

Erschütterungstechnisches Gutachten zum geplanten Betrieb der Wendeanlage Gliesmarode in Braunschweig

Datum des Gutachtens: 25.06.2024
Nummer: 166740-E
Umfang: 17 Seiten Bericht
11 Seiten Anhang DIN A 4



Akustik

Fachlich Verantwortlicher: Dipl.-Ing. (FH) M. Oehlerking

Bearbeiter: M.Sc. S. Schmitt
B.Eng. N. Giesen



Schallschutz

Auftraggeber: Stadt Braunschweig
Bohlweg 30
38100 Braunschweig
Braunschweiger Verkehrs-GmbH
Am Hauptgüterbahnhof 28
38126 Braunschweig



Medientechnik

Ausführung: AMT Ingenieurgesellschaft mbH
Steller Straße 4, 30916 Isernhagen
Telefon (051 36) 87 86 20 0
Telefax (051 36) 87 86 20 29
E-Mail: info@amt-ig.de <http://www.amt-ig.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Auftraggeber.....	3
3	Planungsgrundlagen.....	4
4	Beschreibung des Untersuchungsraums.....	4
5	Beurteilungsgrundlage	6
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	6
5.2	Sekundärer Luftschall.....	7
6	Erschütterungsmessungen	8
6.1	Messmethodik.....	8
6.2	Bestimmung der Beurteilungsgrößen	9
7	Berechnung der Erschütterungsimmissionen	10
7.1	Immissionsorte.....	10
8	Ergebnisse.....	12
8.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	12
8.2	Sekundärer Luftschall.....	13
8.3	Unsicherheit der Prognose.....	14
9	Entkopplungsmaßnahmen	14
10	Zusammenfassung und Fazit	16
11	Quellen.....	16
12	Anhang.....	17

1 Aufgabenstellung

Die *Stadt Braunschweig* plant gemeinsam mit der *Braunschweiger Verkehrs-GmbH* im Zuge des Stadtbahnausbauprojektes Volkmarode Nord den Neubau der Wendeanlage in Gliesmarode. Die aktuelle Vorplanung der Vorzugvariante sieht eine Wendeschleife im Bereich des Knotenpunktes *Berliner Straße/Querumer Straße* vor.

Die Neugestaltung im Bereich der Wendeanlage wird als Neubaumaßnahme der Gleisanlage betrachtet. Gemäß den §§ 38 und 41 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [1] sind schädliche Umwelteinwirkungen der durch die Teilnahme von Schienenfahrzeugen am Verkehr verursachten Emissionen zu vermeiden. Zu den potentiell schädlichen Umwelteinwirkungen zählen unter anderem Erschütterungen. Die *AMT Ingenieurgesellschaft mbH* wurde daher im Zuge der Planfeststellung von der *Stadt Braunschweig* und der *Braunschweiger Verkehrs-GmbH* mit der Erstellung eines erschütterungstechnischen Gutachtens beauftragt.

Eine konkretisierende Rechtsverordnung auf Grundlage des BImSchG, welche den Begriff der schädlichen Umwelteinwirkung im Zusammenhang mit Erschütterungen näher definiert, existiert zurzeit nicht. Zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen wird in der Regel auf die Normenreihe DIN 4150-1 bis DIN 4150-3 [5][6][7] zurückgegriffen, welche Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte für Erschütterungen bei Bauwerken und Menschen in Gebäuden enthält und sich als allgemein anerkannte Regel der Technik etabliert hat.

Im Rahmen des erschütterungstechnischen Gutachtens wird auf Grundlage von Messungen die Erschütterungseinwirkung auf Menschen ermittelt und überprüft, ob in der Umgebung der Wendeanlage Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 zu erwarten sind. Außerdem werden die zu erwartenden Immissionen durch sekundären Luftschall, welcher durch Schwingungen in die Gebäude eingetragen wird, nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz [8] untersucht. Ggf. werden Empfehlungen zur Entkopplung bzw. zur Ausführung des Unterbaus erarbeitet, um schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zu vermeiden.

2 Auftraggeber

Stadt Braunschweig
Fachbereich Tiefbau und Verkehr
Bohlweg 30
38100 Braunschweig

und

Braunschweiger Verkehrs-GmbH
Am Hauptgüterbahnhof 28
38126 Braunschweig

3 Planungsgrundlagen

Für die Bearbeitung und Erstellung des vorliegenden schalltechnischen Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen und Daten zur Verfügung gestellt bzw. herangezogen:

- Lageplan Untersuchungsgebiet, NOLIS-Navigator, Stand 06/2021,
- Lageplan Stadtbahnausbauprojekt Braunschweig Teil 1.2 Wendeanlage Gliesmarode, BPR Ingenieure GmbH & Co. KG, Maßstab 1:250, Stand 23.03.2024,
- Zugzahlen aus den Fahrplandaten der Stadtbahn, Braunschweiger Verkehrs GmbH, per Mail am 07.05.2021,
- Gebietseinstufung der umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen unter Berücksichtigung der rechtsverbindlichen Bebauungspläne, Stadt Braunschweig Fachbereich Stadtplanung und Geoinformation, Maßstab 1:1500, Stand 22.06.2021,
- Ortstermine zur Sichtung des Untersuchungsraums sowie zur Durchführung von erschütterungstechnischen Messungen am 03.09.2021, 25.02.2022 und 03.03.2022.

4 Beschreibung des Untersuchungsraums

Die geplante Wendeanlage ist innerhalb des Kreuzungsbereichs *Berliner Straße / Querumer Straße* geplant (siehe Abbildung 1). Das allgemeine Umfeld ist durch Wohnnutzungen sowie Kleingewerbe geprägt.

Die umliegenden Nutzungen sind in den rechtsverbindlichen Bebauungsplänen der Stadt Braunschweig überwiegend als Allgemeines Wohngebiet (WA) sowie teilweise als Mischgebiet (MI) bzw. Kerngebiet (MK) ausgewiesen. Neben Wohnnutzungen befinden sich nördlich der geplanten Wendeanlage einige Kleingewerbebetriebe im Erdgeschoss der Bestandsgebäude.

Nach Rücksprache mit der Stadt Braunschweig werden die Gebäude in der Berliner Straße 101 und 102 als Mischgebiet und das Gebäude in der *Querumer Straße* 68-72 als Kerngebiet eingestuft. Die übrigen Gebäude entsprechen dem Schutzbedarf eines Allgemeinen (WA) bzw. Reinen Wohngebietes (WR). Für das Pfarramt liegt keine Einstufung in eine Gebietsart nach der BauNVO [3] vor. Entsprechend der allgemeinen Zulässigkeit von Anlagen für kirchliche und kulturelle Zwecke gemäß BauNVO kann die Beurteilung nach den Maßstäben für ein Allgemeines Wohngebiet (WA) oder ein Misch- bzw. Kerngebiet (MI/MK) erfolgen.

