

Mess-Stelle gemäß § 29b BImSchG

Dipl.-Ing. Thomas Hoppe
ö.b.v. Sachverständiger für Schallimmissions-
schutz Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Phys. Michael Krause

Dipl.-Geogr. Waldemar Meyer

Dipl.-Ing. Clemens Zollmann
ö.b.v. Sachverständiger für Lärmschutz
Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Ing. Manfred Bonk ^{bis 1995}

Dr.-Ing. Wolf Maire ^{bis 2006}

Dr. rer. nat. Gerke Hoppmann ^{bis 2013}

Rostocker Straße 22
30823 Garbsen
05137/8895-0, -95

Bearbeiter: Dipl.-Phys. M. Krause
Durchwahl: 05137/8895-23
m.krause@bonk-maire-hoppmann.de

02.03.2018

- 13041/le -

Erschütterungstechnische Untersuchung

zum Neubau des Betriebshofs

in Bremen-Gröpelingen

Inhaltsverzeichnis.....	Seite
Anlagenverzeichnis.....	3
1. Auftraggeber.....	3
2. Aufgabenstellung, Ziel der Untersuchung	4
3. Mess- und Beurteilungsverfahren Erschütterung	5
4. Beurteilungsgrundlagen sekundärer Luftschall.....	8
5. Abschätzung der Immissionswerte aus den Überfahrten auf der Weichenharfe	10
5.1 Berechnung der Beurteilungsschwingstärke aus den Überfahrten	
der Weichenharfe	12
5.2 Berechnung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall	
aus dem Betrieb der Straßenbahn	13
6. Ergebnisse und Bewertung der Ergebnisse der	
Prognoseberechnung	13
Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke	16
Quellen, Richtlinien, Normen:	17

Anlagenverzeichnis

Anlage	
Anlage A	Lageplan Messung Betriebshof Neustadt
Anlage B	Lageplan Betriebshof Gröpelingen Immissionsort / örtliche Verhältnisse
Anlage E	Ergebnisse Messung Betriebshof, Terzspektren Prognoseberechnung
Anlage D	Ergebnisse Messung Betriebshof, Terzspektren Prognoseberechnung
Anlage P	Ergebnisse und Beurteilung der Prognoseberechnung für unterkellertes Gebäude mit Betondecken
Anlage P.1	Exemplarische Darstellung Prognoseberechnung

Dieses Gutachten umfasst: 17 Seiten Text

7 Seiten Anlagen

Datei:- 13041_l_e_gröpelingen_erschütterung.doc -, Autor: Michael Krause

© 2018 BONK-MAIRE-HOPPMANN PARTGMBB

1. Auftraggeber

BREMER STRAßENBAHN AG
FLUGHAFENDAMM 12
28199 BREMEN

2. Aufgabenstellung, Ziel der Untersuchung

Der Auftraggeber plant aus betrieblichen, technischen und kapazitätsbedingten Gründen den Betriebshof Gröpelingen umzugestalten und neu zu ordnen. Die Maßnahmen umfassen den Bau und Betrieb einer Haltestelle und Umsteiganlage für Straßenbahnen und Busse der BSAG, den Bau einer Abstellanlage für Straßenbahnen sowie den Neubau einer Betriebswerkstatt mit integriertem Fahrdienstgebäude. Die auf dem Betriebshof vorhandenen Anlagen werden größtenteils abgerissen. Das bestehende Liniennetz und Verkehrsangebot soll nicht verändert werden. Das Baurecht soll über ein Planfeststellungsverfahren nach § 28 PBefG erlangt werden.

Die bestehende sowie die geplante örtliche Situation werden als bekannt vorausgesetzt und sind in der schalltechnischen Untersuchung zu dem Vorhaben dargestellt. Hier wird im folgendem darauf nur soweit Bezug genommen, als sich durch die Planung Auswirkungen in erschütterungstechnischer Hinsicht auf die möglicherweise betroffene Bebauung ergeben. In der Anlage B ist die örtliche Situation dargestellt soweit sie Bezug zu der Einwirkung von Erschütterung hat.

Mögliche im Sinne der DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkung auf den Menschen im Gebäude“ störende Erschütterung sind für die angrenzende Bebauung hier nur für die Straßenbahnfahrten auf der Weichenharfe im Bereich der Basdähler Straße zu erwarten. Ursächlich dafür sind die durch die Weichenüberfahrten im Vergleich zur Strecke ohne Weichen ausgelösten höheren Erschütterungen. In den anderen Bereichen ohne Weichen kann die Einwirkung von möglicherweise störenden Erschütterungen auf Grund der geringen Geschwindigkeiten ausgeschlossen werden.

