



IMMISSIONSSCHUTZTECHNISCHES GUTACHTEN Erschütterungsschutz

Bebauungsplan für das Gesamtareal Campus Chiemgau an der
Güterhallenstraße der Stadt Traunstein

Messung, Prognose und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen
durch Schienenverkehr

Lage: Große Kreisstadt Traunstein
Landkreis Traunstein
Regierungsbezirk Oberbayern

Auftraggeber: Landkreis Traunstein
Papst-Benedikt-XVI.-Platz
83278 Traunstein

Projekt Nr.: TS-6096-02 / 6096-02_E01.docx
Umfang: 29 Seiten
Datum: 09.03.2023

Projektbearbeitung:
B. Eng. Daniel Landgraf

Qualitätssicherung:
Dipl.-Phys. Dörte Bange

Urheberrecht: Jede Art der Weitergabe, Vervielfältigung und Veröffentlichung – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung der Verfasser gestattet. Dieses Dokument wurde ausschließlich für den beschriebenen Zweck, das genannte Objekt und den Auftraggeber erstellt. Eine weitergehende Verwendung oder Übertragung auf andere Objekte ist ausgeschlossen. Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten.



Inhalt

1	Ausgangssituation	3
1.1	Vorhaben.....	3
1.2	Ortslage und Nachbarschaft.....	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen	6
3.1	Allgemeine Beurteilungsgrundlagen.....	6
3.2	Einstufung der Schutzbedürftigkeit	7
3.3	Subjektive Wahrnehmung	8
3.4	Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall.....	9
4	Erschütterungsmessungen	10
4.1	Wahl der Messpunkte	10
4.2	Messdurchführung	11
4.3	Auswertung der Messergebnisse.....	13
5	Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen und des sekundären Luftschalls	15
5.1	Vorgehensweise	15
5.2	Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren	16
5.3	Prognose des sekundären Luftschalls.....	19
6	Immissionsschutzfachliche Beurteilung.....	21
7	Zitierte Unterlagen	26
7.1	Literatur zum Lärmimmissionsschutz.....	26
7.2	Projektspezifische Unterlagen	26
8	Anhang	27
8.1	Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030.....	27
8.2	Messergebnisse.....	28



1 Ausgangssituation

1.1 Vorhaben

Mit der Aufstellung des Bebauungsplanes "Campus Chiemgau" beabsichtigt die Stadt Traunstein die Ausweisung eines Sondergebiets mit Mischnutzungen nach § 11 BauNVO zur Schaffung eines städtebaulichen Gesamtkonzeptes mit gemeinschaftlichen Nutzungen der Technischen Hochschule Rosenheim, der Handwerkskammer und der IHK Akademie. Zusätzlich sollen campusnahe Wohnungen für Lernende und Mitarbeitende ermöglicht werden /12,13,15/.

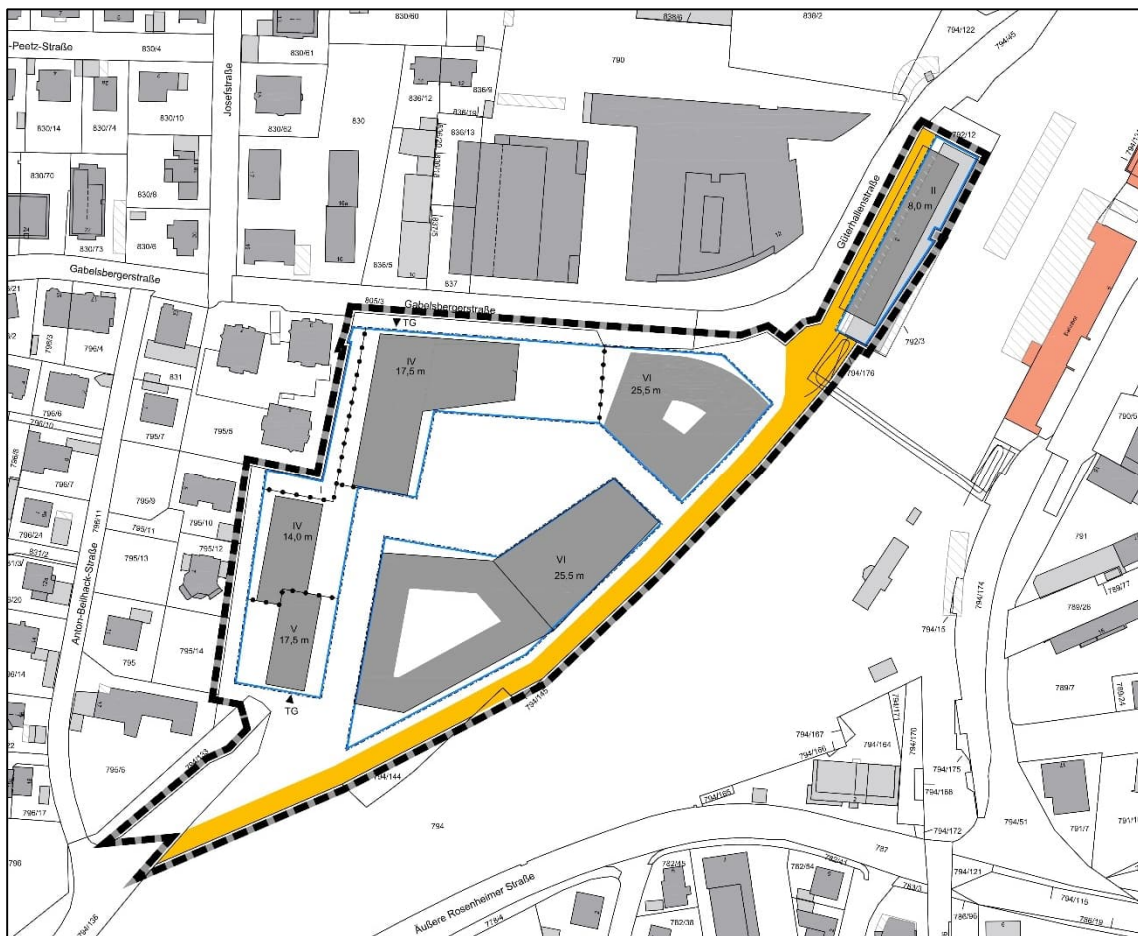


Abbildung 1: Planzeichnung des Bebauungsplanentwurfs /12/



1.2 Ortslage und Nachbarschaft

Der Geltungsbereich der Planung befindet sich unmittelbar südwestlich des Bahnhofs der Stadt Traunstein im Bereich der Güterhallenstraße. Unmittelbar nördlich des Planungsgebiets befinden sich Gebäude des Anette-Kolb-Gymnasiums. Weiter westlich befinden sich Wohnnutzungen an der Anton-Beilhack-Straße und der Gabelsbergstraße.

