

Stadt Lauf a. d. Pegnitz
Bauamt
Urlasstraße 22
91207 LAUF

Messstelle n. § 26 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-15.8156-b02

14.08.2015

BV GALGENBÜHLSTRASSE LAUF

Erschütterungstechnische Untersuchungen

Bericht-Nr.: 15.8156-b02

Bearbeitet von: M. Hofmann
Dr. G. Seidl

Inhaltsübersicht		Seite
1.	Situation und Aufgabenstellung	3
2.	Unterlagen	4
3.	Beurteilungsgrundlagen	6
4.	Durchführung der Messungen	9
4.1	Messmethodik	9
4.2	Messzeit und Messort	10
4.3	Messgeräte	11
4.4	Gemessene Zugvorbeifahrten	12
5.	Messergebnisse	12
6.	Prognose der Schwingungsmissionen	12
6.1	Allgemeines	12
6.2	KB-Werte	13
7.	Zusammenfassung	18

1. Situation und Aufgabenstellung

Die Galgenbühl Grundstücksentwicklungs GmbH beabsichtigt derzeit die Bebauung eines Grundstücks an der Galgenbühlstraße in Lauf a. d. Pegnitz mit ca. 40 Reihenhäusern und zwei Wohnanlagen mit ungefähr 25 bis 30 Wohneinheiten (s. Abb. 1). Das betreffende Grundstück wurde früher als Krankenhaus, dann Altenpflegeheim genutzt, aktuell als Asylantenunterkunft. Im Süden grenzt das Gebiet sehr nahe an die Bahnstrecke 5903 Nürnberg – Schirnding an. Der Stadtrat wünscht für diesen Bereich eine innenstadtrelevante Nahverdichtung und hat hierzu bereits beschlossen, eine Teilaufhebung des B-Planes einzuleiten. Für die Bebauung soll Baurecht nach § 34 BauGB geschaffen werden.



Abbildung 1: Vorgesehenes Baukonzept an der Galgenbühlstraße in Lauf (Auszug aus dem Exposé der Galgenbühl Grundstücksentwicklung GmbH /2.1/).

Gemäß § 1 Abs. (6), Ziff. 7, Baugesetzbuch, sind in der Bauleitplanung u. a. die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Rückt die Bebauung näher als 50 m auf eine Bahnlinie zu, so fordert etwa das Bayer. Landesamt für Umwelt regelmäßig Messungen und Untersuchungen zum sog. Sekundärluftschall. Durch die Nähe der geplanten Wohnhäuser zu den Bahnanlagen wird somit auch eine Prognose bezüglich der von der Schienenstrecke ausgehenden Erschütterungseinwirkungen auf Menschen erforderlich. Der Erschütterungsschutz für Menschen in Gebäuden wird dabei durch die DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden /2.2/ präzisiert.

Die IBAS Ingenieurgesellschaft wurde von der Stadt Lauf a. d. Pegnitz beauftragt, Erschütterungsmessungen gemäß DIN 45672 /2.3/, /2.4/, /2.5/ in Verbindung mit DIN 45669-2 /2.6/ durchzuführen und deren Ergebnisse auf Grundlage der einschlägigen Normen und Richtlinien zu beurteilen.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen zusammen.

2. Unterlagen

Die nachstehend aufgeführten Unterlagen wurden zur Bearbeitung verwendet:

- 2.1 Galgenbühl Grundstücksentwicklung GmbH, Carsten Rüstig, E-Mail vom 15.04.2015;
- 2.2 DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999;
- 2.3 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Dezember 2009;
- 2.4 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Berichtigung zu DIN 45672-1: 2009-12, August 2012;

- 2.5 DIN 45672-2, Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Teil 2: Auswerteverfahren, Juli 1995;
- 2.6 DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005;
- 2.7 VDI-Richtlinie 2057-3, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Blatt 3: Beurteilung, Mai 1987;
- 2.8 Ortstermin mit Einrichtung der Messstellen, IBAS GmbH, vom 28.06. 2015;
- 2.9 Angaben zur Frequentierung Schiene, Strecke Nürnberg - Schirnding, Bereich Lauf a.d. Pegnitz, Deutsche Bahn AG, E-Mail vom 12.06.2015;
- 2.10 DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001;
- 2.11 DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, Juni 1995;
- 2.12 G. Müller und M. Möser (Hrsg.), Taschenbuch der Technischen Akustik, Kapitel 17.3.3, Springer, Berlin, 2004;
- 2.13 DIN 45630-1, Grundlagen der Schallmessung, Teil 1: Physikalische und subjektive Größen von Schall, Dezember 1971;
- 2.14 DIN EN ISO 1683, Akustik – Bevorzugte Bezugswerte für Pegel in der Akustik und Schwingungstechnik, November 2008;
- 2.15 Müller, Akustik, Kapitel 17.3.2;
- 2.16 DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001;

