



IMMISSIONSSCHUTZTECHNISCHES GUTACHTEN Erschütterungsschutz

Bebauungsplan Nr. 36 "Landshuter Straße" der Gemeinde Winhöring

Messung, Prognose und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen
durch Schienenverkehr

Lage:
Gemeinde Winhöring
Landkreis Altötting
Regierungsbezirk Oberbayern

Auftraggeber:
Gemeinde Winhöring
Obere Hofmark 7
84543 Winhöring

Projekt Nr.: WIN-5775-01 / 5775-01_E01.docx
Umfang: 20 Seiten
Datum: 16.07.2021

Projektbearbeitung:
B. Eng. Daniel Landgraf

Projektleitung:
Dipl.-Ing. (FH) Fabian Bräu

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	Planungswille der Gemeinde Winhöring	3
1.2	Ortslage und Nachbarschaft.....	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen.....	6
3.1	Allgemeine Beurteilungsgrundlagen.....	6
3.2	Einstufung der Schutzbedürftigkeit	7
3.3	Subjektive Wahrnehmung	7
3.4	Grundlagen zur Beurteilung von sekundärem Luftschall.....	8
4	Erschütterungsmessungen.....	9
4.1	Vorgehensweise	9
4.2	Messdurchführung	10
4.3	Auswertung der Messergebnisse.....	11
5	Prognose der Erschütterungen in den zu errichtenden Wohngebäuden	12
5.1	Vorgehensweise	12
5.2	Prognose des Taktmaximal-Effektivwerts und der Beurteilungsschwingstärke im Gebäudeinneren	13
5.3	Prognose des sekundären Luftschalls	15
6	Immissionsschutzfachliche Beurteilung.....	16
7	Zitierte Unterlagen	19
7.1	Literatur zum Erschütterungsschutz.....	19
7.2	Projektspezifische Unterlagen.....	19
8	Anhang.....	20
8.1	Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030	20
8.2	Messergebnisse.....	20



1 Ausgangssituation

1.1 Planungswille der Gemeinde Winhöring

Mit der Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 36 "Landshuter Straße" /12/ beabsichtigt die Gemeinde Winhöring die Ausweisung eines allgemeinen Wohngebiets nach § 4 BauNVO im Westen des Gemeindegeländes.

Gemäß dem vorliegenden Planentwurf sollen auf den aktuell gewerblich genutzten Flächen im geplanten Geltungsbereich Ein- und Mehrfamilienhäuser entstehen. Die Erschließung erfolgt von Norden über die Landshuter Straße (vgl. Abbildung 1).

