



ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHES GUTACHTEN

Deckblatt Nr. 2 zum Bebauungsplan Nr. 02-1 "Klötzlmüllerstraße" in Landshut

Messung, Prognose und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr

Lage: Stadt Landshut
Regierungsbezirk Niederbayern

Auftraggeber: Stadt Landshut
Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung
Luitpoldstraße 29
84034 Landshut

Projekt Nr.: LA-3595-02 / 3595-02_E01.docx
Umfang: 21 Seiten
Datum: 19.04.2016

Dipl.-Ing. Andreas Dantele
Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Univ. Heinz Hooock
Projektleitung

Urheberrecht: Jede Art der Weitergabe, Vervielfältigung und Veröffentlichung – auch auszugsweise – ist ausschließlich mit schriftlicher Zustimmung der hooock farny ingenieure gestattet! Das Gutachten wurde ausschließlich für den beschriebenen Zweck, das genannte Objekt und den Auftraggeber erstellt. Eine weitergehende Verwendung, oder Übertragung auf andere Objekte ist ausgeschlossen. Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten.



Inhalt

1	Ausgangssituation	3
1.1	Planungswille der Stadt Landshut.....	3
1.2	Ortslage und Nachbarschaft	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen.....	6
3.1	Allgemeine Beurteilungsgrundlagen	6
3.2	Einstufung der Schutzbedürftigkeit.....	7
3.3	Subjektive Wahrnehmung	7
3.4	Sekundäreffekte.....	8
4	Erschütterungsmessungen.....	9
4.1	Messpunkt	9
4.2	Messdurchführung	10
4.3	Auswertung der Messergebnisse	11
5	Prognose der Erschütterungen in den zu errichtenden Wohngebäuden	12
5.1	Vorgehensweise.....	12
5.2	Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren	13
6	Immissionsschutzfachliche Beurteilung.....	14
7	Musterformulierung für die Begründung	15
8	Zitierte Unterlagen	16
8.1	Literatur zu Erschütterungen.....	16
8.2	Projektspezifische Unterlagen	16
9	Anhang.....	17
9.1	Verkehrsbelastungen im Prognosejahr 2025.....	18
9.2	Übertragungsfaktoren für die Erschütterungsprognose.....	19
9.3	Zeitverlauf der erfassten Schwingstärken am Messpunkt MP	20



1 Ausgangssituation

1.1 Planungswille der Stadt Landshut

Mit dem Deckblatt Nr. 2 zum Bebauungsplan Nr. 02-1 "Klötzlmüllerstraße" /11/ beabsichtigt die Stadt Landshut die Ausweisung eines allgemeinen Wohngebiets nach § 4 BauNVO /11/ im Stadtteil West auf den Grundstücken Fl.Nrn. 1340/1 und 1340/3 der Gemarkung Landshut (vgl. Abbildung 1). Die im Geltungsbereich der Planung derzeit befindlichen Baukörper sollen abgerissen werden und durch ein Wohngebäude mit vier bzw. fünf Geschossen und ein eingeschossiges Nebengebäude ersetzt werden (vgl. Abbildung 2).

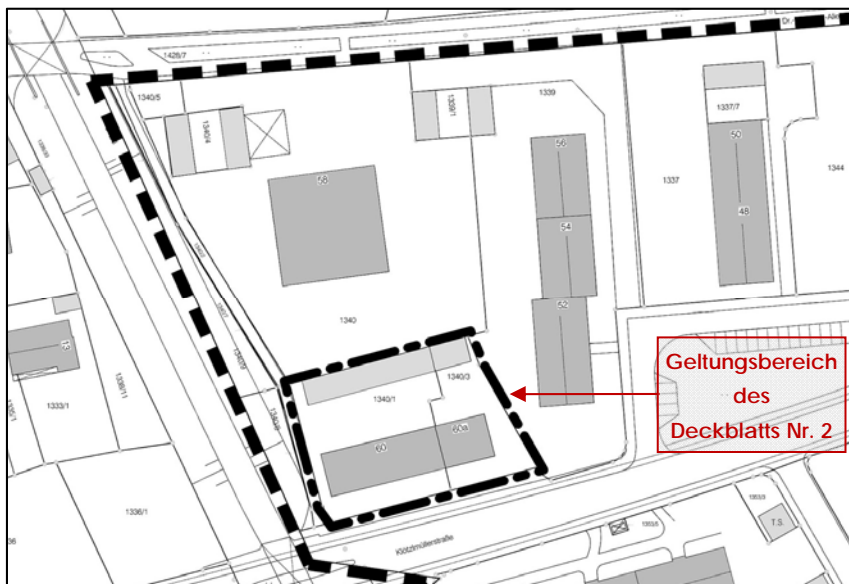


Abbildung 1: Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 02-1 und des Deckblatts Nr. 2