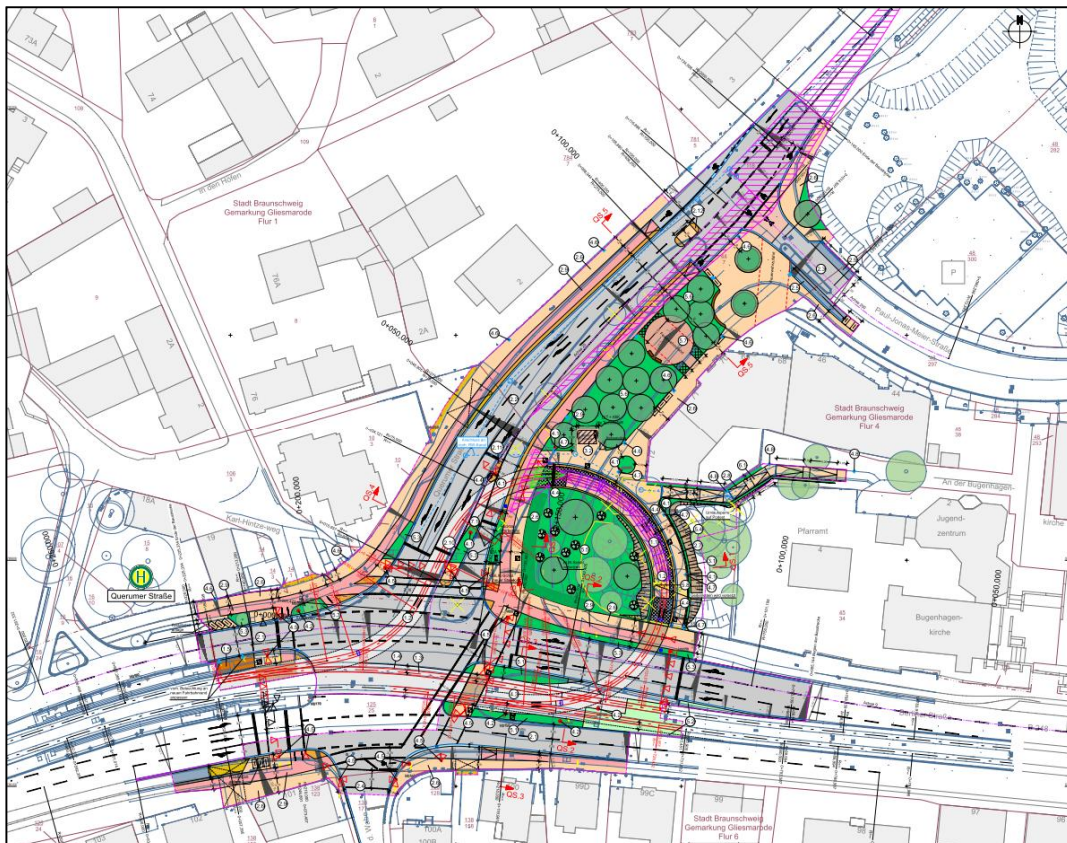
Die geplante Wendeanlage verläuft unter anderem durch die Grünanlage um den Gedenkstein für die Opfer und Gefallenen der Weltkriege (siehe

Abbildung 2). Im Zuge der Baumaßnahme erfolgt eine Anpassung des Geländes im Bereich vor dem Pfarramt sowie teilweise eine Verlegung der Fahrstreifen für den Straßenverkehr. Die bestehenden Gleisanlagen werden bis auf den Anschluss an das Wendegleis nicht wesentlich verändert.

Abbildung 1 Lageplan des Untersuchungsraumes mit skizzenhafter Abgrenzung des Bereichs für den Neubau der Wendeanlage (rote Markierung) (Google Maps, Ausschnitt ohne Maßstab)



Abbildung 2 Ausschnitt aus dem Lageplan Stand 23.03.2024 (BPR, Ausschnitt ohne Maßstab)



5 Beurteilungsgrundlage

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

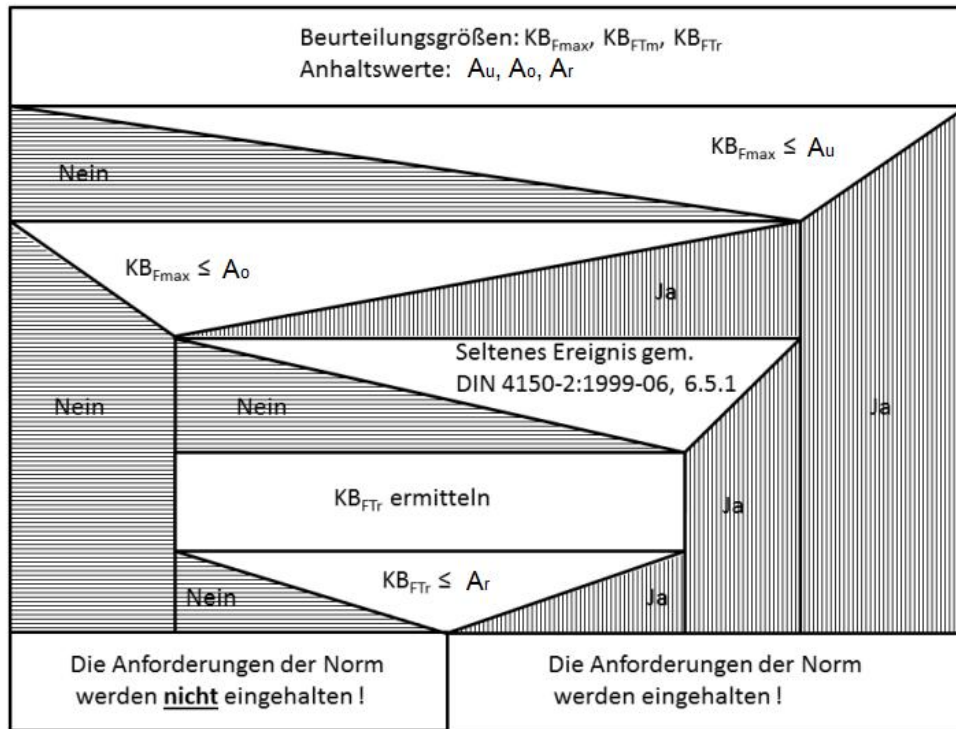
Die DIN 4150-2 [6] enthält ein Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte für die Erschütterungen, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Bei einer Einhaltung der Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen auftreten. Die Bezeichnung „Anhaltswert“ verdeutlicht, dass auch bei einer Überschreitung nicht schematisch von schädlichen Umwelteinwirkungen gesprochen werden kann, sondern meist ein gewisser Abwägungsspielraum besteht. Ob und inwieweit dies der Fall ist, richtet sich nach den Umständen im Einzelfall.