Unter Berücksichtigung der Abstände zur Bebauung ist hier nur das Gebäude Basdahler Straße 34 betroffen. Der Immissionsort Basdahler Straße 34 und dessen Lage zur Weichenharfe ist in dem Plan der Anlage B dargestellt.

Da mit der Einwirkung von Erschütterungen auch immer eine Einwirkung durch den sekundären Luftschall gegeben ist, wird dieser in der vorliegenden Untersuchung auch mit beurteilt.

Auf Grundlage von Erschütterungsmessungen an einer vergleichbaren Weichenanlage im Betriebshof Neustadt der BSAG werden die in der angrenzenden Bebauung zu erwartenden Erschütterungen und der damit verbundene Sekundäre Luftschall abgeschätzt und beurteilt.

Grundlage der Beurteilung für die Einwirkung von Erschütterungen ist die DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“. Die Beurteilung von Erschütterungen wird hier nur für die Einwirkung auf den Menschen vorgenommen, eine Einwirkung auf Gebäude durch Erschütterungen aus dem Betrieb der Straßenbahn kann ausgeschlossen werden. Der Sekundäre Luftschall wird in Anlehnung an die 24. BImSchV beurteilt.

3. Mess- und Beurteilungsverfahren Erschütterung

Nachfolgende Tabelle 1 enthält Anhaltswerte A der bewerteten Schwingstärke KB_F , zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Sie beziehen sich wie folgt auf die beiden Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} - die maximale bewertete Schwingstärke,
- KB_{FTr} - die Beurteilungsschwingstärke, siehe unten.

**Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungs-
immissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten
Räumen aus der DIN 4150 T 2**

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO).	0.3	6	0.15	0.2	0.4	0.1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO).	0.2	5	0.1	0.15	0.3	0.07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeines Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO).	0.15	3	0.07	0.1	0.2	0.05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0.1	3	0.05	0.1	0.15	0.05

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

Die in der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, enthaltenen Zahlenwerte werden wie bereits erwähnt als „Anhaltswerte“ bezeichnet. Damit wird klargestellt, dass es sich bei diesen Werten um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte können erhebliche Belästigungen der in den Gebäuden lebenden Menschen im Allgemeinen ausgeschlossen werden.

Die beiden Beurteilungsgrößen sind in der Regel getrennt für die drei Richtungskomponenten x, y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln, wobei die jeweils größte der drei der Beurteilung zugrunde zu legen ist. In Räumen von Wohnungen wird jedoch im Allgemeinen nur die vertikale Komponente gemessen und ausgewertet, da diese bei Deckenschwingungen i. d. R. maßgebend ist.

Für den oberirdischen öffentlichen Schienenpersonennahverkehr (ÖPNV) sind bei der Beurteilung einige Besonderheiten zu beachten. Danach erfolgt die Beurteilung ausschließlich anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTTr}). Dies gilt insbesondere für neu zu bauende Strecken. Die (oberen) Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_o für den Nachtzeitraum dabei nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten anzusehen sind. Für oberirdisch geführte Schienenverkehrswege gilt:

$$A_o = 0.6 \text{ (gebietsunabhängig).}$$

Liegen jedoch nachts einzelne KB_{Fmax} - Werte über $A_o = 0.6$ (oberirdisch), so sind die Ursachen zu ermitteln. Diese hohen KB_{Fmax} - Werte sind bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} mit zu berücksichtigen.

Bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} werden für den Schienenverkehr die Zuschläge für Ruhezeiten nicht angewandt.

Zur Beurteilung der KB-Werte ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bzw. die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} mit den Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert) und A_r (oberer Anhaltswert) für neu zu bauende Bahnanlagen nach der folgenden Methodik zu vergleichen:

- ist $KB_{Fmax} \leq A_u$, so ist die Anforderung der Norm eingehalten,
- Für häufigere Einwirkungen (und hierzu zählt in der Regel Schienenverkehr), bei denen KB_{Fmax} größer als A_u ist, ist ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} . Ist KB_{FTTr} nicht größer als der Anhaltswert A_r nach Tabelle 1 der DIN-Norm 4150, Teil 2, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung von häufig, aber unregelmäßig wiederkehrenden Erschütterungen; es entspricht dem Grundgedanken des Mittelungspegels beim Schall.

