

Erschütterungsprognose B-Plan Hammerbrook 15 Baukörper Nord

Untersuchung der Erschütterungen aus Schienenverkehr

Auftraggeber: Grundstücksgesellschaft Spaldingstraße 140 GmbH
Rothenbaumchaussee 43
20148 Hamburg

Berichtsnummer: L0851.001.01.001

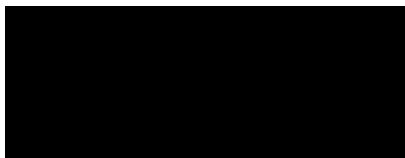
Dieser Bericht umfasst 7 Seiten Text und 5 Seiten Anhang.



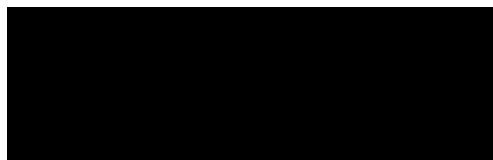
Akkreditierung nach
DIN EN ISO/IEC 17025
für die Prüfarten Geräusche,
Erschütterungen und
Bauakustik

Höchberg, 28.02.2023

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen



fachliche Verantwortung



Prüfung und Freigabe

VMPA-anerkannte Schall-
schutzprüfstelle
nach DIN 4109,
VMPA-SPG-210-04-BY

Änderungsindex

Version	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
001	28.02.2023	-	-	Erstellung

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	3
2	Unterlagen, Abkürzungen	3
2.1	Unterlagenverzeichnis	3
2.2	Abkürzungsverzeichnis	4
3	Situation vor Ort, Durchführung der Messung	4
4	Anforderungen zum Erschütterungsschutz.....	4
5	Auswertung, Erschütterungsprognose.....	5
5.1	Auswertung.....	6
6	Beurteilung, Fazit.....	7

Anhänge

Anhang	Inhalt	Seite
A	Allgemeines, Grundlagen	A01-A04
B	Messergebnisse, Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich	B01-B01

1 Aufgabenstellung

Die Grundstücksgesellschaft Spaldingstraße 140 GmbH plant den Neubau eines Bürogebäudes und eines „Stadtregals“ auf einer Fläche, die unmittelbar von einem S-Bahn-Viadukt überführt wird und auf der sich 2 der Viadukt-Stützen befinden. Wölfel Engineering wurde mit Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 (vgl. [01]) beauftragt, um vorab die Erschütterungseinwirkungen des Viadukt-Schienenverkehrs auf die geplanten Neubauten zu ermitteln.

Im vorliegenden Bericht sind die Durchführung und die wesentlichen Ergebnisse der Messungen vom 10.02.2023 sowie deren Beurteilung gemäß der geltenden Norm DIN 4150 Teil 2 und 3 beschrieben.

2 Unterlagen, Abkürzungen

2.1 Unterlagenverzeichnis

Nr.	Dokument	Bezeichnung / Beschreibung	
[01]	DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen	
	[01a]	Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen	2001-06
	[01b]	Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	1999-06
	[01c]	Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen	2016-12
[02]	DIN 45669	Messung von Schwingungsimmissionen	
	[02a]	Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	2020-06
	[02b]	Teil 2: Messverfahren	2005-06
[03]	DIN 45672	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen	
	[03a]	Teil 1: Messverfahren für Schwingungen	2018-02
	[03b]	Teil 2: Auswerteverfahren	1995-07
[04]	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm TA-Lärm	1998-08
[05]	Said, Grütz, Garburg	Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr; Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53 (2006) Nr. 1	2006-01
[06]	DB Netze	Richtlinie 820 „Grundlagen des Oberbaus“; Ril 820.2050 „Erschütterungen u. sekundärer Luftschall; Aktualisiervg. 08	2017-09
[07]	VDI 3837	Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen; Spektrales Prognoseverfahren	2013-01
[08]	VDI 2038	Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik	
	[09a]	Blatt 1: Grundlagen – Methoden, Vorgehensweisen und Einwirkungen	2012-06
	[09b]	Blatt 2: Schwingungen und Erschütterungen Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung	2013-01
	[09c]	Blatt 3: Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung Beurteilung und Minderung	2013-11
[09]	VDI 2057	Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen	
	[10a]	Blatt 1: Ganzkörper-Schwingungen	2017-08
	[10b]	Blatt 3: Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden	2017-03
[10]	Angaben per Email/ Telefon	Unterlagen zum Bebauungsplan, Lagepläne weitere Angaben per Telefon/Email	2022-12