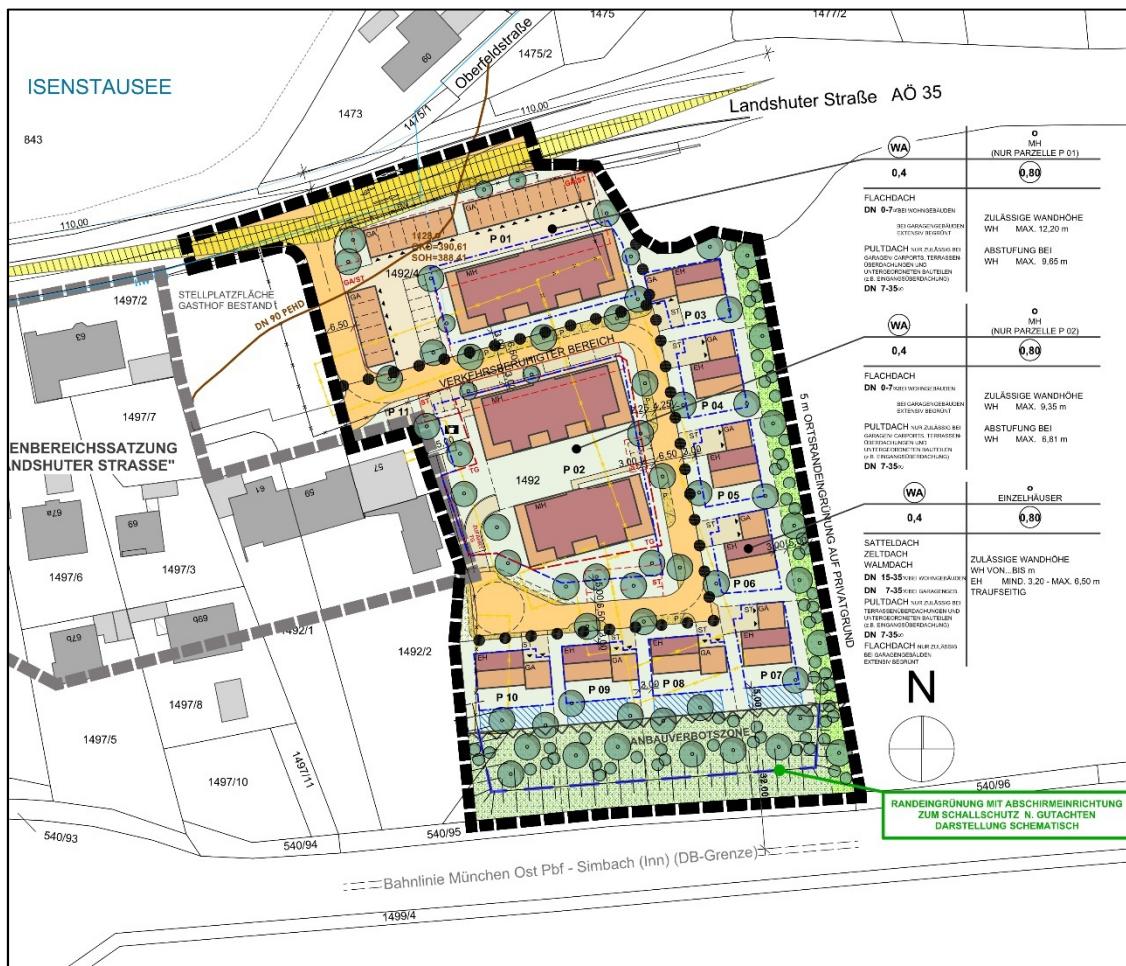


Abbildung 1: Ausschnitt aus der Planzeichnung des Bebauungsplan Nr. 36 "Landshuter Straße" /12/



1.2 Ortslage und Nachbarschaft

Der Geltungsbereich des Bebauungsplans befindet sich im Westen der Gemeinde Winhöring. Im Norden verläuft die Landshuter Straße, gefolgt von vereinzelten Häusern und einem Stauweiher. Während westlich weitere Wohnnutzungen anschließen, befinden sich im Osten landwirtschaftlich genutzte Flächen. Unmittelbar südlich des geplanten Geltungsbereichs verläuft in Ost-West Richtung die eingleisige, nicht elektrifizierte Bahnstrecke 5600 München – Simbach (vgl. Abbildung 2)



Abbildung 2: Luftbild mit Kennzeichnung des Geltungsbereichs und der Strecke 5600 /13/



2 Aufgabenstellung

Ziel der Begutachtung ist es, die durch den Schienenverkehr auf der Bahnstrecke München – Simbach 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. Zudem werden die zu erwartenden Beurteilungspegel aus sekundärem Luftschall berechnet und immissionsschutzfachlich bewertet.



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 Büros, Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden. Als Beurteilungsgrößen dienen gemäß Nr. 6 der Norm die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} , welche aus dem Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} berechnet wird.

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

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

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

A_u:unterer Anhaltswert

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

A_r:Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken



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

- für $KB_{Fmax} \leq A_u$ sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

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

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

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

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

3.2 Einstufung der Schutzbedürftigkeit

Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der geplanten Wohnnutzungen erfolgt gemäß den vorgesehenen Festsetzungen im Bebauungsplan Nr. 36 "Landshuter Straße" der Gemeinde Winhöring /12/ als **allgemeines Wohngebiet** i.S.v. § 4 BauNVO bzw. nach **Zeile 4** der Tabelle 1 der DIN 4150-2 (vgl. Kapitel 3.1).

