

Messbericht zur Erschütterungsmessung

BV Berliner Schulbau-Offensive II
Hauptstraße 9, 10317 Berlin

Ort, Datum
Berlin, 05.05.2023

Messbericht
Nr. 73411MB01

Messtermin
27.04.2023

Bearbeiter/in

Umfang
14 Seiten
3 Seiten Anhang
Ein auszugsweises Zitieren ist mit
uns abzustimmen

Auftraggeber
HWP Planungsgesellschaft mbH
Erkelenzdammer 59-61
Portal 1b, 1. OG, rechts
10999 Berlin

BeSB GmbH Berlin

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung und Aufgabenstellung	3
2	Verwendete Unterlagen	4
3	Anforderungen	5
3.1	Beurteilung von Gebäuden	5
3.2	Beurteilung von erdverlegten Rohrleitungen	7
4	Durchführung der Messung	8
4.1	Lage der Messpunkte	8
4.2	Verwendete Messgeräte	10
5	Messergebnisse und Bewertung	11
5.1	Messergebnisse	11
5.2	Prognose der Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden	11
5.3	Bewertung der Ergebnisse	13

1

Für den Bau der neuen Grundschule in der Hauptstraße 9 in 10317 Berlin Lichtenberg, erfolgt zunächst die Baufeldfreimachung auf dem gesamten Gelände. Dafür muss u.a. der Boden mit einer Vibrationswalze bzw. einer Rüttelplatte verdichtet und eingeebnet werden. Das Grundstück ist von denkmalgeschützten Gebäuden, Wohngebäuden und Industriebauten umgeben und wird unterirdisch von dem Elsengraben (Marzahn-Hohenschönhausener Grenzgraben / MHG) durchzogen.

Um die durch die Verdichtungsarbeiten in der Umgebung und am Grenzgraben auftretenden Erschütterungen zu quantifizieren, wurden die Schwingungen beider geplanten Maschinentypen an drei benachbarten Punkten und oberhalb des Grabens messtechnisch erfasst.



Abb. 1.1: Lage des Bauvorhabens in rot (Hintergrund: Google Maps)

Aufgabe der im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Messungen ist es, die Erschütterungen, die von dem Walzenzug Dynapac, Modell CA3500D und der Rüttelplatte BOMAG, Modell BPR 70/70 D in den Baugrund eingeleitet werden, zu erfassen und hinsichtlich ihrer Einwirkung auf bauliche Anlagen zu bewerten.

2 Verwendete Unterlagen

- [1] DIN 4150-1, *Erschütterungen im Bauwesen*, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen; Dezember 2022
- [2] DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen*, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [3] DIN 45669-1, *Messung von Schwingungsimmissionen*, Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen; Juni 2020
- [4] DIN 45669-2, *Messung von Schwingungsimmissionen*, Teil 2: Messverfahren; Juni 2005
- [5] Geoportal Berlin „FIS Broker“; Schutzgebiete im INSPIRE-Datenmodell (Denkmale) (Stand 24.03.2023)
- [6] Planunterlagen des Vorhabens (Standortplanung), Glück Landschaftsarchitektur GmbH, Stand 14.02.2023
- [7] *Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten* Grundlagen - Messergebnisse - Prognose; M. Achmus, J. Kaiser, F. tom Wörden; Institut für Bauforschung e.V.; Hannover, 2004

3 Anforderungen

3.1 Beurteilung von Gebäuden

In der DIN 4150-3 werden Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke angegeben. Werden diese Anhaltswerte eingehalten, sind Schäden im Sinne einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit nicht zu erwarten.

Eine Verminderung der Gebrauchstauglichkeit ist gegeben, wenn die Standsicherheit von Gebäuden beeinträchtigt ist, die Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen vermindert ist, Risse im Putz von Wänden auftreten, bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden oder Trenn- und Zwischendecken von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Die Anhaltswerte unterscheiden sich nach der Art der Anregung (Dauererschütterungen und kurzzeitige Erschütterungen) und der Lage innerhalb des Gebäudes. Die Anforderungen aus der DIN 4150-3 sind in der nachfolgenden Tab. 3.1 zusammengefasst.