2.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
WA/MI/GE	Wohn-/Misch-/Gewerbegebiet gemäß Baunutzungsverordnung (BauNVO)
BV	Bauvorhaben
UG, EG, OG	Untergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss
GOK	Geländeoberkante
MP	Messposition bzw. Messpunkt
$v / v_{0-P} / v_{RMS}$ [mm/s]	Schwinggeschwindigkeit / Amplitude / Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit
$a / a_{0-P} / a_{RMS}$ [m/s ²]	Schwingbeschleunigung / Amplitude / Effektivwert der Schwingbeschleunigung
$KB_F(t)$ [-]	bewertete Schwingstärke gemäß DIN 4150-2 ([01b]), per Definition dimensionslos
KB_{Fmax} [-]	Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke nach [01b]
KB_{FTr} [-]	Beurteilungsschwingstärke, nach [01b] unter Berücksichtigung d. Einwirkungsdauer
$a_{w(8)}$ [m/s ²]	Beurteilungsbeschleunigung nach [04] über eine Dauer von 8 h
$\max\{a_{wF}(t)\}$ [m/s ²]	Maximalwert der Beurteilungsbeschleunigung nach [04] über die Einwirkungsdauer

3 Situation vor Ort, Durchführung der Messung

Am 10.02.2023 wurde eine Erschütterungsmessung unterhalb des Viadukts direkt auf dem B-Plangebiet Baukörper Nord durchgeführt [10]. Hierbei wurden die Erschütterungsimmissionen erfasst, die vom Schienenverkehr ausgehend über die Stützen des Viadukts radial auf das B-Plangebiet Nord übertragen werden. Zum Zeitpunkt der Messungen fanden keine Bauarbeiten oder sonstige erschütterungsträchtigen Aktivitäten in der Nähe statt. Aufgrund der Nähe zu der vielbefahrenen Spalding-, Hammerbrook- und Nordkanalstraße ist der Erschütterungseinfluss durch den Straßenverkehr, insbesondere den Schwerlastverkehr nicht ausgeschlossen.

Zur Erfassung der Erschütterungsimmissionen wurden zwei Messpunkte MP 3 und MP 4 in verschiedenen Abständen zur nördlichen Stütze installiert. Die Oberfläche des B-Plangebiets besteht aus Asphalt und bietet somit eine ausreichend gute Anbindung der Sensoren zum Baugrund.

Für die Anzahl der Vorbeifahrten (Zugzahlen) wird der aktuelle Fahrplan der S-Bahnlinien S3 und S31 zugrunde gelegt. Diese beträgt insgesamt tags 384 (und nachts 96) Vorbeifahrten in beiden Richtungen. Eine offizielle Zugzahlprognose der Deutschen Bahn für 2030 auf diesem Streckenabschnitt sollte für eine Präzisierung der Erschütterungsprognose angefragt werden.

Weitere Informationen zu der verwendeten Messtechnik, Messpositionen, der Signalverarbeitung und der Messdurchführung sowie eine Fotodokumentation ist dem Anhang S. A1ff. zu entnehmen.

4 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Die Beurteilung von Erschütterungen bei Einwirkungen auf Gebäude erfolgt i.d.R. gemäß DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“ [01]). In deren Teil 1 werden Prognose-Modelle für die Erschütterungsausbreitung und typische Einwirkungen infolge verschiedener Verursacher beschrieben. In Teil 2 werden Anhaltswerte für die Belästigung von Personen in Gebäuden angegeben.

In DIN 4150 Teil 3 werden Anhaltswerte zur Beurteilung der Einwirkungen auf die Bausubstanz genannt. Da die Erschütterungen infolge Schienenverkehr i.d.R. zu gering sind, um Schäden an Gebäuden zu verursachen, wird an dieser Stelle nicht weiter auf diese Anforderungen eingegangen. Es erfolgt hierzu eine kurze Beurteilung für die prognostizierten Werte zum Abschluss des Berichts.