- 2.17 VDI-Richtlinie 2038, Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Teil 2: Schwingungen und Erschütterungen - Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung, Januar 2013;
- 2.18 Rechtsanwälte Waldmann Kohler & Kollegen, Stellungnahme zum Prüfungsumfang Schall- und Erschütterungsschutz aus rechtlicher Sicht, vom 14.07.2015.

3. **Beurteilungsgrundlagen**

Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen ist die DIN 4150, Teil 2 /2.1/, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, anzuwenden.

Nach /2.3/ 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_{Fmax} 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. Aufgrund der vorgesehenen Nutzung der geplanten Gebäude als Wohngebäude, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind, wird auf einen Anhaltswert nachts über von $A_r=0,05$ abgestellt. Der entsprechende Bereich ist in der Tabelle 1 hervorgehoben worden.

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 /2.2/, wird bezüglich der Spürbarkeitsschwelle von Erschütterungen auf Folgendes hingewiesen (vgl. /2.7/):

" *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. Dies wird für den konkreten Fall auch von Seiten der Rechtsberatung gestützt, wonach in /2.18/ ausgeführt wird:

"... *Zur Beurteilung des Erschütterungsschutzes ist dabei jedoch nicht zwingend auf DIN 4150 zurückzugreifen denn diese ist nicht eingeführt im Sinne des Art. 3 Abs. 2 BayBO. Eingeführt ist insoweit die DIN 4149 (Erschütterungsschutz im Hinblick auf Erdbeben). Nach meiner Auffassung besteht deshalb keine Verpflichtung, das geplante Gebäude so auszubilden, dass die Anforderungen der DIN 4150 erfüllt werden. Allenfalls enthält die DIN 4150 insoweit "Anhaltspunkte" oder "Orientierungswerte".*

4. Durchführung der Messungen

4.1 Messmethodik

Um die Schwingungseinwirkungen auf Menschen (KB_{Fmax} und KB_{FTr} -Werte) in den geplanten Wohngebäuden auf dem ehemaligen Krankenhausgelände an der Galgenbühlstraße in Lauf zu bestimmen, wurden an einem Messpunkt auf dem Gelände die Schwinggeschwindigkeiten der durch die Zugvorbeifahrten (in beiden Richtungen) auf der in Nord-Ost-Richtung verlaufenden Bahnstrecke 5903 Nürnberg – Schirnding verursachten Erschütterungen gemessen /2.8/.

Am Messpunkt erfolgte die Aufzeichnung der Messsignale getriggert, jeweils vor und nach den einzelnen Zugvorbeifahrten, was eine effiziente Trennung der eigentlichen Erschütterungssignale (z.B. aufgrund von Erschütterungen aus dem Straßenverkehr) von möglichen Störsignalen erlaubt. Außerdem führte das Messsystem durchgängig eine Hintergrundaufzeichnung durch, bei der innerhalb einer jeden Sekunde die maximalen Absolutwerte der einzelnen erfassten Komponenten der Schwinggeschwindigkeiten gespeichert worden sind.

Bei den Messsignalen, die im Zusammenhang mit den einzelnen Zugvorbeifahrten aufgenommen wurden, ist jeweils ein Zeitintervall im Bereich der maximalen Erschütterungseinwirkungen aufgezeichnet worden. Anschließend erfolgte eine spektrale Auftrennung des Zeitsignals über einen Terzfilter im Frequenzbereich von 3,15 Hz bis 250 Hz gemäß DIN 45672-2 /2.5/. Aus den gefilterten Zeitverläufen der einzelnen Frequenzen wurde der gleitende Effektivwert gebildet und das Maximum dieses Effektivwert-Zeitverlaufes innerhalb des Messzeitraumes (Taktmaximalwert KB_{FTi}) bestimmt. Somit wurde für jede einzelne 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]" /2.12/, 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.

Zur Bestimmung der Beurteilungsschwingstärken KB_{FTi} , wurden die Taktmaximalwerte KB_{FTi} der Vorbeifahrten der Regional- / S-Bahnen energetisch gemittelt und über die Zugzahlen /2.9/ daraus die effektiven KB_{FTi} -Werte berechnet.