Die Anhaltswerte werden in eine unteren (A_u), einen oberen (A_o) und einen Beurteilungs-Anhaltswert (A_r) unterteilt und hängen vom Gebietstyp ab, welchem ein Gebäude anhand der Festsetzung im Bebauungsplan bzw. anhand der tatsächlichen Nutzung zugeordnet wird (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen gemäß DIN 4150-2

Einwirkungsort / Gebietstyp *	Tag (06 – 22 Uhr)			Nacht (22 – 06 Uhr)		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Industriegebiete (GI)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
Gewerbegebiete (GE)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
Kerngebiete (MK), Urbane Gebiete (MU), Mischgebiete (MI), Dorfgebiete (MD)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
Reine Wohngebiete (WR), Allgemeine Wohngebiete (WA), Kleinsiedlungsgebiete (WS)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
Krankenhäuser und Kurkliniken in dafür ausgewiesenen Sondergebieten	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
* Der Gebietstyp ist gemäß DIN 4150 nach dem Schutzbedarf der Einwirkungsorte zuzuordnen und entspricht in der Regel, aber nicht zwangsläufig der Festlegung im jeweiligen Bebauungsplan						

Nach dem Verfahren der DIN 4150-2 wird zunächst die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} aus der Schwinggeschwindigkeit des Fußbodens eines schutzbedürftigen Raumes ermittelt und mit dem unteren und oberen Anhaltswert verglichen. Liegt die maximale bewertete Schwingstärke zwischen den Anhaltswerten A_u und A_o , so ist zusätzlich die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln, welche eine mittlere Beurteilungsgröße über den gesamten Beurteilungszeitraum darstellt und von der Einwirkdauer sowie der Anzahl der Erschütterungsereignisse abhängt. Die Beurteilungs-Schwingstärke ist mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Im Flussdiagramm in [8] ist das Beurteilungsverfahren schematisch dargestellt.

Abbildung 3 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren der DIN 4150-2 (Quelle: [8])


Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch den ÖPNV gelten gemäß Anhang D der DIN 4150-2 [6] zusätzliche Besonderheiten:

- Da im Vergleich zum schienenengebundenen Fernverkehr im Allgemeinen höhere maximale Schwingstärken KB_{Fmax} zu erwarten sind, wird in der Nacht gebietsunabhängig ein oberer Anhaltswert von $A_o = 0,6$ angesetzt.
- Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke werden (analog zu den schalltechnischen Richtlinien) keine Zuschläge für Ruhezeiten vergeben.
- Aufgrund der spezifischen Erschütterungswirkung durch den Personennahverkehr auf den Menschen sind die Anhaltswerte A_u und A_r um den Faktor 1,5 zu erhöhen.

5.2 Sekundärer Luftschall

Die in Gebäude eingetragenen Erschütterungen führen aufgrund der Schwingungen der Bauteile ihrerseits zu Schallimmissionen, welche als sekundärer Luftschall bezeichnet werden. Im Gegensatz zum primären Luftschall, welcher an der Schienentrasse durch den Rad-Schiene-Kontakt und Fahrzeuggeräusche entsteht und über die Außenbauteile in ein Gebäude gelangt, sind für sekundären Luftschall die Erschütterungen ursächlich.

Zur Ermittlung und Beurteilung des sekundären Luftschalls existiert wie auch bei Erschütterungen kein rechtlich verbindliches Regelwerk. Nach der bekannten Rechtslage (Urteil 7 A 24.12 des BVerwG vom 19.03.2014) wird daher auf die 24. BImSchV („Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung“) [10] zurückgegriffen, welche beim primären Luftschall einschlägig ist und somit eine geeignete Beurteilungsgrundlage zur Beurteilung von Schallimmissionen durch den Verkehr innerhalb von Gebäuden darstellt.

Unter Berücksichtigung des Korrektursummanden für Schienenwege von Straßenbahnen lassen sich aus den Vorgaben in der 24. BImSchV die zulässigen Schalldruckpegel gemäß Tabelle 2 innerhalb schutzbedürftiger Räume berechnen. Die durch Erschütterungen verursachten Schallimmissionen werden mit den aus der 24. BImSchV abgeleiteten zulässigen Innenpegeln verglichen.

Tabelle 2 Zulässige Schalldruckpegel abgeleitet aus der 24. BImSchV

Raumnutzung	abgeleiteter Innenpegel
Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden (Schlafräume, Kinderzimmer)	30 dB(A)
Wohnräume, Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40 dB(A)
Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45 dB(A)
Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV - Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50 dB(A)
Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	nach der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen

Anmerkung: Der sogenannte „Schienenbonus“, welcher für Straßenbahnen mit der 11. Änderung des BImSchG zum 01.01.2019 für Straßenbahnen abgeschafft wurde, wird hier nicht berücksichtigt.

6 Erschütterungsmessungen

6.1 Messmethodik

Zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen sind die Schwingstärken in den schutzbedürftigen Räumen der Gebäude umliegend zum Neubauvorhaben der Wendeschleife zu bestimmen. Da wesentliche Erschütterungen durch die im Prognosezustand geplante Weiche sowie die Kurvenfahrt in der Wendeschleife entstehen, welche im Bestand am Standort in Gliesmarode nicht untersucht werden können, wurde in Abstimmung mit den Auftraggebern folgende Vorgehensweise gewählt:

- Die Schwinggeschwindigkeiten wurden für passende Vorbeifahrtsituationen neben der Fahrbahn an geeigneten Vergleichsstandorten in der Braunschweiger Innenstadt mit einem triaxialen Messgerät (Typ MENHIR der Fa. SEMEX-EngCon GmbH) gemäß DIN 45669 [11][12] gemessen.
- Für die umliegenden Gebäude zur geplanten Wendeschleife wurde nach dem Prognoseverfahren der DB-Richtlinie 820.2050 [9] die maximale Schwingstärke sowie die Beurteilungs-Schwingstärke für typische Bauweisen und Deckenmaße berechnet. Dabei wurde konservativ der ungünstigste Fall betrachtet, bei welchem die Resonanzfrequenz möglicher Deckenkonstruktionen mit den höchsten gemessenen Schwinggeschwindigkeiten zusammenfällt.

- Bei denjenigen Immissionsorten, bei welchen sich rechnerisch Schwingstärken im Grenzbereich der Anhaltswerte ergeben, wurden zusätzlich Messungen vor und innerhalb der Gebäude bei Vorbeifahrten von Stadtbahnen auf der bestehenden Trasse durchgeführt, um die Übertragungsfunktion zu bestimmen.
- Mit Hilfe der messtechnisch bestimmten Übertragungsfunktion wurden die Schwingstärken in den betroffenen Gebäuden erneut durch Prognoseberechnung auf Grundlage der Vergleichssituationen ermittelt.

6.2 Bestimmung der Beurteilungsgrößen

Die Erschütterungsimmissionen werden bei der Messung als Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ in mm/s gemessen. Als Beurteilungsgröße wird daraus die Schwingstärke („KB-Wert“) durch eine Frequenzbewertung (Hochpassfilterung) berechnet und durch eine Zeitbewertung die „bewertete Schwingstärke“ mittels folgender Gleichung gebildet:

$$KB_{\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \cdot \int_{\xi=0}^t e^{-\left(\frac{t-\xi}{\tau}\right)} \cdot KB^2(\xi) d\xi}$$

Dabei wird durch Zeitbewertung „F“ (Fast) mittels der Zeitkonstante $\tau = 0,125$ s der gleitende Effektivwert gebildet. Entsprechend der Norm wird die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ genannt. Der in der Beurteilungszeit erfasste Maximalwert der Schwingstärke wird mit KB_{Fmax} bezeichnet.