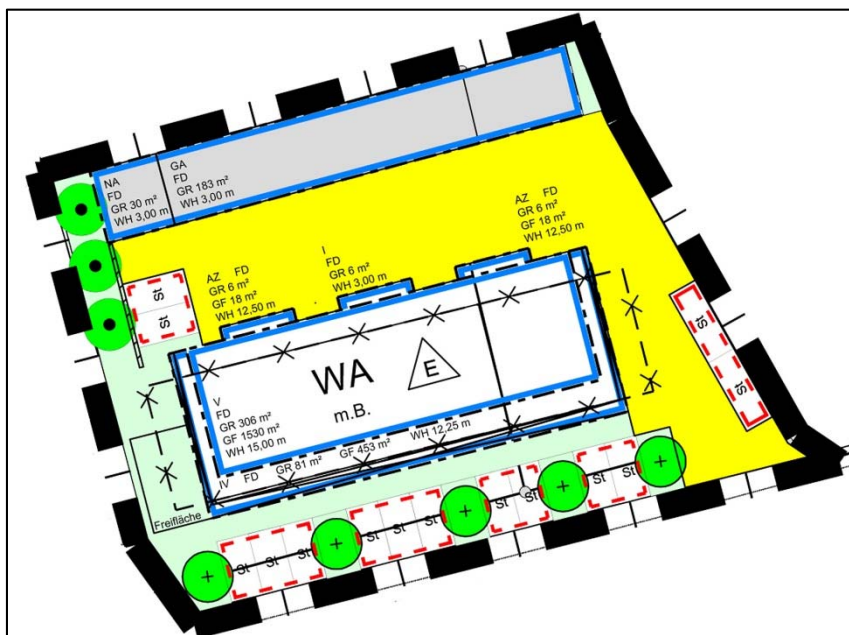


Abbildung 2: Geltungsbereich des Deckblatts Nr. 2 zum Bebauungsplan Nr. 02-1



1.2 Ortslage und Nachbarschaft

An den Geltungsbereich des Deckblatts Nr. 2 grenzen im Norden, im Osten und – getrennt durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Klötzlmüllerstraße – im Süden Wohnbebauungen an (vgl. Abbildung 3). Unmittelbar westlich verläuft die Bahnstrecke 5720 Landshut - Mühldorf in Nord-Süd-Richtung. Westlich der Bahnstrecke befinden sich teils unbebaute Flächen sowie weitere Wohnnutzungen.



Abbildung 3: Luftbild des Untersuchungsbereiches



2 Aufgabenstellung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist festzustellen, ob durch den Schienenverkehr auf der Bahnstrecke 5720 Landshut - Mühldorf schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen verursacht werden, die einer Wohnnutzung im Geltungsbereich der Planung entgegenstehen.

Zu diesem Zweck sind die Erschütterungen an der Bestandsstrecke messtechnisch während repräsentativer Zeiträume festzustellen und zu dokumentieren. Über eine Umrechnung der gewonnenen Messdaten auf die zu erwartenden Beurteilungsschwingstärken innerhalb der Gebäude und einen Vergleich mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 für die Erschütterungsbeurteilung soll der Nachweis geführt werden, dass keine Verletzungen des Anspruchs auf Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zu befürchten sind.



3 Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen

3.1 Allgemeine Beurteilungsgrundlagen

Als Grundlage für die Beurteilung von durch den Schienenverkehr verursachten Erschütterungen wird üblicherweise die Norm DIN 4150-2 /2/ herangezogen, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt. Die Norm nennt Anforderungen und Anhaltswerte, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden. Als Beurteilungsgrößen dienen gemäß Nr. 6 der Norm die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} welche aus dem Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} berechnet wird.

Die Beurteilungsgrößen werden mit den Anhaltswerten A nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 verglichen, welche je nach Gebietseinstufung unterschiedlich strenge Anforderungen stellen:

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 /2/)							
Zeile	Einwirkungsort	Tagzeit 6:00 bis 22:00 Uhr			Nachtzeit 22:00 bis 6:00 Uhr		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,6*	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,6*	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,6*	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	0,6*	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 Gebiets-einteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

A_u :.....unterer Anhaltswert

A_o :.....oberer Anhaltswert (* zur Nachtzeit gem. Nr. 6.5.3.5 der DIN 4150-2)

A_r :Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken



Die Beurteilung von Erschütterungen durch Schienenverkehr erfolgt gemäß Nr. 6.5.3.1 der Norm anhand der Kriterien A_u bzw. A_r : Zunächst ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} durch Messung und/oder Prognose zu ermitteln und mit dem unteren Anhaltswert A_u zu vergleichen:

- falls $KB_{Fmax} < A_u$, sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Andernfalls ist die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen:

- falls $KB_{FTr} < A_r$, sind die Anforderungen der Norm eingehalten,
- falls $KB_{FTr} > A_r$, sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Diese Vorgehensweise ist nach Nr. 6.5.3.4 a) der Norm explizit auch für städtebauliche Planungen von Baugebieten anzuwenden.