3.3 Subjektive Wahrnehmung

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

Subjektive Wahrnehmung der bewerteten Schwingstärke	
KB_F -Wert	Beschreibung der Wahrnehmung
0,0 bis 0,1	Nicht spürbar
ca. 0,1	Fühlenschwelle
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 Fühlenschwelle liegt bei den meisten Menschen in etwa bei $KB_F = 0,1$. KB_F -Werte kleiner als 0,1 sind daher im Allgemeinen nicht wahrnehmbar und werden bei Immissionsmessungen im Auswerteverfahren der DIN 4150-2 mit Null gleichgesetzt.



3.4 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 Geräuschentwicklung 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 820.250 der Deutschen Bahn /6/ verweist diesbezüglich auf die gängige Verwaltungspraxis, nach der zur Bestimmung von zulässigen Innenraumpegeln aus verkehrsinduzierten Geräuschen auf die 24. BlmSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) /8/ zurückgegriffen werden kann. Aus den in der 24. BlmSchV 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
Nachtzeit (22:00 bis 6:00 Uhr)	$L_{I,zul}$
Schlafräume	30

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 Luftschanleinwirkungen aus Schienenverkehr, welche z.B. beim Neubau von Verkehrs wegen den Anforderungen der 16. BlmSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) /7/ unterliegen, erfolgt ausschließlich eine Beurteilung anhand von über den Beurteilungszeitraum gemittelten Beurteilungspegeln, nicht jedoch von kurzzeitig auftretenden Spitzenpegeln.



4 Erschütterungsmessungen

4.1 Vorgehensweise

Entsprechend dem vorliegenden Bebauungskonzept /12/ werden die Südfassaden der zu errichtenden Baukörper jeweils in einer Entfernung von ca. 37 m zur Gleisachse der Bahnstrecke zu liegen kommen. Zur Erfassung der durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungseinwirkungen wurde eine Freifeldmessung an einem geeigneten Messpunkt (MP) in einer Entfernung von 35 Meter zur Gleisachse durchgeführt. Da das Planungsgrundstück derzeit noch gewerblich genutzt wird und der südliche Bereich asphaltiert ist, wurde die Messung auf die südliche Hälfte des benachbarten Grundstücks Fl.Nr. 1492/2 verschoben.



Abbildung 3: Lageplan mit Kennzeichnung des Messpunktes MP

Auf Basis der Freifeld-Messdaten wurden in weiterer Folge die im Gebäudeinneren in den Obergeschossen der zu errichtenden Gebäude zu erwartenden Beurteilungsschwingstärken prognostiziert, vgl. Kapitel 5.



4.2 Messdurchführung

- **Tag und Uhrzeit der Messung**

Messbeginn: Mittwoch, 21.04.2021, um 10:30 Uhr

Messende:..... Mittwoch, 21.04.2021, um 16:00 Uhr

- **Messpersonal**

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

B. Eng. Andreas Heigl (Hoock & Partner Sachverständige)

- **Messtechnik**

Schwinggeschwindigkeitssensor nach DIN 45669-1 /3/:

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

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

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

Mess- und Auswerteprogramm (Software): Sinus Messtechnik SAMURAI Version 3.0.1

- **Messverfahren**

Am ausgewählten Messpunkt wurde das Seismometer mit einer dreibeinigen Ankopplungsvorrichtung gemäß Nr. 5.3.3 der DIN 45669-2 /4/ aufgestellt und mit einem Erdspieß im Erdreich verankert. Während der Messung wurde der zeitliche Verlauf der nach DIN 45669-1 /3/ frequenzbewerteten Schwinggeschwindigkeit 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 mit Seismometer



4.3 Auswertung der Messergebnisse

Über die Messzeit mit einer Dauer von 5 h 30 min wurden 13 für die Auswertung relevante Zugvorbeifahrten auf der Gleisstrecke erfasst, darunter Personenzüge des Regionalverkehrs (+ eine Lok ohne Wagons) und ein Güterzug.

