

Urk. 20.24

Institut für Immissions-  
schutz und Technische  
Akustik

Messstelle nach § 29 b BImSchG  
für Geräusche und Erschütterungen

## **Erschütterungstechnische Untersuchung zum Betrieb**

**2. S-Bahn-Stammstrecke München,  
PFA 1 – 17. Planänderung  
Bau-km 101,180 bis Bau-km 101,460**

**Auftraggeber:** DB Netz AG  
Arnulfstraße 25  
80335 München

**OINF Projekt Nr.:** 27898

**Datum:** 13.07.2022



### Änderungshistorie

Version	Datum	bearbeitet	geprüft
1	13.07.2022	Gawlik	J. Gregor

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Angaben zum Auftrag</b> .....	<b>1</b>
1.1	Projektbeschreibung .....	1
1.2	Aufgabenstellung .....	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen der erschütterungstechnischen Untersuchung</b> .....	<b>2</b>
2.1	Beurteilungsgrundlagen .....	3
2.1.1	Erschütterungen bezogen auf den Menschen (DIN 4150 Teil 2) .....	3
2.1.2	Erschütterungen bezogen auf Gebäude (DIN 4150 Teil 3) .....	7
2.1.3	Sekundärer Luftschall .....	7
2.2	Prognoseberechnung .....	8
2.2.1	Prognose der Erschütterungen .....	8
2.2.2	Prognose des sekundären Luftschalls .....	10
2.3	Maßnahmen zu Minderung von Erschütterungen .....	11
2.3.1	Hochelastische Schienenbefestigung .....	11
2.3.2	Schwellenbesohlung .....	11
2.3.3	Betontrog mit Unterschottermatte .....	11
2.3.4	Masse-Feder-System (MFS) .....	11
2.3.5	Maßnahmen am Ausbreitungsweg .....	12
2.3.6	Maßnahmen am Gebäude .....	12
2.4	Auswahl der Schutzmaßnahmen .....	12
2.5	Planungsgrundlagen .....	14
<b>3</b>	<b>Emissionsspektren und Ausbreitungsfunktion</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Prognose</b> .....	<b>16</b>
4.1	Erschütterungsprognose .....	17
4.2	Erschütterungsprognose für das Gebäude der Landsberger Straße 300 .....	17
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>20</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2. Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren Räumen (für Neubaustrecken ohne Vorbelastung)	4
Tabelle 2:	Aus der 24. BImSchV abgeleitete zumutbare Innenraumpegel .....	8
Tabelle 3:	Erschütterungsreduzierende Maßnahmen und deren Kosten .....	13
Tabelle 4:	Standort-unabhängiges Einfügedämmmaß De von ESM.....	14

## Anhang

### Anhang A:

Emissionstabelle:	Angesetzte Körperschall-Emissionen, Max-Hold –Werte	
Emissionstabelle:	Angesetzte Körperschall-Emissionen, Leq –Werte	
Tabelle:	Entfernungsbedingte Körperschall-Pegelabnahme im Boden (bezogen auf 8m - 80m)	
Tabelle:	Messtechnisch ermittelter Weichenzuschlag (Raum Baden-Baden) in 8 m und 32 m Entfernung vom Gleis	

### Anhang B:

Ergebnistabelle 1:	Beurteilung der Erschütterungen am messtechnisch untersuchten Objekt	
Ergebnistabelle 2:	Beurteilung des sekundären Luftschalls am messtechnisch untersuchten Objekt	

### Anhang C:

Erschütterungstechnischer Messbericht, Beweissicherungsmessung im Gebäude Landsberger Straße 300	
--	--

## Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
$A_o$	Oberer Anhaltswert
$A_r$	Anhaltswert für die Beurteilungsschwingstärke
$A_u$	Unterer Anhaltswert
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BD	Betondecke
Bf	Bahnhof
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
dB (A)	Dezibel (A bewerteter Schallpegel)
DB AG	Deutsche Bahn AG
DIN®	Verbandzeichen des Deutschen Instituts für Normung e.V.
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ESM	Erschütterungsschutzmaßnahme
EWB	Einwirkungsbereiche Erschütterungen
G	Gewerbegebiet (Nutzungsart)
GZ	Güterzug
HBD	Holzbalkendecke
Hz	Hertz (Einheit der Frequenz)
IC	Intercityzug
idR	in der Regel
KB	"KB-Wert": bewertete Schwingstärke
l	Länge der Züge (Schall 03)
ldB	links der Bahn
lg	Dekadischer Logarithmus (Basis 10)
L	Beurteilungspegel in dB(A)
M	Misch-, Kern- oder Dorfgebiet (Nutzungsart)
MFS	Masse-Feder-System
OG	Obergeschoss
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PFG	Planfeststellungsgrenze
PZ	Personenzug
rdB	rechts der Bahn
Rn	Randnummer (Rechtsliteratur)
RV	Regionalzug
SF	Schutzfall
S	Sondergebiet
SB	Schwellenbesohlung
Tsd. €	Tausend Euro
v	Geschwindigkeit
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
W	Reines oder allgemeines Wohngebiet (Nutzungsart)
WE	Wohneinheit

## **1 Angaben zum Auftrag**

### **1.1 Projektbeschreibung**

Der Planfeststellungsabschnitt PFA 1 ist Teil des Gesamtprojekts „2. S-Bahn-Stammstrecke München“. Von Bau-km 101,180 bis Bau-km 101,460 werden auf den Strecken 5503 und 5521 die Weichen verlegt bzw. getauscht. Die Weichen der Strecke 5503 werden zwischen Bau-km 101,27 und Bau-km 101,34 ausgebaut und anschließend zwischen Bau-km 101,18 und Bau-km 101,25 wieder eingebaut. Die Weichen der Strecke 5521 werden zwischen Bau-km 101,36 und 101,44 lediglich getauscht. Vorliegendes Gutachten untersucht die Wirkung der Weichenverlegung und des Weichentausches – Planänderung (PÄ) 17.

### **1.2 Aufgabenstellung**

Der gegenständliche Bericht enthält die erschütterungstechnische Untersuchung im Rahmen der 17. Planänderung des PFA 1 des Gesamtprojekts „2. S-Bahn-Stammstrecke München“.

Zu der erschütterungstechnischen Untersuchung zählen:

- Messung der Emissionen
- Messung der Gebäudeübertragungsfunktionen in der Landsberger Straße 300
- Festlegen der und Ausbreitungsdämpfung
- Ansatz der Wirkung von bestehenden Weichen (Zuschläge für Weichen als Erfahrungswerte)
- die Durchführung der Erschütterungsprognose für die Betriebsphase
- die Durchführung der Prognose für den sekundären Luftschall für die Betriebsphase
- die Ausarbeitung von Erschütterungsschutzkonzepten für die Betriebsphase

Im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung wird auf der Grundlage von Messungen eine Prognose erstellt, um die Auswirkungen des Streckenbetriebs abschätzen zu können und ggf. Schutzmaßnahmen zu ermitteln.

Die Beurteilung der prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten findet anhand der einschlägigen Regelwerke für die Bereiche mit Ausbaumaßnahmen an den Bahnstrecken statt. Beim Vorliegen von Betroffenheiten sind Maßnahmen zum Erschütterungsschutz vorzusehen.

## 2 Grundlagen der erschütterungstechnischen Untersuchung

Erschütterungsimmissionen bestehen aus - fühlbaren - mechanischen Schwingungen (Vibrationen, Erschütterungen), und - hörbarem - sekundären Luftschall, der durch die Schallabstrahlung schwingender Raumbegrenzungsflächen entsteht. Sie können schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [1] sein, die nach Möglichkeit vermieden werden sollten. Unvermeidliche schädliche Umwelteinwirkungen sollen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Die DB Richtlinie 820.2050 „Grundlagen des Oberbaus, Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ [9] mit den Anhängen A01 bis A06 beschreibt die Vorgehensweise bei der Erstellung von Erschütterungsprognosen für den Schienenverkehr. Sie beschreibt zu diesem Zweck die Grundsätze und Regelungen für die Messung, für die Prognose und die Beurteilung der Auswirkungen von Erschütterungen und sekundärem Luftschall. Die Richtlinie ist anzuwenden:

- beim Neubau von Eisenbahninfrastruktur oder
- bei der Änderung von Eisenbahninfrastruktur

Die Richtlinie verweist u.a. auf die folgenden besonders zu beachtenden Normen:

- DIN 4150-2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) [7]
- DIN 4150-3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) [8]

Die Ausbreitung der Erschütterungen im Erdboden ist von den Eigenschaften der Erschütterungsquelle, den Bodeneigenschaften und dem Abstand zur Erschütterungsquelle abhängig. Das heißt auch, dass je nach Ausdehnung der Erschütterungsquelle, der Art der Anregung, sowie durch Bodenschichtung und Position der Anregung die Übertragungseigenschaften des Bodens in gewissem Maß variieren können. Die Übertragungseigenschaften des Erdbodens sind frequenzabhängig, wobei in der Regel der Erdboden bei tieffrequenten Emissionen weniger dämpft als bei hochfrequenten Emissionen.

Die in den beurteilungsrelevanten Gebäudeteilen auftretenden Schwingungen hängen weiterhin maßgeblich von den Gebäudeeigenschaften und den Wechselwirkungen zwischen Gebäude und Erdboden ab.

In Kapitel 2.1 werden die Beurteilungsgrundlagen näher beschrieben. In Kapitel 2.2 werden die Grundlagen zur Prognoseberechnung aufgeführt. Die Darstellung der Prognoseberechnung unter Berücksichtigung der projektspezifischen Rahmenbedingungen erfolgt in Kapitel 4.

## 2.1 Beurteilungsgrundlagen

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb wird nach dem Anhang A03 der DB Richtlinie 820.2050 [9] vorgenommen. Die Richtlinie verweist dabei auf folgende Normen:

- DIN 4150-2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) [7],
- DIN 4150-3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) [8],
- sowie auf die EBA-Verfügung [14] zum Umgang mit betrieblich bedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall, in der die Schwelle zur Eigentums- und Gesundheitsgefährdung definiert wird.

Die Beurteilung des sekundären Luftschalls erfolgt ebenfalls nach dem Anhang A03 der DB Richtlinie 820.2050. In Anlehnung an die 24. BImSchV [4] werden hier Immissionsrichtwerte für zumutbare Innenschallpegel, im Weiteren als Anhaltswerte des sekundären Luftschalls bezeichnet, genannt.

### 2.1.1 Erschütterungen bezogen auf den Menschen (DIN 4150 Teil 2)

Gemäß Punkt 1 (Anwendungsbereich) der DIN 4150-2 „[...] werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden. [...]“.

Grundlage zur Beurteilung von Erschütterungen in Bezug auf den Menschen sind KB-Werte (bewertete Schwingschnelle). Die KB-Werte sind auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes, und zwar an den Stellen, an denen die stärksten Erschütterungen zu erwarten sind, zu ermitteln und mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 zu vergleichen. Als Beurteilungsgröße gilt der  $KB_{Fmax}$ -Wert, welcher die maximale bewertete Schwingstärke, die „während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist“, darstellt.

Liegen die Erschütterungen stets unter dem unteren Anhaltswert ( $A_u$ ), so sind die Anforderungen der DIN 4150-2 eingehalten. Bei einer Überschreitung des oberen Anhaltswertes ( $A_o$ ) sind die Kriterien i.d.R. nicht eingehalten. Beim Schienenverkehr erhält der obere Anhaltswert  $A_o$  nachts diesbezüglich eine abweichende Bedeutung. Liegt mindestens ein  $KB_{Fmax}$ -Wert über dem  $A_u$ , wird im Falle von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr und Bauerschütterungen die Beurteilungs-Schwingstärke ( $KB_{FT}$ ) ermittelt und mit dem  $A_v$  („Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärke“) verglichen. Bei der Bildung des  $KB_{FT}$  werden Häufigkeit, Dauer und Intensität der Erschütterungen berücksichtigt.



Die Beurteilung der Erschütterungen aus dem Schienenverkehr erfolgt gemäß Punkt 6.5 der DIN 4150-2. In Tabelle 1 der DIN 4150-2 werden Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen genannt.

Zelle	Einwirkungsort	Tags		Nachts	
		A <sub>u</sub>	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>r</sub>
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	0,2	0,3	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8)	0,3	0,15	0,2	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	0,1	0,15	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	0,07	0,1	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	0,05	0,1	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 gegenüber Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.					

**Tabelle 1:** Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2. Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren Räumen (für Neubaustrecken ohne Vorbelastung)

In Absatz 6.5 der DIN 4150, Teil 2 werden Regelungen für unterschiedliche Erschütterungsverursacher getroffen, in Abs. 6.5.3 wird die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr beschrieben. Die oberen Anhaltswerte A<sub>o</sub> erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung, siehe Abs. 6.5.3.1 - 6.5.3.4 der Norm.