In Nr. 6.5.3.5 der Norm wird auf die spezielle Bedeutung des oberen Anhaltswerts A_o bei Erschütterungen durch Schienenverkehr eingegangen. Demnach ist bei einer seltenen Überschreitung $KB_{Fmax} > A_o$ die Ursache emissionsseitig, also bei der entsprechenden Zugeinheit, zu erforschen und möglichst rasch zu beheben. Die Frage, ob die Anforderungen der Norm eingehalten sind, ist in diesem Fall nicht grundsätzlich zu verneinen.

3.2 Einstufung der Schutzbedürftigkeit

Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der geplanten Wohnnutzungen erfolgt konform zur Darstellung im Entwurf zum Bebauungsplan /11/ als allgemeines Wohngebiet bzw. nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2.

3.3 Subjektive Wahrnehmung

Zur Veranschaulichung der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungen wird auf die Richtlinie VDI 2057 Blatt 3 /8/ verwiesen, welche den Wertebereich der bewerten Schwingstärke KB_F in folgender Weise der Empfindung von Erschütterungen gegenübergestellt:

Subjektive Wahrnehmung der bewerteten Schwingstärke	
KB_F -Wert	Beschreibung der Wahrnehmung
0,0 bis 0,1	Nicht spürbar
ca. 0,1	Fühlschwelle
0,1 bis 0,4	Gerade spürbar
0,4 bis 1,6	Gut spürbar
1,6 bis 6,3	Stark spürbar
über 6,3	Sehr stark spürbar

Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen in etwa bei $KB_F = 0,1$. KB_F -Werte kleiner als 0,1 sind daher im Allgemeinen nicht wahrnehmbar und werden bei Immissionsmessungen im Auswerteverfahren der DIN 4150-2 mit Null gleichgesetzt.



3.4 Sekundäreffekte

Die in einem betroffenen Raum von in Schwingung versetzten Raumbegrenzungsflächen abgestrahlten hörbaren Schallwellen („sekundärer Luftschall“) sowie sonstige durch Erschütterungen hervorgerufen wahrnehmbare Geräusche (z.B. hörbares Klappern von Gläsern) und sichtbaren Bewegungen von Gegenständen (z.B. Schwingungsbewegungen von Lampen) bezeichnet man als Sekundäreffekte. Gemäß /7/ kann bei Einhaltung der Anforderungen nach Norm DIN 4150-2 im Allgemeinen angenommen werden, dass auch durch derartige Sekundäreffekte keine erheblichen Belästigungen verursacht werden.



4 Erschütterungsmessungen

4.1 Messpunkt

Der Messpunkt wurde im Kellergeschoss des Bestandsgebäudes in einem Raum an der Westfassade gewählt, welche einen Abstand zur Bahnstrecke von ca. 16 m aufweist. Da das Bestandsgebäude abgerissen wird, wurde auf einen Messpunkt im Obergeschoss verzichtet. Die Baugrenze für das zu errichtenden Gebäude rückt gegenüber der bestehenden Westfassade um ca. 2,5 m nach Osten, so dass sich der Abstand zur Gleisachse entsprechend vergrößert.

Auf Basis der im Kellergeschoss bzw. auf dem Fundament ermittelten Messdaten wird in weiterer Folge die im Inneren des zu errichtenden Gebäudes in den Obergeschossen zu erwartende Beurteilungsschwingstärke prognostiziert, vgl. Kapitel 5.

