0,860	0,948	0,511	0,763	0,640	0,153	0,128	0,055	0,368	0,365	0,162	0,288	0,222	0,061	0,042	0,022
57	190	16:25:18	14	IC <=	0,757	0,566	0,246	0,522	0,407	0,185	0,126	0,076	0,300	0,258	0,088	0,213	0,182	0,071	0,047	0,035
58	192	16:28:45	13,3	Regio =>	1,503	1,585	0,627	0,962	0,983	0,228	0,159	0,090	0,605	0,741	0,195	0,347	0,427	0,087	0,069	0,040
59	194	16:34:45	23,3	GZ =>	2,818	2,351	0,597	1,489	1,441	0,309	0,299	0,133	1,144	1,097	0,243	0,613	0,766	0,140	0,118	0,068
60	197	16:38:05	6,4	Regio <=	4,312	3,356	0,989	2,241	2,067	0,667	0,324	0,189	1,859	1,452	0,407	1,047	0,878	0,233	0,144	0,072
61	199	16:49:34	38,1	GZ =>	1,841	1,819	0,503	1,108	0,960	0,328	0,324	0,146	0,891	0,915	0,172	0,473	0,468	0,139	0,120	0,052

Anlage 3: Grafische Darstellungen der maximalen Schwinggeschwindigkeit v_{imax} in mm/s und der bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} je Zuggattung

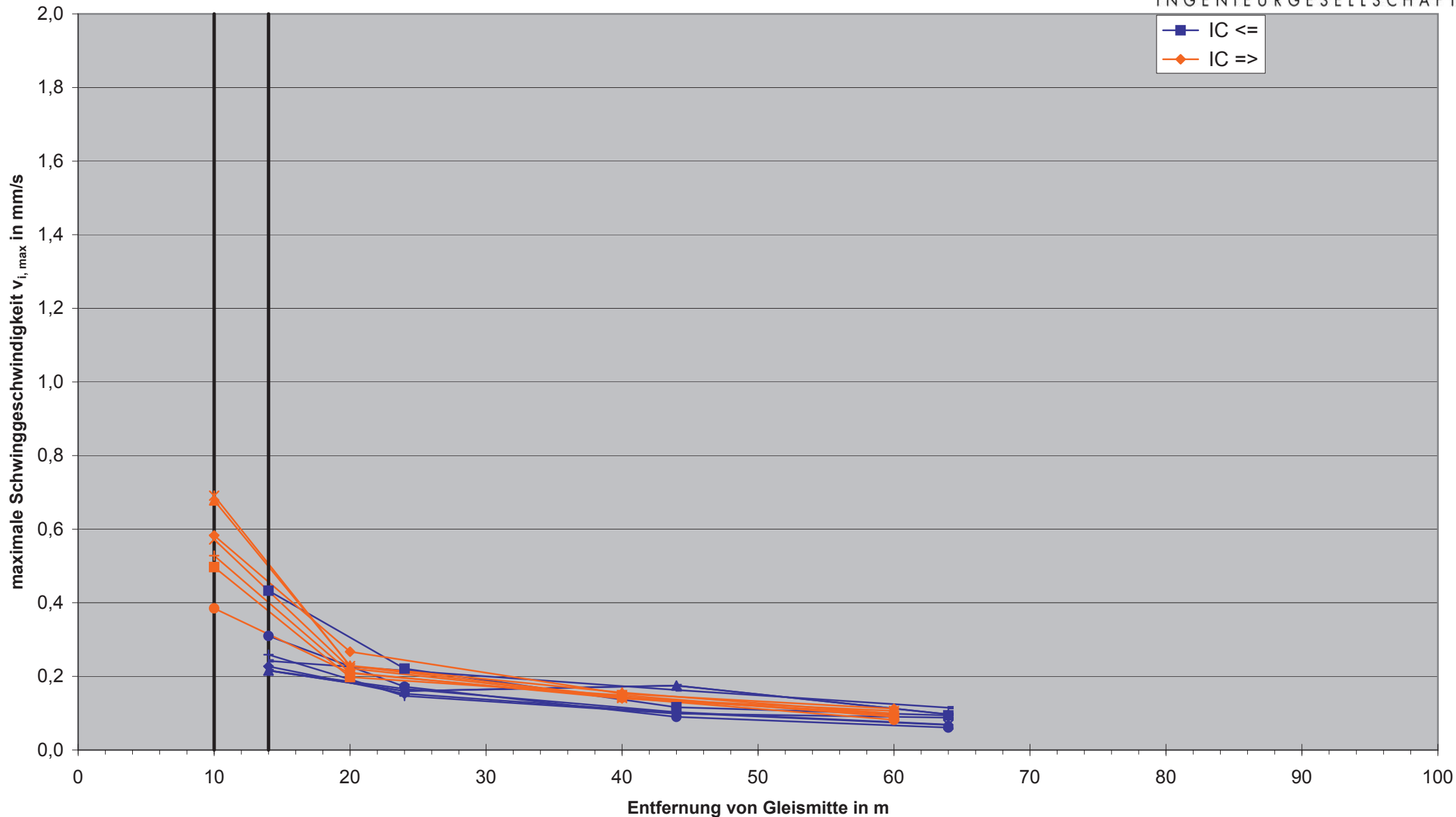
Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der vertikalen maximalen Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ im Gelände bei Regionalbahnen



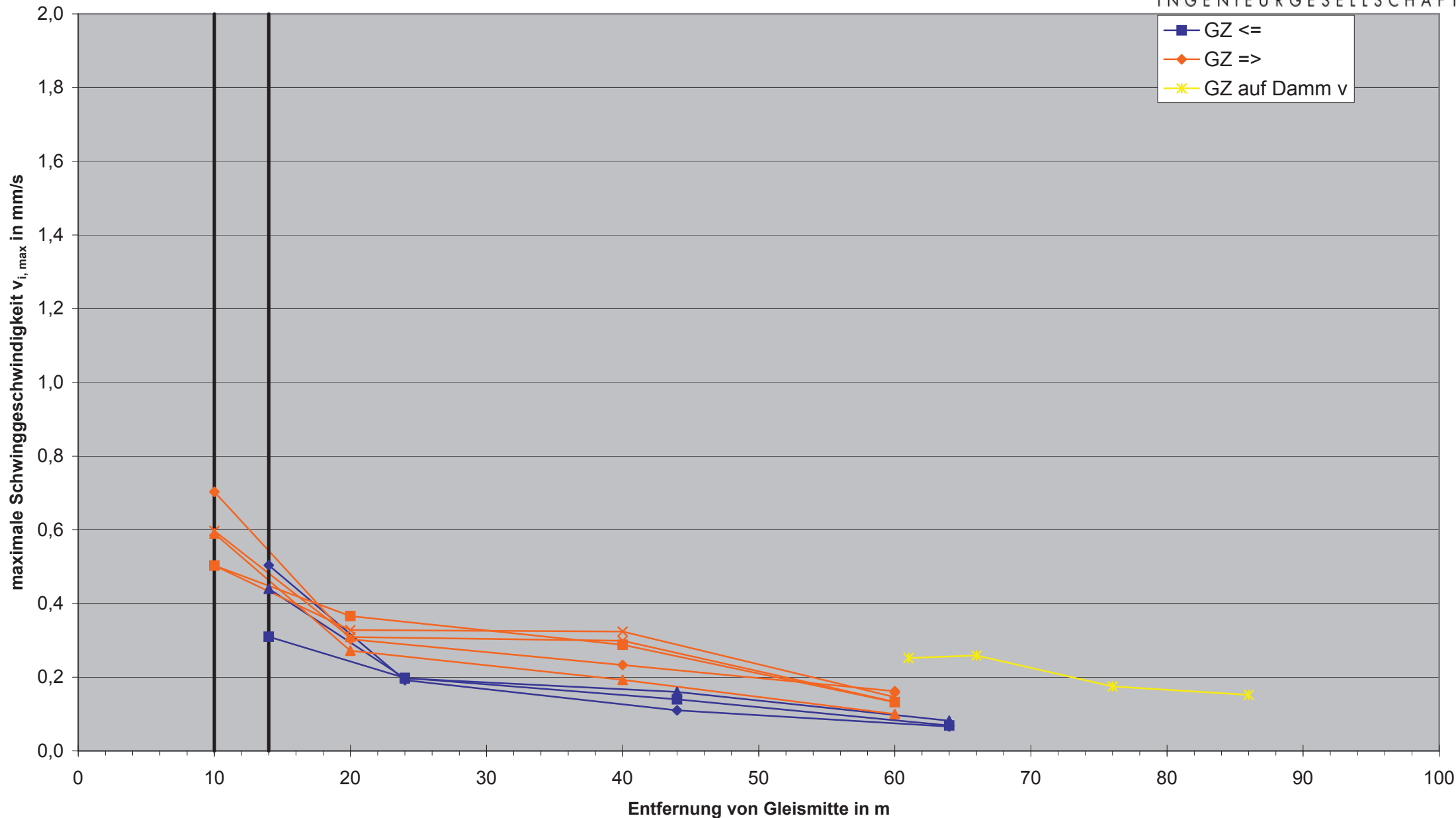
Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der vertikalen maximalen Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ im Gelände bei der Wiehengebirgsbahn



