

Baubedingte Immissionen Schall und Erschütterungen

Elektrifizierung Personengleis BASF Ludwigshafen Strecke 3405

Bericht Nr. 250-4326-BL-01

im Auftrag der

DB ProjektBau GmbH
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe

Augsburg, im November 2014

MÖHLER+PARTNER
 **INGENIEURE AG**

BERATUNG IN SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK
MÜNCHEN | AUGSBURG | BAMBERG

Baubedingte Immissionen Schall und Erschütterungen

Elektrifizierung Personengleis BASF Ludwigshafen Strecke 3405

Bericht-Nr.: 250-4326-BL-01

Datum: 20.11.2014

Dieser Bericht ersetzt den 250-4326-BL vom 28.05.2014

Auftraggeber: DB ProjektBau GmbH,
RB West, Standort Karlsruhe
(I.BV-SW-P(42))
Herrn Hans Rehberger
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Eberlestr. 27
D-86157 Augsburg
T + 49 821 455 497 - 0
F + 49 821 455 497 - 29
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter: B. Eng. Marcus Zipfel
Dipl. Ing. (FH) Alexander Martens

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	9
2. Örtliche Gegebenheiten.....	9
3. Grundlagen	11
3.1 AVV Baulärm	11
3.1 Bauerschütterungen.....	14
3.1.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
3.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen	19
4. Ausgangsdaten	21
4.1 Baudurchführung	21
4.2 Maschineneinsatz.....	22
4.3 Schallquellen	22
4.4 Immissionsorte.....	22
5. Untersuchung zum Baulärm	23
5.1 Schallemissionen	23
5.2 Schallimmissionen.....	23
5.3 Beurteilung	24
5.4 Berücksichtigung der Vorbelastung	27
5.5 Diskussion von Maßnahmen zur Minderung des Baulärms	28
5.5.1 Beschränkungen der Betriebszeit	28
5.5.2 Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle	29
5.5.3 Überwachung des Baulärms.....	30
5.5.5 Information der betroffenen Anwohner.....	30
5.5.6 Entschädigung betroffener Anwohner.....	30
5.6 Bewertung der Maßnahmen	31
6. Untersuchung zu den Bauerschütterungen	33
6.1 Prognosemodell.....	33
6.1.1 Emission	33
6.1.2 Transmission	34
6.1.3 Immission	35
6.2 Bewertung	35
7. Anlagen	37

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Übersichtslageplan Ludwigshafen Mitte; Bereich Ludwigshafen Hbf - Ludwigshafen BASF Südtor (Quelle: OpenStreetMap)	10
Abbildung 2:	Potenzielle Betroffenheiten für die Bauphasen 2 bis 4 in der Nachbarschaft im Beurteilungszeitraum Nacht	26

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Zeitkorrekturen nach AVV Baulärm [2].....	12
Tabelle 2:	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2.....	18
Tabelle 3:	Anhaltswerte A für Erschütterungsimmissionen nachts in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2, Tabelle 1	18
Tabelle 4:	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen.....	20
Tabelle 5:	Auflistung des Maschineneinsatzes.....	22
Tabelle 6:	Beurteilungspegel an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft im obersten Geschoss.....	24
Tabelle 7:	ungefähre Anzahl potenzieller betroffener Gebäude mit einem Beurteilungspegel über 40 dB(A) in der Nacht	27
Tabelle 8:	Beurteilungspegel der Vorbelastung an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft im obersten Geschoss.....	28
Tabelle 9:	Beurteilungspegel an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft unter Berücksichtigung einer Zeitkorrektur für eingeschränkten Nachtbetrieb	29

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- [2] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm), vom 19. August 1970 (BAnz. Nr. 160)
- [3] DIN ISO 9613-2, „Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“, Oktober 1999
- [4] SoundPlan 7.3 03/2014, EDV-Programm zur Schallimmissionsprognose, Braunstein + Berndt GmbH
- [5] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 16. BImSchV- Verkehrslärmschutzverordnung
- [6] „Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen“ - Schall 03; Ausgabe 1990
- [7] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - Bau NVO)
- [8] Zweiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 32. BImSchV vom 29.08.2002 - Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung
- [9] Urteil des BVerwG 7 A 11.11 vom 10. Juli 2012
- [10] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen - Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [11] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [12] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999
- [13] VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen - Spektrales Prognoseverfahren, NALS/VDI C 15 „Schwingungsminderung in der Umgebung von Schienenverkehrserschütterungen“ . Ausgabedatum: 03/2006
- [14] Allgemeiner Erläuterungsbericht „Elektrifizierung BASF Südanbindung“, DB ProjektBau, Stand 12.12.2012
- [15] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen; Hessischen Landesamt für Umwelt und Ökologie, Wiesbaden 2004
- [16] Rechtskräftiger Flächennutzungsplan der Stadt Ludwigshafen, Stadt Ludwigshafen am Rhein, Bereich Stadtplanung, Stand 1999

- [17] Gerhard Müller, Michael Möser (Hrsg.): Taschenbuch der technischen Akustik, 3. erweiterte und überarbeitete Auflage, Springer Verlag 2004
- [18] Erschütterungen und sekundärer Luftschall. DB AG-Richtlinien 800.2501 bis 800.2504, Entwurf vom 10.12.2009
- [19] Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz (M= 1:300.000)
- [20] Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S.2414), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist
- [21] Verwaltungsverfahrensgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 des Gesetzes vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2827) geändert worden ist
- [22] Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen
- [23] Informationen über Bauzeiten und eingesetzte Maschinen zur Baulärmuntersuchung Lärm- sanierung Knoten Saarbrücken, DB Projekt Bau GmbH Südwest, per Email vom 06.02.2014
- [24] Datenblatt Terex Atlas Zweiwegebagger 1604 ZW
- [25] Messprotokoll ABI Anbauvibrator HVR 60
- [26] Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen, RLS-90, Ausgabe 1990
- [27] Verkehrsdaten Vorbelastung Straßenbahn Linie 4 und 10, DB ProjektBau, telefonisch über- mittelt am 01.04.2014 sowie schalltechnische Untersuchung „Hochstraße Nord“, FRITZ GmbH - Beratende Ingenieure VBI, Stand 01.07.2014

Zusammenfassung:

In vorliegendem Bericht wurden die baubedingten Lärm- und Erschütterungsimmissionen durch die Baumaßnahme in Ludwigshafen an der Bahnlinie 3405 Ludwigshafen Hbf - Ludwigshafen BASF Südtor für die schutzbedürftige Nachbarschaft ermittelt und bewertet.

Die Untersuchungen zum Baulärm kommen zu dem Ergebnis, dass basierend auf den zur Verfügung gestellten Angaben erheblichen Lärmbelastungen in der Nacht nicht ausgeschlossen werden können. In Folge dessen wurden mögliche Maßnahmen zur Minderung von erheblichen Belästigungen diskutiert und bewertet. Insbesondere unter dem Aspekt der im Stadtgebiet von Ludwigshafen Mitte vorhandenen Lärmvorbelastung durch Verkehrslärm am Tage und in der Nacht ist bei den zu erwartenden baubedingten Lärmimmissionen jedoch von zumutbaren Belästigungen auszugehen.

Tatsächliche Betroffenheiten durch die Baumaßnahmen, die Notwendigkeit und der Umfang von Schutzmaßnahmen werden insbesondere vom tatsächlichen Bauablauf und den zur Ausführung kommenden Baugeräten abhängen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden folgende organisatorische Maßnahmen im Vorfeld der Baumaßnahme aufgezeigt, um die Erheblichkeit potenzieller Belästigungen durch Baulärm so weit wie möglich zu reduzieren:

- Umfassende Information der betroffenen Anwohner im Bereich des Bahnhofs über Art und Umfang der Bautätigkeiten
- Benennung eines Ansprechpartners bei Beschwerdefällen

Weitergehende Maßnahmen zur Minderung des Baulärms, d.h. eine Überwachung der Baustelle während der Durchführung von Messungen und darauf aufbauenden Vorschlägen von ggf. notwendigen Minderungsmaßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft, erscheinen unter Berücksichtigung der Lärmvorbelastung durch die Bundesstraße B44 und der Landeskreisstraße L523 Rheinuferstraße sowie der darauf laufenden Straßenbahnen der Linien 4 und 10 erst bei Kenntnis der tatsächlichen Schallimmissionen auf Basis messtechnischer Untersuchungen zweckmäßig.

