

VG Weidenberg  
Gemeinde Seybothenreuth  
**95464 WEIDENBERG**

Messstelle n. § 29b BImSchG  
VMPA-Prüfstelle n. DIN 4109

IBAS Ingenieurgesellschaft mbH  
Nibelungenstraße 35  
95444 Bayreuth

Telefon 09 21 - 75 74 30  
Fax 09 21 - 75 74 34 3  
info@ibas-mbh.de

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Datum

wr/we-19.11394-b02

27.09.2022

## BEBAUUNGSPLAN "ZENTRUM" IN SEYBOTHENREUTH

### Messbericht

#### zu den erschütterungstechnischen Untersuchungen

Bericht-Nr.: 19.11394-b02

Auftraggeber: VG Weidenberg  
Gemeinde Seybothenreuth  
95464 WEIDENBERG

Bearbeitet von: Dr. Reinhard Wunderlich  
Dr. Gerhart Seidl

Berichtsumfang: Gesamt 23 Seiten, davon  
Textteil 22 Seiten  
Anlagen 1 Seite

	Inhaltsübersicht	Seite
<b>1.</b>	<b>Situation und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
	2.1 Unterlagen und Angaben	5
	2.2 Literatur	5
<b>3.</b>	<b>Beurteilungsgrundlagen</b>	<b>6</b>
	3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz	6
	3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall	8
<b>4.</b>	<b>Durchführung der Erschütterungsmessungen</b>	<b>10</b>
	4.1 Mess- und Auswertungsmethodik	10
	4.2 Messzeit und Messort	10
	4.3 Messgeräte	13
	4.4 Zugzahlen	14
	4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten	15
<b>5.</b>	<b>Prognose der Schwingungsimmissionen</b>	<b>16</b>
	5.1 Allgemeines	16
	5.2 KB-Werte	17
	5.3 Sekundärluftschallpegel	19
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>22</b>

## 1. Situation und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Seybothenreuth beabsichtigt das ehemalige "Kießling-Gelände" zu einer Mischgebietsnutzung zu entwickeln /2.1.1/. Unmittelbar entlang der betreffenden Fläche verläuft nordöstlich die Hauptstraße und südlich die Bahnstrecke Bayreuth – Weiden. Des Weiteren befinden sich im direkten Einwirkungsbereich kleinere Gewerbebetriebe. Die nachfolgende Skizze zeigt das Plangebiet.



Abbildung 1: Betroffenes Plangebiet (lila) in Seybothenreuth, das zu einer Mischgebietsnutzung entwickelt werden soll.

An der Südseite des Plangebiets führt mit geringem Abstand die ingleisige Bahnlinie-Nr. 5051 "Bayreuth – Weiden" vorbei.

Gemäß § 1 Abs. 6 Baugesetzbuch sind in der Bauleitplanung unter anderem die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Während der Vorbeifahrt von Zügen kann es im Plangebiet insbesondere zu Erschütterungen / Schwingungen kommen, weshalb zur Sicherstellung gesunder Wohnverhältnisse die Anforderungen gemäß DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2 /2.2.1/, in Verbindung mit DIN 45669 /2.2.2, 2.2.3, 2.2.4/ bzw. DIN 45672 /2.2.5, 2.2.6, 2.2.7/, zu überprüfen sind.

Um möglichen Konflikten von der Lärmentwicklung her vorzubeugen und den entsprechenden gesetzlichen Anforderungen zu genügen, wurde die Erstellung eines schall- und erschütterungstechnischen Gutachtens für notwendig erachtet.

Es sind u. A. erschütterungstechnische Untersuchungen in Bezug auf Schwingungseinwirkungen bzw. hinsichtlich sekundärem Luftschall vorzunehmen. Bei Überschreitung der maßgeblichen Orientierungs- / Anhaltswerte sind Maßnahmen zum Schall- / Erschütterungsschutz zu prüfen.

Zur Ermittlung der einwirkenden Schienenverkehrserschütterungen sind von IBAS im Plangebiet am 23.11.2021 Erschütterungs- / Schwingungsmessungen gemäß DIN 4150-2, /2.2.1/, in Verbindung mit DIN 45669-2 /2.2.4/ bzw. DIN 45672 /2.2.5, 2.2.6, 2.2.7/, durchgeführt worden /2.1.2/.

Die zulässigen Erschütterungsimmissionen werden in der Norm DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkung auf Menschen in Gebäuden benannt /2.2.1/, der Sekundärschall wird u. A. entsprechend der VDI-Richtlinie 2719 /2.2.9/ bewertet.

