

Bezirksamt Pankow von Berlin
Breite Straße 24a-26
13187 BERLIN

Messstelle n. § 29b BImSchG
VMPA-Prüfstelle n. DIN 4109

IBAS Ingenieurgesellschaft mbH
Nibelungenstraße 35
95444 Bayreuth

Telefon 09 21 - 75 74 30
Fax 09 21 - 75 74 34 3
info@ibas-mbh.de

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Datum

se/kr-20.12243-b09

17.02.2023

BEBAUUNGSPLAN 3-60 "PANKOWER TOR", BEZIRK PANKOW

Erschütterungstechnische Untersuchungen im Rahmen des Bauleitplanverfahrens zu den einwirkenden Immissionen vom Schienenverkehr

Bericht-Nr.: 20.12243-b09

Auftraggeber: Krieger Handel SE
Am Rondell 1
12529 SCHÖNEFELD

Bearbeitet von: M. Hofmann
Dr. G. Seidl

Berichtsumfang: Gesamt 66 Seiten, davon
Textteil 43 Seiten
Anlagen 23 Seiten

	Inhaltsübersicht	Seite
1.	Situation und Aufgabenstellung	3
2.	Grundlagen	5
	2.1 Unterlagen und Angaben	5
	2.2 Literatur	5
3.	Beurteilungsgrundlagen	7
	3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz	7
	3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall	10
4.	Durchführung der Erschütterungsmessungen	11
	4.1 Messmethodik	11
	4.2 Messzeit und Messort	12
	4.3 Messgeräte	22
	4.4 Zugzahlen	23
	4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten	24
5.	Messergebnisse	24
6.	Prognose der Schwingungsimmissionen	26
	6.1 Allgemeines	26
	6.2 KB-Werte	27
	6.3 Sekundärluftschallpegel	37
	6.4 Empfehlungen für das Bauleitplanverfahren	41
7.	Zusammenfassung	42

1. Situation und Aufgabenstellung

Am 25. April 2018 schlossen das Land Berlin, vertreten durch das Bezirksamt Pankow von Berlin sowie die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen – jeweils im Rahmen ihrer Zuständigkeit – und die Krieger Handel SE eine Grundsatzvereinbarung, um gemeinsam das Areal des ehemaligen Rangierbahnhofs Pankow zu entwickeln. Dieses wurde mit dem städtebaulichen Vertrag vom 10.02.2022 ergänzt bzw. konkretisiert. Das Bearbeitungsgebiet befindet sich fast ausschließlich im Eigentum der Krieger Handel SE.

Beim „Pankower Tor“ handelt es sich um die Flächen des ehemaligen Güter- und Rangierbahnhofs Pankow. Er wurde 1996 stillgelegt. Im Herbst 2010 hat die Krieger Handel SE das Gelände des ehemaligen Güter- und Rangierbahnhofs Pankow erworben. Seitdem werden die Entwicklungsmöglichkeiten für das Gelände in verschiedenen Gremien und auf verschiedenen Ebenen diskutiert. Das Plangebiet hat eine Größe von mehr als 46 ha und gliedert sich in drei Teilbereiche. Sie werden durch die Berliner Straße und die Prenzlauer Promenade unterteilt.

Im Rahmen des Bauleitplanverfahrens wurde ein städtebaulich-architektonisches Workshopverfahren zum Pankower Tor durchgeführt, mit dem Ziel, auf den Flächen des ehemaligen Rangierbahnhofs ein urbanes Stadtquartier und einen Wohnstandort entstehen zu lassen.

Gemäß § 1 Absatz 6 Baugesetzbuch sind in der Bauleitplanung u. a. die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Der Lärmschutz, als wichtiger Teil, wurde auf Basis der DIN 18005, Schallschutz im Städtebau und nach den Vorgaben des *Berliner Leitfaden – Lärmschutz in der verbindlichen Bauleitplanung 2021* untersucht und im Fachgutachten Geräuschimmissionen /2.1.3/ dokumentiert.

Neben den schalltechnischen Untersuchungen sind auch Aussagen zu Erschütterungseinwirkungen zu treffen.

Die auf die geplanten Gebäude einwirkenden Erschütterungen gehen maßgeblich von den im Nordwesten direkt an das betroffene Grundstück angrenzenden Schienenverkehrsstrecken 6002 und 6081 aus, welche intensiv von Güterzügen (GZ), IC-E und Regionalzügen (RV, RB, RE) frequentiert werden. Die IBAS Ingenieurgesellschaft mbH wurde mit der Durchführung der entsprechenden erschütterungstechnischen Untersuchungen beauftragt. Bei den vorliegenden kurzen Distanzen von z. T. < 50 m zwischen den geplanten Baugebieten und den Gleisanlagen sind, entsprechend den Empfehlungen von Fachbehörden, ergänzend die Erschütterungseinwirkungen auch im Hinblick auf den sog. Sekundärluftschall zu untersuchen.

Zur Bewertung der in den künftigen Gebäuden zu erwartenden Erschütterungs-
immissionen aufgrund des Bahnverkehrs sind von IBAS vom 30.11. bis 01.12.2022 an
insgesamt 8 Messpunkten (MP1-MP8) Erschütterungsmessungen / Schwingungs-
messungen gemäß DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkung auf
Menschen in Gebäuden /2.2.1/ in Verbindung mit DIN 45669-2 /2.2.4/ bzw. DIN 45672
/2.2.5, 2.2.6, 2.2.7/ durchgeführt worden /2.1.4/.

Das vorliegende Erschütterungsgutachten fasst die Untersuchungsergebnisse auf
Basis der erfolgten Messungen zusammen.

2. Grundlagen

2.1 Unterlagen und Angaben

Folgende Unterlagen wurden den Untersuchungen zu Grunde gelegt.

- 2.1.1 Bebauungsplan 3-60 "Pankower Tor", Entwurf vom 26.10.2022, erhalten über GfP Gesellschaft für Planung, E-Mail vom 28.10.2022;
- 2.1.2 Masterplan Pankower Tor, Nöfer Architekten, Stand 05.09.2022;
- 2.1.3 IBAS-Bericht Nr. 20.12243-b07b, "*BEBAUUNGSPLAN 3-60 "PANKOWER TOR", BEZIRK PANKOW, Untersuchungen zu Geräuscheinwirkungen im Rahmen des Bauleitplanverfahrens*", Entwurf vom 13.02.2023;
- 2.1.4 Ortstermin mit Durchführung von Erschütterungsmessungen, IBAS GmbH, vom 30.11.-01.12.2022;
- 2.1.5 Frequentierungsdaten Schiene Prognose 2030, Strecken 6002 und 6081, Deutsche Bahn AG, E-Mail vom 18.10.2022.

2.2 Literatur

Folgende Normen, Richtlinien und weiterführende Literatur wurden für die Bearbeitung herangezogen.

- 2.2.1 DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999;
- 2.2.2 DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, Juni 1995;
- 2.2.3 DIN 45669-1, Berichtigung 1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen und Prüfungen, Berichtigung zu DIN 45669-1, Ausgabe Dezember 2012;

- 2.2.4 DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005;
- 2.2.5 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Dezember 2009;
- 2.2.6 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Berichtigung zu DIN 45672-1: 2009-12, August 2012;
- 2.2.7 DIN 45672-2, Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Teil 2: Auswerteverfahren, Juli 1995;
- 2.2.8 VDI-Richtlinie 2057, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Blatt 3: Beurteilung, Mai 1987;
- 2.2.9 VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1, Beurteilung von Arbeitsplatzlärm in der Nachbarschaft, September 1985;
- 2.2.10 Sechste AVwV vom 26.08.1998 zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm, GMBI. Nr. 26);
- 2.2.11 VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987;
- 2.2.12 VDI-Richtlinie 2038, Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Teil 3: Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung, November 2013;
- 2.2.13 G. Müller und M. Möser (Hrsg.), Taschenbuch der Technischen Akustik, Kapitel 17.3.3, Springer, Berlin, 2004;
- 2.2.14 Schall 03, Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege, Anlage 2 der 16. BImSchV, geändert am 18.12.2014;
- 2.2.15 DIN EN ISO 1683, Akustik – Bevorzugte Bezugswerte für Pegel in der Akustik und Schwingungstechnik, November 2008.

3. Beurteilungsgrundlagen

3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen ist die DIN 4150, Teil 2 /2.2.1/, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, anzuwenden.

Nach /2.2.1/ gelten in Abhängigkeit von der Gebietsausweisung folgende Anhaltswerte für die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} (A_u , A_o) und für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} (A_r).

Tabelle 1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr nach DIN 4150, Teil 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 (vgl. Industriegebiete BauNVO, § 9)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. 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 (vgl. 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 Rechnung trägt.

Ist die ermittelte maximale Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, eingehalten. Ist dies nicht der Fall, ist bei Erschütterungen durch Schienenverkehr die Beurteilungsschwingstärke mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Der Bebauungsplan gliedert sich im Wesentlichen in die Bereiche:

- Westfläche (westl. Berliner Straße);
- Hauptfläche (Berliner Straße bis Prenzlauer Promenade) mit Sondergebiet SO1, Wohngebieten und Gemeinbedarfsflächen;
- Ostfläche (östl. Prenzlauer Promenade).

Den einzelnen im Bebauungsplan vorgesehenen o. g. Teilbereichen in der West-, Haupt- und Ostfläche werden, den geplanten Nutzungen entsprechend, folgende, aus erschütterungstechnischer Sicht adäquate Schutzbedürftigkeiten zugeordnet:

- der als Urbanes Gebiet dargestellten Westfläche die Schutzbedürftigkeit eines **Mischgebiets** (Zeile 3 in Tab. 1),
- dem Sondergebiet SO 1 die eines **Mischgebiets** (Zeile 3 in Tab. 1),
- den Wohngebieten die eines allgemeinen **Wohngebiets** (Zeile 4 in Tab. 1),
- und der Gewerbegebietsflächen die Schutzwürdigkeit eines **Gewerbegebiets** (Zeile 2 in Tab. 1) bzw. alternativ der Gemeinbedarfsflächen bei Nutzung durch eine Kita bzw. Schule, die eines **Wohngebiets tags** (gem. Zeile 4 in Tab. 1).

Gemäß Ziff. 6.5.3.4 gilt für die Beurteilung von Erschütterungen aus dem oberirdischen Schienenverkehr (außer ÖPNV) folgendes:

"...

.

.

.

b) Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten sollten die Anhaltswerte A_u und A_r nach Tabelle 1 eingehalten werden.

.

.

.

..."

In den Erläuterungen zur DIN 4150, Teil 2 - Anhang D /2.2.1/, wird bezüglich der Spürbarkeitsschwelle von Erschütterungen auf Folgendes hingewiesen (vgl. /2.2.8/):

"...

*Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt die Größe KB_{Fmax} . Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB = 0,1$ und $KB = 0,2$. [...] **Erschütterungseinwirkungen um $KB = 0,3$ werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar [...] wahrgenommen.***

..."

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Werten aus der DIN 4150-2 um Anhaltswerte handelt, die indikatorischen Charakter besitzen und keine Grenzwerte darstellen. Die für die Beurteilung zugrunde gelegten o. g. Schutzwürdigkeiten werden aus fachtechnischer Sicht als geeignet angesehen.

3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall

Die vom Schienenverkehr in den Untergrund eingeleiteten Schwingungen werden auf die Fundamente der Gebäude übertragen und in die Baukonstruktion weitergeleitet. Dieser Körperschall kann in den Innenräumen, auch auf der schienenabgewandten Gebäudeseite, tieffrequente Geräusche hervorrufen. Für die Beurteilung dieser als "sekundärer Luftschall" bezeichneten Schallimmissionen wurden bisher noch keine Richtlinien oder Normen verbindlich eingeführt.

Hier werden hilfsweise verschiedene Richtlinien verwendet.

Neben der TA Lärm, die für Gewerbegeräusche gilt und für Sekundärschall bzw. für Körperschallübertragung in Wohnräume keine Differenzierung nach der Gebietsausweisung vornimmt, kann die VDI-Richtlinie 2719 zur differenzierten Betrachtung herangezogen werden. Dies ist auch in dem aktuellen Regelwerk zu Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik (VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.12/) so beschrieben.

Die VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen /2.2.11/, gibt für den Innenpegel die in nachstehender Tabelle aufgelisteten Pegel an:

Tabelle 2: Anhaltswerte für Innenschallpegel entsprechend der VDI-Richtlinie 2719

Raumart	A-bewertete	
	Mittelungspegel L_m dB	mittlere Maximalpegel L_{max} dB
1 Schlafräume nachts		
1.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	25 bis 30	35 bis 40
1.2 in allen übrigen Gebieten	30 bis 35	40 bis 45
2 Wohnräume tagsüber		
2.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	30 bis 35	40 bis 45
2.2 in allen übrigen Gebieten	35 bis 40	45 bis 50

Der Einheitlichkeit halber werden im Folgenden die Werte der VDI-Richtlinie 2719 (vgl. auch VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.12/) herangezogen, die eine Differenzierung nach Gebietsausweisung zulassen. Die Anhaltswerte für die Bewertung des Sekundärschalls wurden entsprechend den in Kap. 3.1 zugeordneten Schutzwürdigkeiten der untersuchten Teilbereiche des Bebauungsplanes gewählt.

Fachbehörden empfehlen zur Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen die Mittelungspegel zu verwenden. Bei mehr als 5 Vorbeifahrten während der Nachtzeit, wie dies im vorliegenden Fall zu erwarten ist, soll zusätzlich das Maximalwert-Kriterium zur Anwendung kommen.