Erschütterungsimmissionen werden mittels den zwei Beurteilungsgrößen „maximale bewertete Schwingstärke“ KB_{Fmax} sowie der „Beurteilungs-Schwingstärke“ KB_{FT_r} beurteilt. Die Beurteilungs-Schwingstärke ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese wird entsprechend DIN 4150-2 nach folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FT_r} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FT_{m,j}}^2}$$

T_r Beurteilungszeit (Tag 16 Stunden, Nacht 8 Stunden)

$T_{e,j}$ Teileinwirkzeiten

$KB_{FT_{m,j}}$ Taktmaximal-Effektivwerte, die für die Teilbeurteilungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

Der Taktmaximal-Effektivwert entspricht der maximalen bewerteten Schwingstärke innerhalb eines 30-sekündigen Taktes.

Für die Prognose der Erschütterungsimmissionen im Gebäude werden die Beurteilungsgrößen aus den in Fahrbahnnähe gemessenen Emissionsspektren der Schwinggeschwindigkeiten rechnerisch ermittelt. Dazu wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Es werden die maximalen Schwinggeschwindigkeiten der drei Messachsen verglichen und der höchste Wert ausgewählt (typischerweise die vertikale bzw. z-Richtung).
2. Die frequenzabhängigen maximalen Schwinggeschwindigkeiten werden anhand der Distanzen zwischen Quelle und Fußpunkt des Gebäudes von der Vergleichssituation bei der Messung auf den Planfall umgerechnet.
3. Mittels empirisch bestimmten Zusammenhängen der Literatur [9] bzw. – sofern Messungen durchgeführt wurden – den messtechnisch bestimmten Differenzen für das Übertragungsmaß vom Fußpunkt auf die Decken im Gebäude wird die maximale Schwinggeschwindigkeit der Decke frequenzabhängig berechnet.
4. Aus diesen Werten wird die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie ggf. die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} berechnet. Dabei wird die Anzahl Fahrbewegungen gemäß Tabelle 3 angesetzt.

Tabelle 3 Anzahl Fahrbewegungen für die maßgeblichen Erschütterungsquellen

Bezeichnung	Anzahl Fahrzeuge	
	Tag	Nacht
-	[Fahrzeuge/d]	
Überfahren der Weichen	266	44
Kurvenfahrt Wendegleis	60	4

7 Berechnung der Erschütterungsimmissionen

7.1 Immissionsorte

Für die erschütterungstechnischen Berechnungen werden als maßgebliche Immissionsorte die nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen herangezogen. Eine Übersicht der maßgeblichen Immissionsorte ist in Abbildung 4 zu sehen.

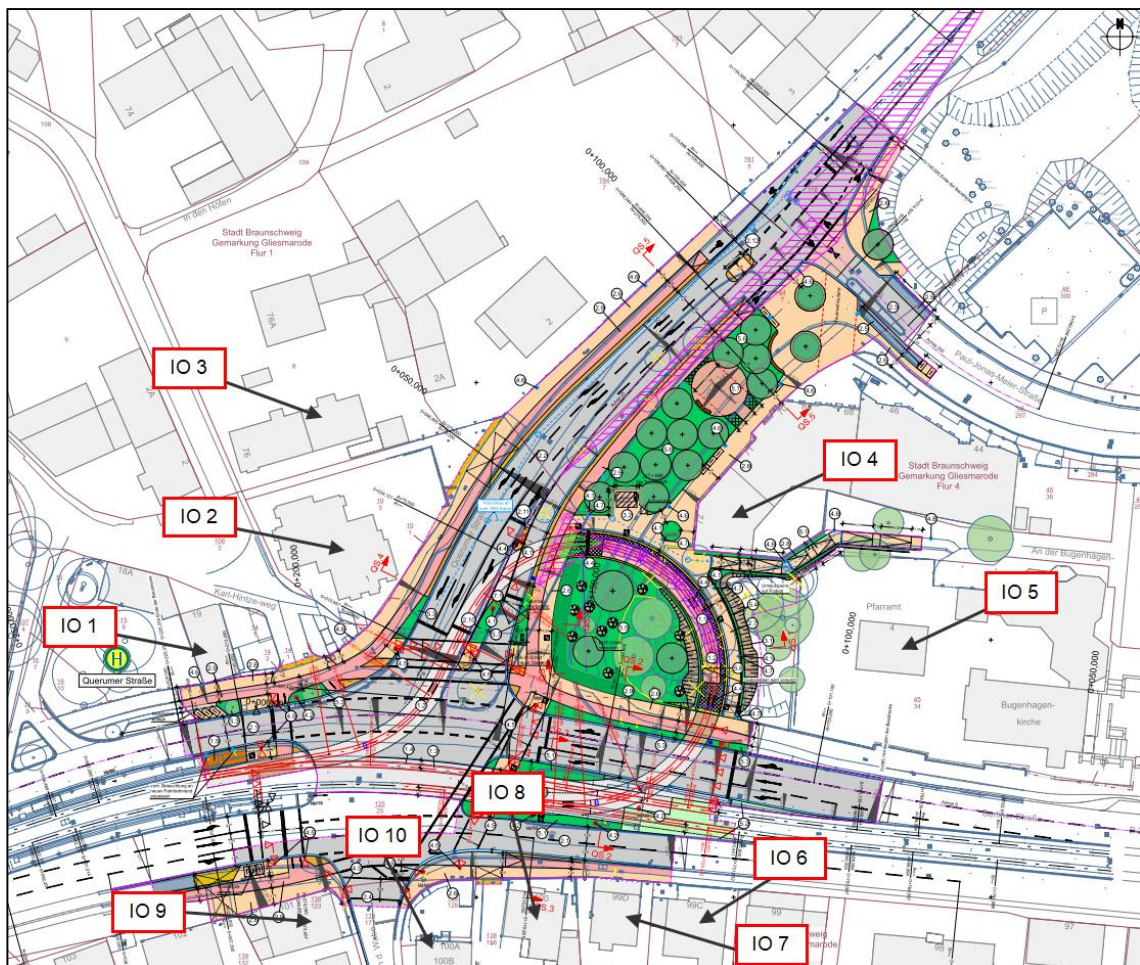
In dem rechnerischen Prognoseverfahren wird von einem Immissionsort in der Raummitte des schutzbedürftigen Raumes mit der größten Grundfläche der zu den Erschütterungsquellen nächstgelegenen Nutzungseinheit (Gewerblicher Betrieb oder Wohnung) ausgegangen. Dies entspricht einer konservativen Herangehensweise, da an dieser Position die größten Schwingungen zu erwarten sind.

An den Immissionsorten, an denen im Gebäude Messungen durchgeführt wurden, wurde in den am nächsten zur geplanten Erschütterungsquelle gelegenen schutzbedürftigen Raum gemessen. Die Messungen wurden, sofern möglich, in mehreren Stockwerken vorgenommen. Zur Auswertung wird jeweils das Stockwerk herangezogen, in welchem die höchsten Schwingungen gemessen wurden.

Werden die schutzbedürftigen Räume lediglich im Beurteilungszeitraum Tag genutzt (bei gewerblicher Nutzung wie z.B. Bürogebäuden), entfällt eine Betrachtung des Beurteilungszeitraumes Nacht.

