

## **Baulärm- und Erschütterungsprognose zum Neubau von Weichenverbindungen in Böblingen an der Strecke 4860 im Streckenabschnitt km 25,390 bis km 25,882**

Bericht VL 9665-1.3 vom 07.02.2025

Auftraggeber: DB InfraGO AG  
Region Südwest  
Schwarzwaldstraße 86  
76137 Karlsruhe

Bericht-Nr.: VL 9665-1.3

Datum: 07.02.2025

Ansprechpartner: Herr Hintzen

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 69 Seiten,  
davon 46 Seiten Text und 23 Seiten Anlagen.

VMPA anerkannte  
Schallschutzprüfstelle  
nach DIN 4109

### **Leitung:**

Dipl.-Phys. Axel Hübner

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram  
Staatlich anerkannter  
Sachverständiger für  
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

### **Anschriften:**

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19  
40599 Düsseldorf  
Tel. +49 211 999 582 60  
Fax +49 211 999 582 70  
dus@peutz.de

Borussiastraße 112  
44149 Dortmund  
Tel. +49 231 725 499 10  
Fax +49 231 725 499 19  
dortmund@peutz.de

Pestalozzistraße 3  
10625 Berlin  
Tel. +49 30 92 100 87 00  
Fax +49 30 92 100 87 29  
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21  
90443 Nürnberg  
Tel. +49 911 477 576 60  
Fax +49 911 477 576 70  
nuernberg@peutz.de

### **Geschäftsführer:**

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram  
Dipl.-Ing. Mark Bless  
ing. David den Boer  
AG Düsseldorf  
HRB Nr. 22586  
Ust-IdNr.: DE 119424700  
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

### **Bankverbindungen:**

Stadt-Sparkasse Düsseldorf  
Konto-Nr.: 220 241 94  
BLZ 300 501 10  
DE79300501100022024194  
BIC: DUSSDE33XXX

### **Niederlassungen:**

Mook / Nimwegen, NL  
Zoetermeer / Den Haag, NL  
Groningen, NL  
Eindhoven, NL  
Paris, F  
Lyon, F  
Leuven, B

**peutz.de**

## Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	4
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Örtliche Gegebenheiten und Baubeschreibung.....	7
3.1	Gebietsnutzung im Umfeld.....	7
3.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen.....	7
4	Baulärm.....	9
4.1	Beurteilungsgrundlagen.....	9
4.1.1	AVV Baulärm.....	9
4.1.2	Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG).....	10
4.1.3	Zusätzliche Bewertungsaspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen...	10
4.1.4	Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen.....	13
4.2	Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm.....	14
4.2.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	14
4.2.2	Vorgehensweisen zur Berechnung der Vorbelastung.....	16
4.2.3	Emissionen der Baumaschinen und Geräte.....	16
4.3	Ergebnisse und Beurteilung der Immissionsberechnung.....	18
4.4	Beurteilung der Ergebnisse.....	21
4.5	Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen für die vorliegende Baumaßnahme..	22
5	Erschütterungen.....	25
5.1	Allgemeines.....	25
5.1.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	26
5.1.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	29
5.2	Erschütterungstechnische Betrachtungen.....	32
5.3	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen.....	34
5.4	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	36
5.5	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	40
6	Zusammenfassung.....	42

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Darstellung der verwendeten Baumaschinen je Arbeitsschritt.....	8
Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm.....	9
Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm.....	9
Tabelle 4.3: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 1.....	17
Tabelle 4.4: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 2.....	17
Tabelle 4.5: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 3.....	17
Tabelle 4.6: Von Lärmimmissionen >60 dB(A) nachts betroffene Gebäude während der Bauarbeiten.....	24
Tabelle 5.1: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen zum Tageszeitraum.....	27
Tabelle 5.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1.....	28
Tabelle 5.3: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [15].	29
Tabelle 5.4: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [10] für kurzzeitige und Dauererschütterungen.....	30
Tabelle 5.5: Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen.....	31
Tabelle 5.6: Berücksichtigte Baumaschinen für die Erschütterungsprognose.....	33
Tabelle 5.7: Berücksichtigte Bebauung bei Verwendung einer Vibrationsramme.....	35
Tabelle 5.8: Anhaltswerte für die Konstante $c_F$ für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2.....	36
Tabelle 5.9: Eigenfrequenzen von Decken.....	37
Tabelle 5.10: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall im Tageszeitraum während der Rammarbeiten.....	39
Tabelle 5.11: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude im Resonanzfall im Tageszeitraum während der Rammarbeiten.....	40
Tabelle 5.12: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall im Nachtzeitraum während der Rammarbeiten.....	40

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1: Schematische Darstellung der Abstände zwischen Spundwand und Gebäude der DIN 4150, Teil 3 Anhang C, Bild C.1.....32

## **1 Situation und Aufgabenstellung**

Die DB InfraGO AG plant den Neubau von zwei Weichenverbindungen an der Strecke 4860 Stuttgart - Horb, im Streckenabschnitt km 25,390 bis km 25,882 in Böblingen.

In dieser Untersuchung werden die zu erwartenden Baulärmimmissionen mit einer Ausbreitungsberechnung gemäß der DIN EN ISO 9613-2 [5] durchgeführt und anschließend gemäß der AVV Baulärm [4] bewertet. Für die Berechnungen werden die Abläufe für den Umbau in schalltechnisch relevante Bauphasen unterteilt. Hierbei ergeben sich insgesamt drei Bauphasen.

Abhängig von der Höhe der Baulärmimmissionen und der Vorbelastung durch den vorhandenen Verkehrslärm sind mögliche Maßnahmen zur Baulärminderung vorzuschlagen und zu beurteilen.

Weiterhin sind Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen innerhalb der Bauzeit zu tätigen. Es werden hierbei die in dem nächstgelegenen Gebäude durch die Baumaßnahmen entstehenden Erschütterungen prognostiziert und anhand der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 [9] und Teil 3 [10] beurteilt. Gegebenenfalls werden bei Überschreitungen der Anhaltswerte Minderungsmaßnahmen empfohlen.

*Dieser Bericht ersetzt den Bericht VL 9665-1.2 vom 01.07.2024 aufgrund von Änderungen im Bauablauf. Die nächtlichen Arbeiten in Bauphase 1 werden zusätzlich im Tageszeitraum geplant.*

## 2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung			Kat.	Datum
[1]	<b>BImSchG</b> Bundes-Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G	Aktuelle Fassung
[2]	<b>24. BImSchV</b> 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung	Geändert am 23.09.1997 und Begründung in Bundesratsdrucksache 363/96 vom 02.07.1996	V	04.02.1997
[3]	<b>32. BImSchV</b> 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung	Bundesgesetzblatt B1232, vom 29.08.2002 (BGBl. I S. 3478) zuletzt geändert am 08.11.2011 (BGBl. I S. 2178)	V	29.08.2002 zuletzt geändert am 08.11.2011
[4]	<b>AVV Baulärm</b> Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, Geräuschimmissionen	Beilage zum BAnz Nr. 160 vom 1. September 1970	VV	19.08.1970
[5]	<b>DIN ISO 9613, Teil 2</b>	Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Allgemeines Berechnungsverfahren; <i>Verweis in der TA Lärm auf den Entwurf Sept. 1997</i>	N	Ausgabe Oktober1999 (Entwurf Sept. 1997)
[6]	<b>DIN 45 669, Teil 1</b>	Messung von Schwingungsmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N	September 2010
[7]	<b>DIN 45 669, Teil 2</b>	Messung von Schwingungsmissionen - Messverfahren	N	Juni 2005
[8]	<b>DIN 4150, Teil 1</b>	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	2001
[9]	<b>DIN 4150, Teil 2</b>	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	1999
[10]	<b>DIN 4150, Teil 3</b>	Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	2016
[11]	<b>Schall 03</b> Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen	Bundesgesetzblatt Jahrgang 2014 Teil I Nr. 61, ausgegeben zu Bonn am 23.12.2014	RIL	in Kraft getreten am 01.01.2015
[12]	<b>VDI 2719</b>	Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen	RIL	1987