Auf den östlich gelegenen Bahngrundstücken befinden sich in aufsteigender Entfernung die folgenden Gleiskörper:

- o Bahnhofsgleise
- o eingleisige nicht elektrifizierte Bahnstrecke 5730 (Traunstein – Garching)
- o zweigleisige elektrifizierte Bahnstrecke 5703 (Rosenheim – Salzburg)
- o eingleisige, elektrifizierte Bahnstrecke 5733 (Traunstein – Ruhpolding)



Abbildung 2: Luftbild mit Kennzeichnung des geplanten Geltungsbereichs und der Bahnstrecken im Untersuchungsbereich



2 Aufgabenstellung

Ziel der Begutachtung ist es, die durch den Schienenverkehr auf den angrenzenden Bahnstrecken verursachten Erschütterungen nach den diesbezüglich einschlägigen Richtlinien und Regelwerken während repräsentativer Zeiträume messtechnisch/seismologisch festzustellen und zu dokumentieren.

Über eine Umrechnung der gewonnenen Messdaten auf die zu erwartenden Beurteilungsschwingstärken innerhalb künftig geplanter Gebäude und einen Vergleich mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 für die Erschütterungsbeurteilung soll der Nachweis geführt werden, dass keine Verletzungen des Anspruchs auf Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zu befürchten sind.



3 Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen

3.1 Allgemeine Beurteilungsgrundlagen

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

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

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 /2/)							
Zelle	Einwirkungsort	Tagzeit 6:00 bis 22:00 Uhr			Nachtzeit 22:00 bis 6:00 Uhr		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,6*	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,6*	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,6*	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,6*	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebiete-einteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

A_u : unterer Anhaltswert

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

A_r : Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken



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

- Für $KB_{F_{max}} \leq A_u$ sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

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

- Für $KB_{F_r} \leq A_r$ sind die Anforderungen der Norm eingehalten,
- für $KB_{F_r} > A_r$ sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

In Nr. 6.5.3.5 der Norm wird auf die spezielle Bedeutung des oberen Anhaltswerts A_o bei Erschütterungen durch Schienenverkehr eingegangen. Demnach ist bei einer seltenen Überschreitung $KB_{F_{max}} > A_o$ die Ursache emissionsseitig, also bei der entsprechenden Zugeinheit, zu erforschen und möglichst rasch zu beheben. Die Frage, ob die Anforderungen der Norm eingehalten sind, ist in diesem Fall nicht grundsätzlich zu verneinen. Diese Vorgehensweise ist nach Nr. 6.5.3.4 b) der Norm explizit auch für städtebauliche Planungen von Baugebieten anzuwenden.

3.2 Einstufung der Schutzbedürftigkeit

Die geplanten Festsetzungen im Bebauungsplan "Campus Chiemgau" der Stadt Traunstein sehen ein Sondergebiet nach § 11 BauNVO mit Mischnutzungen vor /15/. In Anbetracht der vorgesehenen Nutzungsstruktur wird den entstehenden Baukörpern für die Begutachtung zum Erschütterungsschutz die Schutzbedürftigkeit eines Mischgebiets nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1) zugestanden.



3.3 Subjektive Wahrnehmung

Zur Veranschaulichung der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungen wird auf die VDI-Richtlinie 2057 Blatt 3 /9/ verwiesen, welche den Wertebereich der bewerteten Schwingstärke K_{BF} in folgender Weise der Empfindung von Erschütterungen gegenübergestellt:

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

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



3.4 Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall

Werden durch Schienenverkehrserschütterungen im Inneren von Gebäuden Raumbegrenzungsflächen wie Wände und Decken in Schwingung versetzt, können Schallwellen im hörbaren Frequenzbereich abgestrahlt werden. Diese Geräuscheinwirkungen bezeichnet man als sekundären Luftschall. Sie sind grundsätzlich von Primärschalleinwirkungen, welche von der Geräuscentwicklung oberirdischer Schienenfahrzeuge ausgehen und unmittelbar als Luftschall übertragen werden, zu unterscheiden.

Für die Beurteilung von durch Schienenverkehrserschütterungen hervorgerufenen Einwirkungen durch sekundären Luftschall bestehen keine einschlägigen Rechtsvorschriften, Normen oder unmittelbar anwendbare technische Regelwerke.

Die Richtlinie Ril 820.2050 der Deutschen Bahn /6/ verweist diesbezüglich auf die gängige Verwaltungspraxis, nach der zur Bestimmung von zulässigen Innenraumpegeln aus verkehrsinduzierten Geräuschen auf die 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) /8/ zurückgegriffen werden kann. Aus den in der 24. BImSchV genannten Berechnungsgrundlagen, welche der Bestimmung der erforderlichen Luftschalldämmung der Außenbauteile in Abhängigkeit des Außenlärmpegels dienen, lassen sich die zumutbaren Innenraumpegel für schutzbedürftige Wohn- und Schlafräume wie folgt ableiten:

Zulässige Innenpegel (Mittelungspegel über den Beurteilungszeitraum) $L_{i,zul}$ [dB(A)]	
Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)	$L_{i,zul}$
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
Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)	$L_{i,zul}$
Schlafräume	30

Um den erforderlichen Schutzanspruch im Geltungsbereich zu sichern, wird für die Beurteilung der geplanten Büro- und Lehrräume (vgl. Kapitel 1.1) auf die strengere Anforderung an Wohnräume bzw. wissenschaftliche Arbeitsräume $L_{i,zul} = 40$ dB(A) abgestellt.

Anders als z.B. in den Beurteilungsrichtlinien der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1) wird nicht zwischen unterschiedlichen Gebietszuordnungen hinsichtlich der baulichen Nutzung unterschieden.

Analog zur Betrachtung der primären Luftschalleinwirkungen aus Schienenverkehr, welche z.B. beim Neubau von Verkehrswegen den Anforderungen der 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) /7/ unterliegen, erfolgt ausschließlich eine Beurteilung anhand von über den Beurteilungszeitraum gemittelten Beurteilungspegeln, nicht jedoch von kurzzeitig auftretenden Spitzenpegeln.



4 Erschütterungsmessungen

4.1 Wahl der Messpunkte

Entsprechend dem vorliegenden Bebauungskonzept können im östlichen Teil des Plangebietes Baukörper in einem Abstand von mindestens 30 Meter zur Gleisachse des nächstgelegenen Durchfahrtgleises der Strecke 5730 zu liegen kommen. Entsprechend wurden zur Erfassung der durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungseinwirkungen auf das Planungsgebiet zwei Freifeldmessungen an geeigneten Messpunkten (MP1 und MP2) entlang der südöstlichen Baugrenze des Bebauungsplanes durchgeführt. Die Positionen der Messpunkte können der Abbildung 3 entnommen werden.