Zur Beurteilung der vertikalen Deckenschwingungen ist bei kurzzeitigen Erschütterungen ein Anhaltswert von $v_{\max} = 20 \text{ mm/s}$ nicht zu überschreiten, bei Dauererschütterungen gelten 10 mm/s (unabhängig von der Gebäudeart).

Bei den zu schützenden Gebäuden im Norden des Baufeldes handelt es sich um Wohngebäude, wobei die Gebäude Georg-Löwenstein-Straße 6-14 und Karl-Wilker-Straße 14-22 zusätzlich unter Denkmalschutz stehen. Südlich der Baustelle befinden sich gewerbliche Gebäude, wobei das Gebäude in Gustav-Holzmann-Straße 4 ebenfalls unter Denkmalschutz steht.

Im vorliegenden Fall ist durch die Arbeiten von Dauererschütterungen auszugehen, weshalb eine Bewertung nach den Zeilen 4 bis 6 der Tab. 3.1 erfolgen muss.

Beim An- und Abschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen sind Überschreitungen der Anhaltswerte nach Tab. 3.1, Zeilen 4 bis 6 zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind. Zur Beurteilung dieser Spitzenwerte können die Anhaltswerte nach Tab. 3.1, Zeilen 1 bis 3 herangezogen werden.

Tab. 3.1: Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Gebäude

Spalte		1	2	3	4	5
		Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s				
Zeile	Gebäudeart	Fundamentebene (alle Richtungen)			oberste Decken- ebene (horizontal)	Decken (vertikal)
		1-10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz	alle Frequenzen	
Kurzzeitige Erschütterungen	1 Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
	2 Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
	3 Bauten die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20
Dauererschütterungen	4 Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	-	-	-	10	10
	5 Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	-	-	-	5	10
	6 Bauten die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	-	-	-	2,5	10

3.2 Beurteilung von erdverlegten Rohrleitungen

Für die Beurteilung von erdverlegten Rohrleitungen nennt die DIN 4150-3 folgende Anhaltswerte (unabhängig von der Messrichtung).

Tab. 3.2: Anhaltswerte zur Beurteilung von erdverlegten Rohrleitungen

Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s auf der Rohrleitung	
		Kurzzeitige Erschütterungen	Dauererschütterungen
1	Stahl, geschweißt	100	50
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit oder ohne Flansche	80	40
3	Mauerwerk, Kunststoff	50	25

Auf dem Baufeld verläuft unterirdisch der Marzahn-Hohenschönhausener-Grenzgraben, welcher für die Bewertung zu berücksichtigen ist. Da keine genauen Kenntnisse über den Aufbau vorliegen, werden zur Bewertung die strengsten Anhaltswerte (nach Zeile 3) zu Grunde gelegt.

4 Durchführung der Messung

Die Erschütterungsmessung wurde am 27.04.2023 im Zeitraum von 9.30 - 11.30 Uhr auf dem Baugrundstück durchgeführt. Während der Messung fanden im näheren Umfeld keine Bautätigkeiten oder andere erschütterungsintensiven Arbeiten statt.

4.1 Lage der Messpunkte

Die Messung wurde an drei Standorten durchgeführt. MP1 und MP2 befanden sich an der Adresse Gustav-Holzmann-Straße 2, 10317 Berlin. MP1 befand sich auf der Höhe der Vorderkante zur Baustelle des gewerblichen Gebäudes auf dem Grundstück und wurde in zwei horizontalen Achsen (x, parallel zur Grenze der Baustelle und y, senkrecht zur Grenze mit der Baustelle und einer vertikalen Achse (z gemessen. MP2 wurde auf der Höhe des benachbarten denkmalgeschützten Gebäudes angebracht und in vertikaler Richtung gemessen.