Die auf Basis der geplanten Bauverfahren abgeschätzten baubedingten Erschütterungen lassen unter Berücksichtigung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 in der schutzbedürftigen Nachbarschaft sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum keine erheblichen Belästigungen von Anwohnern im Gebäude erwarten. Demzufolge ist aufgrund der baubedingten Erschütterungen kein weitergehendes Schutzmaßnahmenkonzept erforderlich.

Ebenfalls sind bei den geplanten Bauverfahren etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes entsprechend den Anforderungen der DIN 4150-3 nicht zu erwarten.

1. Aufgabenstellung

Die DB ProjektBau GmbH plant die Elektrifizierung der Strecke Ludwigshafen Hbf – Ludwigshafen BASF Südtor von km 0,570 bis km 2,346 der Strecke 3405 (Fortsetzung der Elektrifizierung im Werksgelände BASF). Dazu sind aufgrund der Baumaßnahme baubedingte schall- und erschütterungstechnische Untersuchungen durchzuführen und die Auswirkungen auf die Nachbarschaft der Strecke 3405 zu beurteilen.

Als Ergebnis der jeweiligen Untersuchungen werden die jeweils betroffenen Gebiete sowie die Anzahl der Betroffenen dargestellt. Zudem sind etwaige Auflagen für die Ausschreibungsunterlagen des Bauvorhabens vorzuschlagen.

Mit der Erstellung der Untersuchung der baubedingten Schall- und Erschütterungsimmissionen für die Elektrifizierung der Strecke Ludwigshafen Hbf – Ludwigshafen BASF Südtor wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG von der DB ProjektBau GmbH am 08.03.2013 beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet liegt im östlichen Bereich von Ludwigshafen entlang des Rheins und erstreckt sich vom Hauptbahnhof Ludwigshafen bis zum Firmengelände der BASF. Die Bahnstrecke 3405 ist eingleisig geführt und derzeit nicht elektrifiziert. Von km 1,170 bis 1,775 verläuft die Strecke 3405 durch den BASF Tunnel unter der Bundesstraße B44 und führt anschließend in das nördlich gelegene BASF-Werksgelände bei km 2,346.

Es befindet sich nördlich und südlich überwiegend Wohnbebauung in Form einer mehrstöckigen, dichten Bebauung vorwiegend in geschlossenen Häuserzeilen.

Nachstehende Übersichtskarte gibt die Lage des Untersuchungsgebietes wieder. Die genauen örtlichen Gegebenheiten sowie die Lage der Immissionsorte können der Anlage 2 entnommen werden.

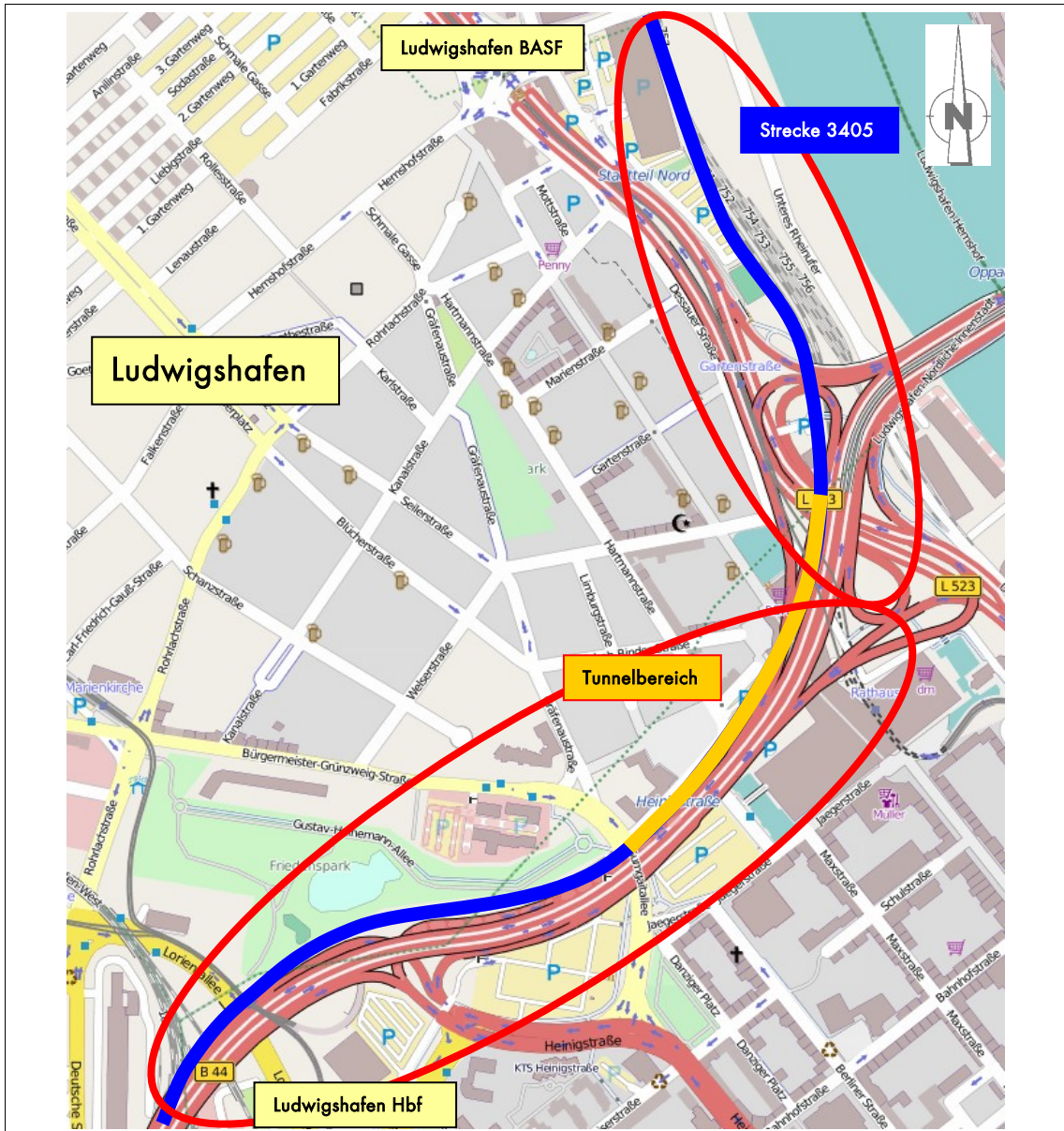


Abbildung 1: Übersichtslageplan Ludwigshafen Mitte; Bereich Ludwigshafen Hbf – Ludwigshafen BASF Südtor (Quelle: OpenStreetMap)

3. Grundlagen

Baustellen gelten nach § 3 Abs. 5 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes BImSchG [1] als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Nach BImSchG wird vom Betreiber gefordert, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und dass unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

3.1 AVV Baulärm

Grundlage für die Beurteilung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Geräuschimmissionen von Baustellen ist die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschimmissionen - vom 19. August 1970 (AVV Baulärm) [2]. Diese gilt für den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen, soweit die Baumaschinen gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden.

Nach der AVV Baulärm werden folgende Immissionsrichtwerte in der Nachbarschaft festgesetzt:

„...“

- | | | | |
|----|--|----------|----------|
| a) | Gebiete, in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind, | | 70 dB(A) |
| b) | Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind | tagsüber | 65 dB(A) |
| | | nachts | 50 dB(A) |
| c) | Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind | tagsüber | 60 dB(A) |
| | | nachts | 45 dB(A) |
| d) | Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind | tagsüber | 55 dB(A) |
| | | nachts | 40 dB(A) |

e)	Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	tagsüber	50 dB(A)
		nachts	35 dB(A)
f)	Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	tagsüber	45 dB(A)
		nachts	30 dB(A)

Als Nachtzeit gilt die Zeit von 20 Uhr bis 7 Uhr.