4.2 Messzeit und Messort

Die Erschütterungsmessungen fanden in Form von Dauermessungen am 28.06.2015, Messbeginn ca. 21:10 Uhr, bis 29.06.2015, Messende ca. 09:30 Uhr, statt.

Auf dem zu untersuchenden Gelände wurde am Messpunkt MP1 ein Schwingungsmesssystem installiert, das sich, südlich vom ehemaligen Krankenhausgebäude liegend, in einer Entfernung von ca. 27 m von den Gleisanlagen befand. Die Zuordnung und Lage des Messpunkts kann dem Lageplan der Anlage 1 entnommen werden.

Beim MP1, wurde der Schwingungssensor, entsprechend der DIN 45669-2 /2.6/ mit Erdspießen an den Boden gekoppelt (s. Abbildung 2). Die Ausrichtung der x- und y-Achsen des Schwingungsaufnehmers in Bezug auf die Bahngleise erfolgte entsprechend der DIN 45672-1 /2.3/.

Abbildung 2: Ankopplung des Schwingungsaufnehmers über einen Erdspieß an das Erdreich bei MP1 (Blickrichtung nach Westen)



Da der MP1 von den Bahnanlagen ca. 4 m weiter als die der Bahnstrecke nächstliegenden geplanten Gebäudeteile (Distanz ca. 23 m) entfernt lag, stellt dieser Messpunkt im Hinblick auf die geplanten Gebäude einen maßgeblichen Einwirkungs-ort bezüglich der vom Zugbetrieb ausgehenden Erschütterungen dar.

Der Messpunkt MP1 befand sich in einer Entfernung von ca. 40 m vom ehemaligen Krankenhausgebäude.

4.3 Messgeräte

Für die Messungen wurden die folgenden Messgeräte eingesetzt, wobei von dem Datenrecorder des Typs MR 2002 sowohl die vertikale Schwingrichtung (z) als auch die horizontalen Richtungen (x und y) erfasst wurden.

Tabelle 2: Verwendete Messgeräte

Gerät	Hersteller	Typ	Seriennummer
Schnelleaufnehmer	SYSCOM	MS2003+	12090015
Datenrecorder	SYSCOM	MR2002	11130470

Das SYSCOM-Messsystem und die Software für Datenerfassung und Auswertung entsprechen den Anforderungen an ein Klasse 1 - Gerät 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) /2.11/. Die Messtechnik entspricht der in der DIN 45669 geforderten Klasse 1. Die Auswertung erfolgte unter anderem mittels der Auswertesoftware MEDA.¹

¹

Wölfel Messsysteme GmbH, Version 2014-2

IBAS · Ingenieurgesellschaft für Bauphysik, Akustik und Schwingungstechnik mbH · 95444 Bayreuth

4.4 Gemessene Zugvorbeifahrten

Beim MP1 wurden während der Messzeit insgesamt 58 Zugvorbeifahrten messtechnisch erfasst. Die Züge umfassten hauptsächlich Regional- / S-Bahnen und mindestens eine Güterzugvorbeifahrt am 29.06.2015 um 9:14 Uhr (Fahrtrichtung Schirnding).

Zur Bestimmung der effektiven KB_{Fmax} - und KB_{FTr} -Werte wurden für den MP1 die 11 am 29.06.2015 zwischen 8:20 Uhr und 9:15 Uhr (bis zur Güterzugvorbeifahrt) registrierten Erschütterungsereignisse ausgewertet.

5. Messergebnisse

In den Anlagen sind die für die am 29.06.2015 zwischen 8:20 Uhr und 9:15 Uhr bei MP1 aufgezeichneten Zugvorbeifahrten ermittelten effektiven Schwinggeschwindigkeiten mit der Zeitbewertung "Fast" als Max-Hold-Terzspektrum für eine Bezugsschnelle von $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s /2.13/ (vgl. Fußnote in /2.14/) dargestellt. Die errechneten Spektren weisen für den Messpunkt eine gute Übereinstimmung auf. Entsprechend der Schwellenabstandsfrequenz /2.15/ zeigen die Erschütterungsspektren insbesondere maßgebende Maxima in den 8 Hz - 16 Hz Terzen und der 31 Hz-Terz.

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 (vgl. /2.16/, /2.17/).

Allgemeine Rechenverfahren, die als Grundlage zur Prognose von Schwingungsimmissionen herangezogen werden können, existieren noch 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 Schwingverhalten 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. Die Prognose erfolgte außerdem für Gebäude mit unterschiedlichen Decken- bzw. Estricheigenfrequenzen.