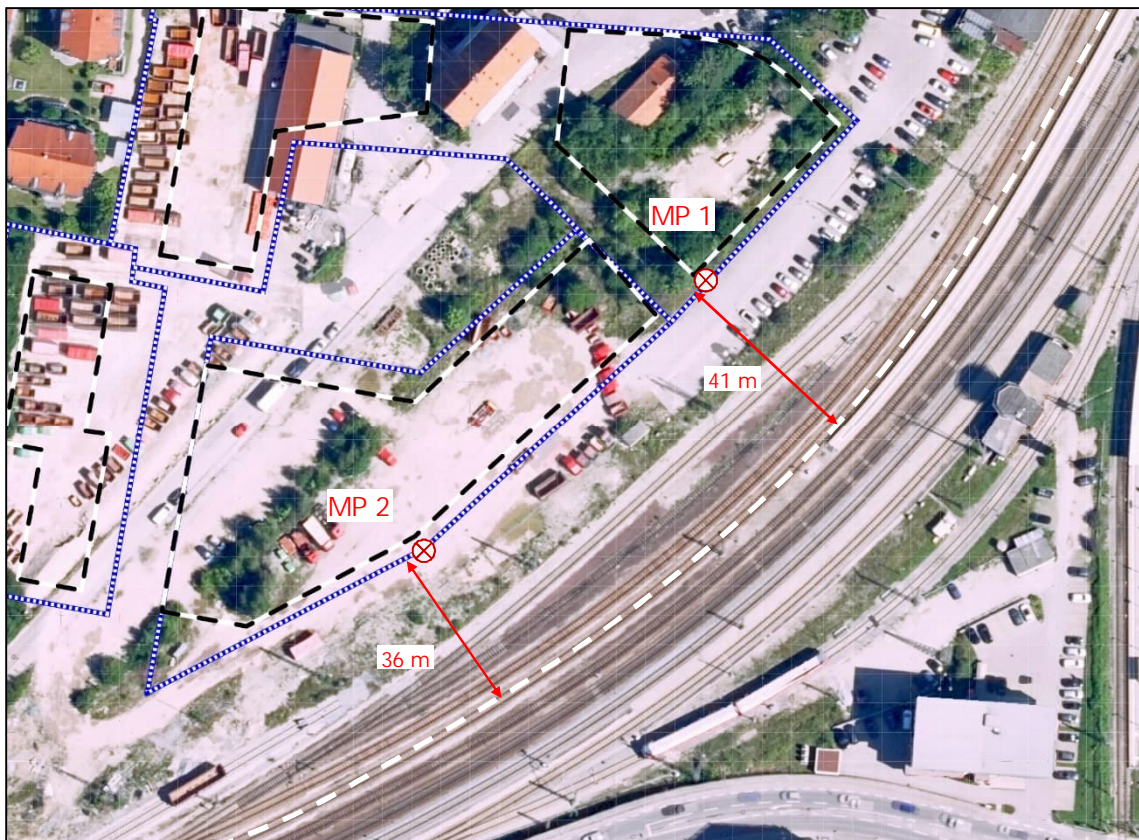


Abbildung 3: Lageplan mit Eintragung der Messpunkte



4.2 Messdurchführung

- Tag und Uhrzeit der Messung

Messbeginn: Dienstag, 17.05.2022 um 12:30 Uhr

Messende:..... Dienstag, 17.05.2022 um 17:45 Uhr

- Messpersonal

B. Eng. Daniel Landgraf (Hook & Partner Sachverständige)

- Messtechnik

- o Schwinggeschwindigkeitssensor nach DIN 45669-1 /3/:
Sinus Messtechnik 3D-Seismometer Typ 902220.3, Ser.Nr. 0503579
- o Messgerät (A/D-Wandlung und digitale Aufzeichnung):
Sinus Messtechnik Typ Soundbook MK2/8B-G, Ser.Nr. 07156
- o Mess- und Auswerteprogramm (Software): Sinus Messtechnik SAMURAI Version 3.0.1

- Messverfahren

Das Seismometer wurde an den ausgewählten Messorten mit einer dreibeinigen Ankopplungsvorrichtung gemäß Nr. 5.3.3 der DIN 45669-2 /4/ auf den asphaltierten (MP 1) oder stark verdichteten (MP 2) Untergrund aufgestellt. Gemäß den Auskünften des Auftraggebers /14/ befinden sich unter der Bodendeckschicht noch alte Gleisanlagen und Gleisoberbau.

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



Abbildung 4: Messaufbau am Messpunkt MP1



Abbildung 5: Messaufbau am Messpunkt MP2



4.3 Auswertung der Messergebnisse

Am Messpunkt MP 1 wurden während der Messzeit mit einer Dauer von 2:30 h insgesamt 22 Zugvorbeifahrten erfasst, davon 17 Züge des Personennah- und Fernverkehrs und fünf Güterzüge. Am Messpunkt MP2 wurden während der Messdauer von 2:35 h insgesamt 28 Zugvorbeifahrten erfasst, davon 19 Personennah- und Fernverkehrs- und neun Güterzüge.

In der Messdatenauswertung werden Regionalzüge und Intercityzüge ebenso wie Güterzüge mit Elektrolok und Diesellok zusammengefasst. Darüber hinaus werden Zugbewegungen auf der Bahnstrecke 5733 in der Messauswertung nicht herangezogen, da diese aufgrund des hohen Abstands keinen relevanten Erschütterungseintrag an den Messpunkten hervorriefen.

Die höchste gemessene bewertete Schwingstärke wurden am Messpunkt MP 1 während der Vorbeifahrt eines Güterzugs festgestellt und betrug $KB_{Fmax,MP1} = 0,060$. Am Messpunkt MP 2 verursachten Güterzüge und die Züge des Personenverkehrs eine gleiche maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax,MP2} = 0,079$.

Durch energetische Mittelung der gemessenen Schwingstärken aller Zugvorbeifahrten errechnen sich die Taktmaximal-Effektivwerte an den verschiedenen Messpunkten für die erfassten Zugklassen wie folgt:

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und gemittelter Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}						
Messort	Messzeitraum	Messdauer	Zugklasse	Vorbeifahrten	KB_{Fmax}	KB_{FTm}
MP1 17.05.2022	12:30 bis 15:00 Uhr	2 h 30 min	GZ	5	0,060	0,038
			RV	17	0,048	0,034
MP2 17.05.2022	15:10 bis 17:45 Uhr	2 h 35 min	GZ	9	0,079	0,051
			RV	19	0,079	0,055

GZ:..... Güterzug

RV:..... Personenzug (Regionalzug und Intercity)

KB_{Fmax} :..... maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTm} : energetisch gemittelter Taktmaximal-Effektivwert



Einen Überblick über die Frequenzzusammensetzung der energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} der erfassten Zugklassen geben die folgenden Tabellen:

MP 1, Terzspektrum des energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerts KB_{FTm}														
Zug- klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]													
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
GZ	2E-03	2E-03	0,002	3E-03	0,004	0,009	0,008	0,012	0,017	0,024	0,010	0,009	0,007	0,004
RV	6E-04	7E-04	1E-03	1E-03	5E-03	0,009	0,009	0,010	0,013	0,015	0,010	0,012	0,013	0,006

MP 2, Terzspektrum des energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerts KB_{FTm}														
Zug- klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]													
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
GZ	1E-03	1E-03	0,003	3E-03	0,006	0,009	0,007	0,015	0,020	0,031	0,014	0,024	0,009	0,006
RV	8E-04	4E-04	7E-04	1E-03	5E-03	0,014	0,013	0,014	0,026	0,032	0,018	0,019	0,007	0,007

RV: Personenzug (Regionalzug und Intercity)

GZ: Güterzug



5 Prognose der im Gebäudeinneren zu erwartenden Erschütterungen und des sekundären Luftschalls

5.1 Vorgehensweise

Auf Grundlage der Messergebnisse erfolgen zwei Prognoseberechnungen der zu erwartenden Schwingstärken in den Obergeschossen eines möglichen Baukörpers entlang der im Entwurf zum Bebauungsplan "Campus Chiemgau" eingetragenen Baugrenzen. Die Ostfassade kann dabei in einer Entfernung ca. 41 m (Messpunkt MP 1) bzw. ca. 36 m (Messpunkt MP 2) zur Gleisachse des nächstgelegenen Durchfahrtsgleises der Strecke 5730 zu liegen kommen.