Hierfür wurden die infolge der Zugvorbeifahrten auftretenden Bodenschwingungen auf dem Gelände an drei Messpunkten, MP1, MP2 und MP3, mittels über Erdspeie an das Erdreich angekoppelte Schwingungsmessgeräte erfasst /2.1.2/. Die Messdaten dienen als Grundlage für die Bewertung der zu erwartenden Immissionen von Schienenverkehrserschütterungen und Sekundärschall innerhalb von Wohngebäuden, welche auf dem betroffenen Areal errichtet werden sollen. Die Messpunkte wurden in Entfernungen von ca. 10 m (MP1), 25 m (MP2) und 35 m (MP3) gewählt (vgl. den im Anhang enthaltenen Lageplan).

Der vorliegende Messbericht fasst die Ergebnisse der durchgeführten Erschütterungsmessungen und -untersuchungen zusammen.

## **2. Grundlagen**

### **2.1 Unterlagen und Angaben**

Folgende Unterlagen wurden den Untersuchungen zu Grunde gelegt.

- 2.1.1 Luftbild mit Darstellung des Untersuchungsraumes und Ergebnisse des Workshops zur Entwicklung des Areals, ILE Frankenpfalz im Fichtelgebirge e. V., per E-Mail vom 19.12.2019;
- 2.1.2 Ortstermin mit Durchführung von Erschütterungsmessungen, IBAS GmbH, vom 23.11.2021;
- 2.1.3 Zugzahlen Strecke 5051, Frequentierung für das Jahr 2021 (Ist-Zahlen) und Prognose für das Jahr 2030, Bereich Seybothenreuth, Verkehrsdatenmanagement, Deutsche Bahn AG, mit E-Mail vom 11.02.2022.

### **2.2 Literatur**

Folgende Normen, Richtlinien und weiterführende Literatur wurden für die Bearbeitung herangezogen.

- 2.2.1 DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999;
- 2.2.2 DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, Juni 1995;
- 2.2.3 DIN 45669-1, Berichtigung 1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen und Prüfungen, Berichtigung zu DIN 45669-1, Ausgabe Dezember 2012;
- 2.2.4 DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005;

- 2.2.5 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Dezember 2009;
- 2.2.6 DIN 45672-1, Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Teil 1: Messverfahren, Berichtigung zu DIN 45672-1: 2009-12, August 2012;
- 2.2.7 DIN 45672-2, Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen, Teil 2: Auswerteverfahren, Juli 1995;
- 2.2.8 VDI-Richtlinie 2057, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Blatt 3: Beurteilung, Mai 1987;
- 2.2.9 VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987;
- 2.2.10 VDI-Richtlinie 2038, Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Teil 3: Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung, November 2013;
- 2.2.11 Schall 03, Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege, Anlage 2 der 16. BImSchV, geändert am 18.12.2014.

### **3. Beurteilungsgrundlagen**

#### **3.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz**

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen ist die DIN 4150, Teil 2 /2.2.1/, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, anzuwenden.

Nach /2.2.1/ gelten in Abhängigkeit von der Gebietsausweisung folgende Anhaltswerte für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ( $A_u$ ,  $A_o$ ) und für die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  ( $A_r$ ).

Tabelle 1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150, Teil 2

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</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 (vgl. Industriegebiete BauNVO, § 9)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete BauNVO, § 8)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete BauNVO § 7, Mischgebiete BauNVO § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

Ist die ermittelte maximale Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert  $A_u$ , so ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, eingehalten. Ist dies nicht der Fall, ist bei Erschütterungen durch Schienenverkehr die Beurteilungsschwingstärke mit dem Anhaltswert  $A_r$  zu vergleichen. Entsprechend der aktuell geplanten Entwicklung als Mischgebiet /2.1.1/, wird auf einen Anhaltswert nachts von  $A_r = 0,07$  für Mischgebiete abgestellt. Der entsprechende Bereich ist in der Tabelle 1 hervorgehoben worden.

Gemäß Ziff. 6.5.3.4 gilt für die Beurteilung von Erschütterungen aus dem oberirdischen Schienenverkehr (außer ÖPNV) folgendes:

- " .  
.  
.  
b) *Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten sollten die Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  nach Tabelle 1 eingehalten werden.*  
.  
.  
."

In den Erläuterungen zur DIN 4150, Teil 2 - Anhang D /2.2.1/, wird bezüglich der Spürbarkeitsschwelle von Erschütterungen auf Folgendes hingewiesen (vgl. /2.2.8/):

*"Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt die Größe  $KB_{Fmax}$ . Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen  $KB = 0,1$  und  $KB = 0,2$ . [...] **Erschütterungseinwirkungen um  $KB = 0,3$  werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar [...] wahrgenommen.**"*

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Werten aus der DIN 4150-2 um Anhaltswerte handelt, die indikatorischen Charakter besitzen und keine Grenzwerte darstellen. Die für die Beurteilung zugrunde gelegte Schutzwürdigkeit entsprechend Zeile 3 in Tabelle 1 wird aus fachtechnischer Sicht und im Hinblick auf die beabsichtigte Festsetzung im Bebauungsplan als geeignet angesehen.