...“

Die Betriebsdauer innerhalb der Tages- und der Nachtzeit wird durch Zeitkorrekturwerte der Wirkpegel gemäß der nachfolgenden Tabelle berücksichtigt:

Tabelle 1: Zeitkorrekturen nach AVV Baulärm [2]		
Durchschnittliche tägliche Betriebsdauer		Zeitkorrektur [dB(A)]
Tagzeit 7 Uhr bis 20 Uhr	Nachtzeit 20 Uhr bis 7 Uhr	
bis 2,5 Stunden	bis 2 Stunden	10
über 2,5 Stunden bis 8 Stunden	über 2 Stunden bis 6 Stunden	5
über 8 Stunden	über 6 Stunden	0

Die Bildung der Beurteilungspegel erfolgt bei der Baulärmprognose, indem die Zeitkorrekturwerte nach der Durchführung der Ausbreitungsberechnungen der Schalleistungs-Wirkpegel von den berechneten Schallimmissionen (sog. Wirkpegel) abgezogen werden.

Bei den Schalleistungs-Wirkpegeln für die verschiedenen Bauarbeiten handelt es sich um energetische Mittelungspegel typischer Arbeitszyklen. Diese bestehen beispielsweise bei einem Rammgerät u. a. aus den Arbeitsschritten Materialaufnahme, Ansetzen, Einbringen und Absetzen sowie Leerlaufphasen. Der Wirkpegel ist gemäß AVV Baulärm nach dem Taktmaximalpegelverfahren in 5-Sekundentakten (L_{AFTm5} in dB(A)) zu ermitteln. Dadurch wird auch die Impulshaltigkeit der Geräusche mit berücksichtigt.

Nach AVV Baulärm gilt der Immissionsrichtwert als überschritten, wenn der Beurteilungspegel den Richtwert überschreitet oder der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit von einem oder mehreren Messwerten (Taktmaximalpegel-Verfahren) um mehr als 20 dB(A) überschritten wird.

Überschreitet der Beurteilungspegel des von Baumaschinen hervorgerufenen Geräusches den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB(A), sollen nach Nummer 4 der AVV Baulärm [2] Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden. Nach Nr. 4.1 der AVV Baulärm [2] kommen als Maßnahmen zur Minderung des Baulärms insbesondere in Betracht:

a) Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle,

- b) Maßnahmen an den Baumaschinen,
- c) die Verwendung geräuscharmer Baumaschinen,
- d) die Anwendung geräuscharmer Bauverfahren
- e) die Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen.

Weiterhin ist bei der Beurteilung zu berücksichtigen, ob Geräusche von Baumaschinen nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und mit welcher Häufigkeit bzw. Regelmäßigkeit erhebliche Lärmbelastungen für die Nachbarschaft im Rahmen einer Baumaßnahme auftreten. Darüber hinaus ist die Anzahl der Betroffenen in der Nachbarschaft als Maß für die Betroffenheit ein wesentliches Bewertungskriterium.

Die für eine Prognose zu ermittelnden Wirkpegel (entsprechend AVV Baulärm [2] Nr. 6.6) werden durch die DIN ISO 9613-2 [3] Schallausbreitungsrechnung dargestellt.

Vorbelastung

Entsprechend Ziffer 4.1 der AVV Baulärm [2] kann von Maßnahmen gegen Baulärm abgesehen werden, soweit durch den Baubetrieb infolge nicht nur gelegentlich einwirkender Fremdgeräusche keine zusätzlichen Gefahren, Nachteile oder Belästigungen eintreten.

Die AVV Baulärm [2] enthält kein eigenes Ermittlungsverfahren für ständig vorherrschendes Fremdgeräusch. Im Rahmen der aktuellen Rechtssprechung [9] wird hierzu folgendes ausgeführt:

„... Eine Abweichung von den Immissionsrichtwerten kann danach etwa dann in Betracht kommen, wenn im Einwirkungsbereich der Baustelle eine tatsächliche Lärmvorbelastung vorhanden ist, die über dem maßgeblichen Richtwert der AVV Baulärm liegt. Dabei ist der Begriff der Vorbelastung hier nicht einschränkend in dem Sinne zu verstehen, dass nur Vorbelastungen durch andere Baustellen erfasst werden... Maßgeblich ist vielmehr die Vorbelastung im natürlichen Wortsinn. „Nachteilige Wirkungen“ im Sinne des § 74 Absatz 2 Satz 2 VwVfG gehen nur von solchen baustellenbedingten Geräuschimmissionen aus, die dem Einwirkungsbereich mit Rücksicht auf dessen durch die Gebietsart und die konkreten tatsächlichen Verhältnisse bestimmte Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit nicht mehr zugemutet werden können. Für die Gebietsart ist dabei von der bebauungsrechtlich geprägten Situation der betroffenen Grundstücke (im Einwirkungsbereich) auszugehen, für die tatsächlichen Verhältnisse spielen insbesondere Geräusch-Vorbelastungen eine wesentliche Rolle...“

Die Lärmvorbelastung im Umfeld der Baumaßnahme wird in Ludwigshafen zum einen durch den Verkehrslärm der Bundesstraße B44 und der Landkreisstraße L523 Rheinuferstraße sowie der darauf laufenden Straßenbahnen der Linien 4 und 10 geprägt. Unabhängig von der bebauungsrechtlich geprägten Situation sind gegenwärtig an den exponiert gelegenen Gebäuden tatsächliche Lärmvorbelastungen zu erwarten, die sowohl am Tag, als auch in der Nacht oberhalb der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm (siehe Kapitel 3.1) liegen.

Entsprechende Baulärmimmissionen in Zusammenhang mit den Ausbaumaßnahmen bis zu den vorhandenen Lärmvorbelastungen können entsprechend [9] ohne „nachteilige Wirkungen“ im Sin-

ne des § 74 Abs. 2 Satz 2 VwVfG [21] aufgrund der konkreten tatsächlichen Verhältnisse den Anwohnern noch zugemutet werden. Diesbezüglich kann erwartet werden, dass die Außenbauteile der jeweiligen Gebäude gegenüber dieser Verkehrslärmbelastung ohne eine Minderung der Gebrauchsfähigkeit der Wohnungen ausgelegt sind sowie diese Lärmimmissionen nur temporär über eine begrenzte Zeitdauer einwirken werden.

Zur zahlenmäßigen Beschreibung der Lärmvorbelastung wird der A-bewertete Mittelungspegel herangezogen, durch den insbesondere zeitlich schwankende Geräuschimmissionen, wie der Straßen- und Schienenverkehr, erfasst und auch verglichen werden können. Diese Messgröße berücksichtigt sowohl die Intensität, als auch die Dauer jedes Schallereignisses während des betrachteten Zeitraumes. Die A-Bewertung ist eine Frequenzbewertung, die dem menschlichen Hörempfinden näherungsweise angepasst ist. In zahlreichen Untersuchungen wurde eine gute Korrelation des Mittelungspegels mit dem Lästigkeitsempfinden festgestellt. Daher dient diese Größe, getrennt für die Tageszeit (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und die Nachtzeit (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) generell als Bemessungsgröße für Schallimmissionen und kann demzufolge zur Ermittlung der Lärmvorbelastung herangezogen werden.

3.1 Bauerschütterungen

Es existieren zurzeit keine expliziten gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen bzw. auf bauliche Anlagen. In einschlägigen Sachverständigenäußerungen werden jedoch Beurteilungsmaßstäbe zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen beschrieben. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne des BImSchG [1] ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzel-fallbezogenen Gutachten vorzunehmen, wobei die Normenreihen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ ([10] bis [12]) als antizipierte Sachverständigengutachten zur Konkretisierung des Begriffs der schädlichen Umwelteinwirkung herangezogen, aber nicht schematisch angewandt werden können.

Der Teil 1 der DIN 4150 gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt und beurteilt werden können.

Zweck der DIN 4150 Teil 2 ist es insbesondere, Anforderungen und Anhaltswerte aufzuzeigen, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden können.

Die DIN 4150 Teil 3 legt ein Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen fest. Sie gilt für Bauwerke, die nicht nach spezifischen Normen und Richtlinien für dynamische Einwirkungen auszulegen sind. Insbesondere finden sich hierin Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht zu erwarten sind.

3.1.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2. Bei der Einhaltung der entsprechenden Anhaltswerte ist in der Regel zu erwarten, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden.

3.1.1.1 Beurteilungsgrößen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke $KB_f(t)$ bewertet. Das $KB_f(t)$ -Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellesignals entstandene Signal. Nach der DIN 4150-2 [11] ist das $KB_f(t)$ -Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert.

Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [11] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}
Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_f(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.
- Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}
Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} berücksichtigt die Dauer und die Häufigkeit des Auftretens von Erschütterungen. Hinsichtlich der Dauer der Erschütterungsereignisse werden jeweils 30-s-Takte (Taktmaximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} errechnet sich unter Berücksichtigung der Einwirkungszeiten nach Gleichung (5) der DIN 4150-2 [11] mit folgender Formel:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e1} * KB_{FTm1}^2 + 2 * T_{e2} * KB_{FTm2}^2)}$$

Dabei ist:

- T_r die Beurteilungszeit
- T_{e1} die Einwirkungszeit außerhalb der Ruhezeiten
- T_{e2} die Einwirkungszeit während der Ruhezeiten
- KB_{FTm1} der Taktmaximal-Effektivwert außerhalb der Ruhezeit
- KB_{FTm2} der Taktmaximal-Effektivwert während der Ruhezeit

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen gelten nach DIN 4150-2 folgende Besonderheiten:

Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten führen in Wohnungen zu erhöhten Störwirkungen. Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird dies dadurch berücksichtigt, dass diese Zeiten mit dem Faktor 2 gewichtet werden. Entsprechend DIN 4150-2 werden innerhalb der Beurteilungszeit tags folgende Ruhezeiten definiert:

- werktags von 6.00 Uhr bis 7.00 Uhr und von 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr
- sonn- und feiertags von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr

Der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} wird aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte KB_{FTi} nach Gleichung (3) der DIN 4150-2¹ [11] mit folgender Formel ermittelt:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}$$

Dabei ist:

N die Anzahl der Takte

KB_{FTi} Taktmaximalwert

Der Taktmaximalwert KB_{FTi} beschreibt den in jedem Takt T ($T = 30s$) erreichten Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_{\tau}(t)$, wobei als Zeitkonstante τ die Zeitbewertung F ($\tau = 0,125 s$) verwendet wird.

3.1.1.2 Beurteilungsverfahren

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen selten auftretenden kurzzeitigen bzw. häufigen Einwirkungen. Entsprechend Punkt 6.5.1 der DIN 4150-2 sind bis zu drei Ereignissen je Tag als selten einzustufen. Aufgrund der Erregerquellen beim Baubetrieb ist im vorliegenden Fall grundsätzlich von häufigen Einwirkungen auszugehen.

Die Beurteilung nach DIN 4150-2 erfolgt für häufige Einwirkungen nach folgender Vorgehensweise:

¹ Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} werden Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl N ein.

- Ist $KB_{F_{max}}$ kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_v , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist der $KB_{F_{max}}$ größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.
- Ist $KB_{F_{max}}$ größer als der untere Anhaltswert A_v und kleiner als der obere Anhaltswert A_o gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der $KB_{F_{Tr}}$ kleiner als der Anhaltswert A_r ist. Ist der $KB_{F_{Tr}}$ größer als der Anhaltswert A_r , gilt die Anforderung der Norm als nicht eingehalten.

Das beschriebene Verfahren ist dabei grundsätzlich bei allen Arten von Erschütterungseinwirkungen anzuwenden, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Anhaltswerte nicht schematisch anzuwenden sind und eine Beurteilung im Einzelfall zu erfolgen hat. Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob die entsprechenden Werte aufgrund von Art, Ausmaß und Dauer der Erschütterungseinwirkungen geeignet sind, deren Erheblichkeit und Zumutbarkeit sachgerecht zu beurteilen.

3.1.1.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch baubedingte Erschütterungen wird in Kapitel 6.5.4 der DIN 4150-2 beschrieben.

Bei der Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden durch Baumaßnahmen sind tags (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen nach den nachfolgend dargestellten Anhaltswerten der Tabelle 2 in der DIN 4150-2 [11] gebietsunabhängig zu bewerten.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2

Dauer	D ≤ 1Tag			6 Tage < D ≤ 26Tage			26 Tage < D ≤ 78Tage		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r
Stufe 1	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe 2	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe 3	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A_o=6

Die jeweiligen Stufen beschreiben den Grad einer potenziellen Belästigung und stellen die Basis für Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen dar.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkung in der Tabelle 1 ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter diesen Anhaltswerten (siehe Tabelle 2) liegen, sind nicht mitzuzählen.

Liegt die Dauer der Erschütterungseinwirkungen im Zeitraum zwischen 2 Tagen und 78 Tagen, sind die Anhaltswerte dem Bild 3 der DIN 4150-2 zu entnehmen.

Baubedingte Erschütterungen nachts (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) werden anhand der nachfolgend dargestellten Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [11] beurteilt:

Tabelle 3: Anhaltswerte A für Erschütterungsimmissionen nachts in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2, Tabelle 1

Zeile	Einwirkungsort	Nachts		
		A _u	A _o	A _r
1	Industriegebiete	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,15	0,3	0,07
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	0,15	0,05

3.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude erfolgt nach der DIN 4150-3 [12]. Dabei nennt die Norm Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm ist z.B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken

Bei Wohngebäuden, in ihrer Nutzung gleichartigen Bauten oder besonders erschütterungsempfindlichen Gebäuden nach Tabelle 1, Zeilen 2 und 3 der DIN 4150-3 [12] (siehe auch nachfolgende Tabelle 4) ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten,
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

3.1.2.1 Beurteilungsgrößen

Einwirkungen auf bauliche Anlagen werden mittels der unbewerteten Schwinggeschwindigkeit v_i bewertet, wobei in Abhängigkeit von der Lage des Messortes innerhalb des Gebäudes bzw. der Dauer der Erschütterungen unterschiedliche Anhaltswerte in der DIN 4150-3 [12] definiert sind.

3.1.2.2 Beurteilungsverfahren

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Dabei werden als Dauererschütterungen jene Einwirkungen bezeichnet, bei denen die Definition von kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Erschütterungen gelten als kurzzeitig, wenn sie für jedes Ereignis höchstens wenige Sekunden andauern und keine Materialermüdungen oder Resonanzerscheinungen in den betroffenen Strukturen erzeugen.

Werden beispielsweise Rammträger eingerüttelt, Pfahlwände gebohrt, Flächen verdichtet etc., ist vom Belastungsfall durch Dauererschütterungen auszugehen. Bei der Beurteilung nach der DIN 4150-3 [12] werden folglich die messtechnisch erfassten maximalen Schwinggeschwindigkeiten v_{\max} mit den jeweiligen Anhaltswerten für Dauererschütterungen auf den entsprechenden Gebäudebauteilen verglichen.

3.1.2.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

In Abhängigkeit von der Gebäudeart erfolgt die Beurteilung nach unterschiedlich hohen Anhaltswerten. Die Zuordnung der Gebäude erfolgt grundsätzlich durch Inaugenscheinnahme. Die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150-3 [12] für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen werden in nachfolgender Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen			
Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i	
		oberste Gebäudedecke, horizontal [mm/s]	vertikale Deckenschwingungen [mm/s]
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	einzelfallabhängig

Werden die Anhaltswerte eingehalten oder unterschritten, ist davon auszugehen, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG [1] vorliegen.

4. Ausgangsdaten

4.1 Baudurchführung

Die geplante Baudurchführung stellt sich gemäß den vom Auftraggeber übermittelten Rahmenbedingungen wie folgt dar [14]:

Arbeitsschritte konv. Umbau in Abschnitten von 36m (Dauer: ca. 9 Wochen)

Phase 1: Sichern und Freimachen der Baustelleneinrichtungfläche

Phase 2: Ausbau Joche und Abladen bei Bereitstellungsflächen zur Demontage

Ausbau Schotter und Boden mit Materialförder- und Silowagen (Mfs) in Richtung Ludwigshafen

Phase 3: Einbau PSS und Schotter aus Richtung BASF mit Mfs von Bereitstellungsfläche

Einbau Neujoche

Nach Fertigstellung Gleisabschnitt Ausfahren der Neuschienen

Ausbau Montageschienen und Montage Neuschienen

Durchführung Spannungsausgleich und Oberbauschweißungen

Phase 4: Oberleitungsbau

Die Bauzeit beträgt ca. 9 Wochen und ist für das Jahr 2016 – 2017 vorgesehen. Genaue Bauzeiten der einzelnen Bauphasen stehen zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht fest. Die Arbeiten finden an Werktagen tags und nachts statt. Es ist davon auszugehen, dass aus betrieblichen Gründen Nachtarbeit von bis zu 6 Stunden pro Nacht nicht völlig ausgeschlossen werden kann, da Arbeiten in der Nähe des Gleises, z.B. die Herstellung der neuen Gleislage, die Erneuerung des Oberbaus, betriebsbedingt nur in Sperrpausen bzw. bei Gleissperrung durchgeführt werden können. Daher werden im Folgenden in den Phasen 2 bis 4 sowohl Tag- als auch Nachtarbeit betrachtet. Lediglich für das Sichern und Freimachen der Baustelleneinrichtungfläche (Phase 1) werden nur Arbeiten zum Tagzeitraum geprüft.