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

Im vorliegenden Fall erfolgt die Berechnung der Schwingungsübertragung anhand des in der VDI-Richtlinie 3837 /10/ beschriebenen spektralen Prognoseverfahrens, welches den Ausbreitungsweg von schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen in Teilsysteme mit unabhängigen Übertragungsfunktionen zerlegt. Für die Prognose des Übergangs der Erschütterungen vom Erdreich auf die oberen Geschossdecken wird auf die Planungsempfehlung in /6/ zurückgegriffen, welche Angaben zu empirisch ermittelten gebäude-spezifischen Übertragungsfaktoren für Wohnhäuser enthält. Diese Faktoren berücksichtigen in Abhängigkeit der Bauweise der Geschossdecken (hier: Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken) eine mögliche Resonanzüberhöhung mit Terzmittelfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz.



5.2 Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren

Die an den Messpunkten ermittelte maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} = 0,079$ (vgl. Kapitel 4.3) unterschreitet den zur Nachtzeit geltenden unteren Anhaltswert $A_u = 0,15$ nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1). Dennoch kann aufgrund einer möglichen Verstärkung durch Resonanzüberhöhungen nicht ausgeschlossen werden, dass in den Obergeschossen des zu errichtenden Baukörpers der untere Anhaltswert überschritten wird. Dem Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 folgend ist in diesem Fall die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen (vgl. Kapitel 3.1).

Unter Beachtung der frequenzabhängigen Übertragung der Erschütterungen vom Freifeld auf das Fundament und in weiterer Folge auf die oberen Geschossdecken (vgl. Kapitel 5.1) wird zunächst der an einem Einwirkungsort im Gebäudeinneren zu erwartende Taktmaximal-Effektivwert $KB_{Ftm,P}$ getrennt für die erfassten Zugklassen prognostiziert. Darauf aufbauend wird anhand der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030 /11/ die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} getrennt für die Tag- und Nachtzeit bestimmt.

Gemäß den Angaben der Deutschen Bahn sollen auf den Bahnstrecken im Untersuchungsbereich zukünftig Güterzüge, Züge des Regionalverkehrs und Intercityzüge verkehren. Insgesamt ist in einem Zeitraum von 24 h mit 201 Zugvorbeifahrten zur Tagzeit (davon 27 Güterzüge) und 29 Vorbeifahrten zur Nachtzeit (davon 5 Güterzüge) zu rechnen (vgl. Kapitel 8.1). In der Prognose werden dabei zur Sicherheit auch die Zugvorbeifahrten der weit entfernten Strecke 7533 mit den gemessenen Emissionen der näheren Vorbeifahrten angesetzt.

Bereits in der Messdatenauswertung wurden Regionalzüge und Intercityzüge zusammengefasst (vgl. Kapitel 4.3).

In den folgenden Tabellen sind die prognostizierten bewerteten Schwingstärken in Abhängigkeit des Deckenaufbaus und der berücksichtigten Deckenresonanzfrequenz für beide Messpunkte zusammengefasst. Angegeben sind jeweils der Prognosewert des Taktmaximal-Effektivwerts $KB_{Ftm,P}$ sowie die resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} für die Tag- und Nachtzeit.



MP1, Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärke						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					201	29
Variante	Decken- aufbau	f_0 [Hz]	GZ $KB_{FTm,P}$	RV $KB_{FTm,P}$	$KB_{FT,T}$	$KB_{FT,N}$
MP1-B-8	Betondecke	8	0,034	0,027	0,009	0,005
MP1-B-10		10	0,042	0,040	0,013	0,007
MP1-B-12,5		12,5	0,060	0,061	0,020	0,011
MP1-B-16		16	0,061	0,062	0,020	0,011
MP1-B-20		20	0,072	0,060	0,020	0,011
MP1-B-25		25	0,080	0,062	0,021	0,011
MP1-B-32		31,5	0,082	0,058	0,020	0,011
MP1-B-40		40	0,058	0,050	0,017	0,009
MP1-B-50		50	0,048	0,051	0,016	0,009
MP1-B-63		62,5	0,044	0,051	0,016	0,009
MP1-B-80		80	0,038	0,040	0,013	0,007
MP-H-8	Holzbalken- decke	8	0,045	0,034	0,011	0,006
MP-H-10		10	0,061	0,061	0,020	0,011
MP-H-12,5		12,5	0,081	0,085	0,027	0,015
MP-H-16		16	0,075	0,074	0,024	0,013
MP-H-20		20	0,087	0,072	0,024	0,013
MP-H-25		25	0,093	0,072	0,024	0,013
MP-H-31,5		31,5	0,091	0,066	0,023	0,012
MP-H-40		40	0,071	0,060	0,020	0,011
MP-H-50		50	0,061	0,061	0,020	0,011
MP-H-62,5		62,5	0,055	0,060	0,019	0,010
MP-H-80		80	0,049	0,049	0,016	0,009

Tagzeit:..... 6:00 bis 22:00 Uhr

Nachtzeit:..... 22:00 bis 6:00 Uhr

f_0 : Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

GZ: Güterzug

RV: Personenzug (Regionalzug und Intercity)

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

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

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



MP2, Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärke						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					201	29
Variante	Decken- aufbau	f_0 [Hz]	GZ KB _{FTm,P}	RV KB _{FTm,P}	KB _{FTt,T}	KB _{FTt,N}
MP1-B-8	Betondecke	8	0,041	0,042	0,014	0,007
MP1-B-10		10	0,055	0,056	0,018	0,010
MP1-B-12,5		12,5	0,068	0,092	0,029	0,015
MP1-B-16		16	0,069	0,093	0,029	0,016
MP1-B-20		20	0,089	0,095	0,031	0,016
MP1-B-25		25	0,098	0,118	0,037	0,020
MP1-B-32		31,5	0,105	0,112	0,036	0,019
MP1-B-40		40	0,081	0,089	0,028	0,015
MP1-B-50		50	0,087	0,081	0,027	0,014
MP1-B-63		62,5	0,064	0,063	0,020	0,011
MP1-B-80		80	0,053	0,057	0,018	0,010
MP-H-8	Holzbalken- decke	8	0,050	0,046	0,015	0,008
MP-H-10		10	0,079	0,078	0,025	0,014
MP-H-12,5		12,5	0,090	0,125	0,039	0,021
MP-H-16		16	0,085	0,113	0,036	0,019
MP-H-20		20	0,106	0,117	0,037	0,020
MP-H-25		25	0,114	0,136	0,043	0,023
MP-H-31,5		31,5	0,117	0,126	0,040	0,022
MP-H-40		40	0,098	0,107	0,034	0,018
MP-H-50		50	0,101	0,098	0,032	0,017
MP-H-62,5		62,5	0,081	0,081	0,026	0,014
MP-H-80		80	0,069	0,072	0,014	0,007