### **3.2 Anforderungen zum Sekundärluftschall**

Die vom Schienenverkehr in den Untergrund eingeleiteten Schwingungen übertragen sich auf die Fundamente der Gebäude. Durch den in die Baukonstruktion eingeleiteten Körperschall können in den Innenräumen, auch auf der schienenabgewandten Gebäudeseite, tieffrequente Geräusche entstehen. Für die Beurteilung dieser als "sekundärer Luftschall" bezeichneten Schallimmissionen wurde bisher noch kein Regelwert verbindlich eingeführt.

Hier werden hilfsweise verschiedene Richtlinien verwendet.

Neben der TA Lärm, die für Gewerbegeräusche gilt und für Sekundärschall bzw. für Körperschallübertragung in Wohnräume keine Differenzierung nach der Gebietsausweisung vornimmt, kann die VDI-Richtlinie 2719 zur differenzierten Betrachtung herangezogen werden. Dies ist auch in dem relativ aktuellen Regelwerk zu Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik (VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.10/) so beschrieben.

Die VDI-Richtlinie 2719, Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen /2.2.9/, gibt für den Innenpegel die in nachstehender Tabelle aufgelisteten Pegel an:

*Tabelle 2: Anhaltswerte für Innenschallpegel gemäß der VDI-Richtlinie 2719*

Raumart	A-bewertete	
	Mittelungspegel $L_m$ dB	mittlere Maximalpegel $L_{max}$ dB
1 Schlafräume <b>nachts</b>		
1.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	25 bis 30	35 bis 40
1.2 in allen übrigen Gebieten	30 bis 35	40 bis 45
2 Wohnräume <b>tagsüber</b>		
2.1 in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	30 bis 35	40 bis 45
2.2 in allen übrigen Gebieten	35 bis 40	45 bis 50

Im Folgenden werden die Werte der VDI-Richtlinie 2719 (vgl. auch VDI-Richtlinie 2038-3 /2.2.10/) zugrunde gelegt, die eine Differenzierung nach Gebietsausweisung vornimmt. Die einem MI (Mischgebiet) /2.1.1/ zugehörigen Anhaltswerte sind in Tabelle 2 grafisch hervorgehoben worden.

Fachbehörden, wie z. B. das Bayerische Landesamt für Umwelt, empfehlen zur Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen die Mittelungspegel heranzuziehen. Da gegenwärtig mehr als 5 Vorbeifahrten während der Nachtzeit stattfinden /2.1.3/ wird auch das Maximalwert-Kriterium zur Anwendung gebracht.

## **4. Durchführung der Erschütterungsmessungen**

### **4.1 Mess- und Auswertungsmethodik**

Um die Schwingungsimmissionen auf Gebäude im Planbereich zu bestimmen, wurden an den drei Messpunkten MP1 - MP3 auf dem Gelände am 23.11.2021, im Zeitraum von ca. 10:30 Uhr - 18:00 Uhr, die Schwinggeschwindigkeiten der durch die Vorbeifahrten von Regionalverkehrs- und Güterzügen (in beiden Richtungen) auf der Bahnlinie 5051 verursachten Erschütterungen gemessen /2.1.1/.

Während der einzelnen Zugvorbeifahrten sind die maximalen Erschütterungseinwirkungen registriert worden. Für die Auswertung erfolgte eine spektrale Auftrennung der Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Signale über einen Terzfilter im Frequenzbereich von 3,15 Hz bis 250 Hz gemäß DIN 45672-2 /2.2.7/. Aus den gefilterten Zeitverläufen der einzelnen Frequenzen wurde der gleitende Effektivwert mit der Zeitkonstante "Fast" (125 ms) gebildet und das Maximum dieses Effektivwert-Zeitverlaufes innerhalb des entsprechenden Messzeitraumes bestimmt. Somit wurde für jede einzelne registrierte Zugvorbeifahrt ein sog. Max-Hold-Terzspektrum im Frequenzbereich zwischen 3,15 Hz und 250 Hz berechnet.

Auf Basis der Messwerte wurden zudem die Bodenschwingungen auch für von den Messpunkten abweichende Distanzen vom Gleis (18 m und 36 m) interpoliert.