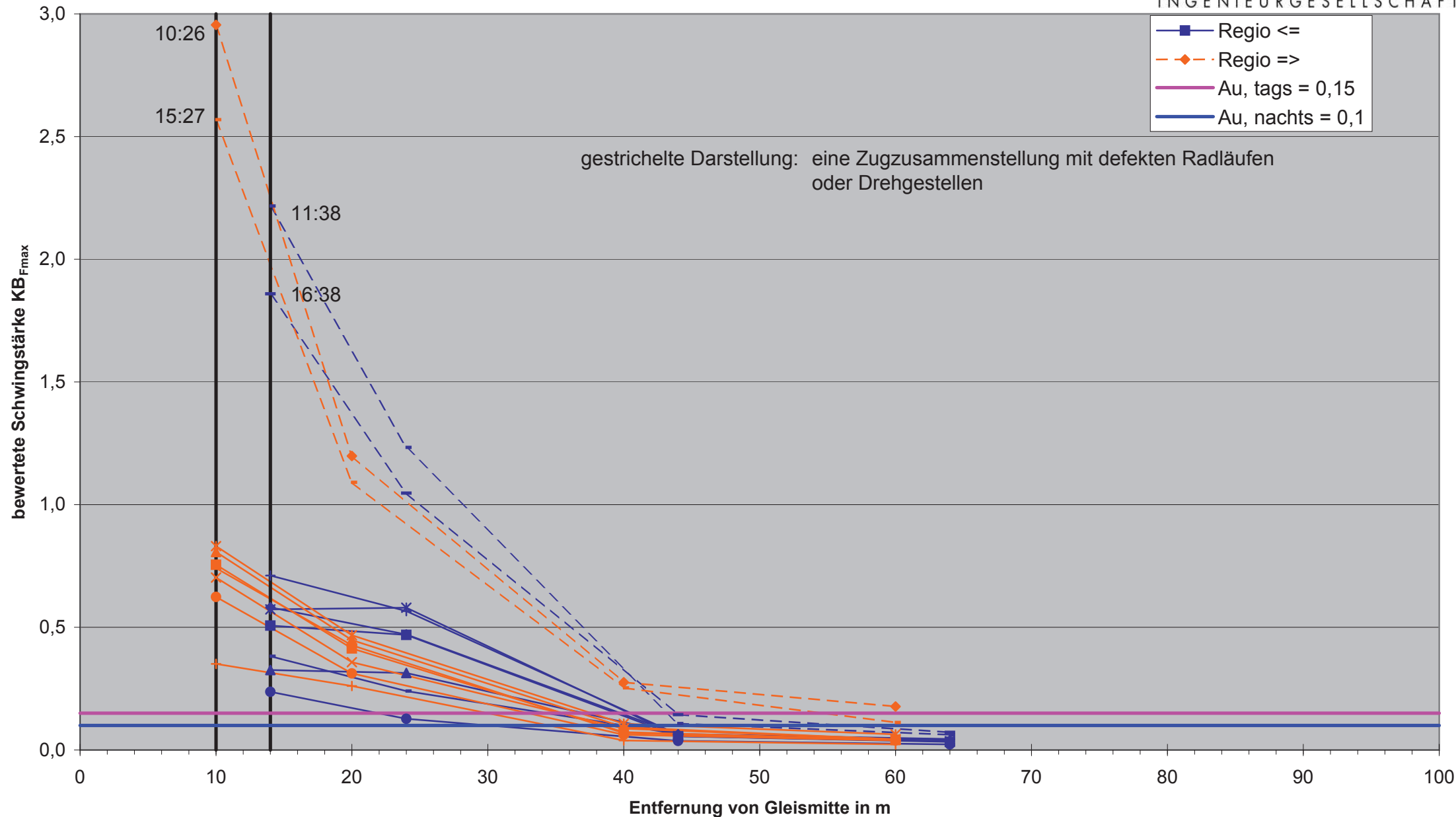
Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der vertikalen maximalen Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ im Gelände bei InterCity-Zügen



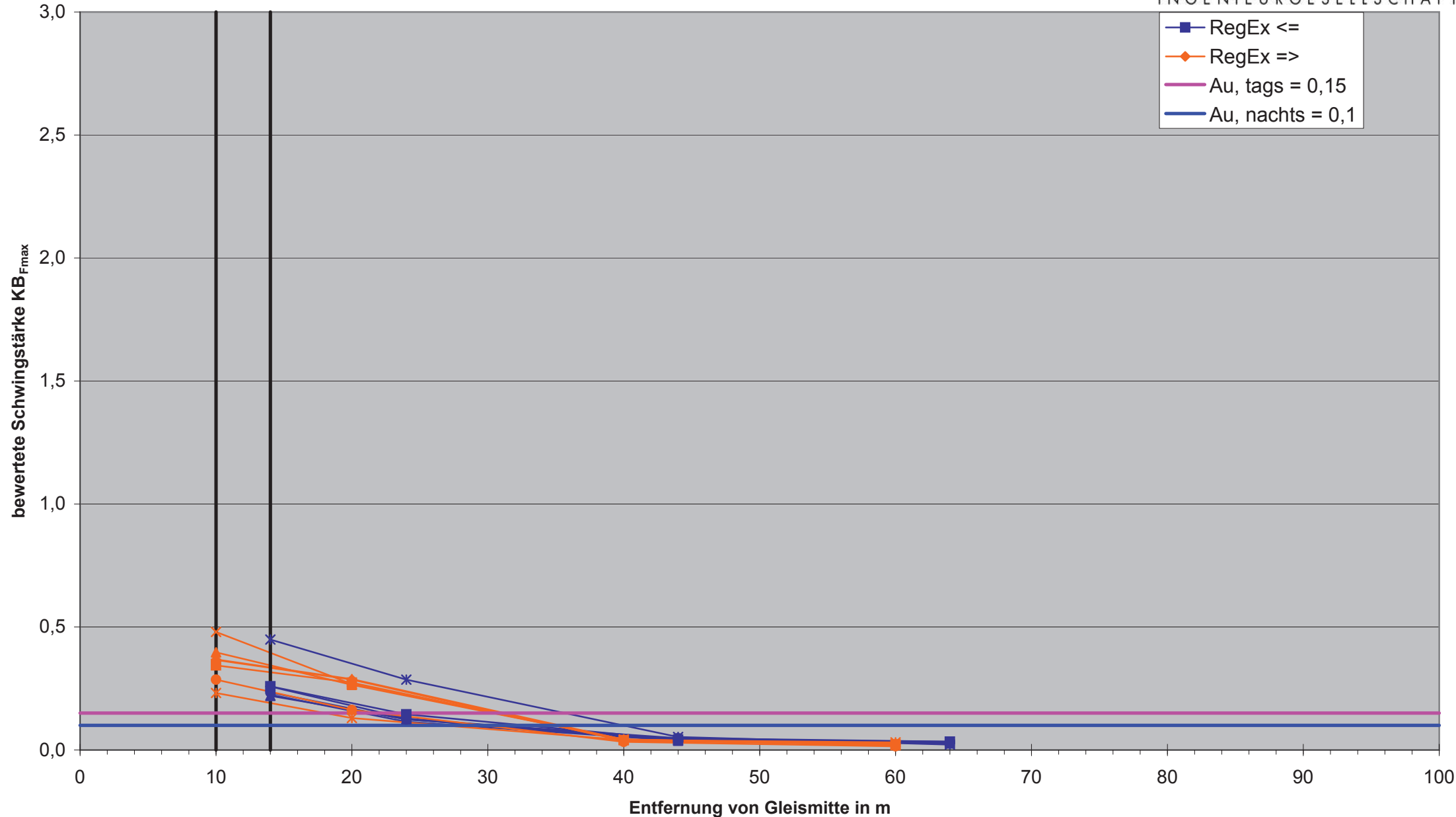
Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der vertikalen maximalen Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ im Gelände bei Güterzügen



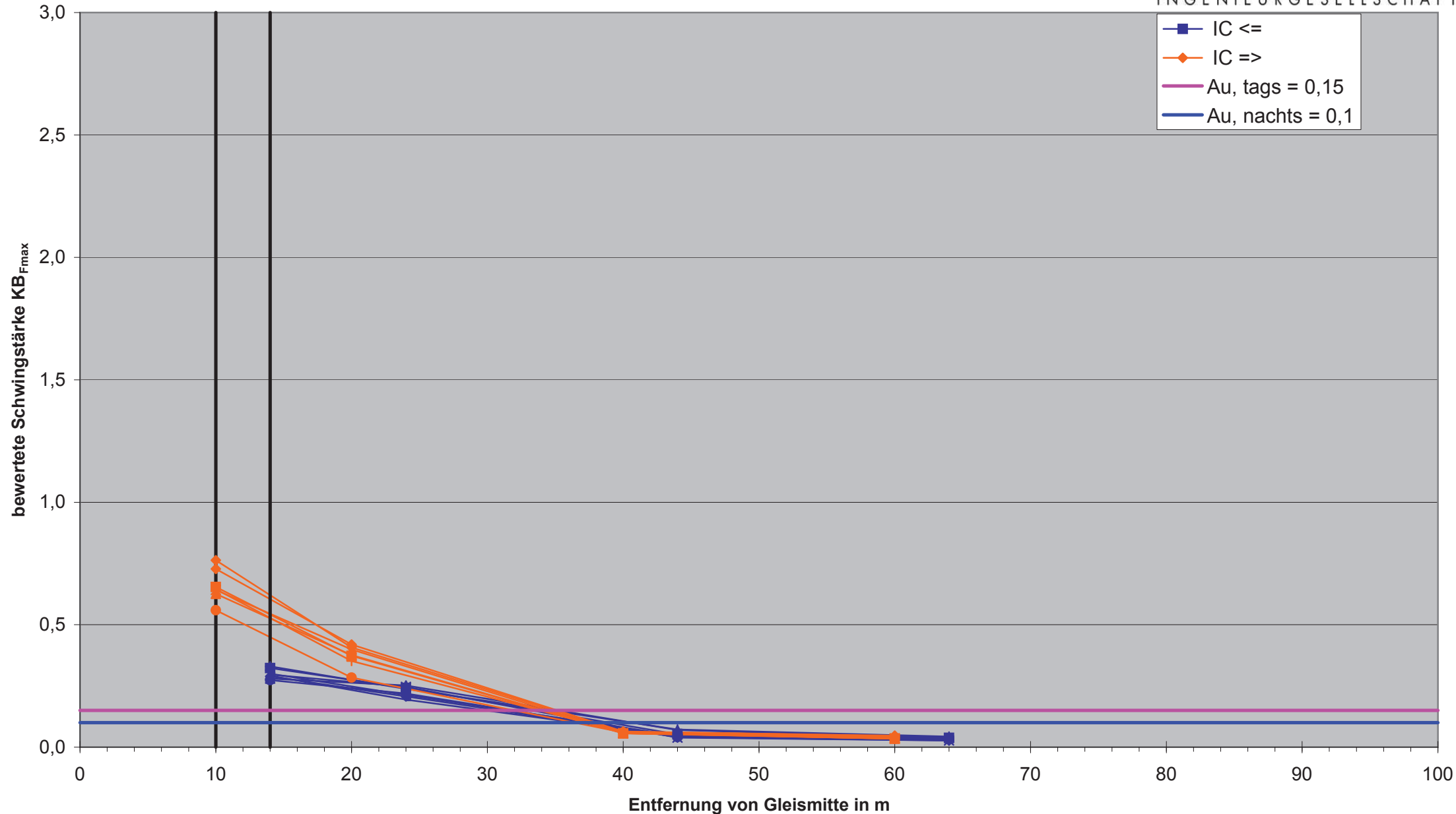
**Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} im Gelände bei Regionalbahnen;
an den Messpunkten 1 und 2 der jeweils höchste Wert der X-, Y oder Z-Richtung**