Tagzeit:..... 6:00 bis 22:00 Uhr

Nachtzeit:..... 22:00 bis 6:00 Uhr

f_0 : Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

GZ: Güterzug

RV: Personenzug (Regionalzug und Intercity)

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

KB_{FTt,T}: Beurteilungs-Schwingstärke, Tagzeit

KB_{FTt,N}: Beurteilungs-Schwingstärke, Nachtzeit



5.3 Prognose des sekundären Luftschalls

Zur Ermittlung der zu erwartenden Immissionen durch sekundären Luftschall wird auf die in Abhängigkeit der möglichen Überhöhungen durch Deckenresonanzen prognostizierten Werte der Schwinggeschwindigkeit zurückgegriffen, vgl. Kapitel 5.2. Darauf aufbauend wird der jeweilige A-bewertete sekundäre Luftschallpegel $L_{sek,A}$ für eine Zugvorbeifahrt gemäß den in /6/ angegebenen Berechnungsvorschriften ermittelt. In weiterer Folge werden in Abhängigkeit der zur Tag- und Nachtzeit im Prognosejahr 2030 zu erwartenden Zugzahlen die Beurteilungspegel $L_{m,Tag}$ und $L_{m,Nacht}$ für die entsprechenden Beurteilungszeiträume gebildet.

MP1, Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					201	29
Variante	Deckenaufbau	f_0 [Hz]	GZ $L_{sek,A}$	RV $L_{sek,A}$	$L_{m,Tag}$	$L_{m,Nacht}$
MP1-B-8	Betondecke	8	26,9	28,1	18,2	12,7
MP1-B-10		10	27,2	28,4	18,4	13,0
MP1-B-12,5		12,5	27,6	28,8	18,9	13,4
MP1-B-16		16	28,0	29,2	19,2	13,8
MP1-B-20		20	28,9	29,9	20,0	14,6
MP1-B-25		25	30,2	30,8	20,9	15,5
MP1-B-32		31,5	31,5	31,4	21,6	16,2
MP1-B-40		40	31,3	32,2	22,3	16,8
MP1-B-50		50	32,1	33,8	23,8	18,3
MP1-B-63		62,5	33,0	35,2	25,2	19,7
MP1-B-80		80	32,9	34,5	24,5	19,1
MP-H-8		Holzbalkendecke	8	28,4	29,5	19,6
MP-H-10	10		28,5	29,5	19,6	14,2
MP-H-12,5	12,5		29,0	29,9	20,0	14,5
MP-H-16	16		29,7	30,3	20,5	15,0
MP-H-20	20		30,6	31,0	21,1	15,7
MP-H-25	25		31,6	31,8	22,0	16,6
MP-H-31,5	31,5		32,5	32,6	22,7	17,4
MP-H-40	40		32,7	33,4	23,5	18,1
MP-H-50	50		33,3	34,5	24,6	19,1
MP-H-62,5	62,5		33,9	35,5	25,5	20,1
MP-H-80	80		33,8	35,1	25,2	19,7

Tagzeit:..... 6:00 bis 22:00 Uhr

Nachtzeit:..... 22:00 bis 6:00 Uhr

f_0 : Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

GZ: Güterzug

RV: Personenzug (Regionalzug und Intercity)

$L_{sek,A}$: A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel

$L_{m,Tag}$: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

$L_{m,Nacht}$: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]



MP2, Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					201	29
Variante	Deckenaufbau	f ₀ [Hz]	GZ L _{sek,A}	RV L _{sek,A}	L _{m,Tag}	L _{m,Nacht}
MP1-B-8	Betondecke	8	30,6	30,7	20,8	15,4
MP1-B-10		10	30,8	30,8	21,0	15,6
MP1-B-12,5		12,5	31,0	31,0	21,2	15,8
MP1-B-16		16	31,4	31,4	21,6	16,2
MP1-B-20		20	32,2	32,2	22,4	17,0
MP1-B-25		25	33,1	33,3	23,4	18,0
MP1-B-32		31,5	34,0	34,1	24,3	18,9
MP1-B-40		40	34,6	34,7	24,9	19,5
MP1-B-50		50	36,3	35,6	25,9	20,6
MP1-B-63		62,5	35,5	35,2	25,4	20,1
MP1-B-80		80	35,9	36,3	26,5	21,1
MP-H-8	Holzbalkendecke	8	31,4	31,4	21,6	16,2
MP-H-10		10	31,4	31,5	21,7	16,3
MP-H-12,5		12,5	31,8	31,8	22,0	16,6
MP-H-16		16	32,2	32,3	22,5	17,1
MP-H-20		20	32,9	32,9	23,1	17,7
MP-H-25		25	33,7	33,9	24,1	18,7
MP-H-31,5		31,5	34,6	34,6	24,8	19,4
MP-H-40		40	35,1	35,1	25,3	19,9
MP-H-50		50	36,3	35,9	26,2	20,8
MP-H-62,5		62,5	36,1	35,9	26,1	20,7
MP-H-80		80	36,4	36,6	26,8	21,4

Tagzeit: 6:00 bis 22:00 Uhr

Nachtzeit: 22:00 bis 6:00 Uhr

f₀: Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

GZ: Güterzug

RV: Personenzug (Regionalzug und Intercity)

L_{sek,A}: A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel

L_{m,Tag}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

L_{m,Nacht}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]



6 Immissionsschutzfachliche Beurteilung

Zur Beurteilung der Erschütterungen, die der Schienenverkehr auf den östlich angrenzenden Bahnstrecken im geplanten Geltungsbereich des Bebauungsplans "Campus Chiemgau" der Stadt Traunstein verursacht, wurden im Planungsgebiet an zwei Messpunkten in 36 m und 41 m Entfernung zur Gleisachse des nächstgelegenen Durchfahrts-gleises Freifeldmessungen der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ in vertikaler Raumrichtung durchgeführt.

Die im Gebäudeinneren möglicher entstehender Baukörper zu erwartenden Schwingstärken wurden auf Grundlage der Messergebnisse mittels einer Modellrechnung prognostiziert, welche die frequenzabhängige Schwingungsübertragung vom Freifeld auf die oberen Geschossdecken berücksichtigt. Mögliche Resonanzüberhöhungen der Geschossdecken gingen als Varianten mit Terzmittenfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz in die Berechnung ein (vgl. Kapitel 5).

Zur Überprüfung der Anforderungen der Norm DIN 4150-2 /2/, welche die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden behandelt, werden die auf Basis der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030 ermittelten Prognosewerte der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} für die Tag- und Nachtzeit mit den in Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerten A_r für Einwirkungsorte mit der Schutzbedürftigkeit eines Mischgebiets verglichen (vgl. Beurteilungsübersicht I).

Die Bedingung $KB_{FT} \leq A_r$ wird zur Tag- und Nachtzeit bei sämtlichen prognostizierten Varianten an beiden Messpunkten – unter den während den Messungen vor Ort gegebenen Bodenbedingungen (alte Gleisanlagen unter der Deckschicht) und unter Voraussetzung einer gleichbleibenden Schwingungsausbreitung über das Grundstück – erfüllt, das heißt, die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 sind eingehalten.