Für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) gelten die um den Faktor 1.5 angehobenen A_u – und A_r - Werte der Tabelle 1.

Die bei der vorzunehmenden Beurteilung zu berücksichtigende Gebietsausweisung für den Bereich der untersuchten Gebäude ist in den Tabellen zur Darstellung der Ergebnisse und Beurteilung der Prognoseberechnungen angegeben.

4. Beurteilungsgrundlagen sekundärer Luftschall

Das in der 16. BImSchV (Anlage 2 zu § 3) festgelegte Verfahren zur Ermittlung und Berechnung des Beurteilungspegels stellt allein auf den primären Luftschall ab. Entsprechende gesetzliche und normative Festlegungen zum sekundären Luftschall liegen derzeit nicht vor.

Einen Anhaltspunkt zur Ermittlung und Bestimmung der Immissionen des sekundären Luftschalls bietet hier die 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung). Da der sekundäre Luftschall hier als eine Sonderform von verkehrsinduzierten Geräuschen angesehen werden kann, sollten hier auch nur Regelungen berücksichtigt werden, wie sie üblicherweise beim Verkehrslärm Anwendung finden. D.h. eine Beurteilung nach den Kriterien der TA-Lärm oder nach der DIN 45680 stellt für die Beurteilung des sekundären Luftschalls hier keine geeignete Grundlage dar, da deren Anwendung ausschließlich auf gewerbliche Anlagen mit einer ständigen Einwirkung abzielt.

Unter Berücksichtigung der 24. BImSchV ergeben sich die in der folgenden Tabelle 2 angegebenen Immissionsrichtwerte für den Innenraumpegel die bei der Beurteilung des sekundären Luftschalls zu berücksichtigen sind. Die Berechnung erfolgte durch Addition von 3 dB zu den in der 24. BImSchV angegebenen Korrektursummanden D.

Tabelle 2: Zulässige Innenpegel in Anlehnung an die 24. BImSchV in dB (A)

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

Danach sollten für die schutzbedürftigen Räume zur Beurteilung des sekundären Luftschalls folgende Beurteilungspegel für die Innenräume festgelegt werden:

- Wohnräume tags 40 dB(A)
- Wohnräume nachts 30 dB(A)

Der Schienenbonus von 5 dB für die verminderte Störwirkung des Schienenverkehrs wird auch bei der Bewertung des sekundären Luftschall berücksichtigt, da die Einwirkung des sekundären Luftschall in der vorliegenden Situation mit der gleichen Zeitstruktur wie der primäre Luftschall wahrgenommen wird.

5. Abschätzung der Immissionswerte aus den Überfahrten auf der Weichenharfe

Ziel der Erschütterungsprognose ist die Ermittlung der nach Durchführung der geplanten Maßnahmen zu erwartenden Werte für den Mittelwert der maximalen bewerteten Schwingstärke $\langle KB_{Fmax} \rangle$ und der auf die einzelne Vorbeifahrt bezogenen Pegel L_{sek} für den sekundären Luftschall.

Die Vorgehensweise bei Erschütterungsprognosen basiert auf den Messergebnissen sowie theoretischen Überlegungen. Das schwingungstechnische Gesamtsystem von der Erschütterungsquelle bis zum Immissionsort wird dabei in mehrere entkoppelte Teilsysteme unterteilt:

- a. Quelle mit der Ankopplung an den Erdboden
- b. Ausbreitung der Erschütterungen über den Erdboden bis vor das Gebäude
- c. Übergang der Erschütterungen vom Gelände auf die Geschosdecke. Da bei dem Gebäude Basdahler Straße von Betondecken auszugehen ist, werden die Berechnungen nur für Betondecken ausgeführt.

Für die Ermittlung der zukünftigen Schwingungsimmissionen aus der nächstgelegenen Fahrspur sind demnach folgende Kenngrößen erforderlich:

(1) Das Terzspektrum (Max-Hold) der Erschütterungsemissionen für die Straßenbahn mit der vorgesehenen Geschwindigkeit in dem definierten Bezugsabstand von 16 m. Der Abstand der Gebäude entspricht hier dem Referenzabstand von 16 m. Damit sind die Teilsysteme a. und b. berücksichtigt.