DIN 4150 Teil 2 beurteilt die Belästigung von Anwohnern aufgrund der auf den Decken auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sowie der Dauer der Einwirkung. Die Norm bezieht sich dabei auf Wohnungen bzw. Aufenthaltsräume. Auf der Anhangseite A4 sind die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1 der Norm genannt, dabei wird die Gebietseinstufung gemäß BauNVO berücksichtigt: Beispielsweise werden für ein Gewerbegebiet höhere Werte genannt als für ein Misch- oder Wohngebiet, d.h. für Betriebswohnungen in GE-Gebieten ist der Schutzanspruch geringer als für Wohnungen in MI/WA-Gebieten.

Für die Erschütterungsprognose des B-Plan-Gebiets Hammerbrook 15 wird „Kerngebiet“ (MK) zu Grunde gelegt. In Tabelle 1, Zeile 3 sind deren Anhaltswerte aufgeführt.

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach [1b] (vgl. Tab. A1)

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5)	0,2	5	0,1	0,15	0,6*	0,07
* abweichender Anhaltswert für Erschütterungen infolge Schienenverkehr nach Kap. 6.5.3.5 der Norm							

5 Auswertung, Erschütterungsprognose

Während der Messung am 10.02.2023 wurden Erschütterungssignale aufgrund von S-Bahn-Vorbeifahrten an 2 Messpunkten von der nördlichen Stütze ausgehend aufgezeichnet. Ausgesuchte Messdaten dieser Vorbeifahrten werden im Folgenden für die Prognose der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen auf dem B-Plangebiet für den nördlichen Baukörper verwendet. Im Anhang B ist beispielhaft das Signal einer Zugvorbeifahrt im Zeit- und Frequenzbereich an MP 4 dargestellt.

Der Messpunkt MP 4 hat einen Abstand von ca. 10 m zur Stützenachse. Der Messpunkt MP 3 liegt ca. 2 m von der Stützenachse entfernt, er dient auch als Referenz für die Ermittlung der Erschütterungsausbreitung auf dem B-Plangebiet.

Es werden die im Freifeld aufgezeichneten Schwinggeschwindigkeiten vereinfachend mit skalaren Übertragungsfaktoren multipliziert, um die Übertragung zwischen Erdreich – Fundament und ggf. zwischen Fundament – Geschossdecke nachzubilden.

Gemäß DIN 4150-1 wird für die Erschütterungsübertragung vom Freifeldmesspunkt auf das Gebäudefundament eine Abminderung von Übertragungsfaktor 0,5 angesetzt.

Bei einer Prognose der Deckenschwingungen für eine mögliche Aufstockung muss die Übertragung vom Fundament auf die Geschossdecken berücksichtigt werden: Dabei hat sich aus eigenen Erfahrungswerten in der vertikalen Richtung ein Faktor von $s_{F-D} = 5$ als repräsentativ erwiesen. Für die horizontalen Messrichtungen ergeben sich erfahrungsgemäß deutlich geringere Überhöhungen zu den Geschossdecken hin, so dass die vertikale Schwingrichtung maßgebend ist.

Für die Prognose werden die ermittelten Signale mit den Faktoren aus Gl. (1) bzw. Gl (2) multipliziert.

Für eine eingeschossige Bauweise (derzeitige Planung):

$$v_{\text{eingeschossig, EG}} = 0,5 * v_{\text{Freifeld}} \quad (1)$$

Für die Betrachtung der Geschossdecken in vertikaler Messrichtung):

$$v_{\text{Geschossdecke, OG}} = 0,5 * 5 * v_{\text{Freifeld}} = 2,5 * v_{\text{Freifeld}} \quad (2)$$