Tabelle 4 Immissionsorte im Untersuchungsraum

Immissionsort		Etagen	Gebietstyp	Maßgebliche Erschütterungsquelle
Nr.	Adresse			
IO 1	Berliner Straße 19	EG bis 1.OG	WA	Westliche Weiche
IO 2	Querumer Straße 1	EG bis 2.OG	WA	Wendegleis
IO 3	Karl-Hintze-Weg 76	EG bis 1.OG	WA	Wendegleis
IO 4	Querumer Straße 72	1.OG bis 2.OG	MK	Wendegleis
IO 5	Pfarramt	EG bis 1.OG	MK	Wendegleis
IO 6	Berliner Straße 99C	EG bis 1.OG	WA	Östliche Weiche
IO 7	Berliner Straße 99D	1.OG bis 2.OG	WA	Östliche Weiche
IO 8	Berliner Straße 100	EG bis 2.OG	WA	Östliche Weiche
IO 9	Berliner Straße 101	EG bis 2.OG	MI	Westliche Weiche
IO 10	Berliner Straße 100A	EG bis 1.OG	WA	Östliche Weiche

Abbildung 4 Maßgebliche Immissionsorte in der Umgebung der Wendeanlage


8 Ergebnisse

8.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der durchgeführten Prognoseberechnung im Vergleich mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 angegeben. Für die Immissionsorte 1, 7 und 8, bei denen der untere Auslösewert A_u für den sensibleren Beurteilungszeitraum Nacht im Vergleich mit der maximalen Schwingstärke überschritten wird, wurde zusätzlich die Beurteilungs-Schwingstärke ermittelt und mit dem Anhaltswert A_r verglichen.

Eine detaillierte Aufstellung der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten sowie der Übertragungsmaße, auf deren Grundlage die Beurteilungsgrößen in Tabelle 5 berechnet wurden, enthält Anhang A.

Tabelle 5 Prognoseergebnisse Erschütterungsimmissionen

Immissionsort		Maximale Schwingstärke KB_{Fmax}	Anhaltswert (Nacht) *		Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}		Anhaltswert A_r *	
Nr.	Adresse		A_u	A_o	Tag	Nacht	Tag	Nacht
IO 1	Berliner Straße 19	0,25 **	0,15	0,6	0,09	0,05	0,1	0,07
IO 2	Querumer Straße 1	0,14	0,15		-	-	0,1	0,07
IO 3	Karl-Hintze-Weg 76	0,14	0,15		-	-	0,1	0,07
IO 4	Querumer Straße 72	0,09	0,22		-	-	0,15	0,1
IO 5	Pfarramt	0,05	0,22		-	-	0,15	0,1
IO 6	Berliner Straße 99C	0,13 **	0,15		-	-	0,1	0,07
IO 7	Berliner Straße 99D	0,19 **	0,15		0,07	0,04	0,1	0,07
IO 8	Berliner Straße 100	0,21 **	0,15		0,08	0,05	0,1	0,07
IO 9	Berliner Straße 101	0,14	0,22		-	-	0,15	0,1
IO 10	Berliner Straße 100A	0,08	0,15	0,6	-	-	0,1	0,07

* erhöhte Anhaltswerte für den ÖPNV, vergleiche Erläuterungen in Kapitel 5.1
 ** berechnet anhand des messtechnisch bestimmten Übertragungsmaßes. Die übrigen Werte für KB_{Fmax} wurden nach dem Prognoseverfahren in [9] berechnet.

Der untere Anhaltswert für den sensibleren Beurteilungszeitraum Nacht wird an allen Immissionsorten, außer an IO 1, IO 7 und IO 8, unterschritten. An IO 1, IO 7 und IO 8 liegt die maximale Schwingstärke zwischen dem unteren und dem oberen Anhaltswert, sodass hier die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} berechnet wurde und mit den Anhaltswerten A_r verglichen wird. Der Anhaltswert A_r wird an den drei Immissionsorten sowohl im Beurteilungszeitraum Tag als auch im Beurteilungszeitraum Nacht unterschritten.

An den Immissionsorten 1, 6, 7 und 8 wurde das Übertragungsmaß zwischen dem Messpunkt außerhalb des Gebäudes und dem Immissionsort im Gebäude messtechnisch bestimmt. Die rechnerische Prognose nach [9], welche auf einem konservativen Verfahren beruht und daher häufig zu einer Überschätzung der Erschütterungsimmissionen führt, würde an diesen Immissionsorten eine Überschreitung der unteren Anhaltswerte A_u sowie auch der Beurteilungs-Anhaltswerte A_r ergeben.

8.2 Sekundärer Luftschall

Anhand der prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten der Gebäudedecken lässt sich der maximale Schalldruckpegel $L_{sek,max}$ des sekundären Luftschalls während eines Erschütterungsereignisses berechnen. Hierzu wurde das frequenzabhängige Verfahren in [9] für die Terzbänder von 25 Hz bis 80 Hz verwendet, welches auf empirischen Zusammenhängen zwischen der Schwinggeschwindigkeit und dem korrespondierenden sekundären Luftschallpegel beruht. Mit der Dauer eines Ereignisses und den Zugzahlen gemäß Tabelle 3 ergeben sich aus dem maximalen Schalldruckpegel die Beurteilungspegel $L_{sek,r}$ für den Tag- und Nachtzeitraum nach folgender Formel:

$$L_{sek,r} = L_{sek,max} + 10 * \log\left(\frac{t_{zug} * N}{T_r}\right)$$

Mit:

t_{zug}	Dauer eines Erschütterungsereignisses	= 30 s
N	Anzahl der Ereignisse am Tag / in der Nacht	= gemäß Tabelle 3
T_r	Beurteilungszeit Tag / Nacht	= 57600 s / 28800 s

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die berechneten Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls den zulässigen Werten nach der 24. BImSchV gegenübergestellt.

Tabelle 6 Beurteilungspegel sekundärer Luftschall im Vergleich zu den zulässigen Innenpegeln nach der 24. BImSchV

Immissionsort		Maximalpegel $L_{sek,max}$	Beurteilungspegel $L_{sek,r}$		Zulässiger Innenpegel *	
Nr.	Adresse		Tag	Nacht	Tag	Nacht
-	-	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
IO 1	Berliner Straße 19	27	18	13	40	30
IO 2	Querumer Straße 1	35	20	11	40	30
IO 3	Karl-Hintze-Weg 76	25	9	1	40	30
IO 4	Querumer Straße 72	37	22	14	40	30
IO 5	Pfarramt	32	17	9	40	30
IO 6	Berliner Straße 99C	26	17	12	40	30
IO 7	Berliner Straße 99D	38	30	25	40	30
IO 8	Berliner Straße 100	30	21	16	40	30
IO 9	Berliner Straße 101	34	25	20	40	30
IO 10	Berliner Straße 100A	30	21	16	40	30
* abgeleitet aus der 24. BImSchV, vgl. Tabelle 2						

Die zulässigen Werte nach der 24. BImSchV werden an allen Immissionsorten sowohl tags als auch nachts unterschritten.