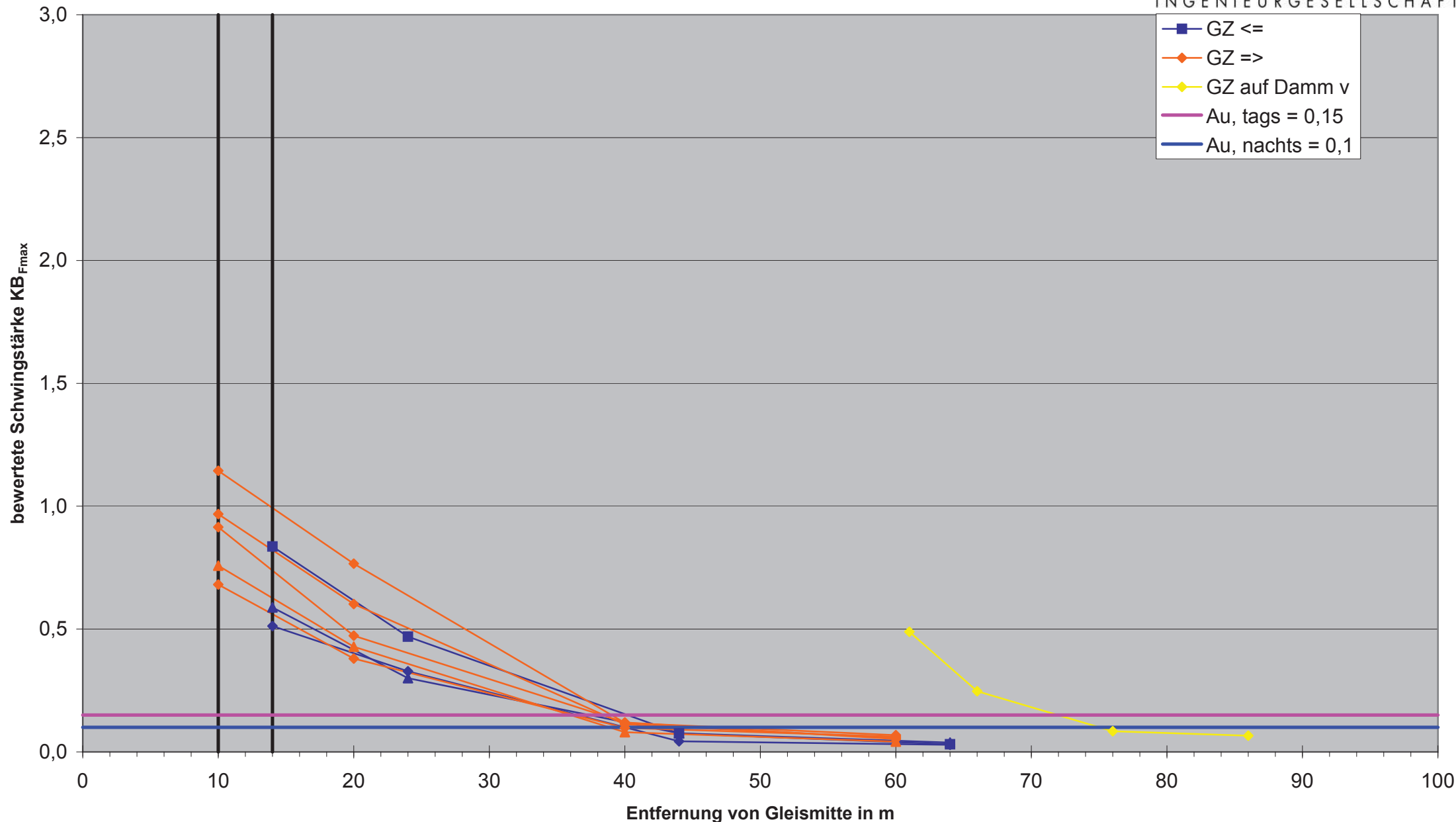
Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} im Gelände bei der Wiehengebirgsbahn;
an den Messpunkten 1 und 2 der jeweils höchste Wert der X-, Y oder Z-Richtung



Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} im Gelände bei InterCity-Zügen;
an den Messpunkten 1 und 2 der jeweils höchste Wert der X-, Y oder Z-Richtung



Erschütterungsmessung am 20.10.2009 im Bereich des Bebauungsplangebietes Nr. 322 der Stadt Rheine;
Darstellung der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} im Gelände bei Güterzügen;
an den Messpunkten 1 und 2 der jeweils höchste Wert der X-, Y oder Z-Richtung



Anlage 4: Ergebnistabellen der Schwinggeschwindigkeit v_{imax} in mm/s und der bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} je Zuggattung und Berechnung des Taktmaximal-Effektivwertes KB_{FTmj}

Auswertung Regionalbahnen



Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
3	41	09:41:16	14	Regio <=	1,171	1,164	0,518	1,179	1,137	0,294	0,135	0,088	0,507	0,475	0,198	0,429	0,469	0,114	0,056	0,033
11	60	10:37:55	12,5	Regio <=	1,271	1,601	0,578	1,141	1,122	0,310	0,156	0,114	0,581	0,558	0,199	0,471	0,418	0,103	0,064	0,034
25	99	12:33:23	10,5	Regio <=	0,792	0,833	0,310	0,715	0,701	0,172	0,149	0,106	0,326	0,295	0,123	0,314	0,293	0,084	0,063	0,043
30	110	13:37:59	10,3	Regio <=	0,809	0,832	0,340	0,714	0,417	0,184	0,145	0,103	0,382	0,359	0,129	0,240	0,167	0,081	0,065	0,045
41	139	14:41:37	9,3	Regio <=	1,506	1,276	0,503	1,113	1,615	0,229	0,148	0,091	0,573	0,458	0,191	0,465	0,580	0,087	0,056	0,036
43	144	14:48:47	8,4	Regio <=	0,710	0,481	0,208	0,390	0,375	0,141	0,081	0,060	0,230	0,237	0,077	0,126	0,127	0,044	0,037	0,023
49	170	15:37:50	8,6	Regio <=	1,834	1,367	0,679	1,279	1,326	0,291	0,148	0,100	0,711	0,558	0,228	0,566	0,561	0,110	0,063	0,042
18	76	11:38:07	8	Regio <=	5,231	2,847	1,108	2,662	2,192	0,590	0,271	0,169	2,217	1,296	0,506	1,233	0,691	0,207	0,108	0,062
60	197	16:38:05	6,4	Regio <=	4,312	3,356	0,989	2,241	2,067	0,667	0,324	0,189	1,859	1,452	0,407	1,047	0,878	0,233	0,144	0,072
17	72	11:27:21	14	Regio =>	1,619	1,661	0,640	1,053	1,062	0,252	0,172	0,111	0,650	0,755	0,221	0,357	0,414	0,103	0,073	0,042
24	91	12:28:15	11,8	Regio =>	1,661	1,573	0,740	0,912	0,971	0,284	0,217	0,113	0,807	0,779	0,252	0,448	0,347	0,105	0,093	0,043
29	108	13:26:10	18,8	Regio =>	1,645	1,543	0,703	0,900	1,212	0,240	0,251	0,094	0,703	0,650	0,184	0,358	0,349	0,092	0,087	0,044
37	125	14:17:52	21,2	Regio =>	1,826	2,012	0,767	1,297	0,911	0,291	0,284	0,127	0,831	0,795	0,249	0,468	0,380	0,131	0,107	0,064
42	142	14:42:18	17,2	Regio =>	1,529	1,349	0,453	0,826	0,724	0,259	0,152	0,088	0,624	0,478	0,167	0,312	0,273	0,092	0,062	0,039
45	153	15:07:37	7,8	Regio =>	0,947	0,870	0,440	0,647	0,588	0,160	0,111	0,054	0,337	0,351	0,155	0,261	0,212	0,062	0,039	0,023
58	192	16:28:45	13,3	Regio =>	1,503	1,585	0,627	0,962	0,983	0,228	0,159	0,090	0,605	0,741	0,195	0,347	0,427	0,087	0,069	0,040
10	57	10:26:47	15,2	Regio =>	6,968	4,988	1,848	2,855	2,170	0,621	0,561	0,358	2,955	2,207	0,734	1,198	0,755	0,241	0,276	0,177
48	162	15:27:05	14,6	Regio =>	6,309	3,562	1,358	2,491	1,596	0,539	0,508	0,239	2,569	1,583	0,474	1,091	0,780	0,218	0,253	0,112

maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$

Schicht 1	Regio <=	1,834	1,601	0,679	1,279	1,615	0,310	0,156	0,114
	Regio =>	1,826	2,012	0,767	1,297	1,212	0,291	0,284	0,127
Schicht 2	Regio <=	5,231	3,356	1,108	2,662	2,192	0,667	0,324	0,189
	Regio =>	6,968	4,988	1,848	2,855	2,170	0,621	0,561	0,358

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$

Schicht 1	$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	Regio <=	1,737	1,271	0,024	0,010
		Regio =>	3,468	1,067	0,043	0,013
	Anzahl Takte Z_j	Regio <=	7			
		Regio =>	7			
	$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	Regio <=	0,248	0,182	0,003	0,001
		Regio =>	0,495	0,152	0,006	0,002
Schicht 2	$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	Regio <=	8,371	2,616	0,032	0,009
		Regio <=	15,332	2,625	0,140	0,044
	Anzahl Takte Z_j	Regio <=	2			
		Regio =>	2			
	$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	Regio <=	4,185	1,308	0,016	0,005
		Regio =>	7,666	1,313	0,070	0,022