Die prognostizierten, in den Räumen zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten $v_{\text{Geschossdecke}}$ sind nun nach DIN 4150-2 zu beurteilen; dementsprechend sind die in Tabelle 3 genannten Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungsimmissionen einzuhalten. Ist die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{\text{Fmax}} \leq A_u$, so sind die Anforderungen der Norm eingehalten und eine erhebliche Belästigung der Menschen im Gebäude ist nicht zu erwarten. Falls $KB_{\text{Fmax}} > A_o$ ist, sind die Anforderungen nicht eingehalten. Für den Fall $A_u < KB_{\text{Fmax}} \leq A_o$ sind erhebliche Belästigungen infolge von Erschütterungen nur dann nicht zu erwarten, wenn in einem detaillierteren Nachweis gezeigt werden kann, dass die sogenannte Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{\text{FTr}} < A_r$ ist. Um die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} nach Gleichung (3) ermitteln zu können, muss die Einwirkungszeit der Erschütterungsimmissionen T_E bekannt sein. Diese ergibt sich bei Erschütterungen infolge Schienenverkehr aus den Zugzahlen (s. Tabelle 2) und der jeweiligen Passierdauer (hier: $t \leq 30\text{s}$).

$$KB_{\text{FTr}} = KB_{\text{FTm}} * \sqrt{\frac{T_E}{T_R}} \quad \text{mit } T_R = 16 \text{ h (tags) bzw. } T_R = 8 \text{ h (nachts)} \quad (3)$$

5.1 Auswertung

In Tabelle 3 ist die Beurteilung der Messergebnisse gemäß Norm dargestellt. Die Anforderungen werden gemäß DIN 4150 Teil 2 für einen Radius von 10 m um die Stützachsen bei zu Grunde gelegter Gebietseinstufung „Kerngebiet“ (MK) eingehalten. Der Nachtzeitraum wird nicht betrachtet. Mit Hilfe der gemessenen Erschütterungsabnahme von MP 3 zu MP 4 und einem Abgleich mit einer Berechnung der Erschütterungsausbreitung auf Grundlage der DIN4150-1 [01] zur Ermittlung von Schwingungsausbreitungen im Baugrund, können Erschütterungen mit verschiedenen Radien relativ zuverlässig bestimmt werden. Dementsprechend lässt sich die Aussage treffen, dass ab einem Radius von ca. 8 m die Anforderungen gemäß DIN 4150 Teil 2 für MK eingehalten werden.

Anmerkung: Wäre die Gebietseinstufung „Gewerbegebiet“ (GE), würde sich der Radius auf 5 m verringern.

Tabelle 3: Ermittelte Schwingstärken und Beurteilung der prognostizierten Erschütterungen
Allgemeines Wohngebiet WA

	MP 4 Abstand 10 m (gemessen)	Interpoliert zw. MP 3 – 4 Abstand 8 m
Schwingstärken		
S3 und S31 (KB_{FTm}) [-]	0,156	0,291
KB_{Fmax}	0,217	0,405
KB_{FTr} tags	0,070	0,130
Anhaltswerte Kerngebiet (MK)		
$KB_{\text{Fmax}} \leq A_u$ (tags) = 0,3	✗	✗
$KB_{\text{Fmax}} \leq A_o$ (tags) = 6	✓	✓
KB_{FTr} tags $\leq A_r$ (tags) = 0,15	✓	✓
Anforderung tags eingehalten	✓	✓

6 Beurteilung, Fazit

Am 10.02.2023 wurde eine Freifeldmessung auf dem B-Plangebiet Hammerbrook 15 Nord [10] durchgeführt. Anhand der registrierten Messdaten wurden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen infolge des Schienenverkehrs prognostiziert und gemäß DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ beurteilt. Gemäß Beauftragung wurde dafür ein vereinfachtes Verfahren mit skalaren Übertragungsfaktoren verwendet.

Die Ergebnisse des vereinfachten Verfahrens zeigen, dass im gesamten Geltungsbereich des B-Plangebiets Hammerbrook Nord die Vorgaben der DIN 4150-2 für ein Kerngebiet (MK) eingehalten werden können.

Die Vorgaben der DIN 4150-3 bzgl. der Einwirkungen für die Bausubstanz werden sicher eingehalten.

Unabhängig von den zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird zur Bauweise immer die Erstellung einer durchgehenden massiven Bodenplatte empfohlen, um eine möglichst große anzuregende Masse zu erhalten.