Nach Absatz 6.5.3.1 sind Einwirkungen in Ruhezeiten nicht zusätzlich zu gewichten. Nach Absatz 6.5.3.2 gelten für unterirdischen Schienenverkehr jeglicher Art die Anhaltswerte A<sub>u</sub> und A<sub>r</sub> der Tabelle 1 der DIN 4150-2.

Berücksichtigung der Vorbelastung:

Gemäß der ständigen Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts müssen Betroffene sich Vorbelastungen schutzmindernd zurechnen lassen. Demnach können Betroffene lediglich verlangen, dass durch das Hinzutreten neuer Erschütterungsimmissionen infolge von Ausbaumaßnahmen die Vorbelastungen nicht wesentlich erhöht werden. Es besteht kein Anspruch auf Verbesserung der Erschütterungsimmissionssituation. Daher sind Anwohnern bei einer Vorbelastung, die nicht die Schwelle zur Eigentums- bzw. Gesundheitsverletzung überschreitet, Erschütterungen im Umfang der plangegebenen Vorbelastung plus 25% zumutbar. Diese Erhöhung rechtfertigt sich daraus, dass eine Zusatzbelastung von 25% nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis die Wahrnehmungsschwelle für Unterschiede der Beurteilungsschwingstärke darstellt<sup>1</sup>.

Nach derzeitigem Stand kann das System der Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2, als untere Zumutbarkeitsschwelle zu Grunde gelegt werden. Hierin sind auch die Anhaltswerte  $A_r$  enthalten, die mit  $KB_{FT}$  zu vergleichen sind. Somit wird neben der (mittleren) maximalen Schwingstärke auch die Häufigkeit der Vorbeifahrten adäquat berücksichtigt.

Für die Bewältigung des Belanges der Erschütterungsimmissionen in der Planfeststellung ist die Erschütterungsbelastung durch die vorhandenen Schienenwege zu ermitteln, um im Vergleich mit der Prognose im ausgebauten Zustand ggf. eine spürbare Erhöhung feststellen zu können. Zur Klärung des Begriffes „spürbare Erhöhung“ der Erschütterungsimmissionen wurde eine Laborstudie [10] an Probanden durchgeführt. Ein Ziel dieser Laborstudie war zu ermitteln, ab wann eine Änderung der Schwingstärke wahrgenommen wird. Die im Labor untersuchte Erschütterungsdifferenz von 25%  $KB_{Fmax}$  -Erhöhung wurde als gerade noch erkennbarer Unterschied festgestellt. Diese Laborunterschiedsschwelle ist als untere Grenze zu verstehen und liegt auf der sicheren Seite. Die Ergebnisse dieser Studie sind in die Richtlinie 820.2050 [9] der Deutschen Bahn AG eingeflossen. Entsprechend dem Vorstehenden werden in der vorliegenden Untersuchung folgende Beurteilungskriterien angewendet:

Betroffene müssen sich Vorbelastungen aus vorhandenen Anlagen zurechnen lassen. Diese dürfen sich vorhabensbedingt nicht erheblich erhöhen (keine spürbare Erhöhung). Dabei sollten vorsorglich als untere Schwelle die Anhaltswerte  $A_r$  der DIN 4150,

---

<sup>1</sup> BVerwG, Urteil vom 21.12.2010 – 7 A 14.09

Teil 2, herangezogen werden. Erst nach deren Überschreitung ist zu prüfen, ob eine erhebliche bzw. wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen stattfindet.

Die Beurteilung folgt folgendem Ablauf:

- Ist  $KB_{Fmax} < A_u$ , sind keine weiteren Betrachtungen erforderlich. Die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 sind eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax} > A_u$  und  $KB_{FTr} < A_r$ , dann sind die erschütterungstechnischen Anforderungen ebenfalls eingehalten.
- Ist  $KB_{FTr} > A_r$ , dann erfolgt die Beurteilung auf Basis der wesentlichen Zunahme der Erschütterungsimmissionen wie folgt:
  - o Ist die Erhöhung der  $KB_{FTr}$ -Werte im Ausbaufall  $< 25,0\%$  gegenüber der Belastung ohne Ausbau, dann liegt keine erhebliche bzw. wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vor; die Anforderungen sind eingehalten.
  - o Wenn der  $KB_{FTr}$ -Wert sich im Ausbaufall gegenüber der Belastung aus den bestehenden Anlagen um  $25,0\%$  oder mehr erhöht, dann liegt eine erhebliche bzw. wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vor; Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsimmissionen müssen in Betracht gezogen werden.

Zu der Schwelle zur Eigentums- bzw. Gesundheitsgefährdung führt die DB Richtlinie 820.2050 im Anhang A03 folgendes aus:

*Die schutzmindernde Wirkung der Vorbelastung findet nach derzeitiger Rechtsprechung<sup>1</sup> allerdings ihre Grenze im Eigentums- bzw. Gesundheitsschutz. Bei welcher Erschütterungsbelastung diese Grenze überschritten wird, ist durch das BVerwG nicht abschließend geklärt.*

*Entsprechend der EBA-Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall [14] sind Abschnitte mit Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTr}$  ab einem Bereich von 1,1 tags und 0,7 nachts als Vorbelastung, die vorhabenbedingt gering (ab dritte Nachkommastelle) ansteigen, gutachterlich besonders zu untersuchen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls im Hinblick auf den Eigentums- und Gesundheitsschutz in der Abwägung über zu treffende Schutzmaßnahmen zu betrachten.*

*Unabhängig davon hat das BVerwG diese Schwelle jedenfalls deutlich über dem in Industriegebieten und bezogen auf den ÖPNV geltenden Anhaltswert nach DIN 4150-2 von  $A_r = 0,3$  tags und von  $A_r = 0,23$  nachts nicht beanstandet<sup>1</sup>.*

### 2.1.2 Erschütterungen bezogen auf Gebäude (DIN 4150 Teil 3)

Die Einwirkungen von Erschütterungen auf bauliche Anlagen werden in der DIN 4150-Teil 3 [8] behandelt. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind. Sie liegen in der Größenordnung um etwa ein 20-faches über den Anhaltswerten zum Schutze von Menschen in Gebäuden nach der DIN-Norm 4150, Teil 2. Im Rahmen der Planfeststellung werden daher ausschließlich die höheren Anforderungen bzgl. von Menschen in Gebäuden untersucht.

### 2.1.3 Sekundärer Luftschall

Durch Körperschallübertragung bzw. -anregung der Raumbegrenzungsflächen kann in Gebäuden sogenannter „sekundärer Luftschall“ entstehen und einen u.U. nicht zu vernachlässigenden Anteil am gesamten Innenraumpegel hervorrufen. Im Vergleich zum üblichen Bau- oder Verkehrslärm handelt es sich beim sekundären Luftschall um ein Geräusch, das von allen Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt wird. Dies führt dazu, dass der sekundäre Luftschall nicht richtungsorientiert hörbar ist und im Vergleich zum üblichen Grundgeräusch als tieffrequent einzustufen ist (gemäß DB-Richtlinie 820.2050 [9] nur Terzbänder  $\leq 100\text{Hz}$ ).

Dieser Effekt kann vor allem dort zu Belästigungen führen, wo der primäre Luftschall (Direktschall), der durch die Außenhaut des Gebäudes nach innen dringt, eine geringe Rolle spielt. Das kann z.B. in Räumen zutreffen, die eine besonders hohe Schalldämmung haben oder sich in einem von der Erschütterungs- bzw. Geräuschquelle abgewandten Gebäudeteil befinden.

Die DB Richtlinie 820.2050A03 verweist bei der Beurteilung der Immissionen des sekundären Luftschalls auf aus der 24. BImSchV [4] abgeleitete Innenraumpegel  $L_i$ . Die Innenraumpegel  $L_i$  werden hiernach als Mittelungspegel bewertet. Die folgende Tabelle gibt diese aus der 24. BImSchV abgeleiteten Immissionsrichtwerte (Anhaltswerte) wieder.

Immissionsrichtwerte für zumutbare Innenraumpegel $L_i$ in Anlehnung an 24. BImSchV		
Raumnutzung	$L_{i,T}$ [dB(A)] tags (6-22 Uhr)	$L_{i,N}$ [dB(A)] nachts (22-6 Uhr)
Räume die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
Wohnräume	40	-
Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
Sonstige Räume, die nicht nur vorübergehend zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	Entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

**Tabelle 2:** Aus der 24. BImSchV abgeleitete zumutbare Innenraumpegel

Bis zu der „Vorbelastung aus dem Prognose Nullfall“ sind auch Überschreitungen dieser Anhaltswerte zulässig. Ob die Erhöhung gegenüber der Vorbelastung wesentlich ist, wird in Anlehnung an die 16. BImSchV [3] beurteilt, demnach sind Erhöhungen um bis zu 2,1 dB(A) zulässig (s. auch Richtlinie 820.2050A03 S. 17: *Hierbei ist eine Pegelerhöhung ab 3 dB (aufgrund des im Immissionsschutz verwendeten Rundungsverfahrens bereits ab 2,1 dB) als wesentliche Änderung anzusehen (s.a.[14]).*

## 2.2 Prognoseberechnung

### 2.2.1 Prognose der Erschütterungen

Die Prognoseberechnung der Erschütterungen erfolgt nach den Vorgaben der DB-Richtlinie 820.2050A02 [9].

Prognostiziert werden die Schwinggeschwindigkeitspegel im Raum ausgehend vom Ort der Entstehung der Erschütterungen (Emissionsbereich) über die Weiterleitung im Baugrund (Transmissionsbereich), die Einleitung in das Bauwerk und die dortige Übertragung im Bauwerk zum Immissionsort (Gebäudedecke). Anschließend werden hieraus die KB-Werte ermittelt und anhand der Beurteilungskriterien bewertet. Ebenso kann aus der Schwinggeschwindigkeit im Raum der sekundäre Luftschallpegel abgeleitet und mit den zulässigen Innenraumpegeln verglichen werden.

Die Immissionen können demnach wie folgt berechnet werden:

$$L_{v,Raum}(f) = L_E(f) + \Delta L_B(f) + \Delta L_{G1}(f) + \Delta L_{G2}(f) + \Delta L_M(f)$$

Mit  $L_{v,Raum}$ : Immissionspegel,  $L_E$ : Emissionspegel,  $\Delta L_B$ : boden- und abstandsbedingte Pegeldifferenz,  $\Delta L_{G1}$ : Übertragungsfunktion zwischen Erdboden und Gebäudefundament,  $\Delta L_{G2}$  als Übertragungsfunktion vom Gebäudefundament zu den Geschossdecken und  $\Delta L_M$ : Pegeldifferenz durch Schutzmaßnahmen. Die Berechnung ist spektral für die jeweiligen Terzmittenfrequenzen ( $f$ ) durchzuführen.

Nachfolgend werden Grundlagen genannt, wie die einzelnen Teile der obigen Gleichung ermittelt werden können.

### Erschütterungs-Emissionspegel ( $L_E$ )

Ausgangsgröße für die Berechnung der Schwingungsübertragung ist der Erschütterungs-Emissionspegel im Erdboden.

Für den Schienenverkehr werden an ausgewählten Emissionspunkten die Terzschnellespektren für jede Zuggattung und jedes Gleis getrennt ermittelt. Die Geschwindigkeiten der Zugvorbefahrten sind jeweils zu erfassen. Für jede Zuggattung und jedes Gleis wird das energetisch gemittelte Spektrum an den Emissionspunkten berechnet.

Die Emissionsspektren werden sowohl nach der Max-Hold- als auch der  $L_{eq}$ -Methode ermittelt. Die Anpassung der gemessenen an die Prognose-Geschwindigkeit erfolgt gemäß Richtlinie 820.2050 [9]. In Einzelfällen, bei Geschwindigkeitsänderungen oberhalb 30%, werden Korrekturwerte aus projektbezogenen Schwingungsmessungen von Zügen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten herangezogen. Weichenzu- oder abschläge werden aus Erfahrungswerten in Anlehnung an Krüger 1993 [13] gebildet.

Maßgeblich für die Prognoseberechnung der Erschütterungsimmissionen sind die Geschwindigkeiten der jeweiligen Zuggattung je Streckenabschnitt. Zu berücksichtigen ist beispielsweise beim Gleiswechsel der Züge die maximal zulässige Geschwindigkeit der Weichenüberfahrt. Die Angaben zu Geschwindigkeiten sind in den Verzeichnissen der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten der DB enthalten und wurden entsprechend berücksichtigt. Im Rahmen dieser Planänderung wurden die maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeiten je Zuggattung im jeweiligen Streckenabschnitt angesetzt.