Da erfahrungsgemäß am Messort Boden die Werte für die 3 Schwingungsrichtungen nahe beieinanderliegen, wurde bei der Auswertung im Hinblick auf die Einleitung und Ausbreitung von durch Schienenverkehr induzierten Schwingungen innerhalb von Gebäuden ausschließlich die vertikale Schwingungsrichtung (z) untersucht.

### **4.2 Messzeit und Messort**

Während des Messtermins vom 23.11.2021 /2.1.1/ wurden auf dem zu untersuchenden Gelände an den Messpunkten MP1-MP3 Schwingungsmesssysteme (IBAS-interne Bezeichnungen: "SYS18", "SYS19" und "SYS20") installiert, welche sich jeweils in einer Entfernung von ca. 10 m (MP1 mit Messgerät SYS20), 25 m (MP2 mit Messgerät SYS19) und 35 m (MP3 mit Messgerät SYS18) vom Gleis befanden.

Die Lage der Messpunkte kann dem Lageplan der Anlage 1 entnommen werden. Die Messung fand über ca. 7 - 8 h, von ca. 10:30 Uhr (Messbeginn) bis ca. 18:00 Uhr (Messende), statt.

An den Messpunkten wurden die Schwingungsmessgeräte entsprechend der DIN 45669-2 /2.2.4/ über Erdspeieße an den Boden angekoppelt (vgl. Abbildungen 2 - 4). Die Ausrichtung der Achsen der Schwingungsaufnehmer, insbesondere in Bezug auf die Bahngleise, erfolgte entsprechend der DIN 45672-1 /2.2.5/. Der Untergrund besteht an diesen Stellen aus gewachsenem Erdboden.



*Abbildung 2: Ankopplung des Schwingungsmesssystems SYS20 am MP1 über einen Erdspeieß an den Boden während des Messtermins vom 23.11.2021 (Entfernung zum Gleis: ca. 10 m)*



*Abbildung 3: Platzierung des Schwingungsmesssystems SYS19 am MP2 mittels eines Erdspießes während des Messtermins vom 23.11.2021 (Entfernung zum Gleis: ca. 25 m)*



*Abbildung 4: Platzierung des Schwingungsmesssystems SYS18 am MP3 mittels eines Erdspießes auf dem Boden während des Messtermins vom 23.11.2021 (Entfernung zum Gleis: ca. 35 m)*

Die Auswahl der Messpunkte in verschiedenen Entfernungen zum Gleis diente der messtechnischen Abdeckung des Areals im Hinblick auf die Reaktion des Bodens auf die vorbeifahrenden Züge und ist daher als aussagekräftig für eine Bewertung der Schwingungsimmissionen auf dem Gelände anzusehen.

### 4.3 Messgeräte

Für die Messungen wurden die folgenden Messgeräte des Herstellers SYSCOM eingesetzt, wobei von den Datenrecordern des Typs MR 3000C sowohl die vertikale Schwingungsrichtung (z) als auch die horizontalen Richtungen (x und y) erfasst wurden.

*Tabelle 3: Verwendete Messgeräte*

Gerät	Hersteller	Typ	Seriennummern
Schwingungsmessgerät	SYSCOM	MR3000C	16260013 (SYS18) 16270021 (SYS19) 16270023 (SYS20)

Die SYSCOM-Messsysteme und die Software für die Datenerfassung und Auswertung erfüllen die Anforderungen an Klasse - 1 - Geräte, gemäß den allgemeinen Anforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.1) und den Einzelanforderungen der DIN 45669-1 (Abs. 5.2.1 bis Abs. 5.2.5) /2.2.2/. Die Auswertung erfolgte unter anderem mittels der Auswertesoftware MEDA.<sup>1</sup>

Die grundsätzliche Funktionsweise der Messkette vor Ort wurde über eine Klopfprüfung gemäß DIN 45669-2 /2.2.4/ getestet.

<sup>1</sup> Wölfel Messsysteme GmbH, Version 2021-1.

#### 4.4 Zugzahlen

Die Bahnlinie-Nr. 5051 "Bayreuth – Weiden" führt an der Südseite des B-Plan-Gebietes vorbei. Bezüglich der Verkehrsstärke wurden für den Bestand 2021 von der DB AG /2.1.3/ angegeben.

Für die Beurteilung wird auf die Bestandszahlen 2021 abgestellt. Da die entsprechenden Prognosezahlen für 2030 /2.1.3/ keine Güterzüge beinhalten, liegt man bei dem gewählten Ansatz (Bestand 2021) mit je einem Güterzug zur Tag- bzw. Nachtzeit auf der sicheren Seite.