Die höchste bewertete Schwingstärke wurde während der Vorbeifahrt des Güterzugs gemessen und betrug $KB_{Fmax} = 0,083$.

Durch energetische Mittelung der gemessenen Schwingstärken der Zugvorbeifahrten errechnen sich die Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} für die erfassten Zugklassen. Diese und die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} für die jeweils maßgebliche Zugvorbeifahrt sind in folgender Tabelle aufgelistet. Da lediglich ein Güterzug erfasst werden konnte sind in diesem Fall der KB_{FTm} und der KB_{Fmax} Wert identisch.

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und gemittelter Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}						
Messort	Messzeitraum	Messdauer	Zugklasse	Vorbeifahrten	KB_{Fmax}	KB_{FTm}
MP	21.04.2021 10:30 bis 16:00 Uhr	5 h 30 min	GZ-V	1	0,083	0,083
			RV-VT	12	0,043	0,032

GZ-V:Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV-VT:Regionalzug, Traktion mit Dieseltriebzug (+ Lok)

KB_{Fmax} :maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTm} :energetisch gemittelter Taktmaximal-Effektivwert

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

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-V	1E-02	5E-03	0,011	5E-02	0,030	0,042	0,016	0,010	0,017	0,016	0,029	0,004	0,004	0,004
RV-VT	5E-04	9E-04	1E-03	2E-03	4E-03	0,009	0,013	0,012	0,007	0,005	0,008	0,018	0,011	0,003

GZ-V:Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV-VT:Regionalzug, Traktion mit Dieseltriebzug

Die frequenzabhängigen KB_F -Werte der einzelnen erfassten Zugvorbeifahrten sind im Anhang in Kapitel 8.2 angegeben.



5 Prognose der Erschütterungen in den zu errichtenden Wohngebäuden

5.1 Vorgehensweise

Auf Grundlage der Messergebnisse erfolgt eine Prognose der zu erwartenden Schwingstärken in den Obergeschossen eines Wohngebäudes im Geltungsbereich der Planung, das entsprechend den im Entwurf zum Bebauungsplan /12/ eingetragenen Baugrenzen errichtet werden kann und dessen Südfassade im ungünstigsten Fall in einer Entfernung von ca. 37 m zur Gleisachse zu liegen kommt. 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 stets mit Unsicherheiten behaftet /1, 5/.

Im vorliegenden Fall erfolgte 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 wurde auf die Planungsempfehlung in /6/ zurückgegriffen, welche Angaben zu empirisch ermittelten gebäude-spezifischen Übertragungsfaktoren 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 am Messpunkt ermittelte maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F\max} = 0,083$ (vgl. Kapitel 4.3) unterschreitet den zur Nachtzeit geltenden unteren Anhaltswert $A_u = 0,15$ nach Zeile 4 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.

Unter Beachtung der frequenzabhängigen Übertragung der Erschütterungen vom Freifeld auf das Fundament und in weiterer Folge auf die oberen Geschossdecken (vgl. Kapitel 5.1) wurde zunächst der an einem Einwirkungsort im Gebäudeinneren zu erwartende Taktmaximal-Effektivwert $KB_{FTm,P}$ getrennt für die erfassten Zugklassen prognostiziert. Darauf aufbauend wurde 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 /11/ sollen auf der Bahnstrecke 5600 im Untersuchungsbereich zukünftig Güterzüge und Züge des Regionalverkehrs verkehren. Insgesamt ist in einem Zeitraum von 24 Stunden mit 35 Zugvorbeifahrten zur Tagzeit (davon 4 Güterzüge) und 8 Vorbeifahrten zur Nachtzeit (davon 2 Güterzüge) zu rechnen (vgl. Kapitel 8.1).