### Boden- und abstandsbedingte Pegeldifferenz ( $\Delta L_B$ )

Die Schwingungen werden auf ihrem Ausbreitungsweg zwischen der Quelle und Immissionsort mit zunehmender Entfernung vermindert. Verantwortlich hierfür ist die Amplitudenabnahme auf Grund der Geometrie sowie die Materialdämpfung des Bodens.

Für den Schienenverkehr hat es sich gemäß DB-Richtlinie bewährt, die Schwingungen an der Erdoberfläche in verschiedenen Abständen zur Quelle spektral (terzweise) zu ermitteln und den Ausbreitungsexponenten empirisch durch eine Ausgleichrechnung zu bestimmen.

#### Gebäudeübertragungsfunktion ( $\Delta L_{G1}$ und $\Delta L_{G2}$ )

Die Gebäudeübertragungsfunktion beschreibt die Einleitung der Erschütterungen vom Erdboden in das Gebäude selbst ( $\Delta L_{G1}$ ) und die Übertragung der Erschütterungen innerhalb des Gebäudes ( $\Delta L_{G2}$ ) zu den Geschossdecken.

Die Übertragungsfunktionen verschiedener Gebäude können sich sehr stark voneinander unterscheiden. Hierbei spielen die Eigenresonanz der Geschossdecken sowie die spektral unterschiedlich ausgeprägten Verstärkungsfaktoren entscheidende Rollen.

In der vorliegenden Vorplanung wird auf die empirisch ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen in Abhängigkeit von der Deckenbauart und der maßgeblichen Resonanzfrequenz entsprechend der DB-Richtlinie 820.2050A02 zurückgegriffen, um Einwirkungsbereiche definieren zu können.

#### Bewertete Schwingstärke ( $KB_{Fmax}$ und $KB_{FT}$ )

Die Berechnung der zeitlich und frequenzabhängig bewerteten Schwingschnelle aus Messsignalen (hier Schwinggeschwindigkeitspegel am Immissionsort) erfolgt entsprechend den Gleichungen 12 bis 15 der DB-Richtlinie 820.2050A02 im Frequenzbereich von 4 Hz bis 80 Hz. Diese Berechnung erfolgt für jede im Streckenabschnitt verkehrende Zuggattung, ggf. nach verschiedenen Geschwindigkeitsgruppen unterteilt.

### **2.2.2 Prognose des sekundären Luftschalls**

Die messtechnische Ermittlung des sekundären Luftschalls ist derzeit nicht eindeutig geregelt. Das hier angewendete Prognoseverfahren beruht auf den (spektralen) Körperschallschnelle-Pegeln, welche physikalisch mit dem Abstrahlgrad der Raumbegrenzungsflächen verbunden sind.

Das Abstrahlverhalten Körperschall-Luftschall ist von der Bausubstanz abhängig. Es hat sich insbesondere beim Schienenverkehr eine Vorgehensweise bewährt, den Zusammenhang zwischen dem Schwinggeschwindigkeitspegel auf der Fußbodenmitte und dem im Raum entstehenden sekundären Luftschallpegel durch Korrelationsbetrachtungen aus messtechnisch ermittelten und statistisch ausgewerteten Beziehungen zu bestimmen.

Die Vorgehensweise ist in der DB-Richtlinie 820.2050A02 [9] beschrieben. Beim vorliegenden Projekt wird auf die Ermittlung mithilfe der „Einzahlmethode“ zurückgegriffen. In Abhängigkeit von der Bauweise der Gebäudedecken (Betondecken oder Holzbalkendecken) werden aus den prognostizierten oder gemessenen spektralen Körperschallschnelle-Pegeln am Fußboden sekundäre Luftschallpegel ( $L_{eq}$  über die Vorbeifahrzeit gemittelt) ermittelt. Die Beurteilungspegel  $L_1$  werden daraus über die Einwirkungsdauer der Erschütterungen im Beurteilungszeitraum bestimmt.

### **2.3 Maßnahmen zu Minderung von Erschütterungen**

Die Maßnahmen zur Reduzierung von Erschütterungen sind begrenzt. Es kommen nur in der Praxis erprobte und dauerhaft wirksame Maßnahmen in Frage. Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik existieren für oberirdische Strecken folgende Möglichkeiten:

#### **2.3.1 Hochelastische Schienenbefestigung**

Bei dieser Schutzmaßnahme werden zwischen Schwelle und Rippenplatte elastische Zwischenplatten eingebaut. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme auf der freien Strecke mit Schotteroberbau ist sehr begrenzt.

#### **2.3.2 Schwellenbesohlung**

Bei dieser Maßnahme werden Elastomermaterialien unterhalb der Betonschwellen angeordnet und dann im herkömmlichen Schotterbett verlegt. Bei dieser Lösung ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine gute Körperschalldämmende Wirkung zu erwarten ist.

#### **2.3.3 Betonrog mit Unterschottermatte**

Hierbei wird ein mindestens 60 cm dicker bewehrter Betonrog hergestellt. Dieser Rog wird eingeschottert und mit einem gewöhnlichen Schwellenoberbau versehen. Der Schotter wird dabei durch die Wangen seitlich eingespannt und gehalten. Zwischen Schotter und Betonrog wird eine Unterschottermatte (USM) als elastische Zwischenschicht eingefügt. Das System trägt zur Reduzierung des sekundären Luftschalls bei. Die erschütterungsmindernde Wirkung ist spektral ausgeprägt und daher auch vom jeweiligen Immissionsort abhängig. Im Rahmen der Ausführungsplanung muss eine sorgfältige Abstimmung der einzelnen Systemkomponenten (z. B. Steifigkeit der USM) auf die Immissionsorte erfolgen, um eine maximale Wirkung zu erzielen.

#### **2.3.4 Masse-Feder-System (MFS)**

Bei Tunnelstrecken hat sich vor allem die Maßnahme „Masse-Feder-System“ bewährt.



Ein Masse-Feder-System stellt bei Schienenbahnen eine Bauform dar, welche zusätzlich noch eine Masse (i.d.R. eine Betonplatte) zwischen dem Federelement (Unterschottermatte oder Einzelstützpunktlager aus Elastomeren) und dem Gleisoberbau enthält. Der Oberbau kann als Feste Fahrbahn oder Schotteroberbau ausgeführt werden.

Das MFS führt zu einer wirksamen Reduzierung der Erschütterungsimmissionen in Gebäuden auch mit niedrigen Deckeneigenfrequenzen. Des Weiteren führen MFS auch zur deutlichen Reduzierung des Sekundären Luftschalls. Beim Einsatz dieser Systeme ist allerdings mit erheblichen technischen Zwängen zu rechnen.

### **2.3.5 Maßnahmen am Ausbreitungsweg**

Mit einem offenen Bodenschlitz wird der Ausbreitungsweg unterbrochen. Es werden jedoch nur Gebäude im unmittelbaren Nahbereich geschützt. Weiter entfernte Gebäude lassen sich so kaum gut abschirmen. Zur dauerhaften Standsicherheit werden in den Schlitz gas-, luft- oder elastomergefüllte Hohlkörper eingebracht.

### **2.3.6 Maßnahmen am Gebäude**

Auch an den umliegenden Gebäuden können Maßnahmen zur Erschütterungsreduktion eingesetzt werden. Infrage kommen z.B. folgende Maßnahmen:

- Vollständige elastische Lagerung
- Verstimmung einzelner Decken durch Einbau von Stützen
- Bedämpfung der Decken durch Einbau von Tilgern
- Seitliche Abschirmung des Gebäudes mit elastischen Matten

Diese Maßnahmen sind jeweils nur an einem Immissionsort wirksam.

## **2.4 Auswahl der Schutzmaßnahmen**

Als Erschütterungsschutzmaßnahmen (ESM) am Gleis kommen generell zwei Maßnahmenformen in Frage: Besohlte Schwellen und Betontrog mit elastischer Lagerung des Schotterbettes im Trog. Im Bereich von Eisenbahnüberführungen kommen darüber hinaus Unterschottermatten als mögliche ESM in Frage.

Sollten bestehende Weichen mit besohnten Schwellen versehen werden müssen, so sind nach Angabe der DB Netz AG neben den reinen Kosten der Schwellenbesohlung die Kosten einer neuen Weiche entsprechend dem Kostenkennwertkatalog [12] mit 130.000 € pro Einfachweiche anzusetzen. Sollten aufgrund der Trassierung ohnehin

neu geplante Weichen mit Besohlung ausgestattet werden, so sind nur die Mehrkosten der Besohlung anzusetzen.

Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik können im vorliegenden Projekt die in der folgenden Tabelle angegebenen Maßnahmen angewendet werden. Die Tabelle enthält auch die Mehrkosten je Gleis beim Einbau der Maßnahme.

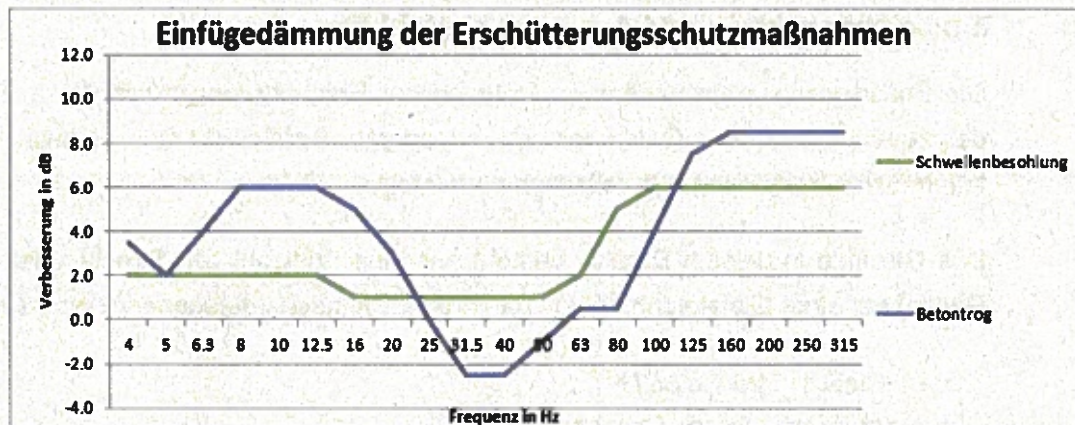
Bauliche Schutzmaßnahmen können nach § 74 Abs. 2 Satz 2 VwVfG unterbleiben, wenn sie untunlich sind. Das heißt, die Kosten müssen in einem angemessenen Verhältnis zu der erzielten Schutzwirkung stehen. Daher ist gemäß der DB-Richtlinie 820.2050 neben einer Kostenabschätzung der Schutzmaßnahmen eine Kosten/Nutzen-Analyse zu erstellen.

Die nachstehende Tabelle enthält Mehrkosten gegenüber dem Bau eines Standardgleises.

Erschütterungsschutz-Maßnahme	Bezeichnung	Wirksamkeit	Mehrkosten je Gleis [€/Meter]
Schwellenbesohlung: Gleisneubau/Gleisumbau	SB	im Einzelfall zu prüfen	90
Schwellenbesohlung: bestehendes Gleis inkl. Rückbau	SBR	im Einzelfall zu prüfen	340
Elastische Lagerung des Schotterbettes im Trog	ST	mittel	1200
Elastische Lagerung des Schotterbettes im Trog bestehendes Gleis inkl. Rückbau	STR	mittel	1850
Leichtes Masse-Feder System (Einsatz im Tunnel)	LMFS	hoch	750
Schweres Masse-Feder System (Einsatz im Tunnel)	SMFS	hoch	4600

**Tabelle 3:** Erschütterungsreduzierende Maßnahmen und deren Kosten

Das in der Prognoseberechnung verwendete frequenzabhängige Einfügedämmmaß für Besohlte Schwellen und den Betontrog (Elastische Lagerung des Schotterbettes im Trog) wurde von der DB AG als standort-unabhängiger Ansatz im Okt. 2019 für erschütterungstechnische Berechnungen zur Verfügung gestellt und ist nachfolgend graphisch und tabellarisch dargestellt. Tatsächlich verbleiben Unsicherheiten, die aus den örtlichen Untergrundeigenschaften resultieren.



