

Erschütterungsprognose B-Plan Nr. 17, Lüdersdorf

Untersuchung der Erschütterungen aus Schienenverkehr

Auftraggeber: Planungsbüro Mahnel
Rudolf-Breitscheid-Str. 11
23936 Grevesmühlen

Berichtsnummer: X1827.001.01.001

Dieser Bericht umfasst 8 Seiten Text und 7 Seiten Anhang.

Höchberg, 11.08.2022



Dipl.-Ing. Harald Breitbach
Bearbeitung
fachliche Verantwortung



Dr.-Ing. Markus Richter
Prüfung und Freigabe



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

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen

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

Änderungsindex

Version	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
001	11.08.2022	-	-	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.....	5
5	Auswertung, Erschütterungsprognose.....	5
5.1	Auswertung	6
6	Beurteilung, Fazit	8

Anhänge

Anhang	Inhalt	Seite
A	Allgemeines, Grundlagen	A01-A05
B	Messergebnisse, Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich	B01-B02

1 Aufgabenstellung

Das Planungsbüro Mahnel und die „Handel und Dienstleistungs Management GmbH“ planen Gewerbe- und Wohnbebauung auf dem Areal „Bookhorstkoppel“ im Ortsteil Herrnburg der Gemeinde Lüdersdorf. Wölfel Engineering wurde mit Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 (vgl. [01]) beauftragt, um vorab die Einwirkungen des in unmittelbarer Nähe verlaufenden Schienenverkehrs auf die Neubauten zu ermitteln.

Im vorliegenden Bericht sind die Durchführung und die wesentlichen Ergebnisse der Messungen vom 03.08.2022 sowie deren Beurteilung gemäß Norm 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; Aktualisierg. 08	2017-09
[07]	VDI 3837	Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen; Spektrales Prognoseverfahren	2013-01
[08]	Verkehrsdatenmanagement d. Deutschen Bahn	Angaben zur Streckenbelegung mit Prognose für 2030 Strecke 1122, Lübeck St Jürgen - Herrnburg - Lüdersdorf	2021-08
[09]	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
[10]	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
[11]	Angaben per Email/ Telefon	<Auftraggeber oder beteiligtes Ingenieurbüro> Unterlagen zum Bauvorhaben, Lagepläne/Schnitte weitere Angaben per Telefon/Email, teils auch vor Ort	2019-06

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 03.08.2022 wurde eine Freifeldmessung auf dem Baugrundstück „Bookhorstkoppel“ im Ortsteil Herrnburg durchgeführt. Hierbei wurden die Erschütterungsimmissionen infolge Schienenverkehr der Regionalbahn auf der Strecke 1122 erfasst. Zum Zeitpunkt der Messungen fanden noch keine Bauarbeiten statt. Die Messpunkte wurden auf dem gepflasterten Gelände des stillgelegten ALDI-Markts aufgebaut. Dieses liegt im westlichen Teil des B-Plan-Gebietes (s. Abbildung A1).

Zur Erfassung der Erschütterungsimmissionen wurden drei Messpunkte in einer Messachse installiert. Die Messaufnehmer auf dem Baugrundstück wurden in verschiedenen Abständen zur Gleisanlage an das Erdreich angekoppelt. Die Wahl des Ankopplungsverfahrens ergibt sich durch die gepflasterte Oberfläche.

Durch die unmittelbare Nähe des Bahnhofs Herrnburg ist die Passiergeschwindigkeit der Regionalzüge und somit die Erschütterungsemission relativ gering, schätzungsweise ca. 30 – 40 km/h. Um eine möglichst konservative Einschätzung der entstehenden Erschütterungen zu erhalten, sind die Messpunkte MP 01 – MP 03 möglichst weit vom Bahnhof platziert worden, weil dort in beiden Fahrtrichtungen die Passiergeschwindigkeiten der Züge am höchsten ist. Weitere Informationen zu der verwendeten Messtechnik, Messpositionen, der Signalverarbeitung und der Messdurchführung sowie eine Fotodokumentation ist dem Anhang S. A1ff. zu entnehmen.