In der folgenden Tabelle sind die prognostizierten bewerteten Schwingstärken in Abhängigkeit des Deckenaufbaus und der berücksichtigten Deckenresonanzfrequenz zusammengefasst. Angegeben sind jeweils der Prognosewert des Taktmaximal-Effektivwerts $KB_{FTm,P}$ sowie die resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} für die Tag- und Nachtzeit auf Basis der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030.

Unter Berücksichtigung der Häufigkeit der einzelnen Zugklassen ergeben sich im Gebäudeinneren die höchsten Beurteilungsschwingstärken für eine Bauweise mit Betondecken bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 12,5$ Hz tags (Variante MP-B-12,5) bzw. bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 8$ Hz und $f_0 = 12,5$ Hz nachts (Variante MP-B-8 und MP-B-12,5). Für eine Bauweise mit Holzbalkendecken ergeben sich die höchsten Beurteilungsstärken sowohl tags als auch nachts bei einer Decken-Resonanzfrequenz $f_0 = 8$ Hz (Variante MP-H-8).



Prognoseberechnung der bewerteten Schwingstärken KB _F					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					35	8
Variante	Decken-aufbau	f ₀ [Hz]	GZ-V KB _{FTrm,P}	RV-VT KB _{FTrm,P}	KB _{FTr,T}	KB _{FTr,N}
MP-B-8	Beton-decke	8	0,278	0,027	0,013	0,013
MP-B-10		10	0,219	0,036	0,011	0,010
MP-B-12,5		12,5	0,254	0,060	0,014	0,013
MP-B-16		16	0,145	0,083	0,013	0,009
MP-B-20		20	0,100	0,065	0,009	0,007
MP-B-25		25	0,102	0,044	0,007	0,006
MP-B-31,5		31,5	0,098	0,037	0,006	0,005
MP-B-40		40	0,113	0,044	0,008	0,006
MP-B-50		50	0,086	0,062	0,009	0,006
MP-B-62,5		62,5	0,077	0,049	0,007	0,005
MP-B-80		80	0,075	0,036	0,006	0,004
MP-H-8	Holz-balken-decke	8	0,491	0,036	0,023	0,023
MP-H-10		10	0,393	0,055	0,019	0,018
MP-H-12,5		12,5	0,370	0,085	0,020	0,018
MP-H-16		16	0,198	0,097	0,015	0,012
MP-H-20		20	0,141	0,076	0,012	0,009
MP-H-25		25	0,130	0,054	0,009	0,007
MP-H-31,5		31,5	0,119	0,046	0,008	0,007
MP-H-40		40	0,128	0,053	0,009	0,007
MP-H-50		50	0,103	0,069	0,010	0,007
MP-H-62,5		62,5	0,091	0,058	0,008	0,006
MP-H-80		80	0,087	0,045	0,007	0,005

GZ-V:Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV-VT:Regionalzug, Traktion mit Dieseltriebzug

f₀:Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

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

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

KB_{FTr,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 jeweils der resultierende 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.

Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls						
					Tagzeit	Nachtzeit
Zugzahlen im Prognosejahr 2030					35	8
Variante	Decken-aufbau	f ₀ [Hz]	GZ-V $L_{sek,A}$	RV-VT $L_{sek,A}$	$L_{m,Tag}$	$L_{m,Nacht}$
MP-B-8	Beton-decke	8	27,2	27,5	10,1	6,7
MP-B-10		10	27,3	28,0	10,5	7,0
MP-B-12,5		12,5	28,0	28,3	10,9	7,4
MP-B-16		16	28,7	28,8	11,4	8,0
MP-B-20		20	28,9	29,6	12,2	8,7
MP-B-25		25	30,1	30,0	12,6	9,2
MP-B-31,5		31,5	31,6	30,4	13,2	10,0
MP-B-40		40	34,1	32,1	15,0	11,9
MP-B-50		50	31,8	34,7	17,1	13,4
MP-B-62,5		62,5	31,3	34,7	17,0	13,2
MP-B-80		80	31,8	32,8	15,3	11,8
MP-H-8	Holz-balken-decke	8	28,4	29,0	11,5	8,1
MP-H-10		10	28,7	29,0	11,6	8,2
MP-H-12,5		12,5	29,4	29,4	12,0	8,6
MP-H-16		16	29,9	30,0	12,6	9,2
MP-H-20		20	30,8	30,6	13,2	9,9
MP-H-25		25	31,9	31,3	14,0	10,7
MP-H-31,5		31,5	32,9	32,1	14,8	11,5
MP-H-40		40	34,5	33,4	16,1	12,9
MP-H-50		50	33,3	35,1	17,5	13,9
MP-H-62,5		62,5	32,9	35,1	17,5	13,9
MP-H-80		80	33,1	34,1	16,6	13,1