Titel / Beschreibung / Bemerkung			Kat.	Datum
[13]	Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 247	Lit.	1998
[14]	Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 2	Lit.	2004
[15]	Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit.	2003
[16]	Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten	Institut für Bauforschung e.V. Hannover	Lit.	2006
[17]	Expertensystem für Lärm- und Erschütterungsprognosen beim Einbringen von Spundbohlen	K. Funk, Mitteilungen des Curt-Risch-Institutes für Dynamik, Schall- und Messtechnik der Universität Hannover	Lit.	1996
[18]	Standardleistungsbuch für das Bauwesen, Regional-Leistungsbereich 898, Schutz gegen Baulärm und Erschütterungen	Umweltbundesamt Berlin,	Lit.	Ausgabe April 1996
[19]	Urteil zu Baulärmimmissionen des 7. Senats des BVerwG	BVerwG 7 A 24.11	Lit.	10.07.2012
[20]	Urteil zu Verhältnismäßigkeit von Schutzvorkehrungen gegen Baulärm bei Arbeiten an einer Bahnstrecke des OVG Rheinland-Pfalz	OVG Rheinland-Pfalz 8 C 11694/17	Lit.	10.10.2018
[21]	Verfügung zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach AVV Baulärm	Eisenbahn-Bundesamt	Lit.	12.01.2021
[22]	Anlage 1 zur Verfügung Überschreitung der IR nach AVV Baulärm	Eisenbahn-Bundesamt	Lit.	12.01.2021
[23]	Geodaten (DGM, LoD1)	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg	P	18.07.2023
[24]	Ausschnitt Flächennutzungsplan	Auskunft der Stadt Böblingen	P	Juli 2023
[25]	Planunterlagen und Zugzahlen	DB InfraGO AG	P	2023 - 2025

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Berichtigung
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

### **3 Örtliche Gegebenheiten und Baubeschreibung**

#### **3.1 Gebietsnutzung im Umfeld**

Die Baumaßnahme ist nordöstlich des Bahnhofes Böblingen des Landkreises Böblingen in Baden-Württemberg geplant.

Die Umgebung ist östlich und südlich fast ausschließlich durch Wohnbebauung geprägt. Westlich und nördlich befinden sich neben Wohngebäuden zusätzlich einige Gewerbetreibende. Nördlich verläuft in einer Entfernung von etwa 530 m die Bundesautobahn A81.

Da für die umliegenden Gebiete keine Bebauungspläne digital abrufbar sind, wird die Schutzbedürftigkeit anhand der tatsächlichen Nutzung sowie in Anlehnung des Flächennutzungsplanes der Stadt Böblingen [24] festgelegt.

Östlich der geplanten Baumaßnahme, östlich der Sindelfinger Straße und der Galileistraße sowie südlich der Baumaßnahme, südlich der Talstraße und westlich der Karlstraße werden die Gebiete mit den Immissionsrichtwerten eines allgemeinen Wohngebietes (WA) berücksichtigt. Allgemeine Wohngebiete entsprechen gemäß AVV Baulärm Gebieten mit vorwiegend Wohnungen (siehe Tabelle 4.1). Weitere Gebiete, die als allgemeines Wohngebiet angesetzt werden, befinden sich westlich der Baumaßnahme, nordwestlich der Konrad-Zuse-Straße sowie nördlich der Baumaßnahme an der Waldenbacher Straße.

Das Gebiet der Kaserne wird mit den Immissionsrichtwerten eines Mischgebietes (MI) berücksichtigt. Weitere Gebiete, die als Mischgebiet angesetzt werden, befinden sich östlich der Baumaßnahme, östlich der Wolfgang-Brumme-Allee und westlich der Sindelfinger Straße sowie südlich der Straße „Friedrich-List-Platz“.

Alle weiteren Gebiete werden mit den Immissionsrichtwerten eines Gewerbegebietes (GE) berücksichtigt.

Ein Übersichtslageplan mit Darstellung der Gebietsnutzungen und der berücksichtigten Immissionsorte kann Anlage 1 entnommen werden.

#### **3.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen**

Im Rahmen der schalltechnischen Prognoseberechnungen zum Baulärm sind auf Grundlage von Bauablaufplanungen [25] mögliche baustellenbedingte Schallimmissionen während der untersuchten Baumaßnahmen zu ermitteln und gemäß AVV Baulärm [4] zu beurteilen.

Die Baumaßnahmen werden sowohl im Tageszeitraum von 07:00 bis 20:00 Uhr als auch im Nachtzeitraum von 20:00 bis 07:00 Uhr durchgeführt. Die vorbereitenden Arbeiten und die Gründung der Fundamente sind an 11 Tagen und 30 Nächten geplant. Der Einbau der Wei-

chenverbindungen ist an 5 Tagen und 6 Nächten angesetzt. Für die Oberleitungsarbeiten ist eine Dauer von 3 Tagen und 7 Nächten vorgesehen. Die Arbeiten finden sowohl montags bis freitags als auch teilweise am Wochenende statt. Der gesamte Neubau der Weichenverbindungen ist gemäß Bauablaufplan für insgesamt ca. 8 Wochen geplant.

Für jeden Arbeitsschritt werden die auf der Grundlage vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten [25] zu betrachtenden Bauverfahren mit den jeweiligen Arbeitsmaschinen angesetzt. Die Arbeitsschritte sind in der nachfolgenden Tabelle 3.1 dargestellt:

Tabelle 3.1: Darstellung der verwendeten Baumaschinen je Arbeitsschritt

Arbeitsschritt	verwendete Baumaschinen
BP1: Vorlaufschichten Zeitraum: 11 Tage und 33 Nächte (Tages- und Nachtzeitraum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweiwegebagger</li> <li>• Vibrationsramme</li> <li>• Betontransportmischer</li> <li>• Flaschenrüttler</li> </ul>
BP2: Hauptumbauphase Zeitraum: 7 Tage und 7 Nächte (Tages- und Nachtzeitraum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweiwegebagger</li> <li>• Schienentrennschleifmaschine</li> <li>• Schienenbohrmaschine</li> <li>• Universalstopfmaschine</li> </ul>
BP3: Nachlaufschichten Zeitraum: 3 Tage und 7 Nächte (Tages- und Nachtzeitraum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turmkran</li> <li>• Bahnwagen</li> <li>• Arbeitszug</li> </ul>



## 4 Baulärm

### 4.1 Beurteilungsgrundlagen

#### 4.1.1 AVV Baulärm

Die Beurteilung von Schallimmissionen aus dem Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen erfolgt auf Grundlage der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – (AVV Baulärm [4]). Diese gilt für den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen, soweit die Baumaschinen gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden. Die gebietsabhängigen Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm für Immissionsorte 0,5 m vor einem Fenster zu einer schutzbedürftigen Nutzung sind in der nachfolgenden Tabelle 4.1 aufgeführt. Für die Festlegung der Gebietseinstufungen ist von Festsetzungen in Bebauungsplänen oder sollten keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, der tatsächlichen Nutzung auszugehen.

Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm

Gebietseinstufung	Gebietskategorien der BauNVO	Tag 07:00 – 20:00 Uhr [dB(A)]	Nacht 20:00 – 07:00 Uhr [dB(A)]
Gebiete mit ausschließlich gewerblichen / industriellen Anlagen oder Inhaberwohnungen	GI	70	70
Gebiete mit vorwiegend gewerblichen Anlagen	GE	65	50
Gebiete mit weder vorwiegend gewerblichen Anlagen noch vorwiegend Wohnungen	MI / MD / MK	60	45
Gebiete mit vorwiegend Wohnungen	WA	55	40
Gebiete mit ausschließlich Wohnungen	WR	50	35
Kurzegebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	SOK	45	35

Der Beurteilungspegel, der mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen ist, wird aus dem Wirkpegel (5s-Takt-Maximalpegel  $L_{AFTm}$ ) am Immissionsort unter Berücksichtigung der durchschnittlichen täglichen Betriebsdauer der Baumaschinen ermittelt. Hierzu sind die in der folgenden Tabelle 4.2 angegebenen Zeitkorrekturen zu berücksichtigen.

Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm

Durchschnittliche Betriebsdauer in der Zeit von Tageszeit 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr	Nachtzeit 20:00 bis 07:00 Uhr	Zeitkorrektur [dB]
bis 2 ½ h	bis 2 h	10
Über 2 ½ h bis 8 h	über 2 h bis 6 h	5
über 8 h	über 6 h	0

Zur Prüfung, ob der Immissionsrichtwert eingehalten wird, ist der Beurteilungspegel mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen. Maßgeblich ist die Einhaltung der o.g. Immissionsrichtwerte in einer Entfernung von 0,5 m vor dem geöffneten Fenster. Der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit ist ferner überschritten, wenn ein einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) den Immissionsrichtwert in der Nacht um mehr als 20 dB(A) überschreiten. Die AVV Baulärm macht keine Aussagen zu Geräuschen innerhalb von Räumen.

Aufgrund des Alters der AVV Baulärm (1970), ist bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen, auch stets die aktuelle Rechtsprechung und die sich daraus ergebenden Aspekte bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen zu berücksichtigen.

#### **4.1.2 Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG)**

Die jeweiligen Landesimmissionsschutzgesetze regeln meist ergänzend oder zusätzlich Lärmeinwirkungen über das Bundesimmissionsschutzgesetz, in der die AVV Baulärm eingebettet ist. In der Regel wird in den Landesimmissionsschutzgesetzen auf den Einsatz von Geräten, welche im Anhang der 32. BImSchV aufgelistet sind Bezug genommen und dabei allgemein oder speziell der durch den Einsatz dieser Geräte entstehende Lärm im Nachtzeitraum, in den Ruhezeiten oder an Sonn- und Feiertagen thematisiert. Es werden jedoch hier meist der vermeidbare Lärm oder auch Ausnahmen thematisiert, die für Baumaßnahmen zulässig sind, die dem öffentlichen Wohl dienen. Der Erhalt der Infrastruktur sollte dem öffentlichen Wohl dienen und auch unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten vermeidbarer Lärm (Baulärm) ist zu vermeiden. Gegebenenfalls sind durch die Genehmigungsbehörden entsprechende Auflagen im Sinne des jeweiligen Landes-Immissionsschutzgesetzes zu treffen.

#### **4.1.3 Zusätzliche Bewertungsaspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen**

##### **Innenpegel**

Ab wann noch eine nachteilige Wirkung durch Baulärm für Betroffene vorliegt ist nicht eindeutig bestimmt. Aus der Rechtsprechung [19] und anderen Regelungen zum Thema Lärm z.B. der 24. BImSchV [2] oder der VDI 2719 [12] lassen sich jedoch „Zumutbarkeitsschwellen“ ableiten. So lassen sich zusammenfassend aus diesen Regelwerken und der Rechtsprechung Innenraumpegel ableiten, welche als noch zulässig angesehen werden können. Diese Innenpegel betragen mindestens:

- 45 dB(A) für gewerblich genutzte Büroräume
- 40 dB(A) für Wohnräume, Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen und Unterrichtsräume
- 30 dB(A) für Schlafräume nachts

Im Rahmen einer Prognoseberechnung zu Baulärmimmissionen ist es nur möglich flächen-deckend die Immissionen gemäß AVV Baulärm 0,5 m vor einem Fenster zu einer schutzbe-dürftigen Nutzung zu berechnen. Der sich in den Räumen ergebende Innenraumpegel muss individuell bei jedem Raum einzeln betrachtet werden.

Falls aktive Maßnahmen nicht möglich sind oder hierbei nicht im Verhältnis zum Nutzen ste-hen und organisatorische Maßnahmen ausgeschöpft sind, kann das Ergebnis einer Abwä-gung auch sein, Anwohnern für eine begrenzte Zeit zuzumuten, Fenster geschlossen zu hal-ten, sofern dann auch ausreichend niedrige Innenpegel vorliegen [20]. Innerhalb des Tages-zeitraumes ist es gemäß Rechtsprechung Anwohnern zuzumuten, für eine begrenzte Dauer die Fenster nur zum Stoßlüften zu öffnen. Dies bezieht sich jedoch allgemein nur auf den Ta-geszeitraum. Im Nachtzeitraum ist dies nicht pauschal möglich. Eine ausreichende Lüftung von Schlafräumen kann jedoch auch nachts gewährleistet sein, wenn eine Querlüftung in der Wohnung möglich ist oder unterstützende Lüftungseinrichtungen (z.B. Außenluftdurchlässe oder Lüftungsanlagen) vorhanden sind.

Es lassen sich überschlägig für gängige Wohnraumabmessungen im Wohnungsbau Beurtei-lungspegel vor den Fenstern ableiten, welche in der Regel zu den oben aufgeführten Innen-raumpegeln führen werden. Zur Einhaltung eines Innenraumpegels von 40 dB(A) im Tages-zeitraum reichen standard-isolierverglaste Fenster mit einem Schalldämmmaß von  $R_{w,R} \geq 32$  dB aus, wenn ein Außenlärmpegel von 70 dB(A) nicht überschritten wird [20]. Ent-sprechend reichen zur Einhaltung eines Innenraumpegels von 30 dB(A) im Nachtzeitraum standard-isolierverglaste Fenster mit einem Schalldämmmaß von  $R_{w,R} \geq 32$  dB aus, wenn ein Außenlärmpegel von 60 dB(A) nicht überschritten wird [20]. Bei zur Nachtlüftung notwendi-gen, gekippten Fenstern dürfte ein Außenlärmpegel von ca. 45 dB(A) nicht überschritten werden, um einen Innenraumpegel von 30 dB(A) nicht zu überschreiten.

#### **Vorbelastung:**

Generell ist als erstes Ziel für den Baulärm die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm vorgesehen. Das Bundesverwaltungsgericht urteilte in seinem Urteil zu Baulärmim-missionen zum Bau der sogenannten Kanzler-U-Bahn in Berlin entlang der Friedrichstraße [19], dass neben der Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm in einem inner-städtischen Bereich oder Bereichen, in denen weitere prägnante Lärmeinflüsse durch z.B. Verkehr, Gewerbe oder anderen Lärmquellen vorherrschen, diese mit bei der Beurteilung der Baulärmimmissionen zu berücksichtigen sind. Das Urteil beinhaltet auch Aussagen dazu, dass neben den Beurteilungspegeln 0,5 m vor offenbaren Fenstern zu schutzbedürftigen Raumnutzungen, der Innenraumpegel (s. oben) ein weiteres Schutzziel sein kann.