4.2 Maschineneinsatz

Gemäß den übermittelten Rahmenbedingungen [14] und des zur Verfügung stehenden Bauablaufs können u. a. folgende Maschinen zum Einsatz kommen:

Tabelle 5: Auflistung des Maschineneinsatzes

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Zweiwegebagger▪ Schienenkran▪ LKW▪ Trennschneider▪ Vibrationsramme als Anbaugerät an Zweiwegebagger▪ Arbeitszug▪ Stopfmaschine▪ Schotterpflug▪ Betonrüttler▪ Stromaggregat |
|---|

4.3 Schallquellen

Auf Grundlage der oben angegebenen Baudurchführung und des geplanten Maschineneinsatzes wurden für die jeweilige Bauphase die Schallleistungspegel der aus schalltechnischer Sicht wesentlichen (d.h. i.d.R. die lautesten) Maschinen- und Arbeitsvorgänge abgebildet.

4.4 Immissionsorte

Nach AVV Baulärm [2] erfolgt die Beurteilung der von Baustellen ausgehenden Geräusche 0,5 m vor dem am stärksten betroffenen geöffneten Fenster von Gebäuden, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Die Schutzbedürftigkeit ausgewählter Immissionsorte wurde auf Basis des Flächennutzungsplans der Stadt Ludwigshafen [16] sowie einer Ortsbesichtigung eingestuft.

5. Untersuchung zum Baulärm

5.1 Schallemissionen

Ausgehend von den Bautätigkeiten der Maßnahme in den einzelnen Phasen (siehe Kap. 4.1) wurden die Schallleistungspegel der gutachterlich abgeschätzten, voraussichtlich zum Einsatz kommenden Baumaschinen (bzw. Arbeitsvorgänge) als Schallleistungs-Wirkpegel (vgl. Kap. 3) abgebildet. Die Prognose der Geräusche der üblichen Maschinen- und Arbeitsvorgänge erfolgte entsprechend der Literaturangaben [15], [23], [24], [25]. Dabei enthalten sind emissionsseitige Zuschläge für Impulse, ausgedrückt durch den Taktmaximalpegel (emissionsseitiger Wirkpegel).

Die einzelnen Schallleistungswirkpegel innerhalb der relevanten o. g. Bautätigkeiten sind aus der Anlage 1 ersichtlich.

Im Rahmen der Prognosegenauigkeit wurde auf eine frequenzselektive Betrachtung verzichtet - als Eingangswerte wurden A-bewertete Schallleistungssummenpegel zugrunde gelegt.

Für die entsprechend Kap. 4 gebildeten Schallquellen wurden die wirkenden Schallleistungspegel energetisch zu jeweils einer Schallquellengruppe je Bauphase summiert und als Linien- und Flächenschallquellen nach DIN ISO 9613-2 [3] modelliert.

Die Beurteilungssystematik geht bei der Ermittlung der Schallimmissionen von Baustellen vom Wirkpegel (nach Nr. 6.6 der AVV Baulärm [2]) aus. Demnach wird der Wirkpegel aus dem nach Taktmaximalpegel-Verfahren gemessenen, auf ganze Zahlen gerundeten Schallpegel ggf. unter Berücksichtigung eines Lästigkeitszuschlags für deutlich hervortretende Töne (z.B. Singen, Heulen, Pfeifen, Kreischen) von bis zu 5 dB(A) gebildet. Dieser Lästigkeitszuschlag wurde erforderlichenfalls bei der Bildung der kennzeichnenden Emissionswerte berücksichtigt (vgl. Anlage 1).

Die detaillierten Eingabedaten der angesetzten Schallquellen können der Anlage 1 entnommen werden.

Kurzzeitige Geräuschspitzen treten in den einzelnen Bauphasen mit Schallleistungspegeln von $L_{WA,max} = 118$ dB(A) auf (Bauphase 4). Damit werden kurzzeitige Geräuschspitzen um höchstens ca. 8 dB(A) aus dem angenommenen Mittelungspegel (110 dB(A)) der stattfindenden Bautätigkeiten herausragen. Da die kurzzeitigen Geräuschspitzen nicht mehr als 20 dB(A) über dem Mittelungspegel liegen, kann auf eine gesonderte Betrachtung gem. Nr. 3.1.3 der AVV Baulärm [2] verzichtet werden.

5.2 Schallimmissionen

Ausgehend von den als Linien- und Flächenschallquellen modellierten Schallemissionen wurden die Schallimmissionen mittels flächenhaften Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2 [3] ermittelt.

Das Ergebnis der Ausbreitungsberechnungen ist für die Phasen (1 bis 4) für eine Aufpunkthöhe von 2 m (tags) und 6 m (nachts) über Geländeoberkante (GOK) in der Anlage 3 dokumentiert.

Die dargestellten Beurteilungspegel stellen den Vollbetrieb, das heißt höchste betriebliche Auslastung innerhalb der Bauphasen und Mitwindsituation ($C_{Met} = 0$), dar. Sollte aufgrund von derzeit noch nicht bekannten oder nicht absehbaren Schwierigkeiten der Baufortschritt verlangsamt werden, kann eine entsprechend längere oder sogar höhere Belastung (verändertes Bauverfahren/Maschineneinsatz im Vergleich zu den Annahmen) auftreten.

In folgender Tabelle sind für die zur Baustelle nächstgelegenen Immissionsorte die Berechnungsergebnisse für alle Bauphasen im Beurteilungszeitraum Tag (07 Uhr - 20 Uhr) und Nacht (20 Uhr - 07 Uhr) bei einer durchschnittlichen tageszeitlichen Bautätigkeit von über 8 Stunden und einer durchschnittlichen nächtlichen Bautätigkeit von bis zu 6 Stunden zusammengefasst. Eine Zeitkorrektur in der Nacht von 5 dB wurde mit berücksichtigt.

Tabelle 6: Beurteilungspegel an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft im obersten Geschoss								
Phase	Beurteilungspegel, Vollbetrieb tags über 8 h, nachts bis zu 6 h [dB(A)]							
	IO-001 Kanalstraße 1 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])		IO-009 Dessauer Straße 13 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])		IO-017 Bgm.-Grünzweig- Straße 7 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])		IO-019 Pasadenaallee 15 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	45,3	*)	41,6	*)	10,7	*)	19,5	*)
2	49,9	45,9	45,3	41,3	45,6	41,6	45,3	41,3
3	49,9	45,9	45,3	41,3	45,6	41,6	45,3	41,3
4	52,9	47,9	48,3	43,3	48,6	43,6	48,3	43,3

Fett: Überschreitung der Immissionsrichtwerte

*) Keine Arbeiten im Beurteilungszeitraum Nacht

5.3 Beurteilung

Die Berechnungsergebnisse für die Tagzeit zeigen, dass die Immissionsrichtwerte (IRW) im Umfeld der Baumaßnahme an allen Gebäuden der Baustelle während der Bauphasen eingehalten werden.

Ergänzend zu den obigen Berechnungspunkten wurden die Beurteilungspegel für die nächstgelegenen Gebäude entlang der Baumaßnahme ermittelt. Hier berechnen sich aus dem Baulärm maximale Beurteilungspegel auf der baustellenzugewandten Fassadenseite von bis zu 55 dB(A) am Tag.

Die Berechnungsergebnisse für den Nachtzeitraum zeigen, dass die Immissionsrichtwerte in der Nachbarschaft - in Abhängigkeit des Abstands zur jeweiligen Lärmquelle - in den Bauphasen 2 bis 4 um bis zu 8 dB(A) überschritten werden.

Somit ergeben sich in Bezug auf den Tageszeitraum in allen Bauphasen keine erheblichen Baulärmbelästigungen. Im Nachtzeitraum ergeben sich trotz einer Beschränkung der Betriebszeit auf bis zu 6 Stunden Baulärmbelästigungen. Auf eine Darstellung der Bereiche der von erheblichen Belästigungen betroffenen Nachbarschaft während der Tagzeit kann daher verzichtet werden.