Für jede der in Abhängigkeit möglicher Deckenresonanzüberhöhungen ermittelten Berechnungsvarianten wurde zudem für beide Messpunkte die Geräuschbelastung durch sekundären Luftschall prognostiziert (vgl. Kapitel 5.3). Im Ergebnis werden die aus den Vorgaben der 24. BImSchV /8/ abgeleiteten zulässigen Innenpegel (vgl. Kapitel 3.4) von den ermittelten Beurteilungspegeln für sekundären Luftschall tagsüber um mindestens 13 dB(A) sowie nachts um mindestens 8 dB(A) unterschritten (vgl. Beurteilungsübersicht II).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass im Inneren der geplanten Baukörper bei fachgerechter Bauausführung in Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken – unter der Annahme einer gleichbleibenden Schwingungsausbreitung über das Planungsgebiet und unter den während den Messungen vor Ort gegebenen Bodenbedingungen (alte Gleisanlagen unter der Deckschicht) – keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen bzw. durch sekundären Luftschall aufgrund des Schienenverkehrs auf den angrenzenden Bahnstrecken zu erwarten sind.



Beurteilungsübersicht I: Vergleich der Beurteilungs-Schwingstärken mit den Anhaltswerten nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150-2

MP 1 / Bauweise mit Geschossdecken aus Beton								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FT,r,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FT,r,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-B-8	0,009	0,10	9%	Ja	0,005	0,07	7%	Ja
MP-B-10	0,013		13%	Ja	0,007		10%	Ja
MP-B-12,5	0,020		20%	Ja	0,011		15%	Ja
MP-B-16	0,020		20%	Ja	0,011		15%	Ja
MP-B-20	0,020		20%	Ja	0,011		16%	Ja
MP-B-25	0,021		21%	Ja	0,011		16%	Ja
MP-B-31,5	0,020		20%	Ja	0,011		16%	Ja
MP-B-40	0,017		17%	Ja	0,009		13%	Ja
MP-B-50	0,016		16%	Ja	0,009		13%	Ja
MP-B-62,5	0,016		16%	Ja	0,009		12%	Ja
MP-B-80	0,013		13%	Ja	0,007		10%	Ja

MP 1 / Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FT,r,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FT,r,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-H-8	0,011	0,10	11%	Ja	0,006	0,07	9%	Ja
MP-H-10	0,020		20%	Ja	0,011		15%	Ja
MP-H-12,5	0,027		27%	Ja	0,015		21%	Ja
MP-H-16	0,024		24%	Ja	0,013		18%	Ja
MP-H-20	0,024		24%	Ja	0,013		19%	Ja
MP-H-25	0,024		24%	Ja	0,013		19%	Ja
MP-H-31,5	0,023		23%	Ja	0,012		18%	Ja
MP-H-40	0,020		20%	Ja	0,011		15%	Ja
MP-H-50	0,020		20%	Ja	0,011		15%	Ja
MP-H-62,5	0,019		19%	Ja	0,010		15%	Ja
MP-H-80	0,016		16%	Ja	0,009		12%	Ja

Variante: Berechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

KB_{FT,r,T}: Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Tagzeit

KB_{FT,r,N}: Beurteilungs-Schwingstärke, Prognosewert für die Nachtzeit

A_r: Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken

k: Ausschöpfung des Anhaltswerts A_r durch die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT,r} [%]



MP 2 / Bauweise mit Geschossdecken aus Beton								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FTr,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FTr,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-B-8	0,014	0,10	14%	Ja	0,007	0,07	10%	Ja
MP-B-10	0,018		18%	Ja	0,010		14%	Ja
MP-B-12,5	0,029		29%	Ja	0,015		22%	Ja
MP-B-16	0,029		29%	Ja	0,016		22%	Ja
MP-B-20	0,031		31%	Ja	0,016		23%	Ja
MP-B-25	0,037		37%	Ja	0,020		28%	Ja
MP-B-31,5	0,036		36%	Ja	0,019		28%	Ja
MP-B-40	0,028		28%	Ja	0,015		22%	Ja
MP-B-50	0,027		27%	Ja	0,014		20%	Ja
MP-B-62,5	0,020		20%	Ja	0,011		16%	Ja
MP-B-80	0,018		18%	Ja	0,010		14%	Ja

MP 2 / Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken								
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)				Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)			
	KB _{FTr,T}	A _r	k	Einhaltung	KB _{FTr,N}	A _r	k	Einhaltung
MP-H-8	0,015	0,10	15%	Ja	0,008	0,07	12%	Ja
MP-H-10	0,025		25%	Ja	0,014		19%	Ja
MP-H-12,5	0,039		39%	Ja	0,021		30%	Ja
MP-H-16	0,036		36%	Ja	0,019		27%	Ja
MP-H-20	0,037		37%	Ja	0,020		29%	Ja
MP-H-25	0,043		43%	Ja	0,023		33%	Ja
MP-H-31,5	0,040		40%	Ja	0,022		31%	Ja
MP-H-40	0,034		34%	Ja	0,018		26%	Ja
MP-H-50	0,032		32%	Ja	0,017		24%	Ja
MP-H-62,5	0,026		26%	Ja	0,014		20%	Ja
MP-H-80	0,023		23%	Ja	0,012		18%	Ja

Variante: Berechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

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

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

A_r: Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken

k: Ausschöpfung des Anhaltswerts A_r durch die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} [%]



Beurteilungsübersicht II: Vergleich der Beurteilungspegel für sekundären Luftschall mit den aus der 24. BImSchV abgeleiteten zulässigen Innenraumpegeln [dB(A)]

MP 1 / Bauweise mit Geschossdecken aus Beton						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-B-8	18,2	40	-21,8	12,7	30	-17,3
MP-B-10	18,4		-21,6	13,0		-17,0
MP-B-12,5	18,9		-21,1	13,4		-16,6
MP-B-16	19,2		-20,8	13,8		-16,2
MP-B-20	20,0		-20,0	14,6		-15,4
MP-B-25	20,9		-19,1	15,5		-14,5
MP-B-31,5	21,6		-18,4	16,2		-13,8
MP-B-40	22,3		-17,7	16,8		-13,2
MP-B-50	23,8		-16,2	18,3		-11,7
MP-B-62,5	25,2		-14,8	19,7		-10,3
MP-B-80	24,5		-15,5	19,1		-10,9

MP 1 / Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-H-8	19,6	40	-20,4	14,1	30	-15,9
MP-H-10	19,6		-20,4	14,2		-15,8
MP-H-12,5	20,0		-20,0	14,5		-15,5
MP-H-16	20,5		-19,5	15,0		-15,0
MP-H-20	21,1		-18,9	15,7		-14,3
MP-H-25	22,0		-18,0	16,6		-13,4
MP-H-31,5	22,7		-17,3	17,4		-12,6
MP-H-40	23,5		-16,5	18,1		-11,9
MP-H-50	24,6		-15,4	19,1		-10,9
MP-H-62,5	25,5		-14,5	20,1		-9,9
MP-H-80	25,2		-14,8	19,7		-10,3

Variante: Berechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

L_{m,Tag}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

L_{m,Nacht}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]

L_{i,zul}: zulässiger Innenpegel [dB(A)]