4. Durchführung der Erschütterungsmessungen

4.1 Messmethodik

Um die Schwingungsmissionen auf die geplanten Gebäude zu bestimmen, wurden auf dem betroffenen Gelände an 8 in unterschiedlichen Entfernungen von den Gleisanlagen befindlichen Messpunkten (MP1-MP8) vom 30.11.2022 bis 02.12.2022 die Schwinggeschwindigkeiten durch die Zugvorbeifahrten (in beiden Richtungen) auf den Bahnlinien 6002 und 6081 verursachten Erschütterungen gemessen /2.1.4/.

An den Messpunkten wurde die Aufzeichnung der Messsignale über eine automatische Auslösung ("Trigger") ferngesteuert, was eine synchrone und lückenlose Dokumentation der Zugvorbeifahrten auch an den weiter von den Gleisen entfernt liegenden Messpunkten ermöglichte. Außerdem führte jedes der Messsysteme durchgängig eine Hintergrundaufzeichnung durch, bei der in 30 Sekunden-Intervallen die maximalen Absolutwerte der Schwinggeschwindigkeiten in allen drei Raumrichtungen gespeichert wurden.

Während der einzelnen Zugvorbeifahrten ist jeweils ein Zeitintervall im Bereich der maximalen Erschütterungseinwirkung aufgezeichnet worden. Anschließend erfolgte eine spektrale Auftrennung der Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Signale über einen Terzfilter im Frequenzbereich von 3,15 Hz bis 250 Hz gemäß DIN 45672-2 /2.2.7/. Aus den gefilterten Zeitverläufen der einzelnen Frequenzen wurde der gleitende Effektivwert mit der Zeitkonstante "Fast" (125 ms) gebildet und das Maximum dieses Effektivwert-Zeitverlaufes innerhalb des entsprechenden Messzeitraumes bestimmt. Somit wurde für jede einzelne registrierte Zugvorbeifahrt ein Max-Hold-Terzspektrum im Frequenzbereich zwischen 3,15 Hz und 250 Hz berechnet.

Da erfahrungsgemäß "am Messort Boden" die Werte für die drei Schwingungsrichtungen nahe beieinander liegen /2.2.13/, wurde bei der Auswertung im Hinblick auf die Einleitung und Ausbreitung von durch Schienenverkehr induzierten Schwingungen innerhalb von Gebäuden ausschließlich die vertikale Schwingungsrichtung (z) untersucht.

4.2 Messzeit und Messort

Während des Messtermins vom 30.11. bis 02.12.2022 wurden auf dem zu untersuchenden Gelände an den Messpunkten MP1-MP8 Schwingungsmesssysteme (IBAS-interne Bezeichnungen: "SYS5, SYS18" - "SYS22" und "SYS25- SYS26") installiert, die sich in Entfernungen von ca. 10 ... 60 m von der Schienenstrecke befanden /2.1.4/. Die Lage der Messpunkte wurde dabei jeweils an der nächstgelegenen Baugrenze im Bebauungsplan bzw. der Baugrenze in zweiter Reihe gewählt (vgl. Lagepläne im Anhang).

Die Zuordnung der Messpunkte zu den Geräten, den zugehörigen Entfernungen und den Teilereichen im Bebauungsplan ist in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3: Zuordnung der Messpunkte zu den Geräten und ungefähre Entfernungen von den Gleisen

Messpunkt	Gerät	Entfernung von Gleisen [m]	Teilbereich im Bebauungsplan
MP1	SYS22	10	Ostfläche / Gewerbe-/ Gemeinbedarfsfläche
MP2	SYS6	30	
MP3	SYS18	35	Hauptfläche / Wohngebiete
MP4	SYS19	65	
MP5	SYS20	23	Hauptfläche / SO1
MP6	SYS21	50	
MP7	SYS25	50	Westfläche
MP8	SYS26	50	

Die Lage und Auswahl der Messpunkte in Bezug auf die Gebäude kann den in der Anlage 1 enthaltenen Lageplänen /2.1.1/ entnommen werden. Die Messung fand vom 30.11.2022, 17:30 Uhr (Messbeginn) bis zum 02.12.2022, 13:00 Uhr (Messende), statt /2.1.4/.

An den Messpunkten MP1-MP8 wurden die Schwingungsmessgeräte entsprechend der DIN 45669-2 /2.2.4/ über Erdspieße an den Boden angekoppelt bzw. auf festem Untergrund (Betonplatten, Betonschwellen, Mauerwerk) installiert (vgl. Abbildungen 1 bis 8). Der Untergrund, in den die Erdspieße eingebracht wurden, besteht aus gewachsenem Erdboden. Die Ausrichtung der Achsen der Schwingungsaufnehmer in Bezug auf die Bahngleise erfolgte entsprechend der DIN 45672-1 /2.2.5/.

Die Messpunkte MP1, MP3 und MP5 wurden anhand der Baugrenzen des Bebauungsplanes gewählt und jeweils an den Stellen positioniert, die den westlichen, den Gleisen nächstgelegenen geplanten Baukörpern entsprechen /2.1.1/ und damit die nächstmöglichen Einwirkungspunkte der Schienenverkehrserschütterungen auf die geplanten Gebäude bezeichnen (vgl. Abb. 1, 3 und 5). Die Messpunkte MP2, MP4 und MP6 wurden deutlich weiter von den Gleisen entfernt, in etwa der Mitte des zu bebauenden Areals, gewählt (vgl. Ab. 2, 4 und 5).

Da kein Zugang zu den Bestandsgebäuden an der Berliner Straße bestand, dienten die Messpunkte MP7 und MP8 auf dem Gelände des Infopavillons als Ersatzmesspunkte, welche der dort geplanten Bebauung möglichst nahegelegen gewählt wurden (vgl. Ab. 7 und 8).

Zu einer ggf. erforderlichen Identifikation von Zügen wurde zusätzlich am Ende der Schallschutzwand (zwischen MP1 und MP3) eine Kamera installiert und betrieben.



Abbildung 1: Ankopplung des Schwingungsmesssystems SYS22 über einen Erdspeiß an den Boden am MP1 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Norden; Gleisanlagen im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 10 m)



Abbildung 2: Platzierung des Schwingungsmesssystems SYS6 auf weitläufigen Betonplatten am MP2 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Norden; Gleisanlagen im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 30 m)



Abbildung 3: Ankopplung des Schwingungsmesssystems SYS18 über einen Erdspieß an den Boden am MP3 während des Messtermins vom 30.11 .- 02.12.2022 (Blickrichtung nach Norden; Gleisanlagen mit Schallschutzwand im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 35 m)



Abbildung 4: Ankopplung des Schwingungsmesssystems SYS19 über einen Erdspeiß an den Boden am MP4 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Nordwesten; Gleisanlagen mit Schallschutzwand sowie MP3 im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 65 m)



Abbildung 5: Positionierung des Schwingungsmesssystems SYS20 auf weitläufigen Betonplatten am MP5 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Südwesten; Gleisanlagen mit Schallschutzwand rechts im Bild, Gelände des Infopavillons / Berliner Straße im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 23 m)



Abbildung 6: Ankopplung des Schwingungsmesssystems SYS21 über einen Erdspieß an den Boden am MP6 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Nordwesten; Gleisanlagen mit Schallschutzwand im Hintergrund; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 50 m)



Abbildung 7: Positionierung des Schwingungsmesssystems SYS25 auf lokal vorhandenem Mauerwerk am MP7 während des Messtermins vom 30.11.-02.12.2022 (Blickrichtung nach Südosten; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 60 m)



Abbildung 8: Positionierung des Schwingungmesssystems SYS26 auf Betonschwellen am MP8 während des Messtermins vom 30.11. - 02.12.2022 (Blickrichtung nach Südosten; Entfernung zu den Gleisanlagen: ca. 60 m)

Die genaue Lage der Messpunkte kann dem in den Anlagen enthaltenen Lageplan /2.1.1/ entnommen werden.

4.3 Messgeräte

Für die Messungen wurden die folgenden Messgeräte des Herstellers SYSCOM eingesetzt, wobei von den Datenrecordern des Typs MR 3000C sowohl die vertikale Schwingrichtung (z) als auch die horizontalen Richtungen (x und y) erfasst wurden.

Tabelle 4: Verwendete Messgeräte

Gerät	Hersteller	Typ	Seriennummern
Schwingungsmessgerät	SYSCOM	MR3000C	21350014 (SYS6) 16260013 (SYS18) 16260013 (SYS19) 16270023 (SYS20) 16270025 (SYS21) 16280032 (SYS22) 18430078 (SYS25) 18460009 (SYS26)
Schnellesensor	SYSCOM	MS2003+	8020014 (SYS6)

Die SYSCOM-Messsysteme und die Software für die Datenerfassung und Auswertung erfüllen die Anforderungen an Klasse - 1 - Geräte, gemäß den allgemeinen Anforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.1) und den Einzelanforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.2.1 bis Abs. 5.2.5) /2.2.2/. Die Auswertung erfolgte unter anderem mittels der Auswertesoftware MEDA.¹

Die grundsätzliche Funktionsweise der Messkette vor Ort wurde über eine Klopfprüfung gemäß DIN 45669-2 /2.2.4/ getestet.

¹ Wölfel Messsysteme GmbH, Version 2022-1.

4.4 Zugzahlen

Entlang des Plangebiets verlaufen die Strecken 6002 Berlin Nordbahnhof – Bernau bei Berlin sowie 6081 Berlin-Gesundbrunnen – Stralsund der Deutschen Bahn, wofür folgende Frequentierungsdaten für das Jahr 2030 vorliegen /2.1.5/:

Tabelle 5: Verkehrszahlen Schienenverkehr, Prognose 2030

Anzahl		Zugart	Geschwindigkeit
Tag	Nacht	Traktion	km/h
Strecke 6002, Abschnitt Berlin-Pankow S-Bahn – Berlin-Pankow-Heinersdorf			
278	70	S	80
Strecke 6081, Abschnitt Berlin Bornholmer Straße – Berlin-Blankenburg			
15	9	GZ-E 1	100
2	1	GZ-E 2	120
12	6	GZ-E 3	100
43	9	IC-E	200 / 160 ²
64	10	RB/RE-E	160
59	7	RV-ET	160

In der vorstehenden Tabelle bedeuten:

- S: Elektrotriebzug der S-Bahn Berlin;
- E: Bespannung mit E-Lok;
- ET: Elektrotriebzug;
- GZ: Güterzug;
- RV, RB, RE: Regionalzug;
- IC: Intercityzug.

Die obenstehenden Zugzahlen werden im Folgenden der Erschütterungsprognose zugrunde gelegt.

² Die gem. /2.1.5/ zu beachtende Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 160 km/h;

4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten

Während der gesamten Messzeit wurden die Vorbeifahrten von ca. 700 Zügen, bestehend aus S-Bahnen, Güterzügen, ICE etc. registriert.

Anhand der Hintergrundaufzeichnungen (vgl. Kap. 4.4) wurden für jeden Messpunkt die Mittelwerte der Spektren der Zugvorbeifahrten gebildet, die jeweils zu den maximalen vertikalen Schwinggeschwindigkeiten führten ("obere Einhüllende"). Die derart je Messpunkt gebildeten mittleren Spektren wurden der Prognose der in den geplanten Gebäuden zu erwartenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} und den mittleren Maximal- und Mittelungspegeln L_{max} und L_m des Sekundärluftschalls zu Grunde gelegt.

5. Messergebnisse

In den Anlagen 2 sind die während des Messtermins aufgezeichneten, maßgeblichen (vgl. Kap. 4.1) vertikalen effektiven Schwinggeschwindigkeiten mit der Zeitbewertung "Fast", als Max-Hold-Terzspektrum für eine Bezugsschnelle von $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s /2.2.15/, dargestellt. Dabei sind je Messpunkt MP1-MP8 die Spektren zu den jeweils 4 maximalen Erschütterungseinwirkungen und die Mittelwerte dieser Spektren wiedergegeben.

Anhand der mittleren Spektren ist die entfernungsbedingte Abnahme der Schwinggeschwindigkeiten (d. h. vom MP1 zum MP2, vom MP3 zum MP4 und vom MP5 zum MP6) zu erkennen, wobei die stärkste Abnahme erwartungsgemäß bei höheren Frequenzen erfolgt. Die mittleren Spektren weisen an den Messpunkten MP1-MP4 eine gute Übereinstimmung im Bereich bis 20 Hz und an den Messpunkten MP5-MP8 für Frequenzen bis 8 Hz auf.

Sowohl am MP1 als auch am MP2 liegt eine verhältnismäßig breite Verteilung der Schwinggeschwindigkeiten mit Maxima in den Bereichen 50 - 80 Hz (MP1) bzw. 20 - 63 Hz (MP2) vor. Im Vergleich dazu weisen die am MP3 gemessenen Spektren eine scharfe Verteilung mit Maxima bei 50 und 63 Hz auf. Am doppelt so weit von den Gleisen entfernten Messpunkt MP4 zeigen die gemessenen Spektren nahezu gleichwertige Beiträge in den Terzen von 10 - 63 Hz.

Die am MP5 gemessenen Spektren besitzen bei breiter Verteilung vergleichbare maximale Werte im Bereich von 50 - 80 Hz. Am weiter entfernten Messpunkt führt die ausbreitungsbedingte Unterdrückung der höherfrequenten Beiträge zu einer starken Abflachung des Spektrums mit maximalen Beiträgen bei 8 Hz. Hier ist zu bemerken, dass der Messpunkt MP6 auf einem kleinen Hügel lokalisiert war, während sich die Messpunkte MP1 - MP5 in einem flachen Terrain befanden, was zu unterschiedlichen Ausbreitungsverhältnissen der Bodenschwingungen geführt haben kann.