(2) Schwingungsausbreitung im Gebäude:

Bestimmend für den Übergang der Schwingungen vom Gelände auf die Geschosdecken sind deren Eigenfrequenzen und Dämpfung. Hier werden die üblichen Eigenfrequenzen von 10 – 40 Hz angenommen.

Die entsprechenden Übertragungsfunktionen beruhen auf statistischen Ermittlungen und sind dem Leitfaden Körperschall und Erschütterungen der DB AG entnommen. Die Berechnungen erfolgen hier für Betondecken.

Durch Addition der vorstehend beschriebenen frequenzabhängigen Zusammenhänge ergibt sich nunmehr das zu erwartende Immissionsspektrum aus der geplanten Trassenlage im Bereich der vertikalen Deckenschwingungen aus denen die Beurteilungswerte ermittelt werden.

Das Emissionsspektrum zu (1) für die Baureihe GT8N1 wurde bei Messungen auf dem Betriebshof Neustadt der BSAG für eine vergleichbare Weichenanlage ermittelt. Die Messungen wurden für den Abstand von 16 m zum Mittel-/bzw. Bezugspunkt der Weichenharfe durchgeführt. In dem Plan der Anlage A zu diesem Gutachten ist der Bereich in dem die Messungen durchgeführt wurden mit Messpunkten dargestellt. Die Messungen wurden für verschiedene Fahrsituationen der Befahrung der Weichenharfe mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h durchgeführt. Dies entspricht der vorgesehenen Geschwindigkeit der Planung. Bei der Prognoseberechnung wird der Maximalwert über die erfassten Fahrsituation zu Grunde gelegt. In der Anlage D sind die Ergebnisse der durchgeführten Messungen als Terzspektren (Max-Hold) dargestellt. In der Anlage E sind die Ergebnisse der Messungen für die Beurteilungsschwingstärke KB_{Fmax} dargestellt. Dieser Tabelle können die Angaben zu den Fahrsituationen sowie die eingesetzten Fahrzeuge entnommen werden.

Der sekundäre Luftschall L_{sek} wird aus dem zu erwartenden Körperschallschnellepegel L_v auf der Decke berechnet. Durch A-Bewertung und energetische Addition aller Terzpegel im Frequenzbereich von 20 Hz – 250 Hz wird der A-bewertete Gesamtpegel L_{vA} gebildet. Der Pegel des sekundären Luftschalls über die einzelne Zugvorbeifahrt ergibt sich aufgrund spezieller Abhängigkeiten, wie z. B. Art des Deckenaufbaus.

In der Anlage P1 ist die Durchführung der Prognoseberechnung für eine Deckeneigenfrequenz von 10 Hz exemplarisch dargestellt.

5.1 Berechnung der Beurteilungsschwingstärke aus den Überfahrten der Weichenharfe

Bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} ist die Zahl der Ereignisse für den Tag- und Nachtzeitraum zu berücksichtigen.

Diese Daten beruhen auf Angaben des Auftraggebers. Bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke wird der prognostizierte Wert für $\langle KB_{F_{max}} \rangle$ zugrunde gelegt, da dieser hier aufgrund der Mittelwertbildung bei der Ermittlung der Emissionsspektren dem Taktmaximal-Effektivwert KB_{FT_m} für die Vorbeifahrten der Straßenbahn entspricht.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} wird für den Schienenverkehr nach folgender Beziehung ermittelt:

$$KB_{FT_r} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \cdot \sum_{j=1}^L (M_j \cdot KB_{FT_{mj}}^2)}$$

N_r : Anzahl der 30 – Sekunden – Takte im Beurteilungszeitraum;
tags $N_r = 1920$ Takte
nachts $N_r = 960$ Takte

$KB_{FT_{m,j}}$: Taktmaximal-Effektivwerte der Zugklasse j (z.B. Baureihe GT8N1, u.s.w), entspricht dem für die Zugklasse berechneten mittleren Maximalwert $\langle KB_{F_{max}} \rangle$.

M_j : Anzahl der durch die Zugklasse j während der Beurteilungszeit belegten Takte (Anzahl der Vorbeifahrten).

L: Anzahl der unterschiedlichen Zugklassen.

Die bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke zu Grunde gelegten Zugzahlen sind den Ergebnistabellen zur Prognoseberechnung der Anlage P zu entnehmen.