Tabelle 4: Verkehrszahlen Schienenverkehr **Strecke 5051**, Bestand 2021

Anzahl		Zugart / Traktion	Geschwindigkeit [km/h]
Tag	Nacht		
0	1	GZ-V09	80
1	0	GZ-V10	80
1	0	RB/RE-V11	90
2	0	RB/RE-V12	90
7	1	RB/RE-V13	90
43	5	RB/RE-V14	90
<b>54</b>	<b>7</b>	<b>Summe</b>	

In der vorgenannten und den folgenden Tabellen bedeuten:

- GZ: Güterzug;
- RB/RV: Regionalbahn.

Die vorgenannten Züge sind dabei wie folgt zusammengestellt /2.2.11/

Tabelle 5: Fahrzeugkategorie gem. Schall 03 [2014]

Zugart / Traktion	Kat.	Anz.	Kat.	Anz.	Kat.	Anz.	Kat.	Anz.	Kat.	Anz.
GZ-V09	8-A4	1	10-Z5	10	10-Z18	3	10-Z2	3	10-Z15	1
GZ-V10	8-A4	1	10-Z5	8	10-Z18	2	10-Z2	2	10-Z15	1
RB/RE-V11	6-A4	3								
RB/RE-V12	6-A4	1								
RB/RE-V13	6-A4	2								
RB/RE-V14	6-A4	1								

Die Bezeichnung der Fahrzeugkategorie setzt sich jeweils wie folgt zusammen:

- Nr. der Fahrzeugkategorie;
- Variante bzw. Zeilennummer in Tabelle Beiblatt 1 Schall 03;
- ggf. Achszahl.

#### 4.5 Gemessene Zugvorbeifahrten

Während der Messzeit wurden an den Messpunkten MP1-MP3 insgesamt ca. 31 Vorbeifahrten von Regionalverkehrs- / Güterzügen aufgezeichnet. Die bei weitem größten Schwinggeschwindigkeiten der vertikalen Bodenschwingungen traten dabei an allen drei Messpunkten während der Vorbeifahrt des Güterzugs auf.

Für die auf Maximalwerten beruhenden Berechnungen ( $KB_{Fmax}$  und  $L_{max}$ ) wurden jeweils die energetischen Mittelwerte der Schnellepegel gebildet. Die Bestimmung der Beurteilungsschwingstärke ( $KB_{FTr}$ ) erfolgte durch Mitteilung der Zugvorbeifahrten entsprechend der DIN 4150-2 je Zugklasse unter Verwendung der Zugzahlen. Im Zuge der Auswertung wurden des Weiteren die mittleren gemessenen Schnellepegel der Vorbeifahrten von Regionalverkehrszügen der Prognose sowohl der von den Regionalbahnen als auch von Güterzügen zu erwartenden Erschütterungsimmersionen zugrunde gelegt.

## **5. Prognose der Schwingungsimmissionen**

### **5.1 Allgemeines**

Aufgrund der komplexen Ausbreitungsverhältnisse von Erschütterungen bzw. Schwingungen kann es bei den gemessenen bzw. abgeschätzten bahnbezogenen Emissionswerten durch Verstärkungserscheinungen (z.B. durch Resonanzen) zu Störungen empfindlicher Nutzungen kommen. Dies ist entscheidend von der Gebäudekonstruktion abhängig.

Allgemeine Rechenverfahren, die als Basis zur Prognose von Schwingungsimmissionen herangezogen werden können, existieren nicht. Als Grundlage der Prognoseberechnungen wurden deshalb Erfahrungswerte aus statistischen Untersuchungen des schwingungstechnischen Verhaltens von Gebäuden angesetzt.

Bei der Prognose der Schwingungsimmissionen wurde die Reaktion des Gebäudes auf die einwirkenden Erschütterungen betrachtet. Hierzu sind Annahmen über das Schwingungsverhalten der einzelnen Bauteile erforderlich. Im Einzelnen wurden Korrekturen für

- den Übergang Erdreich-Fundament,
- die Erschütterungsübertragung im Gebäude,
- die Übertragung auf die Geschossdecken,
- das Schwingverhalten schwimmender Estriche,

berücksichtigt.

Die Korrekturwerte wurden frequenzabhängig zu den ermittelten Schnellepegeln addiert.

## 5.2 KB-Werte

Zur Prognose der KB-Werte wurden die Spektren der an den Messpunkten MP1-MP3 gemessenen Schwinggeschwindigkeiten herangezogen und unter Berücksichtigung der Reaktion der Gebäude auf die einwirkenden Erschütterungen die auf den Fußböden aufgrund der Zugvorbeifahrten auftretenden Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  bzw. maximalen Schwingstärken  $KB_{Fmax}$  bestimmt.