MP 2 / Bauweise mit Geschossdecken aus Beton						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-B-8	20,8	40	-19,2	15,4	30	-14,6
MP-B-10	21,0		-19,0	15,6		-14,4
MP-B-12,5	21,2		-18,8	15,8		-14,2
MP-B-16	21,6		-18,4	16,2		-13,8
MP-B-20	22,4		-17,6	17,0		-13,0
MP-B-25	23,4		-16,6	18,0		-12,0
MP-B-31,5	24,3		-15,7	18,9		-11,1
MP-B-40	24,9		-15,1	19,5		-10,5
MP-B-50	25,9		-14,1	20,6		-9,4
MP-B-62,5	25,4		-14,6	20,1		-9,9
MP-B-80	26,5		-13,5	21,1		-8,9

MP 2 / Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken						
Variante	Tagzeit (6:00 bis 22:00 Uhr)			Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)		
	L _{m,Tag}	L _{i,zul}	Einhaltung	L _{m,Nacht}	L _{i,zul}	Einhaltung
MP-H-8	21,6	40	-18,4	16,2	30	-13,8
MP-H-10	21,7		-18,3	16,3		-13,7
MP-H-12,5	22,0		-18,0	16,6		-13,4
MP-H-16	22,5		-17,5	17,1		-12,9
MP-H-20	23,1		-16,9	17,7		-12,3
MP-H-25	24,1		-15,9	18,7		-11,3
MP-H-31,5	24,8		-15,2	19,4		-10,6
MP-H-40	25,3		-14,7	19,9		-10,1
MP-H-50	26,2		-13,8	20,8		-9,2
MP-H-62,5	26,1		-13,9	20,7		-9,3
MP-H-80	26,8		-13,2	21,4		-8,6

Variante: Berechnungsvariante (vgl. Kapitel 5)

L_{m,Tag}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Tagzeit [dB(A)]

L_{m,Nacht}: Beurteilungspegel für sekundären Luftschall, Nachtzeit [dB(A)]

L_{i,zul}: zulässiger Innenpegel [dB(A)]



7 Zitierte Unterlagen

7.1 Literatur zum Lärmimmissionsschutz

1. DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, 2001
2. DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999
3. DIN 45669-1, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfungen, 2019
4. DIN 45669-2, Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, 2005
5. "Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs – Prognose und Schutzmaßnahmen", Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1995
6. Richtlinie 820.2050, "Erschütterungen und sekundärer Luftschall", DB Netz AG, 2017
7. Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12.06.1990
8. Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 04.02.1997
9. VDI-Richtlinie 2057 Blatt 3, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden, 2012
10. VDI-Richtlinie 3837, Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, 2013

7.2 Projektspezifische Unterlagen

11. Verkehrsdaten für die Bahnstrecken 5703, 5730 und 5733 (Abschnitt Traunstein, Prognosejahr 2030), E-Mail vom 03.06.2021, Deutsche Bahn AG – Verkehrsdatenmanagement, Berlin
12. Bebauungsplan "Campus Chiemgau" der Stadt Traunstein, Entwurf vom 13.01.2022, Planungsgruppe Strasser GmbH, Traunstein
13. "Städtebauliches Gesamtkonzept Campus Chiemgau", Projektpräsentation, per E-Mail erhalten am 28.01.2022, Hr. Bobik (Landratsamt Traunstein), Traunstein
14. Ortstermin mit Projektbesprechung und Durchführung von Erschütterungsmessungen am 17.05.2022 in Traunstein, Teilnehmer: Hr. B. Eng. D. Landgraf (Hook & Partner Sachverständige) und Hr. Bobik (Landratsamt Traunstein)
15. "CCT Campus Chiemgau – Abstimmung B-Plan", Aktennotiz zu Besprechungstermin am 14.10.2022, per E-Mail erhalten am 17.10.2022, Fr. Rapp, ATP Nürnberg Planungs GmbH, Nürnberg



8 Anhang

8.1 Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030

Schienenverkehrsaufkommen auf den Bahnstrecken 5703, 5730 und 5733 im Untersuchungsbereich im Prognosejahr 2030 gemäß den Angaben der Deutschen Bahn /11/:

Strecke 5703 Prognosejahr 2030				
Zugtyp		$n_{i,Tag}$	$n_{i,Nacht}$	V_{max}
1. Güterzug, Traktion mit Elektrolok	GZ-E	27	5	100
2. Intercityzug, Traktion mit Elektrolok	IC-E	46	4	200
3. Elektrotriebzug des Regionalverkehrs	RV-ET	64	8	160
Summe beider Richtungen		137	17	

Strecke 5730 Prognosejahr 2030				
Zugtyp		$n_{i,Tag}$	$n_{i,Nacht}$	V_{max}
1. Dieseltriebzug des Regionalverkehrs	RV-VT	32	6	200
Summe beider Richtungen		32	6	

Strecke 5733 Prognosejahr 2030				
Zugtyp		$n_{i,Tag}$	$n_{i,Nacht}$	V_{max}
1. Elektrotriebzug des Regionalverkehrs	RB-ET	32	6	160
Summe beider Richtungen		32	6	

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

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

V_{max} : Höchstgeschwindigkeit [km/h]



8.2 Messergebnisse

Frequenzabhängige KB_{FTI} -Werte der erfassten Zugvorbeifahrten, Strecken 5730 und 5703 / MP 1																	
Nr.	Uhrzeit	Zug- klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]														KB_{FTI}
			4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	62,5	80	
1	12:28:30	IC-E	2E-4	2E-4	0,001	0,001	0,005	0,012	0,013	0,013	0,017	0,019	0,012	0,007	0,015	0,011	0,041
2	12:55:50	GZ-E	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,013	0,010	0,010	0,022	0,020	0,007	0,007	0,009	0,006	0,060
3	12:58:22	RV	2E-4	3E-4	0,001	0,001	0,002	0,004	0,008	0,011	0,011	0,013	0,019	0,029	0,024	0,006	0,048
4	13:10:32	GZ-E	4E-4	0,001	0,001	0,002	0,004	0,007	0,004	0,010	0,008	0,033	0,007	0,006	0,003	0,002	0,038
5	13:14:48	RV	4E-4	3E-4	4E-4	0,001	0,002	0,003	0,005	0,010	0,015	0,004	0,004	0,003	0,002	0,001	0,020
6	13:16:49	RV	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,007	0,009	0,009	0,011	0,022	0,009	0,006	0,006	0,004	0,032
7	13:22:41	GZ-E	0,004	0,003	0,005	0,005	0,005	0,007	0,005	0,011	0,010	0,033	0,006	0,006	0,003	0,002	0,040
8	13:24:20	RV	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,009	0,008	0,009	0,009	0,006	0,007	0,003	0,021
9	13:27:26	RV	2E-4	2E-4	3E-4	0,001	0,001	0,002	0,005	0,005	0,005	0,008	0,007	0,005	0,006	0,004	0,016
10	13:41:25	GZ-VT	4E-4	5E-4	0,001	0,001	0,003	0,008	0,011	0,015	0,017	0,016	0,019	0,015	0,011	0,006	0,042
11	13:44:02	RV	1E-4	2E-4	0,001	0,002	0,005	0,013	0,008	0,008	0,014	0,019	0,008	0,007	0,007	0,004	0,033
12	14:01:14	RV	2E-4	3E-4	0,001	0,003	0,011	0,019	0,012	0,010	0,018	0,025	0,009	0,008	0,009	0,008	0,045
13	14:10:08	RV	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,007	0,012	0,012	0,016	0,013	0,021	0,019	0,005	0,040
14	14:14:05	RV	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,008	0,011	0,011	0,012	0,013	0,017	0,021	0,009	0,038
15	14:16:50	RV	1E-4	3E-4	0,001	0,001	0,001	0,005	0,009	0,011	0,014	0,015	0,012	0,017	0,016	0,008	0,037
16	14:17:58	RV	3E-4	3E-4	0,001	0,003	0,010	0,017	0,010	0,011	0,015	0,023	0,009	0,008	0,009	0,005	0,040
17	14:21:40	RV	1E-4	1E-4	2E-4	3E-4	0,001	0,003	0,008	0,006	0,006	0,010	0,008	0,007	0,012	0,005	0,023
18	14:37:38	GZ-E	2E-4	3E-4	0,001	0,003	0,005	0,007	0,005	0,015	0,023	0,007	0,004	0,004	0,006	0,004	0,032
19	14:42:11	RV	1E-4	2E-4	4E-4	4E-4	0,003	0,005	0,005	0,010	0,016	0,009	0,007	0,003	0,005	0,002	0,024
20	14:46:23	RV	2E-4	2E-4	0,001	0,001	0,003	0,006	0,004	0,004	0,021	0,007	0,005	0,005	0,003	0,002	0,025
21	14:48:07	RV	2E-4	2E-4	0,001	0,002	0,004	0,011	0,007	0,008	0,012	0,014	0,008	0,007	0,005	0,005	0,028
22	14:55:52	RV	2E-4	3E-4	5E-4	0,001	0,004	0,013	0,015	0,017	0,009	0,011	0,009	0,011	0,018	0,009	0,039