Auch die Messpunkte MP7 und MP8 (Gelände Infopavillon) befanden sich gegenüber der angrenzenden Berliner Straße bzw. den im Südosten angrenzenden Gebäuden auf erhöhtem Niveau und oberhalb der zur U-Bahn gehörenden baulichen Anlagen, so dass die dort gemessenen Werte ggf. anders als für die übrigen Messpunkte MP1 - MP6 zu bewerten sind. Die mittleren Spektren stimmen am MP7 und MP8 über den gesamten Frequenzbereich gut überein und weisen Maxima zwischen 8 - 50 Hz auf.

Generell ist darauf hinzuweisen, dass im Hinblick auf mögliche erschütterungstechnische Maßnahmen zur Dämpfung der Bodenschwingungen, wesentliche Beiträge zu den Bodenschwingungen bei < 9 Hz als kritisch anzusehen sind.

6. Prognose der Schwingungsimmissionen

6.1 Allgemeines

Aufgrund der komplexen Ausbreitungsverhältnisse von Erschütterungen bzw. Schwingungen kann es bei den gemessenen bzw. abgeschätzten bahnbezogenen Emissionswerten durch Verstärkungserscheinungen (z.B. durch Resonanzen) zu Störungen empfindlicher Nutzungen kommen. Dies ist entscheidend von der Gebäudekonstruktion abhängig.

Allgemeine Rechenverfahren, die als Basis zur Prognose von Schwingungsimmissionen herangezogen werden können, existieren nicht. Als Grundlage der Prognoseberechnungen wurden deshalb Erfahrungswerte aus statistischen Untersuchungen des schwingungstechnischen Verhaltens von Gebäuden angesetzt.

Bei der Prognose der Schwingungsimmissionen wurde die Reaktion des Gebäudes auf die einwirkenden Erschütterungen betrachtet. Hierzu sind Annahmen über das Schwingungsverhalten der einzelnen Bauteile erforderlich. Im Einzelnen wurden Korrekturen für

- den Übergang Erdreich-Fundament,
- die Erschütterungsübertragung im Gebäude,
- die Übertragung auf die Geschossdecken,
- das Schwingverhalten schwimmender Estriche,

berücksichtigt.

Die Korrekturwerte wurden frequenzabhängig zu den ermittelten Schnellepegeln addiert.

6.2 KB-Werte

Zur Prognose der KB-Werte wurden die mittleren Spektren der an den Messpunkten MP1 – MP8 gemessenen mittleren maximalen vertikalen Schwinggeschwindigkeiten herangezogen (s. Kap. 4.5) und daraus für jeden Messpunkt unter Berücksichtigung der Reaktion der Gebäude auf die einwirkenden Erschütterungen die in diesen Bereichen jeweils auf den Fußböden aufgrund der Zugvorbeifahrten auftretenden Taktmaximalwerte KB_{FTi} bzw. maximalen Schwingstärken KB_{Fmax} berechnet.

Da die derart ermittelten KB_{Fmax} -Werte im relevanten Frequenzbereich die unteren Anhaltswerte A_u für die jeweilige Gebietskategorie tags bzw. nachts (vgl. Tab. 1 in Kap. 3) an allen Messpunkten MP1 - MP8 (z.T. wesentlich) überschreiten, wurde unter Zugrundlegung der Zugzahlen für 2030 /2.1.5/ (vgl. Kap. 4.4) aus den KB_{FTi} -Werten für die Tag- und Nachtzeiten gemäß der DIN 4150-2 /2.2.1/ die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} gebildet, die als Beurteilungsgröße dient.

Unter Berücksichtigung typischer Eigenfrequenzen von Decken in Massivbauweise (grafisch markiert) sind höchstens die in den folgenden Tabellen aufgeführten KB_{FTT} -Werte aufgrund der Vorbeifahrt der Züge zu erwarten. Da der Estrichaufbau in einer späteren Planung noch festzulegen ist, stellen die in den nachfolgenden Tabellen angeführten Berechnungsergebnisse die Werte dar, die sich im ungünstigsten Fall ergeben.

Es werden für die Messpunkte MP1 – MP8 jeweils zunächst immer die sich für die **Nachtzeit** ergebenden Werte angegeben.

Tabelle 6: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP1** (SYS22) nachts

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,14	0,45	0,63	0,46	0,44	0,34	0,19	0,63
	11 bis 14	0,17	0,47	0,64	0,47	0,45	0,35	0,21	0,64
	14 bis 18	0,25	0,62	0,67	0,50	0,49	0,40	0,28	0,67
	18 bis 22	0,32	0,73	0,89	0,56	0,52	0,44	0,34	0,89
	22 bis 28	0,30	0,86	0,99	0,67	0,52	0,43	0,32	0,99
	28 bis 36	0,30	1,41	1,22	0,75	0,64	0,44	0,33	1,22
	36 bis 45	0,42	3,51	2,11	1,00	0,77	0,59	0,44	3,51
	45 bis 56	0,57	2,05	5,31	2,04	1,00	0,74	0,59	5,31
	56 bis 71	0,42	1,00	2,10	3,44	1,61	0,76	0,46	3,44
Maximum		0,57	3,51	1,22	0,75	0,64	0,76	0,59	1,22

Tabelle 7: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP1** (SYS22) tags

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,21	0,66	0,91	0,66	0,64	0,49	0,27	0,91
	11 bis 14	0,25	0,68	0,92	0,68	0,65	0,51	0,31	0,92
	14 bis 18	0,37	0,90	0,98	0,73	0,71	0,58	0,41	0,98
	18 bis 22	0,46	1,05	1,29	0,82	0,76	0,64	0,50	1,29
	22 bis 28	0,44	1,25	1,44	0,97	0,76	0,62	0,47	1,44
	28 bis 36	0,44	2,05	1,77	1,09	0,93	0,64	0,47	1,77
	36 bis 45	0,60	5,10	3,07	1,45	1,11	0,86	0,64	5,10
	45 bis 56	0,82	2,98	7,72	2,97	1,45	1,08	0,86	7,72
	56 bis 71	0,60	1,45	3,05	5,00	2,35	1,10	0,68	5,00
Maximum		0,82	5,10	1,77	1,09	0,93	1,10	0,86	1,77

Tabelle 8: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP2** (SYS6) nachts

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,09	0,20	0,28	0,25	0,22	0,14	0,10	0,28
	11 bis 14	0,12	0,21	0,29	0,26	0,23	0,16	0,13	0,29
	14 bis 18	0,18	0,29	0,32	0,30	0,27	0,21	0,19	0,32
	18 bis 22	0,24	0,35	0,43	0,34	0,31	0,26	0,24	0,43
	22 bis 28	0,19	0,38	0,45	0,37	0,28	0,22	0,19	0,45
	28 bis 36	0,14	0,58	0,52	0,39	0,31	0,18	0,15	0,52
	36 bis 45	0,18	1,40	0,89	0,50	0,36	0,23	0,18	1,40
	45 bis 56	0,25	0,86	2,27	0,97	0,47	0,30	0,25	2,27
	56 bis 71	0,22	0,43	0,98	1,94	0,84	0,32	0,23	1,94
Maximum		0,25	1,40	0,52	0,39	0,31	0,32	0,25	0,52

Tabelle 9: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP2** (SYS6) tags

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,13	0,29	0,41	0,36	0,32	0,20	0,15	0,41
	11 bis 14	0,17	0,31	0,42	0,38	0,34	0,23	0,18	0,42
	14 bis 18	0,27	0,43	0,47	0,43	0,39	0,31	0,27	0,47
	18 bis 22	0,34	0,51	0,62	0,49	0,45	0,37	0,35	0,62
	22 bis 28	0,28	0,55	0,65	0,54	0,41	0,31	0,28	0,65
	28 bis 36	0,21	0,84	0,76	0,57	0,45	0,27	0,22	0,76
	36 bis 45	0,26	2,04	1,29	0,73	0,52	0,33	0,27	2,04
	45 bis 56	0,36	1,25	3,30	1,41	0,69	0,44	0,37	3,30
	56 bis 71	0,32	0,63	1,43	2,82	1,22	0,47	0,34	2,82
Maximum		0,36	2,04	0,76	0,57	0,45	0,47	0,37	0,76

Tabelle 10: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} im Bereich des **MP3** (SYS18) nachts

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,05	0,14	0,31	0,29	0,16	0,07	0,05	0,31
	11 bis 14	0,06	0,14	0,31	0,29	0,17	0,08	0,06	0,31
	14 bis 18	0,06	0,17	0,31	0,29	0,17	0,08	0,06	0,31
	18 bis 22	0,06	0,20	0,41	0,30	0,17	0,08	0,07	0,41
	22 bis 28	0,08	0,24	0,47	0,40	0,19	0,09	0,08	0,47
	28 bis 36	0,09	0,37	0,58	0,46	0,24	0,11	0,09	0,58
	36 bis 45	0,13	0,87	0,94	0,59	0,29	0,15	0,14	0,94
	45 bis 56	0,28	0,88	2,63	1,17	0,45	0,29	0,28	2,63
	56 bis 71	0,26	0,41	1,17	2,43	0,87	0,29	0,26	2,43
Maximum		0,28	0,88	0,58	0,46	0,24	0,29	0,28	0,58

Tabelle 11: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} im Bereich des **MP3** (SYS18) tags

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,07	0,20	0,45	0,42	0,24	0,10	0,08	0,45
	11 bis 14	0,08	0,20	0,45	0,42	0,24	0,11	0,08	0,45
	14 bis 18	0,09	0,24	0,45	0,43	0,24	0,12	0,09	0,45
	18 bis 22	0,09	0,29	0,60	0,44	0,25	0,12	0,10	0,60
	22 bis 28	0,11	0,35	0,68	0,58	0,28	0,14	0,12	0,68
	28 bis 36	0,14	0,53	0,84	0,67	0,35	0,16	0,14	0,84
	36 bis 45	0,20	1,26	1,36	0,86	0,42	0,22	0,20	1,36
	45 bis 56	0,40	1,28	3,83	1,70	0,65	0,42	0,40	3,83
	56 bis 71	0,38	0,60	1,70	3,54	1,26	0,43	0,38	3,54
Maximum		0,40	1,28	0,84	0,67	0,35	0,43	0,40	0,84

Tabelle 12: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP4** (SYS19) nachts

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06
	11 bis 14	0,00	0,06	0,05	0,07	0,05	0,00	0,00	0,07
	14 bis 18	0,00	0,06	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06
	18 bis 22	0,00	0,06	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06
	22 bis 28	0,00	0,07	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08
	28 bis 36	0,00	0,12	0,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08
	36 bis 45	0,00	0,31	0,13	0,10	0,05	0,00	0,00	0,31
	45 bis 56	0,00	0,13	0,26	0,17	0,07	0,00	0,00	0,26
	56 bis 71	0,00	0,08	0,17	0,45	0,15	0,05	0,05	0,45
Maximum		0,00	0,31	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05	0,08

Tabelle 13: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP4** (SYS19) tags

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09
	11 bis 14	0,00	0,08	0,08	0,10	0,07	0,00	0,00	0,10
	14 bis 18	0,00	0,09	0,08	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09
	18 bis 22	0,00	0,09	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08
	22 bis 28	0,00	0,11	0,09	0,11	0,00	0,00	0,00	0,11
	28 bis 36	0,00	0,17	0,10	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12
	36 bis 45	0,00	0,44	0,19	0,15	0,08	0,00	0,00	0,44
	45 bis 56	0,00	0,19	0,38	0,25	0,10	0,00	0,00	0,38
	56 bis 71	0,00	0,12	0,24	0,66	0,22	0,08	0,07	0,66
Maximum		0,00	0,44	0,10	0,12	0,07	0,08	0,07	0,12

Tabelle 14: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP5** (SYS20) nachts

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,13	0,25	0,24	0,26	0,32	0,20	0,14	0,32
	11 bis 14	0,16	0,27	0,26	0,27	0,34	0,22	0,17	0,34
	14 bis 18	0,15	0,33	0,26	0,27	0,33	0,22	0,17	0,33
	18 bis 22	0,14	0,36	0,31	0,27	0,33	0,21	0,15	0,33
	22 bis 28	0,16	0,44	0,36	0,34	0,34	0,22	0,17	0,36
	28 bis 36	0,15	0,73	0,44	0,38	0,43	0,23	0,17	0,44
	36 bis 45	0,21	1,85	0,82	0,48	0,50	0,30	0,22	1,85
	45 bis 56	0,20	0,82	1,69	0,82	0,61	0,32	0,22	1,69
	56 bis 71	0,21	0,48	0,81	1,80	1,05	0,41	0,24	1,80
Maximum		0,21	1,85	0,44	0,38	0,43	0,41	0,24	0,44

Tabelle 15: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP5** (SYS20) tags

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,18	0,36	0,35	0,37	0,47	0,29	0,20	0,47
	11 bis 14	0,23	0,39	0,38	0,40	0,49	0,32	0,24	0,49
	14 bis 18	0,22	0,48	0,38	0,39	0,49	0,32	0,24	0,49
	18 bis 22	0,20	0,52	0,45	0,39	0,48	0,30	0,22	0,48
	22 bis 28	0,23	0,64	0,52	0,49	0,50	0,32	0,25	0,52
	28 bis 36	0,22	1,06	0,63	0,55	0,63	0,34	0,24	0,63
	36 bis 45	0,30	2,68	1,19	0,70	0,73	0,44	0,32	2,68
	45 bis 56	0,29	1,20	2,46	1,19	0,89	0,47	0,32	2,46
	56 bis 71	0,31	0,69	1,18	2,62	1,52	0,60	0,34	2,62
Maximum		0,31	2,68	0,63	0,55	0,63	0,60	0,34	0,63