In folgender Abbildung 2 sind für die maßgebenden Bauphasen jeweils die Bereiche der von erheblichen Baulärmbelästigungen während der Nachtzeit betroffenen Nachbarschaft dargestellt. Die Bereiche, in denen während des Baubetriebs in den einzelnen Bauphasen Überschreitungen des entsprechend der Wohngebietsnutzung maßgeblichen Immissionsrichtwertes zu erwarten sind, wurden farbig (**rot**) gekennzeichnet.



Die detaillierten Berechnungsergebnisse als Beurteilungspegelkarten lassen sich der Anlage 4 entnehmen.

Die detaillierten Berechnungsergebnisse für alle Bauphasen können der Anlage 5 stockwerksscharf für die betrachteten Immissionsorte entnommen werden.

Wie den Ergebnissen der Berechnungen entnommen werden kann, ergeben sich potenzielle Betroffenheiten in Folge der Baumaßnahmen für die jeweilige Bauphase wie folgt:

Tabelle 7: ungefähre Anzahl potenzieller betroffener Gebäude mit einem Beurteilungspegel über 40 dB(A) in der Nacht	
Bauphase 1	-
Bauphase 2	35
Bauphase 3	40
Bauphase 4	60

5.4 Berücksichtigung der Vorbelastung

Aufgrund der örtlichen Verhältnisse im Bereich der Baumaßnahme liegt an den exponiert gelegenen Gebäuden eine tatsächliche Lärmvorbelastungen vor allem durch den Verkehrslärm der Bundesstraße B44 und der Landeskreisstraße L523 Rheinuferstraße sowie der darauf laufenden Straßenbahnen der Linien 4 und 10 geprägt.

Die Berechnung der Beurteilungspegel aus dem Verkehrslärm zur Ermittlung der Vorbelastung erfolgte auf Grundlage vorliegender Verkehrsdaten [27] entsprechend den Vorgaben der 16. BImSchV [5], [6], [26].

Diese Vorbelastung aus Verkehrslärm liegt sowohl am Tag als auch in der Nacht oberhalb der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm und ist in Anlage 3 als Beurteilungspegelkarte dargestellt.

Für die oben angegebenen, zur Baustelle nächstgelegenen Immissionsorte sind die Beurteilungspegel aus dem Verkehrslärm (Vorbelastung) in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 8: Beurteilungspegel der Vorbelastung an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft im obersten Geschoss								
Beurteilungspegel aus Verkehrslärm (Vorbelastung) [dB(A)]								
IO-001		IO-009		IO-017		IO-019		
Kanalstraße 1		Dessauer Straße 13		Bgm.-Grünzweig-Straße 7		Pasadenaallee 15		
WA		WA		WA		WA		
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	
Vorbelastung aus Verkehrslärm								
	68,6	58,8	70,3	60,6	60,6	53,4	64,7	57,4

Es zeigt sich, dass die von den Immissionen aus dem Baulärm potenziell betroffenen Gebäude eine Vorbelastung aus dem Verkehrslärm aufweisen, dessen Pegel zum Einen oberhalb der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm, vor allem aber auch deutlich über den Beurteilungspegeln aus dem Baubetrieb, selbst in der kritischsten Bauphase 4 (vgl. **Tabelle 6**) liegen.

5.5 Diskussion von Maßnahmen zur Minderung des Baulärms

Wie im Kapitel 5 ausgeführt, sind im Zeitraum Tag (07 Uhr - 20 Uhr) an allen Gebäuden im Umfeld der Baustelle keine Überschreitungen des maßgebenden Immissionsrichtwertes der AVV Baulärm zu erwarten, im Zeitraum Nacht (20 Uhr - 07 Uhr) sind Überschreitung der maßgebenden Immissionsgrenzwerte in einem Umfeld von bis zu 300 m zu erwarten.

Für die Bauphasen 2 bis 4 sind daher Maßnahmen zur Minimierung der Belästigung zu diskutieren. Diese setzen den Einsatz von Baumaschinen und -verfahren entsprechend dem Stand der Technik voraus. Im Hinblick auf den Luftschall sind die Geräuschemissionsgrenzwerte nach Tab. Art. 12 für die Stufe II der „Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates“ vom 08.05.2000 [22] durch die zum Einsatz kommenden Geräte einzuhalten.

5.5.1 Beschränkungen der Betriebszeit

Die Berechnungen unter Berücksichtigung einer weiteren Zeitkorrektur von insgesamt 10 dB(A) in der Nacht zeigen, dass dennoch in den Bauphasen 2 - 4 am IO-001 die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm im Untersuchungsbereich nicht eingehalten werden.

Die folgende Tabelle dokumentiert die Beurteilungspegel bei Berücksichtigung einer Zeitkorrektur von 10 dB(A) nachts:

Tabelle 9: Beurteilungspegel an ausgewählten Immissionsorten in der Nachbarschaft unter Berücksichtigung einer Zeitkorrektur für eingeschränkten Nachtbetrieb

Phase	Beurteilungspegel, nachts bis zu 2 h [dB(A)]			
	IO-001 Kanalstraße 1 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])	IO-009 Dessauer Straße 13 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])	IO-017 Bgm.-Grünzweig- Straße 7 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])	IO-019 Pasadenaallee 15 WA IRW = 55/40 (nach 3.1.1 d [2])
	Nacht	Nacht	Nacht	Nacht
2	40,9	36,3	36,6	36,3
3	40,9	36,3	36,6	36,3
4	42,9	38,3	38,6	38,3

Fett: Überschreitung der Immissionsrichtwerte

Eine weitere Reduzierung der Arbeitszeit auf unter 2 Stunden nachts stellt demnach einerseits eine geeignete Maßnahme dar, die erhebliche Lärmbelästigung nachts auf ein Minimum der Betroffenen zu reduzieren, jedoch würde sich insgesamt betrachtet die Zahl der Nächte mit Bautätigkeiten gegenüber dem vorliegenden Baukonzept erheblich erhöhen, zumal die Lärmbelastung der Anwohner mit einer Zeitkorrektur von 5 dB(A) schon unterhalb der gegenwärtig vorhandenen Grundgeräusch Vorbelastung liegt. Deshalb erscheint eine Betriebszeitbeschränkung für lärmintensive nächtliche Bautätigkeiten auf maximal 2 Stunden nicht praktikabel.

5.5.2 Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle

Eine bzgl. der Nachbarschaft optimierte Aufstellung von Baumaschinen ist im vorliegenden Fall für einen Großteil der eingesetzten Baumaschinen nicht möglich, da sie nicht ortsgebunden, d.h. an einem festen Standort, eingesetzt werden können und auf der gesamten Baufläche (d.h. hier der gesamte Haltepunktsbereich) agieren.

Der Einsatz stationärer (temporärer) Schallschirme (z.B. (aufblasbare) Schallschutzwände, Bauzaun mit vorgehängten Schalldämm-Folien, etc.) bei Bauarbeiten (Bauphasen 2 bis 4) könnte im vorliegenden Fall aufgrund der ohnehin örtlich niedrig liegenden Schallquellen eine gute Möglichkeit zur Lärminderung darstellen, wodurch gerade die dichte Riegelbebauung der Dessauer Straße profitieren würde. Eine Einhaltung der Immissionsrichtwerte bei eingeschränkter Nachtarbeit (< 6 h) erscheint möglich.

5.5.3 Überwachung des Baulärms

Bei den angegebenen Beurteilungspegeln handelt es sich um Prognosewerte zugunsten betroffener Anwohner, die einen Anhalt für das Vorliegen von erheblichen Umwelteinwirkungen durch Baulärm geben sollen. Durch eine stichprobenhafte oder kontinuierliche Überwachung der Baulärmsituation während der Arbeiten mit Rückwirkung zur Bauleitung (Lärmmonitoring), könnte das tatsächliche Auftreten von erheblichen Umwelteinwirkungen für die Nachbarschaft auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Dies dient insbesondere auch zur Beweissicherung im Fall von nachbarschaftlichen Einwendungen.