Auswertung Wiehengebirgsbahn

Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
4	44	09:53:36	6,8	RegEx <=	0,546	0,437	0,234	0,409	0,345	0,184	0,116	0,094	0,259	0,190	0,089	0,137	0,145	0,069	0,042	0,034
20	81	11:52:53	6,3	RegEx <=	0,634	0,493	0,210	0,374	0,314	0,161	0,089	0,060	0,258	0,190	0,086	0,127	0,128	0,061	0,041	0,027
27	102	12:52:32	6,5	RegEx <=	0,532	0,475	0,185	0,367	0,310	0,153	0,093	0,066	0,220	0,179	0,077	0,120	0,125	0,063	0,038	0,027
44	146	14:54:14	3,8	RegEx <=	0,564	0,418	0,205	0,317	0,285	0,148	0,093	0,063	0,225	0,186	0,078	0,115	0,091	0,061	0,038	0,030
46	157	15:13:49	9	RegEx <=	1,025	1,021	0,403	0,639	0,761	0,209	0,143	0,055	0,425	0,449	0,146	0,231	0,286	0,066	0,053	0,022
52	177	15:54:37	6,6	RegEx <=	0,532	0,529	0,247	0,337	0,305	0,178	0,111	0,082	0,234	0,223	0,093	0,124	0,120	0,068	0,048	0,034
8	53	10:11:35	8,9	RegEx =>	0,919	0,791	0,453	0,734	0,665	0,154	0,104	0,062	0,322	0,366	0,157	0,286	0,236	0,068	0,037	0,025
15	68	11:11:43	9,6	RegEx =>	0,953	0,813	0,447	0,661	0,562	0,165	0,134	0,062	0,344	0,341	0,159	0,274	0,216	0,058	0,040	0,023
23	88	12:11:25	8,9	RegEx =>	1,023	0,961	0,465	0,680	0,605	0,172	0,117	0,061	0,308	0,397	0,162	0,265	0,224	0,065	0,043	0,023
28	105	13:11:35	8,8	RegEx =>	1,238	1,028	0,409	0,689	0,707	0,153	0,112	0,051	0,412	0,480	0,138	0,238	0,268	0,058	0,043	0,019
32	115	13:52:37	7,9	RegEx =>	0,528	0,550	0,221	0,358	0,294	0,147	0,087	0,076	0,232	0,213	0,085	0,119	0,130	0,066	0,041	0,031
36	123	14:11:49	15	RegEx =>	0,713	0,546	0,241	0,368	0,363	0,110	0,092	0,037	0,286	0,238	0,092	0,163	0,137	0,045	0,033	0,015
56	188	16:12:27	9,5	RegEx =>	0,860	0,948	0,511	0,763	0,640	0,153	0,128	0,055	0,368	0,365	0,162	0,288	0,222	0,061	0,042	0,022

maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$

RegEx <=	1,025	1,021	0,403	0,639	0,761	0,209	0,143	0,094
RegEx =>	1,238	1,028	0,511	0,763	0,707	0,172	0,134	0,076

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$

		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	RegEx <=	0,489	0,163	0,011	0,005
	RegEx =>	0,911	0,425	0,011	0,004
Anzahl Takte Z_j	RegEx <=	6			
	RegEx =>	7			
$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	RegEx <=	0,082	0,027	0,002	0,001
	RegEx =>	0,130	0,061	0,002	0,001

Auswertung Intercity-Züge

Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4	MP 1			MP 2			MP 3	MP 4
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
5	46	10:02:08	15,1	IC <=	1,042	0,707	0,433	0,617	0,557	0,221	0,116	0,094	0,323	0,273	0,148	0,242	0,211	0,080	0,052	0,038
9	55	10:25:18	20,1	IC <=	0,737	0,584	0,227	0,463	0,413	0,153	0,101	0,068	0,289	0,265	0,075	0,207	0,176	0,058	0,041	0,027
21	84	12:00:27	11,6	IC <=	0,733	0,730	0,216	0,623	0,435	0,160	0,175	0,097	0,280	0,275	0,098	0,252	0,166	0,071	0,070	0,038
24	96	12:28:15	16,4	IC <=	0,797	0,571	0,216	0,493	0,485	0,166	0,103	0,069	0,292	0,234	0,076	0,194	0,178	0,062	0,044	0,028
34	118	14:00:41	16,7	IC <=	0,731	0,607	0,310	0,615	0,502	0,172	0,090	0,061	0,296	0,229	0,088	0,246	0,213	0,063	0,039	0,027
40	130	14:30:17	17,6	IC <=	0,628	0,554	0,259	0,541	0,485	0,147	0,099	0,088	0,274	0,239	0,099	0,219	0,186	0,061	0,041	0,032
55	186	16:07:28	13,2	IC <=	0,725	0,839	0,242	0,592	0,389	0,216	0,163	0,115	0,311	0,330	0,097	0,238	0,158	0,085	0,072	0,043
57	190	16:25:18	14	IC <=	0,757	0,566	0,246	0,522	0,407	0,185	0,126	0,076	0,300	0,258	0,088	0,213	0,182	0,071	0,047	0,035
6	49	10:03:41	23	IC =>	1,493	1,498	0,583	1,084	1,042	0,267	0,153	0,112	0,665	0,728	0,199	0,414	0,419	0,102	0,064	0,045
19	78	11:40:37	24,5	IC =>	1,228	1,321	0,497	0,789	0,899	0,198	0,149	0,090	0,596	0,654	0,163	0,343	0,373	0,081	0,056	0,035
22	86	12:03:07	16,3	IC =>	1,725	1,563	0,678	0,936	0,965	0,229	0,156	0,099	0,609	0,626	0,197	0,376	0,338	0,091	0,057	0,035
31	112	13:43:33	19,8	IC =>	1,566	1,246	0,572	1,138	0,983	0,222	0,141	0,106	0,763	0,552	0,191	0,407	0,326	0,088	0,063	0,047
35	121	14:02:45	16	IC =>	1,379	1,404	0,691	0,961	0,875	0,228	0,144	0,094	0,642	0,607	0,213	0,399	0,327	0,088	0,057	0,036
50	172	15:41:33	26,5	IC =>	1,231	1,088	0,385	0,764	0,785	0,209	0,142	0,082	0,559	0,472	0,169	0,264	0,284	0,089	0,060	0,034
54	182	16:02:11	17,2	IC =>	1,316	1,282	0,528	0,904	0,779	0,210	0,140	0,099	0,645	0,593	0,183	0,352	0,348	0,083	0,060	0,041

maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$

IC <=	1,042	0,839	0,433	0,623	0,557	0,221	0,175	0,115
IC =>	1,725	1,563	0,691	1,138	1,042	0,267	0,156	0,112

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$

		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	IC <=	0,713	0,413	0,022	0,009
	IC =>	3,072	0,985	0,025	0,011
Anzahl Takte Z_j	IC <=	8			
	IC =>	7			
$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	IC <=	0,089	0,052	0,003	0,001
	IC =>	0,439	0,141	0,004	0,002

Auswertung Güterzüge

Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1				MP 2				MP 1				MP 2			
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
13	64	11:05:07	34	GZ <=	1,398	1,035	0,310	0,881	0,887	0,198	0,140	0,069	0,836	0,443	0,110	0,469	0,405	0,085	0,075	0,031
16	70	11:14:09	45	GZ <=	1,065	0,998	0,504	0,629	0,844	0,192	0,110	0,066	0,512	0,443	0,238	0,242	0,328	0,080	0,043	0,029
53	180	15:59:16	43,1	GZ <=	1,092	1,100	0,440	0,566	0,682	0,197	0,160	0,082	0,474	0,588	0,172	0,252	0,300	0,095	0,076	0,038
12	62	11:01:06	58	GZ =>	1,536	1,408	0,703	1,026	0,881	0,303	0,233	0,162	0,681	0,681	0,190	0,380	0,328	0,115	0,098	0,062
14	66	11:07:15	29,5	GZ =>	2,110	1,759	0,503	1,314	1,315	0,366	0,288	0,132	0,968	0,765	0,206	0,530	0,602	0,140	0,112	0,057
38	127	14:23:38	45,4	GZ =>	1,523	1,665	0,590	0,918	1,176	0,272	0,193	0,100	0,642	0,758	0,218	0,375	0,428	0,105	0,080	0,042
59	194	16:34:45	23,3	GZ =>	2,818	2,351	0,597	1,489	1,441	0,309	0,299	0,133	1,144	1,097	0,243	0,613	0,766	0,140	0,118	0,068
61	199	16:49:34	38,1	GZ =>	1,841	1,819	0,503	1,108	0,960	0,328	0,324	0,146	0,891	0,915	0,172	0,473	0,468	0,139	0,120	0,052

maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$

GZ <=	1,398	1,100	0,504	0,881	0,887	0,198	0,160	0,082
GZ =>	2,818	2,351	0,703	1,489	1,441	0,366	0,324	0,162

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$

		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	GZ <=	1,307	0,418	0,013	0,003
	GZ =>	4,121	1,500	0,057	0,016
Anzahl Takte Z_j	GZ <=	6			
	GZ =>	10			
$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	GZ <=	0,218	0,070	0,002	0,001
	GZ =>	0,412	0,150	0,006	0,002

Messung					maximale Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$								bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}							
Nr.	ID	Start	Länge	Bemerkung	MP 1				MP 2				MP 1				MP 2			
					4	5	6	1	2	3	7	8	4	5	6	1	2	3	7	8
51	175	15:48:07	80,1	GZ auf Damm v	0,995	1,113	0,252	0,653	0,489	0,259	0,175	0,152	0,425	0,489	0,127	0,246	0,247	0,112	0,084	0,066

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$

$\Sigma KB^2_{FTI,j}$	GZ auf Damm v	0,239	0,061	0,007	0,004
Anzahl Takte Z_j	GZ auf Damm v	3			
$KB_{FTM,j} = 1/Z_j * \Sigma KB^2_{FTI,j}$	GZ auf Damm v	0,080	0,020	0,002	0,001

Anlage 5: Zugzahlen: Zustand 2009 und Prognose 2015

Strecke 2931 Abschnitt Rheine West von Lessingstraße bis Bernbornstiege

Verkehr Tagesperiode [Zustand 2009 / Strecke]

Zugart	Anzahl	Länge	v_max	SB-Anteil	DFz
GZ-E	2	300	90	0	0
GZ-E	3	400	90	0	0
GZ-E	1	500	90	0	0
GZ-E	1	700	90	0	0
GZ-E	3	400	100	0	0
GZ-E	7	500	100	0	0
GZ-E	25	600	100	0	0
GZ-E	2	700	100	0	0
GZ-E	1	600	120	0	0
RB-ET	32	60	140	100	-2
RB-ET	2	140	140	100	-2
RE-E	32	130	140	85	0
RE-E	2	150	140	85	0
IC-E	14	230	140	100	0
IC-E	14	260	140	100	0
Total	141				

Verkehr Nachtperiode [Zustand 2009 / Strecke]

Zugart	Anzahl	Länge	v_max	SB-Anteil	DFz
GZ-E	1	300	90	0	0
GZ-E	2	400	90	0	0
GZ-E	4	500	90	0	0
GZ-E	3	600	90	0	0
GZ-E	1	700	90	0	0
GZ-E	2	400	100	0	0
GZ-E	1	500	100	0	0
GZ-E	13	600	100	0	0
GZ-E	2	600	120	0	0
RB-ET	6	60	140	100	-2
RE-E	4	130	140	85	0
Total	39				

Verkehr Tagesperiode [Prognose 2015 / Strecke]

Zugart	Anzahl	Länge	v_max	SB-Anteil	DFz
GZ-E	83	700	100	10	0
RB-ET	4	70	140	100	-2
RE-ET	64	140	140	100	-2
IC-E	30	290	140	100	0
Total	181				

Verkehr Nachtperiode [Prognose 2015 / Strecke]

Zugart	Anzahl	Länge	v_max	SB-Anteil	DFz
GZ-E	39	700	100	10	0
RB-ET	4	70	140	100	-2
RE-ET	8	140	140	100	-2
IC-E	2	290	140	100	0
Total	53				

Anlage 6: Prognoseberechnungen

**Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} im Gelände
ohne Regionalbahnen, Schicht 2**

Taktmaximaleffektivwert $KB_{FTM,j}$					
Zuggattung		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Regionalbahn	Regio <=	0,248	0,182	0,003	0,001
	Regio =>	0,495	0,152	0,006	0,002
	Regio <=	4,185	1,308	0,016	0,005
	Regio =>	7,666	1,313	0,070	0,022
Regionalexpresszüge	RegEx <=	0,082	0,027	0,002	0,001
	RegEx =>	0,130	0,061	0,002	0,001
InterCity-Züge	IC <=	0,089	0,052	0,003	0,001
	IC =>	0,439	0,141	0,004	0,002
Güterzüge	GZ <=	0,218	0,070	0,002	0,001
	GZ =>	0,412	0,150	0,006	0,002
	GZ auf Damm v	0,080	0,020	0,002	0,001

Anzahl Züge je Zuggattung			
Zuggattung	tags	nachts	
Regio <=	32	4	je 1 Takt
Regio =>	32	4	je 1 Takt
Regio <=	0	0	je 1 Takt
Regio =>	0	0	je 1 Takt
RegEx <=	16	2	je 1 Takt
RegEx =>	16	2	je 1 Takt
IC <=	15	1	je 1 Takt
IC =>	15	1	je 1 Takt
GZ <=	42	20	je 2 Takte
GZ =>	41	19	je 2 Takte
GZ auf Damm v	2	0	je 3 Takte
Anzahl Takte	298	86	
Takte Gesamt	1920	960	

tags: $M_j \cdot KB_{FTM,j}^2$					
Zuggattung		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Regionalbahn	Regio <=	1,97	1,05	0,00	0,00
	Regio =>	7,85	0,74	0,00	0,00
Regionalbahn	Regio <=	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regio =>	0,00	0,00	0,00	0,00
Regionalexpresszüge	RegEx <=	0,11	0,01	0,00	0,00
	RegEx =>	0,27	0,06	0,00	0,00
InterCity-Züge	IC <=	0,12	0,04	0,00	0,00
	IC =>	2,89	0,30	0,00	0,00
Güterzüge	GZ <=	3,98	0,41	0,00	0,00
	GZ =>	13,93	1,85	0,00	0,00
	GZ auf Damm v	0,04	0,00	0,00	0,00

nachts: $M_j \cdot KB_{FTM,j}^2$					
Zuggattung		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Regionalbahn	Regio <=	0,25	0,13	0,00	0,00
	Regio =>	0,98	0,09	0,00	0,00
Regionalbahn	Regio <=	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regio =>	0,00	0,00	0,00	0,00
Regionalexpresszüge	RegEx <=	0,01	0,00	0,00	0,00
	RegEx =>	0,03	0,01	0,00	0,00
InterCity-Züge	IC <=	0,01	0,00	0,00	0,00
	IC =>	0,19	0,02	0,00	0,00
Güterzüge	GZ <=	1,90	0,19	0,00	0,00
	GZ =>	6,45	0,86	0,00	0,00
	GZ auf Damm v	0,00	0,00	0,00	0,00

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}	tags	0,127	0,048	0,002	0,001
	nachts	0,101	0,037	0,001	0,000

Prognose ohne Regionalbahnen, Schicht 2

im Gelände					
Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT}	tags	0,127	0,048	0,002	0,001
	nachts	0,101	0,037	0,001	0,000

im Fundament (Berücksichtigung der Dämpfung)					
Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT}	tags	0,064	0,024	0,001	0,000
	nachts	0,051	0,018	0,001	0,000

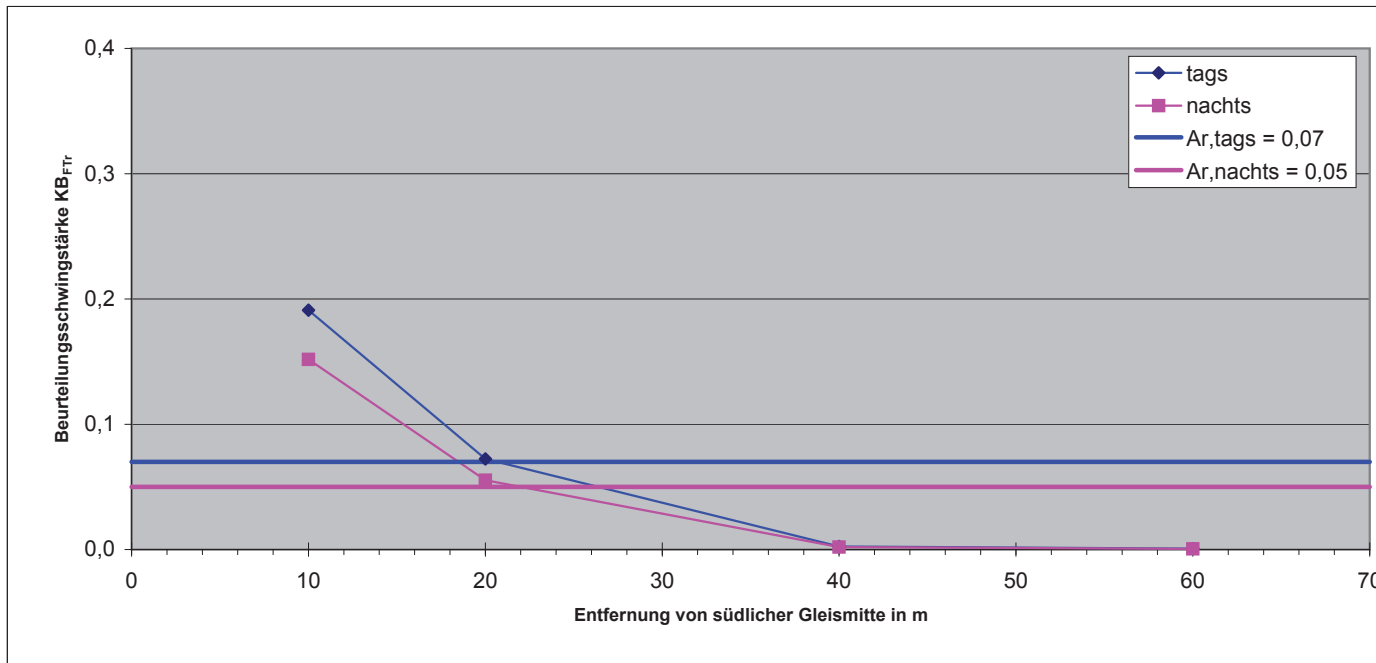
auf Geschosstrenndecken (Berücksichtigung der Dämpfung mit Resonanzüberhöhung)					
Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT}	tags	0,191	0,072	0,002	0,001
	nachts	0,152	0,055	0,002	0,001

Dämpfung
50%

Dämpfung beim Übergang der Schwingungsimmissionen vom Gelände in das Fundament

Resonanzüberhöhung
300%

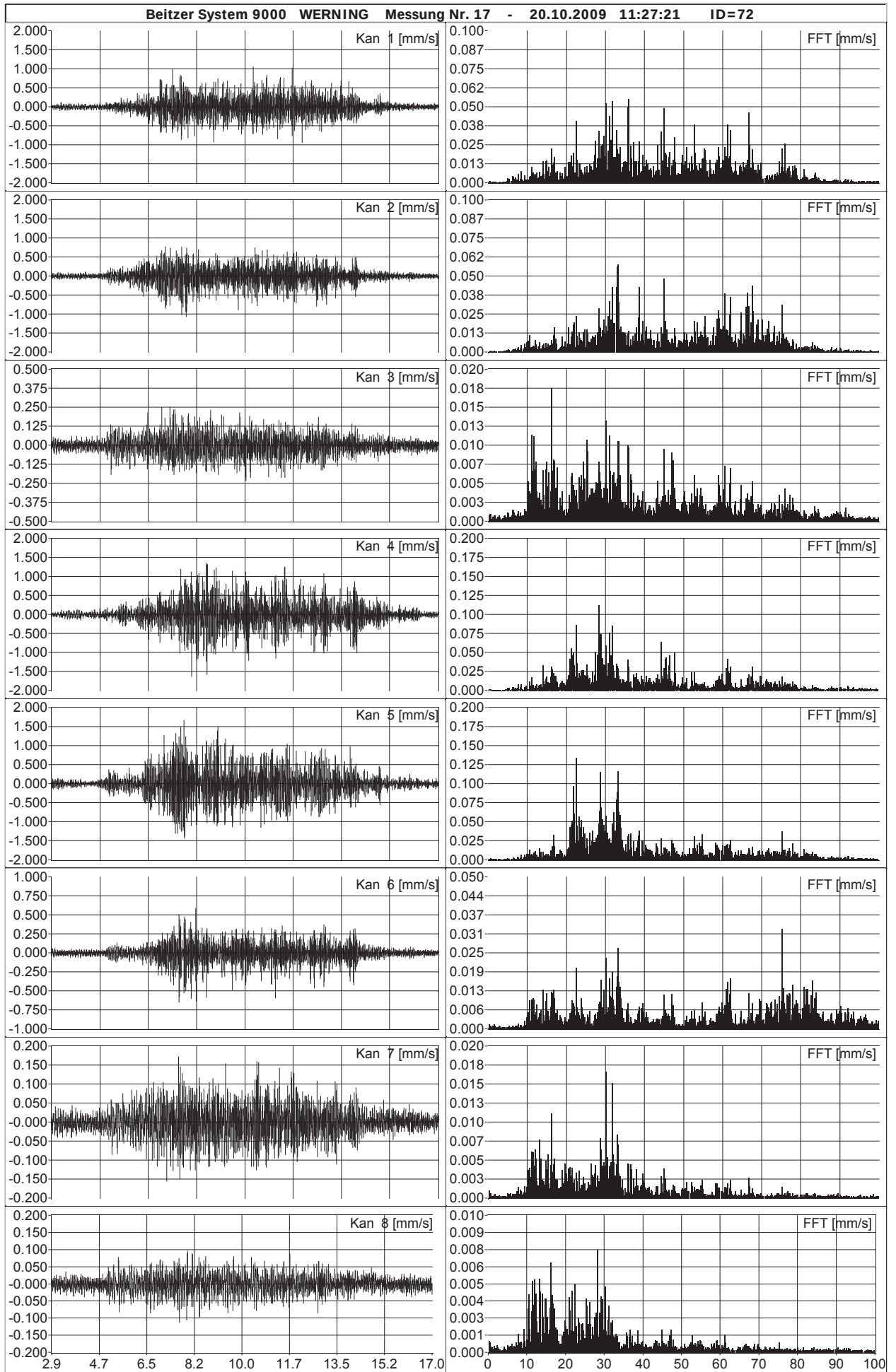
Resonanzüberhöhung beim Übergang der Schwingungsimmissionen vom Fundament über die Außenwände in Geschosstrenndecken

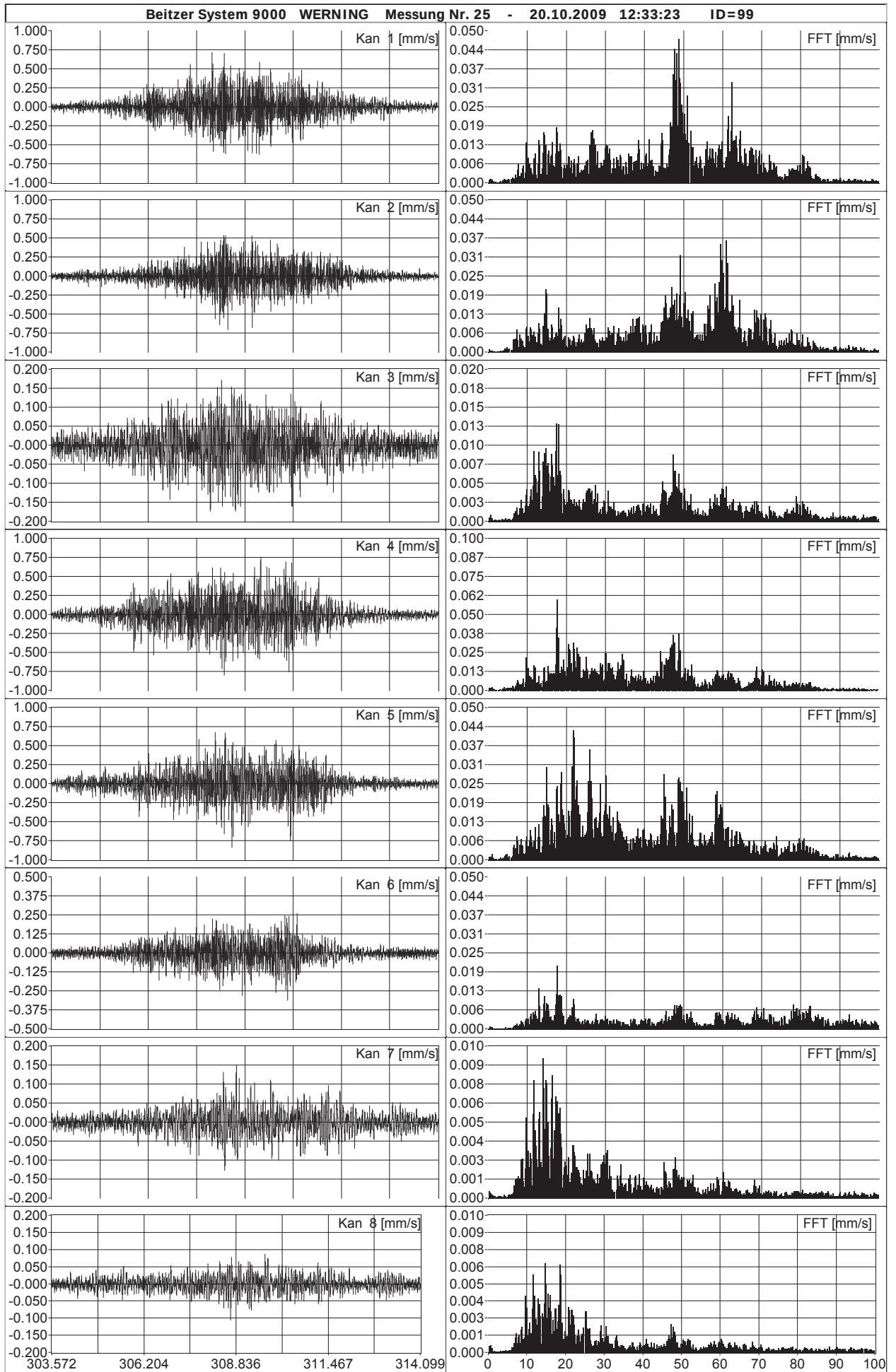


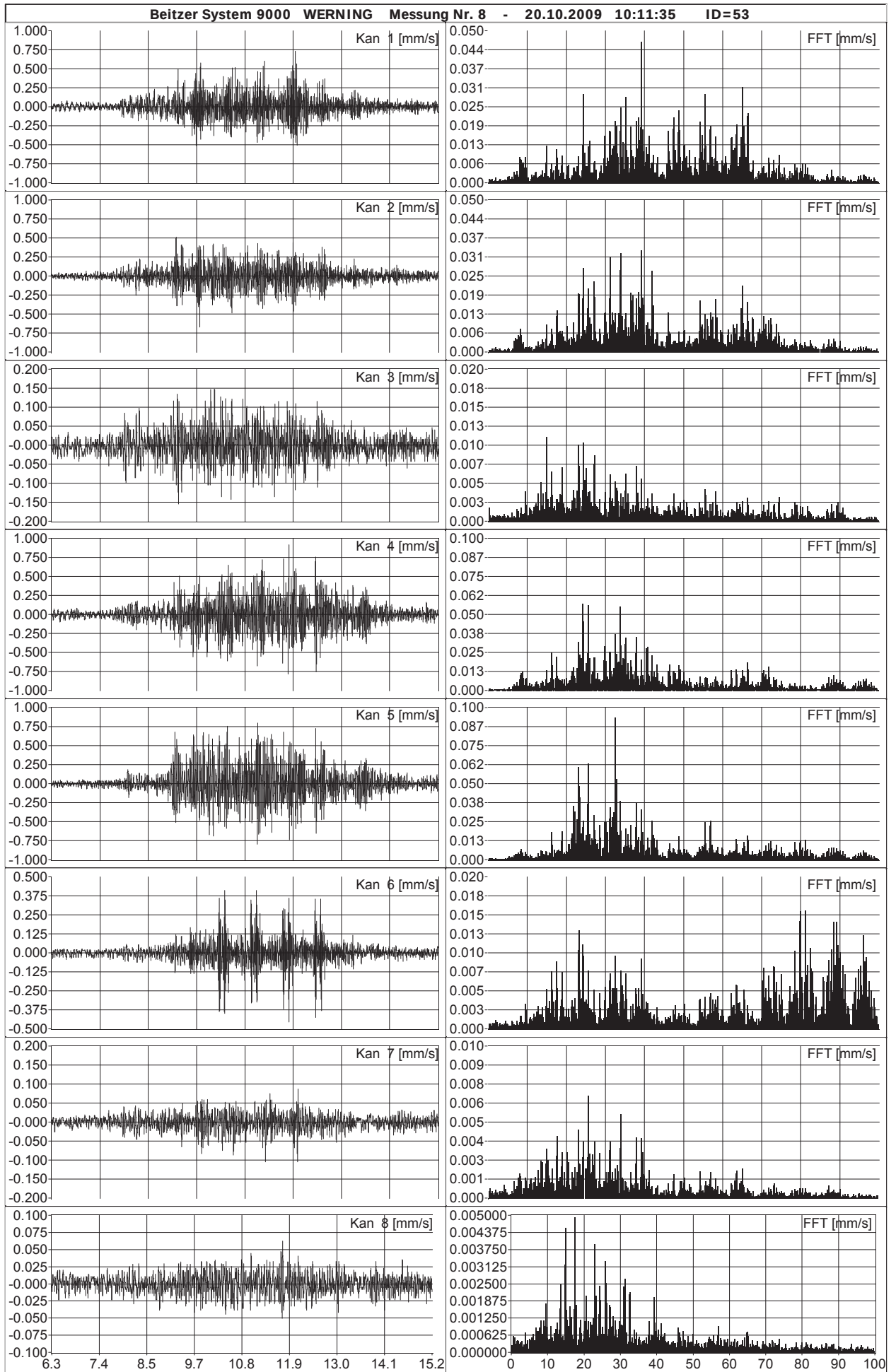
Anzahl Züge je Zuggattung		
Zuggattung	tags	nachts
Regio <=	32	4
Regio =>	32	4
Regio <=	0	0
Regio =>	0	0
RegEx <=	16	2
RegEx =>	16	2
IC <=	15	1
IC =>	15	1
GZ <=	42	20
GZ =>	41	19
GZ auf Damm v	2	0
Summe	211	53