GZ-V:Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV-VT:Regionalzug, Traktion mit Dieseltriebzug

f₀:Resonanzfrequenz (Terzmittenfrequenz)

$L_{sek,A}$: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 von Erschütterungen, welche der Schienenverkehr auf der Bahnstrecke München – Simbach im geplanten Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 36 "Landshuter Straße" /12/ der Gemeinde Winhöring verursachen wird, wurden an einem Messpunkt in 35 m Entfernung zur Gleisachse Freifeld-Messungen der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ in vertikaler Raumrichtung durchgeführt (vgl. Kapitel 4.2).

Die im Inneren des zur Bahnstrecke nächstgelegenen vorgesehenen Wohngebäudes zu erwartenden Schwingstärken wurden auf Grundlage der Messergebnisse mittels einer Modellrechnung prognostiziert, welche die frequenzabhängige Schwingungsübertragung vom Freifeld auf die Geschossdecken berücksichtigt. Hierbei wurde alternativ eine Bauweise mit Betondecken oder mit Holzbalkendecken untersucht. Mögliche Resonanzüberhöhungen der Geschossdecken gingen als Varianten mit Terzmittelfrequenzen 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, wurden die auf Basis der Verkehrszahlen für das Prognosejahr 2030 ermittelten Prognosewerte der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für die Tag- und Nachtzeit mit den in Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerten A_r für Einwirkungsorte mit der Schutzbedürftigkeit eines allgemeinen Wohngebiets verglichen (vgl. Beurteilungsübersicht I).

Die Bedingung $KB_{FTr} \leq A_r$ wird sowohl zur Tag- als auch zur Nachtzeit bei sämtlichen prognostizierten Varianten sicher erfüllt, das heißt, die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 sind eindeutig eingehalten.

Für jede der in Abhängigkeit möglicher Deckenresonanzüberhöhungen ermittelten Berechnungsvarianten wurde zudem die Geräuschbelastung durch sekundären Luftschall prognostiziert (vgl. Kapitel 5.3). Im Ergebnis werden die aus den Vorgaben der 24. BlmSchV /8/ abgeleiteten zulässigen Innenpegel (vgl. Kapitel 3.4) von den ermittelten Beurteilungspegeln für sekundären Luftschall zur Tagzeit um mindestens 22 dB(A) und zur Nachtzeit um mindestens 16 dB(A) unterschritten (vgl. Beurteilungsübersicht II).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass im Inneren der geplanten Baukörper im Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 36 "Landshuter Straße" der Gemeinde Winhöring bei fachgerechter Bauausführung in Massivbauweise mit Betondecken oder Holzbalkendecken unter der Annahme einer gleichbleibenden Schwingungsausbreitung über das Plangebiet keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen bzw. durch sekundären Luftschall aufgrund des Schienenverkehrs auf der angrenzenden Bahnstrecke zu erwarten sind. Gemäß der vorliegenden Vorentwurfsplanung können im Bereich zwischen den Südfassaden bis zu einem Abstand von 32 m zur Gleisachse Außenwohnbereiche zu liegen kommen. Aufgrund der vorliegenden Unterschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 im Inneren der Gebäude ist auch für diese Außenwohnbereiche von einer Einhaltung der Anhaltswerte auszugehen, zumal auf Terrassen o.ä. für gewöhnlich keine Resonanzüberhöhungen durch Deckeneigenfrequenzen auftreten.



Beurteilungsübersicht I: Vergleich der Beurteilungs-Schwingstärken mit den Anhaltswerten nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150-2

Variante	Bauweise mit Geschossdecken aus Beton							
	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	0,013	0,07	19%	Ja	0,013	0,05	26%	Ja
MP-B-10	0,011		16%	Ja	0,010		21%	Ja
MP-B-12,5	0,014		20%	Ja	0,013		25%	Ja
MP-B-16	0,013		18%	Ja	0,009		19%	Ja
MP-B-20	0,009		14%	Ja	0,007		14%	Ja
MP-B-25	0,007		10%	Ja	0,006		12%	Ja
MP-B-31,5	0,006		9%	Ja	0,005		11%	Ja
MP-B-40	0,008		11%	Ja	0,006		13%	Ja
MP-B-50	0,009		13%	Ja	0,006		13%	Ja
MP-B-62,5	0,007		10%	Ja	0,005		10%	Ja
MP-B-80	0,006		8%	Ja	0,004		9%	Ja

Variante	Bauweise mit Holzbalken-Geschossdecken							
	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	0,023	0,07	33%	Ja	0,023	0,05	45%	Ja
MP-H-10	0,019		28%	Ja	0,018		37%	Ja
MP-H-12,5	0,020		29%	Ja	0,018		36%	Ja
MP-H-16	0,015		22%	Ja	0,012		24%	Ja
MP-H-20	0,012		17%	Ja	0,009		18%	Ja
MP-H-25	0,009		13%	Ja	0,007		15%	Ja
MP-H-31,5	0,008		11%	Ja	0,007		13%	Ja
MP-H-40	0,009		13%	Ja	0,007		14%	Ja
MP-H-50	0,010		14%	Ja	0,007		14%	Ja
MP-H-62,5	0,008		12%	Ja	0,006		12%	Ja
MP-H-80	0,007		10%	Ja	0,005		11%	Ja

VarianteBerechnungsvariante (vgl. Kapitel 0)

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

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

A_r:Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken

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



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

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	10,1	40	-29,9	6,7	30	-23,3
MP-B-10	10,5		-29,5	7,0		-23,0
MP-B-12,5	10,9		-29,1	7,4		-22,6
MP-B-16	11,4		-28,6	8,0		-22,0
MP-B-20	12,2		-27,8	8,7		-21,3
MP-B-25	12,6		-27,4	9,2		-20,8
MP-B-31,5	13,2		-26,8	10,0		-20,0
MP-B-40	15,0		-25,0	11,9		-18,1
MP-B-50	17,1		-22,9	13,4		-16,6
MP-B-62,5	17,0		-23,0	13,2		-16,8
MP-B-80	15,3		-24,7	11,8		-18,2

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	11,5	40	-28,5	8,1	30	-21,9
MP-H-10	11,6		-28,4	8,2		-21,8
MP-H-12,5	12,0		-28,0	8,6		-21,4
MP-H-16	12,6		-27,4	9,2		-20,8
MP-H-20	13,2		-26,8	9,9		-20,1
MP-H-25	14,0		-26,0	10,7		-19,3
MP-H-31,5	14,8		-25,2	11,5		-18,5
MP-H-40	16,1		-23,9	12,9		-17,1
MP-H-50	17,5		-22,5	13,9		-16,1
MP-H-62,5	17,5		-22,5	13,9		-16,1
MP-H-80	16,6		-23,4	13,1		-16,9

Variante Berechnungsvariante (vgl. Kapitel 0)