5.5.5 Information der betroffenen Anwohner

Durch Art und Umfang der Baustelle kann, wie bereits oben ausgeführt, nicht ausgeschlossen werden, dass bei den Bautätigkeiten Belästigungen der Anwohner im Nachtzeitraum auftreten können. Nachdem im Untersuchungsbereich erhebliche Belästigungen vorliegen, wird angeregt, nachfolgende Informationsmaßnahmen schrittweise und in Abhängigkeit der tatsächlichen Beschwerdesituation umzusetzen:

- a. umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Lärmeinwirkungen aus dem Baubetrieb;
- b. Aufklärung über die Unvermeidbarkeit der Lärmeinwirkungen;
- c. Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen im Einzelfall (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise usw.)
- d. Benennung einer Ansprechstelle (z.B. Bauleiter), an die sich Betroffenen wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Lärmeinwirkungen haben;
- e. Nachweis der tatsächlich auftretenden Lärmbelastung durch begleitende Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen zur Beweissicherung im Beschwerdefall.

5.5.6 Entschädigung betroffener Anwohner

Die Grenze zur „erheblichen Belästigung“ soll beim Baulärm nicht generell auch gleichzeitig die Grenze der „Zumutbarkeit“ darstellen. Im Speziellen kann eine „Zumutbarkeit“ beim Baustellenbetrieb u. U. auch dann noch gegeben sein, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden. Die Zumutbarkeitsschwelle ist also im Rahmen der Abwägung über möglicherweise vorzusehende Schutzvorkehrungen festzulegen und dabei insbesondere abhängig von der spezifischen Dauer, Art und Intensität der Arbeiten. Im vorliegenden Fall ist auch die bereits bestehende Geräusch Vorbelastung zu berücksichtigen. Insbesondere an der Riegelbebauung der Dessauer Straße liegt die Geräusch-Vorbelastung am Tag durch den Verkehrslärm der B44 sowie des vorhandenen Straßenbahnverkehrs bereits über dem Niveau der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm und zudem über den zu erwartenden Beurteilungspegeln des Baulärms.

5.6 Bewertung der Maßnahmen

Die Bauphasen zur Realisierung des Vorhabens sind im Hinblick auf den Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne der AVV Baulärm als schalltechnisch noch verträglich für den Beurteilungszeitraum Tag und als nicht verträglich für den Beurteilungszeitraum Nacht zu bewerten. Unter Berücksichtigung der Vorbelastung aus dem Verkehrslärm sind die Bauphasen zur Realisierung des Vorhabens hinsichtlich des Schutzes der Nachbarschaft als verträglich zu bewerten. Dennoch werden die Immissionsrichtwerte nachts nicht eingehalten.

Zur Feststellung der zumutbaren Belästigung von Baustellenlärm kann dabei als Maßstab die AVV Baulärm herangezogen werden. Aufgrund der beim Baustellenlärm regelmäßig auftretenden Schwankungen der Lärmbelästigung ist unter Nummer 4.1 der AVV Baulärm zunächst nur bestimmt, dass Maßnahmen zur Minderung der Geräusche grundsätzlich erst dann angeordnet werden sollen, wenn die nach Nummer 6 der AVV Baulärm ermittelten Beurteilungspegel die „erheblich belästigenden“ Immissionen (Immissionsrichtwerte) um mehr als 5 dB(A) überschreiten.

Die Grenze zur „erheblichen Belästigung“ soll beim Baulärm aber nicht generell auch gleichzeitig die Grenze der „Zumutbarkeit“ darstellen. Im Speziellen kann eine „Zumutbarkeit“ beim Baustellenbetrieb u. U. auch dann noch gegeben sein, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden. Die Zumutbarkeitsschwelle ist also im Rahmen der Abwägung über möglicherweise vorzusehende Schutzvorkehrungen festzulegen und dabei insbesondere abhängig von der spezifischen Dauer, Art und Intensität der Arbeiten sowie auch von einer bereits bestehenden Geräusch-Vorbelastung.

Die AVV Baulärm legt mit den Immissionsrichtwerten zunächst also nur eine Schwelle fest, bis zu der beim Baulärm auf jeden Fall von zumutbaren Belästigungen ausgegangen werden kann. Bei darüber hinausgehenden Belastungen ist dann im Einzelnen über die mögliche und notwendige Umsetzung von Schutzvorkehrungen oder über eine ggf. zustehende Entschädigung zu befinden. So kann für Betroffene der auftretende Baulärm bis zur Höhe der vorhandenen Grundgeräusch-Vorbelastung durchaus zumutbar sein, ohne dass von diesem „nachteilige Wirkungen“ ausgehen.

Insofern ist aufgrund der rechnerisch ermittelten „erheblichen Belästigungen“ durch die Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm grundsätzlich zwar ein Schutzkonzept vor Baulärm erforderlich, wobei dieses Schutzkonzept zum gegenwärtigen Zeitpunkt folgende organisatorische Maßnahmen beinhalten sollte:

- Umfassende Information der betroffenen Anwohner im Bereich der Baumaßnahme über Art, Umfang der Bautätigkeiten
- Benennung eines Ansprechpartners bei Beschwerdefällen

Weitergehende Maßnahmen zur Minderung des Baulärms, d.h. eine Überwachung der Baustelle während der Durchführung von Messungen und darauf aufbauenden Vorschlägen von ggf. notwendigen Minderungsmaßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft, erscheinen insbesondere auch unter Berücksichtigung der Lärmvorbelastung durch die Bundesstraße B44, der Landekreisstraße L523 Rheinuferstraße sowie der darauf laufenden Straßenbahnen der Linien 4 und 10 erst bei

Kenntnis der tatsächlichen Schallimmissionen auf Basis messtechnischer Untersuchungen als zweckmäßig.

6. Untersuchung zu den Bauerschütterungen

Auf Basis des nachfolgend beschriebenen Prognosemodells werden baubedingte Erschütterungseinwirkungen abgeschätzt und nach den Vorgaben der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ bewertet.

6.1 Prognosemodell

Bei der Ausbreitung von Erschütterungen von der Quelle zum Einwirkungsort können die drei Teilbereiche Emission, Transmission und Immission unterschieden werden.

In Anlehnung an diese Teilbereiche erfolgt die Prognose von Erschütterungen grundsätzlich gemäß folgender Gleichung [13]:

$$L_v\text{-Raum}(f) = L_E(f) + \Delta B(f) + \Delta G(f) + \Delta M(f)$$

mit:

$L_v\text{-Raum}(f)$:	Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort
$L_E(f)$:	Terzschnellespektrum der Erschütterung am Emissionsort
$\Delta B(f)$:	baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)
$\Delta G(f)$:	gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort
$\Delta M(f)$:	Summe der Einfügedämmung bei Verbau schwingungsmindernder Maßnahmen

Die Prognoseformel entspricht auch den Empfehlungen der VDI 3837 [13].

Aus den Terzschnellespektren am Immissionsort können im Weiteren die relevanten Beurteilungsgrößen gemäß DIN 4150 berechnet werden.

6.1.1 Emission

Bei baubedingten Erschütterungen können vor der Baumaßnahme grundsätzlich sog. „in situ“ Messungen durchgeführt werden bzw. es kann auf Angaben in der einschlägigen Literatur oder auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Die tatsächliche Höhe der Erschütterungsemissionen verschiedener Baugeräte hängt von einer Vielzahl von verschiedenen Parametern (Werkzeugzustand, Untergrundbeschaffenheit, eingesetztes Material, etc.) ab, weshalb im Rahmen von Literaturdaten nur grobe pauschale Annahmen getroffen werden können. Die Einwirkdauer bzw. die Einwirkzeit von Erschütterungsemissionen können dabei aus Angaben zum geplanten Baubetriebsablauf entnommen werden.

6.1.2 Transmission

Die Erschütterungen werden auf ihrem Ausbreitungsweg zwischen Erschütterungsquelle und Einwirkungsort in Abhängigkeit von der Entfernung reduziert. Verantwortlich hierfür ist die Amplitudenabnahme auf Grund der Geometrie und der Materialdämpfung des Erdreichs.

Entsprechend der DIN 4150-1 [10] wird die Abnahme der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit \bar{v} näherungsweise durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\bar{v} = \bar{v}_1 * \left(\frac{R}{R_1}\right)^{-n} * \exp[-\alpha * (R - R_1)]$$

mit:

\bar{v} Amplitude der Schwinggeschwindigkeit (in mm/s)

\bar{v}_1 Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung R_1 (in mm/s)

R_1 Bezugsabstand (in m)

R Entfernung von der Quelle (in m)

n Exponent in Abhängigkeit von der Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingung

α Abklingkoeffizient ($\alpha = 2\pi * D / \lambda$)

D Dämpfungsgrad

λ Wellenlänge ($\lambda = c / f$) in m

c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle (in m/s)

f Frequenz (in Hz)

Im Rahmen von messtechnischen Untersuchungen vor Ort oder durch Annahmen für die jeweiligen Parameter aufgrund der geologischen Untergrundverhältnisse kann die Pegelabnahme der Schwingungen im Ausbreitungsweg ermittelt bzw. abgeschätzt werden.