Da an allen drei Messpunkten MP1 -MP3 die derart ermittelten  $KB_{Fmax}$ -Werte im relevanten Frequenzbereich den unteren Anhaltswert von  $A_u = 0,15$  nachts (vgl. Kap. 3) punktuell überschreiten, wurde unter Zugrundelegung der Zugzahlen für 2021 /2.1.3/ aus den  $KB_{FTi}$ -Werten für die Tag- und Nachtzeiten gemäß der DIN 4150-2 /2.2.1/ die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  gebildet, die als Beurteilungsgröße dient.

Die für eine bauliche Umsetzung relevanten zugehörigen Ergebnisse sind in den im Lageplan im Anhang 1 wiedergegebenen Niveaulinien zusammengefasst. Durch Interpolation sind aus den Messergebnissen Prognoseberechnungen für von den Messpunkten abweichenden Distanzen von 18 m (s. Lageplan) und 36 m durchgeführt worden. Im Hinblick auch auf die Vorgaben zum Sekundärschall werden nachfolgend im Detail die Ergebnisse für eine Bebauung in einem Abstand von 36 m zur Bahnlinie aufgeführt.

Unter Berücksichtigung typischer Eigenfrequenzen von Decken in Massivbauweise (grafisch markiert) sind bei Verwendung von EPS als Dämmstoff höchstens die in den folgenden Tabellen aufgeführten  $KB_{FTr}$ -Werte aufgrund der Vorbeifahrt der Züge zu erwarten. Weil der Estrichaufbau noch nicht festgelegt ist, stellen die in den nachfolgenden Tabellen angeführten Berechnungsergebnisse die Werte dar, die sich im ungünstigsten Fall ergeben. Die in vergleichbaren Bauvorhaben üblicherweise anzutreffenden / realisierten Rohdecken- und Estricheigenfrequenzen sind in den Tabellen grafisch hervorgehoben worden.

Zunächst werden die **nachts** zu erwartenden Werte angegeben.

Tabelle 6: *Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTT}$  für eine Bebauung in 36 m Entfernung vom Gleis nachts*

$KB_{FTT}$		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum	
		ohne	40	50	63	80	100	125		
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>
	11 bis 14	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>
	14 bis 18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>
	18 bis 22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>
	22 bis 28	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<b>0,02</b>
	28 bis 36	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>
	36 bis 45	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,03</b>
	45 bis 56	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
	56 bis 71	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Maximum		<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>						

Für die Zugvorbeifahrten **tags** sind die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Beurteilungsschwingstärken zu erwarten.

Tabelle 7: *Prognostizierte Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTT}$  für eine Bebauung in 36 m Entfernung vom Gleis tags*

$KB_{FTT}$		Estricheigenfrequenz [Hz]							Maximum	
		ohne	40	50	63	80	100	125		
Deckeneigenfrequenz [Hz]	9 bis 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	11 bis 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	14 bis 18	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	18 bis 22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>
	22 bis 28	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<b>0,02</b>
	28 bis 36	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>
	36 bis 45	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,04</b>
	45 bis 56	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
	56 bis 71	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Maximum		<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>						

Wie den Kombinationen der in den obenstehenden Tabellen aufgelisteten Rohdecken- und Estricheigenfrequenzen zu entnehmen ist, wird von den Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FT,r}$  für die gegenwärtige Schienenfrequentierung (Ist-Zahlen 2021) für Gebäude in einer Entfernung von ca. 36 m vom Gleis der Anhaltswert **nachts** von  $A_r = 0,07$  für Mischgebiete, im gesamten relevanten Frequenzbereich **sicher eingehalten** (vgl. Tab. 5). Entsprechend können bei einer Distanz von ca. 36 m vom Gleis tagsüber  $KB_{FT,r}$ -Werte erwartet werden, die den zugehörigen Anhaltswert für Mischgebiete tags von  $A_r = 0,1$  ebenfalls **sicher unterschreiten** (vgl. Tab. 6). Es werden für Gebäude in dieser Entfernung vom Gleis sowohl die Vorgaben für Wohngebiete von  $A_r = 0,05$  nachts und  $A_r = 0,07$  tags **sicher eingehalten**.

Für die näher am Gleis liegende Bebauung (< ca. 36 m) gelten ausbreitungsbedingt die im Lageplan im Anhang aufgeführten Bewertungen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass gemäß der Zugzahlen für das Jahr 2030 keine Güterzugvorbeifahrten zu erwarten sind, was bei einer vergleichbaren Frequentierung durch Regionalbahnen /2.1.3/ gegenüber den oben genannten Werten eine in Zukunft deutliche Minderung der Schwingungsimmissionen bedeuten würde.