Genaue Vorgaben, wie die Bewertung von Hintergrundgeräuschen im Zusammenhang mit Baulärm zu geschehen hat, lässt das Urteil [19] offen. Im Urteil wurde jedoch nicht beanstan-det, dass bei Vorliegen von Verkehrslärmimmissionen, welche für die örtliche Umgebungen typisch sind und nicht explizit während der Bautätigkeit auch vorzuliegen haben, die Bau-

lärmimmissionen zu relativieren sind. Somit sind auch Überschreitungen von Immissionsrichtwerten der AVV Baulärm nicht zu beanstanden, wenn diese nicht relevant zu einer Erhöhung der Gesamtgeräuschbelastung am betrachteten Immissionsort beitragen.

Es wird vorgeschlagen, dass sich hierbei der TA Lärm entlehnt wird, welche in der Methodik der AVV Baulärm stark ähnelt, jedoch deutlich aktueller ist. In der TA Lärm wird bei der Betrachtung mehrerer Gewerbelärmquellen geschlussfolgert, dass eine zusätzliche Lärmquelle (gewerbliche Anlage), welche in ihrem Beurteilungspegel 6 dB leiser ist als die vorhandene Lärmquelle, nicht relevant zum Gesamtlärm beiträgt. Somit könnte abgeleitet werden, dass (zeitlich beschränkt einwirkende) Baulärmimmissionen auch zulässig sind, wenn diese um mindestens 6 dB leiser sind als das Hintergrundgeräusch (z.B. Verkehrslärm).

Es wird dem entsprechenden Urteil entnommen, dass bei einer vorhandenen Vorbelastung durch z.B. Verkehrslärm, Gewerbelärm oder ggf. anderen Lärmarten, eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm hinzunehmen ist, wenn sich die Gesamtbelastung für die Anwohner dadurch nicht relevant erhöht.

Eine Überdeckung des Baulärms durch die Vorbelastung liegt rechnerisch vor, wenn die Vorbelastung mindestens 10 dB höher ist als die Baulärmimmissionen. Dies ist dadurch herzu-  
leiten, dass bei der Addition von kaufmännischen gerundeten Schallpegeln die sich um mindestens 10 dB unterscheiden keine Erhöhung des höheren Schalldruckpegels ergibt. So ist z.B.  $70 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$ . Weiterhin werden gleiche Geräusche, die 10 dB leiser oder lauter sind als halb so leise oder doppelt so laut vom menschlichen Gehör wahrgenommen. Somit würde eine Vorbelastung mit 70 dB(A) einen Baulärm mit 60 dB(A) überdecken, da das Gesamtgeräusch nur 70 dB(A) beträgt und ohnehin als doppelt so laut wie der Baulärm empfunden werden würde, wenn die Geräusche einen ähnlichen Geräuschcharakter (Zeitverlauf, Frequenz ...) aufweisen würden.

Eine rechnerische Erhöhung der Gesamtgeräuschbelastung durch den Baulärm liegt ebenfalls nicht vor, wenn die ermittelten Maximalpegel (kurzzeitige Geräuschspitzen) des Baulärms 10 dB unterhalb des Maximalpegels der üblicherweise vorherrschenden Vorbelastung liegen. Die Maximalpegel der Vorbelastung durch Schienenverkehr sind dabei von der Anzahl der Zugvorbeifahrten auf der vorbelastenden Strecke abhängig und können in der Regel so angesetzt werden, dass der Maximalpegel (im zu betrachtenden Nachtzeitraum) etwa 10 dB über dem berechneten Beurteilungspegel des Schienenverkehrslärms liegen.

### **Bedeutung des öffentlichen Interesses bei der Beurteilung des Vorhabens gemäß AVV Baulärm**

Im Falle von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte ist von der überwachenden Behörde zu prüfen, inwieweit Maßnahmen im konkreten Einzelfall *angeordnet* werden. In der Anlage 5 zu Ziffer 4.1 AVV Baulärm sind verschiedene Maßnahmen dargestellt. Bei der freiwilligen Minderung bzw. der Anordnung durch die Überwachungsbehörde ist jedoch das öffentliche Interesse zu berücksichtigen.

In der Anlage 1 zur Verfügung des Eisenbahn-Bundesamtes vom 12.01.2021 [22] unter Punkt 2. b) Der Tatbestand der Nummer 5.2.2 der AVV Baulärm heißt es:

*„Angesichts der Zweckrichtung eisenbahnrechtlicher Planvorhaben, durch Ausbau und Erhalt des Schienennetzes dem Wohl der Allgemeinheit und insbesondere den Verkehrsbedürfnissen Rechnung zu tragen, ist davon auszugehen, dass für diese Planvorhaben in aller Regel ein dringendes öffentliches Interesse i. S. d. Nummer 5.2.2 der AVV Baulärm besteht.*

*Der Tatbestand der Nummer 5.2.2 der AVV Baulärm erfordert weiterhin, dass die Bauarbeiten ohne die Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht oder nicht rechtzeitig durchgeführt werden können. Dies setzt eine vollständige Erfüllung des Vermeidungs- und Minimierungsgebotes durch den Vorhabenträger voraus. Diese kann, entsprechende Planungen des Vorhabenträgers flankierend, auch durch entsprechende Nebenbestimmungen i. S. d. § 36 VwVfG sichergestellt werden (nicht jedoch durch Schutzvorkehrungen i. S. d. § 74 Abs. 2 S. 2 VwVfG, die keine Nebenbestimmung, sondern eine Inhaltsbestimmung des Plans darstellen (vgl. hierzu auch RL 38 (5) der Planfeststellungsrichtlinien)). Praktikabel ist eine Nebenbestimmung, die im Rahmen der Untersuchung zu baubedingten Schallimmissionen (Baulärm) rechnerisch untersuchte und bewertete Schutzmaßnahmen zur Umsetzung des Vermeidungs- und Minimierungsgebots aufgreift, eine Fortschreibung des so entstehenden Schallschutzkonzeptes vorsieht und die Verhältnismäßigkeit der erforderlichen Schutzmaßnahmen gewährleistet.“*

#### **4.1.4 Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen**

Maßnahmen zur Minderung der Baustellengeräusche sollen gemäß aktueller Rechtsprechung bereits bei der Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm geprüft werden.

Dazu kommen in Betracht:

- Maßnahmen bei der Baustelleneinrichtung bzw. an den Baumaschinen
- Verwendung geräuscharmer Baumaschinen oder –verfahren
- Beschränkung der Betriebszeit lauterer Maschinen

Von Maßnahmen kann abgesehen werden, wenn durch den Betrieb von Baumaschinen aufgrund von Fremdgeräuschen keine zusätzlichen Gefahren oder Belästigungen ausgehen.

Die Stilllegung von Baumaschinen kommt nur als äußerstes Mittel in Betracht, um die Allgemeinheit vor Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen durch Baulärm zu schützen. Stilllegungen sollen angeordnet werden, wenn

- weniger einschneidende Maßnahmen nicht ausreichen, um eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte zu verhindern oder
- die Stilllegung im Einzelfall zum Schutz der Allgemeinheit, jedoch unter Berücksichtigung des Bauvorhabens, dringend erforderlich ist.

Von der Stilllegung kann trotz Überschreitung der Immissionsrichtwerte abgesehen werden, wenn die Bauarbeiten zur Verhütung oder Beseitigung eines Notstandes oder zur Abwehr sonstiger Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung oder im öffentlichen Interesse dringend erforderlich sind und die Bauarbeiten ohne die Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht oder nicht rechtzeitig durchgeführt werden können.

## **4.2 Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm**

### **4.2.1 Allgemeine Vorgehensweise**

Die AVV Baulärm [4] bezieht sich auf Messungen an bestehenden Baustellen, eine rechnerische Prognose für geplante Baustellen ist in der Verwaltungsvorschrift nicht vorgesehen. Für die geforderten Baulärmprognosen wurden Immissionsberechnungen in Anlehnung an die AVV Baulärm mit Ausbreitungsrechnungen nach DIN ISO 9613-2 [5] durchgeführt.