8.3 Unsicherheit der Prognose

Die Unsicherheit der messtechnischen Bestimmung von Schwingstärken wird in der DIN 4150-2 [6] mit 15 % angegeben. Diese Unsicherheit tritt sowohl bei der Messung der Emissionsdaten als auch bei der messtechnischen Bestimmung der Übertragungsfunktionen zwischen dem Referenzpunkt vor und der Deckenschwingung im Gebäude auf. In Summe sind nach dem Gesetz der Fehlerfortpflanzung somit Unsicherheiten von etwa 25 % bei der Messung zu erwarten.

Die Erschütterungsemissionen einzelner Vorbeifahrtereignisse variieren zudem in erheblichem Maß. Durch Unterschiede im baulichen Zustand der Gleisanlagen, Unterschiede in der Fahrgeschwindigkeit oder auch in Typ und Zustand einzelner Fahrzeuge sind Differenzen von 50 % zwischen den Schwingstärken bei einzelnen Messungen nicht unüblich. Um in der Prognose eine Betrachtung auf der sicheren Seite vornehmen zu können, wurden daher stets die Messungen mit den höchsten Erschütterungsemissionen bzw. Mittelwerte mehrerer Messungen mit hohen Werten herangezogen.

Durch diese konservative Herangehensweise sind höhere Werte als in diesem Gutachten dargestellt in der Regel nicht zu erwarten. Aufgrund der allgemeinen Unsicherheit bei der messtechnischen Ermittlung und auch weiterer Unsicherheiten (z.B. aufgrund der Übertragung der Emissionsdaten von Messungen an anderen Vergleichsstandorten auf den Prognosezustand an der Wendeanlage Gliesmarode) lassen sich höhere Erschütterungsimmissionen als hier berechnet aber nicht vollständig ausschließen. Aus diesem Grund ist eine zusätzliche Nachweismessung nach Fertigstellung der Wendeanlage zu empfehlen. Die Nachweismessung sollte vorrangig in Bezug auf die Immissionsorte 1, 6, 7 und 8 durchgeführt werden.

9 Entkopplungsmaßnahmen

Die für die Prognoseberechnung herangezogenen Emissionsspektren wurden im Innenstadtbereich von Braunschweig für Erschütterungsereignisse erfasst, deren Parameter vergleichbar zur geplanten Wendeschleife sind. Hierzu wurden am Gleisdreieck *Georg-Eckert-Straße* die Überfahrten der Weichen von abbiegenden und geradeausfahrenden Stadtbahnen erfasst, an der Kreuzung *Georg-Eckert-Straße / Magnitorwall* wurden die Erschütterungen während der Kurvenfahrt der Stadtbahnen gemessen.

Nach Auskunft der BSVG wurde an den Messpositionen im Gleisdreieck *Georg-Eckert-Straße* eine elastische Lagerung der Schienen durch einen Schienenvollverguss verbaut. Das verbaute System ist mittlerweile am Markt nicht mehr erhältlich, sodass eine vergleichbare Lösung empfohlen wird. Die Messung der Einfederung hat an einem vergleichbaren Standort Werte in der Größenordnung 0,5 mm ergeben. Entsprechend den Ergebnissen der Messungen am Schlossplatz ist davon auszugehen, dass die Resonanzfrequenz der Lagerung bei etwa 30 Hz liegt.

Da die elastische Lagerung in den angesetzten Emissionsdaten bereits berücksichtigt ist, muss diese auch bei der geplanten Wendeschleife zum Einsatz kommen. Andernfalls wären höhere Immissionswerte als in Tabelle 5 zu erwarten.

Da die Ausbreitungsparameter des Untergrundes für die messtechnisch erfasste Situation und dem Standort der Wendeschleife vergleichbar sind, sollte die Auslegung den Parametern am Schlossplatz weitestgehend entsprechen.

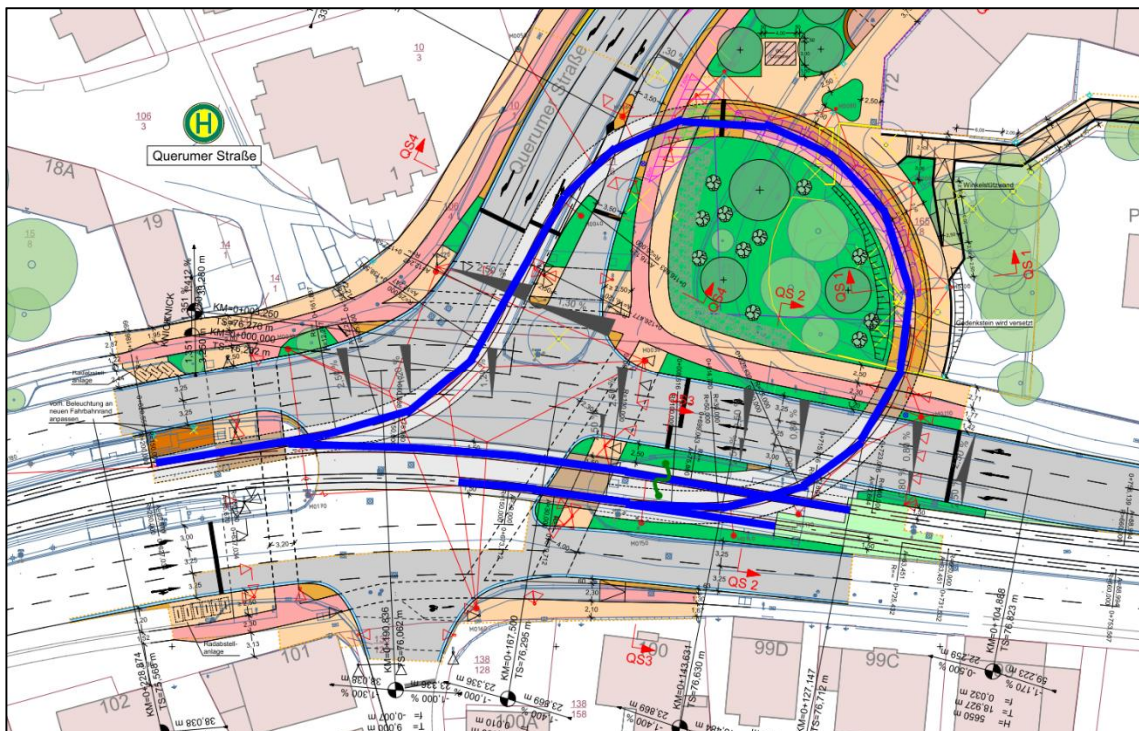
Eine Auslegung der Resonanzfrequenz auf unter 20 Hz durch hochelastische Lagerung ist hingegen nicht zu empfehlen. Die höchsten Anteile an den ermittelten Erschütterungsimmissionen im Gebäude liegen im Bereich der Resonanzfrequenzen der Gebäudeübertragung bei 10 – 16 Hz. Würde die Resonanzfrequenz der Schienenlagerung ebenfalls in dieser Größenordnung liegen, so ergäbe sich eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen.

Die Abstimmung der Resonanzfrequenz der Lagerung sollte somit folgende Anforderungen erfüllen:

- mindestens das 1,5-fache der typischen Resonanzfrequenzen der Gebäudeübertragung (10 – 16 Hz) und
- höchstens das 1,5-fache der typischen Resonanzfrequenz des Rad-Schiene-Kontaktes (50 – 80 Hz).