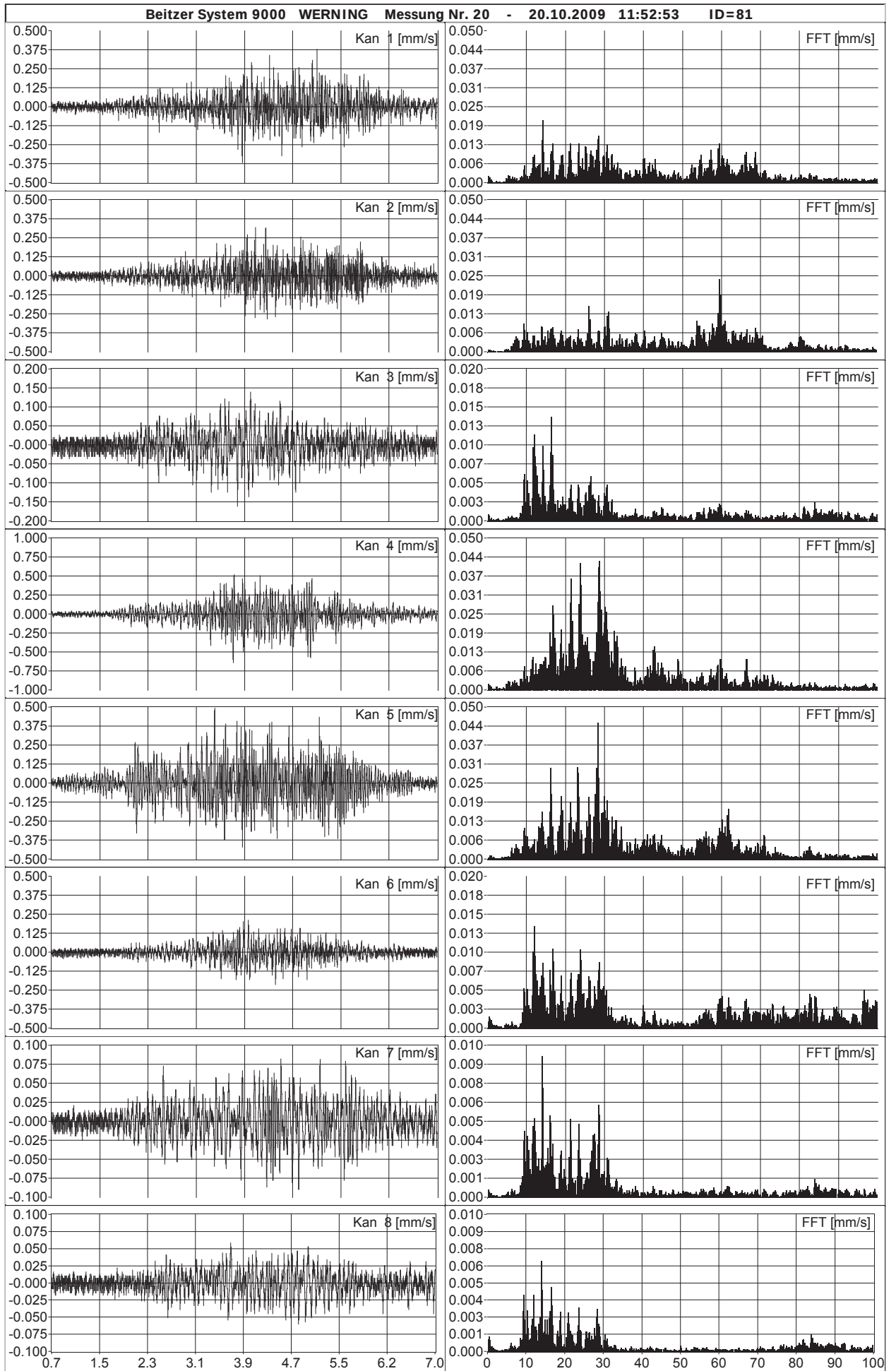
Anlage 7: Ausgewählte Zeitverläufe der einzelnen Zuggattungen

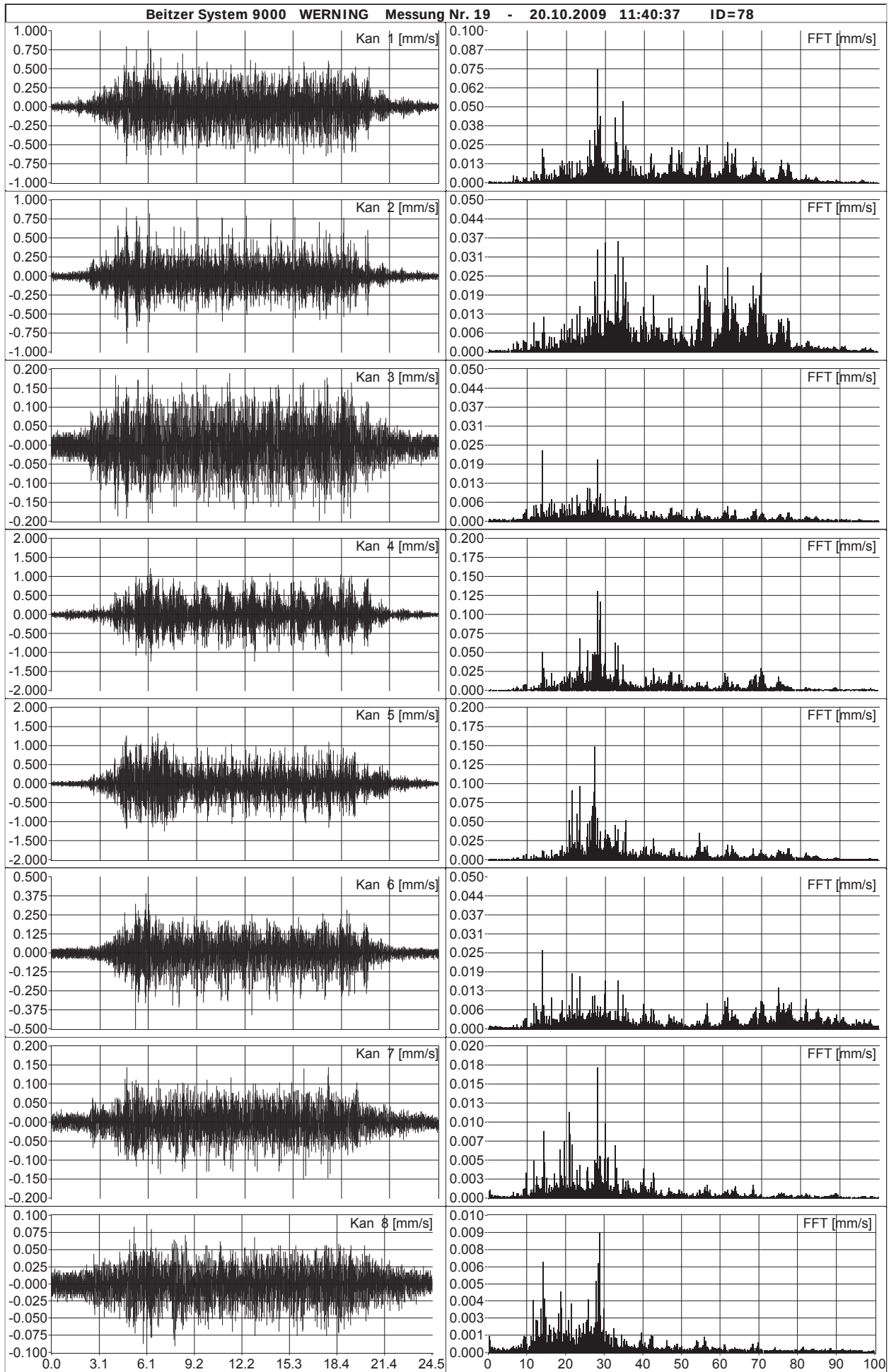
- 2 Regionalbahnen der Deutschen Bahn AG
- 2 Züge der Wiehengebirgsbahn der WestfalenBahn GmbH
- 2 InterCity-Züge der Deutschen Bahn AG
- 2 Güterzüge der Deutschen Bahn AG