Frequenz in Hz	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Schwellen-Besohlung $D_e$ [dB]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Betontrög $D_e$ [dB]	3.5	2.0	4.0	6.0	6.0	6.0	5.0	3.0	0.0	-2.5	-2.5	-1.0	0.5	0.5	4.0	7.5	8.5	8.5	8.5	8.5

Tabelle 4: Standort-unabhängiges Einfügedämmmaß  $D_e$  von ESM

## 2.5 Planungsgrundlagen

Zur Prognose und Beurteilung der erschütterungstechnischen Situation liegen folgende projektspezifische Unterlagen vor:

- IVL und CAD-Pläne der DB Netz AG
- Technische Planung der Baumaßnahme
- Zugprogramm des PFA 1 der 2. SBSS
- Bebauungspläne der Stadt München
- Messung der Wirkung (frequenzabhängige Zuschläge) einer Weichenverbindung im Raum Baden-Baden, s. Anhang A
- Ausbreitungsdämpfungen messtechnisch ermittelt im Bereich der S 4 Pasing-Emmering, s. Anhang A
- Messtechnisch ermittelte Emissionen im Bereich der Landsberger Straße 300 in München, s. Anhang A
- Messtechnisch ermittelte Übertragungsfunktionen des Gebäudes Landsberger Straße 300 in München, s. Anhang C

### **3 Emissionsspektren und Ausbreitungsfunktion**

Die Emissionsspektren wurden im Rahmen der Erschütterungsmessung im Bereich des zu untersuchenden Gebäudes der Landsberger Straße 300 messtechnisch ermittelt und sind im Anhang A tabellarisch dargestellt.

Das Gleisfeld in diesem Bereich besteht aus einer Vielzahl von Streckengleisen (15 Gleise) auf einer Gleisfeldbreite von ca. 120 m. Die nächstgelegenen Gleise sind:

- Gleis 1: Strecke 5521
- Gleis 2 und 3: Strecke 5503
- Gleis 4 und 5: Strecke 5501
- Gleis 6 und 7: Strecke 5500
- und weiter entfernte Streckengleise

Die Emissionsspektren der Gleise 2 und 3 weisen im Frequenzbereich zwischen 25 und 40 Hz Pegelerhöhungen auf, welche auf die ca. 50 m vom Emissionsmesspunkt entfernt bestehenden Weichen hindeuten. Insgesamt weisen die Spektren Pegelspitzen im Frequenzbereich von 50 und 63 Hz auf.

Da der gesamte Bereich der Landsberger Straße 300 unterkellert ist bzw. als Tiefgaragen ausgebildet ist, konnte im Rahmen der Messungen im Gebäude der Landsberger Straße 300 keine Ausbreitungsdämpfung bestimmt werden. Als Ausbreitungsdämpfung werden daher Werte aus Messungen in der Nachbarschaft verwendet (s. Anhang A). Die angesetzte Ausbreitungsdämpfung weist niedrigere Werte auf als die Werte der Baugrund-Abnahme aus der Richtlinie 820.2050.

#### **4 Ergebnisse der Prognose**

Der Trassenbereich stellt aus erschütterungstechnischer Sicht für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen einen Streckenausbau mit Vorbelastung dar.

Die Prognose der Erschütterungsimmissionen und des sekundären Luftschalls erfolgt nach der RIL 820.2050, Anhang 02.

Vorabberechnungen ergaben, dass infolge der Weichenverlegung auf der Strecke 5503 mit einer wesentlichen Erhöhung (Erhöhung um mindestens 25%) der Erschütterungsbelastung bis zum Abstand von

- 30 m zum nächstgelegenen Gleis für Misch- Kerngebiete und
- 60 m zum nächstgelegenen Gleis für Wohngebiete

bei gleichzeitiger Überschreitung der Anhaltswerte tags der DIN 4150, Teil 2 zu rechnen ist. Die Abstände gelten für Gebäude mit Stahlbetondecken in Mischgebieten und für Gebäude mit Holzbalkendecken in Wohngebieten mit Deckenresonanzfrequenzen zwischen 25 Hz bis 40 Hz.

Das Gebäude in der Landsberger Straße 300 liegt in einem Misch/Kerngebiet 17 bis 24 m vom nächstgelegenen Gleis (Strecke 5521) entfernt und könnte somit von der Weichenverlegung Weiche 502 und Weiche 503 auf der Strecke 5503 betroffen sein. Die Bebauung südlich der Landsberger Straße liegt in einem Wohngebiet, ca. 115 m vom nächstgelegenen Gleis (Strecke 5521) entfernt; Betroffenheiten infolge der Weichenverschiebung werden somit ausgeschlossen.

Der Weichentausch des Weichenpaars W 501 und W 504 der Strecke 5521 erfolgt räumlich in einem sehr engen Bereich innerhalb von wenigen Metern (8 m bzw. 13 m). Der Abstand des nächstgelegenen Gebäudes „Landsberger Straße 290“ beträgt 32 m bzw. 27 m zu der zu tauschenden Weiche. Die Erschütterungsimmissionen an diesem Gebäude beinhalten daher bereits im Bestand die Immissionen der beiden Weichen. Die zu tauschenden Weichen kommen ebenfalls vor dem Gebäude „Landsberger Straße 290“ in einer geringfügig veränderten Position zum Liegen.

Aufgrund der geometrischen Verhältnisse ist nicht davon auszugehen, dass es infolge des Weichentausches an dem benachbarten Gebäude der Landsberger Straße 290 zur Zunahme der Erschütterungsimmissionen von mindestens 25 % kommen wird; auf eine Prognoseberechnung wird hier daher verzichtet.

#### 4.1 Erschütterungsprognose

Vorliegend erfolgt die Phase 3 der RIL 820.2050, Anhang 02 als Detailuntersuchung und Extrapolation:

- messtechnische Ermittlung der gebäudespezifischen Übertragungsfunktionen für das zu untersuchende Gebäude
- Erschütterungsprognose für das zu untersuchende Gebäude zur Ermittlung der Beurteilungsgrößen nach Durchführung der Baumaßnahme (Prognose-Planfall)

Die Detailuntersuchung wurde durchgeführt. Die den Prognoseberechnungen der Erschütterungsimmissionen und des sekundären Luftschalls zugrunde liegenden Grundlagen sind in Anhang A dargestellt.

Im Anhang C sind die messtechnisch ermittelten gebäudespezifischen Übertragungsfunktionen als Messbericht der Messungen in der Landsberger Straße 300 beigelegt.

#### 4.2 Erschütterungsprognose für das Gebäude der Landsberger Straße 300

Bei dem Gebäude in der Landsberger Straße 300 handelt es sich um ein zwölfgeschossiges Bürogebäude bestehend aus vier Gebäudeteilen, einem Innenhof und zwei Tiefgaragen (s. Anhang C). Es besteht aus weitgespannten Betondecken und verglasten Gebäudefassaden.

Die in Anhang C dargestellten Übertragungsfunktionen zeigen folgendes Bild auf:

- hohe Dämpfung (bis zu 25 dB) zwischen dem Außenmesspunkt und dem Fundament
- breitbandige Pegelzunahmen von bis zu 10 dB zwischen dem Fundament und dem 1.OG
- Pegelzunahmen von bis zu 15 dB im tiefen Frequenzbereich zwischen dem Fundament und dem 7.OG
- Pegelzunahmen von bis zu 18 dB im tiefen Frequenzbereich zwischen dem Fundament und dem 11.OG

#### Bemerkung:

Während der Messungen liefen im Gebäude diverse Geräte. Deren Anteile (ab ca. 100 Hz) sind in den Übertragungsfunktionen mit enthalten.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen für das Gebäude in der Landsberger Straße 300 sind im Anhang B tabellarisch dargestellt. Dargestellt wird die Erschütterungsbelastung für den Prognose Nullfall (P0), den Prognoseplanfall 2030 ohne Erschütterungsschutzmaßnahmen (ESM) sowie Planfälle mit ESM.

Die prognostizierte Erschütterungsbelastung an dem Messobjekt für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall ohne Erschütterungsschutzmaßnahmen ist in der Ergebnistabelle 1 im Anhang B dargestellt. Die Ergebnistabelle zeigt, dass keine Überschreitung der Anhaltswerte prognostiziert wird. Die Anforderungen hinsichtlich Erschütterungen werden eingehalten.

Die prognostizierten Pegel des sekundären Luftschalls an dem Messobjekt für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall ohne Erschütterungsschutzmaßnahmen sind in Ergebnistabelle 2 im Anhang B dargestellt. Die Ergebnistabelle zeigt, dass in keinem Messraum das Signifikanzkriterium „Überschreitung des Anhaltswertes tags (40 dB(A) Mittelungspegel) bei gleichzeitiger Zunahme der sekundären Luftschallbelastung um mindestens 3 dB(A)“ erfüllt wird. Die Anforderungen hinsichtlich des sekundären Luftschalls werden eingehalten.

Die durchgeführte Detailuntersuchung am Messobjekt „Landsberger Straße 300“ zeigt, dass die Anforderungen für Erschütterungen und für den sekundären Luftschall eingehalten werden. Es liegt kein Anspruch auf Erschütterungsschutzmaßnahmen vor.

## 5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde geprüft, welche Auswirkung die geplante Planänderung 17 (Weichentausch im Bereich des Gebäudes Landsberger Straße 290 und Weichenverlegung im Bereich des Gebäudes Landsberger Straße 300) auf die Erschütterungsimmissionen in seiner Nachbarschaft hat.

Der Weichentausch im Bereich der Landsberger Straße 290 erfolgt räumlich in einem sehr engen Bereich innerhalb von wenigen Metern. Es ist nicht davon auszugehen, dass es infolge des Weichentausches an dem benachbarten Gebäude der Landsberger Straße 290 zur Zunahme der Erschütterungsimmissionen von mindestens 25 % kommen wird.

Ausgehend von Messergebnissen am Gebäude der Landsberger Straße 300 wurden Prognoseberechnungen der Erschütterungsbelastung und des sekundären Luftschalls für den Prognose-Nullfall und den Planfall nach anerkannten Regelwerken durchgeführt und beurteilt.

Die durchgeführte Detailuntersuchung am Messobjekt „Landsberger Straße 300“ zeigt, dass die Anforderungen für Erschütterungen und für den sekundären Luftschall eingehalten werden. Es liegt kein Anspruch auf Erschütterungsschutzmaßnahmen vor.

**OBERMEYER Infrastruktur GmbH & Co. KG**

Institut für Immissionsschutz und Technische Akustik

München, den 13.07.2022

*i.V. M. Schweiger*  
i.V. Dipl.-Ing. (FH) M. Schweiger

*i.V. M. Gawlik*  
i.V. Dipl.-Ing. (FH) M. Gawlik



## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist
- [2] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (BauNutzungsverordnung – BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [3] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 16. BImSchV – Verkehrslärmschutzverordnung vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. November 2020 (BGBl. I S. 2334) geändert worden ist
- [4] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04.02.1997
- [5] Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378, 2396; 1994 I S. 2439), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist
- [6] DIN 4150 Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“ von 2001
- [7] DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ von 1999
- [8] DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ von 2016
- [9] DB Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ vom 15.09.2017
- [10] Said et al. „Zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen aus Schienenverkehr“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48(2001) Nr. 6, November 2001
- [11] BVerwG, Urteil vom 29. Juni 2017, Az.: 3 A 1/16, Rn. 106
- [12] Kostenkennwertkatalog KKK, 808.0210A02 der DB, Regelwerk Bautechnik, Leit-, Signal- und Telekommunikationstechnik, gültig ab 14.03.2022
- [13] Krüger, F. Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienenverkehr Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA), Köln, 1993
- [14] Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung, Gz. 51.20-51pv/001- 0230#015, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn, 30.01.2017.