Bei der Ermittlung der Beurteilungsgrößen wurden zudem die aus den Max-Hold-Terzspektren der einzelnen Vorbeifahrten gewonnenen KB-Werte energetisch gemittelt.

6.2 KB-Werte

Bei der Prognose der KB-Werte wurden für die beim MP1 gemessenen Schnellesignale jeweils eine gleitende Effektivwertbildung mit der Zeitkonstante "Fast" (125 ms) durchgeführt. Danach wurde für jede einzelne Zugvorbeifahrt der Taktmaximalwert KB_{FTi} berechnet und über die Regionalzüge bzw. S-Bahnen energetisch gemittelt, um die zugehörigen effektiven maximalen Schwingstärken KB_{Fmax} zu erhalten.

Die derart ermittelten KB_{Fmax} -Werte überschreiten sowohl für die Regional-/S-Bahnen als auch für Güterzüge beim MP1 im maßgeblichen Frequenzbereich den unteren Anhaltswert von $A_u = 0,15$ tags bzw. $A_u = 0,1$ nachts (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4).

Tabelle 3: Prognostizierte Taktmaximalwerte KB_{Fmax} für Regional-/S-Bahnen am MP1 (aus energetischer Mittelung von 10 Zügen am 29.06.2015)

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,04	0,10	0,17	0,14	0,05	0,00	0,17
	11 bis 14	0,06	0,09	0,12	0,18	0,15	0,09	0,06	0,18
	14 bis 18	0,13	0,15	0,16	0,21	0,18	0,14	0,13	0,21
	18 bis 22	0,12	0,15	0,17	0,21	0,18	0,13	0,12	0,21
	22 bis 28	0,06	0,13	0,16	0,24	0,16	0,09	0,07	0,24
	28 bis 36	0,08	0,21	0,19	0,27	0,20	0,10	0,08	0,27
	36 bis 45	0,09	0,42	0,30	0,34	0,23	0,12	0,09	0,42
	45 bis 56	0,14	0,31	0,65	0,57	0,32	0,17	0,14	0,65
	56 bis 71	0,26	0,29	0,65	1,47	0,71	0,30	0,27	1,47
Maximum		0,26	0,42	0,65	1,47	0,71	0,30	0,27	1,47

Tabelle 4: Prognostizierte Taktmaximalwerte KB_{Fmax} für Güterzüge am MP1 (aus Vorbeifahrt Güterzug am 29.06.2015, 9:15 Uhr)

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,12	0,27	0,29	0,18	0,13	0,12	0,12	0,29
	11 bis 14	0,17	0,29	0,31	0,21	0,18	0,17	0,17	0,31
	14 bis 18	0,22	0,38	0,35	0,25	0,22	0,22	0,22	0,38
	18 bis 22	0,17	0,40	0,41	0,24	0,18	0,18	0,17	0,41
	22 bis 28	0,14	0,46	0,44	0,24	0,16	0,15	0,14	0,46
	28 bis 36	0,18	0,72	0,57	0,29	0,19	0,18	0,18	0,72
	36 bis 45	0,38	2,00	1,14	0,51	0,39	0,38	0,38	2,00
	45 bis 56	0,43	1,17	2,29	1,00	0,44	0,43	0,43	2,29
	56 bis 71	0,21	0,55	0,85	0,84	0,38	0,22	0,21	0,85
Maximum		0,43	2,00	2,29	1,00	0,44	0,43	0,43	2,29

Unter Zugrundlegung der Zugzahlen /2.9/ für 2015 wurde daher im Folgenden aus den KB_{Fmax} -Werten für die Tag- und Nachtzeiten die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gebildet, die als Beurteilungsgröße dient (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6). Der Vollständigkeit halber sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 zusätzlich die entsprechenden KB_{FTr} -Werte für die für **das Jahr 2025** (nach der Elektrifizierung der Schienenstrecke) prognostizierten Zugzahlen /2.9/ dargestellt.

Unter Berücksichtigung typischer Eigenfrequenzen von Decken (farblich markiert) sind höchstens die in Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgeführten effektiven KB_{FTr} -Werte bei der Vorbeifahrt der Züge zu erwarten. Da der geplante Estrichaufbau nicht endgültig festgelegt ist, stellen die in den nachfolgenden Tabellen angeführten Berechnungsergebnisse die Werte dar, die sich im ungünstigsten Fall ergeben.