MP3 befand sich auf der Baustelle oberhalb des Grabens und wurde in zwei horizontalen Achsen (x, senkrecht zum Graben und y, parallel zum Graben und einer vertikalen Achse (z gemessen.

MP4 wurde auf der Höhe des Gebäudes Georg-Löwenstein-Straße 2 aufgestellt und in denselben drei Achsen wie bei MP3 gemessen.

Für die Anregung bei der Messung an den Punkten MP1, MP2 und MP4 wurden jeweils nacheinander die Walze und die Rüttelplatte verwendet. Dabei wurden die Maschinen im Nahbereich zu den Messpunkten auf der Baustelle bewegt. Bei MP3 wurde die Anregung mit den beiden Maschinen oberhalb des MHG ausgeführt. In Abb. 4.1 sind die Messpunkte, der Arbeitsbereich der Maschinen und die geschützten Gebäude dargestellt.

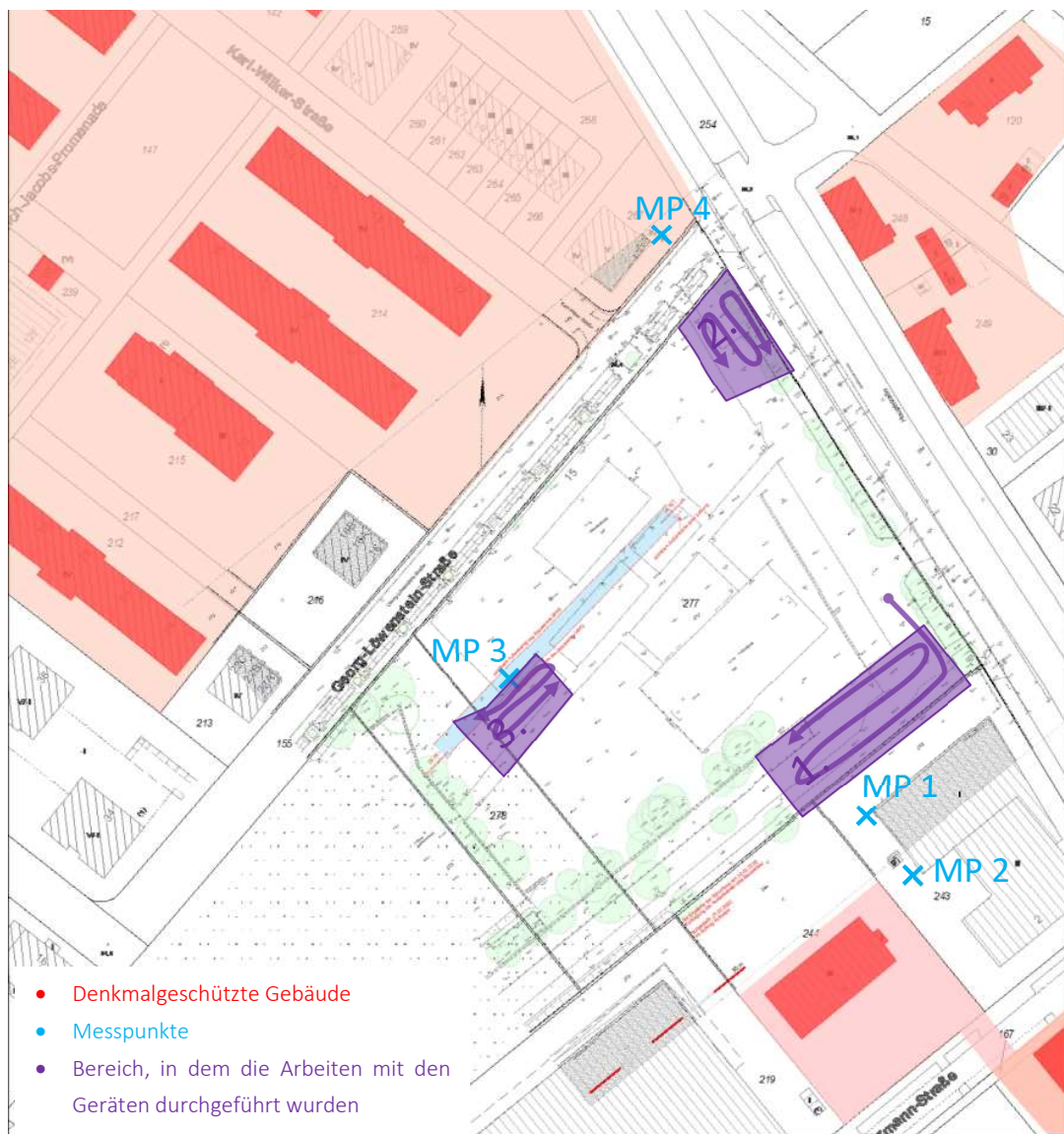


Abb. 4.1: Lage der Messpunkte [5][6]

4.2 Verwendete Messgeräte

Die verwendeten Messgeräte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die gesamte Messkette wurde vor der Messung kanalweise mit einem Mehrfrequenz-Kalibrator der Firma Metra Mess- und Frequenztechnik (MMF) vom Typ VC21 kalibriert.

Tab. 4.1: Verwendete Messgeräte

Nr.	Messgerät	Serien-Nr.	Kalibration
	8 Kanal Schwingungsmesssystem		
	Meda BlueStack - Gerät 1	16539144	07/2020*
	Meda BlueStack - Gerät 2	16539163	
	Schwingschnelleaufnehmer		
	Geophon Typ SM 6, vertikal	SM6v-0001	07/2020*
	Geophon Typ SM 6, vertikal	SM6v-0002	
	Geophon Typ SM 6, vertikal	SM6v-0004	
	Geophon Typ SM 6, horizontal	SM6h-0005	
	Geophon Typ SM 6, horizontal	SM6h-0006	
	Geophon Typ SM 6, horizontal	SM6h-0007	
	Geophon Typ SM 6, horizontal	SM6h-0008	
	Geophon Typ SM 6, vertikal	SM6v-0072	09/2021**