Tabelle 16: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP6** (SYS21) nachts

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
	11 bis 14	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	14 bis 18	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	18 bis 22	0,00	0,09	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06
	22 bis 28	0,00	0,10	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,07
	28 bis 36	0,00	0,16	0,07	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07
	36 bis 45	0,05	0,44	0,16	0,07	0,05	0,05	0,05	0,44
	45 bis 56	0,00	0,16	0,22	0,10	0,00	0,00	0,00	0,22
	56 bis 71	0,00	0,10	0,10	0,20	0,07	0,00	0,00	0,20
Maximum		0,09	0,44	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,07

Tabelle 17: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP6** (SYS21) tags

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14
	11 bis 14	0,09	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10
	14 bis 18	0,08	0,13	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09
	18 bis 22	0,00	0,13	0,09	0,07	0,00	0,00	0,00	0,09
	22 bis 28	0,00	0,15	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00	0,09
	28 bis 36	0,00	0,24	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,11
	36 bis 45	0,07	0,63	0,23	0,10	0,07	0,07	0,07	0,63
	45 bis 56	0,00	0,24	0,32	0,14	0,00	0,00	0,00	0,32
	56 bis 71	0,00	0,14	0,15	0,29	0,10	0,00	0,00	0,29
Maximum		0,12	0,63	0,11	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11

Tabelle 18: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP7** (SYS25) nachts

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,12	0,16	0,15	0,16	0,13	0,12	0,12	0,16
	11 bis 14	0,12	0,17	0,16	0,17	0,13	0,13	0,12	0,17
	14 bis 18	0,10	0,18	0,14	0,15	0,12	0,11	0,10	0,15
	18 bis 22	0,09	0,19	0,16	0,15	0,10	0,09	0,09	0,16
	22 bis 28	0,10	0,23	0,18	0,18	0,11	0,10	0,10	0,18
	28 bis 36	0,08	0,38	0,21	0,20	0,11	0,09	0,09	0,21
	36 bis 45	0,11	0,95	0,40	0,25	0,14	0,11	0,11	0,95
	45 bis 56	0,09	0,40	0,78	0,42	0,16	0,11	0,10	0,78
	56 bis 71	0,11	0,24	0,41	1,00	0,34	0,13	0,11	1,00
Maximum		0,12	0,95	0,21	0,20	0,13	0,13	0,12	0,21

Tabelle 19: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} im Bereich des **MP7** (SYS25) tags

KB_{FT}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,17	0,23	0,22	0,24	0,19	0,18	0,17	0,24
	11 bis 14	0,18	0,24	0,23	0,24	0,19	0,18	0,18	0,24
	14 bis 18	0,15	0,26	0,21	0,22	0,17	0,16	0,15	0,22
	18 bis 22	0,13	0,28	0,23	0,21	0,15	0,14	0,13	0,23
	22 bis 28	0,14	0,34	0,26	0,27	0,16	0,15	0,14	0,26
	28 bis 36	0,12	0,55	0,31	0,29	0,16	0,13	0,12	0,31
	36 bis 45	0,16	1,38	0,58	0,36	0,20	0,17	0,16	1,38
	45 bis 56	0,14	0,59	1,13	0,61	0,23	0,15	0,14	1,13
	56 bis 71	0,16	0,35	0,60	1,45	0,49	0,18	0,16	1,45
Maximum		0,18	1,38	0,31	0,29	0,19	0,18	0,18	0,31

Tabelle 20: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP8** (SYS26) nachts

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	0,13
	11 bis 14	0,12	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	0,12	0,14
	14 bis 18	0,10	0,14	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12
	18 bis 22	0,07	0,14	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,13
	22 bis 28	0,07	0,16	0,13	0,10	0,09	0,07	0,07	0,13
	28 bis 36	0,07	0,28	0,16	0,11	0,11	0,07	0,07	0,16
	36 bis 45	0,08	0,66	0,30	0,14	0,13	0,08	0,08	0,66
	45 bis 56	0,07	0,30	0,63	0,26	0,15	0,08	0,07	0,63
	56 bis 71	0,06	0,16	0,26	0,48	0,24	0,09	0,06	0,48
Maximum		0,12	0,66	0,16	0,13	0,14	0,12	0,12	0,16

Tabelle 21: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} im Bereich des **MP8** (SYS26) tags

KB_{FT_r}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,15	0,18	0,18	0,17	0,17	0,15	0,15	0,18
	11 bis 14	0,17	0,21	0,20	0,19	0,20	0,18	0,17	0,20
	14 bis 18	0,14	0,21	0,18	0,16	0,17	0,14	0,14	0,18
	18 bis 22	0,11	0,20	0,18	0,14	0,14	0,11	0,11	0,18
	22 bis 28	0,10	0,24	0,19	0,15	0,14	0,10	0,10	0,19
	28 bis 36	0,10	0,40	0,24	0,17	0,16	0,10	0,10	0,24
	36 bis 45	0,11	0,95	0,43	0,21	0,18	0,12	0,11	0,95
	45 bis 56	0,11	0,43	0,91	0,37	0,21	0,12	0,11	0,91
	56 bis 71	0,09	0,24	0,38	0,70	0,35	0,13	0,09	0,70
Maximum		0,17	0,95	0,24	0,19	0,20	0,18	0,17	0,24

Wie den Kombinationen der in den obenstehenden Tabellen aufgelisteten Rohdecken- und Estricheigenfrequenzen zu entnehmen ist, wird von den Beurteilungsschwingstärken KB_{FT_r} für die zugrunde gelegte Schienenfrequentierung (Jahr 2030) der heranzuziehende Anhaltswert **nachts** von $A_r = 0,1$ im Bereich der Gewerbegebiete befindlichen Messpunkte MP1 und MP2 nachts **überschritten**. Der zugehörige Anhaltswert für Gewerbegebiete tagsüber wird dort ebenfalls **überschritten**. Damit wird auf Höhe der Messpunkte MP1 und MP2 der Anhaltswert für Wohngebiete tags (bei alternativer Nutzung durch eine Schule) ebenso **überschritten**.

Im Bereich des im Wohngebiet befindlichen Messpunkts MP3 werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Wohngebiete von $A_r = 0,05$ nachts und $A_r = 0,07$ tags jeweils **deutlich überschritten**. Auf Höhe des weiter von der Schiene entfernten Messpunkts MP4 werden dagegen die Anhaltswerte für Wohngebiete im maßgeblichen Frequenzbereich (grafisch hervorgehoben), nachts und tagsüber **überwiegend eingehalten** bzw. nur punktuell überschritten.

Im Bereich des im SO1 gelegenen Messpunkts MP5 werden die Vorgaben der DIN 4150-2 für Mischgebiete von $A_r = 0,07$ nachts und $A_r = 0,1$ tags jeweils **deutlich überschritten**. Auf Höhe des weiter von der Schiene entfernten Messpunkts MP6 werden dagegen die Anforderungen für Mischgebiete im maßgeblichen Frequenzbereich, nachts und tagsüber **eingehalten**.

Im Bereich der in der Westfläche gelegenen Ersatzmesspunkte MP7 - MP8 werden die gem. der DIN 4150-2 zulässigen Beurteilungsschwingstärken für Wohngebäude in Mischgebieten im relevanten Frequenzbereich (grafisch markiert) z. T. lediglich geringfügig überschritten. An den Baugrenzen, die weiter als die Messpunkte MP7 und MP8 von der Gleisanlage entfernt sind, ist die Einhaltung der Anforderungen zu erwarten.

Insgesamt ist anhand obenstehender Tabellen festzustellen, dass von den auf den Fußböden zu erwartenden Schwingungen die normativen Vorgaben gemäß /2.2.1/ zumindest auf Höhe der Messpunkte MP1 - MP3 und MP5 nachts und auch tags, **nicht eingehalten** werden. Um gesunde Wohnverhältnisse zu ermöglichen, sind folglich zumindest für im Bereich der Messpunkte MP1 - MP3 und MP5 geplante Gebäude schwingungstechnische Maßnahmen, wie z. B. der Einbau einer elastischen Lagerung, in die Planung aufzunehmen.

6.3 Sekundärluftschallpegel

Die über die Fundamente in das Gebäude eingeleiteten Schwingungen können von den Raumbegrenzungsflächen (insbesondere von den Geschossdecken) abgestrahlt und von den Bewohnern als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen werden.

Zur Bestimmung der Spitzenpegel des sekundären Luftschalls L_{\max} aufgrund der Anregung der Decken wurden die an den Messpunkten MP1 - MP8 aufgezeichneten, hochaufgelösten Zeitverläufe der Zugvorbeifahrten herangezogen, die auch der Bestimmung der KB-Werte zugrunde liegen. Zur Berechnung der Mittelungspegel L_m wurden auch die energieäquivalenten Mittelwerte der zugehörigen Zugvorbeifahrten gebildet.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der in der Baukonstruktion auftretenden Schwingschnelle und dem abgestrahlten Sekundärluftschallpegel.

Die Berechnung des abgestrahlten Sekundärluftschallpegels erfolgt nach dem Zusammenhang gem. /2.2.12/.

Ausgehend von den ermittelten Körperschallschnellepegeln und Erfahrungswerten zu den raumakustischen Verhältnissen in Wohnräumen, können die durch sekundäre Luftschallabstrahlung verursachten Schalldruckpegel berechnet werden.

Zur Bestimmung der mittleren Maximalpegel des Sekundärschalls L_{\max} wurden jeweils die gem. Kapitel 4.5 gebildeten Mittelungspegel der gemessenen maximalen Schwinggeschwindigkeiten verwendet. Die sich daraus für typische Rohdeckeneigenfrequenzen in Massivbauweise (im Bereich von 11 - 36 Hz, in Tab. 6 - 21 grafisch hervorgehoben) ergebenden mittleren Sekundärschallspitzenpegel sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 22: Mittlere Sekundärschallspitzenpegel L_{max}

Messpunkt	L_{max} [dB(A)]	zulässig gem. /2.2.11/	
		Tag	Nacht
MP1	57 ... 60	45 ... 50 (WA: 40 ... 45)	40 ... 45
MP2	50 ... 53		
MP3	48 ... 52	40 ... 45	35 ... 40
MP4	34 ... 37		
MP5	52 ... 55	45 ... 50	40 ... 45
MP6	29 ... 35		
MP7	41 ... 46		
MP8	38 ... 43		

Zur Bestimmung der auf die Tag- und Nachtzeit bezogenen mittleren Sekundärschallpegel L_m wurde für zugklassenabhängige typische Dauern der oben betrachteten Erschütterungen die zu erwartende Schienenfrequentierung für das Jahr 2030 /2.1.5/ verwendet. Unter Heranziehung o. g. Mittelwerte der Körperschallschnellepegel ergeben sich die in nachstehender Tabelle zusammengefassten mittleren Sekundärschallpegel L_m tags und nachts (es wurde derselbe Bereich üblicher Rohdeckeneigenfrequenzen von 11 - 36 Hz wie in Tab. 6 - 22 angenommen).

Tabelle 23: Mittlere Sekundärschallpegel L_m im Bereich der Messpunkte MP1 und MP2

Tagzeit	L_m [dB(A)] / Messpunkt		zulässig gem. /2.2.11/ für Wohngebiete	zulässig gem. /2.2.11/ für <u>alle anderen</u> Gebiete
	MP1	MP2		
Tag	51 ... 54	43 ... 47	30 ... 35	35 ... 40
Nacht	48 ... 51	40 ... 44	-	30 ... 35

Tabelle 24: Mittlere Sekundärschallpegel L_m im Bereich der Messpunkte MP3 und MP4

Tagzeit	L_m [dB(A)] / Messpunkt		zulässig gem. /2.2.11/
	MP3	MP4	
Tag	42 ... 46	28 ... 31	30 ... 35
Nacht	39 ... 43	24 ... 28	25 ... 30

Tabelle 25: Mittlere Sekundärschallpegel L_m im Bereich der Messpunkte MP5 - MP8

Tagzeit	L_m [dB(A)] / Messpunkt				zulässig gem. /2.2.11/
	MP5	MP6	MP7	MP8	
Tag	46 ... 49	23 ... 29	34 ... 39	32 ... 37	35 ... 40
Nacht	43 ... 46	20 ... 25	31 ... 36	29 ... 34	30 ... 35

Beim Vergleich der prognostizierten Sekundärschallpegel mit den Werten der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 /2.2.11, 2.2.12/ erkennt man, dass die Anforderung an die mittleren Maximalpegel L_{max} für Wohngebiete tags und für Gewerbegebiete am Tag und in der Nacht im Bereich der Messpunkte MP1 und MP2 überschritten wird (vgl. Tab. 22).

Auf Höhe des Messpunkts MP3 werden die Vorgaben für die in Wohngebieten zulässigen mittleren Maximalpegel L_{max} sowohl nachts als auch am Tag ebenfalls **überschritten**, wogegen die entsprechenden Anhaltswerte für Wohngebiete nachts und tags im Bereich des MP4 **eingehalten** werden.

Im Bereich des MP5 werden die Anhaltswerte für die in Mischgebieten zulässigen mittleren Maximalpegel L_{max} sowohl in der Nacht als auch am Tag **überschritten**, während die zugehörigen Anhaltswerte für Mischgebiete nachts und tags auf Höhe des MP6 **eingehalten** werden.