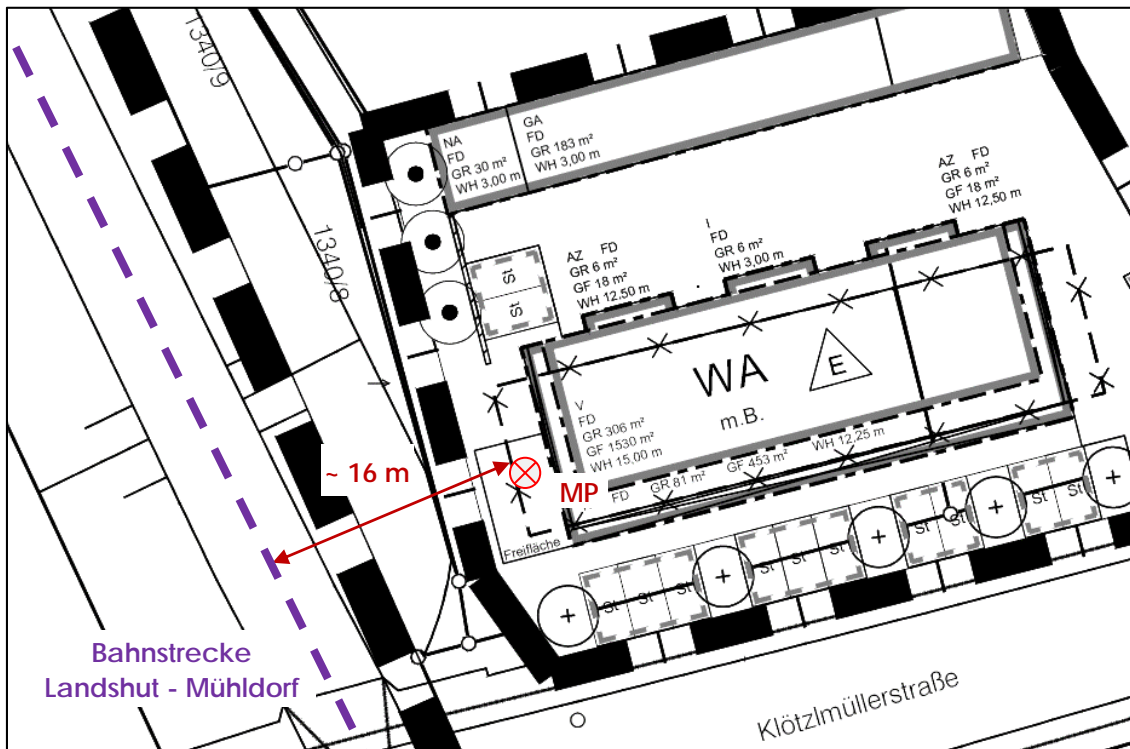


Abbildung 4: Lageplan mit Eintragung des Messpunkts MP



4.2 Messdurchführung

- **Messzeit**

Messbeginn:.....Montag, 04.04.2016 um ca. 17:00 Uhr

Messende:.....Dienstag, 05.04.2014 um ca. 17:00 Uhr

- **Messpersonal**

Hr. Dipl.-Ing. Andreas Dantele (hooock farny ingenieure)

Fr. Bettina Wagner (hooock farny ingenieure)

- **Messtechnik**

Schwinggeschwindigkeitssensor nach DIN 45669-1 /3/:

Sinus Messtechnik 3D-Seismometer Typ 902220.3, Ser.Nr. 0503579

Messgerät (A/D-Wandlung und digitale Aufzeichnung):

Sinus Messtechnik Typ Soundbook MK2/8B-G, Ser.Nr. 07156

Mess- und Auswerteprogramm (Software): Sinus Messtechnik SAMURAI Version 2.6.2



Abbildung 5: Messaufbau mit 3D-Seismometer

- **Messverfahren**

Am ausgewählten Messort wurde das Seismometer mit einer dreibeinigen Ankopplungsvorrichtung gemäß Nr. 5.3.3 der DIN 45669-2 /4/ aufgestellt und so ausgerichtet, dass die horizontale y-Komponente parallel zur der Gleisachse am nächsten liegenden Gebäudeaußenwand verläuft.



Während der Messung wurde der zeitliche Verlauf der nach DIN 45669-1 /3/ frequenzbewerteten Schwinggeschwindigkeit in allen drei Raumrichtungen erfasst und digital gespeichert. Die Frequenzspektren der Erschütterungen wurden alle 120 ms in Terzbändern zwischen 0,5 Hz und 80 Hz gemessen und dokumentiert. Zur Beweissicherung erfolgte eine digitale Aufzeichnung der unbewerteten Schwinggeschwindigkeitssignale mit einer Abtastrate von 400 Hz und einer Auflösung von 24 Bits per Sample.

4.3 Auswertung der Messergebnisse

Über die gesamte Messzeit mit einer Dauer von ca. 24 h wurden insgesamt 50 Zugvorbeifahrten erfasst, davon 41 Züge des Regionalverkehrs (Diesel-Triebzüge) und 9 Güterzüge. Während der Messzeit wurden die höchsten Einzelwerte der bewerteten Schwingstärke stets in Richtung der vertikalen z-Komponente erfasst. Daher werden gemäß Nr. 6.1 der DIN 4150-2 für die weitere Beurteilung ausschließlich die Messwerte der vertikalen z-Komponente herangezogen.