# Anhang

**Anhang A**

**Emissionstabelle: Angesetzte Körperschall-Emissionen, Max-Hold –Werte**

Messort MO / Zugart	v in km/h	Körperschallschnellepegel in dB, (Bezugswert 5*10 <sup>-5</sup> mm/s), Max-Hold –Werte																			
		4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
S-Bahn, s=10 m	75	19.7	24.0	29.4	28.3	27.2	30.6	31.5	36.3	45.4	53.3	57.5	64.2	68.6	66.2	56.6	47.4	50.0	47.9	37.6	27.8
SPFV Gleis 4, s=22 m	110	36.3	32.8	36.4	40.4	42.2	44.3	40.7	47.2	50.0	54.7	57.2	64.0	55.0	50.6	47.0	37.6	28.6	25.6	18.2	14.7
SPNV Gleis 4, s=22 m	106	34.2	31.8	37.6	40.6	39.7	41.5	39.7	44.3	47.2	51.2	58.4	63.7	52.2	47.9	45.6	34.4	27.4	22.2	17.3	13.9
G-Zug, s=17 m	66	38.1	42.9	47.1	47.8	49.1	49.5	56.6	59.4	69.6	66.5	61.3	61.8	58.4	58.2	54.0	42.0	36.9	28.0	22.7	19.2
SPFV Gleis 2, s=13.5 m	113	39.7	37.9	42.2	45.7	48.9	48.6	52.2	56.7	60.6	62.2	60.0	63.5	62.9	59.2	56.8	47.7	42.6	32.8	25.7	21.7
SPNV Gleis 2, s=13.5 m	118	40.3	40.3	39.4	43.4	45.6	47.4	51.0	52.9	59.1	60.7	60.1	64.7	64.7	67.2	59.7	46.8	39.6	32.9	28.6	25.9
SPFV Gleis 3, s=17 m	110	39.6	36.6	41.6	45.8	50.4	51.6	51.9	56.1	64.5	64.8	63.3	68.4	68.1	59.8	52.1	40.6	33.9	28.7	25.1	22.7
SPNV Gleis 3, s=17 m	109	38.1	36.7	37.9	42.7	43.8	47.0	47.0	53.8	61.4	62.7	63.0	69.7	68.2	66.6	54.8	43.5	36.3	31.4	27.9	25.4

**Emissionstabelle: Angesetzte Körperschall-Emissionen, Leq –Werte**

Messort MO / Zugart	v in km/h	Körperschallschnellepegel in dB, (Bezugswert 5*10 <sup>-5</sup> mm/s), Max-Hold –Werte																			
		4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
S-Bahn, s=10 m	75	12.6	18.2	23.6	20.8	20.5	23.6	24.5	29.1	38.2	45.3	47.8	53.1	58.9	56.2	46.8	38.8	38.3	36.0	27.4	20.8
SPFV Gleis 4, s=22 m	110	26.6	23.8	27.0	33.5	35.3	38.6	35.1	40.1	44.5	47.2	51.0	56.6	47.4	43.2	39.5	30.4	23.0	17.8	12.3	8.7
SPNV Gleis 4, s=22 m	106	23.4	21.9	29.4	33.2	32.6	34.6	33.7	37.2	41.3	44.2	52.0	55.9	45.2	41.3	37.3	28.1	21.4	15.8	11.0	7.5
G-Zug, s=17 m	66	30.9	34.9	39.7	40.5	41.5	41.5	46.0	49.7	57.2	55.9	53.3	54.0	51.3	48.6	42.2	32.3	28.0	22.4	15.9	12.2
SPFV Gleis 2, s=13.5 m	113	31.3	31.6	33.3	39.0	42.0	42.4	46.2	50.6	54.6	55.6	54.0	57.3	56.9	51.2	47.0	37.6	32.6	24.9	18.9	15.0
SPNV Gleis 2, s=13.5 m	118	31.3	31.5	30.2	36.5	39.2	40.0	43.6	46.1	51.2	52.4	53.7	57.6	57.3	56.7	49.6	37.8	30.8	24.4	19.8	17.0
SPFV Gleis 3, s=17 m	110	31.4	29.4	33.0	37.6	43.9	45.7	46.2	49.9	57.5	57.9	57.3	62.7	62.2	54.4	46.3	35.6	28.8	23.8	20.2	17.7
SPNV Gleis 3, s=17 m	109	30.3	28.8	30.1	37.3	37.1	40.9	40.5	46.3	54.4	55.3	56.2	62.6	60.2	55.5	46.4	35.2	28.3	23.4	19.8	17.3

**Tabelle:** Entfernungsbegleitete Körperschall-Pegelabnahme im Boden (bezogen auf 8m - 80m)

Frequenz, Terz in Hz	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	
<b>Pegelabnahme in dB</b>																		
Ausbreitungsquerschnitt: A Nr., km																		
Vergleichswert nach DB Richtlinie 820.2050	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-26.5	-31.5	-35	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39
Messung in Bereich der S 4 in Emmering	-2.8	-4.2	-7.2	-9.3	-11.0	-10.9	-9.8	-9.1	-12.5	-18.8	-25.3	-29.1	-31.1	-32.8	-34.2	-35.1	-34.3	-34.3

**Tabelle:** Messtechnisch ermittelter Weichenzuschlag (Raum Baden-Baden) in 8 m und 32 m Entfernung vom Gleis

Terzmittenfrequenz in Hz	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100
Weichenzuschlag in 8 m [dB]	8.0	7.0	6.0	6.0	7.0	10.0	10.0	14.0	16.0	15.0	8.0	3.0	6.0	7.0	8.0
Weichenzuschlag in 32 m [dB]	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.0	10.0	11.0	12.0	8.0	4.0	3.0	4.0	4.0

**Anhang B**

**Ergebnistabelle 1: Beurteilung der Erschütterungen am messtechnisch untersuchten Objekt**

Messobjekt, Lage zur Bahn	Adresse	Raumlage/ Nutzung	Gebiets- nutzung	Anforderungen Erschütterung						Immissionen Erschütterung										
				A <sub>u</sub>		K <sub>B</sub>		A <sub>r</sub>		Prognose Nullfall			Prognosefall ohne ESM			Zu-/Abnahme in %				
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	KB <sub>Fmax</sub>	Tag	Nacht	KB <sub>FTr</sub>	Tag	Nacht	KB <sub>Fmax</sub>	Tag	Nacht	KB <sub>FTr</sub>	
MO 1	Landsberger Str. 300	1. OG	M	0.20	0.15	0.100	0.070	0.100	0.070	0.16	0.16	0.006	0.011	0.16	0.16	0.033	0.021	0	450	91
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG links	M	0.20	0.15	0.100	0.070	0.100	0.070	0.18	0.18	0.035	0.023	0.20	0.20	0.052	0.031	11	49	35
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG rechts, Büro gr.	M	0.20	0.15	0.100	0.070	0.100	0.070	0.15	0.15	0.017	0.014	0.15	0.15	0.035	0.022	0	106	57
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG rechts, Büro kl.	M	0.20	0.15	0.100	0.070	0.100	0.070	0.15	0.15	0.018	0.015	0.17	0.17	0.042	0.025	13	133	67
MO 1	Landsberger Str. 300	11. OG	M	0.20	0.15	0.100	0.070	0.100	0.070	0.15	0.15	0.017	0.014	0.15	0.15	0.033	0.021	0	94	50

0,11 Überschreitung des Anhaltswertes (A<sub>u</sub>) → Beurteilung anhand des A<sub>r</sub> notwendig

0,051 Überschreitung des Anhaltswertes A<sub>r</sub>

26 Wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen (≥ 25%)

0,051 Überschreitung des Anhaltswertes und wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen (≥ 25%)

<0,1 Erschütterungsimmissionen unterhalb der Wahrnehmbarkeitsschwelle

n.d. Zunahme der Erschütterungsimmissionen nicht definiert

<0 Zunahme der Erschütterungsimmissionen kleiner 0

>0 Zunahme der Erschütterungsimmissionen größer 0

**Ergebnistabelle 2: Beurteilung des sekundären Luftschalls am messtechnisch untersuchten Objekt**

Messobjekt, Lage zur Bahn	Adresse	Raumlage/ Nutzung	Gebiets- nutzung	Anforderungen sek. Luftschall in dB(A)						Immissionen sekundärer Luftschall in dB(A)								
				L <sub>i,max</sub>			L <sub>i,r</sub>			Prognose Nullfall			Prognosefall			Zu-/Abnahme		
				Tag	Nacht	L <sub>i,r</sub>	Tag	Nacht	L <sub>i,r</sub>	L <sub>i,max</sub>	Tag	Nacht	L <sub>i,r</sub>	L <sub>i,max</sub>	Tag	Nacht	L <sub>i,r</sub>	L <sub>i,max</sub>
MO 1	Landsberger Str. 300	1. OG	M	xx	xx	40	30	34	19.2	16.2	16.1	34	19.1	16.1	0	0	-0.1	-0.1
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG links	M	xx	xx	40	30	33	17.9	14.8	14.9	33	18.1	14.9	0	0	0.2	0.1
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG rechts, Büro gr.	M	xx	xx	40	30	34	19.0	16.0	16.1	34	19.1	16.1	0	0	0.1	0.1
MO 1	Landsberger Str. 300	7. OG rechts, Büro kl.	M	xx	xx	40	30	33	19.0	15.9	16.0	34	19.1	16.0	1	1	0.1	0.1
MO 1	Landsberger Str. 300	11. OG	M	xx	xx	40	30	27	12.0	9.2	9.5	28	12.5	9.5	1	1	0.5	0.3

30,1

2,1

30,1

xx

Oberschreitung des Anhaltswertes

Wesentliche Änderung ( $\geq 2,1$  dB(A)) der Immissionsbelastung

Oberschreitung des Anhaltswertes und wesentliche Änderung ( $\geq 2,1$  dB(A)) der Immissionsbelastung

keine Anforderung an den Maximalpegel des sekundären Luftschalls

---

**Anhang C:**

**Erschütterungstechnischer Messbericht, Beweissicherungsmessung im Gebäude Landsberger Straße 300**

Institut für  
Immissionsschutz und  
Technische Akustik

Messstelle nach § 29 b BImSchG  
für Geräusche und Erschütterungen

# ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHER MESSBERICHT

2. S-Bahn-Stammstrecke / PÄ 17  
Beweissicherungsmessung im Gebäude  
Landsberger Straße 300

**Auftraggeber:** DB Netz AG  
Großprojekt 2. S-Bahn Stammstrecke München  
Arnulfstraße 25-27  
80335 München

**Projekt Nr.:** 27898

**Datum:** 13.07.2022




### Änderungshistorie

Version	Datum	bearbeitet	geprüft
1	13.07.2022	Gregor	Gawlik
2			

**OBERMEYER Infrastruktur GmbH & Co. KG**  
Institut für Immissionsschutz und Technische Akustik  
München, den 13.07.2022

*i.V. M. Gawlik*  
i.V. Dipl.-Ing. (FH) M. Gawlik

*i.A.*   
i.A. J. Gregor, M.Sc.

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	1
2	Erschütterungstechnische Gebäudemessung Landsberger Straße 300 in 80687 München .....	2
2.1	Allgemeine Angaben zur Messung .....	2
2.2	Angaben zum Messobjekt.....	2
2.3	Lageplanskizze .....	3
2.4	Messpunkte Gebäudemessung .....	5
2.5	Messereignisse Gebäudemessung.....	9
2.6	Pegeldifferenzen der Zugvorbefahrten.....	10
2.7	Mittelwerte der Pegeldifferenzen .....	14
3	Literaturverzeichnis .....	15

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1:	LAGE DER MESSPUNKTE FÜR DIE MESSREIHE 1.....	3
TABELLE 2:	LAGE DER MESSPUNKTE FÜR DIE MESSREIHE 2.....	4
TABELLE 3:	VERWENDETES MESSEQUIPMENT IN DER MESSREIHE 1.....	4
TABELLE 4:	VERWENDETES MESSEQUIPMENT IN DER MESSREIHE 2.....	4
TABELLE 5:	MESSEREIGNISSE DER MESSREIHEN 1 UND 2 .....	9
TABELLE 6:	MITTELWERTE DER PEGELDIFFERENZEN.....	14

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:	LAGEPLANSKIZZE DER MESSPUNKTE (QUELLE: GOOGLE MAPS).....	3
ABBILDUNG 2:	EMISSIONSMESSPUNKT RECHTS .....	5
ABBILDUNG 3:	EMISSIONSMESSPUNKT LINKS .....	5
ABBILDUNG 4:	MESSPUNKT AM FUNDAMENT .....	6
ABBILDUNG 5:	MESSPUNKT IM BÜRO 1. OG.....	6
ABBILDUNG 6:	MESSPUNKT IM BÜRO 7. OG LINKS.....	7
ABBILDUNG 7:	MESSPUNKT IM BÜRO 7. OG RECHTS (GROßER RAUM) .....	7
ABBILDUNG 8:	MESSPUNKT IM BÜRO 11. OG.....	8
ABBILDUNG 9:	MESSPUNKT IM BÜRO 7. OG RECHTS KLEINER RAUM .....	8
ABBILDUNG 10:	PEGELDIFFERENZEN VON EMISSION RECHTS ZU FUNDAMENT .....	10
ABBILDUNG 11:	PEGELDIFFERENZEN VON EMISSION LINKS ZU FUNDAMENT .....	10
ABBILDUNG 12:	PEGELDIFFERENZEN VON FUNDAMENT ZU 1. OG BÜRO .....	11
ABBILDUNG 13:	PEGELDIFFERENZEN VON FUNDAMENT ZU 7. OG LINKS BÜRO .....	11
ABBILDUNG 14:	PEGELDIFFERENZEN VON FUNDAMENT ZU 7. OG RECHTS (GROßES BÜRO) .....	12
ABBILDUNG 15:	PEGELDIFFERENZEN VON FUNDAMENT ZU 7. OG RECHTS (KLEINES BÜRO) .....	12
ABBILDUNG 16:	PEGELDIFFERENZEN VON FUNDAMENT ZU 11. OG BÜRO .....	13

## **Abkürzungsverzeichnis**

<b>ALI-Nr.</b>	<b>Akustiklabor-Inventarnummer</b>
<b>B&amp;K</b>	<b>Bruel und Kjaer</b>
<b>dB(A)</b>	<b>Dezibel (A bewerteter Schallpegel)</b>
<b>dB</b>	<b>Dezibel</b>
<b>DIN®</b>	<b>Verbandszeichen des Deutschen Instituts für Normung e.V.</b>
<b>Emi</b>	<b>Emission</b>
<b>FU</b>	<b>Fundament</b>
<b>GZ</b>	<b>Güterzug</b>
<b>Hz</b>	<b>Hertz (Einheit der Frequenz)</b>
<b>ICE</b>	<b>Intercity-Express</b>
<b>IC</b>	<b>Intercity</b>
<b>Lok</b>	<b>Elektro-Lokomotive</b>
<b>m</b>	<b>Meter</b>
<b>MP</b>	<b>Messpunkt</b>
<b>Nr.</b>	<b>Nummer</b>
<b>OG</b>	<b>Obergeschoss</b>
<b>RB</b>	<b>Regionalbahn</b>
<b>RE</b>	<b>Regionalexpress</b>
<b>RED</b>	<b>Regionalexpress-Doppelstockwagen</b>
<b>UG</b>	<b>Untergeschoss</b>

## **1 Aufgabenstellung**

Der Planfeststellungsabschnitt PFA 1 ist Teil des Gesamtprojekts „2. S-Bahn-Stammstrecke München“. Von Bau-km 101,180 bis Bau-km 101,460 werden auf den Strecken 5503 und 5521 die Weichen verlegt bzw. getauscht. Die Weichen der Strecke 5503 werden zwischen Bau-km 101,27 und Bau-km 101,34 ausgebaut und anschließend zwischen Bau-km 101,18 und Bau-km 101,25 wieder eingebaut. Die Weichen der Strecke 5521 werden zwischen Bau-km 101,36 und 101,44 lediglich getauscht.