Ein geeigneter Bereich für die Auslegung der Resonanzfrequenz der Lagerung liegt demnach zwischen 25 und 35 Hz. Die korrespondierende Einfederung unter maximaler Last liegt typischerweise bei etwa 1,0 bis 1,5 mm. Die elastische Lagerung ist im Bereich der Weichen sowie der Wendeschleife erforderlich. In Abbildung 5 sind die entsprechenden Abschnitte blau markiert. Nach Auskunft der BSVG sind die anschließenden Abschnitte ebenfalls elastisch gelagert, daran sollte lückenlos angeschlossen werden.

Abbildung 5 Elastisch zu lagernde Abschnitte



10 Zusammenfassung und Fazit

An den schutzbedürftigen Nutzungen im Umfeld der geplanten Wendeanlage Gliesmarode in Braunschweig wurden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen sowie die Geräuschimmissionen des sekundären Luftschalls berechnet und nach der DIN 4150-2 [6] bzw. der 24. BImSchV beurteilt [10]. Als Grundlage für die erschütterungstechnische Prognose wurden Messergebnisse von vergleichbaren Erschütterungsereignissen (Überfahren einer Weiche, Kurvenfahrt) in der Braunschweiger Innenstadt verwendet. Zusätzlich wurden bei denjenigen Gebäuden, in denen die höchsten Immissionen zu erwarten sind, Schwingungsmessungen vor und innerhalb der Gebäude durchgeführt, um die Übertragungsfunktion des Gebäudes messtechnisch zu bestimmen.

Nach der durchgeführten Prognoseberechnung sind Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 sowie auch der zulässigen Innenpegel nach der 24. BImSchV nicht zu erwarten. Als Entkopplungsmaßnahme ist hierfür eine elastische Lagerung der Schiene entsprechend den Anforderungen in Kapitel 9 erforderlich.

11 Quellen

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17.05.2013 (BGBl. I S.1274), zuletzt geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 10.08.2021 (BGBl. I S. 3436)
- [2] Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 2939)
- [3] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)
- [4] Niedersächsische Bauordnung (NBauO) vom 3. April 2012 (Nds. GVBl. S. 46), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10.11.2020 (Nds. GVBl. S. 384)
- [5] DIN 4150-1: 2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Beuth Verlag
- [6] DIN 4150-2: 1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beuth Verlag
- [7] DIN 4150-3: 1999-02 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beuth Verlag
- [8] Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Stand 06.03.2018
- [9] Richtlinie 820 „Grundlagen des Oberbaues“, Ril 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, DB Netz AG, Stand 15.09.2017
- [10] Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 4. Februar 1997 (BGBl. I S. 172, 1253), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. September 1997 (BGBl. I S. 2329) geändert worden ist

- [11] DIN 45669-1: 1995-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen, Prüfungen, Beuth Verlag
- [12] DIN 45669-2: 1995-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren, Beuth Verlag

12 Anhang

- A) Messergebnisse Emissionsspektrum und Immissionsmessungen sowie Prognoseberechnungen für IO 1 bis IO 10 (10 Seiten DIN A4)
- B) Eingangsgrößen (Schwinggeschwindigkeitspegel) für die Berechnung der sekundären Luftschallimmissionen (1 Seite DIN A4)

AMT Ingenieurgesellschaft mbH

Isernhagen, 25.06.2024

Bearbeiter:



B.Eng. N. Giesen
 (Projektbearbeiter)



M.Sc. S. Schmitt
 (stellv. Fachlich Verantwortlicher)

Dieses Gutachten ist ausschließlich in der unterschriebenen Originalfassung gültig.

Anhang A.1 Messergebnisse Emissionsspektrum und Immissionsmessungen IO 1

Frequenz	Schwinggeschwindigkeit V_{\max}		Übertragungs- maß	$KB_{F_{\max}, \text{Terz}}$	
	außen	innen		Emissions- spektrum	Am Immissionsort
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[-]	[-]	[-]
5	0,0024	0,0045	1,875	0,002	0,003
6,3	0,0024	0,006	2,500	0,003	0,007
8	0,0064	0,0085	1,328	0,009	0,012
10	0,012	0,024	2,000	0,027	0,055
12,5	0,032	0,0605	1,891	0,043	0,082
16	0,0304	0,0715	2,352	0,090	0,211
20	0,02	0,022	1,100	0,059	0,065
25	0,024	0,016	0,667	0,048	0,032
31,5	0,0384	0,0145	0,378	0,046	0,017
40	0,0304	0,012	0,395	0,050	0,020
50	0,0272	0,0085	0,313	0,028	0,009
63	0,0264	0,0065	0,246	0,016	0,004
80	0,0152	0,0035	0,230	0,008	0,002
100	0,0096	0,0015	0,156	0,002	0,000
				$KB_{F_{\max}}$	0,246

Anhang A.2 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 2

Frequenz	$KB_{Fmax, Terz}$ Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	$KB_{Fmax, Terz}$ am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,773	0,943	0,001
6,3	0,002	0,771	1,178	0,002
8	0,004	0,768	2,208	0,007
10	0,020	0,765	5,623	0,088
12,5	0,012	0,761	1,966	0,017
16	0,017	0,755	1,020	0,013
20	0,034	0,748	0,865	0,022
25	0,099	0,740	0,895	0,066
31,5	0,106	0,729	0,743	0,057
40	0,045	0,716	0,668	0,021
50	0,036	0,700	0,671	0,017
63	0,061	0,681	0,577	0,024
80	0,059	0,656	0,562	0,022
100	0,047	0,627	0,562	0,017
KB_{Fmax}				0,135

Anhang A.3 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 3

Frequenz	$KB_{Fmax, Terz}$ Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	$KB_{Fmax, Terz}$ am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,883	0,857	0,001
6,3	0,004	0,880	0,943	0,003
8	0,008	0,877	1,178	0,008
10	0,015	0,872	2,208	0,030
12,5	0,025	0,867	5,623	0,123
16	0,025	0,859	1,966	0,043
20	0,027	0,851	1,020	0,024
25	0,018	0,840	0,865	0,013
31,5	0,018	0,826	0,895	0,013
40	0,015	0,809	0,743	0,009
50	0,007	0,789	0,668	0,004
63	0,004	0,763	0,671	0,002
80	0,001	0,732	0,577	0,001
100	0,001	0,696	0,562	0,000
KB_{Fmax}				0,137

Anhang A.4 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 4

Frequenz	$KB_{Fmax, Terz}$ Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	$KB_{Fmax, Terz}$ am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,813	0,943	0,001
6,3	0,002	0,812	1,178	0,002
8	0,003	0,810	2,208	0,006
10	0,016	0,809	5,623	0,074
12,5	0,012	0,807	1,966	0,018
16	0,005	0,804	1,020	0,004
20	0,007	0,801	0,865	0,005
25	0,012	0,797	0,895	0,009
31,5	0,026	0,793	0,743	0,016
40	0,018	0,786	0,668	0,010
50	0,022	0,779	0,671	0,012
63	0,074	0,769	0,577	0,033
80	0,032	0,757	0,562	0,014
100	0,012	0,743	0,562	0,005
KB_{Fmax}				0,088