Vorgesehen ist ein Betrieb mit der Baureihe GT8N1 mit 20 Überfahrten tags und 107 Überfahrten nachts.

5.2 Berechnung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb der Straßenbahn

Der bei der Beurteilung maßgebende Beurteilungspegel $L_{m\text{-tag/nacht}}$ wird für die einzelne Zugattung nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Tag:} \quad L_{A,m\text{-tag}} = L_{\text{sek}} + 10 \log \frac{t_{\text{zug}} * N_t}{57600} \text{ [dB(A)]}$$

$$\text{Nacht:} \quad L_{A,m\text{-nacht}} = L_{\text{sek}} + 10 \log \frac{t_{\text{zug}} * N_n}{28800} \text{ [dB(A)]}$$

N_t : Anzahl Zugereignisse Tag (Zeitraum 6:00 bis 22:00 Uhr) = 20

N_n : Anzahl Zugereignisse Nacht (Zeitraum 22:00 bis 6:00 Uhr) = 107

t_{zug} : Vorbeifahrtzeit für das Einzelereignis die aus der Geschwindigkeit und der Zuglänge ergibt. Diese wurde aus den Messungen mit 30 s ermittelt.

Unter Einbeziehung der im vorstehenden Abschnitt angegebenen Fahrthäufigkeit der beiden Baureihen der Straßenbahn wird - analog zur schalltechnischen Untersuchungen - ein Beurteilungspegel ermittelt, der als Grundlage für eine Beurteilung im Vergleich mit den Werten der Tabelle 3, Zulässige Innenpegel in Anlehnung an die 24. BImSchV, in dB(A) dient.

6. Ergebnisse und Bewertung der Ergebnisse der Prognoseberechnung

In den nachfolgenden Tabellen sind die für die Beurteilung maßgebenden Werte der Beurteilungsschwingstärke und die sich daraus ergebende Beurteilung für die in Abhängigkeit von der Deckeneigenfrequenz für Betondecken für den Bereich der Weichenharfe in dem Gebäude Basdahler Straße 34 angegeben. Der Bereich ist als MI ausgewiesen. Dementsprechend sind die Anhaltswerte nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 zu berücksichtigen. Die Bereiche für die die

Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 nicht eingehalten werden, sind grau unterlegt.

Tabelle 3: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2, für das Gebäude Basdahler Straße 34.

Eigenfrequenz Decke [Hz]	Mittlere Maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}	Beurteilungsschwingstärke Tag 6:00 – 22:00 Uhr		Beurteilungsschwingstärke e Nacht 22:00 - 6:00 Uhr	
		KB _{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags MI ÖPNV eingehalten ja/nein A _r = 0.15	KB _{FTR} Nacht	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 nachts MI ÖPNV eingehalten ja/nein A _r = 0.113
10	0.17	0.017	ja	0.057	ja
12.5	0.20	0.020	ja	0.066	ja
16	0.19	0.019	ja	0.063	ja
20	0.17	0.017	ja	0.057	ja
25	0.15	0.016	ja	0.051	ja
31.5	0.11	0.012	ja	0.038	ja
40	0.10	0.011	ja	0.035	ja

In der nachfolgenden Tabelle wird die Beurteilung für den höchsten Vorbeifahrtpegel des Sekundären Luftschall aus den Prognoseberechnungen und damit für den ungünstigsten Fall vorgenommen, d.h. für alle Ereignisse wird dieser Maximalwert für den Vorbeifahrtpegel angenommen. Dieser tritt für die Gebäude im Bereich des Ausfädelgleises für eine Ausführung der Decken als Betondecke auf und liegt bei $L_{eq \text{ dB(A)}} = 38 \text{ dB(A)}$. Angenommen wir eine Vorbeifahrtzeit von 30 s.

Tabelle 4: Beurteilung Sekundärer Luftschall (mit Berücksichtigung Schienenbonus 5 dB)

Sekundärer Luftschall Zugvorbeifahrt L _{sek} [dB(A)]	Beurteilungs-pegel sekundärer Luftschall L _{A,m-tag} [dB(A)]	Anforderungen sekundärer Luftschall Tag eingehalten ? Richtwert L _{A,m-tag} = 40 dB(A)	Beurteilungs-pegel sekundärer Luftschall L _{m-nacht} [dB(A)]	Anforderungen sekundärer Luftschall Nacht eingehalten ? Richtwert L _{A,m-tag} = 30 dB(A)
38	14	ja	24	ja

Aus den Ergebnissen der Prognoseberechnungen und der darauf beruhenden Beurteilung ergeben sich folgende Aussagen für den Bereich

des möglicherweise betroffenen Gebäudes Basdahler Straße 34.