In an den Messpunkten MP7 und MP8 geplanten Gebäuden werden die Anforderungen an in Mischgebieten heranzuziehenden mittleren Maximalpegel des Sekundärschalls L_{\max} sowohl in der Nacht als auch am Tag **eingehalten**.

Die Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038 für die in Wohngebieten tags bzw. in Gewerbegebieten nachts und tags erlaubten mittleren Sekundärschallpegel L_m werden im Bereich der Messpunkte MP1 und MP2 **überschritten**.

Im Bereich des MP3 werden die Vorgaben für die in Wohngebieten zulässigen Mittelungspegel L_m sowohl nachts als auch am Tag ebenfalls **überschritten**, während auf Höhe des MP4 die entsprechenden Anhaltswerte für Wohngebiete nachts und tags **eingehalten** werden.

Für in der Nähe des MP5 errichtete Gebäude werden die Anhaltswerte für die in Mischgebieten erlaubten mittleren Maximalpegel L_{\max} sowohl in der Nacht als auch am Tag **überschritten**, wogegen im Bereich des MP6 die entsprechenden Vorgaben für Mischgebiete nachts und tags **eingehalten** werden.

Auf Höhe der Messpunkte MP7 und MP8 werden die Anforderungen an die in Mischgebieten zulässigen mittleren Mittelungspegel des Sekundärschalls L_m sowohl nachts als auch tagsüber **eingehalten**.

Im Hinblick auf die Einhaltung der Anhaltswerte die mittleren Maximalpegel L_{\max} und mittlere Pegel L_m des Sekundärschalls, gemäß der VDI-Richtlinie 2719, sind zumindest im Bereich der Messpunkte MP1-MP3 und MP5 erschütterungsmindernde Maßnahmen, wie z. B. der Einbau einer elastischen Lagerung, erforderlich und in die Planung aufzunehmen.

6.4 Empfehlungen für das Bauleitplanverfahren

Wie die Ergebnisse der Messungen und der Berechnungen zu Erschütterungseinwirkungen sowie zum Sekundärluftschall in den vorhergehenden Kapiteln zeigen, sind in künftigen Gebäuden im Nahbereich der Gleisanlage Überschreitungen der jeweiligen Anforderungen zu erwarten.

Aus fachtechnischer Sicht können auf dieser Basis die folgenden Empfehlungen für das Planverfahren bzw. eine künftige Bebauung, differenziert nach den Teilbereichen des Plangebietes, abgegeben werden:

Westfläche:

Für die geplante Bebauung im Urbanen Gebiet sind nach den Berechnungsergebnissen keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich;

Hauptfläche (SO 1):

Für die Bebauung in einer Entfernung von mehr als ca. 40 m von der nächsten Gleisachse sind keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich. Bei schutzbedürftigen Nutzungen in geringerem Abstand zur Schiene sind die auf künftige Gebäude einwirkenden Erschütterungen im Detail unter Berücksichtigung der konkret geplanten Gebäudekörper zu ermitteln und zu bewerten, ggf. sind Maßnahmen - wie eine elastische Gebäudelagerung - zu prüfen und umzusetzen;

Hauptfläche (Wohngebiete, Kita):

Für die Bebauung in einer Entfernung von mehr als ca. 60 m von der nächsten Gleisachse sind keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich. Bei schutzbedürftigen Nutzungen in kleinerem Abstand zur Schiene sind die im Gebäude einwirkenden Erschütterungen im Detail unter Berücksichtigung der konkret geplanten Gebäudekörper zu ermitteln und zu bewerten, ggf. sind Maßnahmen - wie eine elastische Gebäudelagerung - zu prüfen und umzusetzen;

Ostfläche (bei Festsetzung von Gewerbegebieten):

Bei Gebäuden mit schutzbedürftigen Nutzungen sind in einem Abstand von mehr als ca. 40 m von der nächsten Gleisachse keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich. Bei Abständen zur Schiene von weniger als 40 m sind die in Gebäuden einwirkenden Erschütterungen im Detail unter Berücksichtigung der konkret geplanten Gebäudekörper zu ermitteln und zu bewerten;

Ostfläche (bei Errichtung einer Schule):

Für eine Bebauung in einer Entfernung von mehr als ca. 60 m von der nächsten Gleisachse sind keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich. Bei schutzbedürftigen Nutzungen in kleinerem Abstand zur Schiene sind die im Gebäude einwirkenden Erschütterungen im Detail unter Berücksichtigung der konkret geplanten Gebäudekörper zu ermitteln und zu bewerten, ggf. sind Maßnahmen - wie eine elastische Gebäudelagerung - zu prüfen und umzusetzen;

7. Zusammenfassung

Die Krieger Handel SE plant auf dem Aa das „Pankower Tor“, dem Gelände des ehemaligen Güter- und Rangierbahnhofs Pankow, ein urbanes Stadtquartier und einen Wohnstandort entstehen zu lassen.

An das Plangebiet grenzen im Nordwesten die Schienenverkehrstrecken 6002 und 6081 an, welche intensiv von Güterzügen (GZ), IC-E und Regionalzügen (RV, RB, RE) frequentiert werden, die auf die geplanten Gebäude erhebliche Erschütterungseinwirkungen verursachen.


Zur Bewertung und Dokumentation der in den künftigen Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen und der zu erwartenden Einstrahlung von Sekundärschall aufgrund des Schienenverkehrs, u. A. gemäß der VDI-Richtlinie 2719, sind von IBAS Erschütterungs- / Schwingungsmessungen gemäß DIN 4150-2 in Verbindung mit DIN 45669-2 bzw. DIN 45672 durchgeführt worden.


Dabei hat sich gezeigt, dass die normativen Anforderungen zum Erschütterungsschutz gemäß DIN 4150-2 für die entsprechenden Gebietskategorien, zumindest für den Teil der geplanten Bebauung auf Höhe der vorderen (bahnnahen) Messpunkte MP1-MP3 und MP5, in der Nacht und am Tag nicht eingehalten werden. Dagegen können die Anforderungen der DIN 4150-2 für Gebäude im Bereich der Messpunkte MP4, MP6, MP7 und sowohl zur Nacht- als auch zur Tagzeit erfüllt werden.

Entsprechend werden die Anhaltswerte zum Sekundärluftschall der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 sowohl bzgl. der mittleren Maximalpegel L_{max} als auch hinsichtlich der Mittelungspegel L_m zumindest für auf Höhe der Messpunkte MP1-MP3 und MP5 errichtete Gebäude nachts und tags überschritten. An den übrigen Messpunkten MP4, MP6, MP7 und MP8 werden die zugehörigen Anforderungen an L_{max} und L_m dagegen in der Nacht und am Tag **eingehalten** werden.

Die auf Basis der Messungen und Berechnungen resultierenden Empfehlungen für künftige Planungen sind unter Punkt 6.4 zusammengefasst. Demnach werden – je nach Gebietsart – in Abständen von mehr als 40 ... 60 m von der nächsten Gleisachse keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen bzw. Sekundärluftschall erforderlich. Bei schutzbedürftigen Nutzungen in geringerem Abstand zur Schiene sind die im Gebäude einwirkenden Erschütterungen im Detail unter Berücksichtigung der konkret geplanten Gebäudekörper zu ermitteln und zu bewerten, ggf. sind Maßnahmen - wie eine elastische Gebäudelagerung - zu prüfen und umzusetzen.

IBAS GmbH


Dipl.-Ing. (FH) M. Hofmann


Dr. rer. nat. G. Seidl

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die IBAS Ingenieurgesellschaft mbH. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.

Auftrag: 20.12243-b09 Anl.: 1.3
Projekt: Bebauungsplan 3-60
"Pankower Tor"
Ort: Pankow

Lageplan
**Messpunkte
Erschütterungen**
Bereich Ost



MP 1, Gemeinbedarfs-/
Gewerbebläche
10 m Abstand
zur Schiene

MP 2, Gemeinbedarfs-/
Gewerbebläche
30 m Abstand
zur Schiene

Alternative Art der zulässigen Nutzung und alternative
Maß der baulichen Nutzung
siehe unten

Maßstab 1:2500
(im Original)



BAUPHYSIK | AKUSTIK | SCHWINGUNGSTECHNIK
Nibelungenstraße 35, 95444 Bayreuth
Tel.: 0921/757430
email: info@ibas-mbh.de
2012243b09_Lageplan_Erschütterungen.cna

Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

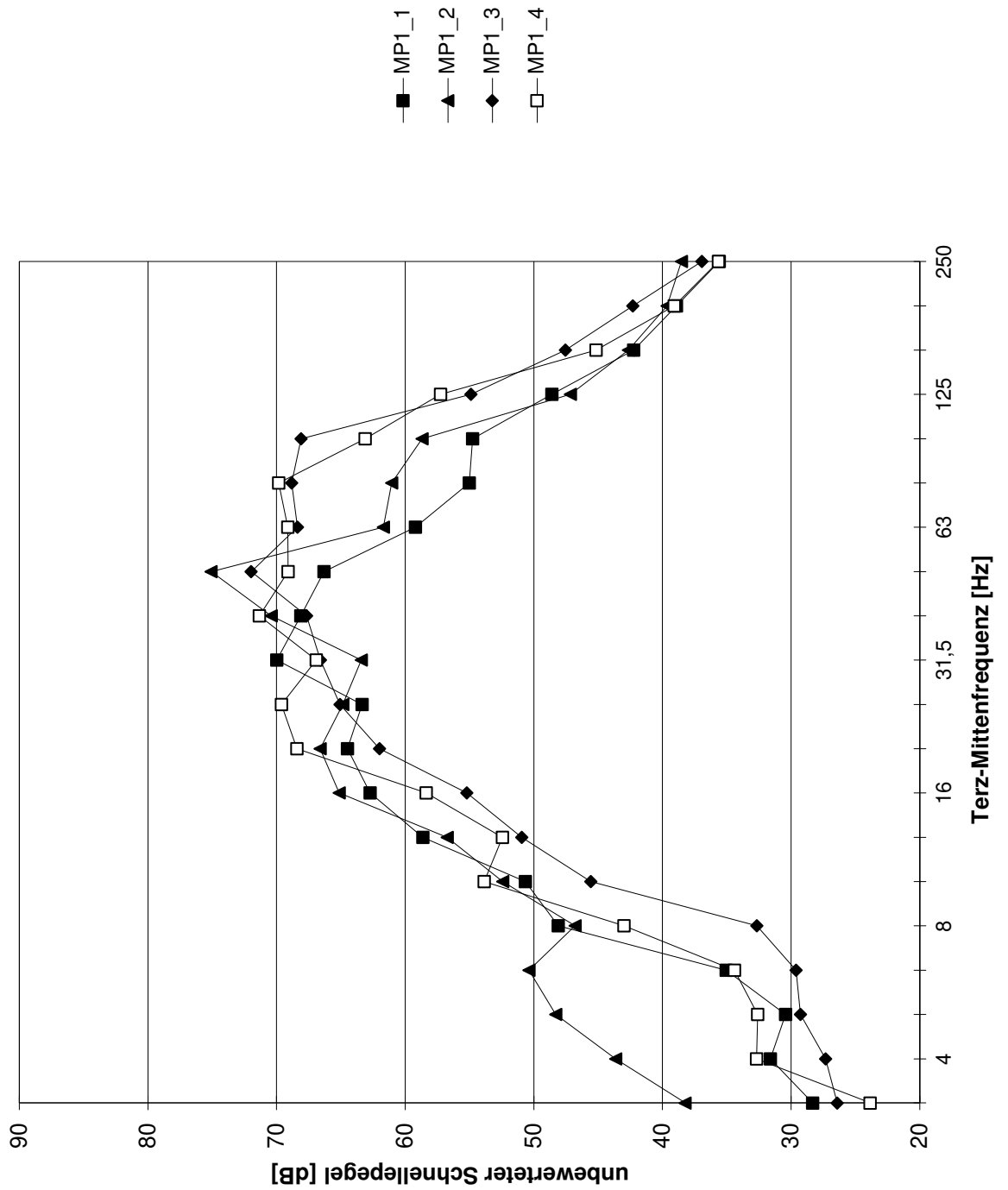
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP1 / SYS22 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP1_1	28,3	31,6	30,4	35,0	48,1	50,7	58,6	62,7	64,5	63,4	70,0	68,1	66,3	59,2	55,0	54,8	48,6	42,2	38,9	35,6	74,8
MP1_2	38,2	43,6	48,3	50,4	46,8	52,4	56,7	65,1	66,6	64,9	63,4	70,4	75,1	61,7	61,1	58,7	47,2	42,7	39,6	38,5	77,8
MP1_3	26,4	27,3	29,3	29,6	32,7	45,6	50,9	55,2	62,0	65,1	66,6	67,7	72,0	68,4	68,8	68,1	54,9	47,6	42,3	36,9	77,2
MP1_4	23,9	32,7	32,6	34,4	43,0	53,9	52,4	58,4	68,4	69,6	66,9	71,3	69,1	69,1	69,8	63,1	57,3	45,2	39,1	35,6	78,1

MP1_1: SYS22, MP1_1
 MP1_2: SYS22, MP1_2
 MP1_3: SYS22, MP1_3
 MP1_4: SYS22, MP1_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.1
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP1 / SYS22 auf Erdspeiß