Die höchste während einer Güterzugzugvorbeifahrt gemessene bewertete Schwingstärke betrug $KB_{Fmax} = 0,058$. Durch energetische Mittelung der gemessenen Schwingstärken der Zugvorbeifahrten errechnen sich die Taktmaximal-Effektivwerte für die beiden Zugklassen wie folgt:

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und gemittelter Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}						
Messort	Messzeitraum	Messdauer	Zugklasse	Vorbeifahrten	KB_{Fmax}	KB_{FTm}
MP	04.04.16/17:00 Uhr bis 05.04.16/17:10 Uhr	24 h	RV	41	0,038	0,024
			GZ	9	0,058	0,045

RV:Regionalzug

GZ:Güterzug

KB_{Fmax} :maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTm} :energetisch gemittelter Taktmaximal-Effektivwert

Einen Überblick über die Frequenzzusammensetzung der energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} der beiden erfassten Zugklassen gibt die folgende Tabelle:

Terzspektrum des energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerts KB_{FTm}														
Zugklasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]													
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
RV	3E-4	4E-4	0,001	0,001	0,006	0,014	0,016	0,007	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004	0,002
GZ	0,003	0,007	0,008	0,009	0,015	0,015	0,017	0,020	0,009	0,010	0,021	0,009	0,006	0,002

RV:Regionalzug

GZ:Güterzug

Der Zeitverlauf der in allen drei Raumrichtungen gemessenen bewerteten Taktmaximal-Schwingstärken ist im Anhang in Kapitel 9.3 dargestellt.



5 Prognose der Erschütterungen in den zu errichtenden Wohngebäuden

5.1 Vorgehensweise

Auf Grundlage der Messergebnisse erfolgt eine Prognose der zu erwartenden Schwingstärken in den Obergeschossen eines Wohngebäudes im Geltungsbereich der Planung, das entsprechend den im Entwurf zum Bebauungsplan /11/ eingetragenen Baugrenzen errichtet werden kann und dessen Westfassade im ungünstigsten Fall in einer Entfernung von ca. 18 m zur Gleisachse zu liegen kommt.

Bei dem Übergang von Erschütterungen vom Erdreich auf das Fundament eines Gebäudes findet in der Regel eine frequenzabhängige Abschwächung statt, die in erster Näherung vom Wellenwiderstand des Bodens und von der Gebäudemasse abhängt. Bei der Weiterleitung der Erschütterungen im Gebäude vom Fundament über Wände und Decken können Resonanzüberhöhungen auftreten, welche die Erschütterungen schmalbandig verstärken. Von Bedeutung sind hierbei in erster Linie Anregungen im Resonanzbereich der Geschossdecken. Diese Resonanzüberhöhungen hängen vom Material, von den strukturellen Eigenschaften und von den Auflagerbedingungen der jeweiligen Geschossdecke ab. Eine Prognose der Schwingungsübertragung vom Erdreich auf die oberen Geschossdecken ist dementsprechend komplex und stets mit Unsicherheiten behaftet /1,5/.

Im vorliegenden Fall erfolgte die Berechnung der Schwingungsübertragung anhand des in der VDI-Richtlinie 3837 /9/ beschriebenen spektralen Prognoseverfahrens, welches den Ausbreitungsweg von schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen in Teilsysteme mit unabhängigen Übertragungsfunktionen zerlegt. Für die Prognose des Übergangs der Erschütterungen vom Erdreich auf die obere Geschossdecke wurde auf die Planungsempfehlung in /6/ zurückgegriffen, welche Angaben zu empirisch ermittelten gebäudespezifischen Übertragungsfaktoren enthält. Diese Faktoren berücksichtigen eine mögliche Resonanzüberhöhung mit Terzmittenfrequenzen von 16 Hz bis 50 Hz für einen massiven Betondeckenaufbau. Die diesbezüglich in der Prognose verwendeten frequenzabhängigen Übertragungsfaktoren sind im Anhang in Kapitel 9.2 dargestellt.

Da die Messung im Inneren auf dem Fundament des Bestandsgebäudes durchgeführt wurde, ist der Übergang der Erschütterungen vom Erdreich auf das Fundament im vorliegenden Fall gesondert zu berücksichtigen. Gemäß DIN 4150-1 /1/ kann hierfür näherungsweise ein mittlerer Übertragungswert $k_w = 0,5$ angenommen werden. Dieser Wert wurde als Korrekturfaktor auf die Messwerte angewendet und in weiterer Folge das beschriebene Prognoseverfahren durchgeführt.