1. Die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 werden unter Berücksichtigung der Planung für das nächstgelegene Gebäude Basdahler Straße 34 und damit auch für die weiteren angrenzenden Gebäude sicher eingehalten.
2. Die auf die Einwirkung für den sekundären Luftschall bezogenen Anforderungen werden ebenfalls eingehalten.
3. Maßnahmen zum vorbeugenden Erschütterungsschutz wären in der Planung sind damit nicht erforderlich.
4. Schäden an der baulichen Substanz der im Untersuchungsbereich befindlichen Gebäude durch Erschütterungen aus dem Betrieb der Straßenbahn können anhand der prognostizierten Werte mit Sicherheit ausgeschlossen werden.
5. Bezüglich der Baumaßnahmen wird vor Ausführungsbeginn eine Untersuchung der aus den Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen in Bezug auf die Einwirkung auf Gebäude empfohlen.
6. Nach Inbetriebnahme wird empfohlen, Erschütterungsmessungen in dem Gebäude Basdahler Straße 34 vorzunehmen, um die tatsächliche Betroffenheit und damit auch die Ergebnisse der Prognose zu überprüfen.

Bonk-Maire-Hoppmann GbR

vertreten durch (Dipl.-Phys. Michael Krause)

Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke

<u>Zeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
EG	-	Erdgeschoss
KB_{Fmax}		Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist nach DIN 4150, Teil 2 der Maximalwert von $KBF(t)$ der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt und der der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist
KB_{Fti}		Die Messzeit wird nach DIN 4150, Teil 2 in Takte von je $T = 30$ sec eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet, im folgenden bezeichnet als KB_{Fti} . Der Index i nummeriert die Takte
KB_{FTr}		Der Wert für die Beurteilungsschwingstärke ist nach DIN 4150, Teil 2 der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit
KB_{FTm}		Quadratischer Mittelwert über die Taktmaximalwert KB_{Fti}
$\langle KB_{Fmax} \rangle$		Mittlerer Maximalwert, Mittelwert über die Taktmaximalwerte KB_{Fti} bzw. KB_{Fmax} für Einzelereignisse
L_v	dB	Körperschallschnellepegel
$L_v(f)$	dB	Spektraler Körperschallschnellepegel
L_{sek}	dB(A)	Auf die Dauer der Zugvorbeifahrt bezogener A-bewerteter Schalldruckpegel des sekundären Luftschalls
L_{Am-Tag}	dB(A)	Beurteilungspegel sekundärer Luftschall Tag (06:00 – 22:00 Uhr)
$L_{Am-Nacht}$	dB(A)	Beurteilungspegel sekundärer Luftschall Nacht (22:00 – 06:00 Uhr)
v	km/h	Zuggeschwindigkeit
$v(f)$	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle, spektral
v_e	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle
v_o	mm/s	Bezugsschnelle
1. OG, 2. OG etc.	-	1. Obergeschoss, 2. Obergeschoss, etc.

Quellen, Richtlinien, Normen:

- ◇ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 15.03.1974 (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) i.d.F. der Bekanntmachung vom 17.05.2013 (BGBl. I S. 1274) zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18.07.2017 (BGBl. I S. 2771)
- ◇ DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen,
 - Vornorm Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung; Juni 2001;
 - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999;
- ◇ „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen“, Bericht Nr. 107, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein – Westfalen, 1992
- ◇ „Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen“, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein – Westfalen, 1995
- ◇ Flesch, Rainer: „Baudynamik praxisgerecht“, Berlin: Bauverlag, 1993
- ◇ VDI 2716 (Entwurf): Luft- und Körperschall bei Schienenbahnen des städtischen Nahverkehrs, 1992
- ◇ DIN 45672 Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
 - Teil 1: Messverfahren; Dezember 2012
 - Teil 2: Auswerteverfahren; September 1997
- ◇ DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen
 - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung; September 2010
 - Teil 2: Messverfahren; Juni 1995
- ◇ Körperschall- und Erschütterungsschutz - Leitfaden für den Planer - Information Körperschall/Erschütterungen der Deutschen Bahn AG; August 1996