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

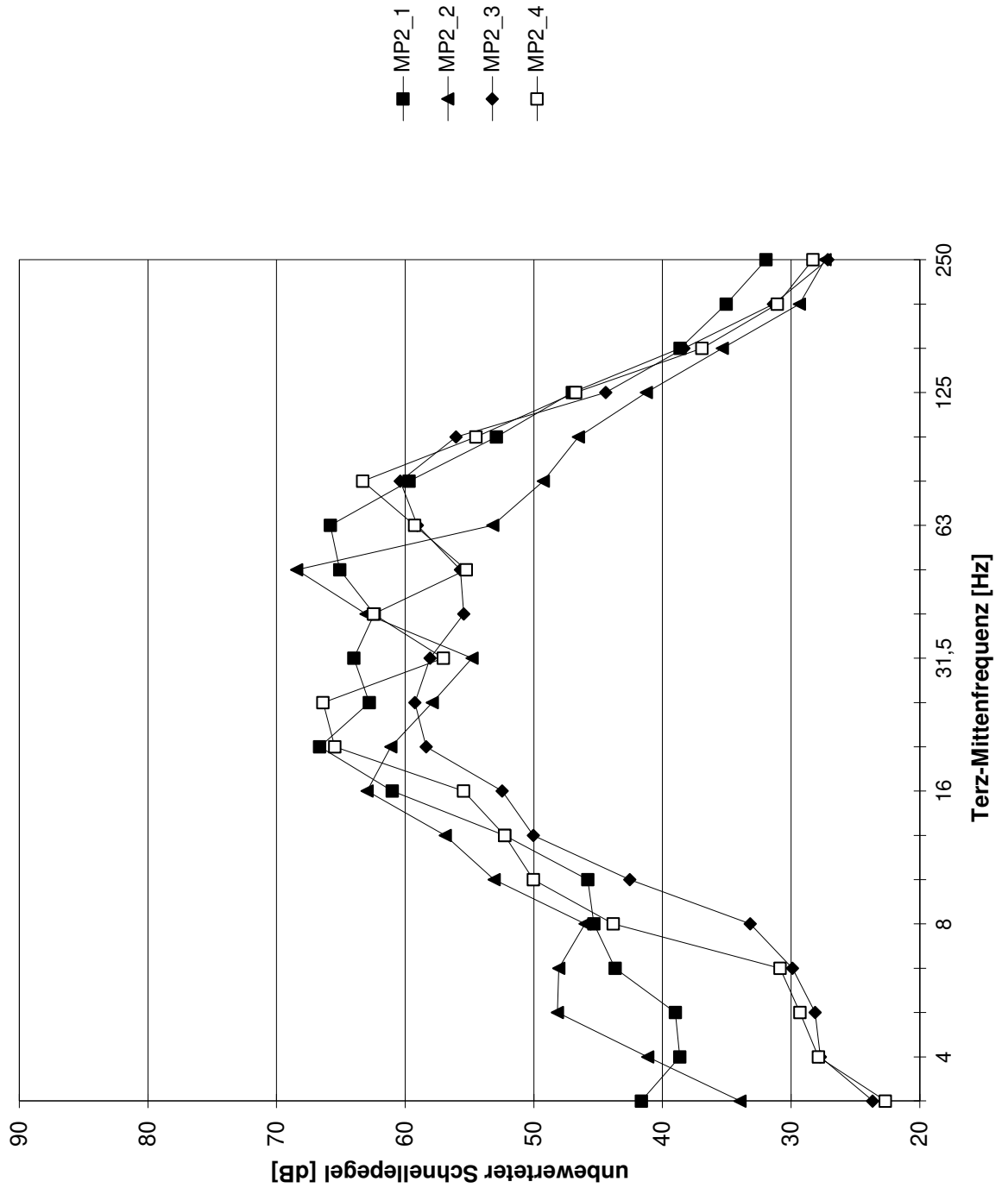
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP2 / SYS6 auf Betonplatte

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP2_1	41,6	38,6	39,0	43,7	45,3	45,8	52,3	61,0	66,7	62,8	64,0	62,4	65,1	65,8	59,7	52,9	47,0	38,6	35,0	32,0	73,1
MP2_2	34,0	41,1	48,2	48,1	46,0	53,1	56,9	63,0	61,1	57,9	54,8	63,1	68,4	53,2	49,3	46,5	41,3	35,4	29,4	27,4	71,6
MP2_3	23,7	27,7	28,1	29,9	33,2	42,5	50,0	52,5	58,4	59,3	58,1	55,5	55,7	59,1	60,4	56,1	44,4	38,3	31,4	27,1	67,4
MP2_4	22,7	27,9	29,3	30,9	43,8	50,0	52,3	55,5	65,5	66,4	57,0	62,5	55,2	59,3	63,3	54,5	46,8	36,9	31,1	28,3	71,6

MP2_1: SYS6, MP2_1
 MP2_2: SYS6, MP2_2
 MP2_3: SYS6, MP2_3
 MP2_4: SYS6, MP2_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.3
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP2 / SYS6 auf Betonplatte



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

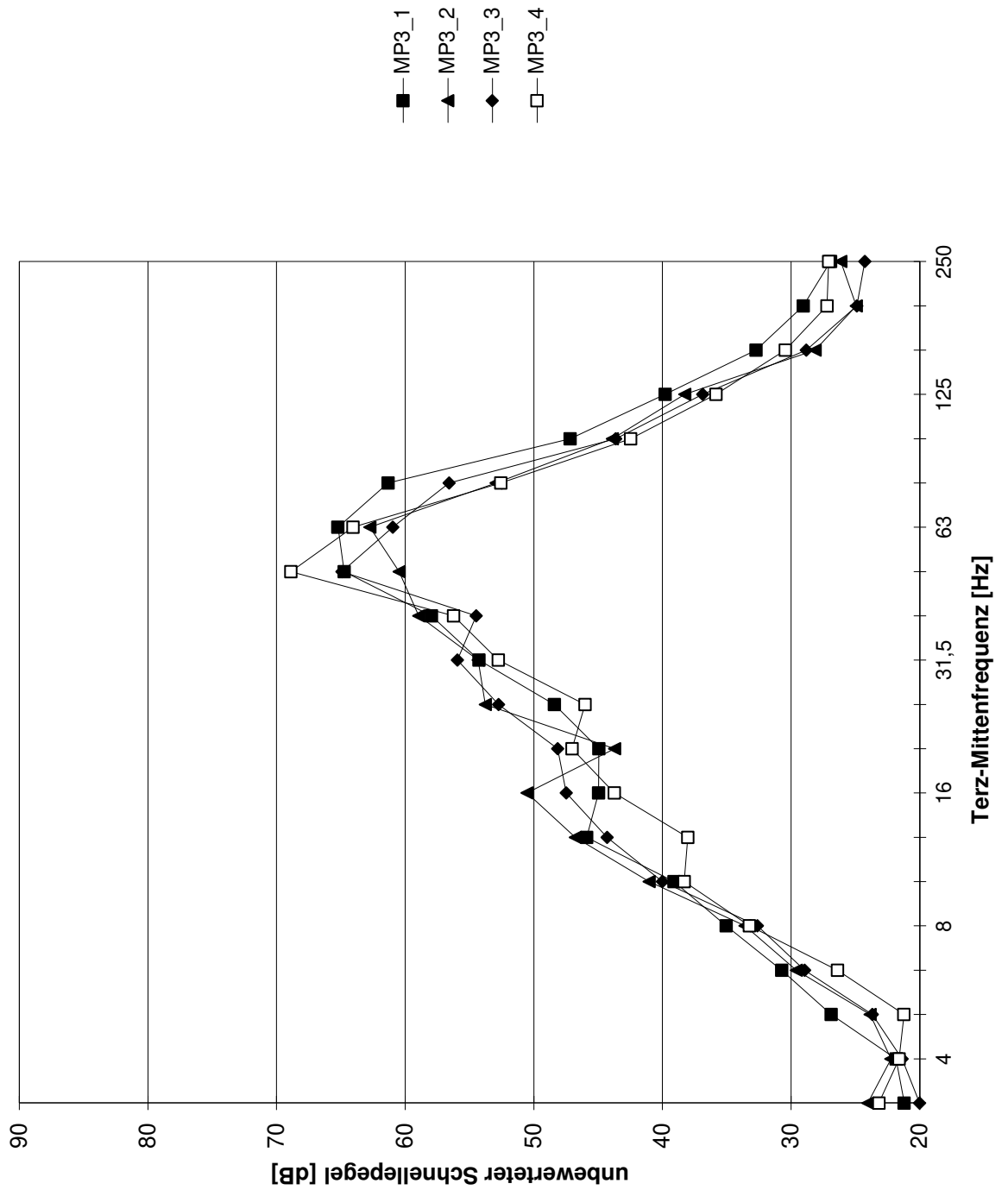
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP3 / SYS18 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP3_1	21,2	21,8	26,9	30,7	35,0	39,1	45,9	45,0	44,9	48,4	54,3	58,0	64,8	65,2	61,3	47,2	39,8	32,7	29,1	26,9	69,5
MP3_2	24,0	22,2	23,9	29,6	33,6	41,0	46,8	50,5	43,7	53,8	54,3	59,0	60,5	62,8	52,9	43,9	38,3	28,1	24,9	26,1	66,7
MP3_3	20,0	21,4	23,7	29,0	32,6	40,0	44,3	47,5	48,2	52,7	55,9	54,5	64,9	61,0	56,6	43,6	36,9	28,8	24,9	24,3	67,7
MP3_4	23,2	21,6	21,2	26,4	33,2	38,3	38,0	43,8	47,0	46,0	52,8	56,2	68,9	64,1	52,6	42,5	35,8	30,5	27,2	27,1	70,5

MP3_1: SYS18, MP3_1
 MP3_2: SYS18, MP3_2
 MP3_3: SYS18, MP3_3
 MP3_4: SYS18, MP3_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2:5
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP3 / SYS18 auf Erdspeiß



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

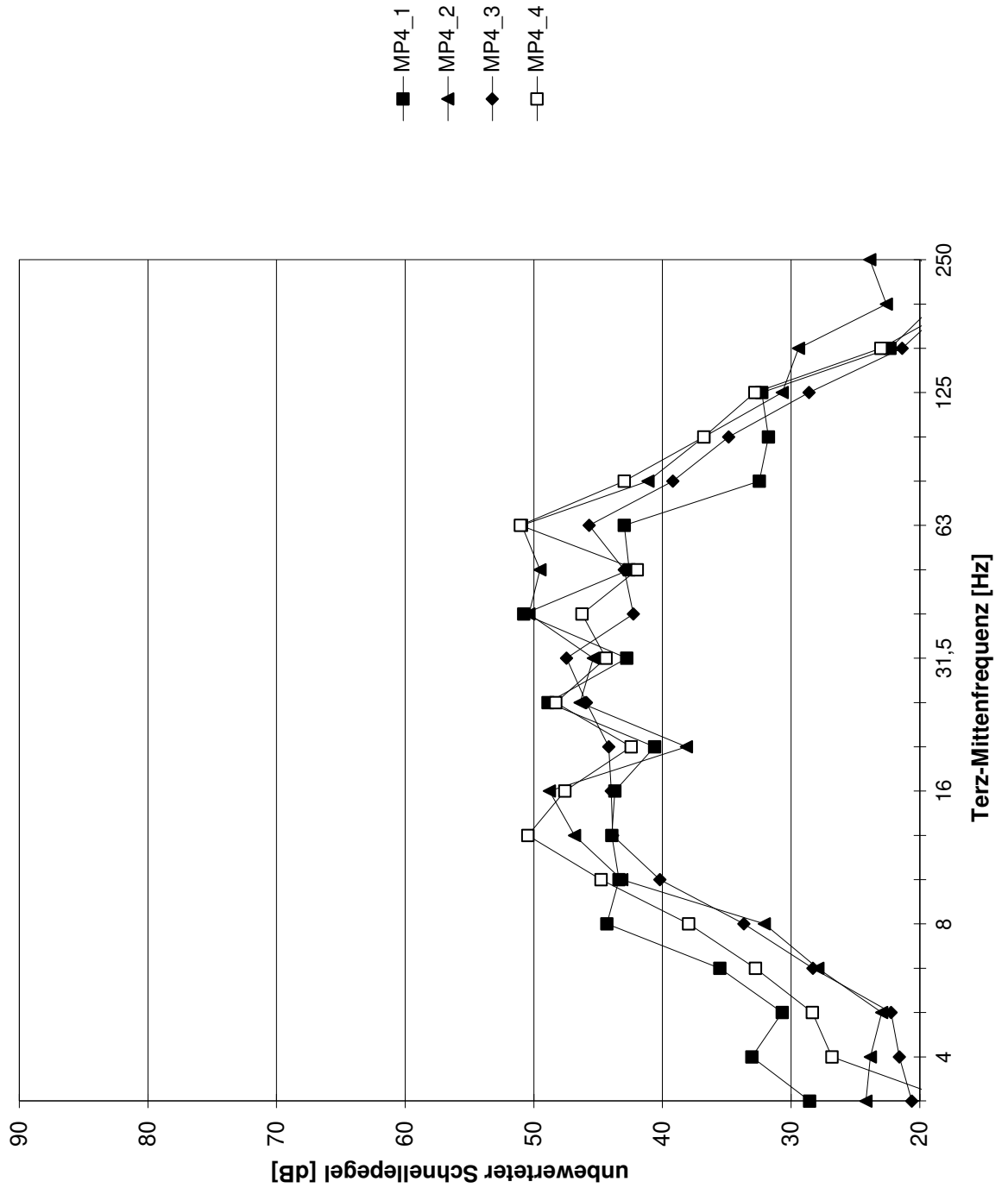
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP4 / SYS19 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP4_1	28,6	33,1	30,7	35,6	44,3	43,4	43,9	43,7	40,6	48,9	42,8	50,8	42,6	43,0	32,5	31,8	32,3	22,3	18,8	14,0	55,7
MP4_2	24,2	23,8	23,0	27,9	32,1	43,2	46,8	48,8	38,1	46,4	45,4	50,4	49,5	51,0	41,1	36,8	30,7	29,4	22,6	23,9	57,6
MP4_3	20,6	21,6	22,2	28,3	33,7	40,2	43,9	44,0	44,2	45,9	47,5	42,3	43,0	45,7	39,2	34,8	28,6	21,4	17,6	19,9	54,3
MP4_4	17,4	26,8	28,3	32,8	38,0	44,8	50,5	47,6	42,4	48,3	44,4	46,3	42,0	51,0	43,0	36,8	32,8	23,0	16,8	14,9	57,3