Tabelle 5: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} für 2015 am MP1 nachts (alle Züge)

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03
	11 bis 14	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
	14 bis 18	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
	18 bis 22	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04
	22 bis 28	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04
	28 bis 36	0,02	0,07	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,07
	36 bis 45	0,03	0,17	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,17
	45 bis 56	0,04	0,10	0,21	0,12	0,06	0,04	0,04	0,21
	56 bis 71	0,05	0,06	0,12	0,24	0,12	0,05	0,05	0,24
Maximum		0,05	0,17	0,21	0,24	0,12	0,05	0,05	0,24

Tabelle 6: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} für 2015 am MP1 tags (alle Züge)

KB_{FTr}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,01	0,02	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01	0,05
	11 bis 14	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,05
	14 bis 18	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,06
	18 bis 22	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,06
	22 bis 28	0,02	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03	0,02	0,07
	28 bis 36	0,02	0,07	0,06	0,08	0,06	0,03	0,03	0,08
	36 bis 45	0,04	0,17	0,11	0,10	0,07	0,04	0,04	0,17
	45 bis 56	0,05	0,11	0,23	0,17	0,09	0,05	0,05	0,23
	56 bis 71	0,07	0,09	0,19	0,41	0,20	0,08	0,07	0,41
Maximum		0,07	0,17	0,23	0,41	0,20	0,08	0,07	0,41

Wie den Kombinationen der in der Tabelle 5 aufgelisteten Estrich- und Deckeneigenfrequenzen zu entnehmen ist, wird bei der gegenwärtigen Schienenfrequentierung (Jahr 2015) von den Beurteilungsschwingstärken der Anhaltswert nachts von $A_r = 0,05$ für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend Wohnungen untergebracht sind, wie er für die geplanten Gebäude auf dem Gelände des ehemaligen Krankenhauses an der Galgenbühlstraße in Lauf anzuwenden ist, für Deckeneigenfrequenzen ≤ 28 Hz und sämtliche aufgeführte Estricheigenfrequenzen eingehalten. Dies gilt auch für die Tagzeit (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 7: Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} für 2025 (nach Elektrifizierung) am MP1 **nachts** (alle Züge)

KB_{FTF}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,02	0,05	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06
	11 bis 14	0,03	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06
	14 bis 18	0,05	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08
	18 bis 22	0,04	0,08	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,08
	22 bis 28	0,03	0,09	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,09
	28 bis 36	0,04	0,14	0,11	0,07	0,05	0,04	0,04	0,14
	36 bis 45	0,07	0,39	0,22	0,11	0,08	0,08	0,07	0,39
	45 bis 56	0,08	0,23	0,45	0,21	0,10	0,09	0,08	0,45
	56 bis 71	0,05	0,11	0,19	0,26	0,12	0,06	0,05	0,26
Maximum		0,08	0,39	0,45	0,26	0,12	0,09	0,08	0,45

Tabelle 8 Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken KB_{FTF} für 2025 (nach Elektrifizierung) am MP1 **tagsüber** (alle Züge)

KB_{FTF}		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum
		ohne	40	50	63	80	100	125	
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,02	0,04	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,06
	11 bis 14	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,06
	14 bis 18	0,05	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07
	18 bis 22	0,04	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,08
	22 bis 28	0,03	0,08	0,08	0,08	0,05	0,03	0,03	0,08
	28 bis 36	0,04	0,12	0,10	0,09	0,07	0,04	0,04	0,12
	36 bis 45	0,06	0,32	0,19	0,13	0,09	0,07	0,06	0,32
	45 bis 56	0,08	0,20	0,39	0,23	0,12	0,08	0,08	0,39
	56 bis 71	0,09	0,12	0,23	0,46	0,22	0,10	0,09	0,46
Maximum		0,09	0,32	0,39	0,46	0,22	0,10	0,09	0,46

Die für das Jahr 2025 prognostizierten Zugzahlen liegen deutlich höher. Die entsprechenden KB_{FT} -Werte in Tabelle 7 und Tabelle 8 zeigen, dass die Anhaltswerte der DIN 4150-2 bei üblichen Deckeneigenfrequenzen typischerweise nur mit hohen Estricheigenfrequenzen (> 63 Hz) erreicht werden können.

7. Zusammenfassung

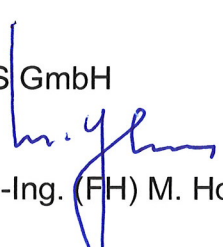
Die Galgenbühl Grundstücksentwicklungs GmbH beabsichtigt derzeit die Bebauung eines Grundstücks an der Galgenbühlstraße in Lauf a. d. Pegnitz mit ca. 40 Reihenhäusern und zwei Wohnanlagen mit ungefähr 25 bis 30 Wohneinheiten. Im Süden grenzt das Gebiet sehr nahe an die Bahnstrecke Nürnberg – Schirnding an.