* externe Kalibration bei einem nach DIN EN ISO 17025 akkreditierten Kalibrierlaboratorium			
** interne Kalibration mit Mehrfrequenz-Schwingungskalibrator VC21			

Mit den in der obigen Tabelle genannten Geräten wurde gem. der DIN 45669-2 [4] mit den Geophonen die Schwingschnelle v in mm/s in einem Frequenzbereich von 1 - 500 Hz aufgezeichnet.

5 Messergebnisse und Bewertung

5.1 Messergebnisse

Eine Zusammenfassung der maximalen Messwerte (je Messrichtung) über den gesamten Messzeitraum ist getrennt nach Anregung in den Tabellen Tab. 5.1 und Tab. 5.2 zu finden. Die Erschütterungszeitverläufe sind vollständig im Anhang enthalten.

Tab. 5.1: Zusammenfassung der maximal aufgetretenen Messwerte je Messrichtung bei Verwendung der Vibrationswalze

Messpunkt	Summenschnelle $v_{\max}$ [mm/s]			Maschine
	x	y	z	
MP1	0,81	1,76	2,48	Walze
MP2	-	-	1,18	Walze
MP3	20,96	25,01	12,84	Walze
MP4	1,57	2,15	5,42	Walze

Tab. 5.2: Zusammenfassung der maximal aufgetretenen Messwerte je Messrichtung bei Verwendung der Rüttelplatte

Messpunkt	Summenschnelle $v_{\max}$ [mm/s]			Maschine
	x	y	z	
MP1	0,16	0,43	0,85	Rüttelplatte
MP2	-	-	0,25	Rüttelplatte
MP3	8,28	5,08	7,52	Rüttelplatte
MP4	0,23	0,34	0,71	Rüttelplatte

5.2 Prognose der Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden

Da die Messungen vor den Gebäuden durchgeführt wurden, muss eine überschlägige Prognose der Erschütterungsimmissionen innerhalb des Gebäudes durchgeführt werden um eine Bewertung nach DIN 4150-3 durchführen zu können. Dafür werden die DIN 4150-1 [1] und der Bericht des Instituts für Bauforschung [7] zu Grunde gelegt.