5.2 Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren

Die am Messpunkt ermittelte maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} = 0,058$ (vgl. Kapitel 4.3) unterschreitet den zur Nachtzeit geltenden unteren Anhaltswert $A_u = 0,1$ nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2. Dennoch kann aufgrund einer möglichen Verstärkung durch Resonanzüberhöhungen nicht ausgeschlossen werden, dass in den Obergeschossen eines zu errichtenden Gebäudes der untere Anhaltswert überschritten wird. Dem Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 folgend ist in diesem Fall die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. (Vgl. Kapitel 3.1)

Unter Beachtung der frequenzabhängigen Übertragung der Erschütterungen vom Freifeld auf das Fundament und in weiterer Folge auf die oberen Geschossdecken (vgl. Kapitel 5.1) wurde zunächst der am Immissionsort im Gebäudeinneren zu erwartende Taktmaximal-Effektivwert $KB_{FTm,P}$ getrennt für die beiden erfassten Zugklassen prognostiziert. Darauf aufbauend wurde anhand der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2025 /13/ die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} getrennt für die Zeiträume Tag- und Nachtzeit bestimmt.

In der folgenden Tabelle sind die prognostizierten bewerteten Schwingstärken für einen massiven Betondeckenaufbau in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz zusammengefasst:

Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärke						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2025					72	10
Variante	Deckenaufbau	f_0	RV $KB_{FTm,P}$	GZ $KB_{FTm,P}$	$KB_{FTr,T}$	$KB_{FTr,N}$
MP-B1-16	Betondecke (Massivbau)	16	0,153	0,185	0,030	0,016
MP-B1-20		20	0,096	0,207	0,020	0,013
MP-B1-25		25	0,068	0,142	0,014	0,009
MP-B1-32		31,5	0,059	0,144	0,013	0,008
MP-B1-40		40	0,064	0,210	0,015	0,011
MP-B1-50		50	0,059	0,139	0,013	0,008

Tagzeit:6:00 bis 22:00 Uhr

Nachtzeit:22:00 bis 6:00 Uhr

f_0 :Resonanzfrequenz

RV:Regionalzug

GZ:Güterzug

$KB_{FTm,P}$:Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke, Prognosewert

$KB_{FTr,T}$:Beurteilungs-Schwingstärke, Tagzeit

$KB_{FTr,N}$:Beurteilungs-Schwingstärke, Nachtzeit

Die höchsten prognostizierten Schwingstärken treten bei Regionalzügen bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz und bei Güterzügen bei einer Resonanzfrequenz $f_0 = 40$ Hz auf. Als Folge der Häufigkeit der einzelnen Zugklassen ergeben sich die höchsten Beurteilungsschwingstärken bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 16$ Hz (Variante MP-B1-16) und betragen zur Tagzeit $KB_{FTr,T} = 0,030$ und zur Nachtzeit $KB_{FTr,N} = 0,016$.



6 Immissionsschutzfachliche Beurteilung

Zur Beurteilung von Erschütterungen, welche der Schienenverkehr auf der Bahnstrecke Landshut - Mühldorf im Geltungsbereich des Deckblatts Nr. 2 zum Bebauungsplan Nr. 02-1 "Klötzlmüllerstraße" der Stadt Landshut verursachen wird, wurden Messungen der bewerteten Schwingstärke in drei Raumrichtungen im Kellergeschoss des Bestandsgebäudes durchgeführt, welches sich derzeit am Standort "Klötzlmüllerstraße 60" befindet (vgl. Kapitel 4).

Die in einem neu zu errichtenden Wohngebäude zu erwartenden Schwingstärken wurden auf Grundlage der Messergebnisse mittels einer Modellrechnung prognostiziert, welche die frequenzabhängige Schwingungsübertragung vom Freifeld auf die oberen Geschossdecken berücksichtigt. Hierbei wurde eine massive Bauweise mit Betondecken angenommen. Mögliche Resonanzüberhöhungen der Geschossdecken gingen als Varianten mit Terzmittenfrequenzen von 16 Hz bis 50 Hz in die Berechnung ein (vgl. Kapitel 5).

Zur Überprüfung der Anforderungen der Norm DIN 4150-2 /2/, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt, wurden die auf Basis der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2025 ermittelten Prognosewerte der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für die Tag- und Nachtzeit mit den in der Norm angegebenen Anhaltswerten A_r für Einwirkungsorte mit der Schutzbedürftigkeit eines allgemeinen Wohngebiets verglichen:

Beurteilungsübersicht nach DIN 4150-2								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	$KB_{FTr,T}$	A_r	k	Einhaltung	$KB_{FTr,N}$	A_r	k	Einhaltung
MP-B1-16	0,030	0,07	43%	JA	0,016	0,05	33%	JA
MP-B1-20	0,020	0,07	29%	JA	0,013	0,05	26%	JA
MP-B1-25	0,014	0,07	20%	JA	0,009	0,05	18%	JA
MP-B1-32	0,013	0,07	18%	JA	0,008	0,05	17%	JA
MP-B1-40	0,015	0,07	22%	JA	0,011	0,05	22%	JA
MP-B1-50	0,013	0,07	18%	JA	0,008	0,05	17%	JA