Insgesamt ist anhand obenstehender Ergebnisse festzustellen, dass bei Abständen der Gebäude zum Gleis von ca.  $\geq 36$  m von den auftretenden Schienenverkehrserschütterungen die normativen Vorgaben der DIN 4150-2 /2.2.1/ **sicher eingehalten** werden. Gesunde Wohnverhältnisse im Hinblick auf die einwirkenden Erschütterungen sind somit in diesen Distanzen gegeben und schwingungstechnische Maßnahmen, wie z.B. der Einbau einer elastischen Lagerung, werden für die im Areal in einem Abstand von  $\geq$  ca. 36 m geplante Bebauung /2.1.1/ nicht erforderlich.

### 5.3 Sekundärluftschallpegel

Die über die Fundamente in das Gebäude eingeleiteten Schwingungen können von den Raumbegrenzungsflächen (insbesondere von den Geschossdecken) abgestrahlt und von den Bewohnern als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen werden.

Zur Bestimmung der Spitzenpegel des sekundären Luftschalls  $L_{\max}$  aufgrund der Anregung der Decken wurden die an den MP1 - MP3 aufgezeichneten, hochaufgelösten Zeitverläufe der Zugvorbeifahrten herangezogen, die auch der Bestimmung der KB-Werte zugrunde liegen. Zur Berechnung der Mittelungspegel  $L_m$  wurden auch die energieäquivalenten Mittelwerte der Zugvorbeifahrten gebildet.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der in der Baukonstruktion auftretenden Schwingschnelle und dem abgestrahlten Sekundärluftschallpegel.

Die Berechnung des abgestrahlten Sekundärluftschallpegels erfolgt nach dem folgenden Zusammenhang (vgl. auch /2.2.10/):

$$L_{pAF} = L_{vAF} + 10 \log (S/A) + 10 \log (\sigma) + 6 \text{ dB.}$$

Hierbei bedeuten:

$L_{pAF}$  = A-bewerteter Luftschallpegel im Raum [dB(A)]

$L_{vAF}$  = A-bewerteter Schnellepegel der körperschallabstrahlenden Fläche [dB(A) re  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s]

$S$  = Größe der körperschallabstrahlenden Fläche [m<sup>2</sup>]

$A$  = äquivalente Absorptionsfläche im Raum [m<sup>2</sup>]

$\sigma$  = Abstrahlgrad der körperschallabstrahlenden Fläche

Ausgehend von den ermittelten Körperschallschnellepegeln und Erfahrungswerten zu den raumakustischen Verhältnissen in Wohnräumen, können die durch sekundäre Luftschallabstrahlung verursachten Schalldruckpegel berechnet werden.

Entsprechend z.B. der Empfehlung des Bayr. Landesamtes f. Umwelt, erfolgt die Bewertung der Sekundärschallimmissionen einzig anhand der Mittelungspegel  $L_m$  (vgl. Kap. 3.2). Da nachts mehr als 5 Vorbeifahrten erfolgen /2.1.3/ wird auch der mittlere Maximalpegel  $L_{\max}$  betrachtet.

Zur Bestimmung der auf die Tag- und Nachtzeit bezogenen mittleren Sekundärschallpegel  $L_m$  wurde für zugklassenabhängige typische Dauern der oben betrachteten Erschütterungen die gegenwärtige Schienenfrequentierung (Zugzahlen für 2021) /2.1.3/ herangezogen.

Aus den o. g. Körperschallschnellepegeln ergeben sich für Gebäude in einer Entfernung von  $\geq$  ca. 36 m vom Gleis die in nachstehender Tabelle aufgeführten mittleren Maximal- und Mittelungspegel  $L_{max}$  und  $L_m$  des Sekundärschalls tags und nachts (es wurde derselbe Bereich üblicher Rohdeckeneigenfrequenzen von 11 - 45 Hz wie in Tab. 6 - 7 angenommen).

*Tabelle 8: Mittlere Maximal- und Mittelungspegel  $L_{max}$  und  $L_m$  des Sekundärschalls für Gebäude in einer Entfernung von  $\geq$  ca. 36 m vom Gleis im Vergleich mit Vorgaben für Mischgebiete nach /2.2.9/*

Tagzeit	Sekundärschallpegel			
	$L_{max}$ [dB(A)]		$L_m$ [dB(A)]	
	in Distanz 36 m	zulässig gem. /2.2.9/	in Distanz 36 m	zulässig gem. /2.2.9/
<b>Tag</b>	33 ... 45	45 ... 50	3 ... 14	35 ... 40
<b>Nacht</b>	33 ... 45	40 ... 45	3 ... 16	30 ... 35

Beim Vergleich der prognostizierten Sekundärschallpegel mit den Werten der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 /2.2.9, 2.2.10/ erkennt man, dass die Anforderungen für Mischgebiete an die Maximal- und die Mittelungspegel  $L_{max}$  und  $L_m$  zur Tag- und Nachtzeit für Gebäude in einer Entfernung  $\geq$  ca. 36 m vom Geis **eingehalten** werden (vgl. Tab. 8). Die Vorgaben an die Mittelungspegel  $L_m$  werden sogar **sicher eingehalten**.