Solche Prognoseberechnungen zur Thematik Baulärm im Vorfeld können aufgrund der nicht kalkulierbaren Besonderheiten von Baulärm (Art, z.B. Impulshaltigkeit sowie genaue örtliche und zeitliche Zuordnung der Geräusche, nicht jeder Tag gleich laut) naturgemäß keine absolut exakten Ergebnisse, sondern nur Näherungen der zu erwartenden Geräuschbelastungen liefern.

Bei der Durchführung der schalltechnischen Berechnungen werden zunächst die Emissionen der einzelnen Bauphasen in Form von Schallleistungspegeln ermittelt. Hierzu werden die Emissionen jeweils für die in Tabelle 3.1 aufgeführten Baumaschinen ermittelt. Diese wurden auf der Grundlage von den vom Auftraggeber [25] zur Verfügung gestellten Angaben und durch Angaben aus allgemein anerkannten technischen Berichten [13] [14] ermittelt. Ausgehend von diesen Emissionen werden Immissionsberechnungen für die Umgebung der Baustellenbereiche für die gesamte Bauzeit durchgeführt.

Da es sich bei den geplanten Maßnahmen nicht um ortsfeste Arbeitsstätten handelt oder Arbeiten auch gleichzeitig an unterschiedlichen Orten stattfinden können, werden die Emissionen der Bauarbeiten als Ersatzflächen- und Ersatzlinienschallquellen in dem verwendeten Berechnungsprogramm SoundPLAN 9.0 berücksichtigt. Topografische Informationen werden in Form eines digitalen Geländemodells berücksichtigt. Die Gebäude- sowie Geländedaten wurden vom Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt [23]. In den Berechnungen werden bestehende Gebäude im Umfeld als schallabschirmende und schallreflektierende Baukörper berücksichtigt.

Die in dieser schalltechnischen Untersuchung durchgeführte Baulärberechnung unterstellt, dass während den einzelnen schalltechnisch relevanten Bauphasen alle für diese Arbeiten aufgeführten Maschinen (vgl. Kapitel 4.2.3) gleichzeitig innerhalb der berücksichtigten Einsatzzeiten in Betrieb sind. Aufgrund dieser Annahme kommt es in dieser Prognose, im Sinne der Anwohner, eher zu einer rechnerischen Überbewertung der Baulärmimmissionen.

Dabei wird der Schallleistungspegel  $L_{WAT}$  berücksichtigt, der über die Fläche der Baustelle energetisch gemittelt darstellt, welche Beurteilungspegel  $L_r$  an den umliegenden Immissionsorten im Beurteilungszeitraum zu erwarten sind. Zusätzlich wird das maximale, kurzzeitige Schallereignis im Nachtzeitraum, also der Maximalpegel  $L_{r,max}$  nach der AVV Baulärm [4], für den Nachtzeitraum ermittelt und beurteilt. Ein Kriterium für unzulässige oder schädliche Geräuscheinwirkungen aufgrund von Maximalpegeln innerhalb des Tageszeitraums existiert in der AVV Baulärm oder der Rechtsprechung nicht.

Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Einzelpunktberechnungen in den jeweiligen Ergebnistabellen dargestellt. Neben detaillierten Einzelpunktberechnungen werden Isophonenkarten in einer Berechnungshöhe von 12,9 m (durchschnittliche Höhe 5. OG) über dem jeweils vorhandenen Bodenniveau berechnet und in Anlage 3 dargestellt. Die Berechnung der Schallausbreitung in abweichenden Höhen kann vom dargestellten Ergebnis abweichen.

#### Hinweis:

*Die flächenhafte Ausbreitungsrechnung und Darstellung als Isophonen führt zu einem berechnungstechnisch bedingten Reflexionseffekt im Nahbereich von Gebäudefassaden. Aufgrund der Reflexionen des Schalls an den jeweiligen Gebäudefassaden ergibt sich jeweils eine Schalldruckpegelerhöhung vor den Gebäudefassaden, welche innerhalb der Isophonendarstellung dazu führt, dass es teilweise den Anschein hat, als würden Häuser Schall anziehen. Dies kann bei der Interpretation der Ergebnisse in den Isophonendarstellungen zu bis zu 3 dB höheren Ergebnissen an den jeweiligen Gebäuden führen. Da die Baulärmimmissionen 0,5 m vor dem geöffneten Fenster einer schutzbedürftigen Nutzung zu ermitteln sind, tritt die Reflexion an der eigenen Fassade aufgrund des geöffneten Fensters in Sinne der Beurteilung nach AVV Baulärm nicht auf. Bei einer Berechnung der Beurteilungspegel mit Immissionsorten an Gebäudefassaden wird dieser Reflexionseffekt von der Fassade, an*

*dem sich der Immissionsort befindet rechnerisch korrigiert, die Reflexion anderer Fassaden und Gebäude werden mit berücksichtigt.*

#### **4.2.2 Vorgehensweisen zur Berechnung der Vorbelastung**

Wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben, kann die Vorbelastung durch den Schienenverkehr relativierend zur Beurteilung des Baulärms hinzugezogen werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden Ist-Zugzahlen aus dem Jahr 2022 von der Zugzahlendatenbank I.NBB 311 der Deutschen Bahn AG der Strecken 4860 und 4870 zur Verfügung gestellt [25]. Da entsprechend keine nach Schall 03 aufgeteilten Zugkategorien vorliegen, sind für den Schienenpersonennahverkehr, -fernverkehr und Güterverkehr Züge aus Vergleichsprojekten eingesetzt worden.

Die Immissionsberechnungen wurden entsprechend den Vorgaben der Schall 03 [11] für alle Immissionsorte durchgeführt. Durch den kürzeren und in der Regel weniger frequentierten Beurteilungszeitraum der Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr) kommt es bei der Berechnung gemäß Schall 03 im Sinne der Anwohner eher zu geringeren Beurteilungspegeln, als bei einer Betrachtung des Verkehrslärms gemäß AVV Baulärm für den Nachtzeitraum zwischen 20:00 und 07:00 Uhr. Die Berechnung der Vorbelastung dient dabei als Orientierungswert für die vorherrschende Lärmsituation und ist nicht als vollwertige schalltechnische Untersuchung zum Schienenverkehrslärm zu betrachten.

Die Verkehrslärmvorbelastung für die jeweiligen Immissionsorte ist den Einzelpunktberechnungen in Anlage 2 zu entnehmen. Die Emissionen sind in Anlage 4 dargestellt.

#### **4.2.3 Emissionen der Baumaschinen und Geräte**

Für die einzelnen zur Umsetzung der Baumaßnahmen erforderlichen Bauphasen werden nachfolgend jeweils die einzelnen Schallleistungspegel der Baumaschinen, sowie die energetisch addierte und kaufmännisch gerundete Summe der Schallleistungspegel aufgeführt.

Die Bauarbeiten sind im Tageszeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr sowie im Zeitraum von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr geplant. Wie in Tabelle 4.2 dargestellt, wird für die Baumaßnahmen im Tageszeitraum von bis zu 2,5 Stunden ein Zeitkorrekturwert von 10 dB und von bis zu 8 Stunden ein Korrekturwert von 5 dB vergeben. Analog gilt ein Zeitkorrekturwert für Arbeiten im Nachtzeitraum von bis zu 2 Stunden und 6 Stunden.