Die Planung sieht die neue Lage der beiden Weichen der Strecke 5503 im Bereich des Anwesens Landsberger Straße 300 in München Laim.

Das Institut für Immissionsschutz und Technische Akustik, der OBERMEYER Infrastruktur GmbH & Co. KG, wurde von der DB Netz AG beauftragt, in dem Gebäude der Landsberger Straße 300 eine erschütterungstechnische Beweissicherungsmessung durchzuführen.

Die Beweissicherungsmessungen umfassen die messtechnische Ermittlung der Gebäudeübertragungsfunktionen (Deckenresonanzfrequenz und Übertragungsfunktion vom Außenmesspunkt zum Gebäudefundament) sowie die messtechnische Ermittlung der Emissionen vor Ort.

## 2 Erschütterungstechnische Gebäudemessung

### Landsberger Straße 300 in 80687 München

#### 2.1 Allgemeine Angaben zur Messung

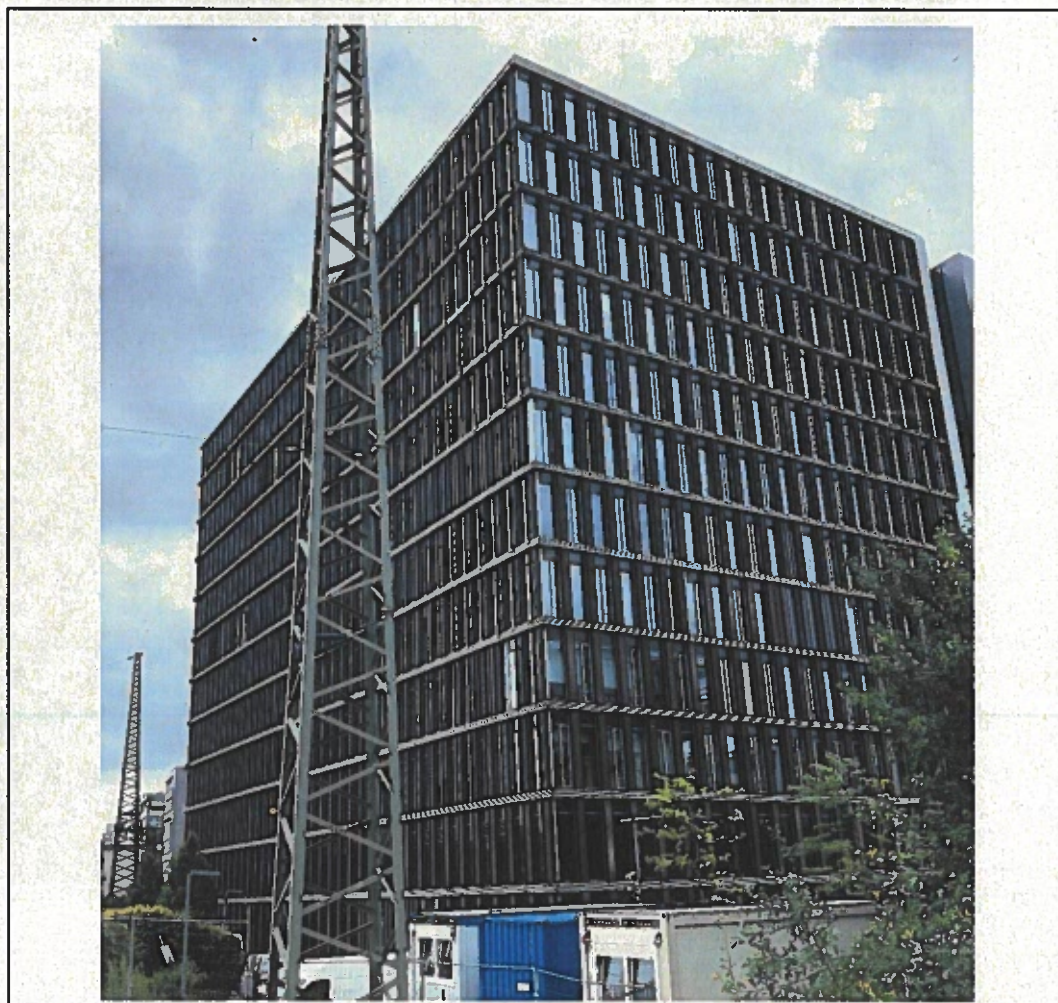
Datum der Messung: 28.06.2022

Messpersonal: Gregor, Loipfinger

Messleiter: Gregor

Wetter: warm und trocken

#### 2.2 Angaben zum Messobjekt



Adresse:	Landsberger Straße 300 80687 München
Gebäudeart:	Hochhaus
Bauart:	Mauerwerk / Stahl-Beton
Deckenbauart:	Betondecken
Abstand zum nächstgelegenen Gleis:	ca. 10 m
Gleislage:	Damm (ca. 2 m)

### 2.3 Lageplanskizze



Abbildung 1: Lageplanskizze der Messpunkte (Quelle: Google Maps)

#### 2.3.1 Lage der Messpunkte

Tabelle 1: Lage der Messpunkte für die Messreihe 1

Messpunkt (Messrichtg.)	Messort	Untergrund	Ankopplung	Aufnehmer (ALI-Nr.)
MP1 (z)	Emission rechts 8m v. Gleis 1	Erdboden	Messspieß	ALI-04-007
MP2 (z)	Emission links 8m v. Gleis 1	Erdboden	Messspieß	ALI-04-008
MP3 (z)	Fundament 2. UG (Tiefgarage)	Beton	Würfel	ALI-04-010
MP4 (z)	Büro 1. OG	PVC	Klebeband	ALI-04-020

Tabelle 2: Lage der Messpunkte für die Messreihe 2

Messpunkt (Messrichtg.)	Messort	Untergrund	Ankopplung	Aufnehmer (ALI-Nr.)
MP1 (z)	Büro 7. OG links	Teppich	Messplatte	ALI-04-021
MP2 (z)	Büro 7. OG rechts (großer Raum)	Teppich	Messplatte	ALI-04-022
MP3 (z)	Büro 11. OG	Teppich	Messplatte	ALI-04-001
MP4 (z)	Büro 7. OG rechts (kleiner Raum)	Teppich	Messplatte	ALI-04-005

### 2.3.2 Messgeräte

Tabelle 3: Verwendetes Messequipment in der Messreihe 1

Name	ALI-Nr.	Bez.	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
Beschleunigungssensor MP1	ALI-04-007	BK 2	B&K	8344	30149
Beschleunigungssensor MP2	ALI-04-008	BK 3	B&K	8344	30150
Beschleunigungssensor MP3	ALI-04-010	BK 5	B&K	8344	30344
Beschleunigungssensor MP4	ALI-04-020	BK-A	B&K	8340	52261
Messsystem Kanal 1 - 4	ALI-01-002		Wölfel	MEDA BlueStack	20099100

Tabelle 4: Verwendetes Messequipment in der Messreihe 2

Name	ALI-Nr.	Bez.	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
Beschleunigungssensor MP1	ALI-04-021	BK-B	B&K	8340	52316
Beschleunigungssensor MP2	ALI-04-022	BK-C	B&K	8340	52318
Beschleunigungssensor MP3	ALI-04-001	Z1	Fuji Ceramics	ACF504	L926
Beschleunigungssensor MP4	ALI-04-005	Z8	Fuji Ceramics	ACF504	1310
Messsystem Kanal 1 - 4	ALI-01-001		Wölfel	MEDA BlueStack	17169272

Bei allen Messungen wurde eine Abtastfrequenz von 1.024 Hz und eine Bandbreite von 400 Hz eingestellt.

## 2.4 Messpunkte Gebäudemessung

### 2.4.1 Emission rechts 8m von Gleis 1: MP1 (Messreihe 1)



Abbildung 2: Emissionsmesspunkt rechts

### 2.4.2 Emission links 8m von Gleis 1: MP2 (Messreihe 1)



Abbildung 3: Emissionsmesspunkt links



### 2.4.3 Fundament 2. UG (Tiefgarage): MP3 (Messreihe 1)

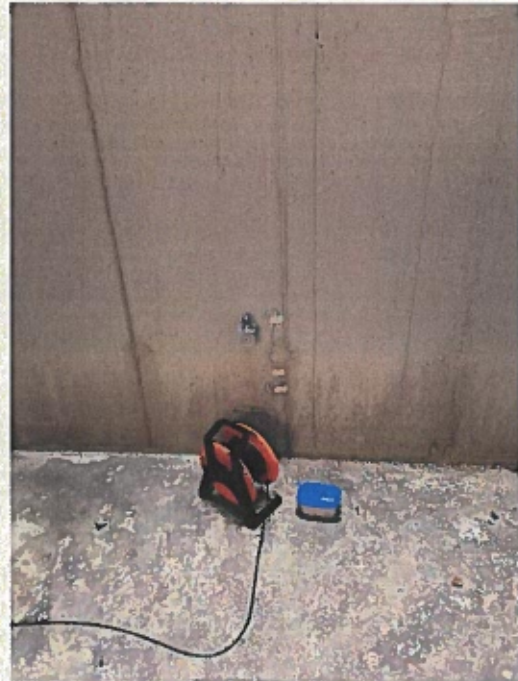


Abbildung 4: Messpunkt am Fundament

### 2.4.4 Büro 1.OG: MP4 (Messreihe 1)

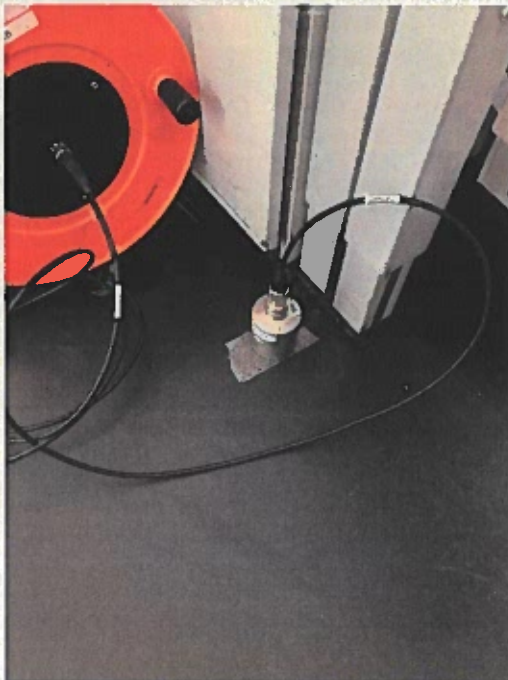


Abbildung 5: Messpunkt im Büro 1. OG

#### 2.4.5 Büro 7.OG links: MP1 (Messreihe 2)



Abbildung 6: Messpunkt im Büro 7. OG links

#### 2.4.6 Büro 7.OG rechts (großer Raum): MP2 (Messreihe 2)



Abbildung 7: Messpunkt im Büro 7. OG rechts (großer Raum)