Um möglichen Konflikten durch auf Menschen in den geplanten Gebäuden einwirkende Schienenverkehrserschütterungen vorzubeugen, wurden an einem Messpunkt auf dem geplanten Baugelände erschütterungstechnische Messungen durchgeführt und eine Prognose für die dort zu erwartenden Erschütterungsimmissionen erstellt.

Die Auswertung der Messdaten hat ergeben, dass bei der gegenwärtigen Frequenzierung der Bahnstrecke für übliche Deckeneigenfrequenzen im Bereich von 14 Hz - 28 Hz die Anhaltswerte der die Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden bemessenden Norm DIN 4150-2 eingehalten sind. Bei der momentanen Schienenfrequenzierung sind passive Maßnahmen zum Erschütterungsschutz, wie z. B. der Einbau einer elastischen Lagerung, nicht nötig.

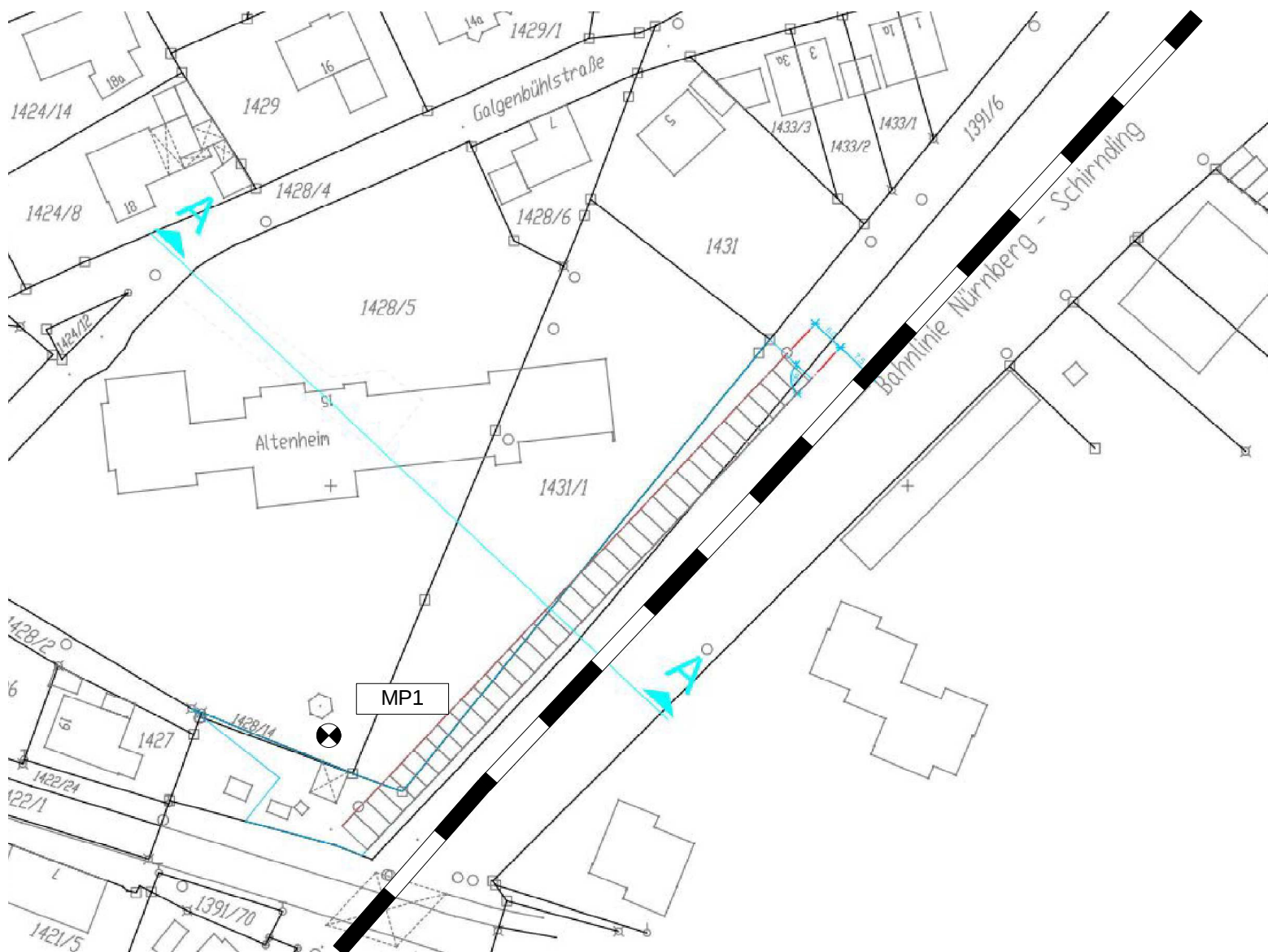
Nach der Elektrifizierung der Bahnstrecke Nürnberg – Schirnding sind aufgrund der deutlich höheren Zugzahlen höhere Schwingungseinwirkungen auf Menschen in den geplanten Gebäuden an der Galgenbühlstraße zu erwarten. Eine Heranziehung dieser Prognosezahlen führt im Einzelfall zu Beurteilungsschwingstärken, die die Anhaltswerte der DIN 4150-2 nachts überschreiten. Mit der Wahl geeigneter Deckenkonstruktionen kann aber auch für diesen Prognosehorizont die Einhaltung der Anhaltswerte erwartet werden.