In allen berücksichtigten Situationen werden allgemein während des Baubetriebs auftretende Geräusche wie z.B. vereinzelt Lkw Bewegungen, Rufen, Hämmern und Sägen in Form eines Schallleistungspegels  $L_{WA} = 100 \text{ dB(A)}$  für allgemeinen Baustellenlärm berücksichtigt.



### Bauphase 1 - Vorlaufschichten

Tabelle 4.3: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 1

Baumaschine / Bautätigkeit	L <sub>WAT</sub> [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L <sub>WAr</sub> je Quelle [dB(A)]	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	11	-	-	100	100
Zweiwegelbagger	108	8	6	5	5	103	103
Vibrationsramme	120	8	6	5	5	115	115
Betontransportmischer	103	8	6	5	5	98	98
Flaschenrüttler	116	8	6	5	5	111	111
<b>Beurteilungsschallleistungspegel L<sub>WAr</sub> gesamt:</b>						<b>117</b>	<b>117</b>
<b>Maximalpegel nachts L<sub>WAN,max</sub>:</b>						-	<b>128*</b>

\*Der Maximalpegel wurde für den Einsatz einer Vibrationsramme gemäß [13],[14] mit einem Schallleistungspegel von L<sub>WA,max</sub> = 128 dB(A) berücksichtigt.

### Bauphase 2 - Hauptumbauphase

Tabelle 4.4: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 2

Baumaschine / Bautätigkeit	L <sub>WAT</sub> [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L <sub>WAr</sub> je Quelle [dB(A)]	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	11	-	-	100	100
Zweiwegelbagger	108	13	11	-	-	108	108
Schientrennschleifmaschine	114	13	11	-	-	114	114
Schienenbohrmaschine	98	13	11	-	-	89	89
Universalstopfmaschine	118	2,5	2	10	10	108	108
<b>Beurteilungsschallleistungspegel L<sub>WAr</sub> gesamt:</b>						<b>116</b>	<b>116</b>
<b>Maximalpegel nachts L<sub>WAN,max</sub>:</b>						-	<b>128*</b>

\*Der Maximalpegel wurde aufgrund fehlender Angaben für den Einsatz einer Universalstopfmaschine aus dem Schallleistungspegel zzgl. 10 dB mit L<sub>WA,max</sub> = 128 dB(A) berücksichtigt.

### Bauphase 3 - Nachlaufschichten

Tabelle 4.5: Berücksichtigte Schallleistungspegel für Bauphase 3

Baumaschine / Bautätigkeit	L <sub>WAT</sub> [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L <sub>WAr</sub> je Quelle [dB(A)]	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	11	-	-	100	100
Turmkrane	100	13	6	-	5	100	95
Bahnwagen	105	13	6	-	5	105	100

Baumaschine / Bautätigkeit	L <sub>WAT</sub> [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L <sub>WA</sub> je Quelle [dB(A)]	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Arbeitszug	105	13	6	-	5	105	100
<b>Beurteilungsschallleistungspegel L<sub>WA</sub> gesamt:</b>						<b>109</b>	<b>105</b>
<b>Maximalpegel nachts L<sub>WAN,max</sub>:</b>						-	<b>115*</b>

\*Der Maximalpegel wurde aufgrund fehlender Angaben für den Einsatz eines Arbeitszugs aus dem Schallleistungspegel zzgl. 10 dB mit L<sub>WA,max</sub> = 115 dB(A) berücksichtigt.

### 4.3 Ergebnisse und Beurteilung der Immissionsberechnung

Die Lage der Immissionsorte und der Schallquellen ist in Anlage 1 dargestellt. Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind Anlage 2 zu entnehmen. Eine grafische Darstellung der Ausbreitung des Beurteilungspegels kann Anlage 3 entnommen werden.

#### Bauphase 1 - Vorlaufschichten (Dauer: 11 Tage und 33 Nächte)

Für Bauphase 1 ergeben sich gemäß Anlage 2.1 im Tages- und Nachtzeitraum Beurteilungspegel von bis zu L<sub>r</sub> = 68 dB(A) am Immissionsort 09 (Wolfgang-Brumme-Allee 35). Damit werden die Immissionsrichtwerte eines Gewerbegebiets um bis zu 3 dB bzw. 18 dB überschritten. An der Wolfgang-Brumme-Allee (Immissionsort 10, Kaserne) kommt es zu Beurteilungspegeln von bis zu 64 dB(A), wodurch die Immissionsrichtwerte eines Mischgebietes (MI) um bis zu 4 dB bzw. 19 dB überschritten werden. Im allgemeinen Wohngebiet (WA) werden Beurteilungspegel von bis zu 50 dB(A) erwartet, wodurch sich Überschreitungen von bis zu 10 dB nachts am Immissionsort 18 (Vaihinger Straße 15) ergeben.

Insgesamt sind im Tageszeitraum 4 und im Nachtzeitraum 12 der 20 betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen, wobei sich im Tageszeitraum am Immissionsort 07 und im Nachtzeitraum an den Immissionsorten 14 und 17 lediglich eine geringfügige Überschreitung von bis zu 1 dB ergibt.

Die Zumutbarkeitsschwelle von 60 dB(A) [12] im Nachtzeitraum wird an den Immissionsorten 07, 09, 10 und 12 um bis zu 9 dB überschritten. Im Tageszeitraum wird die Zumutbarkeitsschwelle von 70 dB(A) an allen betrachteten Immissionsorten eingehalten.

An den Immissionsorten 04, 17 und 19 wird der Immissionsrichtwert eines Mischgebietes im Nachtzeitraum eingehalten und da Mischgebieten regelmäßig gewohnt wird, kann noch von gesunden Wohnverhältnissen ausgegangen werden.

Die Vorbelastung aus dem Schienenverkehr liegt an den Immissionsorten 04, 05, 06, 18 und 19 mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen, sodass die Baulärmimmissionen rechnerisch überdeckt werden. Folglich kommt es an allen anderen von Überschreitungen betroffenen Immissionsorten im Tages- und Nachtzeitraum zu einer Erhöhung der Lärmsituation.

Es ergibt sich ein Maximalpegel von bis zu 87 dB(A) am Immissionsort 12, wodurch der zulässige Maximalpegel von 65 dB um bis zu 22 dB überschritten wird. Insgesamt wird der zulässige Maximalpegel an 8 Immissionsorten überschritten.

Wie sich Anlage 3.1 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. So ergeben sich unter anderem nachts im allgemeinen Wohngebiet an der Wilhelmstraße oder der Vaihinger Straße in einem Abstand von ca. 560 m Überschreitungen der Immissionsrichtwerte. Im Tageszeitraum werden Überschreitungen noch in einer Entfernung von bis zu 160 m im Mischgebiet erwartet.

#### Bauphase 2 - Hauptumbauphase (7 Tage und 7 Nächte)

Für Bauphase 2 ergeben sich gemäß Anlage 2.2 im Tages- und Nachtzeitraum Beurteilungspegel von bis zu  $L_r = 69$  dB(A) an der Wolfgang-Brumme-Allee 35 (Immissionsort 09). Damit wird der Immissionsrichtwert eines Gewerbegebietes (GE) im Tageszeitraum um bis zu 4 dB und im Nachtzeitraum um bis zu 19 dB überschritten.

Im Mischgebietes (MI) werden am Immissionsort 10 (Wolfgang-Brumme-Allee, Kaserne) Beurteilungspegel von bis zu 64 dB(A) erwartet, wodurch die Immissionsrichtwerte tags um bis zu 4 dB und nachts um bis zu 19 dB überschritten werden. An allen weiteren Immissionsorten werden die Immissionsrichtwerte im Tageszeitraum eingehalten. Im allgemeinen Wohngebiet (WA) kommt es an den Immissionsorten 05 und 18 (Talstraße 37 und Vaihinger Straße 15) im Nachtzeitraum zu Überschreitungen von bis zu 8 dB, bei Beurteilungspegeln von bis zu 48 dB(A).