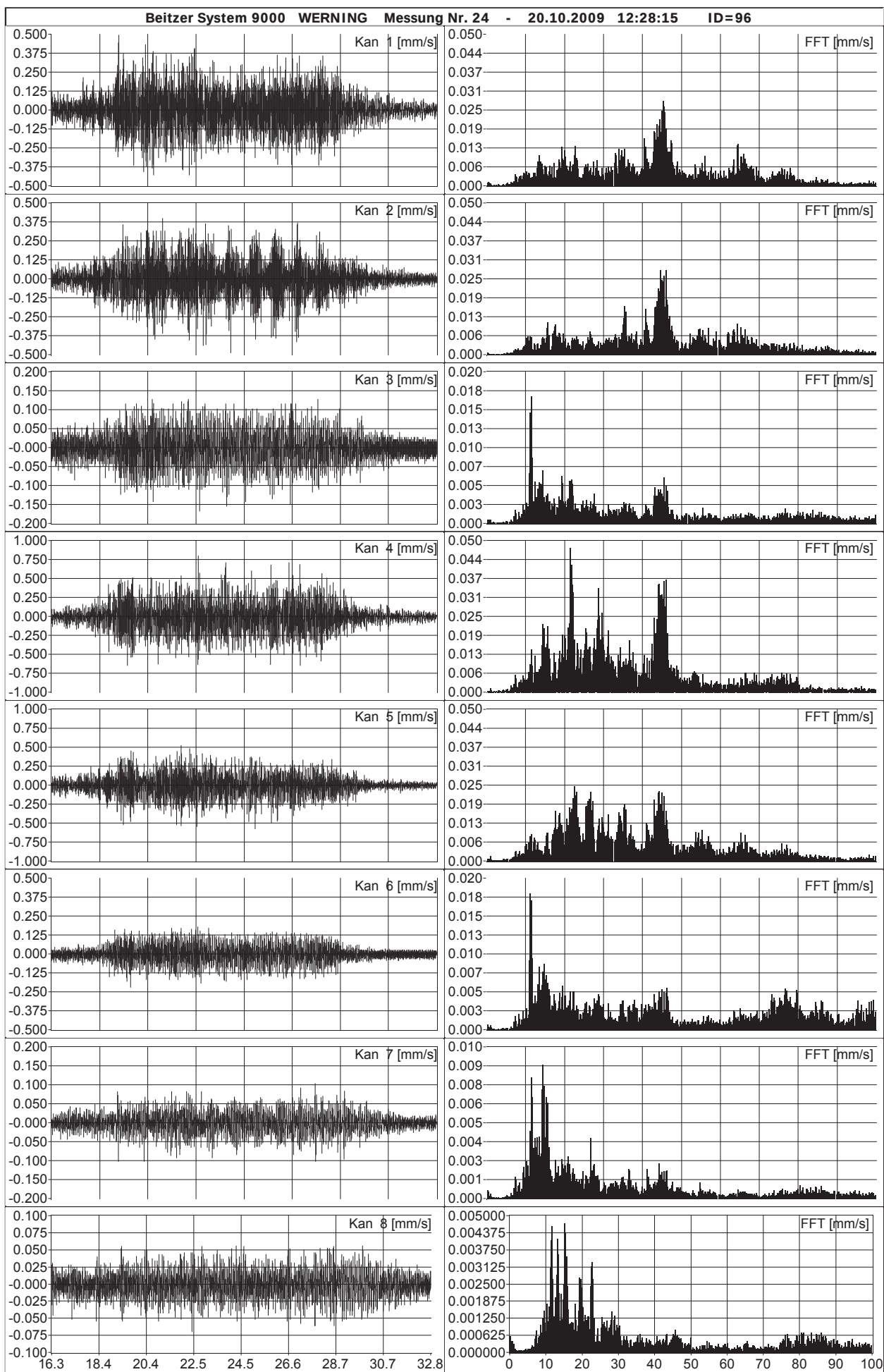


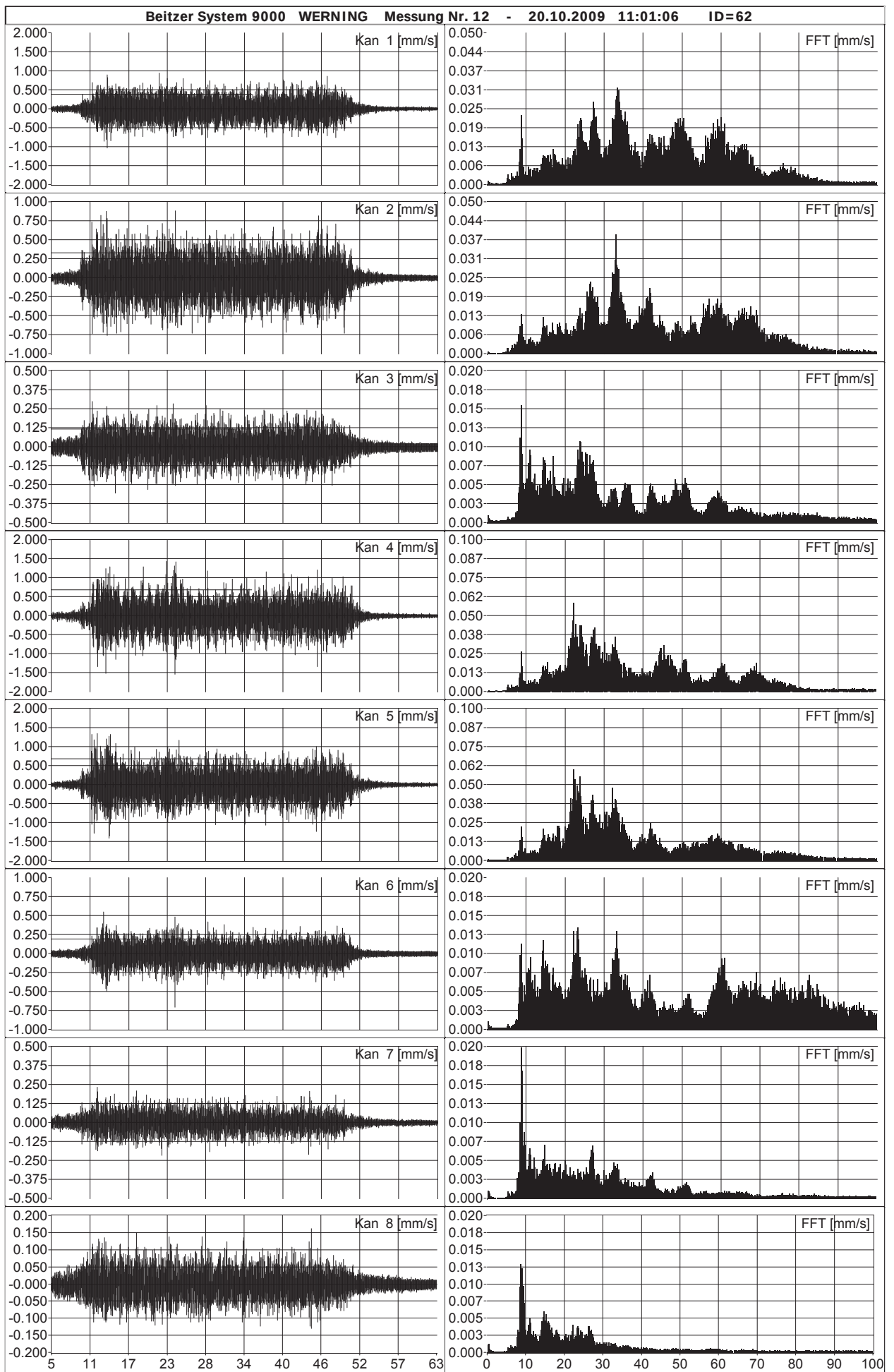


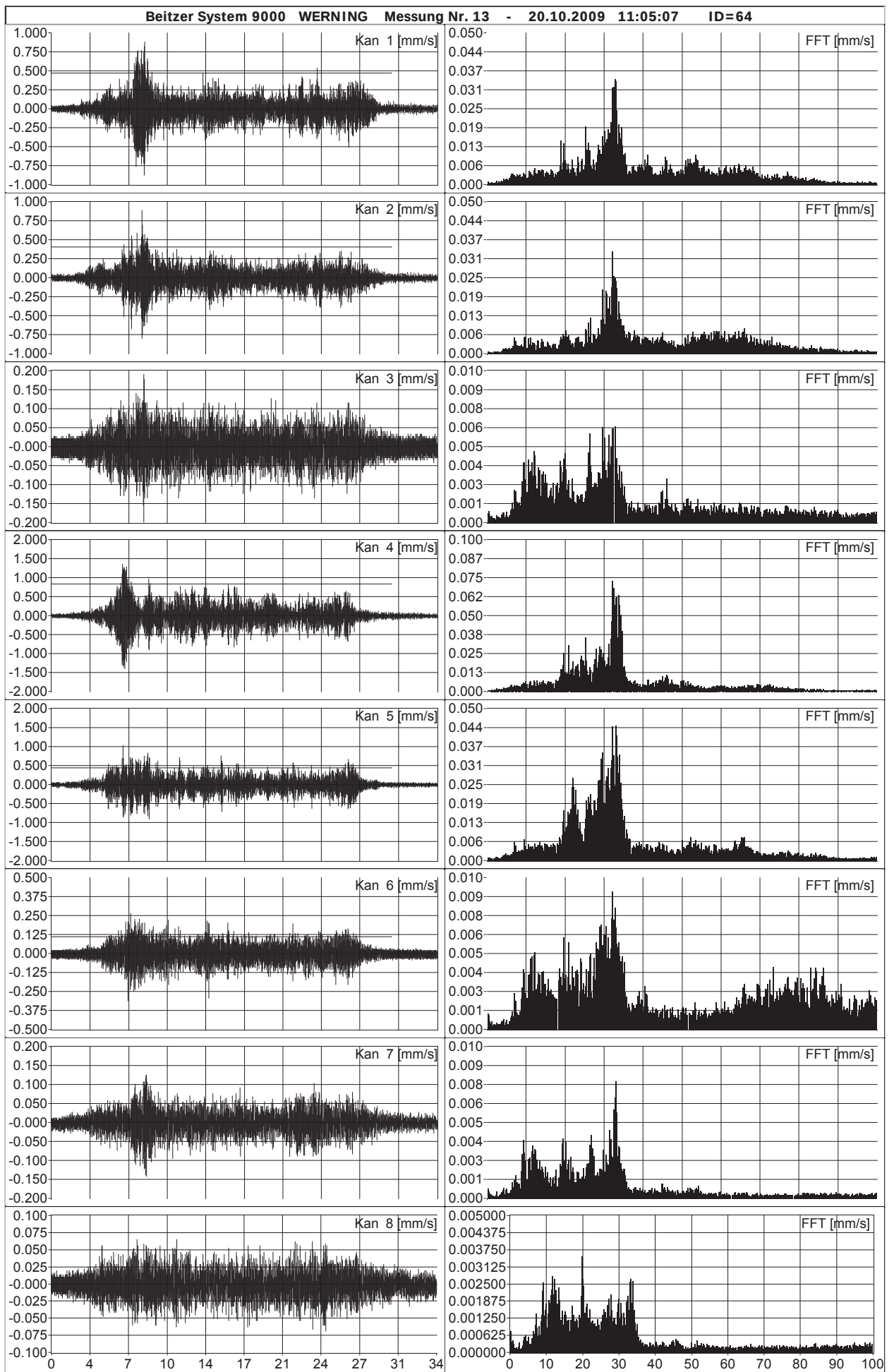












Anlage 8: Dokumentationsband aller vorgenommenen Messungen als .pdf-Datei auf CD-Rom

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHER BERICHT NR. LE4727.2/01

- Dokumentationsband -

zum Bebauungsplan Nr. 322 der Stadt Rheine im Bereich der Stoverner Straße

Auftraggeber:

Herr
W. Werning
Stoverner Straße 14
48431 Rheine

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Klaus Johnig

Datum:

10.12.2009



Immissionsschutz • Bauphysik
Lingen • Wunstorf • Münster

Hessenweg 38 • 49809 Lingen • Telefon 05 91 - 8 00 16 - 0 • Fax 05 91 - 8 00 16 - 20

Lingen@ZechGmbH.de • www.ZechGmbH.de