IBAS GmbH


Dipl.-Ing. (FH) M. Hofmann



Dr. rer. nat. G. Seidl



Auftrag: 15.8156 Anlage: 1
 Projekt: BV Galgenbühlstraße
 Schwingungsmessungen
 Ort: LAUF

Lageplan Messpunkte

Legende
 — Schiene
 ⊗ Immissionspunkt



BAUPHYSIK | AKUSTIK | SCHWINGUNGSTECHNIK

Nibelungenstraße 35, 95444 Bayreuth
 Lageplan.cna, 27.07.15
 Version 4.5.149 (32 Bit)

BV Galgenbühlstraße / Lauf

Erschütterungsmessungen vom 28.-29.06.2015

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

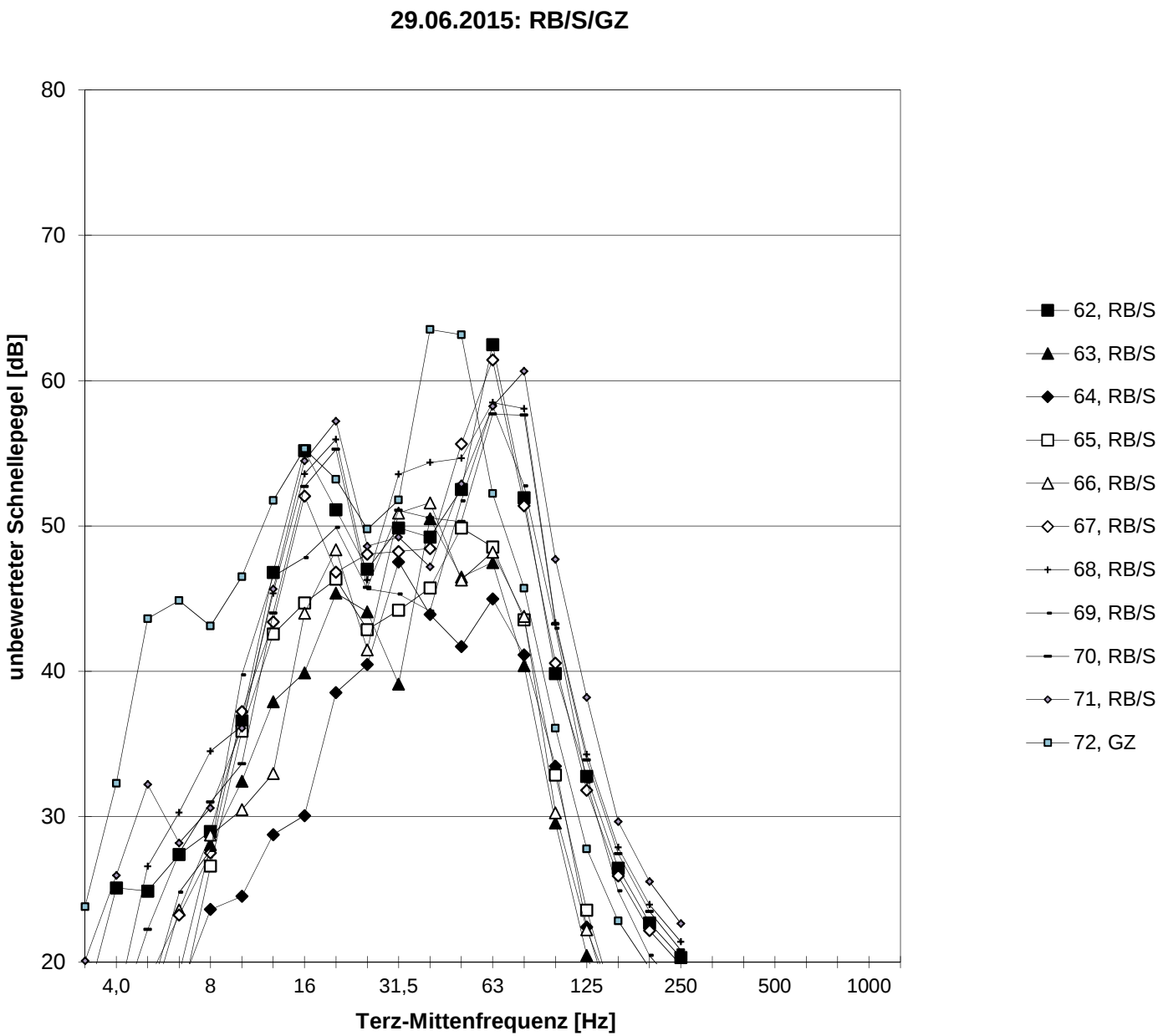
29.06.2015: RB/S/GZ

	Terz-Mittenfrequenz [Hz]																												
Spektrum	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250		
62, RB/S	16,9	25,1	24,9	27,4	29,0	36,6	46,8	55,2	51,1	47,0	49,9	49,2	52,5	62,5	51,9	39,9	32,8	26,5	22,7	20,3									
63, RB/S	9,3	10,9	12,6	19,2	28,1	32,5	37,9	39,9	45,4	44,1	39,1	50,5	46,5	47,5	40,4	29,6	20,5	14,3	10,8	9,5									
64, RB/S	9,1	6,8	11,9	18,0	23,6	24,5	28,8	30,1	38,5	40,5	47,5	43,9	41,7	45,0	41,1	33,5	22,4	15,2	10,4	8,2									
65, RB/S	6,7	15,5	17,7	16,7	26,6	35,9	42,6	44,7	46,3	42,9	44,2	45,7	49,9	48,6	43,6	32,9	23,6	16,3	12,2	11,3									
66, RB/S	4,3	12,0	16,2	23,6	28,7	30,5	33,0	44	48,4	41,5	50,9	51,6	46,3	48,2	43,8	30,3	22,2	16,6	12,8	9,9									