Insgesamt sind im Tageszeitraum 2 der 20 und im Nachtzeitraum 11 der 20 betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen, wobei sich am Immissionsort 17 lediglich eine geringfügige Überschreitung von bis zu 1 dB ergibt.

Die Zumutbarkeitsschwelle von 60 dB(A) [12] im Nachtzeitraum wird an den Immissionsorten 07, 09 und 10 um bis zu 9 dB überschritten. Im Tageszeitraum wird die Zumutbarkeitsschwelle von 70 dB(A) an allen betrachteten Immissionsorten eingehalten.

An den Immissionsorten 06 und 19 wird der Immissionsrichtwert eines Mischgebietes im Nachtzeitraum eingehalten und da Mischgebieten regelmäßig gewohnt wird, kann noch von gesunden Wohnverhältnissen ausgegangen werden.

Die Vorbelastung aus dem Schienenverkehr liegt an den Immissionsorten 05, 06, 12, 18 und 19 im Nachtzeitraum mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen, sodass die Baulärmimmissionen rechnerisch überdeckt werden. Folglich kommt es an allen anderen von Überschreitungen betroffenen Immissionsorten im Tages- und Nachtzeitraum zu einer Erhöhung der Lärmsituation.

Es ergibt sich ein Maximalpegel von bis zu 84 dB(A) am Immissionsort 10, wodurch der zulässige Maximalpegel von bis zu 65 dB um bis zu 19 dB überschritten wird. Insgesamt wird der zulässige Maximalpegel an 7 Immissionsorten überschritten.

Wie sich Anlage 3.2 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. So ergeben sich unter anderem nachts im allgemeinen Wohngebiet an der Talstraße oder der Vaihinger Straße in einem Abstand von ca. 600 m Überschreitungen der Immissionsrichtwerte. Im Tageszeitraum werden Überschreitungen noch in einer Entfernung von bis zu 160 m im Mischgebiet erwartet.

#### Bauphase 3 - Nachlaufschichten (3 Tage und 7 Nächte)

Für Bauphase 3 ergeben sich gemäß Anlage 2.3 im Tageszeitraum Beurteilungspegel von bis zu  $L_{r,T} = 61$  dB(A) bzw. im Nachtzeitraum von bis zu 57 dB(A) an der Wolfgang-Brumme-Allee 35 (Immissionsort 09). Damit werden die Immissionsrichtwerte an allen betrachteten Immissionsorten im Tageszeitraum eingehalten und die eines Gewerbegebietes (GE) im Nachtzeitraum um bis zu 7 dB überschritten.

An der Kaserne (Immissionsort 10) werden Beurteilungspegel von bis zu 53 dB(A) nachts erwartet, wodurch sich im Mischgebiet (MI) Überschreitungen von bis zu 8 dB ergeben. Im allgemeinen Wohngebiet (WA) kommt es am Immissionsort 18 (Vaihinger Straße 15) im Nachtzeitraum zu geringfügigen Überschreitungen von bis zu 1 dB, bei Beurteilungspegeln von bis zu 41 dB(A).

Insgesamt sind im Nachtzeitraum 5 der 20 betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen. Die Zumutbarkeitsschwelle von 70 dB(A) im Tageszeitraum bzw. 60 dB(A) im Nachtzeitraum wird an allen Immissionsorten eingehalten.

Die Vorbelastung aus dem Schienenverkehr liegt im Nachtzeitraum an den Immissionsorten 07, 09, 10, 12 und 18 mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen, sodass die Baulärmimmissionen rechnerisch überdeckt werden. Folglich kommt es an keinen von Überschreitungen betroffenen Immissionsorten im Nachtzeitraum zu einer Erhöhung der Lärmsituation.

Es ergibt sich ein Maximalpegel von bis zu 70 dB(A) an den Immissionsorten 10 und 12, wodurch der zulässige Maximalpegel von bis zu 65 dB um bis zu 5 dB überschritten wird. Insgesamt wird der zulässige Maximalpegel an 2 Immissionsorten überschritten.

Wie sich Anlage 3.3 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. So ergeben sich unter anderem nachts im allgemeinen Wohngebiet an der Vaihinger Straße in einem Abstand von ca. 350 m Überschreitungen der Immissionsrichtwerte. Im Tageszeitraum werden Überschreitungen noch in einer Entfernung von bis zu 50 m im Mischgebiet erwartet.

#### **4.4 Beurteilung der Ergebnisse**

Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 69 dB(A) ergeben sich während der Arbeiten im Tages- und Nachtzeitraum in Bauphase 2 bzw. in Bauphase 1. Dadurch werden die Immissionsrichtwerte im Tageszeitraum um bis zu 4 dB im Mischgebiet (MI) und im Gewerbegebiet (GE) überschritten. Im Nachtzeitraum werden Überschreitungen der Immissionsrichtwerte von bis zu 19 dB im Mischgebiet bzw. im Gewerbegebiet erwartet. Im allgemeinen Wohngebiet (WA) kommt es im Nachtzeitraum zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte von bis zu 10 dB bei Beurteilungspegeln von bis zu 50 dB(A).

Insgesamt sind im Tageszeitraum an 2 bis 4 der 20 betrachteten Immissionsorte während der Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. Im Nachtzeitraum sind während der Arbeiten in den Bauphasen 1 bis 3 insgesamt 5 bis 12 der 20 betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen.

Die Zumutbarkeitsschwelle [12] von 70 dB(A) im Tageszeitraum wird an allen betrachteten Immissionsorten eingehalten. Die äquivalent geltende Schwelle von 60 dB(A) im Nachtzeitraum wird während der Bauphasen 1 und 2 an 3 bis 4 Immissionsorten um bis zu 9 dB überschritten. An den betroffenen Immissionsorten wird damit voraussichtlich ein Innenraumpegel von 30 dB(A) nachts bei geschlossenen standard-isolierten Fenstern nicht eingehalten.

Während der Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 wird im Nachtzeitraum jeweils an zwei Immissionsorten der Immissionsrichtwert eines Mischgebietes eingehalten und da in Mischgebieten regelmäßig gewohnt wird, kann noch von gesunden Wohnverhältnissen ausgegangen werden.

Die Arbeiten in Bauphase 1 beinhalten teilweise Betonarbeiten, an die anschließend eine zeitliche Phase zur Aushärtung des Betons folgt, sodass vermutlich nicht an jedem Tag bzw. in jeder Nacht mit den dargestellten Schallimmissionen zu rechnen ist. Zudem wird die Vibrationsramme wahrscheinlich nicht an jedem Tag bzw. in jeder Nacht der Bauphase 1 eingesetzt. Ohne den Einsatz der Vibrationsramme reduzieren sich die Schallemissionen um bis zu 5 dB, wodurch sich ebenfalls die Schallimmissionen um bis zu 5 dB reduzieren. An allen Immissionsorten im Tageszeitraum und an den Immissionsorten 04, 06, 14, 17 und 19 Nachtzeitraum werden somit die Immissionsrichtwerte eingehalten bzw. geringfügig um bis

zu 1 dB überschritten. Folglich kommt es an 7 Immissionsorten zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum.

In Bauphase 2 werden unter anderem eine Schienentrennschleifmaschine und eine Universalstopfmaschine eingesetzt. Da diese beiden Maschinen vermutlich nicht dauerhaft eingesetzt werden, reduzieren sich die Schallemissionen um bis zu 7 dB, wodurch ebenfalls die Schallimmissionen um bis zu 7 dB reduziert würden. An den Immissionsorten 02, 05, 06, 14 und 17 bis 19 werden somit die Immissionsrichtwerte eingehalten bzw. geringfügig um bis zu 1 dB überschritten. Folglich kommt es an 4 Immissionsorten zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum.