GZ-E: Güterzug, Traktion mit Elektrolok

GZ-VT: Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV: Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder Elektro- bzw. Dieseltriebzug

IC-E: Intercity (Traktion mit Elektrolok)

KB_{FTI} : Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke



Frequenzabhängige K_{Bf} -Werte der erfassten Zugvorbeifahrten, Strecken 5730 und 5703 / MP 2																	
Nr.	Uhrzeit	Zug- klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]														K_{BfII}
			4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	62,5	80	
1	15:12:15	GZ-E	0,001	0,001	0,001	0,003	0,012	0,018	0,008	0,026	0,033	0,042	0,017	0,017	0,011	0,005	0,069
2	15:20:11	RV	1E-4	1E-4	2E-4	0,001	0,004	0,019	0,018	0,025	0,024	0,037	0,032	0,041	0,012	0,010	0,079
3	15:22:53	RV	4E-4	4E-4	0,001	0,001	0,002	0,006	0,007	0,010	0,037	0,012	0,015	0,011	0,004	0,003	0,045
4	15:23:35	RV-E	1E-4	3E-4	5E-4	0,002	0,008	0,022	0,016	0,016	0,036	0,052	0,018	0,017	0,009	0,010	0,077
5	15:28:51	GZ-E	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,006	0,004	0,016	0,018	0,028	0,014	0,009	0,004	0,004	0,042
6	15:48:29	RV	2E-4	3E-4	5E-4	0,001	0,003	0,011	0,006	0,008	0,021	0,025	0,013	0,008	0,006	0,010	0,041
7	15:53:40	GZ-E	0,001	0,001	0,002	0,003	0,010	0,014	0,016	0,013	0,027	0,038	0,014	0,011	0,005	0,007	0,057
8	16:03:37	GZ-E	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,006	0,005	0,006	0,021	0,020	0,018	0,012	0,006	0,006	0,038
9	16:07:42	GZ-E	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	0,022	0,016	0,021	0,017	0,015	0,013	0,007	0,045
10	16:10:27	RV	1E-4	2E-4	2E-4	4E-4	0,002	0,009	0,013	0,012	0,017	0,025	0,018	0,029	0,006	0,004	0,050
11	16:12:59	IC-E	1E-4	2E-4	3E-4	0,001	0,003	0,006	0,006	0,010	0,040	0,012	0,010	0,005	0,003	0,005	0,045
12	16:19:42	RV	1E-4	1E-4	4E-4	0,001	0,003	0,017	0,018	0,026	0,030	0,038	0,032	0,033	0,013	0,011	0,078
13	16:20:48	RV	1E-4	2E-4	4E-4	0,001	0,004	0,006	0,003	0,006	0,020	0,014	0,010	0,006	0,003	0,002	0,029
14	16:23:04	RV	2E-4	0,001	0,001	0,003	0,010	0,017	0,019	0,016	0,041	0,044	0,027	0,015	0,010	0,012	0,076
15	16:30:00	IC-E	1E-4	2E-4	4E-4	0,001	0,007	0,031	0,022	0,022	0,042	0,036	0,023	0,009	0,007	0,013	0,077
16	16:36:23	GZ-E	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,007	0,014	0,017	0,029	0,019	0,064	0,016	0,008	0,079
17	16:42:54	RV	1E-4	2E-4	0,001	0,001	0,003	0,008	0,005	0,007	0,009	0,023	0,006	0,004	0,003	0,003	0,029
18	16:48:30	RV	0,003	0,001	0,002	0,002	0,005	0,008	0,007	0,009	0,021	0,043	0,014	0,006	0,003	0,004	0,053
19	16:55:08	GZ-E	0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	0,004	0,005	0,008	0,015	0,029	0,008	0,004	0,003	0,003	0,037
20	16:55:08	GZ-E	0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	0,004	0,005	0,008	0,015	0,029	0,008	0,004	0,003	0,003	0,037
21	17:02:12	RV	2E-4	2E-4	4E-4	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,008	0,026	0,007	0,004	0,002	0,004	0,030
22	17:06:25	GZ-E	0,003	0,003	0,006	0,006	0,004	0,008	0,004	0,009	0,011	0,039	0,004	0,004	0,006	0,007	0,046
23	17:09:15	RV	2E-4	1E-4	2E-4	4E-4	0,002	0,007	0,014	0,010	0,014	0,025	0,020	0,033	0,007	0,005	0,052
24	17:12:56	RV	2E-4	2E-4	0,001	0,001	0,002	0,004	0,003	0,017	0,022	0,014	0,008	0,004	0,003	0,002	0,034
25	17:18:40	RV	1E-4	3E-4	0,001	0,002	0,009	0,021	0,015	0,018	0,033	0,048	0,018	0,015	0,009	0,011	0,072
26	17:19:54	RV	1E-4	1E-4	2E-4	4E-4	0,002	0,013	0,019	0,017	0,018	0,028	0,018	0,028	0,012	0,004	0,057
27	17:32:13	GZ-E	2E-4	2E-4	0,001	0,002	0,005	0,007	0,004	0,007	0,009	0,020	0,005	0,005	0,003	0,003	0,026

GZ-E: Güterzug, Traktion mit Elektrolok

RV: Regionalzug, Traktion mit Elektrolok oder Elektro- bzw. Dieseltriebzug

IC-E: Intercity (Traktion mit Elektrolok)

K_{Bf} : Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke