

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen

Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
T. +49 201 87445 0  
F. +49 201 87445 45  
office@fcp-ibu.de  
www.fcp-ibu.de

**Auftraggeber:** VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft

Südliche Fürther Straße 5  
90429 Nürnberg

**Vorhabensträgerin** Stadt Nürnberg

**Objekt:** Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße

**Titel:** Schwingungs- und Schalltechnische Untersuchung

Teil 2U: Prognose und Beurteilung der Körperschall- und Erschütterungsimmissionen im Umbaugebiet

**Auftrag-Nr.:** 2022 007 009/2

**Erstfassung:** 29.08.2022

**Umfang:** 29 Dokumentseiten inkl. Verzeichnisse und Deckblatt  
53 Anlagen

Bearbeitet:  
Essen, den 14.12.2023

Geprüft und freigegeben:  
Essen, den 14.12.2023

FCP IBU GmbH  
14.12.2023  
Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
0201-87445-0

FCP IBU GmbH  
14.12.2023  
Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
0201-87445-0

M. Sc. Lukas Böhm

Dr.-Ing. Alexander Martha

**ÄNDERUNGSINDEX**

Index	Datum	Bearbeitet	Freigegeben	Bemerkungen

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Die Stadt Nürnberg als Vorhabensträgerin und die VAG planen den Bau einer neuen Straßenbahntrasse im südlichen Nürnberger Stadtgebiet. Die ca. 2,5 km lange Neubaustrecke umfasst den südlichen Teil der Allersberger Straße, beginnend ab der bestehenden Endhaltestelle Tristanstraße, Richtung Süden durch den neuen Stadtteil Lichtenreuth bis zur U-Bahnstation Bauernfeindstraße.

Die Untersuchung wird in zwei Bereiche unterteilt. Der in diesem Gutachten untersuchte Bereich erstreckt sich von der bestehenden Endhaltestelle Tristanstraße bis zwischen den Z-Bau und das Hauptzollamt an der Frankenstraße.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der Gleisanlage zu fühlbaren Erschütterungsimmissionen kommen kann ( $KB_{Fmax} > 0,1$ ). Darüber hinaus werden bei einem Teil der untersuchten Objekte die Anhaltswerte  $A_r$  oder  $A_o$  der DIN 4150-2 [1] überschritten.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der Gleisanlage im Brunecker-Areal zu hörbaren Körperschallimmissionen kommen kann. Die Orientierungswerte der TA-Lärm [2] bzw. der VDI 2719 [3] werden voraussichtlich überschritten.

Es ist weiterhin festzustellen, dass sich die Immissionssituation auf der Allersberger Straße voraussichtlich nicht über die in Abschnitt 4 beschriebenen Veränderungskriterien hinaus erhöht.

Insgesamt ist festzustellen, dass Maßnahmen erforderlich sind, die eine Minderung der Schwingungsimmissionen bewirken.

Eine Beweissicherungsmessung in dem Kirchengebäude der Baptistengemeinde wird vor Umbau empfohlen, um die Bestandssituation festzuhalten.

Die genaue Auslegung des elastischen Systems ist in der Ausführungsplanung rechnerisch zu bestimmen und festzulegen.

## **VERWEISE**

- [1] DIN 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden*, 1999.
- [2] TA Lärm, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm., 2017.
- [3] VDI 2719, *Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen*, 1987.
- [4] DIN 45633, *Präzisionsschallpegelmesser - Allgemeine Anforderungen*, 1970.
- [5] 16. BImSchV, 16. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verkehrslärmschutzverordnung*, 1990.
- [6] DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*, 2016.
- [7] BauNVO, *Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO)*, 2021.
- [8] DIN 18005-1, *Schallschutz im Städtebau*, 2002.
- [9] *Beurteilung von Körperschallimmissionen*, 2010.
- [10] 24. BImSchV, 24. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung)*, 1997.
- [11] Entwurf DIN 45672-3, *Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen - Teil 3: Prognoseverfahren auf Basis von Terzspektren*, 2023-02.
- [12] VDI 3837, „*Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen; Spektrales Prognoseverfahren*“, Januar 2013.
- [13] DIN 45673, „*Mechanische Schwingungen - Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen*“, 2010.

- [14] A. Said, H.-P. Grütz und R. Garburg, „Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr,“ *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, Bd. 53, Nr. 1, pp. 12-18, 2006.

## **INHALTSVERZEICHNIS**

Änderungsindex.....	ii
Zusammenfassung .....	iii
Verweise.....	iv
1 Aufgabenstellung .....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Planungsunterlagen.....	3
2.2 Lage und Gebietsausweisung.....	3
2.3 Gleisoberbau .....	5
2.4 Zulässige Höchstgeschwindigkeit .....	6
2.5 Fahrplansituation .....	6
2.6 Geplante Änderung.....	6
2.7 Gebäudestruktur .....	6
3 Immissionskennwerte .....	7
3.1 Erschütterungen .....	7
3.2 Körperschall.....	7
4 Beurteilungskriterien .....	8
4.1 Vorbemerkung .....	8
4.2 Erschütterungen .....	8
4.3 Körperschall.....	11
5 Immissionsprognose .....	15
5.1 Erschütterungsimmissionen.....	16
5.2 Körperschallimmissionen .....	17
6 Prognoseergebnisse und Beurteilung .....	18
7 Massnahmen .....	22
8 Anlagen .....	23

## **1 AUFGABENSTELLUNG**

Die Stadt Nürnberg als Vorhabensträgerin und die VAG planen den Bau einer neuen Straßenbahntrasse im südlichen Nürnberger Stadtgebiet. Die ca. 2,5 km lange Neubaustrecke umfasst den südlichen Teil der Allersberger Straße, beginnend ab der bestehenden Endhaltestelle Tristanstraße, Richtung Süden durch den neuen Stadtteil Lichtenreuth bis zur U-Bahnstation Bauernfeindstraße [U1].

In diesem Zusammenhang wurde die FCP IBU GmbH damit beauftragt, eine Schall- und Schwingungstechnische Untersuchung für den geplanten Betrieb der Strecke, die zugehörigen Bautätigkeiten und den Betrieb der Unterwerke durchzuführen.

Die Untersuchung wird in zwei Bereiche unterteilt. Der in diesem Gutachten untersuchte Bereich erstreckt sich von der bestehenden Endhaltestelle Tristanstraße bis zwischen den Z-Bau und das Hauptzollamt an der Frankenstraße.

In den Anlagen wird der erste Teil der Strecke, in dem Um- und Neubau im Bestand geplant sind als Umbaugebiet (dieses Gutachten) bezeichnet, der zweite Teil der Strecke im Areal Brunecker Straße als Neubaugesbiet.

Dem vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der Schwingungstechnischen Beurteilung für den Betrieb der Gleisanlage zu entnehmen. Erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung der Schwingungsemissionen durch die neue Gleistrasse werden beschrieben.

Die Untersuchung besteht insgesamt aus den folgenden Gutachten:

- Teil 1N: Berechnung und Beurteilung der Luftschallimmissionen im Neubaugebiet
- Teil 1U: Berechnung und Beurteilung der Luftschallimmissionen im Umbaugebiet
- Teil 2N: Prognose und Beurteilung der Körperschall- und Erschütterungsmissionen im Neubaugebiet
- **Teil 2U: Prognose und Beurteilung der Körperschall- und Erschütterungsmissionen im Umbaugebiet**
- Teil 3N: Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen während der Bauarbeiten auf Basis der AVV Baulärm im Neubaugebiet
- Teil 3U: Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen während der Bauarbeiten auf Basis der AVV Baulärm im Umbaugebiet
- Teil 4: Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen während der Rückbauarbeiten der Bayernwanne auf Basis der AVV Baulärm
- Teil 5: Beurteilung der Bauerschütterungen durch den Rückbau der Bayernwanne
- Teil 6N: Untersuchung der Luftschallimmissionen der Unterwerke nach TA Lärm im Neubaugebiet
- Teil 6U: Untersuchung der Luftschallimmissionen des Unterwerks nach TA Lärm im Umbaugebiet



## **2 GRUNDLAGEN**

### **2.1 PLANUNGSUNTERLAGEN**

Die folgenden Unterlagen wurden für die schwingungstechnische Untersuchung herangezogen:

- [U1] Ausschreibung der schall- und erschütterungstechnischen Leistungen der VAG, Stand: 03.12.2021
  
- [U2] Bebauungspläne der Stadt Nürnberg  
Bebauungsplan Nr. 3980  
Bebauungsplan Nr. 4130  
Bebauungsplan Nr. 4444  
Bebauungsplan Nr. 4635  
Bebauungsplan Nr. 4600 „Brunecker Straße“
  
- [U3] Lageplan Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße  
Blatt 1, Blatt 2 und Blatt 3  
Arbeitsstand 18.10.2023
  
- [U4] Regelquerschnitte der Oberbauformen
  - a. Rasengleis VAG FF 2013 – hochliegend (Stand 06.03.2014)
  - b. Feste Fahrbahn – Rheda City Vag 2016 (Stand 26.01.2017)
  
- [U5] Tabellarische Daten zu den Straßenbahnen  
Brunecker Straße\_Übergabe Unterlagen VAG für Schallgutachten.xlsx  
Stand: 07.04.2022  
enthält: Fahrplan, Höchstgeschwindigkeit

### **2.2 LAGE UND GEBIETSAUSWEISUNG**

Die geplante Straßenbahnstrecke schließt an die vorhandenen Gleise in der Allersberger Straße an. Sie verläuft in Mittellage in Richtung Süden und biegt Richtung Westen in die Frankenstraße ab und wird dort weiter in Mittellage geführt. Die angrenzenden Straßenquerschnitte werden angepasst. Der Eingriff erfolgt teilweise bis in die vorhandenen Gehwege. Die bestehende Straßenbahnwendeschleife am Hiroshimaplatz und die Straßenbahnunterführung unter der Allersberger Straße / Frankenstraße / Hiroshimaplatz

(„Bayernwanne“) wird rückgebaut. Die Straßenbahntrasse biegt aus der Mittellage in der Frankenstraße nach Süden ab, in den Bereich zwischen Z-Bau und Hauptzollamt. Der Bereich bis hier wird in diesem Gutachten beurteilt.

Südlich des Hauptzollamts verlaufen Straßenbahn, Gehweg und Radweg auf einer bisherigen Brachfläche und schließen auf Höhe der Ingolstädter Straße an die neugeplante Brunecker Straße an. Die Trasse orientiert sich im weiteren Verlauf an der Brunecker Straße und biegt auf Höhe der derzeit in Planung befindlichen Technischen Universität Nürnberg in Richtung Südosten ab. Die Straßenbahntrasse quert in einem flachen Winkel die Dr.-Luise-Herzberg-Straße und verläuft weiter in Richtung Osten zwischen der Dr.-Luise-Herzberg-Straße und der Ausgleichsfläche „Lichtenreuth Naturnah“, wo sie kurz vor der Münchener Straße Richtung Süden schwenkt und nördlich der Bauernfeindstraße in einer Wendeschleife endet [U1].

In der Frankenstraße befindet sich die Baptistengemeinde am Südring (Sperberstraße 166). Die Kirche weist zur Frankenstraße hin eine große Glasfront auf. Im Z-Bau ist ein Tonstudio vorhanden. An der Ingolstädter Straße befindet sich ein Neubau der Rummelsberger Diakonie. Die lärm- und erschütterungsempfindlichen Einrichtungen müssen bei der Betrachtung besondere Berücksichtigung finden, sowohl beim Schall- und Erschütterungsgutachten als auch während des Baugeschehens [U1].

Im Bereich der Brunecker Straße befinden sich drei große Neubaugebiete. Im Modul I, westlich der Brunecker Straße, wird ein Wohngebiet errichtet. Im Modul II, östlich der Brunecker Straße, entsteht ein Urbanes Gebiet (MU). Im Restlichen Baubereich wird die neue Technische Universität Nürnberg (UTN) geplant. Ein rechtskräftiger Bebauungsplan liegt zum Zeitpunkt der Prognose lediglich für das Modul I vor (Bebauungsplan Nr. 4635, [U2])

Für die Technische Universität ist davon auszugehen, dass sich in den Gebäuden Labore oder besonders empfindliche Geräte befinden können. Auch diese lärm- und erschütterungsempfindlichen Einrichtungen müssen bei der Betrachtung besondere Berücksichtigung finden.

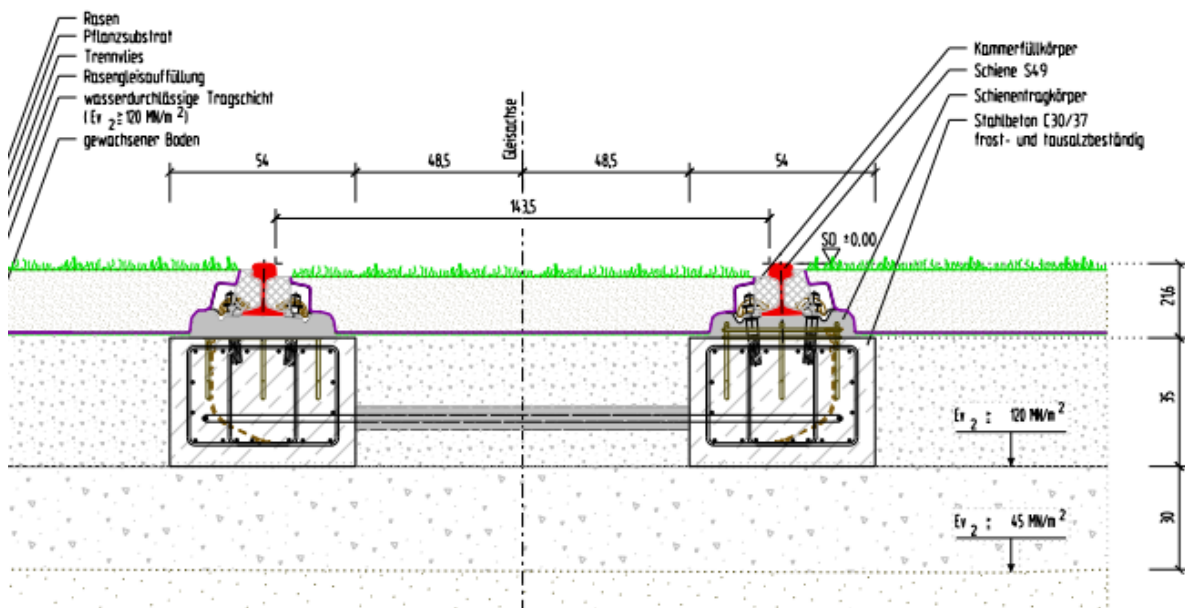
Eine Übersicht über den Planbereich ist in Anlage-Nr. 1.1 dargestellt.

Eine Übersicht über die vorgenommene Gebietseinstufung ist in Anlage-Nr. 1.2 dargestellt.

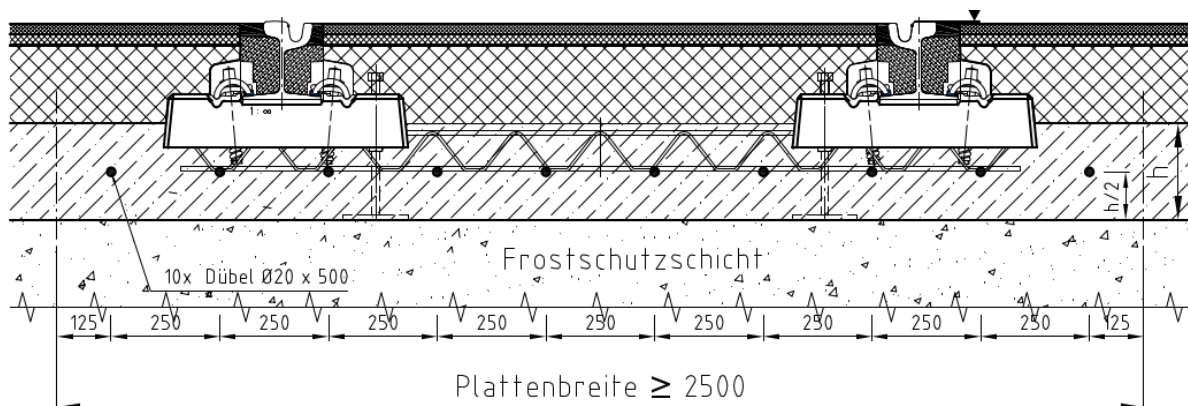
## 2.3 GLEISOBERBAU

Der geplante Gleisoberbau besteht grundsätzlich aus hochliegendem Rasengleis nach Abbildung 1 [U4]a oder ähnlich und ist in Querungsbereichen straßenbündig mit einer Festen Fahrbahn nach Abbildung 2 [U4]b oder ähnlich ausgeführt. [U3].

Eine Übersicht über die Verortung der verschiedenen Oberbauformen ist in den Plänen der Anlage Nr. 1.4 dargestellt.



**Abbildung 1: Regelquerschnitt Rasengleis VAG FF 2013 – hochliegend [U4]a**



**Abbildung 2: Regelquerschnitt Feste Fahrbahn – Rheda City VAG 2016 [U4]b**

## 2.4 ZULÄSSIGE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT

Die zulässige Fahrzeuggeschwindigkeit der Straßenbahnen im Haltestellenbereich beträgt 30 km/h und außerhalb der Haltestelle 60 km/h. Bei der Überfahrt von Weichen sind die Geschwindigkeiten mit 15 km/h angegeben [U5].

## 2.5 FAHRPLANSITUATION

Die Anzahl der Fahrten für die beiden Fahrtrichtungen ergibt sich nach [U5] sowohl für den Prognose-Nullfall als auch für den Prognose-Planfall entsprechend Tabelle 1.

Fahrzeuge	Fahrtrichtung Bauernfeindstraße		Fahrtrichtung Tristanstraße	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Tram	93	18	93	18

**Tabelle 1: Fahrplandaten nach [U5]**

## 2.6 GEPLANTE ÄNDERUNG

Die neugeplante Trasse mit Straßenbahndoppelgleis und Fahrleitungsanlage wird auf einem Großteil der Strecke als Rasengleis geführt.

Auf dem neuen Streckenabschnitt werden fünf neue Haltestellen geplant (siehe [U1]): Hiroshimaplatz, Ingolstädter Straße, Parkstraße Süd, Technische Universität Nürnberg und Bauernfeindstraße (Endhaltestelle und neue Wendeschleife mit Anschluss an die U-Bahn). Die bestehende Haltestelle Tristanstraße wird angepasst. Des Weiteren werden drei Unterwerke gebaut.

Die vorhandene Wendeschleife in der Bayernwanne wird rückgebaut [U1].

Eine Übersicht der Gleisachsen im Prognose-Nullfall und im Prognose-Planfall ist zusammen mit den Immissionsorten in Anlage-Nr. 1.3 dargestellt.

## 2.7 GEBÄUDESTRUKTUR

Bei der Ortbegehung inklusive Fotodokumentation vom 02.05.2022 wurde festgestellt, dass die direkt angrenzende Bebauung vielfältig ist und übliche Strukturen für innerstädtische Bebauungen aufweist, welche nach gängigen Regelwerken (wie DIN 4150) eingeteilt und beurteilt werden können (siehe Abschnitt 4, Gebäudeeinteilung nach Tabelle 2). Insofern kann für die Immissionsprognose auf vorhandene Erkenntnisse über die Schwingungsausbreitung in Gebäuden zurückgegriffen werden.

### **3 IMMISSIONSKENNWERTE**

#### **3.1 ERSCHÜTTERUNGEN**

Als Erschütterungen werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 80 Hz in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten. Die zu messenden Erschütterungssignale sind die Schwinggeschwindigkeit  $\hat{v}(t)$  des angeregten Mediums in mm/s und die Erregerfrequenz  $f_e$  in Hz. Auf der Grundlage dieser Basiswerte werden die, für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden maßgebenden Immissionsgrößen ermittelt. Hierbei handelt es sich um die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTT}$  in der Definition nach der DIN 4150, Teil 2, von Juni 1999 -Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden [1].

#### **3.2 KÖRPERSCHALL**

Als Körperschall werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen im Hörbereich in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten.

Die messbaren Körperschallsignale sind die Schwinggeschwindigkeit  $v$  des angeregten Mediums in mm/s und der vom Medium abgestrahlte Schallwechseldruck  $p$  in N/m<sup>2</sup> (Sekundärluftschall oder auch Körperschall-Schalldruckpegel).

Der aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) wird als hörbarer Luftschall dem frequenzabhängigen menschlichen Hörvermögen mit der sogenannten A-Bewertung nach DIN 45633 [4] der Signale angepasst. Dieser Schallpegel wird zur Beurteilung der Körperschallimmissionen herangezogen.

## **4 BEURTEILUNGSKRITERIEN**

### **4.1 VORBEMERKUNG**

Die Beurteilung der Luftschallimmissionen eines Schienenverkehrsweges ist mit Vorlage der 16. Bundes-Immissionsschutzverordnung [5] eindeutig geregelt.

Für die Beurteilung der von Schienenverkehrswegen ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existieren dagegen keine rechtlich bindenden Immissionsrichtwerte. In der Genehmigungspraxis beim Neubau von Schienenverkehrswegen haben sich die folgenden Beurteilungskriterien bewährt. Beim Umbau einer Gleisanlage kommt es zunächst darauf an, dass möglichst keine Verschlechterung entsteht. Entsprechend haben sich in der Genehmigungspraxis ergänzend zu den folgend aufgelisteten Regelwerken die im Weiteren beschriebenen Änderungskriterien bewährt.

### **4.2 ERSCHÜTTERUNGEN**

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen erfolgt entsprechend DIN 4150.

- Teil 2 – Erschütterungen im Bauwesen,  
Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1]
- Teil 3 – Erschütterungen im Bauwesen,  
Einwirkungen auf bauliche Anlagen [6].

Demnach werden Erschütterungsimmissionen des Schienenverkehrs im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden wie folgt behandelt:

Grundsätzlich erfolgt die Beurteilung anhand der Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  der Tabelle 1 der Norm (hier Tabelle 2). Im Rahmen von Prognosen erübrigt sich eine Beurteilung nach dem Anhaltswert  $A_o$ .

- Für unterirdischen Schienenverkehr gelten die Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  der Tabelle 2.
- Für oberirdischen Schienenverkehr des ÖPNV (Straßen-, Stadt-, S- und U-Bahnen) gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen Anhaltswerte der Tabelle 2.
- Im Rahmen von städtebaulichen Planungen sollte auf den Faktor 1,5 bei der Bewertung des ÖPNV verzichtet werden.
- Für sonstigen oberirdischen Schienenverkehr gelten bei neu zu bauenden Strecken die Anhaltswerte der Tabelle 2.
- Für Änderungen am Bestand gelten die Hinweise am Ende dieses Abschnittes.

Die Tabelle 1 der DIN 4150-2 (Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungs-  
immissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen, hier Tabelle 2 [1]) wird wie  
folgt wiedergegeben:

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
<b>1</b>	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
<b>2</b>	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
<b>3</b>	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
<b>4</b>	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
<b>5</b>	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in 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 [7] 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 Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

**Tabelle 2: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 [1] in Anlehnung an die Gebietseinstufungen nach BauNVO [7].**

Das Beurteilungsverfahren der Norm wird - angepasst an die speziellen Belange des Schienenverkehrs der Eisenbahn und des ÖPNV- wie folgt erläutert.

Für die Beurteilung ist zunächst die maximale bewertete Schwingstärke ( $KB_{Fmax}$ ) heranzuziehen und mit dem Anhaltswert  $A_u$  zu vergleichen:

$$KB_{Fmax} \leq A_u \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (Eisenbahn)} \quad (1)$$

$$KB_{Fmax} \leq 1,5 \cdot A_u \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (ÖPNV)} \quad (2)$$

Liegt für die Eisenbahn  $KB_{Fmax}$  über  $A_u$  (bzw.  $1,5 \cdot A_u$  für den ÖPNV), so ist unter Verwendung der Fahrplandaten die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTT}$  zu ermitteln. Für Schienenwege kann  $KB_{FTT}$  unter Verwendung des auf die einzelnen Gleise bezogenen Taktmaximal-Effektivwertes ( $KB_{FTm}$ ) nach Gleichung (3) berechnet werden:

$$KB_{FTT} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^g N_{ei} KB_{FTm,i}^2} \quad (3)$$

$N_r$  Anzahl der 30-s-Takte im Beurteilungszeitraum

tags:  $N_r = 1920$

nachts:  $N_r = 960$

$N_{ei}$  Anzahl der Fahrten auf Gleis  $i$  im jeweiligen Beurteilungszeitraum

$g$  Anzahl der Gleise

(Hinweis: Für Züge und Straßenbahnen gilt, dass die Erschütterungseinwirkungszeit einer Vorbeifahrt kleiner als 30 s ist. Bei Güterzügen kann die Einwirkzeit auch zwischen 30 s und 60 s liegen.).

Für die Beurteilung der Erschütterungen in Wohngebäuden gilt jetzt:

$$KB_{FTT} \leq A_r \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (Eisenbahn)} \quad (4)$$

$$KB_{FTT} \leq 1,5 \cdot A_r \rightarrow \text{Richtwert eingehalten (ÖPNV)} \quad (5)$$



Bei Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] ist nicht auszuschließen, dass die Nutzer des Gebäudes Erschütterungen spüren und diese als belästigend ansehen. Die Norm geht lediglich davon aus, dass erhebliche Belästigungen in der Regel ausgeschlossen werden können.

Im Falle des Umbaus einer vorhandenen Gleisanlage treten im Bestand schon nachweisbare Erschütterungsimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Insofern liegt eine Vorbelastung vor, die bei der weiteren Beurteilung berücksichtigt wird. Eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen von Schienenverkehrswegen um weniger als 25 % durch Umbauplanungen wird allgemein als zulässig angesehen. Insofern ergibt sich folgende Vorgehensweise bei der Beurteilung:

$$KB_{FTr,Bestand} \cdot 125\% < KB_{FTr,Planung} \rightarrow \text{keine Schutzmaßnahme erforderlich} \quad (6)$$

Obige Regelung gilt, solange keine Gesundheitsgefährdung vorliegt, auch im Falle der Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1]. Eine Festlegung dazu, bei welcher Größenordnung Erschütterungsimmissionen eine Gesundheitsgefährdung darstellen liegt nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass dies erst bei Werten deutlich über den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] eintritt.

#### 4.3 KÖRPERSCHALL

Ein Orientierungswert zur Beurteilung der Zulässigkeit der durch Körperschallübertragungen des Schienenverkehrs entstehenden Innenraumpegel (Sekundärluftschall) ist weder gesetzlich festgelegt noch in einer DIN-Norm oder VDI-Richtlinie angegeben. Die im Rahmen für Planungen von Verkehrswegen heranzuziehende 16.BImSchV [5] befasst sich mit den Luftschallimmissionen und beinhaltet keine Festlegungen für Körperschallimmissionen. Die bei städtebaulichen Planungen durchzuführende Beurteilung der Luftschallimmissionen erfolgt in der Regel nach DIN 18005 – Schallschutz im Städtebau - [8]. Im zugehörigen Beiblatt 1 werden Orientierungswerte für die Beurteilung der Luftschallpegel im Rahmen von städtebaulichen Planungen angegeben. Die Beurteilung bezieht sich auf Mittelungspegel im Außenbereich. Hinweise für die Beurteilung von Körperschallpegel in Wohnräumen sind der Norm ebenfalls nicht zu entnehmen.

Der 7. Senat des Bundesverwaltungsgerichts hat zu einer Eisenbahnplanung [9] u. a. folgende Festlegungen zur Beurteilung der Körperschallimmissionen (sekundärer Luftschall) getroffen:

*Ein spezielles Regelwerk zur Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle beim sekundären Luftschall gibt es bislang nicht. Zur Schließung dieser Lücke ist auf Regelungen zurückzugreifen, die auf von der Immissionscharakteristik vergleichbare Sachlagen zugeschnitten sind. Dabei ist in erster Linie dem Umstand Rechnung zu tragen, dass es sich bei dem hier auftretenden sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt. Das legt eine Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) nahe (vgl. auch VGH Mannheim, Urteil vom 8. Februar 2007 – 5 S 2224/05 – ESVGH 57, 148 <168ff.>=juris Rn. 121 ff.; Geiger, in Ziekow, Praxis des Fachplanungsrechts, 2004, 2. Kap. Rn 336).*

*Zu Recht setzt die Beklagte den in der Tabelle 1 der Anlage zur 24. BImSchV (Berechnung der erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maße) aufgeführten „Korrektursummand D in dB zur Berücksichtigung der Raumnutzung“ nicht mit dem grundsätzlich einzuhaltenden Innengeräuschpegel gleich. Denn dieser ergibt sich erst durch die Hinzurechnung eines weiteren Korrekturwerts von 3 dB (A), der die unterschiedliche Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtetem Schall gegenüber diffusen Schallfeldern berücksichtigt (siehe BRDrucks 463/96 S. 16; BRDrucks 463/96 S. 4 f.; 7).*

Bei Neubauplanungen von Eisenbahntrassen erfolgt, basierend auf diesem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts [9], in der Regel eine Beurteilung der Körperschallpegel anhand der um 3 dB(A) erhöhten zulässigen Innenraumpegel nach 24. BImSchV [10]. Demnach wäre ein Dauergeräuschpegel von 30 dB(A) für Schlafräume, 40 dB(A) für Wohnräume und 45 dB(A) für Büros zulässig.

Bei diesem für Eisenbahnen entstandenem Urteil bleibt unberücksichtigt, dass bei Straßenbahnen deutlich geringere Einwirkzeiten für Körperschallimmissionen auftreten. Der Unterschied zwischen Maximalpegel und Beurteilungspegel steht damit bei Straßenbahnen in einem ungünstigeren Verhältnis als bei Eisenbahnen. Insofern ist es bei Straßenbahnen empfehlenswert, eine Beurteilung der Maximalpegel vorzunehmen. Dies kann beispielsweise nach VDI 2719 [3] erfolgen.

In der VDI-Richtlinie 2719 – Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen - [3] werden in der Tabelle 6 (hier Tabelle 3) Anhaltswerte für von außen in Aufenthaltsräume eindringendem Schall genannt, die nicht überschritten werden sollten. Auch diese Werte gelten in strenger Anwendung der VDI 2719 [3] nur für Luftschallübertragungen. Im Rahmen von Planfeststellungsverfahren für Schienenverkehrswege erfolgt häufig eine Orientierung an diesen Werten, wobei in der Regel, wie zuvor beschrieben, das Maximalwertkriterium maßgebend ist.

<b>Raumart</b>	<b>mittlere Maximalpegel <math>\bar{L}_{max}</math> in dB(A)</b>
<b>Schlafräume nachts</b>	
in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	35 bis 40
in allen übrigen Gebieten	40 bis 45
<b>Wohnräume tagsüber</b>	
in reinen und allgemeinen Wohngebieten, Krankenhaus- und Kurgebieten	40 bis 45
in allen übrigen Gebieten	45 bis 50
<b>Kommunikations- und Arbeitsräume tagsüber</b>	
Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen Aulen	40 bis 50
Büros für mehrere Personen	45 bis 55
Großraumbüros, Gaststätten, Schalterräume, Läden	50 bis 60

**Tabelle 3: Anhaltswerte für zulässige Innenpegel nach VDI 2719 [3]**

In der TA-Lärm [2] werden für den Sekundärluftschall unter Abschnitt 6.2 unabhängig von der Gebietsausweisung folgende Werte festgelegt:

$$L_{AFmax} < 45 \text{ dB(A) am Tag} \quad (7)$$

$$L_{AFmax} < 35 \text{ dB(A) in der Nacht}$$

$$L_{Aeq} < 35 \text{ dB(A) am Tag} \quad (8)$$

$$L_{Aeq} < 25 \text{ dB(A) in der Nacht}$$

Im Falle des Umbaus einer vorhandenen Gleisanlage treten im Bestand schon nachweisbare Körperschallimmissionen in der vorhandenen Bebauung auf. Insofern liegt eine Vorbelastung vor, die bei der weiteren Beurteilung berücksichtigt wird. Für den Körperschall kann dann in Anlehnung an die Bestimmungen der 16. BImSchV [5] festgelegt werden, dass eine Erhöhung des Körperschallimmissionsstatus um mind. 3 dB (A) als wesentliche Änderung anzusehen ist. Die Beurteilung kann also wie folgt erfolgen:

$$\Delta L_p < 3 \text{ dB(A)} \rightarrow \quad \text{keine Schutzmaßnahme erforderlich} \quad (9)$$

$$\text{mit } \Delta L_p = \Delta L_{p,Planung} - \Delta L_{p,Bestand} \quad (10)$$

## 5 IMMISSIONSPROGNOSE

Für die Vorausbestimmung der von oberirdischen Straßenbahnstrecken ausgehenden Körperschall- und Erschütterungsimmissionen existiert bis heute kein rein analytisches Verfahren. Die Immissionsprognose erfolgt daher auf der Basis des Entwurfes für die DIN 45672-3:2023-02 – Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen – Teil 3: Prognoseverfahren auf Basis von Terzspektren [11].

Hinweise zur Durchführung der Immissionsprognose enthält die Richtlinie VDI 3837 – Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen, Spektrales Prognoseverfahren, von Januar 2013 [12] -, in der ein spektrales Prognoseverfahren global beschrieben wird. Ein konkretes Rechenverfahren mit festgelegten Rechenparametern wird dort allerdings nicht angegeben.

Die Prognose der frequenzabhängigen Schwinggeschwindigkeit  $L_v(f_{Tn})$  an einem Immissionspunkt erfolgt entsprechend Gleichung (11) (Gleichung (1) der DIN [11]).

$$L_v(f_{Tn}) = L_{v,E}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,BB}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,FB}(f_{Tn}) + \Delta L_{v,DF}(f_{Tn}) + D_e(f_{Tn}) \quad (11)$$

$f_{Tn}$	Frequenz der $n$ -ten Terz im Terzspektrum
$L_{v,E}(f_{Tn})$	Emissionsspektrum (Emissionssystem)
$L_{v,BB}(f_{Tn})$	Einfluss der Schwingungsausbreitung im Boden zwischen Emissionspunkt und Gebäude (Transmissionssystem)
$L_{v,FB}(f_{Tn})$	Übertragung vom Boden auf das Gebäude (primäres Immissionssystem)
$L_{v,DF}(f_{Tn})$	Übertragung innerhalb des Gebäudes (sekundäres Immissionssystem)
$D_e(f_{Tn})$	Minderungswirkung von Maßnahmen (Einfügungsdämm-Maß, siehe DIN 45673-1 [13])

Für die Berechnung der Erschütterungsimmissionen ist entsprechend [11] der Frequenzbereich von  $f_T = 4 - 250$  Hz relevant. Aus den prognostizierten Schwinggeschwindigkeitspegeln wird die bewertete Schwingstärke in Form des Taktmaximal-Effektivwertes bestimmt. Aus diesem Wert lässt sich dann die Beurteilungs-Schwingstärke unter Berücksichtigung der Fahrtenanzahl ermitteln [1].

Für die Berechnung der Körperschallimmissionen ist der Frequenzbereich  $f_T = 4 - 250$  Hz zu betrachten. Aus dem unbewerteten Schalldruckpegel am Immissionsort werden dann der für die Beurteilung anhand des Orientierungswertes nach VDI 2719 [3] maßgebende A-bewertete Schalldruckpegel in Form des mittleren Maximalpegels sowie der für die Beurteilung nach Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts [9] benötigte Beurteilungspegel ermittelt.

## 5.1 ERSCHÜTTERUNGSSIMMISSIONEN

Für die hier durchzuführenden Betrachtungen werden die Ergebnisse der Immissionsprognose mit den entsprechenden Anhalts- und Orientierungswerten nach Abschnitt 4 verglichen und beurteilt.

$$KB_{FTm} = K_b v_0 10^{L'_v/20} \quad (12)$$

empirisch ermittelter Korrekturwert für folgende, den Schienenverkehr betreffende Rechenmodi

- $K_b$
- Anpassung  $L'_v$  an  $v$
  - Bestimmung von  $KB_F$  aus  $v$

hier:  $K_b = 1$

$v_0 = 5 \cdot 10^{-5}$  mm/s Bezugsgeschwindigkeit

$L'_v$  Schwinggeschwindigkeitspegel für den Frequenzbereich  $f_T \in \{4, 250\}$  Hz

Damit ergibt sich der Taktmaximal-Effektivwert der bewerteten Schwingstärke ( $KB_{FTm}$ ) als Prognosewert. Aus  $KB_{FTm}$  wird unter Berücksichtigung der Fahrplansituation die Beurteilungsschwingstärke errechnet. Die maximale bewertete Schwingstärke ergibt sich in etwa zu:

$$KB_{Fmax} = 1,5 KB_{FTm} \quad (13)$$

## 5.2 KÖRPERSCHALLIMMISSIONEN

Aus der Immissionsprognose ergibt sich der Schwinggeschwindigkeitspegel des betrachteten Deckenfeldes. Aus dem Schwinggeschwindigkeitspegel lässt sich der im Raum aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) abschätzen. Hierzu lässt sich ein beispielsweise aus einer Messung ermitteltes Umwandlungsmaß anwenden. Alternativ kann der Sekundärluftschall nach einer Rechenfunktion (siehe A. Said, H.-P. Grütz, R. Garburg: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung Januar 2006/ 53. Jahrgang Seite 12 ff [14]) wie folgt abgeschätzt werden:

$$L_p = X \text{ [dB]} + y L_{v,p} \text{ [dB]} \quad (14)$$

- $X$  Festwert in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart  
 $y$  Faktor in Abhängigkeit von der Frequenz und Deckenbauart  
jeweils im Frequenzbereich  $f_T \in \{5, 80\}$  Hz

Bei der Verwendung dieser Rechenfunktion wird das Umwandlungsmaß nicht ausgewiesen, da der Schalldruckpegel direkt ermittelt wird. Aus den vorbereiteten Prognosewerten des Schalldrucks wird anschließend der bewertete Summenschallpegel ermittelt:

$$L_{pAm} = 10 \log \left( \sum_{i=f_{Tu}}^{f_{To}} 10^{0,1(L_{pm,T} + K_A)} \right) \text{ dB(A)} \quad (15)$$

- $f_{Tu}, f_{To}$  untere bzw. obere Terzmittenfrequenz des maßgebenden Frequenzbereiches  
 $f_{Tu} = 5 \text{ Hz}$  bis  $f_{To} = 80 \text{ Hz}$   
 $L_{pm,T}$  Schalldruckpegel bei der entsprechenden Terzmittenfrequenz  
 $K_A$  A-Bewertung entsprechend DIN 45634

Da die Prognose auf energetischen Mittelwerten ( $L_{pAm}$ ) basiert, entsprechen die Ergebnisse der Berechnung des Sekundärluftschalls dem zu erwartenden mittleren Maximalpegel. Der absolute Maximalpegel ergibt sich in etwa zu:

$$L_{pAmax} = L_{pAm} + 3 \text{ dB(A)} \quad (16)$$

## 6 PROGNOSEERGEBNISSE UND BEURTEILUNG

Das angesetzte Emissionsspektrum basiert auf vorliegenden Messungen in Nürnberg und entspricht einem für den Betrieb von Gleisanlagen in Nürnberg typischen Spektrum. Das Spektrum wird um einen Korrekturfaktor angepasst, um Mess- und Prognoseungenauigkeiten auszugleichen. Das resultierende Emissionsspektrum wird in Tabelle 4 dargestellt.

$f_{Tn}$ [Hz]	4	5	6	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	62,5	80	100	125	160	200	250
$L_{v,E}$ [dB] Rasengleis / Rheda City	29	29	32	33	39	43	45	49	45	50	54	53	56	60	64	57	44	37	34
$L_{v,E}$ [dB] Schwellen- gleis im Schotterbett	26	26	33	36	45	46	46	49	42	42	46	45	48	55	62	55	42	35	32

**Tabelle 4: verwendetes Emissionsspektrum und Weichenzuschlag**

In der Planung befinden sich Gebäude in unmittelbarer Nähe zu der Strecke. Der Einfluss der Lage der Gleisachse wird nach einer Ausbreitungsmessung im Gelände des nahegelegenen Brunecker-Areals festgelegt:

Weiterhin ist der Einfluss des Gebäudes auf die Schwingungsausbreitung vom Fundament zur maßgebenden Gebäudedecke zu berücksichtigen. Für die Immissionsprognose wurden vier Differenzspektren (Deckeneigenfrequenzen: 10 Hz, 16 Hz, 25 Hz, 40 Hz) dargestellt, die die Bandbreite der zu erwartenden Übertragung darstellen.

Im Rahmen der Immissionsprognose wurden mehrere Immissionsorte (IO) ausgewählt und beurteilt. Für die restlichen Gebäude im Einwirkungsbereich gelten analoge Schlussfolgerungen. Die beurteilten Immissionsorte sind in Tabelle 5 zusammen mit der bei der Ortsbegehung eingeschätzten Kategorie und den sich daraus ergebenden Anhalts- und Orientierungswerten nach Abschnitt 4 aufgelistet.

Die zugrundeliegende Gebietseinstufung ist in Anlage-Nr. 1.2 dargestellt. Die zugrundeliegenden Abstände zur Gleisachse werden den Lageplänen (Anlage-Nr. 1.3) entnommen.



IO	Adresse	$A_u$		$A_r$		$L_{eq}$ [dB(A)] TA-Lärm		$\bar{L}_{max}$ [dB(A)] VDI2719	
		T	N	T	N	T	N	T	N
1	Allersberger Str. 162	0,225	0,15	0,105	0,075	35	25	40	35
2	Allersberger Str. 167	0,225	0,15	0,105	0,075	35	25	40	35
3	Allersberger Str. 176	0,225	0,15	0,105	0,075	35	25	40	35
4	Allersberger Str. 190	0,3	–	0,15	–	35	–	45	–
5	Sperberstraße 166	0,15	–	0,075	–	35	–	40	–
6	Frankenstraße 211	0,225	0,15	0,105	0,075	35	25	40	35
7	Frankenstraße 210	0,3	–	0,15	–	35	–	45	–

**Tabelle 5: Liste der beurteilten Immissionsorte inkl. der 1, 5-fachen Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  nach DIN 4150-2 [1] und Orientierungswerte nach TA-Lärm [2] bzw. VDI 2719 [3]**

In der Anlage-Nr. 1 ist die örtliche Situation und die Lage der Immissionsorte in einem Lageplan dargestellt. Der Anlage-Nr. 2 sind Fotos der exemplarisch ausgewählten Gebäude zu entnehmen. Der Anlage-Nr. 3 sind die Ergebnisblätter der Prognoseberechnung zu entnehmen.

In Tabelle 6 werden die Gebäude zusammenfassend dargestellt, bei denen Überschreitungen der 1,5 -fachen Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] durch Erschütterungseinwirkungen prognostiziert werden.

In Tabelle 7 werden die Gebäude zusammenfassend dargestellt, bei denen Überschreitungen der Orientierungswerte der TA-Lärm [2], VDI 2719 [3] oder 24. BImSchV [10] prognostiziert werden.

In der Allersberger Straße befindet sich bereits im Bestand eine Gleisanlage. Für die Immissionsorte dort wird, wie in Abschnitt 4 beschrieben, zusätzlich geprüft, ob eine Verschlechterung der Immissionssituation vorliegt. Eine Zunahme der Erschütterungsimmissionen um weniger als 25 % wird auch bei Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 als zulässig angesehen. Eine Zunahme der Körperschallimmissionen um weniger als 3 dB (A) wird auch bei Überschreitung der Orientierungswerte als zulässig angesehen. In Tabelle 8 wird die prognostizierte Zunahme der Immissionen dargestellt.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der Gleisanlage zu fühlbaren Erschütterungsimmissionen kommen kann ( $KB_{Fmax} > 0,1$ ). Darüber hinaus werden bei einem Teil der untersuchten Objekte die Anhaltswerte  $A_r$  oder  $A_o$  der DIN 4150-2 [1] überschritten.

Es ist festzustellen, dass es in der Umgebung der Gleisanlage zu hörbaren Körperschallimmissionen kommen kann. Die Orientierungswerte der TA-Lärm [2] bzw. der VDI 2719 [3] werden voraussichtlich weiträumig überschritten.

Es ist weiterhin festzustellen, dass sich die Immissionssituation in den Bereichen, in denen ein Oberbauwechsel von dem bestehenden Schottergleis (teils in Trog- / Tunnellage) zu einer Betonunterkonstruktion (Rasengleis mit Betonlängsbalken oder Rheda Cytii) voraussichtlich über die in Abschnitt 4 beschriebenen Veränderungskriterien hinaus erhöht.

Gebäude	Überschreitung der 1,5-fachen Anhaltswerte	
	Tag	Nacht
Allersberger Str. 162		X
Allersberger Str. 167		X
Allersberger Str. 176		X
Allersberger Str. 190 (Karrierecenter der Bundeswehr)		
Sperberstraße 166 (Baptistengemeinde)		
Frankenstraße 211		
Frankenstraße 210 (Hauptzollamt)		

**Tabelle 6: Zusammenfassung der prognostizierten Überschreitungen durch Erschütterungseinwirkungen nach den Kriterien der DIN 4150-2 [1]**

Gebäude	TA-Lärm [2]		VDI 2719 [3]		24. BImSchV [10]	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Allersberger Str. 162	X	X	X	X		
Allersberger Str. 167	X	X	X	X		
Allersberger Str. 176	X	X	X	X		
Allersberger Str. 190 (Karrierecenter der Bundeswehr)	X					
Sperberstraße 166 (Baptistengemeinde)	X		X			
Frankenstraße 211	X	X	X	X		
Frankenstraße 210 (Hauptzollamt)	X					

**Tabelle 7: Zusammenfassung der prognostizierten Überschreitungen durch Körperschalleinwirkungen nach den unterschiedlichen Kriterien aus Abschnitt 4.3**

Gebäude	Zunahme $KB_{FT,r}$ um mehr als 25%		Zunahme $L_p$ um mehr als 3 dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Allersberger Str. 162				
Allersberger Str. 167				
Allersberger Str. 176	X	X	X	X
Allersberger Str. 190 (Karrierecenter der Bundeswehr)	X	X	X	X

**Tabelle 8: Zusammenfassung der prognostizierten Zunahme der Schwingungsimmissionen im Umbaubereich auf der Allersberger Straße**

## **7 MASSNAHMEN**

Insgesamt ist festzustellen, dass Maßnahmen erforderlich sind, die eine Minderung der Schwingungsimmissionen bewirken.

Die Schwingungsemissionen einer Gleisanlage lassen sich durch den Einsatz elastischer Oberbausysteme entsprechend DIN 45673 – Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen [13] – beeinflussen.

Bei der Wahl des elastischen Oberbaus ist zu beachten, dass in den Übergangsbereichen eine vom Straßenverkehr befahrbare Rillengleisanlage erforderlich ist. Das elastische System muss gewährleisten, dass die Schwingungsimmissionen folgende Kriterien erfüllen:

Im Bereich des Umbaus von Bestandsgleisen auf der Allersberger Straße bis zur jetzigen Bayernwanne müssen die 1,5-fachen Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1] eingehalten werden oder die Anhebung der Erschütterungsimmissionen im Vergleich zur Vorbelastung muss weniger als 25 dB betragen. Darüber hinaus müssen die Anhaltswerte der DIN 4150-3 für Einwirkungen auf Gebäude [6] eingehalten werden. Die Körperschallimmissionen müssen unterhalb der Orientierungswerte der VDI 2719 [3] liegen oder die Anhebung der Körperschallimmissionen im Vergleich zur Vorbelastung muss weniger als 3 dB(A) betragen.

Im Bereich des Neubaus südlich der jetzigen Bayernwanne müssen die 1,5 -fachen Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1] eingehalten werden. Darüber hinaus müssen die Anhaltswerte der DIN 4150-3 für Einwirkungen auf Gebäude [6] eingehalten werden. Die Körperschallimmissionen müssen unterhalb der Orientierungswerte der TA-Lärm [2] bzw. der VDI 2719 [3] liegen.

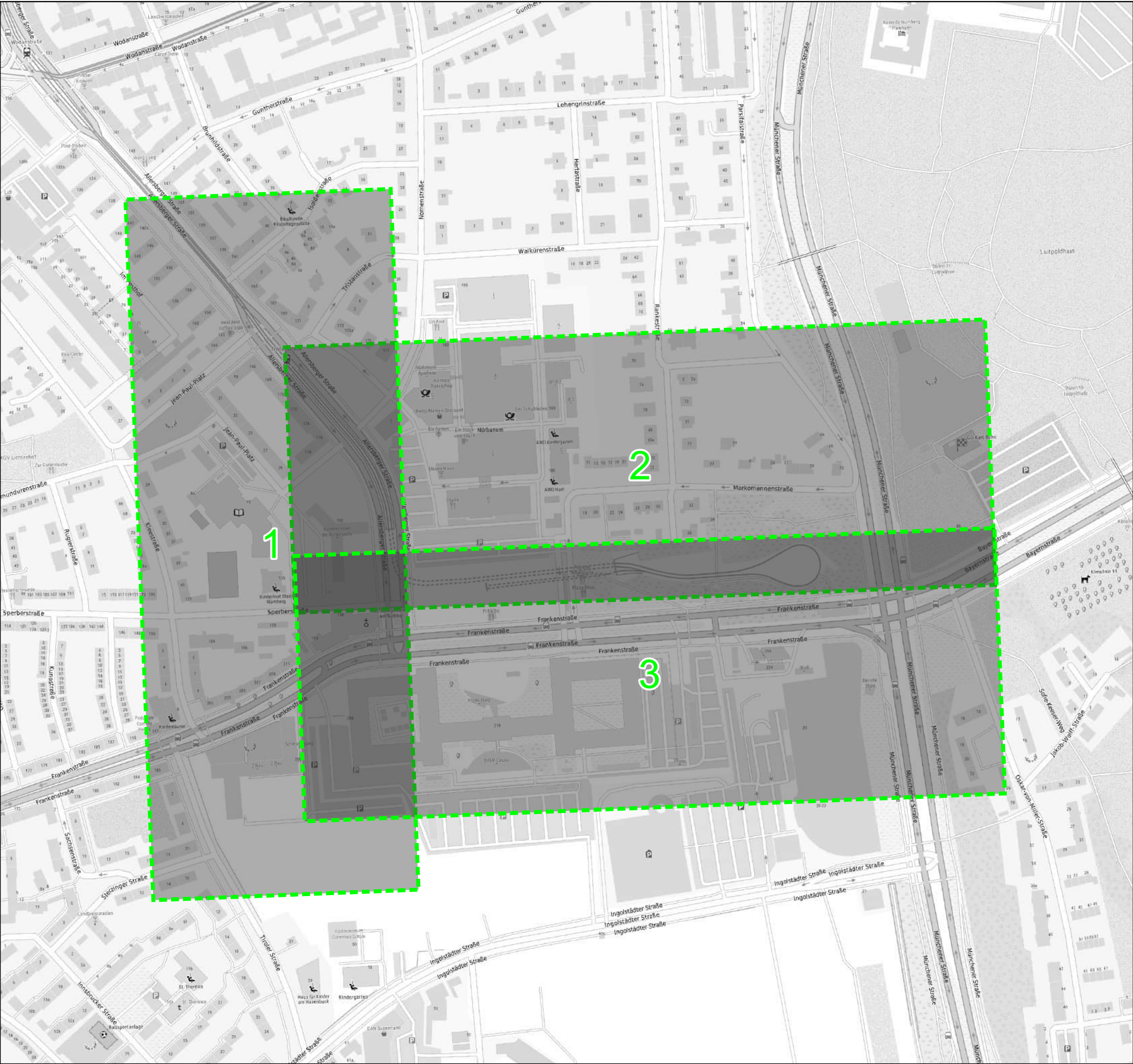
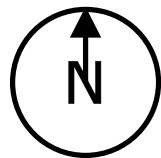
Eine Beweissicherungsmessung in dem Kirchengebäude der Baptistengemeinde wird vor Umbau empfohlen, um die Bestandssituation festzuhalten.

Die genaue Auslegung des elastischen Systems ist in der Ausführungsplanung rechnerisch zu bestimmen und festzulegen.

## **8 ANLAGEN**

<b>Anlage Nr.</b>	<b>Benennung</b>
1.1	Planungsumgriff
1.2	Gebietseinstufung nach BauNVO
1.3	Immissionsorte und Gleisachsen
1.4	Oberbauformen Schiene
2	Fotos der ausgewählten Immissionsorte
3	Detaillierte Prognoseergebnisse





- Legende:
- Planungsumgriff
  - Ausschnitte

Projekt:  
**Brunecker Straße  
Umbaugebiet**

Titel:  
**Planungsumgriff**

Plan- bzw. Anlagennummer:  
**A 1.1**

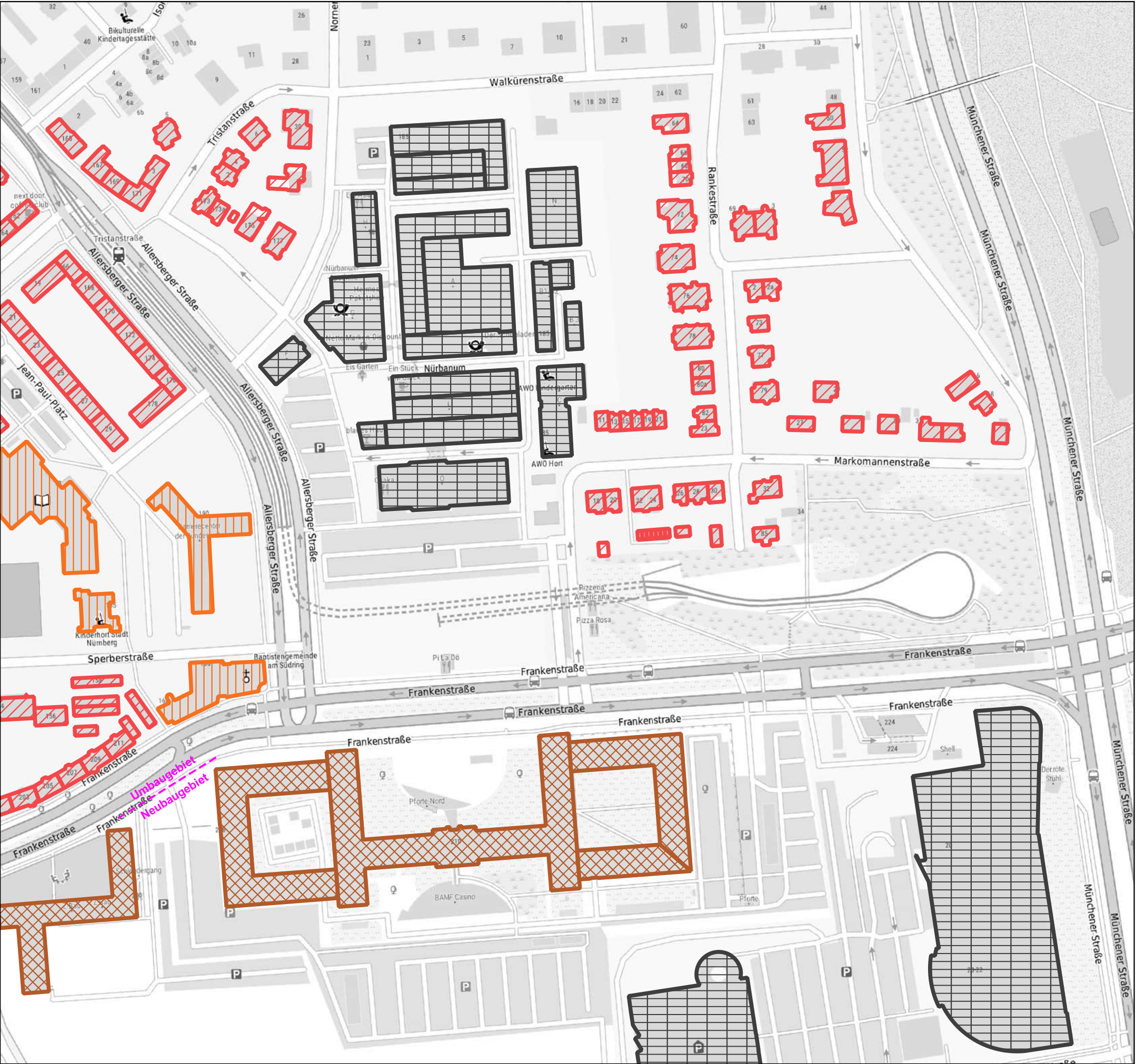
Bearbeiter:  
**T. Tietze**

Projektnummer:  
**22/7009**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





- Legende:
- Gebietseinstufung nach BauNVO
- Gewerbegebiet / Industriegebiet
  - Kerngebiet
  - Mischgebiet
  - allgemeines Wohngebiet
  - Sondergebiet

Projekt:

# Brunecker Straße Umbaugebiet

Titel:

## Gebietseinstufung

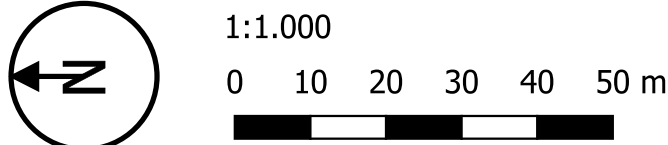
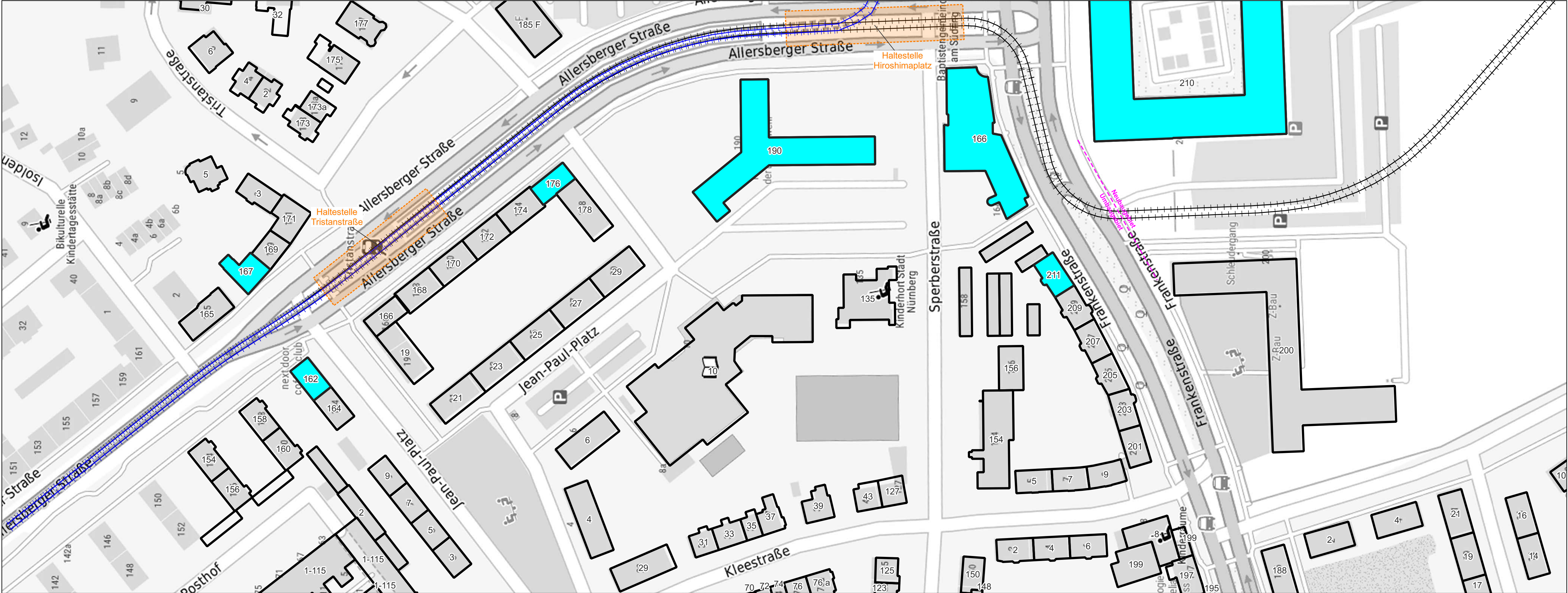
Plan- bzw. Anlagennummer:

### A 1.2

Bearbeiter:  
**T. Tietze**

Projektnummer:  
**22/7009**





- Legende:
- Immissionsorte
    - Beurteilte Immissionsorte
    - Gebäude
  - Gleise
    - SCH0 (P0)
    - SCH1 (P1)

Projekt:  
**Brunecker Straße  
Umbaugelände**

Titel:  
**Immissionsorte und  
Gleisachsen Ausschnitt 1**

Plan- bzw. Anlagennummer:  
**A 1.3.1**

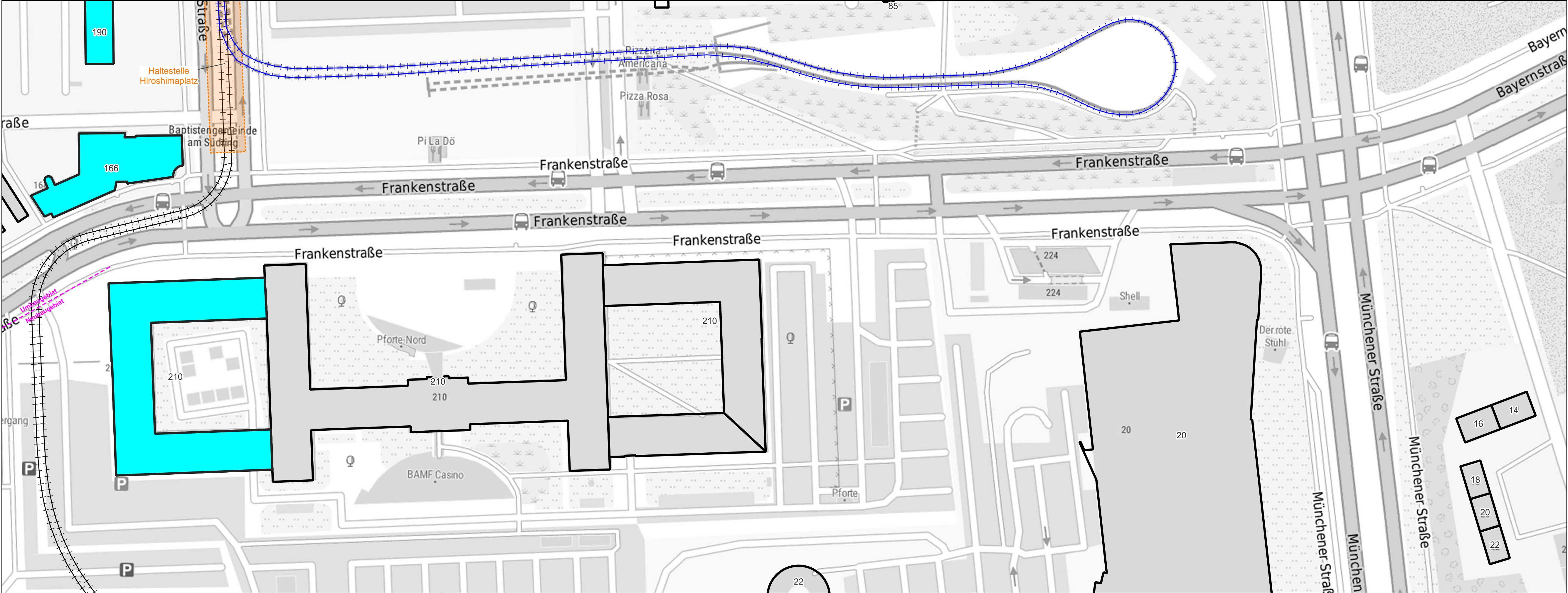
Bearbeiter:  
**T. Tietze**

Projektnummer:  
**22/7009**









Legende:

**Immissionsorte**

- Beurteilte Immissionsorte
- Gebäude

**Gleise**

- SCH0 (P0)
- SCH1 (P1)

Projekt:  
**Brunecker Straße  
Umbaugelände**

Titel:  
**Immissionsorte und  
Gleisachsen Ausschnitt 3**

Plan- bzw. Anlagennummer:  
**A 1.3.3**

Bearbeiter:  
**T. Tietze**

Projektnummer:  
**22/7009**

**FCP  
IBU**

FCP IBU GmbH

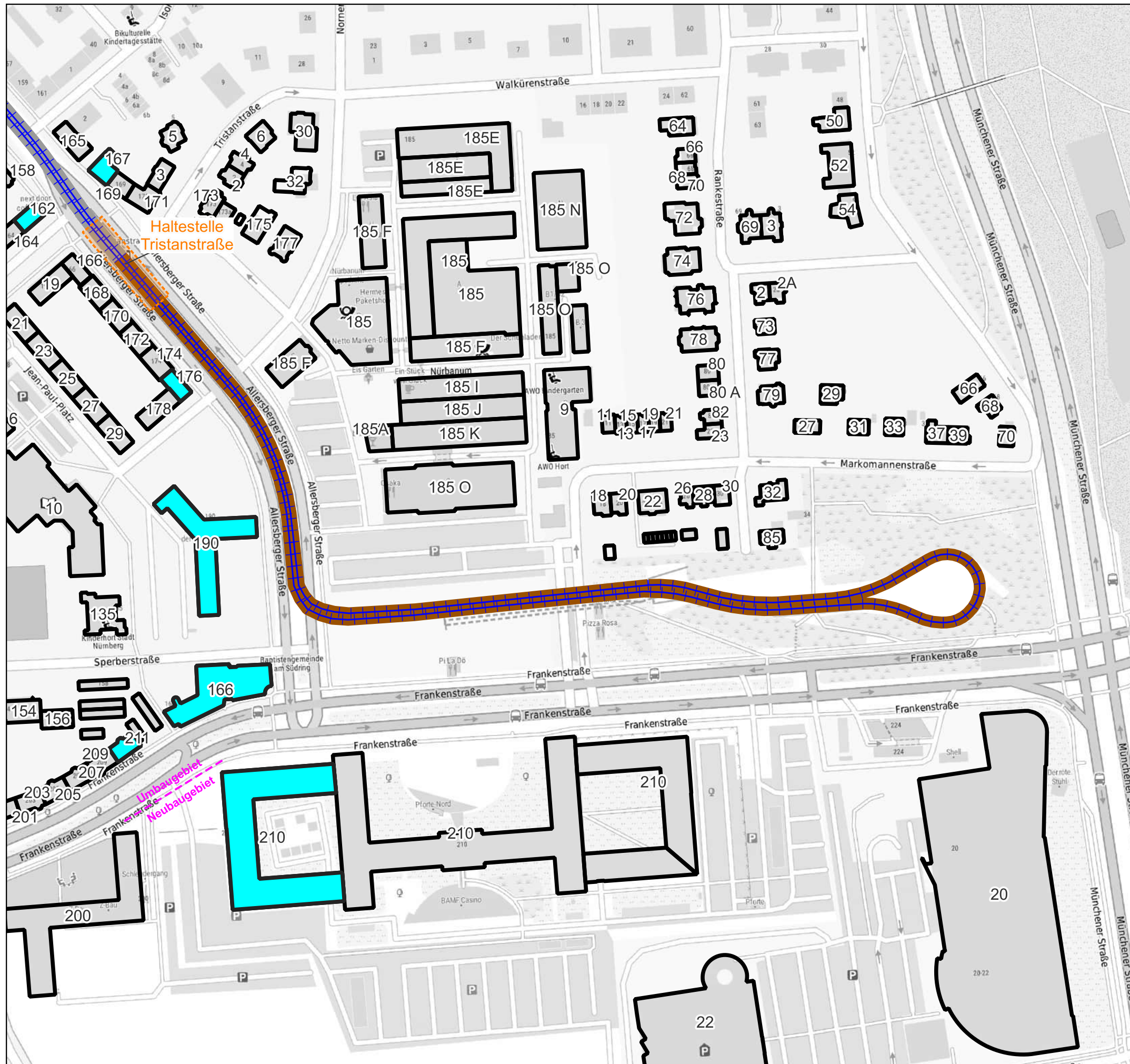
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen



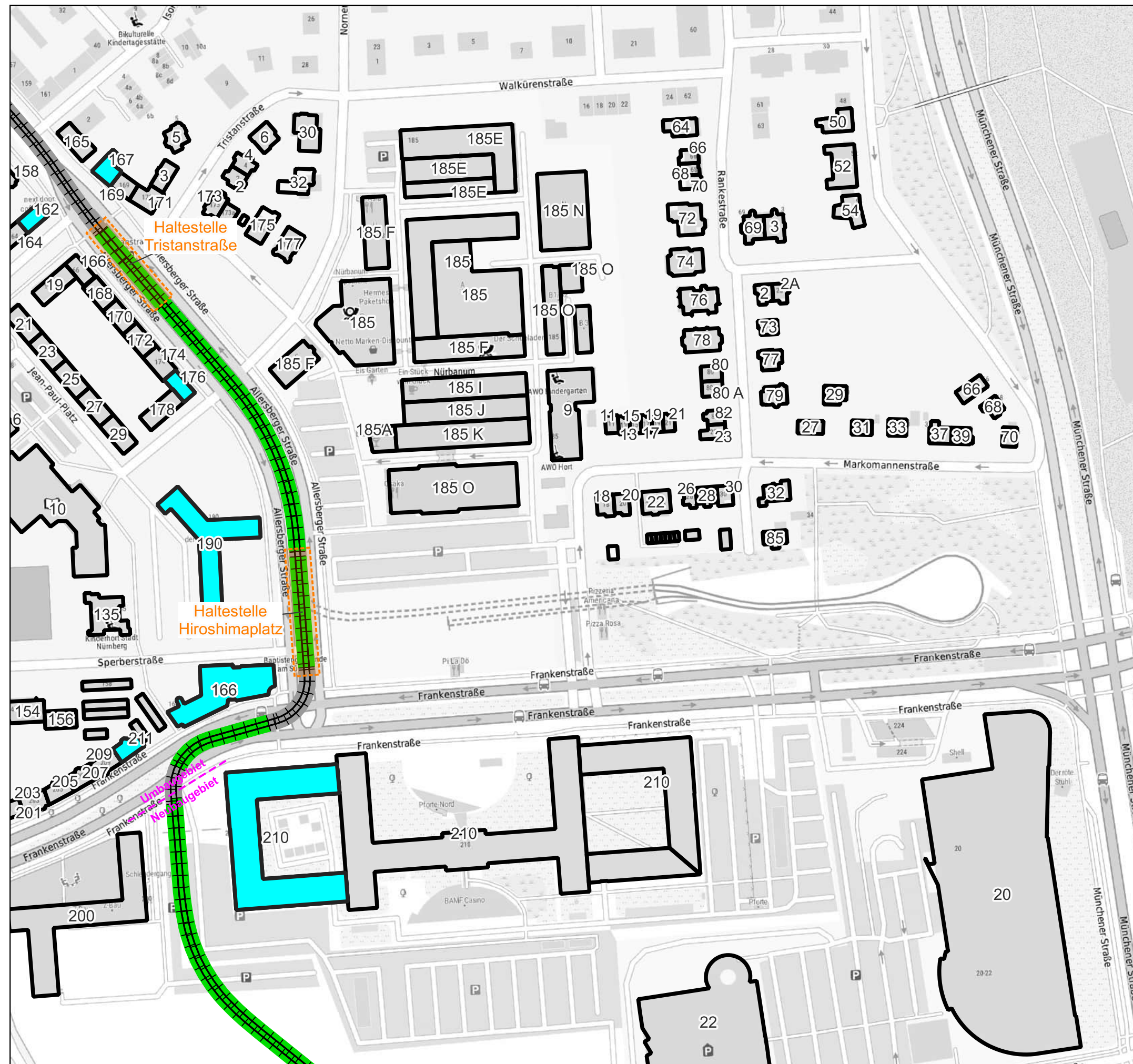


 Begrünter Bahnkörper (hochliegend)



Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen










Immissionsorte

-  Beurteilte Immissionsorte
-  Gebäude

Oberbauformen

-  Schwellengleis im Schotterbett
-  Straßenbündiger Bahnkörper
-  Begrünter Bahnkörper (hochliegend)

**FCP  
IBU**

Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen



AUFTRAGGEBER:  
VAG Verkehrs-  
Aktiengesellschaft

AUFTRAG-NR.:  
2022 007 009/02

Schwingungs- und Schalltechnische  
Untersuchung

ANLAGE-NR.:  
2.1

FOTOS IMMISSIONSPUNKTE

IO1: Allersberger Straße 162



IO2: Allersberger Straße 167



IO3: Allersberger Straße 176



IO4: Allersberger Straße 190  
(Karrierecenter der Bundeswehr)



AUFTRAGGEBER:  
VAG Verkehrs-  
Aktiengesellschaft

AUFTRAG-NR.:  
2022 007 009/02

Schwingungs- und Schalltechnische  
Untersuchung

ANLAGE-NR.:  
2.2

FOTOS IMMISSIONSPUNKTE

IO5: Sperberstraße 166  
(Baptistengemeinde am Südring)



IO6: Frankenstraße 211



IO7: Frankenstraße 210  
(Hauptzollamt Nürnberg)



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 1 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.0	30.8	30.0	30.4
5	33.5	31.6	30.4	29.7
6	38.6	35.2	34.0	33.3
8	44.2	37.7	35.7	34.6
10	55.9	45.5	42.1	40.9
12.5	51.9	53.4	46.9	45.0
16	48.8	60.7	50.4	46.9
20	48.3	56.4	57.9	51.4
25	43.3	47.1	59.0	48.6
31.5	45.7	48.3	56.4	58.0
40	48.7	52.6	56.4	68.3
50	48.0	51.1	53.8	61.8
63	50.0	53.1	56.9	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.8	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.5
160	33.1	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.4
250	20.0	23.1	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 2 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

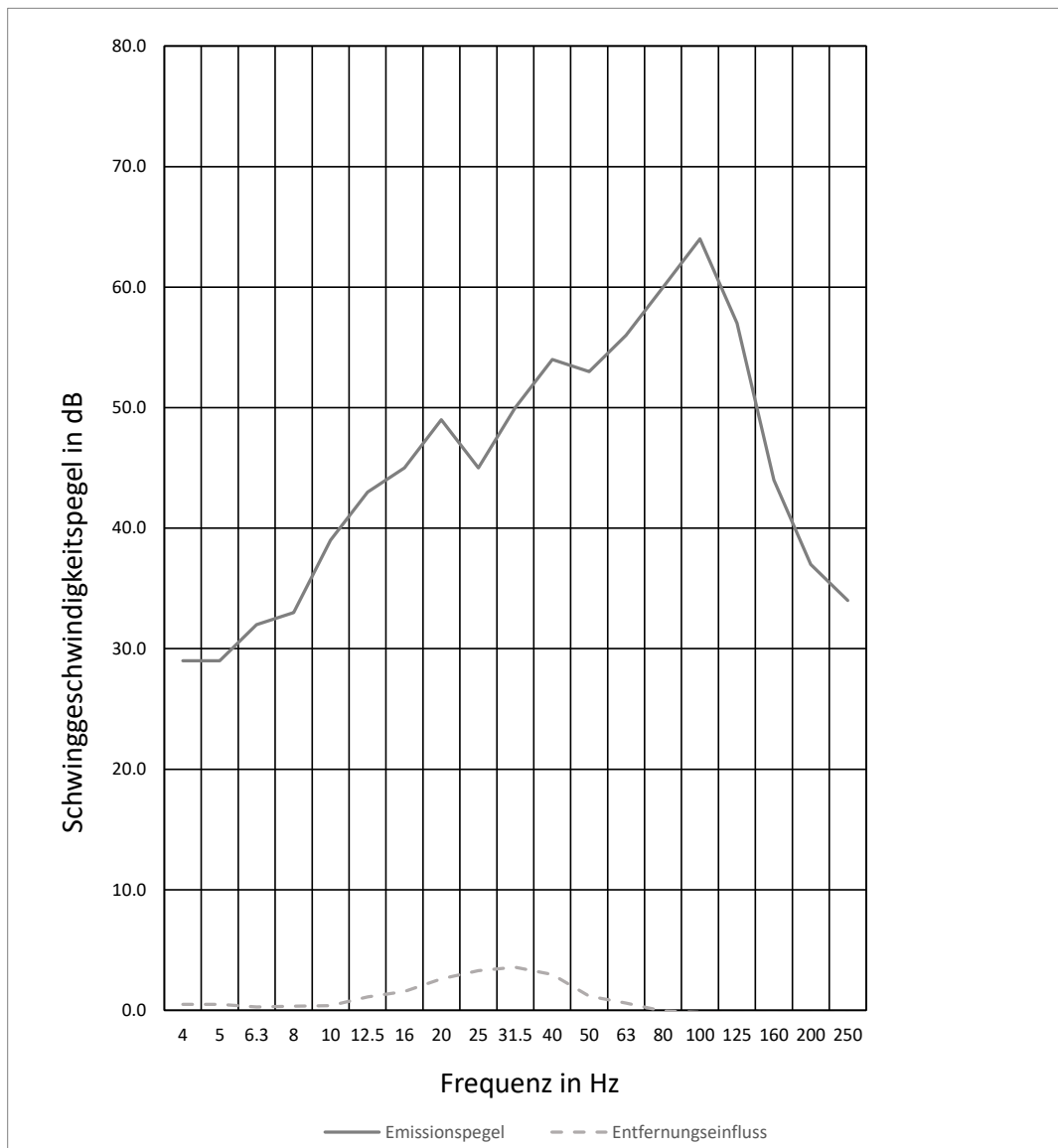
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

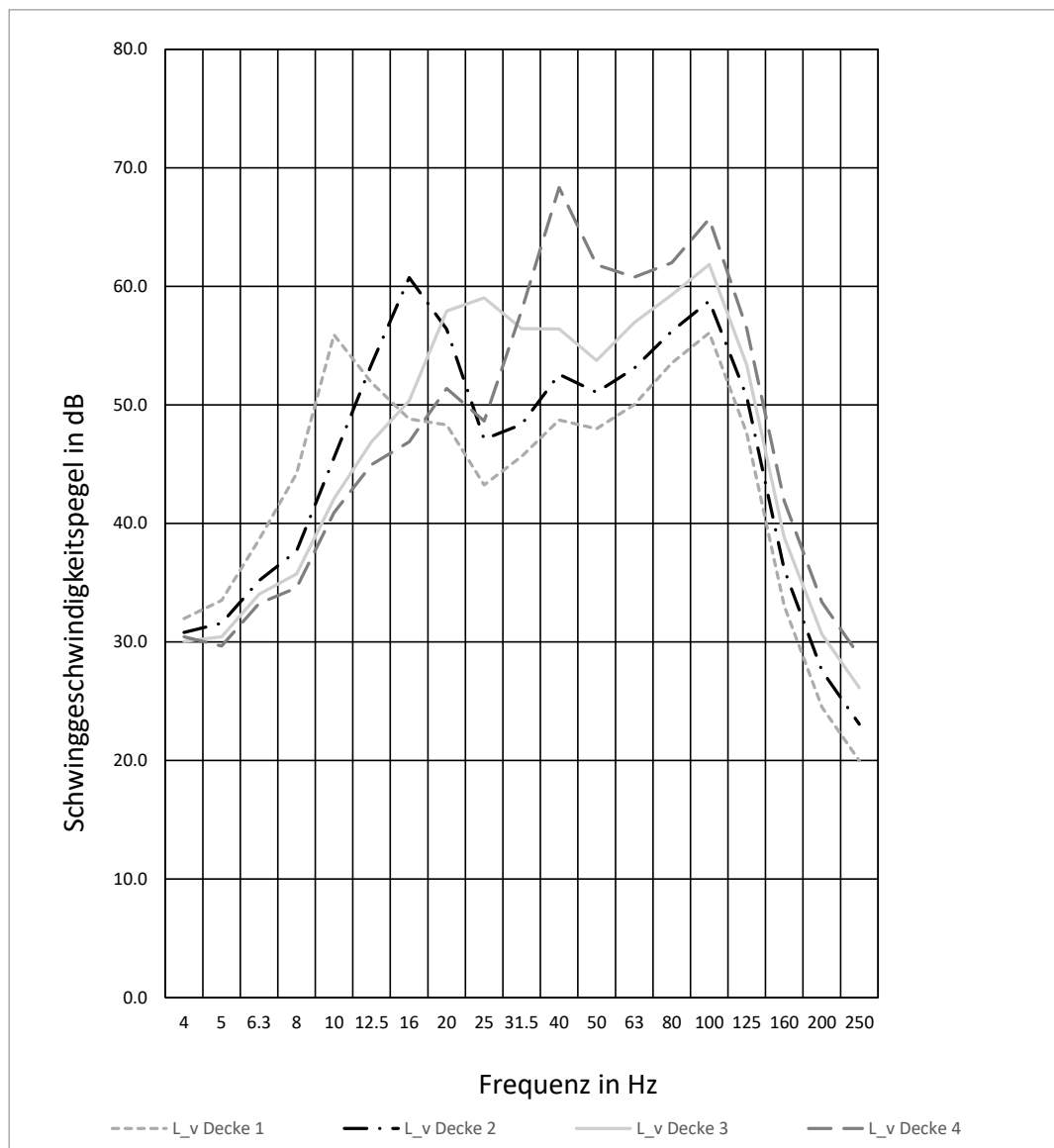
	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.065	0.098	0.121	0.201
<b>KB_Fmax =</b>	0.098	0.146	0.181	0.302
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.030	0.038	0.063
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.023	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.096	0.163	0.186	0.392
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.8
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 3 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	--



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 4 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 5 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.0	30.8	30.0	30.4
5	33.5	31.6	30.4	29.7
6	38.6	35.2	34.0	33.3
8	44.2	37.7	35.7	34.6
10	55.9	45.5	42.1	40.9
12.5	51.9	53.4	46.9	45.0
16	48.8	60.7	50.4	46.9
20	48.3	56.4	57.9	51.4
25	43.3	47.1	59.0	48.6
31.5	45.7	48.3	56.4	58.0
40	48.7	52.6	56.4	68.3
50	48.0	51.1	53.8	61.8
63	50.0	53.1	56.9	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.8	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.5
160	33.1	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.4
250	20.0	23.1	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 6 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

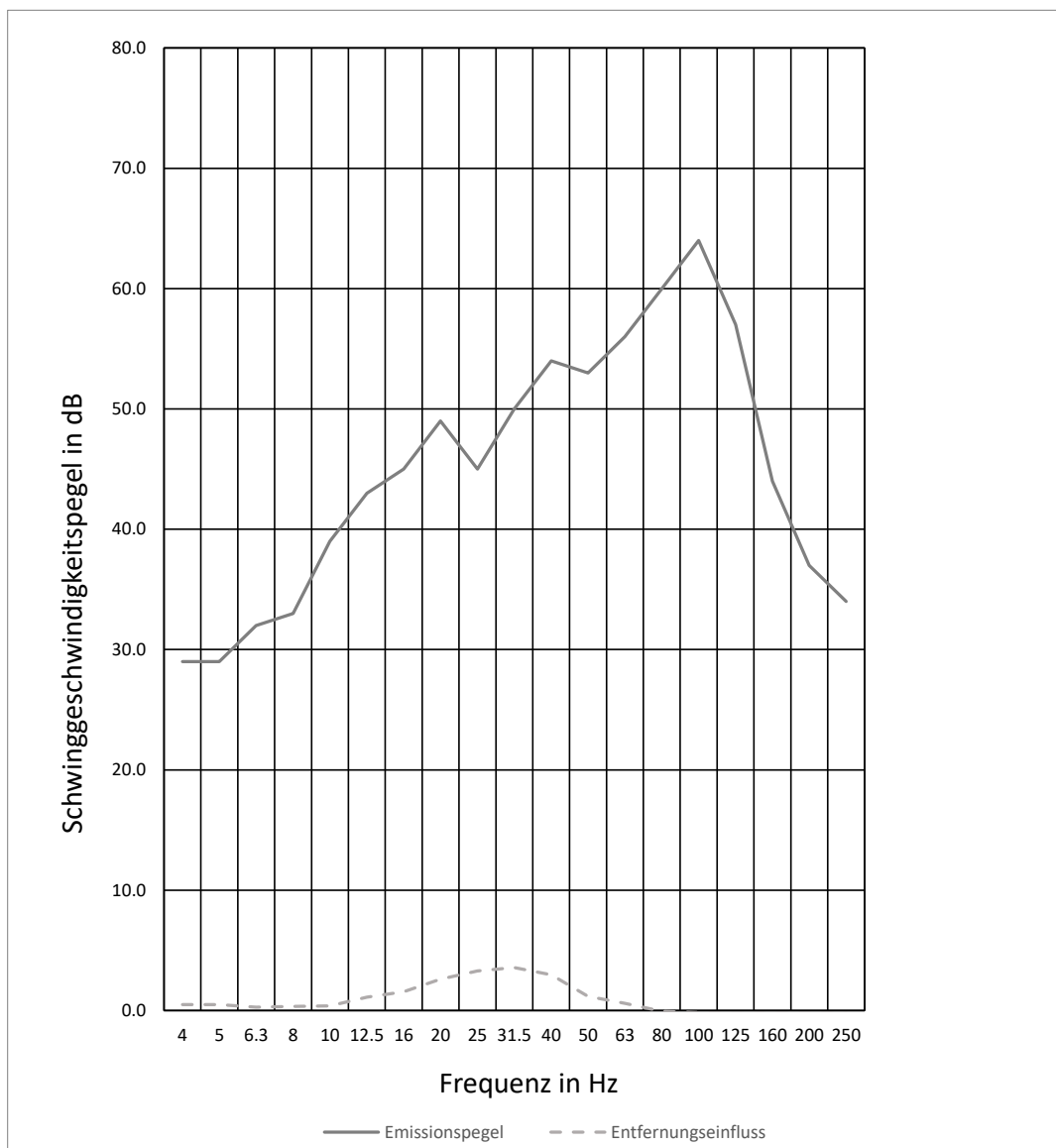
#### Fahrtanzahlen

<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

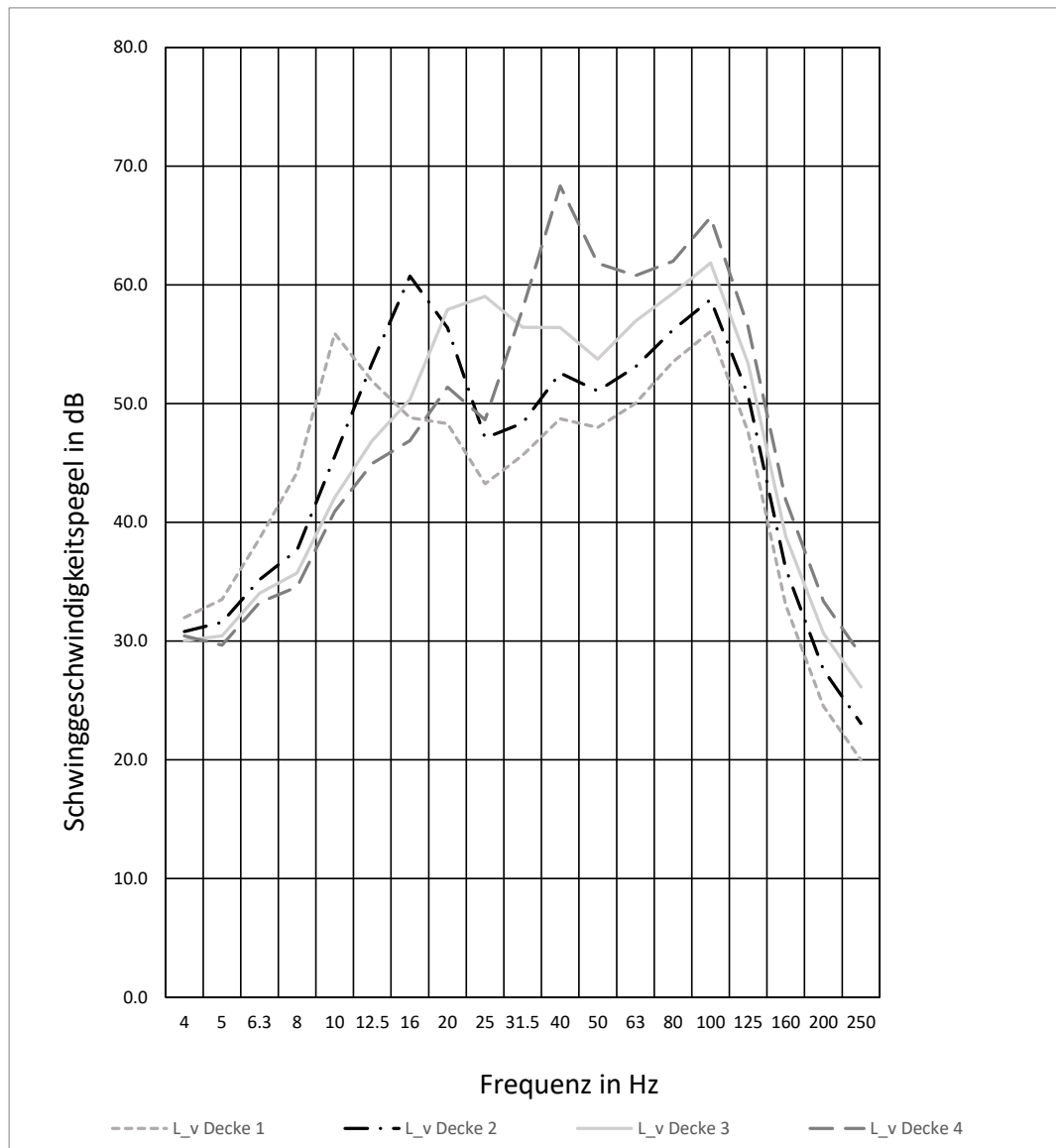
#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.065	0.098	0.121	0.201
<b>KB_Fmax =</b>	0.098	0.146	0.181	0.302
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.030	0.038	0.063
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.023	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.096	0.163	0.186	0.392
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.8
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 7 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	--



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 162 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 8 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 9 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	--

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.0	30.8	30.1	30.5
5	33.5	31.6	30.5	29.7
6	38.7	35.2	34.0	33.3
8	44.2	37.7	35.8	34.6
10	55.9	45.6	42.1	40.9
12.5	51.9	53.5	46.9	45.0
16	48.9	60.8	50.4	47.0
20	48.4	56.5	58.1	51.5
25	43.4	47.3	59.2	48.8
31.5	45.8	48.5	56.6	58.2
40	48.9	52.7	56.6	68.5
50	48.0	51.1	53.8	61.9
63	50.0	53.1	57.0	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.8	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.4
160	33.0	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.3
250	20.0	23.1	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 10 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

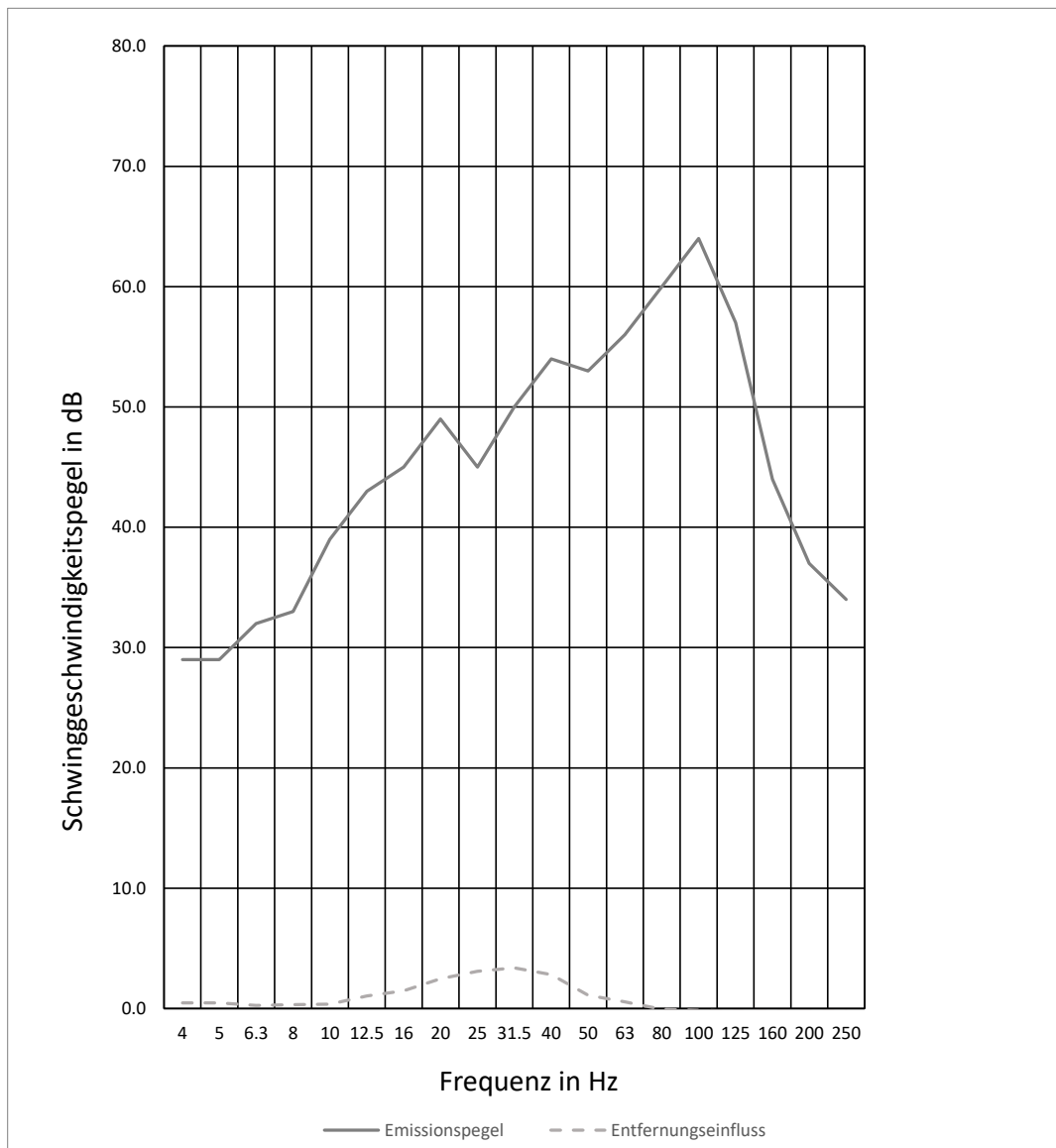
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

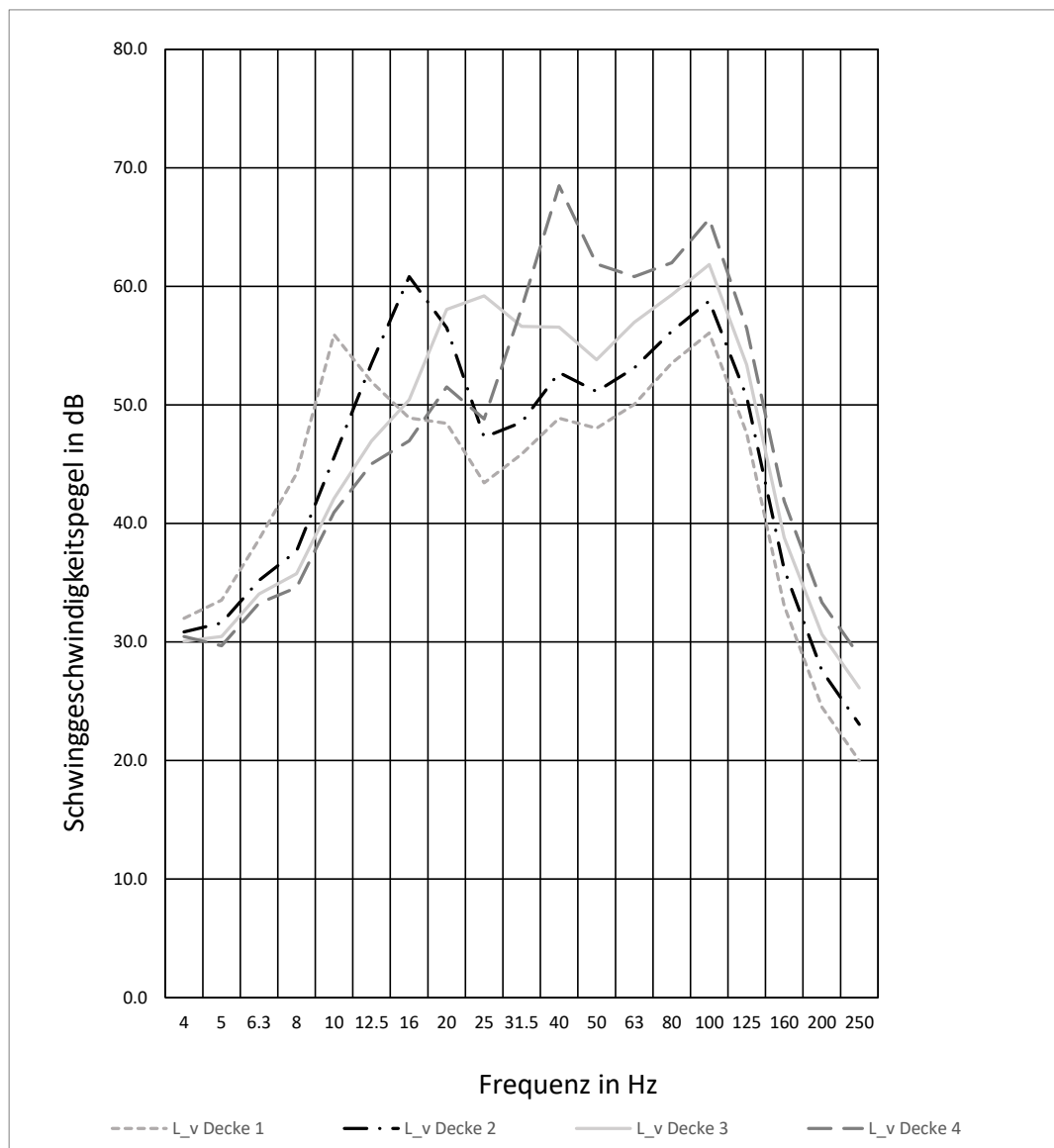
	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.066	0.098	0.122	0.203
<b>KB_Fmax =</b>	0.099	0.147	0.182	0.305
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.031	0.038	0.063
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.024	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.095	0.165	0.185	0.399
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.9
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 11 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 12 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 13 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.0	30.8	30.1	30.5
5	33.5	31.6	30.5	29.7
6	38.7	35.2	34.0	33.3
8	44.2	37.7	35.8	34.6
10	55.9	45.6	42.1	40.9
12.5	51.9	53.5	46.9	45.0
16	48.9	60.8	50.4	47.0
20	48.4	56.5	58.1	51.5
25	43.4	47.3	59.2	48.8
31.5	45.8	48.5	56.6	58.2
40	48.9	52.7	56.6	68.5
50	48.0	51.1	53.8	61.9
63	50.0	53.1	57.0	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.8	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.4
160	33.0	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.3
250	20.0	23.1	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 14 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

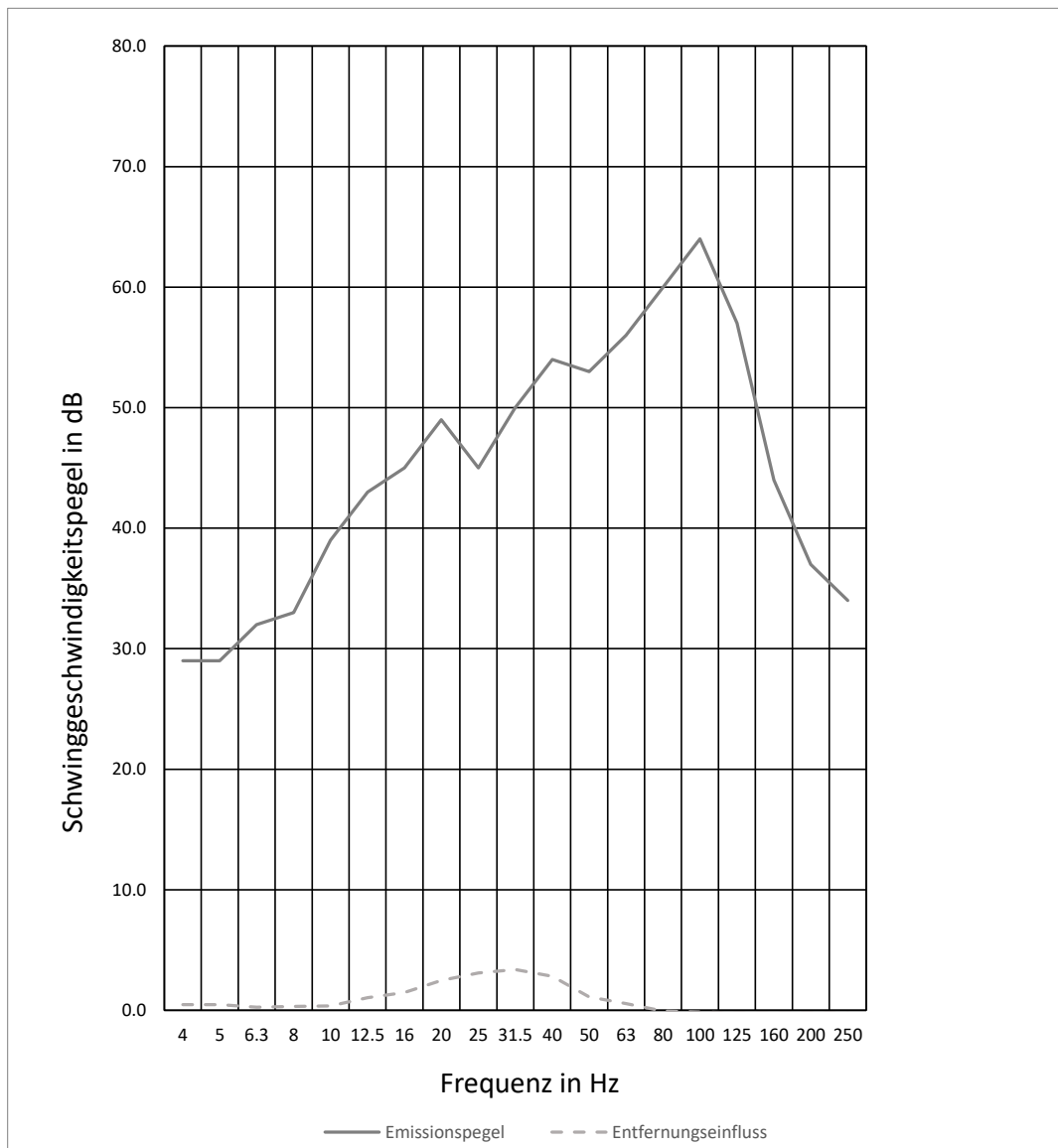
#### Fahrtanzahlen

<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

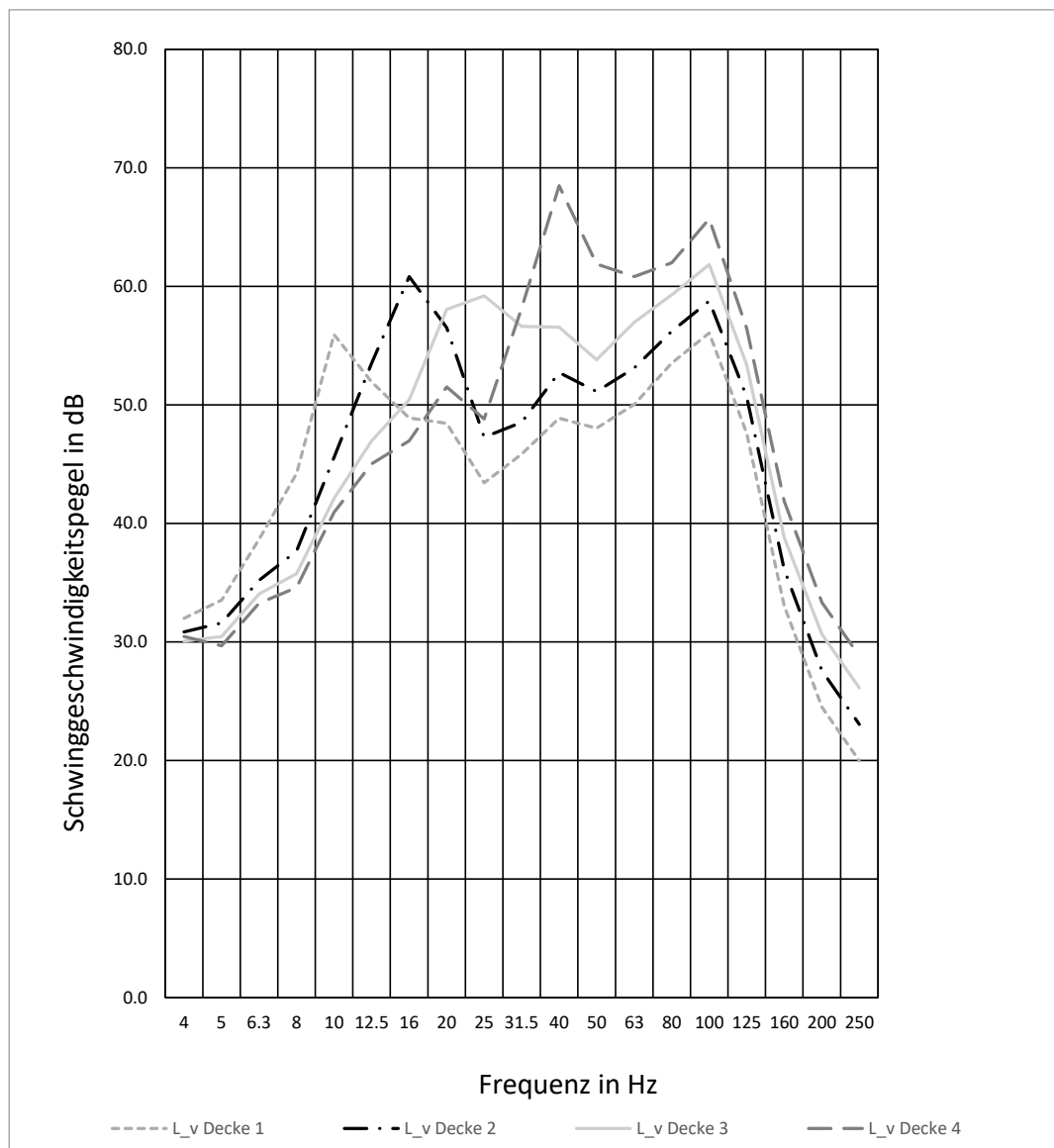
#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.066	0.098	0.122	0.203
<b>KB_Fmax =</b>	0.099	0.147	0.182	0.305
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.031	0.038	0.063
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.024	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.095	0.165	0.185	0.399
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.9
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 15 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 167 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 16 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 17 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Schwellengleis im Schotterbett

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz  
Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz  
Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz  
Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	29.0	27.8	27.1	27.5
5	30.5	28.6	27.5	26.7
6	37.7	34.2	33.0	32.3
8	44.2	37.7	35.8	34.6
10	60.9	50.6	47.1	45.9
12.5	49.9	51.5	44.9	43.0
16	40.9	52.8	42.4	39.0
20	37.4	45.5	47.1	40.5
25	29.4	33.3	45.2	34.8
31.5	28.8	31.5	39.6	41.2
40	29.9	33.7	37.6	49.5
50	29.0	32.1	34.8	42.9
63	38.0	41.1	45.0	48.8
80	48.5	51.2	54.3	57.0
100	36.1	38.8	41.8	45.7
125	24.6	27.7	30.4	33.4
160	12.0	15.1	17.8	20.9
200	7.5	10.6	13.7	16.3
250	9.0	12.1	15.1	17.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 18 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

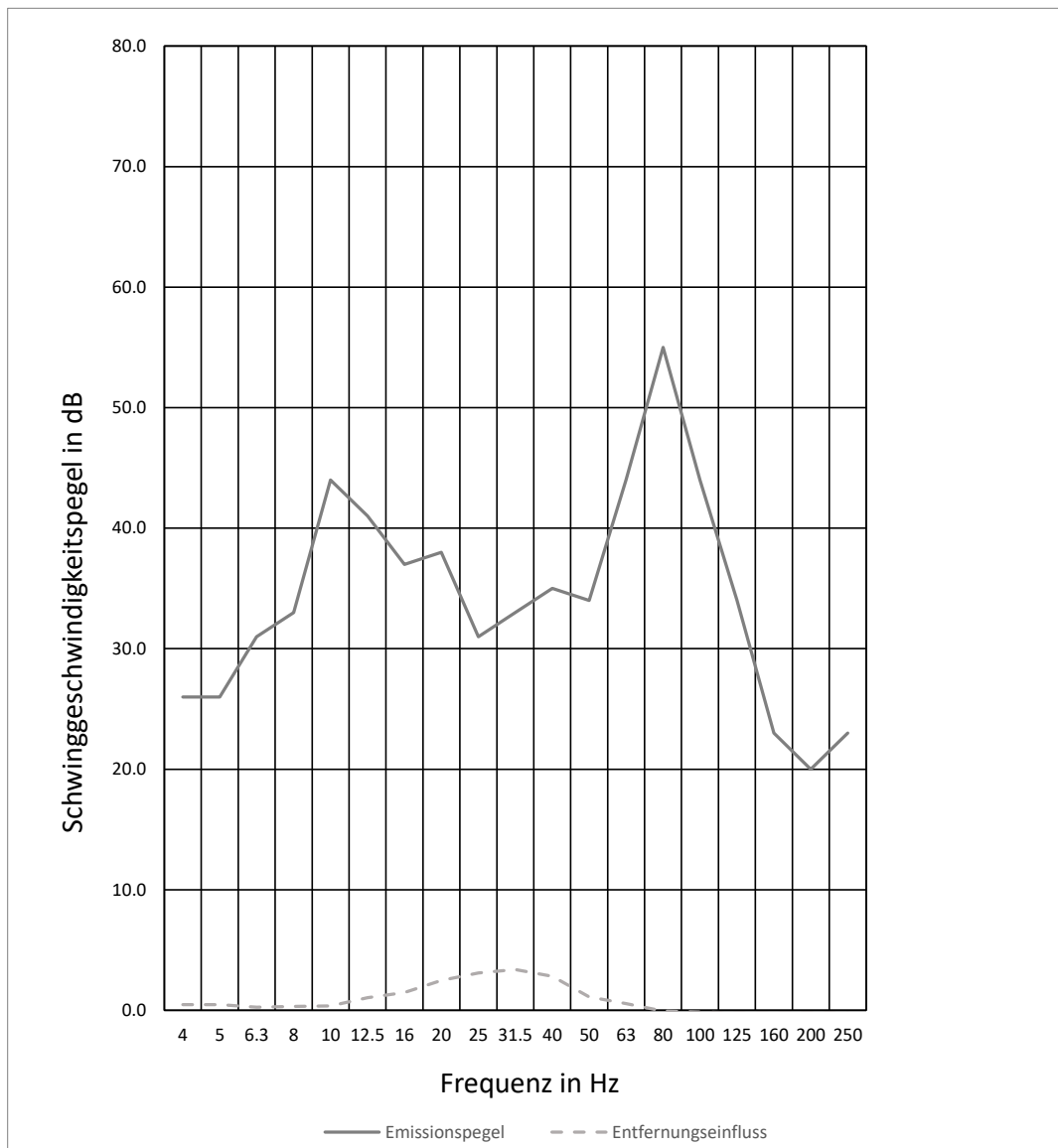
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

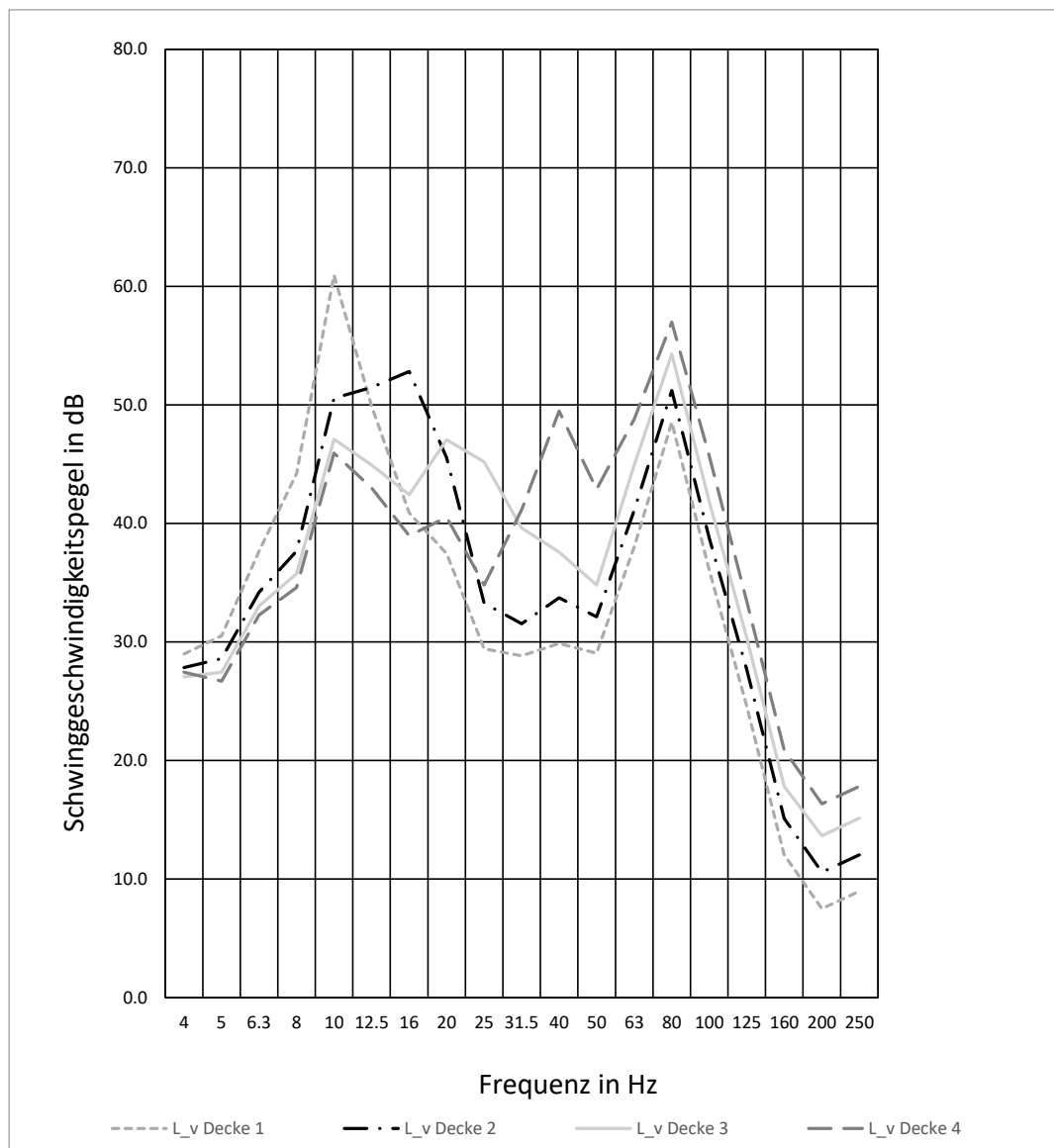
	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.061	0.040	0.036	0.045
<b>KB_Fmax =</b>	0.091	0.061	0.054	0.068
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.019	0.013	0.011	0.014
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.012	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.167	0.066	0.078	0.106
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	30.6	32.2	34.1	35.9
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	33.6	35.2	37.1	38.9
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 19 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 20 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 21 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Rasengleis VAG FF 2013 60km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.0	30.8	30.1	30.5
5	33.5	31.6	30.5	29.7
6	38.7	35.2	34.0	33.3
8	44.2	37.7	35.8	34.6
10	55.9	45.6	42.1	40.9
12.5	51.9	53.5	46.9	45.0
16	48.9	60.8	50.4	47.0
20	48.4	56.5	58.1	51.5
25	43.4	47.3	59.2	48.8
31.5	45.8	48.5	56.6	58.2
40	48.9	52.7	56.6	68.5
50	48.0	51.1	53.8	61.9
63	50.0	53.1	57.0	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.8	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.4
160	33.0	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.3
250	20.0	23.1	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 22 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

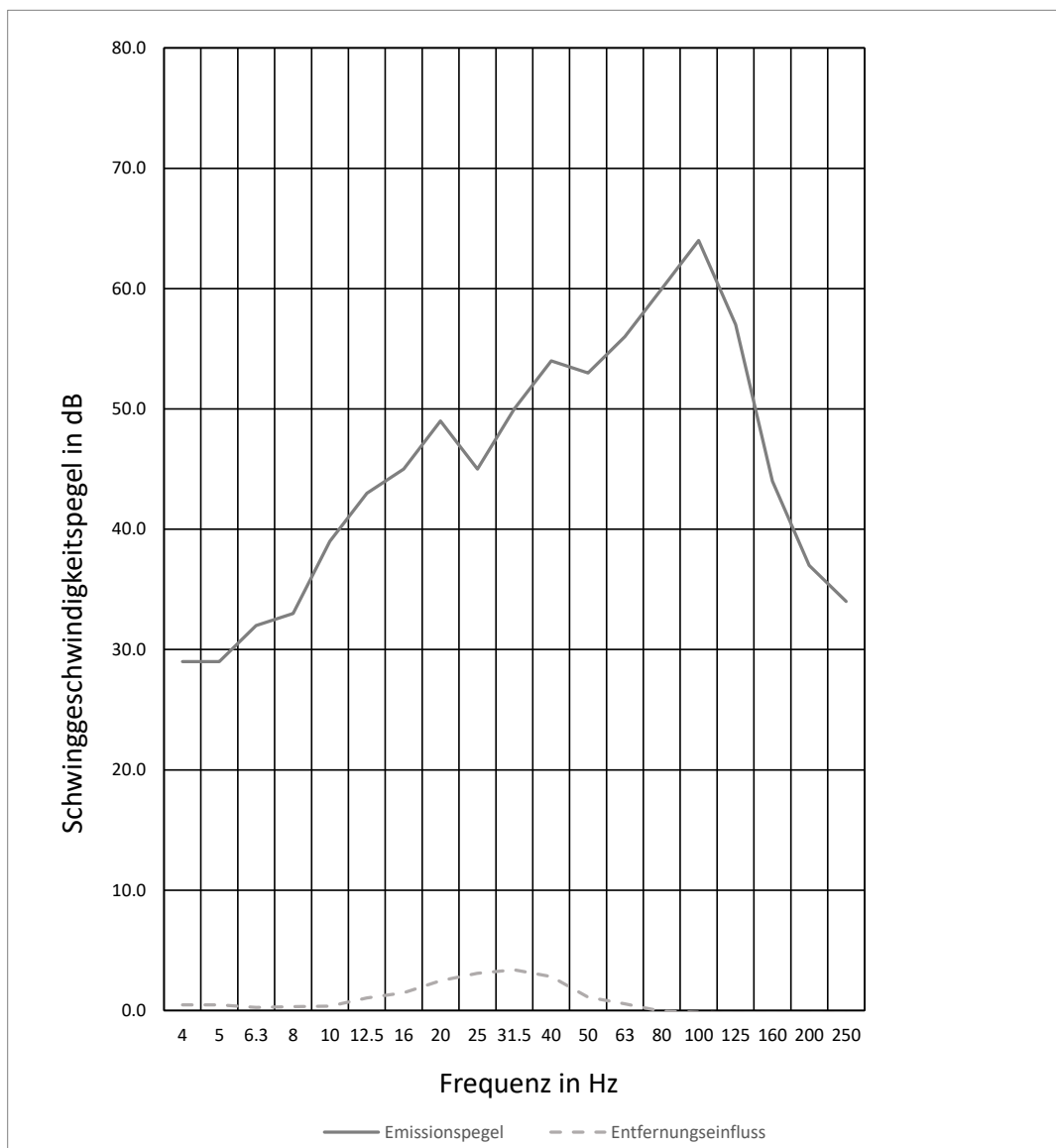
#### Fahrtanzahlen

<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

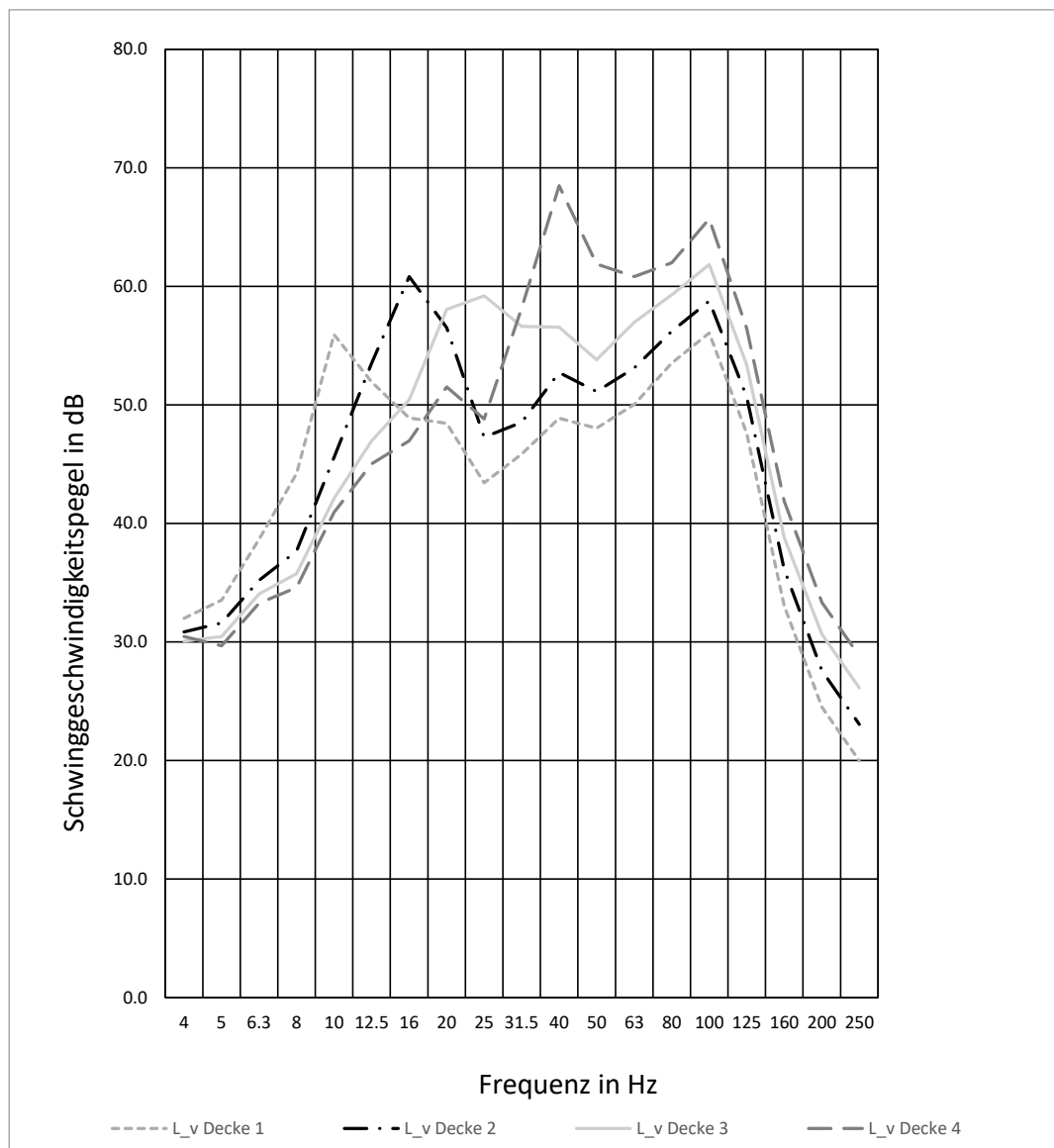
#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.066	0.098	0.122	0.203
<b>KB_Fmax =</b>	0.099	0.147	0.182	0.305
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.031	0.038	0.063
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.024	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.095	0.165	0.185	0.399
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.9
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 23 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 176 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 24 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 25 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Schwellengleis im Schotterbett

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	29.0	27.8	27.0	27.4
5	30.5	28.6	27.4	26.7
6	37.6	34.2	33.0	32.3
8	44.2	37.7	35.7	34.6
10	60.9	50.5	47.1	45.9
12.5	49.9	51.4	44.9	43.0
16	40.8	52.7	42.4	38.9
20	37.3	45.4	46.9	40.4
25	29.3	33.1	45.0	34.6
31.5	28.7	31.3	39.4	41.0
40	29.7	33.6	37.4	49.3
50	29.0	32.1	34.8	42.8
63	38.0	41.1	44.9	48.8
80	48.5	51.2	54.3	57.0
100	36.1	38.8	41.8	45.7
125	24.6	27.7	30.4	33.5
160	12.1	15.1	17.8	20.9
200	7.5	10.6	13.7	16.4
250	9.0	12.1	15.1	17.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 26 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

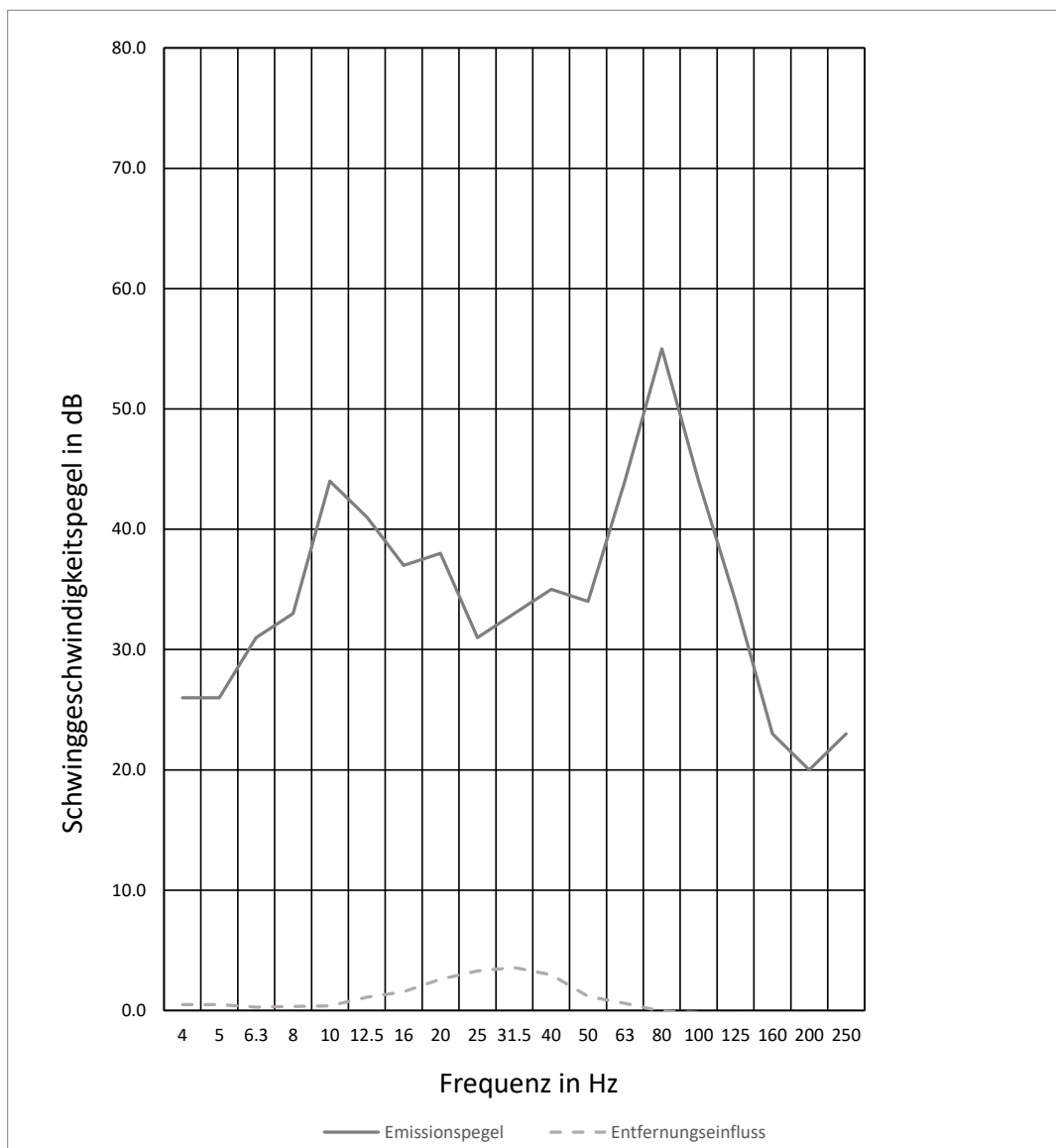
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

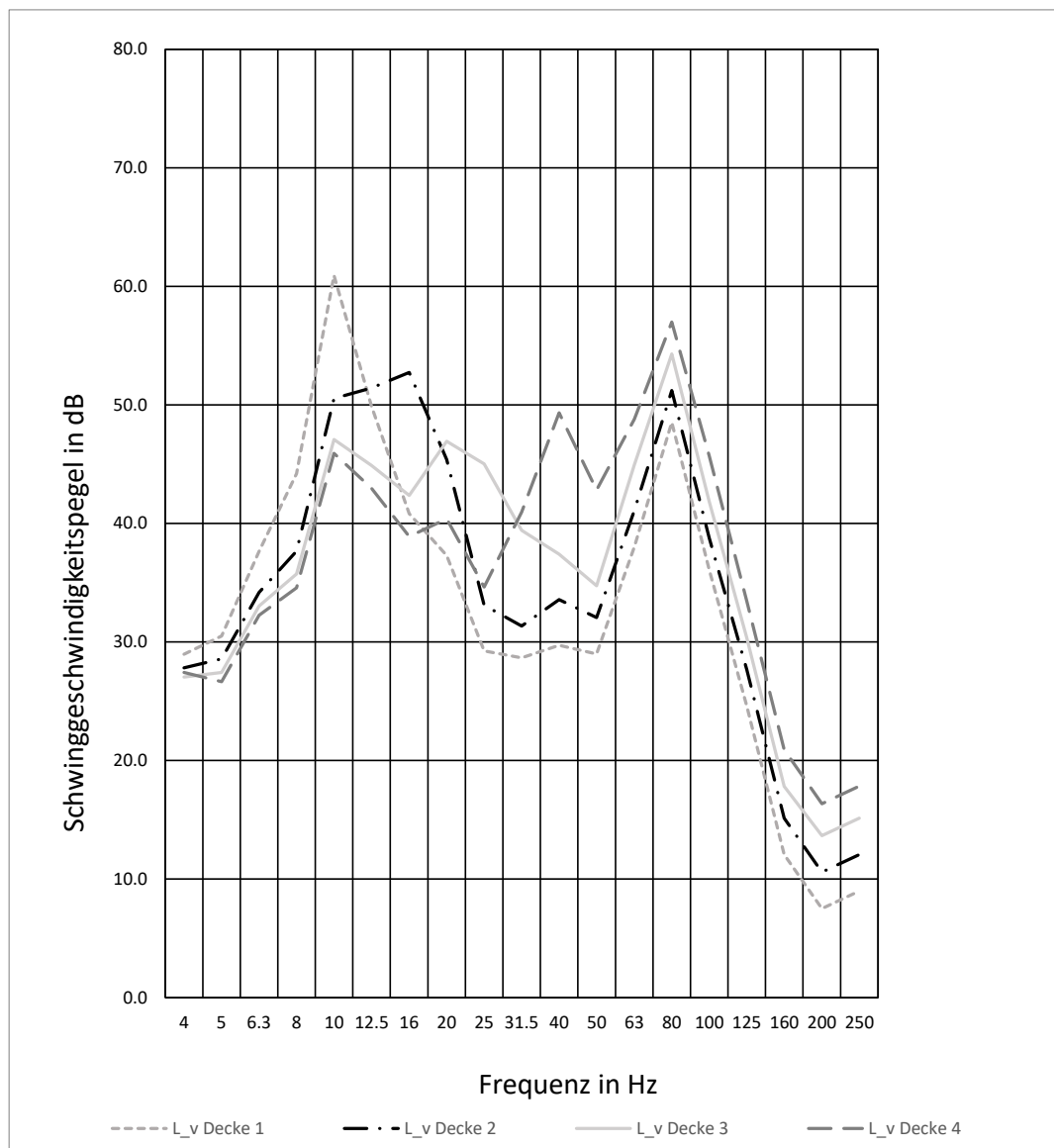
	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.061	0.040	0.036	0.045
<b>KB_Fmax =</b>	0.091	0.060	0.054	0.068
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.019	0.012	0.011	0.014
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.012	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.167	0.065	0.078	0.106
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	30.6	32.2	34.1	35.9
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	33.6	35.2	37.1	38.9
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 27 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Nullfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 28 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 29 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Rasengleis VAG FF 2013 60km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	31.9	30.8	30.0	30.4
5	33.5	31.6	30.4	29.6
6	38.6	35.2	34.0	33.2
8	44.2	37.6	35.7	34.6
10	55.9	45.5	42.1	40.9
12.5	51.8	53.4	46.8	44.9
16	48.7	60.7	50.3	46.8
20	48.2	56.2	57.8	51.2
25	43.1	46.9	58.9	48.5
31.5	45.5	48.2	56.2	57.8
40	48.6	52.4	56.3	68.2
50	47.9	51.0	53.7	61.8
63	50.0	53.1	56.9	60.8
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.9	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.5
160	33.1	36.1	38.8	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.4
250	20.0	23.1	26.2	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 30 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

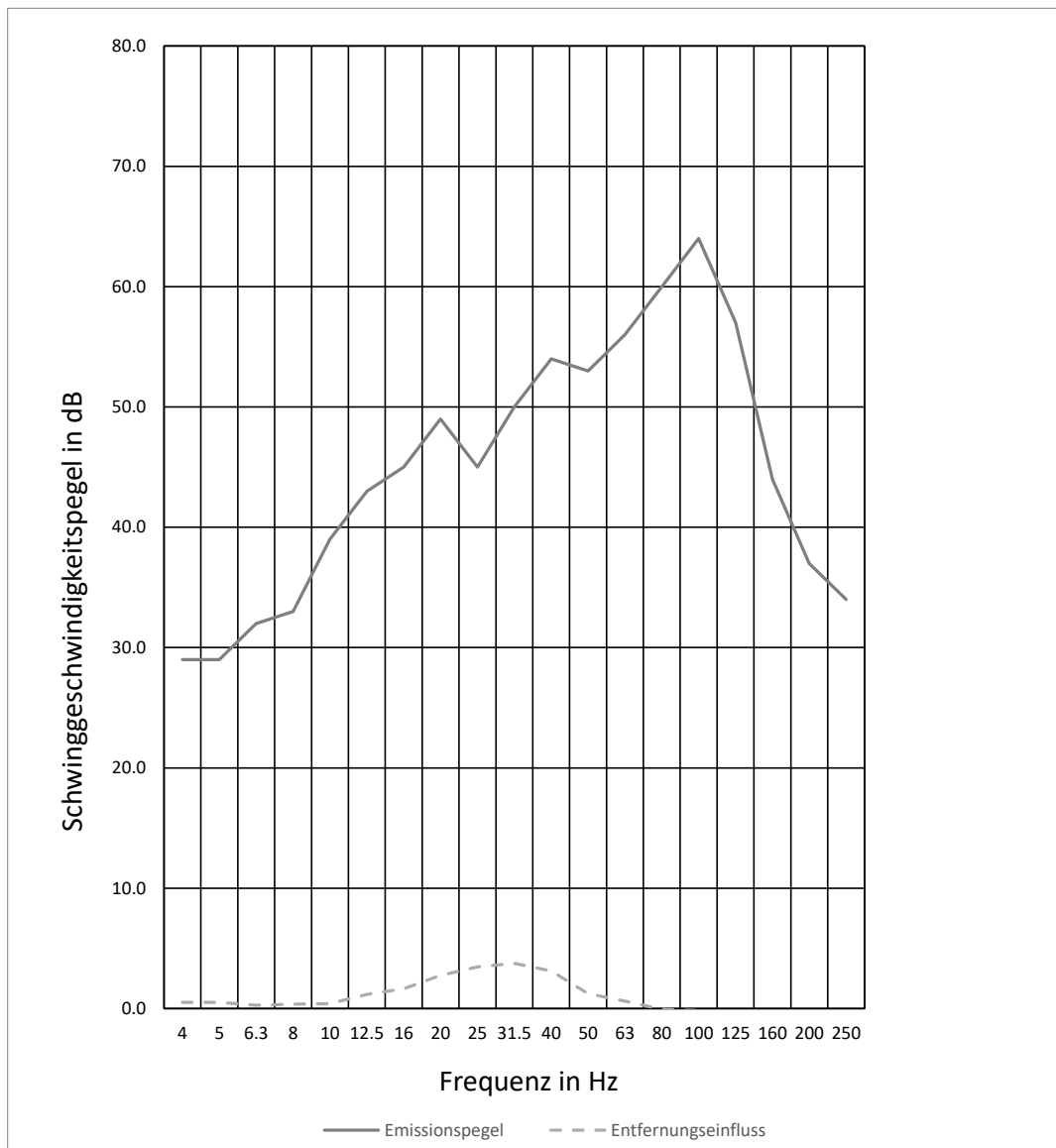
#### Fahrtanzahlen

<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

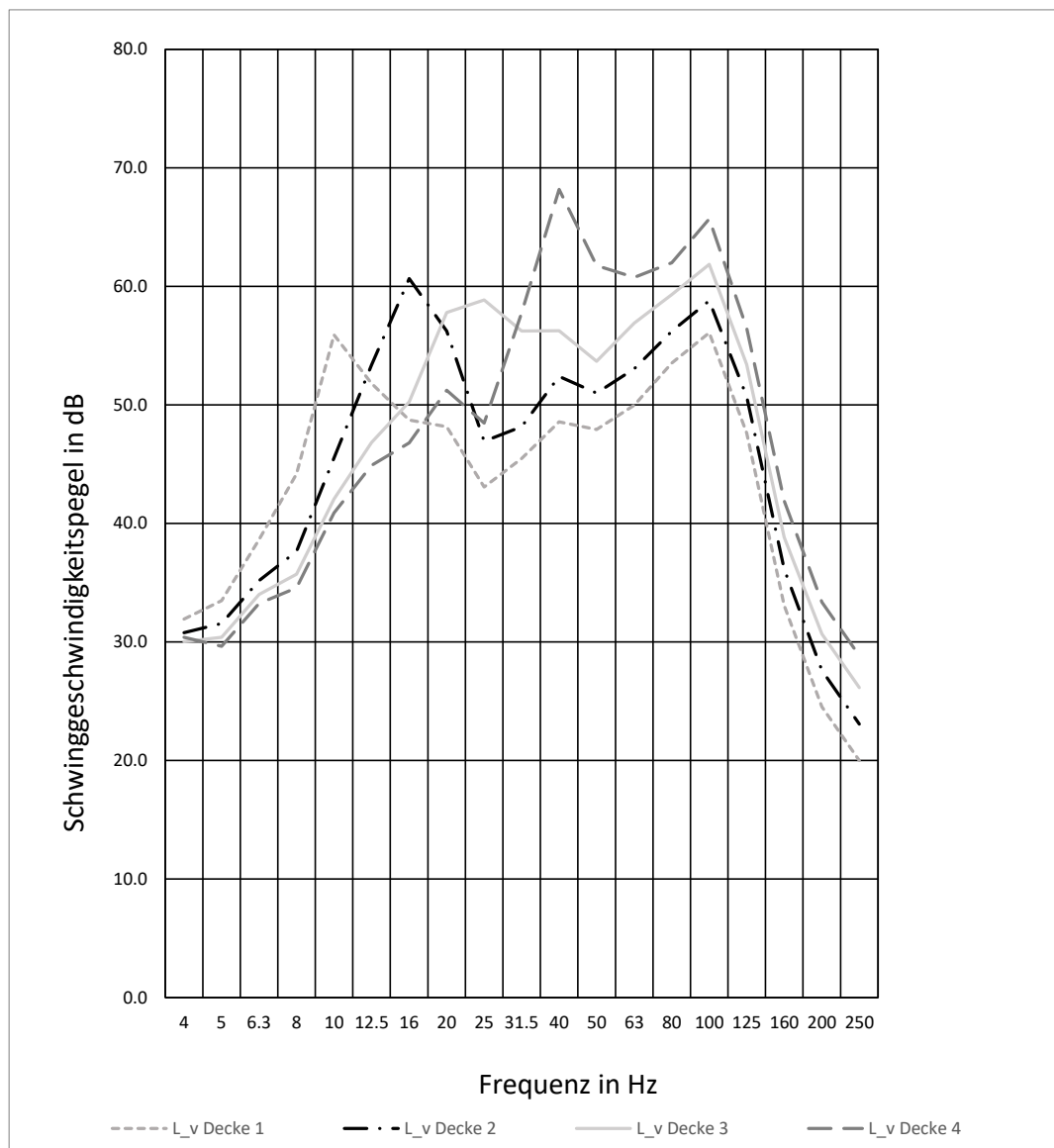
#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.065	0.097	0.120	0.200
<b>KB_Fmax =</b>	0.098	0.145	0.179	0.299
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.030	0.037	0.062
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.023	0.039
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.096	0.162	0.186	0.385
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.0	37.9	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.0	40.9	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.8
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 31 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Allersberger Straße 190 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 32 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Sperberstraße 166 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 33 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	32.1	31.0	30.2	30.6
5	33.7	31.8	30.6	29.8
6	38.7	35.3	34.1	33.4
8	44.3	37.8	35.9	34.7
10	56.1	45.7	42.2	41.1
12.5	52.3	53.8	47.3	45.4
16	49.4	61.3	50.9	47.5
20	49.3	57.3	58.9	52.3
25	44.5	48.3	60.2	49.8
31.5	47.0	49.7	57.7	59.3
40	49.8	53.7	57.5	69.4
50	48.4	51.5	54.2	62.3
63	50.2	53.3	57.2	61.0
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.0	58.7	61.8	65.6
125	47.5	50.6	53.3	56.4
160	33.0	36.1	38.7	41.8
200	24.4	27.5	30.6	33.3
250	19.9	23.0	26.1	28.8

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Sperberstraße 166 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 34 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

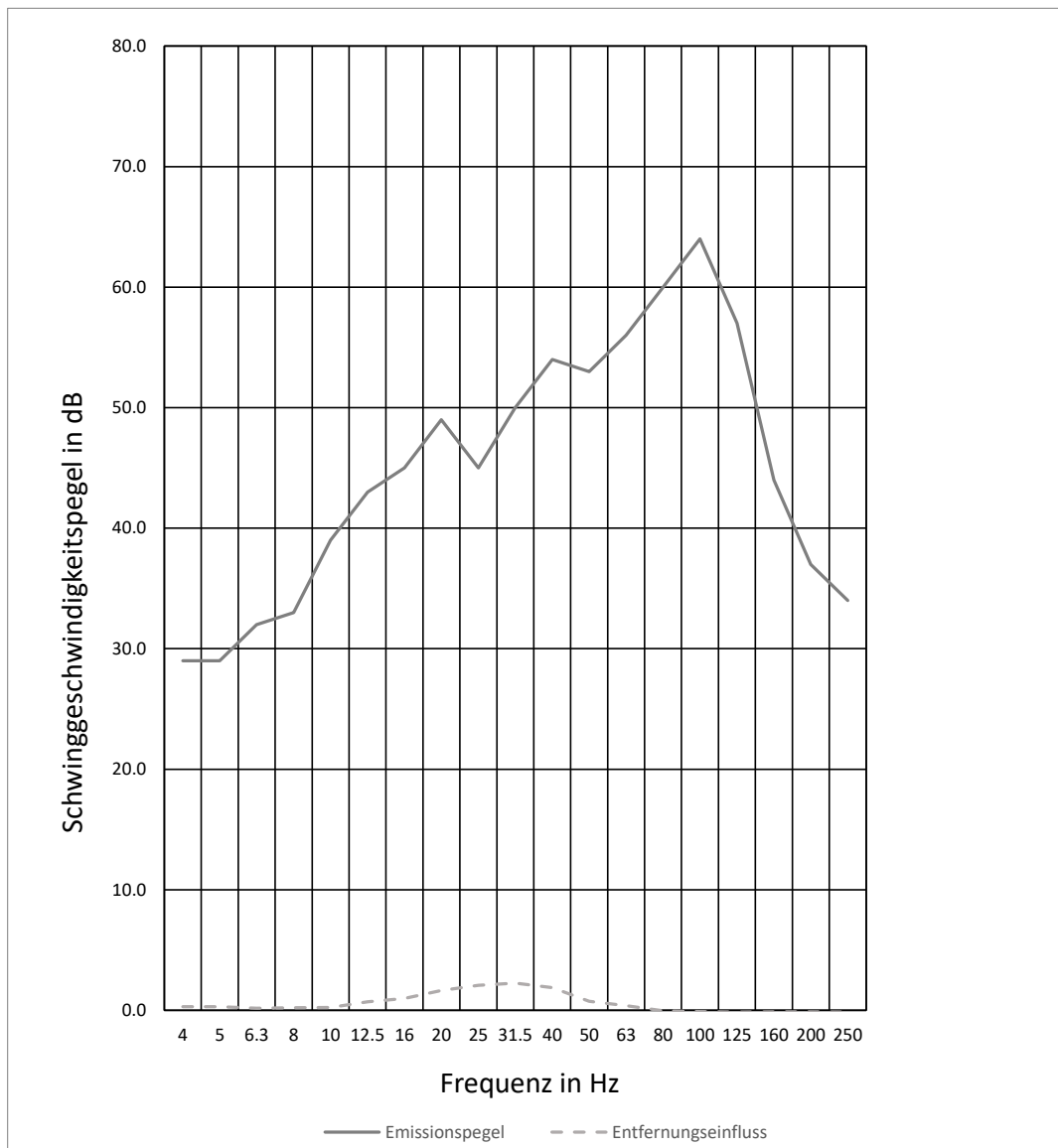
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

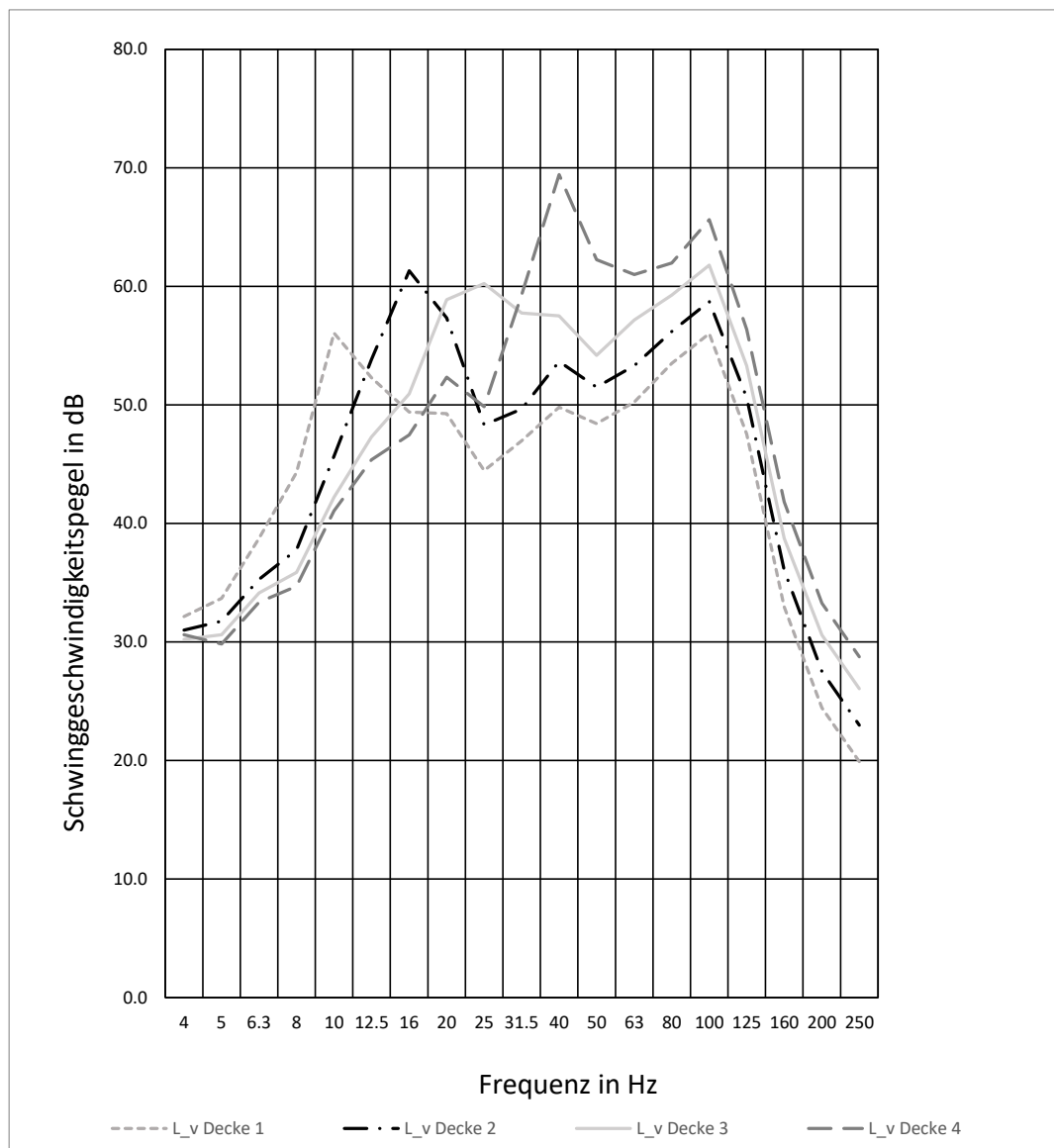
	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.067	0.103	0.128	0.216
<b>KB_Fmax =</b>	0.101	0.154	0.192	0.324
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.021	0.032	0.040	0.067
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.020	0.025	0.042
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.095	0.175	0.184	0.444
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.4	36.1	38.0	40.1
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.4	39.1	41.0	43.1
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.8	18.9
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Sperberstraße 166 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 35 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Sperberstraße 166 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 36 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 211 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 37 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz  
Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz  
Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz  
Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	31.9	30.7	29.9	30.3
5	33.4	31.5	30.3	29.6
6	38.6	35.1	34.0	33.2
8	44.1	37.6	35.7	34.5
10	55.8	45.5	42.0	40.8
12.5	51.6	53.2	46.6	44.7
16	48.5	60.4	50.0	46.6
20	47.8	55.8	57.4	50.8
25	42.6	46.4	58.3	47.9
31.5	44.9	47.6	55.7	57.2
40	48.1	51.9	55.8	67.7
50	47.7	50.8	53.5	61.6
63	49.9	53.0	56.8	60.7
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.9	65.7
125	47.7	50.7	53.4	56.5
160	33.1	36.2	38.9	41.9
200	24.6	27.6	30.7	33.4
250	20.0	23.1	26.2	28.9

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 211 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 38 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärke
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

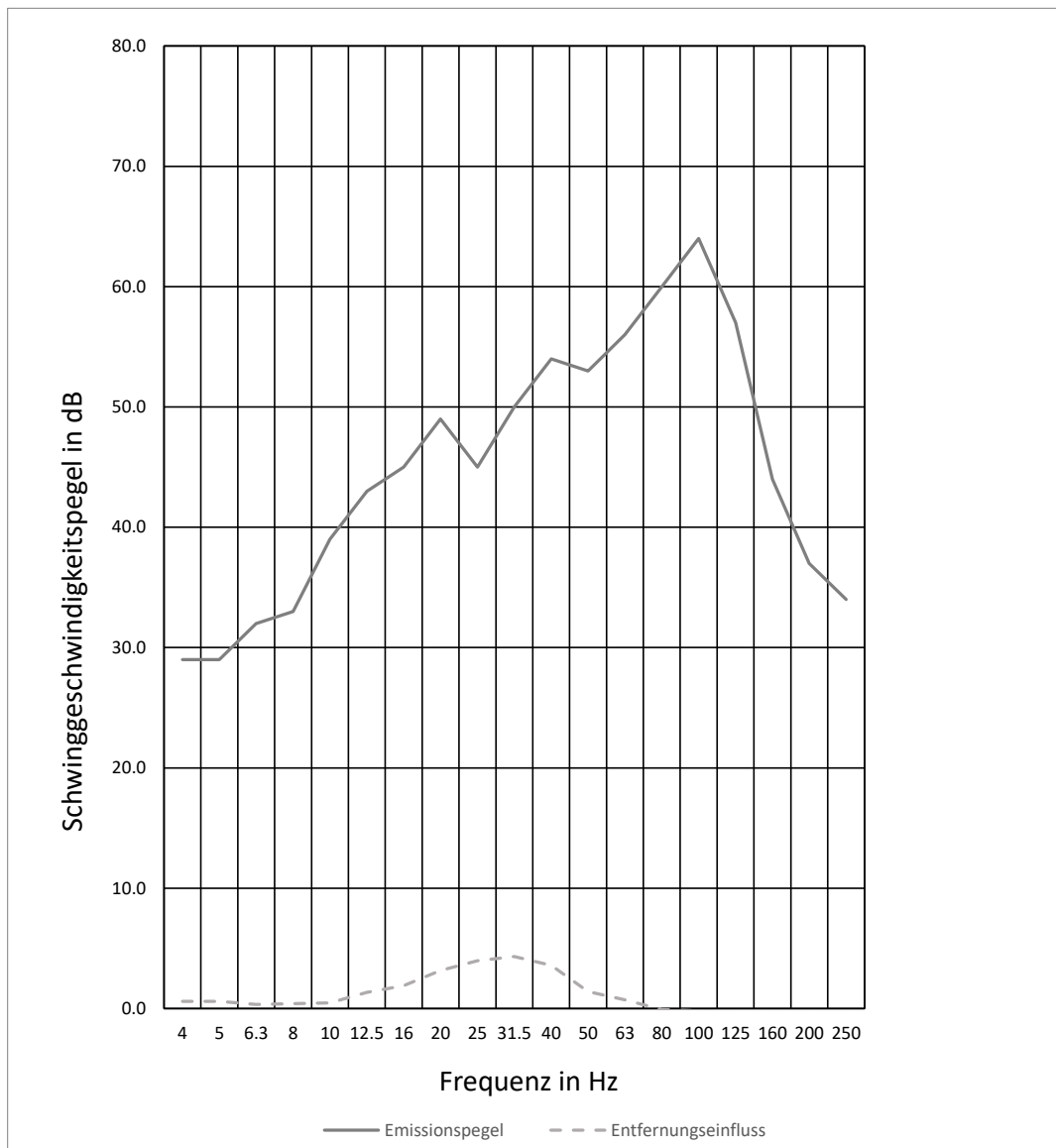
#### Fahrtanzahlen

<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

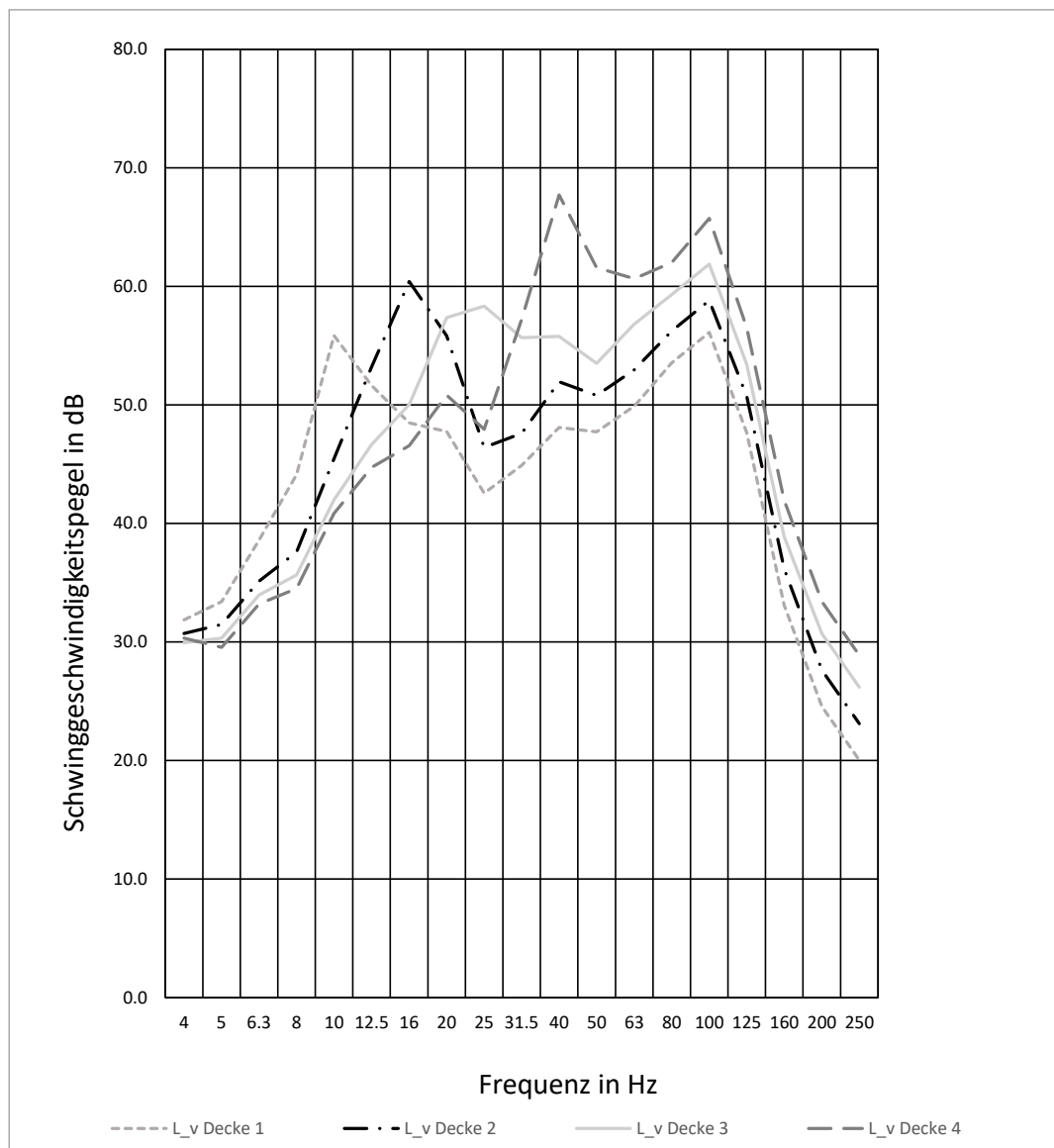
#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.064	0.095	0.117	0.194
<b>KB_Fmax =</b>	0.097	0.143	0.176	0.291
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.030	0.036	0.060
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.012	0.018	0.023	0.038
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.096	0.157	0.186	0.364
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.3	36.0	37.9	40.0
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.3	39.0	40.9	43.0
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.8
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 211 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 39 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 211 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 40 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 210 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Ergebnisblatt	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 41 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Berechnungsparameter

Berechnung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 45673-2

**Emissionsspektrum:** Nürnberg Regelquerschnitt Feste Fahrbahn Rheda City 60 km/h

**Terzen korrigiert:** ja

**Transmission im Boden:** Spektrum gewählt: Brunecker Areal gemessenes Spektrum

**Übertragung auf Gebäudedecke:** direkte Übertragung vom Boden auf die Decke berücksichtigt

Decke 1 Betondecke mit 10 Hz Eigenfrequenz

Decke 2 Betondecke mit 16 Hz Eigenfrequenz

Decke 3 Betondecke mit 25 Hz Eigenfrequenz

Decke 4 Betondecke mit 40 Hz Eigenfrequenz

**Minderungsmaßnahmen:** keine Maßnahmen berücksichtigt

**KB-Werte:** KB-Werte berechnet

**Körperschall:** Körperschallimmissionen berechnet

#### Zusammenfassung der Prognoseergebnisse

fTn Hz	L_v Decke 1 dB	L_v Decke 2 dB	L_v Decke 3 dB	L_v Decke 4 dB
4	31.9	30.8	30.0	30.4
5	33.5	31.5	30.4	29.6
6	38.6	35.2	34.0	33.2
8	44.2	37.6	35.7	34.5
10	55.9	45.5	42.0	40.9
12.5	51.8	53.3	46.8	44.8
16	48.7	60.6	50.2	46.7
20	48.0	56.1	57.6	51.1
25	42.9	46.8	58.7	48.3
31.5	45.3	48.0	56.1	57.6
40	48.4	52.3	56.1	68.0
50	47.9	50.9	53.6	61.7
63	50.0	53.0	56.9	60.7
80	53.5	56.2	59.3	62.0
100	56.1	58.8	61.9	65.7
125	47.6	50.7	53.4	56.5
160	33.1	36.2	38.9	41.9
200	24.5	27.6	30.7	33.4
250	20.0	23.1	26.2	28.9

FCP IBU GmbH, Essen

<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 210 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 42 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

#### Legende

<b>KB_FTm:</b>	Taktmaximal-Effektivwert
<b>KB_Fmax:</b>	maximale bewertete Schwingstärkte
<b>KB_TFr Tag:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke am Tag (06-22 Uhr)
<b>KB_FTr Nacht:</b>	Beurteilungs-Schwingstärke in der Nacht (22-06 Uhr)
<b>vmax:</b>	maximale Schwingschnelle in mm/s
<b>L_pAm:</b>	A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel in dB
<b>L_pAmax:</b>	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in dB (Spitzenpegel)
<b>L_r Tag:</b>	Beurteilungspegel am Tag (06-22 Uhr) in dB
<b>L_r Nacht:</b>	Beurteilungspegel in der Nacht (22-06 Uhr) in dB

#### Fahrtanzahlen

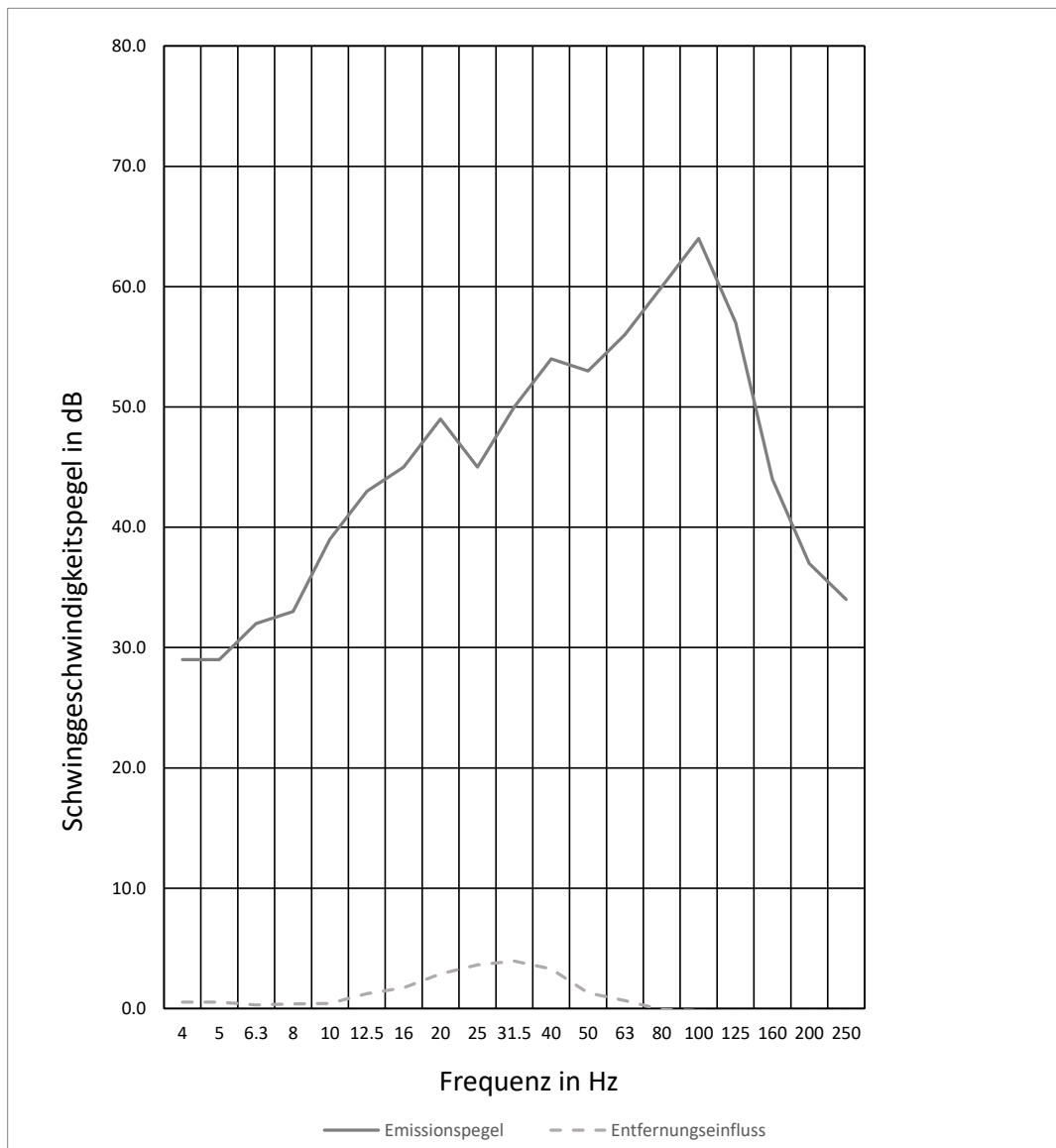
<b>Tag</b>	186 Fahrten
<b>Nacht</b>	36 Fahrten

#### Zusammenfassung der Beurteilungsgrößen

	<b>L_v Decke 1</b>	<b>L_v Decke 2</b>	<b>L_v Decke 3</b>	<b>L_v Decke 4</b>
<b>KB_FTm =</b>	0.065	0.096	0.119	0.198
<b>KB_Fmax =</b>	0.097	0.145	0.178	0.297
<b>KB_TFr Tag =</b>	0.020	0.030	0.037	0.062
<b>KB_FTr Nacht =</b>	0.013	0.019	0.023	0.038
<b>vmax [mm/s] =</b>	0.096	0.160	0.186	0.378
<b>L_pAm [dB(A)] =</b>	34.3	36.0	37.9	40.0
<b>L_pAmax [dB(A)] =</b>	37.3	39.0	40.9	43.0
<b>L_rTag [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	16.7	18.8
<b>L_rNacht [dB(A)] =</b>	< 15.0	< 15.0	< 15.0	< 15.0



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 210 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Emissionspegel	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 43 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	--	---



<b>Auftraggeber:</b> VAG Südliche Fürther Str. 5 90429 Nürnberg	<b>Objekt:</b> Straßenbahnverlängerung Brunecker Straße Umbaugebiet - Frankenstraße 210 - Prognose-Planfall Erschütterungsprognose - Terzpegeldiagramm	<b>Anlage Nr.:</b> 3. 44 <b>Projektnummer:</b> 22-7009
--	---	---