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

Höchberg / Hamburg, [REDACTED]

Messdurchführung, Messtechnik, Messpositionen

Messzeit / Messort: 10.02.2023; ca. 12:00 Uhr

Auf dem B-Plangebiet Hammerbrook 15 Baukörper Nord

Anmerkungen: Freifeldmessung zur Ermittlung der Erschütterungsimmissionen infolge des Schienenverkehrs durch S-Bahn-Verkehr auf dem überführenden Viadukt.

Messpunkte (MP): MP 3: auf Asphalt; in ca. 2 m Entfernung zur Stützenachse
MP 4: auf Asphalt; in ca. 10 m Entfernung zur Stützenachse

x-Richtung: horizontal, zur Stützenachse weisend
y-Richtung: horizontal, parallel zum Gleiskörper
z-Richtung: vertikal

Messaufnehmer: An den Erschütterungsmesspunkten wurde jeweils triaxial gemessen.
Ankopplung der Erschütterungsmessgeräte gemäß DIN 45669
MP 3 ÷ MP 4: Syscom MR3000 gemäß DIN 45669
Kompaktgeräte mit integriertem Sensor, Speichereinheit und Funkmodem, Syscom CH

S/N MP 3 (SYSCOM21): 20370024

S/N MP 4 (SYSCOM18): 19350030

Messgröße der Erschütterungsmesspunkte (MP): Schwinggeschw.: $v = v(t)$ [mm/s]
triaxiale Geschwindigkeitssensoren gemäß DIN 45669-1

Abtastung: Obere Grenzfrequenz 400 Hz (entspricht einer Abtastrate von 0,977 ms)

Die Messkette wurde vor und nach der Messung überprüft.

Messdatenerfassung und -verarbeitung: MP 3 ÷ MP 4: DELL Latitude 5580

Mess- und Auswertungssoftware MEDA
WÖLFEL Monitoring Systems GmbH + Co. KG, Höchberg bei Würzburg

Umfeldbedingungen: Bedeckt bei ca. 5° C.

Für die Durchführung der Messung verantwortlich war , , Höchberg.