Anhang A.5 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 5

Frequenz	KB _{Fmax, Terz} Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	KB _{Fmax, Terz} am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,447	0,943	0,000
6,3	0,002	0,443	1,178	0,001
8	0,003	0,438	2,208	0,003
10	0,016	0,432	5,623	0,040
12,5	0,012	0,425	1,966	0,010
16	0,005	0,414	1,020	0,002
20	0,007	0,403	0,865	0,003
25	0,012	0,389	0,895	0,004
31,5	0,026	0,372	0,743	0,007
40	0,018	0,351	0,668	0,004
50	0,022	0,328	0,671	0,005
63	0,074	0,299	0,577	0,013
80	0,032	0,266	0,562	0,005
100	0,012	0,232	0,562	0,002
KB_{Fmax}				0,045

Anhang A.6 Messergebnisse Emissionsspektrum und Immissionsmessungen IO 6

Frequenz	Schwinggeschwindigkeit V_{\max}		Übertragungs- maß	$KB_{F_{\max}, \text{Terz}}$	
	außen	innen		Emissions- spektrum	Am Immissionsort
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[-]	[-]	[-]
5	0,003	0,01136	3,787	0,002	0,009
6,3	0,003	0,01846	6,153	0,007	0,044
8	0,008	0,01136	1,420	0,019	0,027
10	0,015	0,01136	0,757	0,040	0,030
12,5	0,04	0,03408	0,852	0,113	0,096
16	0,038	0,01988	0,523	0,059	0,031
20	0,025	0,00994	0,398	0,068	0,027
25	0,03	0,0071	0,237	0,102	0,024
31,5	0,048	0,0071	0,148	0,112	0,017
40	0,038	0,00852	0,224	0,078	0,018
50	0,034	0,00284	0,084	0,025	0,002
63	0,033	0,00426	0,129	0,016	0,002
80	0,019	0,00284	0,149	0,006	0,001
100	0,012	0,00142	0,118	0,002	0,000
				$KB_{F_{\max}}$	0,125

Anhang A.7 Messergebnisse Emissionsspektrum und Immissionsmessungen IO 7

Frequenz	Schwinggeschwindigkeit V_{\max}		Übertragungs- maß	$KB_{F_{\max}, \text{Terz}}$	
	außen	innen		Emissions- spektrum	Am Immissionsort
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[-]	[-]	[-]
5	0,003	0,009	3,000	0,001	0,004
6,3	0,003	0,007	2,333	0,002	0,006
8	0,008	0,007	0,875	0,005	0,004
10	0,015	0,024	1,600	0,025	0,040
12,5	0,04	0,108	2,700	0,014	0,038
16	0,038	0,067	1,763	0,021	0,037
20	0,025	0,038	1,520	0,041	0,063
25	0,03	0,029	0,967	0,120	0,116
31,5	0,048	0,024	0,500	0,129	0,064
40	0,038	0,005	0,132	0,054	0,007
50	0,034	0,019	0,559	0,044	0,024
63	0,033	0,03	0,909	0,074	0,068
80	0,019	0,014	0,737	0,072	0,053
100	0,012	0,006	0,500	0,058	0,029
				$KB_{F_{\max}}$	0,187

Anhang A.8 Messergebnisse Emissionsspektrum und Immissionsmessungen IO 8

Frequenz	Schwinggeschwindigkeit V_{\max}		Übertragungs- maß	$KB_{F_{\max}, \text{Terz}}$	
	außen	innen		Emissions- spektrum	Am Immissionsort
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[-]	[-]	[-]
5	0,003	0,016	0,943	0,001	0,006
6,3	0,003	0,014	1,178	0,002	0,011
8	0,008	0,038	2,208	0,005	0,022
10	0,015	0,118	5,623	0,025	0,194
12,5	0,04	0,069	1,966	0,014	0,024
16	0,038	0,055	1,020	0,021	0,031
20	0,025	0,035	0,865	0,041	0,057
25	0,03	0,007	0,895	0,120	0,027
31,5	0,048	0,004	0,743	0,129	0,010
40	0,038	0,010	0,668	0,054	0,015
50	0,034	0,010	0,671	0,044	0,013
63	0,033	0,005	0,577	0,074	0,012
80	0,019	0,002	0,562	0,072	0,008
100	0,012	0,001	0,562	0,058	0,007
				$KB_{F_{\max}}$	0,187

Anhang A.9 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 9

Frequenz	$KB_{Fmax, Terz}$ Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	$KB_{Fmax, Terz}$ am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,687	0,943	0,001
6,3	0,002	0,683	1,178	0,002
8	0,005	0,678	2,208	0,007
10	0,025	0,673	5,623	0,094
12,5	0,014	0,666	1,966	0,019
16	0,021	0,656	1,020	0,014
20	0,041	0,645	0,865	0,023
25	0,120	0,632	0,895	0,068
31,5	0,129	0,615	0,743	0,059
40	0,054	0,593	0,668	0,022
50	0,044	0,569	0,671	0,017
63	0,074	0,538	0,577	0,023
80	0,072	0,501	0,562	0,020
100	0,058	0,461	0,562	0,015
KB_{Fmax}				0,141

Anhang A.10 Messergebnisse Emissionsspektrum und Prognoseberechnung IO 10

Frequenz	$KB_{Fmax, Terz}$ Emissions- spektrum	Abstands- korrektur	Übertragungs- maß	$KB_{Fmax, Terz}$ am Immissionsort
[Hz]	-	-	-	-
5	0,001	0,440	0,943	0,000
6,3	0,002	0,437	1,178	0,001
8	0,005	0,433	2,208	0,004
10	0,025	0,428	5,623	0,052
12,5	0,014	0,422	1,966	0,011
16	0,021	0,415	1,020	0,008
20	0,041	0,406	0,865	0,014
25	0,120	0,395	0,895	0,042
31,5	0,129	0,382	0,743	0,036
40	0,054	0,365	0,668	0,013
50	0,044	0,346	0,671	0,010
63	0,074	0,323	0,577	0,014
80	0,072	0,295	0,562	0,012
100	0,058	0,265	0,562	0,009
KB_{Fmax}				0,082

Anhang B Eingangsgroößen (Schwinggeschwindigkeitspegel) für die Berechnung der sekundären Luftschallimmissionen

Immissionsort	Schwinggeschwindigkeitspegel $L_{v, Terz}$					
	25	31,5	40	50	63	80
-	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
IO 1	57,2	51,9	53,1	46,0	39,0	32,4
IO 2	62,6	61,5	52,9	50,8	53,9	53,1
IO 3	51,2	51,7	48,0	40,5	34,2	24,6
IO 4	51,1	56,2	52,0	53,6	62,7	55,1
IO 5	44,8	49,7	45,0	46,1	54,5	46,1
IO 6	55,7	52,4	52,9	34,6	34,3	26,4
IO 7	65,9	60,8	41,7	52,3	61,2	59,1
IO 8	53,1	44,5	47,9	47,0	45,9	43,0
IO 9	61,2	60,0	51,2	49,0	51,9	50,7
IO 10	53,1	44,5	47,9	47,0	45,9	43,0