Für die Übertragung der Erschütterungen oberhalb der Boden-Bauwerks-Eigenfrequenz wird in der DIN 4150-1 ein Übertragungsfaktor von $k^{B-F} = 0,5$ angegeben. Für die Übertragung vom Fundament auf die oberste Deckenebene, wo die Beurteilung nach DIN 4150-3 erfolgen soll, gelten folgende Faktoren gemäß [7]:

- $k^{F-OG} = 1$ für die horizontale Schwinggeschwindigkeit
- $k^{F-D} = 10$ für die vertikale Schwinggeschwindigkeit in Deckenmitte (im Resonanzfall, d.h. die Resonanzfrequenz der Decke liegt im Bereich der Anregefrequenz)
- $k^{F-D} = 1,5$ für die vertikale Schwinggeschwindigkeit in Deckenmitte (kein Resonanzfall)

Die Ergebnisse der Prognoseberechnung sind in den nachfolgenden Tabellen, getrennt nach Arbeitsgerät, zusammengefasst.

Tab. 5.3: Vergleich zwischen den Anhaltswerten und der prognostizierten Schwinggeschwindigkeit für die Vibrationswalze

Adresse	Schwinggeschwindigkeit in mm/s		Anhaltswert in mm/s (vertikal/horizontal)
	vertikal (Deckenmitte)	horizontal	
Gustav-Holzmann-Straße 4 (MP2)	0,9	-	10 / 2,5
Gustav-Holzmann-Straße 2 und 6 (MP1)	1,8	0,9	10 / 10
Georg-Löwenstein-Straße 2 (MP4)	4,1	1,1	10 / 5
Georg-Löwenstein-Straße 2 (Resonanzfall)	27	1,1	10 / 5

Tab. 5.4: Vergleich zwischen den Anhaltswerten und der prognostizierten Schwinggeschwindigkeit für die Rüttelplatte

Adresse	Schwinggeschwindigkeit in mm/s		Anhaltswert in mm/s
	vertikal (Deckenmitte)	horizontal	
Gustav-Holzmann-Straße 4 (MP2)	0,2	-	10 / 2,5
Gustav-Holzmann-Straße 2 und 6 (MP1)	0,4	0,2	10 / 10
Georg-Löwenstein-Straße 2 (MP4)	0,4	0,2	10 / 5
Georg-Löwenstein-Straße 2 (Resonanzfall)	3,6	0,2	10 / 5

5.3 Bewertung der Ergebnisse

Der Anhaltswert für Verdichtungsarbeiten oberhalb des Grabens beträgt $v = 25 \text{ mm/s}$ sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Achse. Die Messwerte erreichen diesen Wert in horizontaler Messrichtung (parallel des Grabens). Deshalb ist es nicht empfehlenswert, die Walze direkt oberhalb des Grabens zu verwenden. Es wird für diesen begrenzten Arbeitsbereich der Betrieb der Rüttelplatte vorgeschlagen.

Für die denkmalgeschützten und nicht denkmalgeschützten Gewerbegebäude südlich der Baustelle in der Gustav-Holzmann-Straße sind durch beide getesteten Verdichtungsgeräte keine Überschreitungen der Anhaltswerte zu erwarten. Beide Baugeräte können bis zur südlichen Grundstücksgrenze eingesetzt werden.