Im Hinblick auf die Einhaltung der Vorgaben für die mittleren Pegel  $L_m$  des Sekundärschalls gemäß der VDI-Richtlinie 2719, sind für die im Bebauungsplan vorgesehenen Abstände der Gebäude von der Bahnlinie (ca.  $\geq$  36 m) erschütterungsmindernde Maßnahmen, wie z. B. der Einbau einer elastischen Lagerung, nicht erforderlich.

## 6. Zusammenfassung

Die Gemeinde Seybothenreuth beabsichtigt das ehemalige "Kießling-Gelände" zu einer Mischgebietsnutzung zu entwickeln. Unmittelbar entlang der betreffenden Fläche verläuft u. a. südlich die Bahnstrecke Bayreuth – Weiden.

Zur Sicherstellung gesunder Wohnverhältnisse wurden daher von IBAS für die Aufstellung des Bebauungsplanes auf dem Gelände an drei Messpunkten MP1, MP2 und MP3, in Abständen von ca. 10 - 35 m, Erschütterungs- / Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Messdaten dienen als Grundlage für die Bewertung der zu erwartenden Immissionen von Schienenverkehrserschütterungen, nach DIN 4150-2, und des Sekundärschalls, z. B. gemäß der VDI-Richtlinie 2719, innerhalb von Wohngebäuden, welche auf dem betroffenen Gelände errichtet werden sollen.

Die Schwingungsmessungen erfolgten auf dem betroffenen Gelände am 23.11.2021. Dabei hat sich gezeigt, dass an Gebäuden in Entfernungen von  $\geq$  ca. 36 m vom Gleis die normativen Anforderungen zum Erschütterungsschutz gemäß DIN 4150-2 für Mischgebiete am Tag und in der Nacht **sicher eingehalten** werden.

Auch die Vorgaben der VDI-Richtlinie 2719 bzw. 2038-3 bzgl. der mittleren maximal- und der Mittelungspegel  $L_{max}$  und  $L_m$  des Sekundärschalls für Mischgebiete werden sowohl in der Nacht als auch am Tag eingehalten.

Für die im Bebauungsplan vorgesehenen geplanten Abstände der Gebäude von den Gleisen von  $\geq$  ca. 36 m ist daher eine Formulierung von Festsetzungen erschütterungstechnischer Art im Bebauungsplan nicht erforderlich.

IBAS GmbH



Dr. rer. nat. R. Wunderlich



Dr. rer. nat. G. Seidl

---

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die IBAS Ingenieurgesellschaft mbH. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.

Auftrag: 19.11394-b02 Anlage: 1  
 Projekt: Machbarkeitsstudie  
 Mitte Seybothenreuth  
 Ort: Seybothenreuth

**Lageplan**  
**Bewertung**  
**Erschütterungsimmissionen**  
**Schienenverkehr**

**Legende**

- + Punktquelle
- Linienquelle
- Flächenquelle
- Straße
- Schiene
- Haus
- Schirm
- ▽ Höhenlinie
- Rechengebiet

**Bewertung Erschütterungsschutz**  
 (ohne sek. Luftschall):

Ab ca. 35 m Abstand (grün)  
 zur Bahnlinie WA möglich

ab ca. 25 m Abstand (blau)  
 zur Bahnlinie MI möglich  
 WA erfordert Maßnahmen  
 (z. B. elastische Lagerung)

ab ca. 18 m Abstand (orange)  
 zur Bahnlinie MI und WA  
 mit Maßnahmen möglich

ab ca. 10 m Abstand (rot)  
 zur Bahnlinie MI  
 mit hohem Aufwand möglich

35 m  
 25 m  
 18 m  
 10 m



Maßstab 1:1000  
 (im Original)



BAUPHYSIK | AKUSTIK | SCHWINGUNGSTECHNIK  
 Nibelungenstraße 35, 95444 Bayreuth  
 Tel.: 0921/757430  
 email: info@ibas-mbh.de  
 1911394b02\_Anlage1.cna, 04.10.22