In Tabelle 1 sind die in vorliegender Erschütterungsprognose verwendeten Zugzahlen gemäß der Zugzahlprognose für 2030 [08] aufgeführt.

Tabelle 1: Zugzahlprognose für 2030 gemäß [08]

Zugart	Zugzahlprognose 2030	
	Tag	Nacht
RE-VT	30	8
GZ-E	6	3

Auf der Strecke werden dieselgetriebene Regionalbahnen RE-VT eingesetzt. Die Fahrgeschwindigkeit nahe dem Baugrundstück liegen schätzungsweise bei max. 40 km/h. Zu den in der Zugzahlprognose aufgeführten elektrisch betriebenen Güterzügen GZ-E kann hier keine Aussage getroffen werden.

4 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Die Beurteilung von Erschütterungen bei Einwirkungen auf Gebäude erfolgt i.d.R. gemäß DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“ [01]). Darin werden in Teil 1 der Norm Prognose-Formeln für die Erschütterungsausbreitung und typische Einwirkungen infolge verschiedener Verursacher beschrieben. In Teil 2 werden Anhaltswerte für die Belästigung von Personen und in Teil 3 hinsichtlich möglicher Schädigungen der Bausubstanz 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 A6 sind die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1 der Norm genannt, dabei wird die Gebietseinstufung gemäß BauNVO berücksichtigt: Für ein Gewerbegebiet werden beispielsweise 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 Nr. 17 wird sowohl „Mischgebiet“ (MI) als auch „Allgemeines Wohngebiet“ (WA) zu Grunde gelegt. In Tabelle 2 sind deren Anhaltswerte genannt.

Tabelle 2: 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 [...]	0,2	5	0,1	0,15	0,6*	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind [...]	0,15	3	0,07	0,1	0,6*	0,05
* abweichender Anhaltswert für Erschütterungen infolge Schienenverkehr nach Kap. 6.5.3.5 der Norm							

5 Auswertung, Erschütterungsprognose

Während der Tagesmessung am 03.08.2022 wurden Erschütterungssignale aufgrund von 2 Regional-Bahn-Vorbeifahrten an 3 Messpunkten aufgezeichnet; die Strecke ist schwach frequentiert. Güterverkehr fand zum Zeitpunkt der Messung auf dieser Strecke nicht statt. Die Messdaten dieser Vorbeifahrten werden im Folgenden für die Prognose der im geplanten Bauvorhaben zu erwartenden Erschütterungsimmissionen verwendet.

Bemerkung zu Güterzügen: Mangels Güterzugvorbeifahrt konnte keine entsprechende Messung durchgeführt werden. Es werden in vorliegender Erschütterungsprognose stattdessen skalierte Güterzugvorbeifahrten aus einem vorangegangenen vergleichbaren Projekt verwendet.

Im Anhang B sind ausgewählte Signale der Messungen im Zeit- und Frequenzbereich dargestellt.

Im ersten Schritt 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 $KB_{\text{Fmax}} > A_u$ 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 ermittelten KB-Werte liegen zum Teil im Bereich $KB_{\text{FTr}} \leq 0,2$, weshalb diese gemäß Norm zu Null gesetzt wurden.

Tabelle 3: Ermittelte Schwingstärken und Beurteilung der prognostizierten Erschütterungen
 Mischgebiet MI

	MP 01, z	MP 02, z	MP 03, z
Schwingstärken			
RZ (KB_{FTm}) [-]	0,200	0,076	0,076
GZ (KB_{FTm}) [-]	0,282	0,175	0,155
KB_{Fmax}	0,319	0,198	0,176
KB_{FTr} tags	0,029	0,014	0,013
KB_{FTr} nachts	0,024	0,012	0,011