Nördlich der Baustelle ist das Übertragungsverhalten des Bodens ungünstiger, weshalb die Messwerte am MP4 deutlich höher sind, als am MP1. Die Prognose für den Einsatz der Walze zeigt, dass im Falle der Resonanzanregung der Decken eine deutliche Überschreitung der Anhaltswerte möglich ist. Die Deckeneigenfrequenzen bei Stahlbetondecken im Wohnungsbau liegen zwischen 15 und 35 Hz, meist zwischen 20 und 25 Hz. Die Anregung der Walze liegt am MP 4 bei $f_A = 29 \text{ Hz}$. Da somit nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Walze die Resonanzfrequenz der Decken trifft, wird empfohlen, die Walze nicht im nördlichen Teil des Geländes einzusetzen. Es wird daher vorgeschlagen, die ersten zehn Meter nördlich des Grundstücks mit der Rüttelplatte zu verdichten.

Die denkmalgeschützten Wohngebäude nördlich der Baustelle sind etwa doppelt so weit (ca. 40 m) von der Baustelle entfernt wie der MP4, so dass eine Halbierung der Schwinggeschwindigkeit zu erwarten ist. Deshalb würden bei der Verwendung der Rüttelplatte die maximal zu erwartenden Werte bei $v = 1,8 \text{ mm/s}$ liegen. Die Anhaltswerte für denkmalgeschützte Gebäude werden also nicht überschritten.

Die Abb. 5.1 zeigt in Rot die Bereiche, in denen nur der Betrieb der Rüttelplatte BOMAG, Modell BPR 70/70 D zur Bodenverdichtung empfohlen wird. In den nicht markierten Bereichen kann auch der Walzenzug Dynapac, Modell CA3500D eingesetzt werden.

Der zeitliche Verlauf und das Spektrum einzelner Ausschnitte sind im Anhang zu finden. Diese Diagramme werden für die Walze und die Rüttelplatte an jedem Messpunkt dargestellt.