#### 2.4.7 Büro 11.OG: MP3 (Messreihe 2)

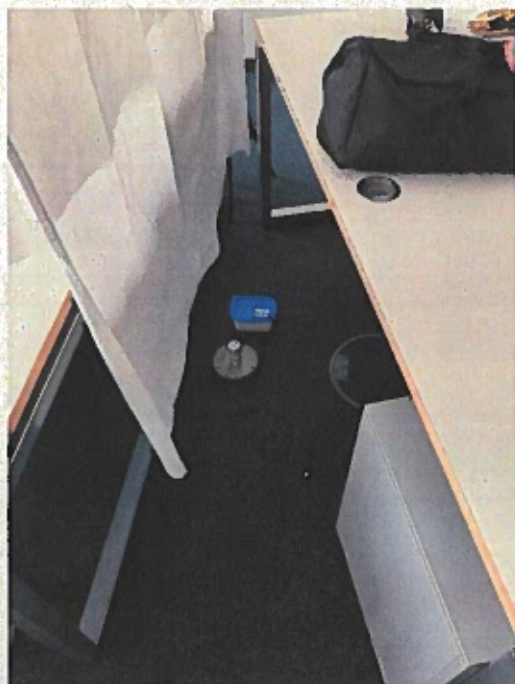


Abbildung 8: Messpunkt im Büro 11. OG

#### 2.4.8 Büro 7.OG rechts (kleiner Raum): MP4 (Messreihe 2)

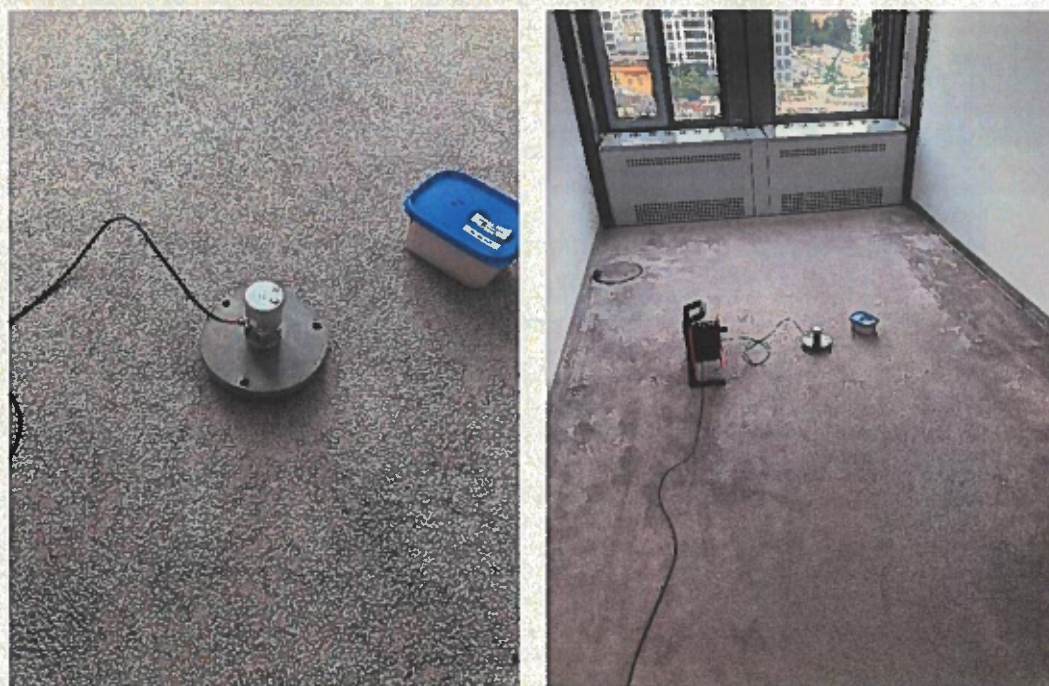


Abbildung 9: Messpunkt im Büro 7. OG rechts kleiner Raum

## 2.5 Messereignisse Gebäudemessung

Tabelle 5: Messereignisse der Messreihen 1 und 2

Messreihe	Ereignisnummer	Gleis-Nr.	Zugart	Geschwindigkeit in km/h	Datum	Uhrzeit
1	3	3	S-Bahn	75	28.06.2022	10:40
1	4	2	ICE	125	28.06.2022	10:41
1	5	2	RE	129	28.06.2022	10:46
1	6	7	ALEX	94	28.06.2022	10:47
1	7	4	ICE	114	28.06.2022	10:49
1	8	3	ICE	95	28.06.2022	10:56
1	9	2	RE	97	28.06.2022	10:57
1	10	3	RE	96	28.06.2022	11:03
1	11	5	ICE	116	28.06.2022	11:04
1	13	6	RED	97	28.06.2022	11:16
1	14	3	ICE	107	28.06.2022	11:19
1	15	5	ICE	100	28.06.2022	11:23
1	16	2	Lok	100	28.06.2022	11:29
1	17	3	Lok	136	28.06.2022	11:35
1/2	18	2	IC	73	28.06.2022	11:36
1/2	19	4	ICE	114	28.06.2022	11:38
1/2	20	6	RED	94	28.06.2022	11:42
1/2	21	2	ICE	113	28.06.2022	11:45
1/2	22	3	GZ	66	28.06.2022	11:49
1/2	23	7	RED	88	28.06.2022	11:50
1/2	24	3	RE	120	28.06.2022	11:52
1/2	25	5	ICE	103	28.06.2022	11:56
1/2	27	2	RE	140	28.06.2022	12:00
1/2	28	4	RED	109	28.06.2022	12:02
1/2	29	3	IC	93	28.06.2022	12:04
1/2	30	4	ICE	102	28.06.2022	12:07
1/2	33	3	RB	123	28.06.2022	12:16
1/2	34	2	RB	115	28.06.2022	12:25
1/2	35	5	ICE	109	28.06.2022	12:26
1/2	36	7	RED	93	28.06.2022	12:29
1/2	37	6	RED	92	28.06.2022	12:30
1/2	39	5	RED	109	28.06.2022	12:32
1/2	40	3	ICE	112	28.06.2022	12:33
1/2	41	2	ICE	91	28.06.2022	12:35
1/2	42	2	IC	124	28.06.2022	12:37
1/2	44	3	RE	75	28.06.2022	12:40
1/2	45	3	ICE	114	28.06.2022	12:44
1/2	46	2	ICE	128	28.06.2022	12:46
1/2	48	4	RED	100	28.06.2022	12:48
1/2	49	2	RE	125	28.06.2022	12:49
1/2	50	5	ICE	97	28.06.2022	12:57
1/2	51	2	ICE	136	28.06.2022	13:00
1/2	52	3	IC	138	28.06.2022	13:03
1/2	53	3	RE	121	28.06.2022	13:08
1/2	55	2	Lok	52	28.06.2022	13:09
1/2	56	2	ICE	116	28.06.2022	13:13
1/2	57	5	Lok	54	28.06.2022	13:16
1/2	58	2	Lok	88	28.06.2022	13:18
1/2	59	2	RE	100	28.06.2022	13:26
1/2	60	5	RED	102	28.06.2022	13:29
1/2	61	4	RED	108	28.06.2022	13:30
1/2	63	3	ICE	111	28.06.2022	13:33
1/2	64	3	RE	120	28.06.2022	13:44