Übersicht B-Plan-Gebiet und Messposition

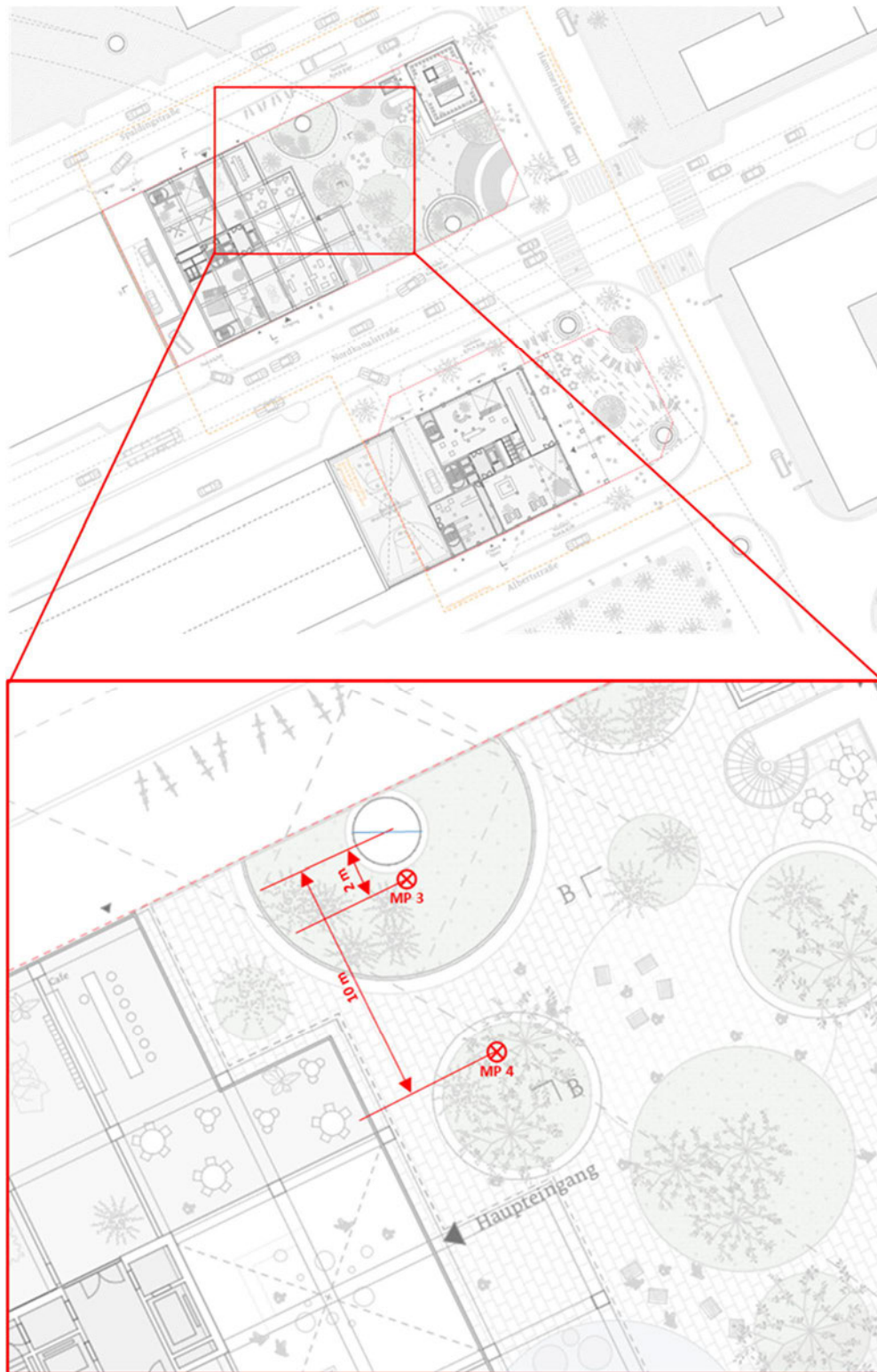


Abbildung A1: Übersicht Hammerbrook Nord und Lage der Messpunkte

Messpositionen



Abbildung A2: MP 3 (hinten) und MP 4 (vorn) auf B-Plangebiet Hammerbrook Nord (Foto Wölfel Engineering)

Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungen nach DIN 4150-2

Tabelle A1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen [1b]

Zeile	Einwirkungsort	Tages-/Nachtzeit der Einwirkung	Tags			Nachts		
		Nomenklatur gemäß DIN 4150-2	A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
		... gemäß Erschütterungsleitlinie	IW _u	IW _o	IW _r	IW _u	IW _o	IW _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9)		0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8)		0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5)		0,2	5	0,1	0,15	0,3 0,6 *)	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 BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnungen trägt.

*) abweichender Anhaltswert für Erschütterungen infolge Schienenverkehr nach Kap. 6.5.3.5 der Norm.

Die Beurteilung erfolgt gemäß folgendem Schema: Zunächst wird der Maximalwert KB_{Fmax} mit dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) sowie mit dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) verglichen:

- Wenn KB_{Fmax} über dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) liegt, ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten, somit sind im Sinne der Norm erhebliche Belästigungen von Personen zu erwarten.
- Wenn KB_{Fmax} unter dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) liegt, ist die Anforderung der Norm eingehalten und damit erhebliche Belästigungen von Personen in der Regel ausgeschlossen.
- Wenn KB_{Fmax} zwischen A_u (IW_u) und A_o (IW_o) liegt, kommt eine zeitliche Bewertung zur Anwendung: In diesem Fall muss die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gebildet werden, welche die Einwirkzeiten je Tag berücksichtigt, in denen die Erschütterungen auftreten. Ist diese Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r (IW_r) ist die Anforderung der Norm eingehalten.

Anmerkung: Die Immissionswerte IW_o , IW_u , IW_r sind Bezeichnungen der Erschütterungsleitlinie 2018-03 der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Sie decken sich mit den Anhaltswerten A_o , A_u und A_r der DIN 4150-2.