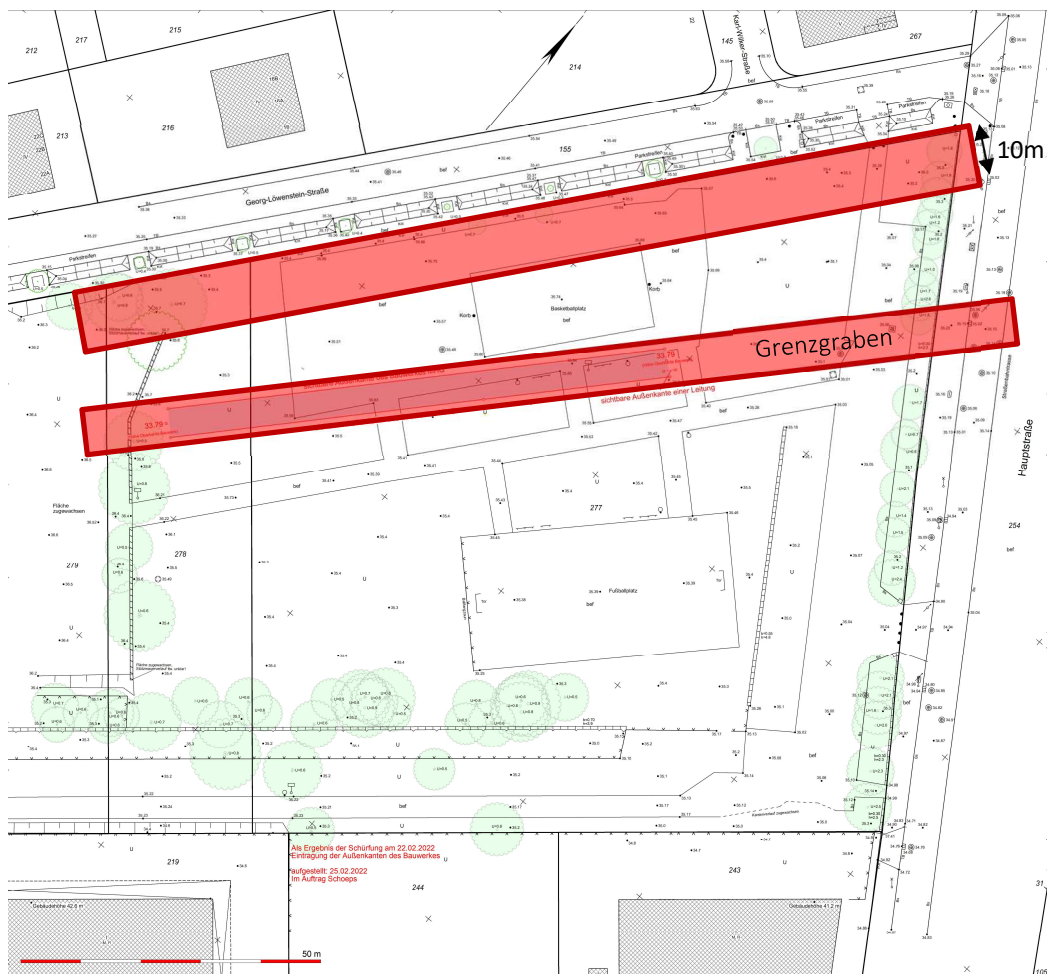


Abb. 5.1: Bereiche (in Rot), in denen es empfohlen wird, den Boden mit der Rüttelplatte zu verdichten [6]

Anhang

zum Messbericht Nr. 73411MB01

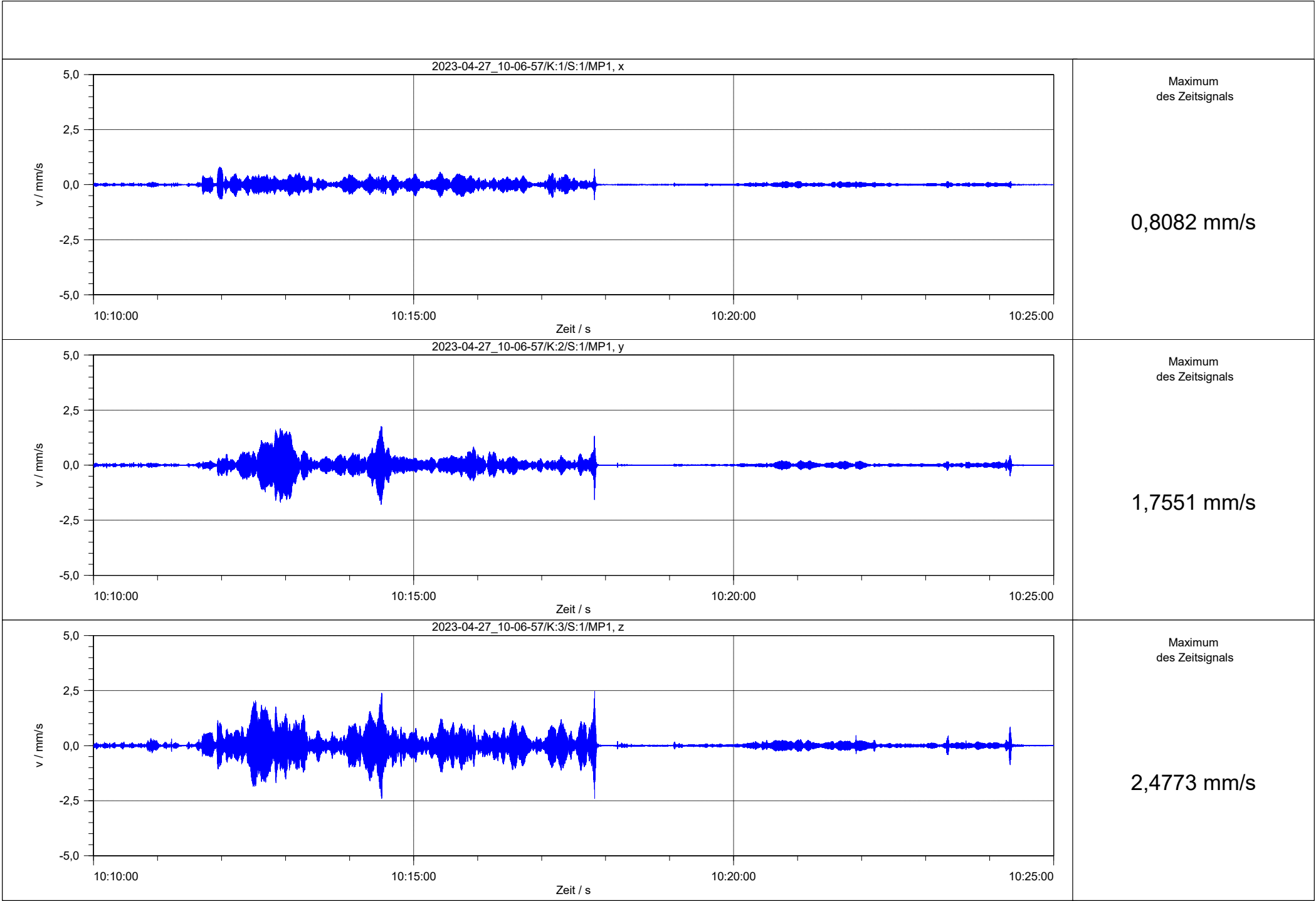
Anlagenverzeichnis	Seite
I. Fotos der eingesetzten Baugeräte	2
II. Erschütterungszeitverlauf $v(t)$ in mm/s und maximum des Zeitsignals	3
III. Zeitliche Verläufe und Spektren von einminütigen Ausschnitten	7