6.1.3 Immission

Die Anregung des Gebäudes wird i. d. R. mit überhöhten Schwingschnellen auf den Geschossdecken beantwortet. Die durch Resonanz bei den Eigenfrequenzen der Decken auftretenden Vergrößerungsfaktoren hängen insbesondere auch vom zeitlichen Verlauf (harmonisch/stationär oder impulsförmig) der Schwingungen ab.

Im vorliegenden Fall wurde im Rahmen der Prognose von Betroffenheiten die immissionsseitige Übertragung der Erschütterungen vom Erdreich in Gebäude anhand von statistisch ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen gemäß Literaturangaben [17] sowie aus den bahnbetriebsbedingten Erschütterungsuntersuchungen angesetzt.

6.2 Bewertung

Erschütterungsrelevante Bautätigkeiten stellt im vorliegenden Fall hauptsächlich das Einbringen von Gründungen für die Oberleitungsmasten dar. Um im Vorfeld der Maßnahme etwaige Betroffenheiten abzuschätzen, werden Annahmen und Angaben zu den erwartenden Immissionen anhand eigener Erfahrungswerte bzw. aus Literaturangaben (u. a. [17]) herangezogen.

Die Höhe der durch die diversen Quellen entstehenden Erschütterungsemissionen sowie deren Weiterleitung im Erdreich hängen zudem stark von den spezifischen geologischen Untergrundverhältnissen ab. Entsprechend der geologischen Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz (M= 1:300.000) [19] liegt das Bauvorhaben im unmittelbaren Bereich der Rheinaue.

Demnach setzt sich der Untergrund entsprechend der typischen fluviatilen Sedimentation in holozänem Flussauengebiet zusammen. Es ergibt sich eine weitgestufte Kornzusammensetzung, überwiegend aus kiesigen Sanden mit Schlammkornanteilen in Schluff- und Tongröße. Im Bereich alter Flussarme des ehemaligen Mäandersystems überwiegt jeweils der Anteil fein- bis feinstkörniger Sedimente.

Etwaige Porenräume sind ab etwa einer Tiefe des mittleren Rheinpegels durch Grundwasser verfüllt. Mögliche Einflüsse auf die Untergrundverhältnisse durch menschliche Eingriffe, hier ist beispielsweise eine Änderung des Bodenprofils aus dem Straßenbau nennen, können im Rahmen dieser Abschätzung nicht hinreichend genau spezifiziert werden.

Demnach sind bei den geplanten Baumaßnahmen potenzielle Betroffenheitsbereiche für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150-2) für Wohngebiete bei Gebäuden mit geringerem Abstand als <20 m zur Baumaßnahme im Tagzeitraum und einem geringeren Abstand als 60 m zur Baumaßnahme im Nachtzeitraum nicht auszuschließen.

Die Notwendigkeit der Durchführung von Rammarbeiten betrifft dabei einen begrenzten Bereich. Demnach kommt Rammgerät insbesondere bei der Herstellung der Fundamente der Oberleitungsmasten zum Einsatz. Der effektive Einsatz von Rammgerät wird dabei anteilig auf 10 Minuten je einer Stunde Arbeitszeit über einen Gesamtzeitraum von einigen Tagen abgeschätzt.

Für Gebäude in der schutzbedürftigen Nachbarschaft beträgt der räumliche Abstand zur Baumaßnahme mindestens 60 m bei Bürogebäuden mit Nutzung nur am Tage und mindestens 90 m bei Wohngebäuden. Potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [11] sind bei Durchführung der Baumaßnahme gem. dem hier zugrunde liegenden Betriebsablaufplan sowohl zum Tag- als auch zum Nachtzeitraum nicht zu erwarten.

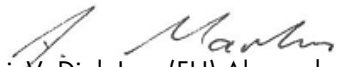
Etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes sind entsprechend den Anforderungen der DIN 4150-3 [12] ebenfalls nicht zu erwarten.

Zur Dokumentation vorhandener Vorschädigungen und zur späteren Abwehr von Schadensersatzansprüchen sind jedoch gebäudetechnische Beweissicherungen am nächstgelegenen Bürogebäude in der Nachbarschaft empfehlenswert.

Dieses Gutachten umfasst 37 Seiten und 5 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

Augsburg, den 21. November 2014

Möhler + Partner
Ingenieure AG




i. V. Dipl. Ing. (FH) Alexander Martens



i. A. B. Eng. Marcus Zipfel

Qualitätsprüfer:



Dipl.-Ing. Ulrich Möhler

7. Anlagen

Anlage 1:	Darstellung der Emissionsansätze
Anlage 2:	Lageplan mit Kennzeichnung der Immissionsorte, M 1 : 6.000
Anlage 3:	Beurteilungspegelkarten für die Vorbelastung Gesamtlärm, M 1 : 6.000
Anlage 4.1 - 4.7:	Beurteilungspegelkarten, Bauphase 1 bis 4 und Beurteilungszeitraum Tag und Nacht, M 1 : 6.000
Anlage 5.1 - 5.2:	Ergebnisse der Einzelpunktberechnungen

Anlage 1: Darstellung der Emissionsansätze

Schallemissionen der einzelnen Bautätigkeiten ohne Zeitbezug/Zeitkorrektur nach AVV Baulärm

Bautätigkeit	Geräuschrelevante Tätigkeiten	Maschinenbetrieb bzw. Arbeitsvorgang	L _{WAeq}	L _{Wmax}	K ₁	K _T	Auslastung Tag [%]	Auslastung Nacht [%]	Schalleistungs- Wirkpegel L _{WA,em} [dB(A)]		Zusammengefasst im Beurteilungszeitraum [dB(A)]	
									Tag	Nacht		
Bauphase I	Sichern und Freimachen der Baustelleneinrichtungsfläche	Lkw	99,0	110,0	3,0	0	25	0	96	-	Tag	Nacht
		Lkw - Absetzen Container	100,0	106,0	2,0	0	10	0	92	-	99	-
		Lkw - Aufnehmen Container	100,0	109,0	5,0	0	10	0	95	-	-	-
Bauphase II	Ausbau Joche und abladen bei BE-Fläche Ausbau Schotter und Boden	Lkw	99,0	110,0	3,0	0	30	30	97	97	107	108
		Zweilwegebagger	104,0	106,0	0,0	0	30	30	99	99		
		Trennschneider	116,5	119,0	1,5	0	5	5	105	105		
		Stromaggregat	100,0	100,0	0,0	0	0	100	0	100		
		Schielenkran	101,0	101,0	0,0	0	15	15	93	93		
		Arbeitszug	96,0	96,0	0,0	0	30	30	91	91		
Bauphase III	Einbau PSS und Schotter Einbau Neujoche Ausfahren der Neuschienen einschottern und stopfen Durchführung Spannungsausgleich und Oberbauschweißungen	Zweilwegebagger	104,0	106,0	0,0	0	30	30	99	99	107	108
		Lkw	99,0	110,0	3,0	0	20	20	95	95		
		Stoppmaschine	106,0	106,0	0,0	0	15	15	98	98		
		Schielenkran	101,0	101,0	0,0	0	15	15	93	93		
		Stromaggregat	100,0	100,0	0,0	0	0	100	0	100		
		Schotterpflug	113,0	113,0	0,0	0	15	15	105	105		
		Arbeitszug	96,0	96,0	0,0	0	30	30	91	91		
		Zweilwegebagger	104,0	106,0	0,0	0	25	25	98	98		
		Vibrationsramme Anbaugerät an ZWB	112,0	118,0	4,0	0	20	20	109	109		
		Lkw	99,0	110,0	3,0	0	20	20	95	95		
Bauphase IV	Oberleitungsbau	Arbeitszug	96,0	96,0	0,0	0	30	30	91	91	110	110
		Betontüfeler	101,5	106,1	2,9	0	20	20	97	97		
		Stromaggregat	100,0	100,0	0,0	0	0	100	0	100		