Ausgewähltes Signal, Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich

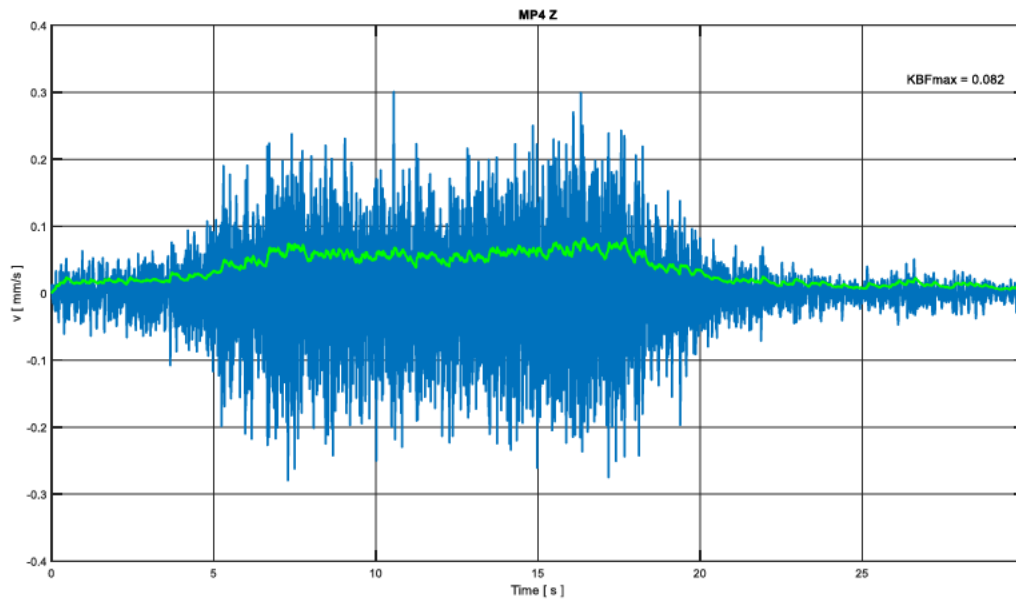


Abbildung B1: Erschütterungs-Zeitsignal einer Zugvorbeifahrt in z-Richtung an MP 4

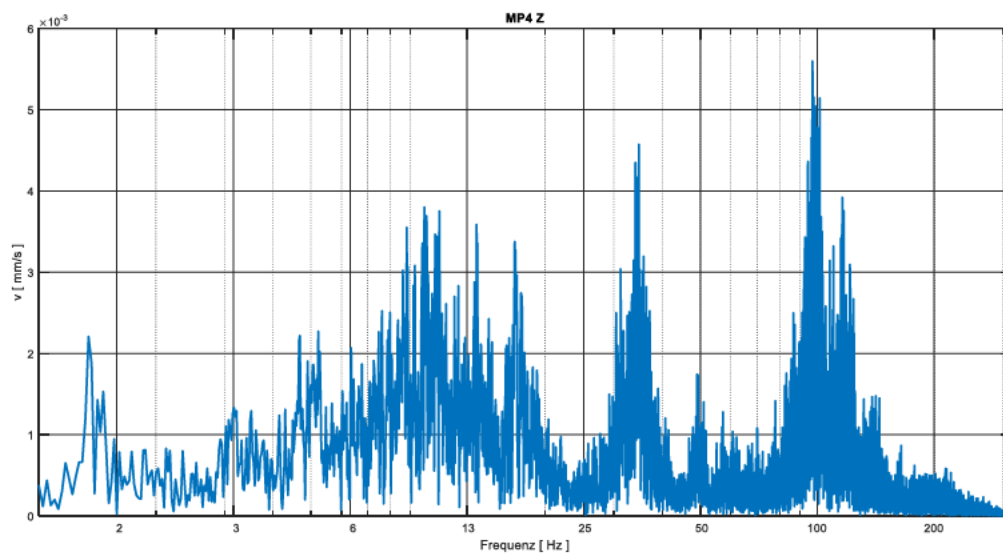


Abbildung B3: Erschütterungs-Spektrum einer Zugvorbeifahrt in z-Richtung an MP 4