MP4_1: SYS19, MP4_1
 MP4_2: SYS19, MP4_2
 MP4_3: SYS19, MP4_3
 MP4_4: SYS19, MP4_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.7
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP4 / SYS19 auf Erdspeiß



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

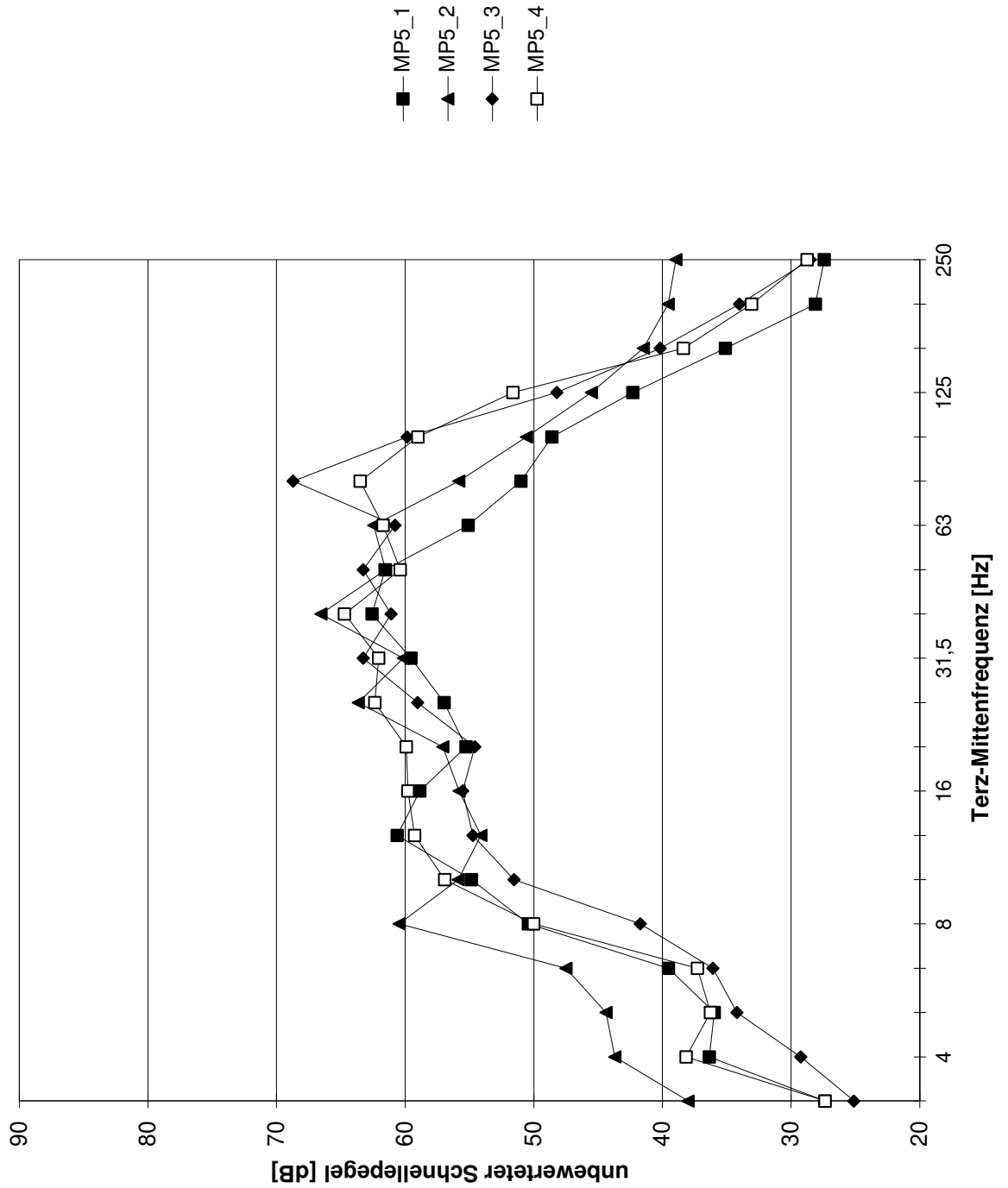
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP5 / SYS20 auf Betonplatte

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP5_1	27,4	36,4	36,0	39,5	50,4	54,8	60,6	58,9	55,3	57,0	59,6	62,6	61,6	55,1	51,0	48,6	42,3	35,1	28,1	27,4	69
MP5_2	38,0	43,7	44,4	47,5	60,5	55,9	54,1	55,8	57,1	63,6	60,2	66,6	61,5	62,5	55,8	50,6	45,5	41,5	39,6	39,0	71,6
MP5_3	25,1	29,2	34,2	36,1	41,7	51,5	54,7	55,5	54,6	59,0	63,3	61,1	63,3	60,8	68,7	59,8	48,2	40,2	34,0	28,5	72,3
MP5_4	27,4	38,2	36,3	37,3	50,0	56,9	59,3	59,8	59,9	62,4	62,1	64,7	60,4	61,7	63,5	59,0	51,6	38,4	33,1	28,8	71,9

MP5_1: SYS20, MP5_1
 MP5_2: SYS20, MP5_2
 MP5_3: SYS20, MP5_3
 MP5_4: SYS20, MP5_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.9
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP5 / SYS20 auf Betonplatte



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

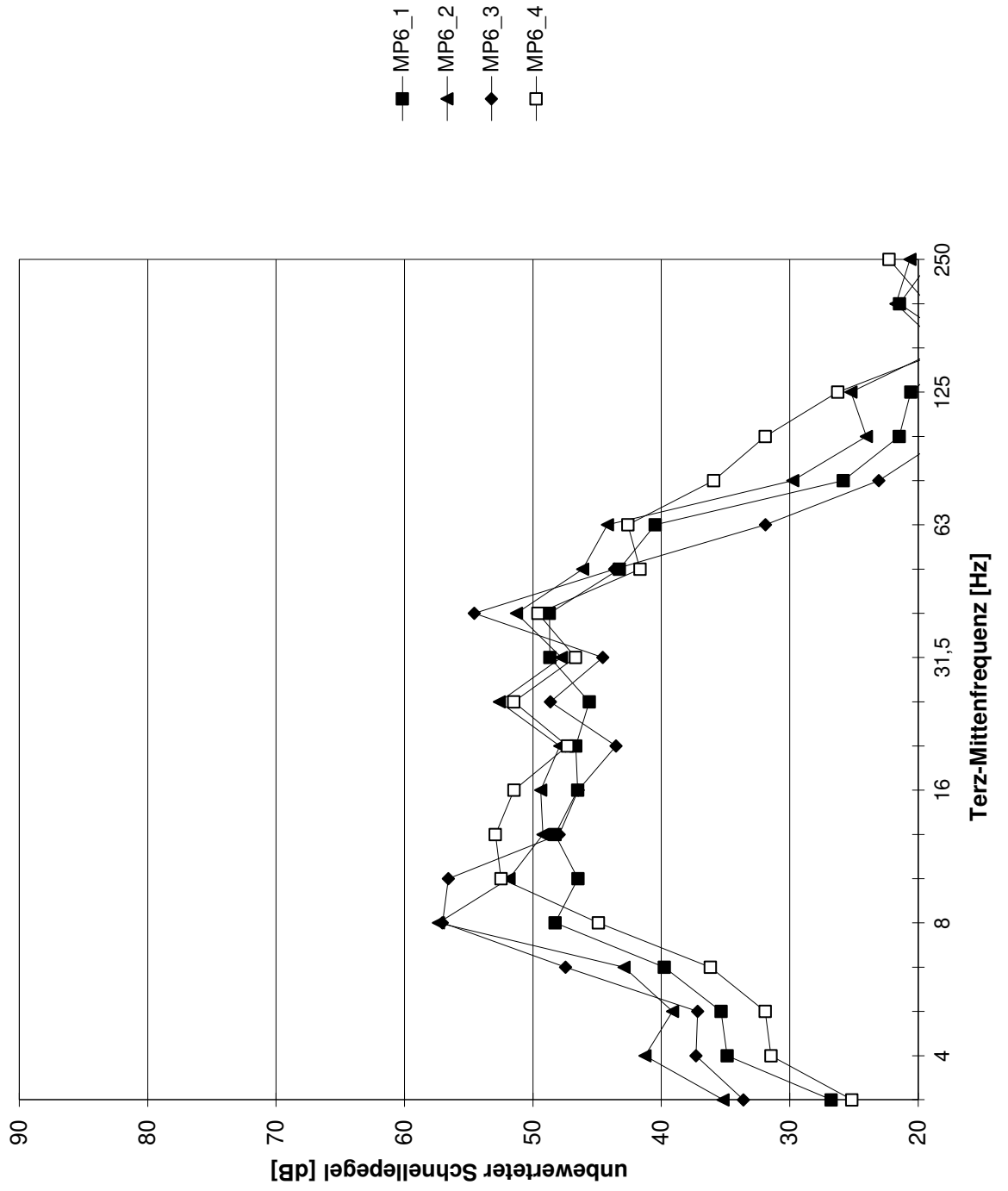
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP6 / SYS21 auf Erdspieß

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																			Sum.	
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200		250
MP6_1	26,8	34,9	35,4	39,8	48,3	46,5	48,3	46,5	46,7	45,6	48,7	48,7	43,3	40,5	25,8	21,5	20,6	16,4	21,4	18,9	57
MP6_2	35,2	41,3	39,1	42,9	57,4	51,9	49,2	49,4	47,9	52,6	47,8	51,3	46,1	44,2	29,8	24,0	25,2	18,1	21,7	20,6	61,5
MP6_3	33,6	37,3	37,2	47,5	57,1	56,6	48,0	46,5	43,5	48,6	44,6	54,6	43,6	31,9	23,1	17,8	19,6	15,7	17,2	15,3	62
MP6_4	25,2	31,5	31,9	36,2	44,9	52,5	52,9	51,5	47,3	51,5	46,7	49,6	41,7	42,6	35,9	31,9	26,3	17,4	19,3	22,3	59,7

MP6_1: SYS21, MP6_1
 MP6_2: SYS21, MP6_2
 MP6_3: SYS21, MP6_3
 MP6_4: SYS21, MP6_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.11
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP6 / SYS21 auf Erdspeiß



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

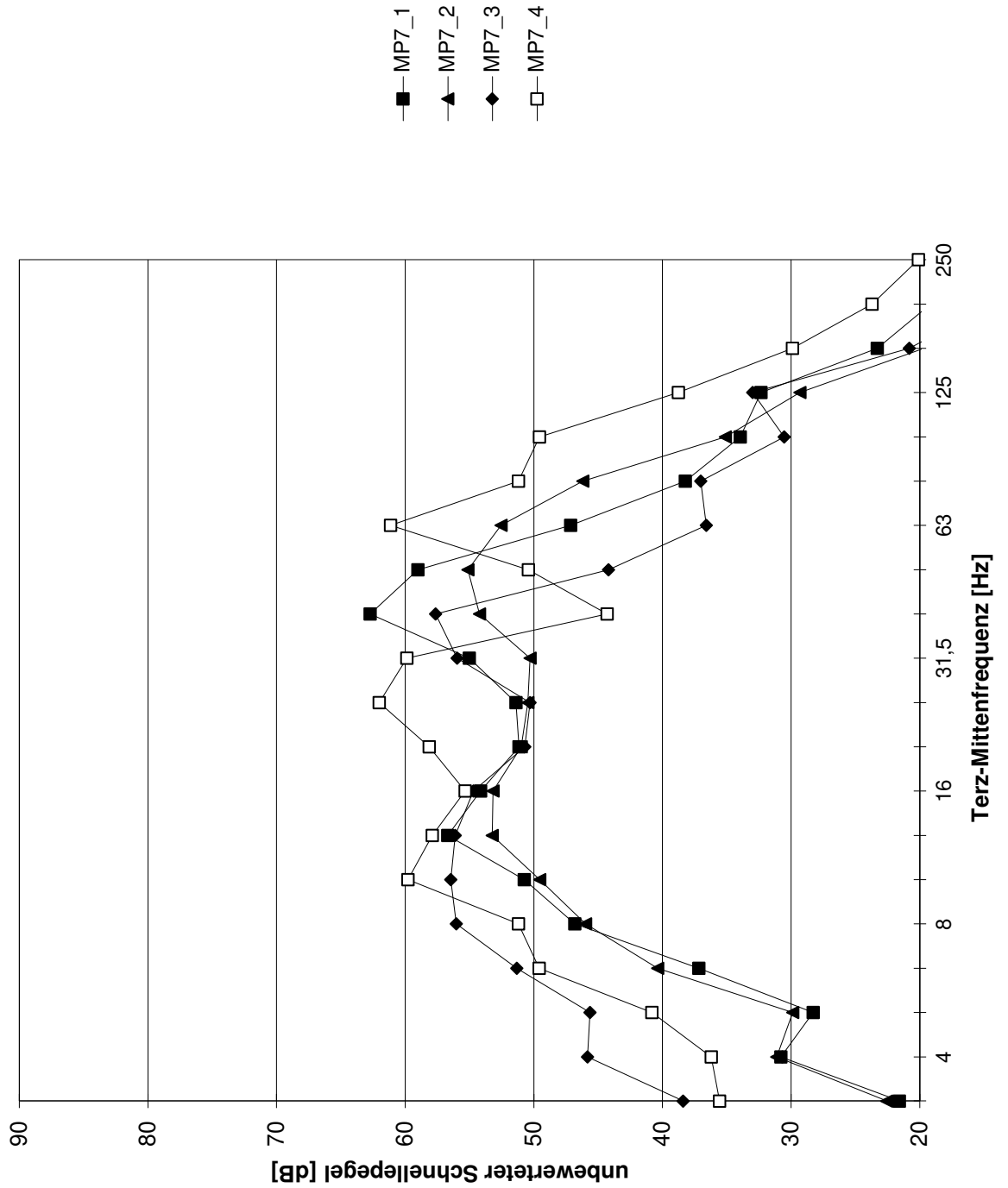
Vertikale Schwinggeschwindigkeiten am MP7 / SYS25 auf Mauerwerk