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 Erschütterungsschutz

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. BlmSchV) vom 12.06.1990
8. Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BlmSchV) 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 Bahnstrecke 5600 im Bereich Winhöring, Prognose 2030, erhalten per E-Mail am 04.03.2021, Hr. Schiedeck, Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg
12. Bebauungsplan Nr. 36 "Landshuter Straße" der Gemeinde Winhöring, Planteil - Vorabzug vom 17.06.2021, erhalten per E-Mail am 18.06.2021, A. Brodmann, Architekturbüro Michael Brodmann, 84524 Neuötting
13. BayernAtlas, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, online abgerufen am 22.06.2021, www.geoportal.bayern.de/bayernatlas



8 Anhang

8.1 Verkehrsbelastung im Prognosejahr 2030

Schienenverkehrsaufkommen auf der Bahnstrecke 5600 im Untersuchungsbereich im Prognosejahr 2030 gemäß den Angaben der Deutschen Bahn /11/:

Strecke 5600, Prognosejahr 2030				
Zugtyp	Kürzel	n _{i,Tag}	n _{i,Nacht}	v _{max}
Güterzug, Traktion Diesellok	GZ-V	2	2	100
Güterzug, Traktion Diesellok	GZ-V	2	0	100
Dieseltriebzug des Regionalverkehrs	RV-VT	30	6	130
Dieseltriebzug des Regionalverkehrs	RV-VT	1	0	130
Summe beider Richtungen		35	8	

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 _F -Werte der erfassten Zugvorbeifahrten, Strecke 5600																	
Nr.	Uhrzeit	Zug-klasse	Terz-Mittenfrequenz [Hz]												KB _{FtI}		
			4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50			
1	10:32:54	GZ-V	0,010	0,005	0,011	0,047	0,030	0,042	0,016	0,010	0,017	0,016	0,029	0,004	0,004	0,004	0,083
2	10:44:19	RV-VT	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,008	0,015	0,009	0,004	0,004	0,003	0,012	0,004	0,001	0,024
3	11:12:50	RV-VT	4E-4	0,001	0,001	0,001	0,003	0,007	0,011	0,014	0,008	0,004	0,010	0,028	0,012	0,002	0,039
4	11:44:06	RV-VT	4E-4	0,001	0,001	0,001	0,002	0,006	0,013	0,011	0,008	0,006	0,008	0,023	0,021	0,003	0,038
5	12:13:32	RV-VT	5E-4	0,001	0,001	0,001	0,003	0,007	0,013	0,012	0,006	0,003	0,003	0,011	0,004	0,001	0,024
6	12:34:19	RV-VT	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,009	0,012	0,011	0,008	0,005	0,003	0,013	0,004	0,001	0,026
7	13:22:54	RV-VT	4E-4	5E-4	0,001	0,001	0,003	0,007	0,011	0,012	0,010	0,003	0,007	0,017	0,005	0,001	0,028
8	13:44:02	RV-VT	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,009	0,018	0,011	0,008	0,007	0,009	0,020	0,020	0,003	0,039
9	14:14:53	RV-VT	4E-4	0,001	0,001	0,002	0,002	0,007	0,012	0,013	0,005	0,002	0,003	0,011	0,004	0,001	0,024
10	14:44:32	RV-VT	3E-4	0,001	0,001	0,002	0,002	0,010	0,014	0,011	0,005	0,004	0,003	0,016	0,006	0,002	0,028
11	15:17:26	Lok	0,001	0,001	0,002	0,004	0,008	0,014	0,006	0,005	0,008	0,005	0,019	0,006	0,003	0,001	0,029
12	15:12:45	RV-VT	3E-4	0,001	0,001	0,002	0,002	0,009	0,011	0,012	0,007	0,004	0,008	0,022	0,007	0,001	0,032
13	15:56:17	RV-VT	0,001	0,001	0,002	0,003	0,005	0,009	0,020	0,015	0,010	0,006	0,006	0,025	0,015	0,010	0,043

GZ-V:Güterzug, Traktion mit Diesellok

RV-VT:Regionalzug, Traktion mit Dieseltriebzug

Lok:Lok ohne Wagons

KB_{FtI}:Taktmaximalwert