	MP 01, z	MP 02, z	MP 03, z
Anhaltswerte MI			
$KB_{Fmax} \leq A_U$ (tags) = 0,2	✗	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_O$ (tags) = 5	✓		
KB_{FTr} tags $\leq A_r$ (tags) = 0,1	✓		
Anforderung tags eingehalten	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_U$ (nachts) = 0,15	✗	✗	✗
$KB_{Fmax} \leq A_O$ (nachts) = 0,60	✓	✓	✓
KB_{FTr} nachts $\leq A_r$ (nachts) = 0,07	✓	✓	✓
Anforderung nachts eingehalten	✓	✓	✓

Dementsprechend sind infolge des Bahnverkehrs keine erheblichen Belästigungen im Sinne der DIN 4150-2 zu erwarten. Weiterhin wird der obere Anhaltswert A_o von 0,6 [-] an allen Messpunkten sicher eingehalten.

Es werden für die Messpunkte zudem die strengeren Vorgaben für ein Allgemeines Wohngebiet (WA) eingehalten, siehe Tabelle 4. Die Schwingstärken sind unverändert allerdings ist an den Messpunkten MP 02 und MP 03 für tags die Ermittlung von KB_{FTr} - Werten notwendig. Diese liegen aber deutlich unterhalb der geforderten Anhaltswerten.

Tabelle 4: Ermittelte Schwingstärken und Beurteilung der prognostizierten Erschütterungen
Allgemeines Wohngebiet WA

	MP 01, z	MP 02, z	MP 03, z
Schwingstärken			
RZ (KB_{FTm}) [-]	0,200	0,076	0,076
GZ (KB_{FTm}) [-]	0,282	0,175	0,155
KB_{Fmax}	0,319	0,198	0,176
KB_{FTr} tags	0,029	0,014	0,013
KB_{FTr} nachts	0,024	0,012	0,011
Anhaltswerte WA			
$KB_{Fmax} \leq A_U$ (tags) = 0,15	✗	✗	✗
$KB_{Fmax} \leq A_O$ (tags) = 3	✓	✓	✓
KB_{FTr} tags $\leq A_r$ (tags) = 0,07	✓	✓	✓
Anforderung tags eingehalten	✓	✓	✓
$KB_{Fmax} \leq A_U$ (nachts) = 0,1	✗	✗	✗
$KB_{Fmax} \leq A_O$ (nachts) = 0,6	✓	✓	✓
KB_{FTr} nachts $\leq A_r$ (nachts) = 0,05	✓	✓	✓
Anforderung nachts eingehalten	✓	✓	✓

Die Ergebnisse für die Nachtzeit werden der Vollständigkeit halber mit angegeben: Aufgrund der geringen Zugzahlen nachts werden die Vorgaben an allen Messpunkten sicher eingehalten.

6 Beurteilung, Fazit

Am 03.08.2022 wurde eine Freifeldmessung auf dem Baugrundstück „Bookhorstkoppel“ im Ortsteil Herrnburg durchgeführt. Dazu wurden an drei Positionen Messaufnehmer installiert. Anhand der registrierten Messdaten wurden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen infolge Schienenverkehr 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 die Anforderungen der DIN 4150-2 für ein Mischgebiet (MI) an allen Messpunkten deutlich eingehalten werden können, selbst wenn die Messpunkte so gewählt werden, dass der Erschütterungseintrag auf der sicheren Seite liegend möglichst hoch ist.

Auch für ein Allgemeines Wohngebiet (WA) werden die Anforderungen der DIN 4150-2 an allen Messpunkten eingehalten. Daraus lässt sich folgern, dass im gesamten Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 17 die strengen Vorgaben der DIN 4150-2 für ein Allgemeines Wohngebiet (WA) eingehalten wird.

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 dem zukünftigen Gebäude spür- oder hörbar sind; dies hängt auch von der Wahrnehmung und Empfindlichkeit der jeweils betroffenen Personen ab.

Höchberg / Hamburg, Bi / Ri