VarianteKombination aus Deckenaufbau und Resonanzfrequenz (vgl. Kapitel 5.2)

$KB_{FTr,T}$ Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Tagzeit

$KB_{FTr,N}$ Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Nachtzeit

A_r :Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken

kAusschöpfung des Anhaltswerts A_r durch die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} [%]

Die Bedingung $KB_{FTr} < A_r$ ist im vorliegenden Fall sowohl zur Tag- als auch zur Nachtzeit für alle prognostizierten Varianten erfüllt, das heißt die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 sind eindeutig eingehalten. Gemäß /7/ kann somit angenommen werden, dass auch durch Sekundäreffekte (vgl. Kapitel 3.4) keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen verursacht werden.

Abschließend ist festzustellen, dass durch den Schienenverkehr auf der Bahnstrecke Landshut - Mühldorf in einem zu errichtenden Wohngebäude im Geltungsbereich der Planung bei fachgerechter Bauausführung in Massivbauweise keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen zu erwarten sind. Die Formulierung von Festsetzungen zum Erschütterungsschutz ist nicht erforderlich.



7 Musterformulierung für die Begründung

Im Rahmen der Änderung des Bebauungsplan Nr. 02-1 "Klötzlmüllerstraße" durch das Deckblatt Nr. 2 wurde durch das Sachverständigenbüro "hooock farny ingenieure", Am Alten Viehmarkt 5, 84028 Landshut mit Datum vom 19.04.2016 ein erschütterungstechnisches Gutachten erstellt.

Dabei wurden die Erschütterungen, welche der Schienenverkehr auf der Bahnstrecke 5720 Landshut - Mühldorf in einem zu errichtenden Wohngebäude im Geltungsbereich der Planung verursachen wird, auf der Basis von Messdaten mit Hilfe einer Modellrechnung prognostiziert. Für die Berechnung der frequenzabhängigen Schwingungsübertragung auf die oberen Geschossdecken wurde eine massive Bauweise mit Betondecken angenommen. Mögliche Resonanzüberhöhungen der Geschossdecken wurden in dem angewendeten spektralen Prognoseverfahren berücksichtigt und als Varianten berechnet. Die Prognose erfolgte auf Basis der von der Deutsche Bahn AG mit Datum vom 06.01.2016 für das Prognosejahr 2025 mitgeteilten Zugzahlen.

Zur Überprüfung der Anforderungen der Norm DIN 4150-2, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt, wurden die ermittelten Prognosewerte der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} für die Tag- und Nachtzeit mit den in der Norm angegebenen Anhaltswerten A_r für Einwirkungsorte mit der Schutzbedürftigkeit eines allgemeinen Wohngebiets verglichen. Die Berechnungsergebnisse sind im erschütterungstechnischen Gutachten in tabellarischer Form dargestellt.

Die Bedingung $KB_{FT} < A_r$ ist im vorliegenden Fall sowohl zur Tag- als auch zur Nachtzeit für alle prognostizierten Varianten erfüllt. Die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 sind demnach eindeutig eingehalten. Gemäß der Erschütterungs-Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz kann bei Einhaltung der Anforderungen nach Norm DIN 4150-2 angenommen werden, dass auch durch Sekundäreffekte keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen verursacht werden.

Anhand der Ergebnisse des Gutachtens ist festzustellen, dass in einem zu errichtenden Wohngebäude im Geltungsbereich der Planung bei fachgerechter Bauausführung in Massivbauweise keine erheblichen Belästigungen durch schienenverkehrsinduzierte Erschütterungen zu erwarten sind. Die Formulierung von Festsetzungen zum Erschütterungsschutz ist nicht erforderlich.



8 Zitierte Unterlagen

8.1 Literatur zu Erschütterungen

1. DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, 2001
2. DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999
3. DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, 2010
4. DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, 2005
5. "Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs – Prognose und Schutzmaßnahmen", Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1995
6. "Körperschall und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer – Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen", Deutsche Bahn AG, Berlin, 1999
7. Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie), Empfehlung des Länderausschusses für Immissionsschutz, 2000
8. VDI-Richtlinie 2057 Blatt 3, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden, 2012
9. VDI-Richtlinie 3837, Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, 2013
10. "Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03)", Anlage 2 zu § 4 der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), 01.01.2015