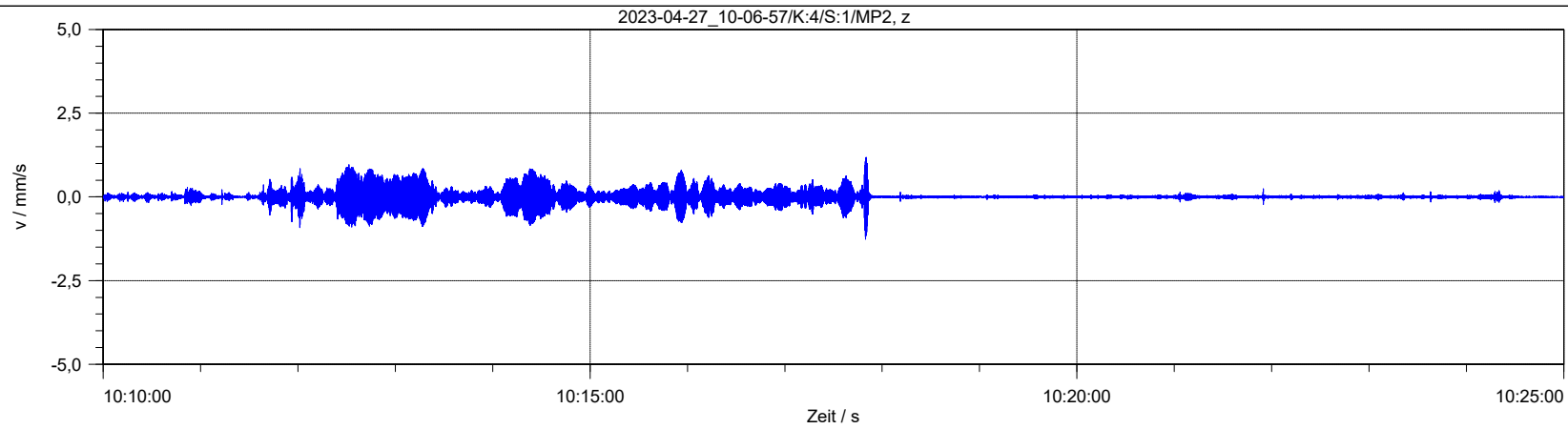
Walzenzug Dynapac, Modell CA3500D



Rüttelplatte BOMAG, Modell BPR 70/70 D







Maximum
des Zeitsignals

1,1815 mm/s