67, RB/S	10,0	18,3	18,7	23,2	27,5	37,2	43,4	52,1	46,8	48,1	48,2	48,5	55,6	61,4	51,4	40,6	31,8	25,9	22,2	19,8									
68, RB/S	13,0	16,8	26,6	30,3	34,5	36,2	45,4	53,6	56,0	46,3	53,6	54,4	54,7	58,5	58,1	43,4	34,3	27,9	24,0	21,4									
69, RB/S	13,2	12,3	17,1	24,8	27,7	39,8	46,5	47,8	49,9	45,7	45,3	44,1	51,7	58,3	52,8	43,0	32,4	24,9	20,5	18									
70, RB/S	8,7	15,8	22,3	27,5	31,0	33,6	44,0	52,7	55,3	45,8	51,1	50,6	50,3	57,7	57,6	43,3	33,9	27,5	23,5	20,8									
71, RB/S	20,1	26,0	32,2	28,2	30,6	36,1	45,7	54,5	57,2	48,6	49,2	47,2	52,9	58,2	60,6	47,7	38,2	29,7	25,6	22,7									
72, GZ	23,8	32,3	43,6	44,9	43,1	46,5	51,8	55,3	53,2	49,8	51,8	63,5	63,2	52,2	45,7	36,1	27,8	22,8	19,6	17,5									

Ort: Lauf

Auftrag: 15.8156 Anlage: 2.1
 Projekt: BV Galgenbühlstraße Lauf

62, RB/S: 29.06.2015 08:21
 63, RB/S: 29.06.2015 08:26
 64, RB/S: 29.06.2015 08:27
 65, RB/S: 29.06.2015 08:37
 66, RB/S: 29.06.2015 08:39
 67, RB/S: 29.06.2015 08:48
 68, RB/S: 29.06.2015 08:52
 69, RB/S: 29.06.2015 08:54
 70, RB/S: 29.06.2015 09:09
 71, RB/S: 29.06.2015 09:11
 72, GZ: 29.06.2015 09:14



Auftrag: 15.8156 Anlage: 2.2
Projekt: BV Galgenbühlstraße Lauf
Ort: Lauf