8.2 Projektspezifische Unterlagen

11. Deckblatt Nr. 02 zum Bebauungsplan Nr. 02-1 "Klötzlmüllerstraße" der Stadt Landshut, Stand: 09.12.2015
12. Ortstermin mit Erschütterungsmessungen am 04.04.2016 in Landshut, Anwesende: Hr. Abele (Eigentümer), Fr. Wagner, Hr. Dantele (hooock farny ingenieure)
13. Verkehrsdaten für die Bahnstrecke 5720, Abschnitt Landshut, Prognose 2025, erhalten per E-Mail am 06.01.2016 von der Deutschen Bahn AG, 10115 Berlin



9 Anhang



9.1 Verkehrsbelastungen im Prognosejahr 2025

Schienenverkehr auf der Bahnstrecke 5720 Landshut - Mühldorf im Abschnitt Landshut im Prognosejahr 2025 gemäß den Angaben der Deutschen Bahn AG /13/:

Zugzahlen nach Schall 03-2012 /10/					
Strecke 5720	n _{i,Tag}	n _{i,Nacht}	v	Fz.K.	n
1. Güterzug (GZ-V)	4	2	100		
Diesellok				8_A6	1
Güterwagen				10-Z5	24
Güterwagen				10-Z2	6
Güterwagen				10-Z18	6
Güterwagen				10-Z15	1
Güterzüge gesamt	4	2			
5. Regionalzug (RV-VT)	2	4	100		
Diesel-Triebzug				6_A10	1
5. Regionalzug (RV-VT)	54	2	100		
Diesel-Triebzug				6_A10	2
5. Regionalzug (RV-VT)	8	2	100		
Diesel-Triebzug				6_A10	3
Personenzüge gesamt	64	8			
Alle Züge gesamt	68	10			

n_{i,Tag}:Mittlere Anzahl der Züge einer Zugklasse i am Tag (6:00 bis 22:00 Uhr)

n_{i,Nacht}:Mittlere Anzahl der Züge einer Zugklasse i in der Nacht (22:00 bis 6:00 Uhr)

v:Höchstgeschwindigkeit [km/h]

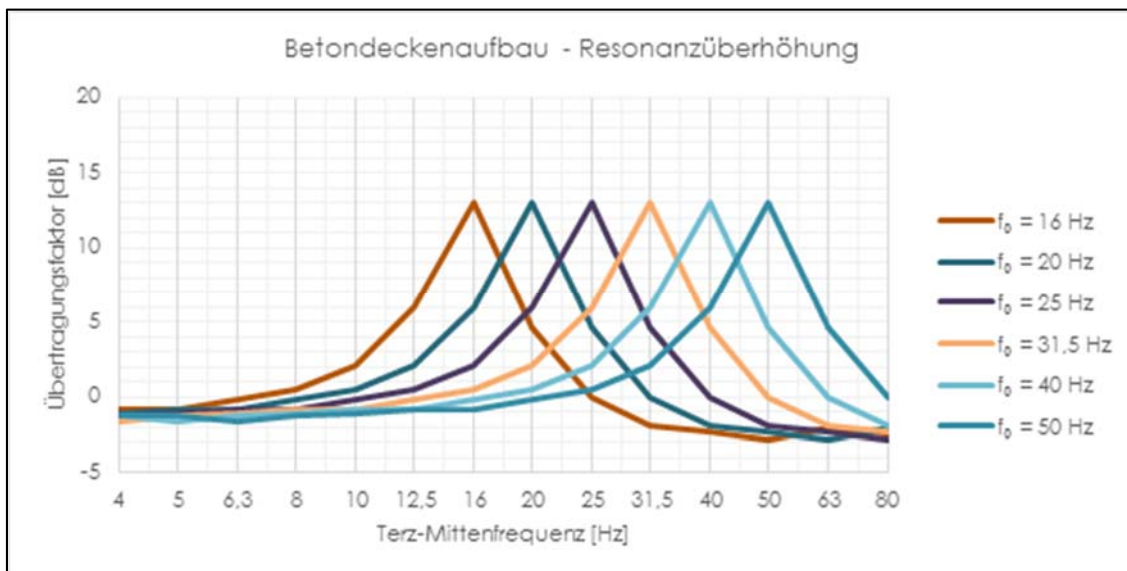
Fz.K.:Fahrzeugkategorie

n:Anzahl der Fahrzeugeinheiten je Zug



9.2 Übertragungsfaktoren für die Erschütterungsprognose

Frequenzabhängige Erschütterungs-Übertragungsfaktoren vom Freifeld auf die Geschossdecken bei massiver Bauausführung mit Betondecken gemäß /6/:





9.3 Zeitverlauf der erfassten Schwingstärken am Messpunkt MP

Zeitverlauf der bewerteten Taktmaximal-Schwingstärken KB_{FTI} für die Raumrichtungen x (horizontal), y (horizontal) und z (vertikal)