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP7_1	21,6	30,8	28,3	37,2	46,8	50,7	56,7	54,1	51,2	51,4	55,0	62,7	59,0	47,1	38,2	34,0	32,3	23,3	19,2	16,1	66,3
MP7_2	22,6	31,1	29,9	40,4	46,0	49,5	53,2	53,2	51,0	50,5	50,3	54,2	55,1	52,6	46,2	35,1	29,3	19,7	15,0	13,9	62,4
MP7_3	38,4	45,8	45,6	51,3	56,0	56,5	56,1	54,7	50,7	50,3	56,0	57,6	44,2	36,6	37,0	30,5	33,0	20,8	14,4	11,9	64,8
MP7_4	35,6	36,2	40,8	49,6	51,2	59,8	57,9	55,3	58,1	62,0	59,9	44,3	50,4	61,1	51,2	49,6	38,8	29,9	23,7	20,1	68,5

MP7_1: SYS25, MP7_1
 MP7_2: SYS25, MP7_2
 MP7_3: SYS25, MP7_3
 MP7_4: SYS25, MP7_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.13
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP7 / SYS25 auf Mauerwerk



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

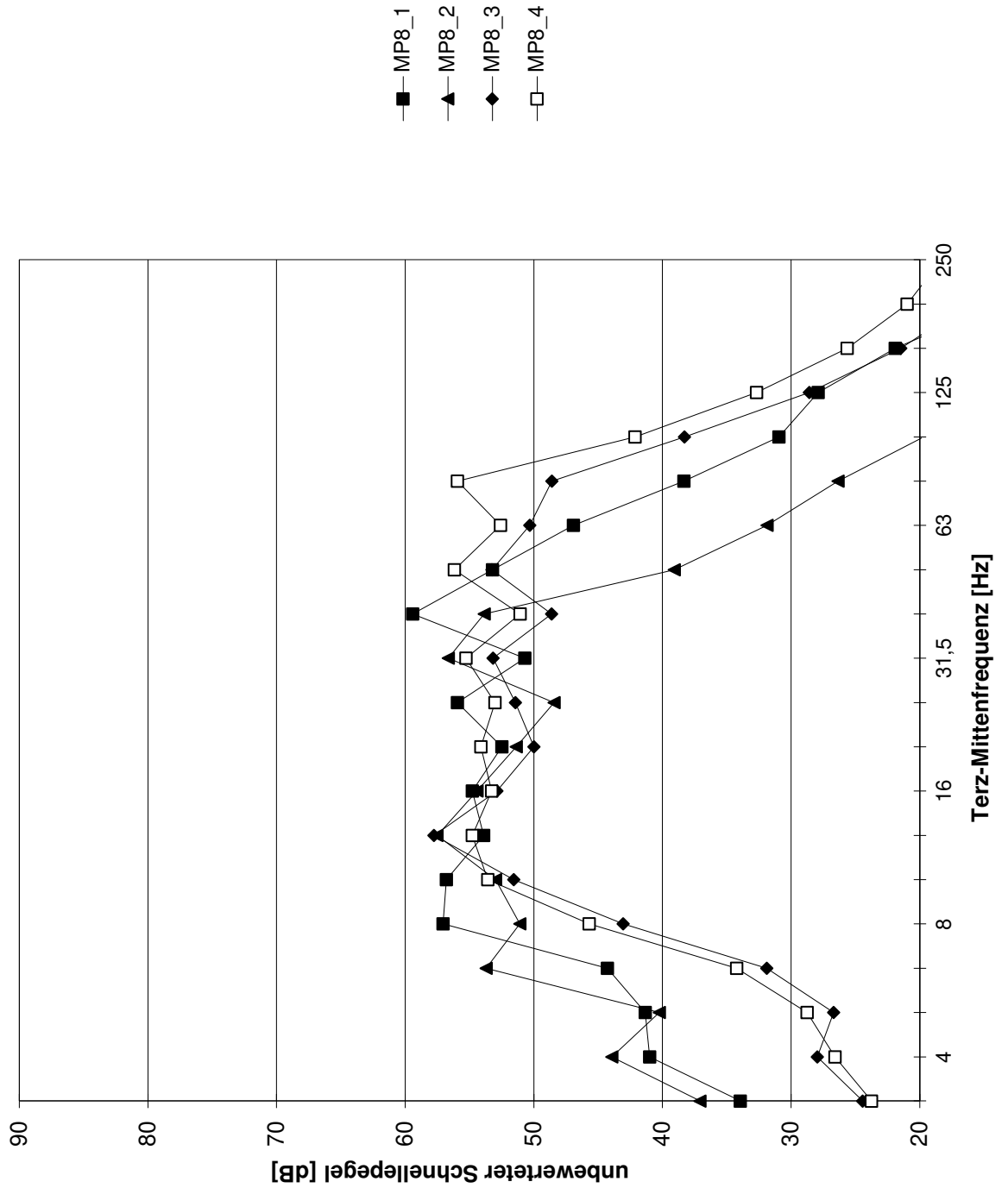
Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP8 / SYS26 auf Betonschwellen

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP8_1	34,0	41,0	41,3	44,3	57,1	56,8	53,9	54,8	52,5	55,9	50,7	59,4	53,2	46,9	38,3	30,9	27,9	21,9	14,0	11,5	65,3
MP8_2	37,1	43,9	40,2	53,7	51,1	53,0	57,5	54,4	51,4	48,4	56,6	53,9	39,1	31,9	26,4	19,7	17,4	11,2	7,4	6,1	63,7
MP8_3	24,4	28,0	26,7	31,9	43,1	51,6	57,8	52,9	50,0	51,4	53,2	48,6	53,3	50,3	48,6	38,3	28,6	21,5	16,2	13,3	62,7
MP8_4	23,7	26,6	28,8	34,2	45,7	53,6	54,8	53,3	54,1	53,0	55,3	51,1	56,2	52,6	55,9	42,1	32,7	25,6	21,0	18,3	64,3

MP8_1: SYS26, MP8_1
 MP8_2: SYS26, MP8_2
 MP8_3: SYS26, MP8_3
 MP8_4: SYS26, MP8_4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.15
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten am MP8 / SYS26 auf Betonschwellen



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

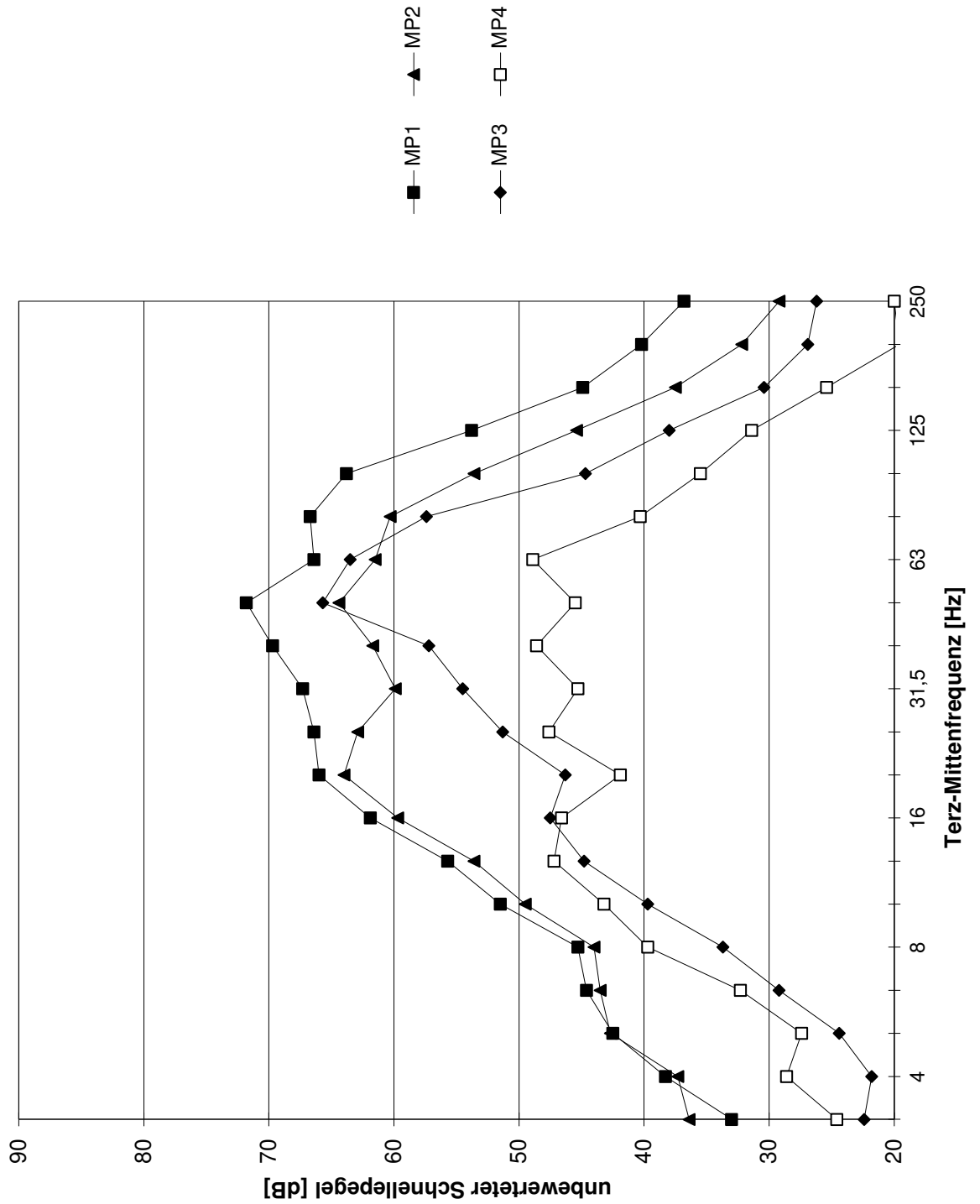
Mittel vertikale Schwinggeschwindigkeiten MP1 - MP4

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP1	33	38,3	42,5	44,6	45,3	51,5	55,7	61,9	66	66,4	67,3	69,7	71,8	66,4	66,7	63,8	53,8	44,9	40,2	36,8	77,2
MP2	36,4	37,3	42,7	43,5	44	49,5	53,6	59,7	64	62,9	59,9	61,7	64,4	61,5	60,3	53,6	45,4	37,5	32,2	29,2	71,4
MP3	22,4	21,8	24,4	29,2	33,7	39,7	44,8	47,5	46,3	51,3	54,5	57,2	65,7	63,5	57,4	44,7	38	30,4	26,9	26,2	68,8
MP4	24,6	28,6	27,4	32,3	39,7	43,2	47,2	46,6	41,9	47,6	45,3	48,6	45,5	48,9	40,3	35,5	31,4	25,4	19,6	20	56,4

MP1: Mittel MP1
 MP2: Mittel MP2
 MP3: Mittel MP3
 MP4: Mittel MP4

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.17
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Mittel vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten MP1 - MP4



Zugerschütterungen auf dem Gelände Pankower Tor, Berlin

Schwingungsmessungen vom 30.11.-2.12.2022

Lineare Schnellepegel re. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s

Mittel vertikale Schwinggeschwindigkeiten MP5 - MP8

Spektrum	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																				Sum.
	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
MP5	32,9	39,4	39,8	42,7	55,3	55,2	58,1	57,9	57,2	61,3	61,5	64,2	61,8	60,8	64,1	56,9	48,2	39,4	35,5	33,9	71,4
MP6	32,1	37,6	36,6	43,5	54,6	53,2	50,1	49	46,6	50,3	47,2	51,7	44	41,6	31,3	27	23,8	17	20,3	20	60,4
MP7	34,3	40,5	41	47,8	51,9	56	56,3	54,4	54,1	56,9	56,5	58,4	55	55,8	46,6	43,9	34,8	25,4	19,7	16,6	66
MP8	33,1	39,8	38	48,2	52,4	54,2	56,3	53,9	52,3	53	54,5	55,2	53,2	49,3	50,7	37,9	29,1	22,3	16,9	14,3	64,1

MP5: Mittel MP5
 MP6: Mittel MP6
 MP7: Mittel MP7
 MP8: Mittel MP8

Auftrag: 20.12243-b09 Anlage: 2.19
 Projekt: Pankower Tor
 Schwingungsmessungen
 Ort: Berlin

Mittel vertikale Schwingungsgeschwindigkeiten MP5 - MP8