## 2.6 Pegeldifferenzen der Zugvorbefahrten

### 2.6.1 Pegeldifferenzen von Emission rechts zu Fundament

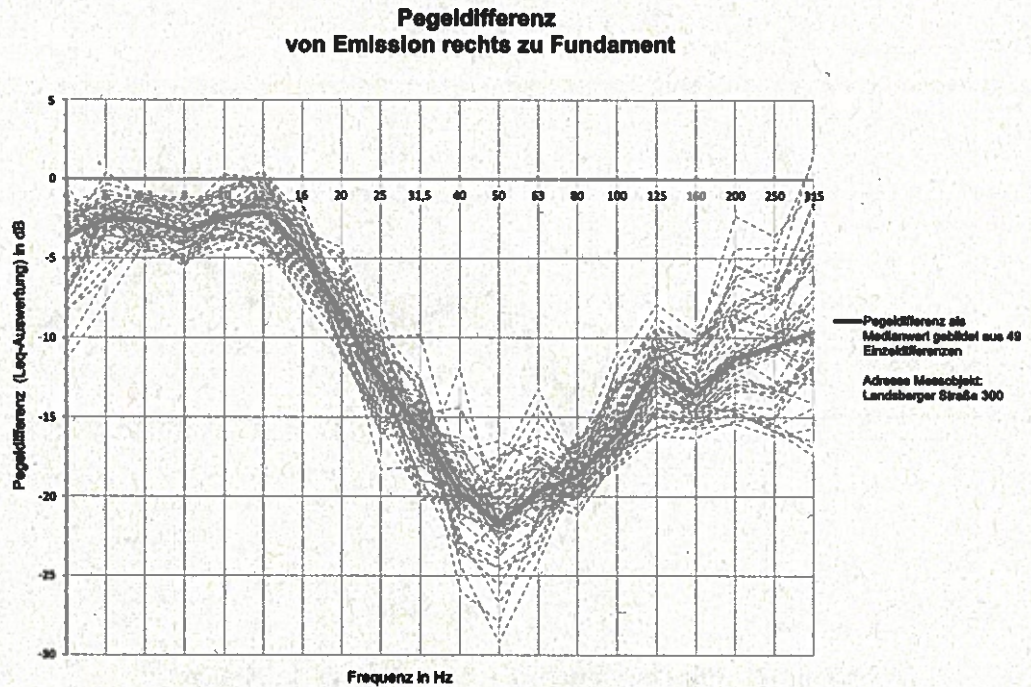


Abbildung 10: Pegeldifferenzen von Emission rechts zu Fundament

### 2.6.2 Pegeldifferenzen von Emission links zu Fundament

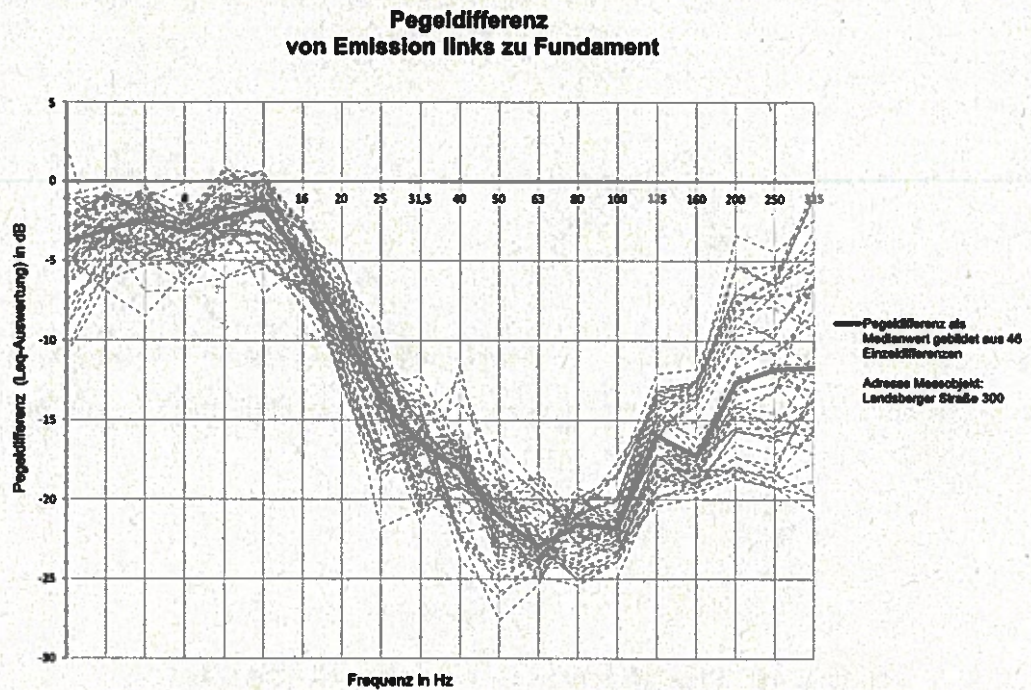


Abbildung 11: Pegeldifferenzen von Emission links zu Fundament

### 2.6.3 Pegeldifferenzen von Fundament zu 1. OG Büro

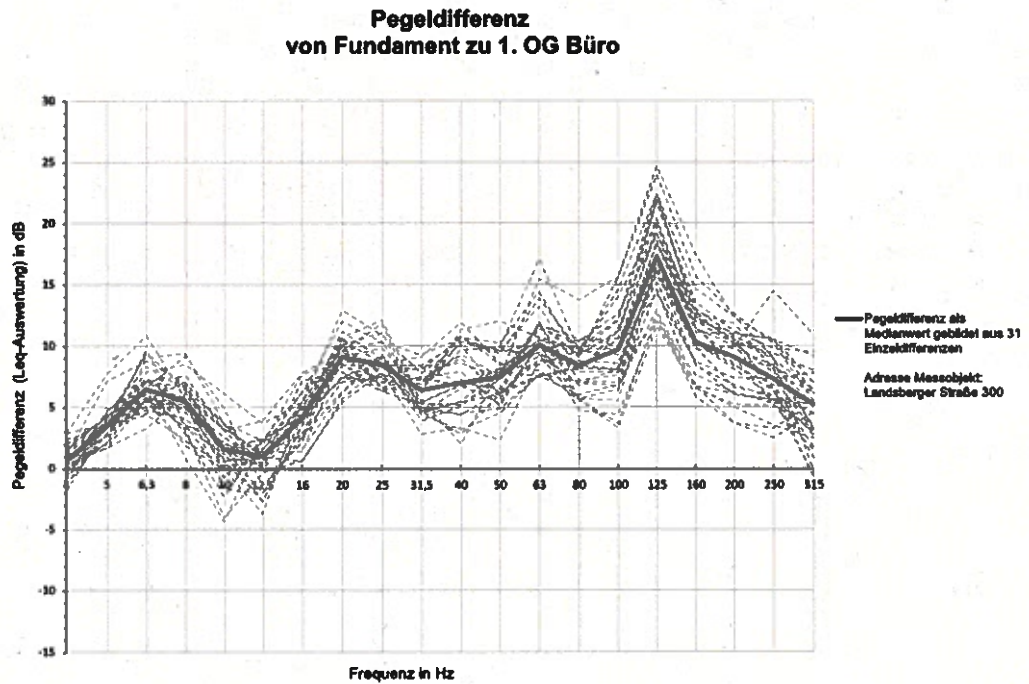


Abbildung 12: Pegeldifferenzen von Fundament zu 1. OG Büro

### 2.6.4 Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG links Büro

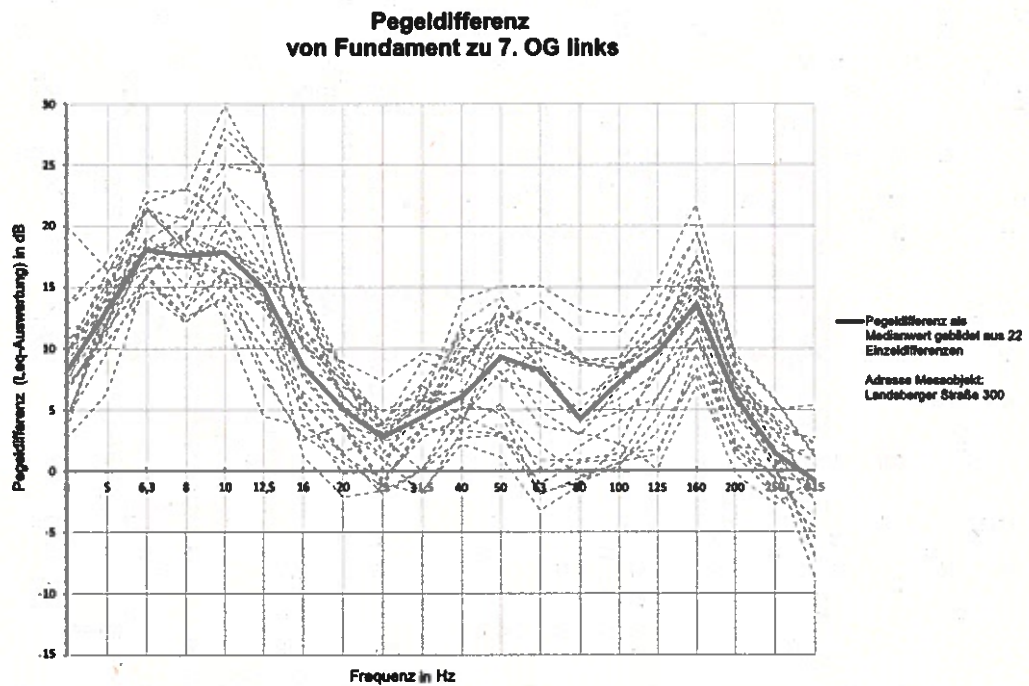


Abbildung 13: Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG links Büro

### 2.6.5 Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG rechts (großes Büro)

**Pegeldifferenz  
 von Fundament zu 7. OG rechts (großes Büro)**

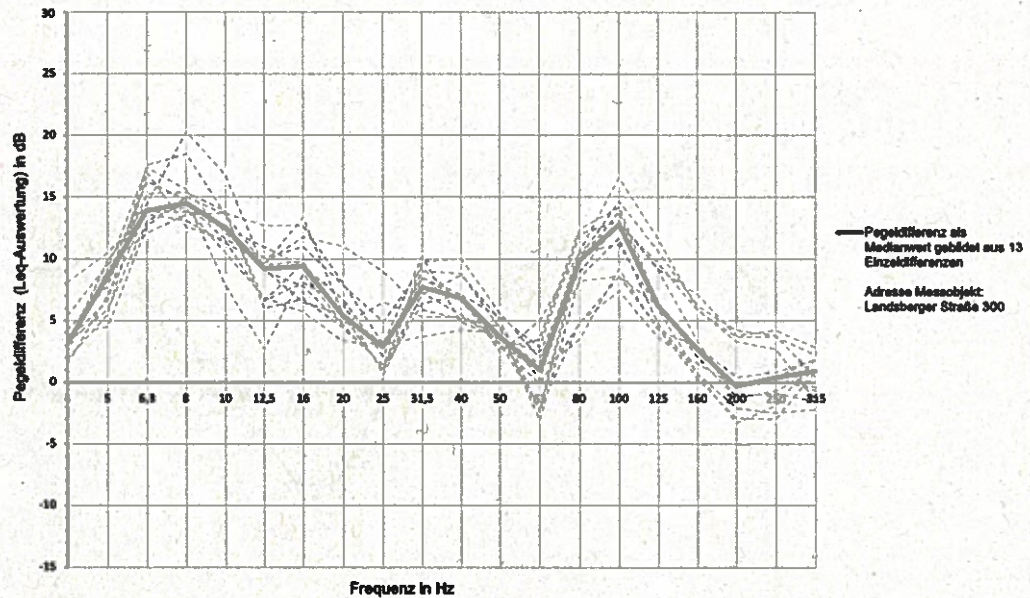


Abbildung 14: Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG rechts (großes Büro)

### 2.6.6 Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG rechts (kleines Büro)

**Pegeldifferenz  
 von Fundament zu 7. OG rechts (kleines Büro)**

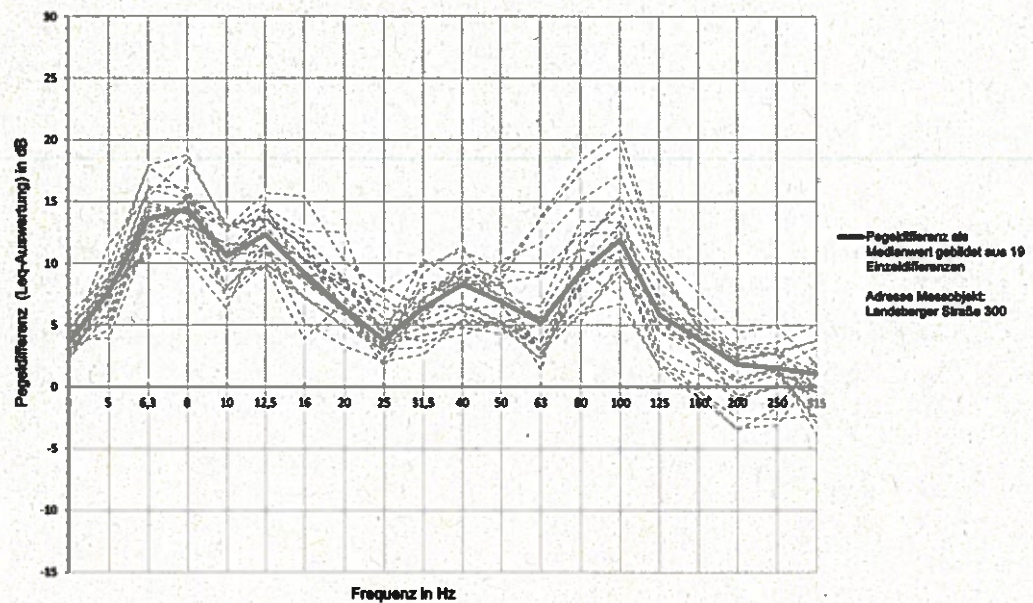


Abbildung 15: Pegeldifferenzen von Fundament zu 7. OG rechts (kleines Büro)

## 2.6.7 Pegeldifferenzen von Fundament zu 11.OG Büro

### Pegeldifferenz von Fundament zu 11. OG Büro

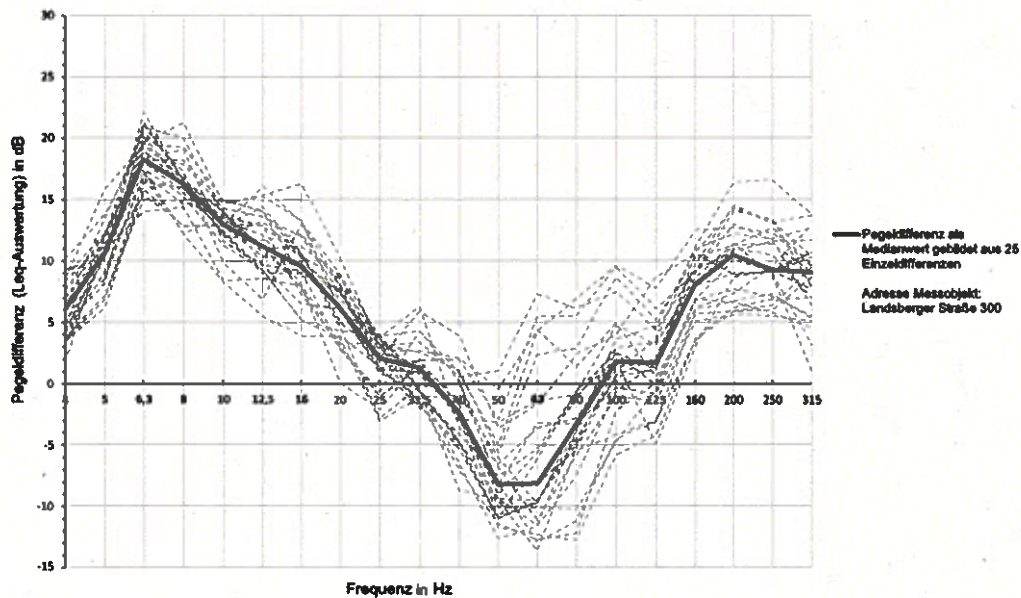


Abbildung 16: Pegeldifferenzen von Fundament zu 11.OG Büro



## 2.7 Mittelwerte der Pegeldifferenzen

Tabelle 6: Mittelwerte der Pegeldifferenzen

Frequenz in Hz	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Emi rechts - FU	-3,7	-2,5	-2,6	-3,3	-2,4	-2,1	-4,4	-8,5	-12,6	-15,8	-19,8	-21,7	-19,7	-18,7	-16,1	-12,0	-13,6	-11,3	-10,5	-9,6
Emi links - FU	-3,9	-3,1	-2,5	-3,2	-2,4	-1,6	-5,0	-9,0	-13,7	-16,5	-18,1	-21,1	-23,0	-21,6	-21,8	-16,0	-17,3	-12,7	-11,8	-11,7
FU - 1. OG	0,7	3,5	6,5	5,5	1,6	1,0	4,2	9,1	8,5	6,4	7,0	7,5	10,1	8,4	9,7	17,3	10,3	9,1	7,3	5,2
FU - 7. OG links	8,2	13,1	18,1	17,6	17,9	14,9	8,6	5,1	2,7	4,4	6,1	9,3	8,2	4,3	7,3	9,7	13,6	6,1	1,5	-0,8
FU - 7. OG rechts (großes Büro)	3,2	8,5	13,9	14,5	12,5	9,2	9,4	5,4	2,9	7,7	6,8	3,7	1,0	9,9	12,8	6,2	2,7	-0,3	0,4	0,9
FU - 7. OG rechts (kleines Büro)	3,6	7,7	13,6	14,4	10,6	12,3	9,2	6,3	3,8	6,4	8,3	6,9	5,2	9,3	11,9	5,9	3,9	1,9	1,5	1,1
FU - 11. OG	6,1	10,6	18,3	16,3	13	11,2	9,6	6,2	2,1	1,3	-2,4	-8,2	-8,1	-3,3	1,8	1,7	8,1	10,5	9,3	9,1

### **3 Literaturverzeichnis**

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist
- [2] DIN 4150 Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“ von 2001
- [3] DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ von 1999
- [4] DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ von 2016
- [5] DIN 45672-1 „Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren für Schwingungen“ von 2018
- [6] DB Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ vom 15.09.2017