Während der nächtlichen Arbeiten in Bauphase 3 liegen die Schallimmissionen der vorherrschenden Vorbelastung aus dem Verkehrslärm mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen, sodass es an keinem der betrachteten Immissionsorte zu einer Erhöhung der Schallsituation kommt. Während der nächtlichen Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 liegen die Schallimmissionen der vorherrschenden Vorbelastung aus dem Verkehrslärm an jeweils 4 bis 5 Immissionsorten mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen.

Wie sich Anlage 3 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. So ergeben sich unter anderem nachts im allgemeinen Wohngebiet an der Talstraße oder der Vaihinger Straße in einem Abstand von ca. 600 m Überschreitungen der Immissionsrichtwerte. Im Tageszeitraum werden Überschreitungen noch in einer Entfernung von bis zu 160 m im Mischgebiet erwartet.

Aufgrund der Überschreitungen der Immissionsrichtwerte werden nachfolgend Lärmschutzmaßnahmen untersucht, um die zu erwartenden Immissionen für die Anwohner auf ein erreichbares Mindestmaß zu beschränken.

#### **4.5 Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen für die vorliegende Bau- maßnahme**

Gemäß der aktuellen Rechtsprechung [19] sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche bereits dann angeordnet werden, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden. Ziel sollte es sein, dass die Immissionsrichtwerte eingehalten werden. Wie bereits beschrieben, liegen die Beurteilungspegel für die untersuchten Bauphasen teilweise oberhalb der Immissionsrichtwerte, weshalb nachfolgendes Lärmschutzkonzept aufgestellt wird:

##### **Information der Anwohner:**

Da bei Bauarbeiten an Bahnanlagen, wie im aktuellen Fall, die Möglichkeiten der Lärmmin-  
derung begrenzt sind, sind die Anwohner früh genug und detailliert über das Bauvorhaben zu informieren. Punkte, die in einer Anwohnerinformation zu erwähnen sind, wären z.B. die

durchzuführenden Bauverfahren, die Dauer der einzelnen Bauphasen und die zu erwartenden Lärmeinwirkungen durch den Baubetrieb. Für den Fall, dass sich Anwohner vom verursachten Lärm stark gestört fühlen beziehungsweise sich auch bei sämtlichen anderen Problemen im Zusammenhang mit dem Thema Lärm mitteilen können, ist in der Information an die Anwohner auch ein Ansprechpartner zu benennen.

#### **Aktive Lärmschutzmaßnahmen:**

Der Einsatz einer temporären, mobilen Lärmschutzwand (LSW) kann eine wirkungsvolle Lärmschutzmaßnahme darstellen. Es ist abzuwägen, ob eine Lärmschutzwand zu einem verhältnismäßigen Lärmschutz der betroffenen Anwohner führen würde.

Bei der vorliegenden Maßnahme handelt es sich um Arbeiten zum Neubau von Weichenverbindungen, die für einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum geplant sind. Die längste Bauphase von 33 Nächten beinhaltet vermutlich aufgrund von Aushärtephasen des Betons zeitliche Abschnitte ohne den Einsatz von lärmintensiven Maschinen. Die Arbeiten in den Bauphasen 2 und 3 finden ebenfalls an sehr kurzen Zeiträumen statt, sodass der Aufwand zum Aufstellen einer mobilen LSW vermutlich nicht im Verhältnis zum schallreduzierenden Nutzen steht. Des Weiteren befindet sich in der direkten Umgebung überwiegend Gewerbetreibende, bei denen angenommen wird, dass dort überwiegend keine Nachnutzung vorliegt und sich keine Schlafräume befinden.

Die höchsten Schallimmissionen werden unter anderem an der Kaserne nördlich der Baumaßnahmen erwartet. Es wird angenommen, dass sich dort Personen im Nachtzeitraum aufhalten, jedoch müsste die LSW parallel zu den Arbeiten auf die Schienen gestellt werden, um die Schallimmissionen durch eine LSW effizient zu reduzieren. Da der Zugbetrieb an nur wenigen Tagen und Nächten unterbrochen wird, müsste die LSW zwischen den Bauphasen auf- und wieder abgebaut werden, was zu weiterem zeitlichen und finanziellen Aufwand führen würde.

Aus den genannten Gründen stellt eine mobile Lärmschutzwand aus gutachterlicher Sicht keine geeignete Maßnahme zur Minderung der Baulärmimmissionen dar.

#### **Organisatorische und planerische Lärmschutzmaßnahmen:**

Nicht benötigte Baumaschinen sind auszuschalten und falls möglich Maschinen und Aggregate in größtmöglicher Entfernung zu den Immissionsorten zu positionieren. Bezüglich der auf den Baustellen eingesetzten Baumaschinen und Geräte ist bei der Auswahl zu beachten, dass diese den Vorgaben der EG-Richtlinie 2000/14/EG „Outdoorrichtlinie“ in Verbindung mit der 32. BImSchV entsprechen (Stand der Technik).

Weiterhin ist zur Minderung von allgemeinen Baustellengeräuschen eine Sensibilisierung des Baustellenpersonals für das Thema Lärm durchzuführen. Dies kann verhaltensbedingte Geräuschpegel, die durch beispielsweise unnötig festes Hammerschlagen oder das Werfen

von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken.

Eine weitere mögliche Lärmschutzmaßnahme wäre die Reduzierung der täglichen Netto-Betriebszeiten der Baugeräte. Da zum jetzigen Zeitpunkt nicht gesagt werden kann, welche Betriebszeit der einzelnen Maschinen tatsächlich benötigt wird, wurde eine „Worst Case“ Betrachtung durchgeführt, für die teilweise Betriebsstunden von 13 h tags und 11 h nachts berücksichtigt wurden.

Während der Arbeiten in Bauphase 2 würden sich die Schallemissionen um bis zu 4 dB reduzieren, wenn die Netto-Betriebszeiten der Baugeräte auf maximal 8 h tags bzw. 6 h nachts begrenzt würden. Dadurch würden sich auch die Schallimmissionen um bis zu 4 dB reduzieren. An den Immissionsorten 06, 14, 17 und 19 würden dadurch die Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum eingehalten bzw. geringfügig um bis zu 1 dB überschritten. Im Tageszeitraum würden die Immissionsrichtwerte am Immissionsort 09 eingehalten.

Während Bauphase 3 würden durch eine Reduzierung der Netto-Betriebszeiten der Baugeräte im Tageszeitraum die gleichen Schallimmissionen wie im Nachtzeitraum vorliegen, da im Nachtzeitraum Netto-Betriebszeiten der Baugeräte von maximal 6 h berücksichtigt wurden.

Für die Arbeiten in Bauphase 1 wurden bereits Netto-Betriebszeiten von 6 h angenommen. Eine weitere Reduzierung der Baugeräte würde die Baumaßnahme signifikant verlängern, was möglicherweise nicht im Sinne des Auftraggebers und der Anwohner wäre. Des Weiteren sind die Arbeiten an Sperrpausen gebunden, sodass eine Reduzierung der nächtlichen Bauzeiten vermutlich nicht möglich ist.

Da der Einsatz einer Lärmschutzwand als Lärminderungsmaßnahme nicht geeignet ist und eine Reduzierung der Betriebszeiten der Baugeräte nur bedingt zur Reduzierung der Baulärmimmissionen führt, sind die Anwohner, die Lärmimmissionen oberhalb von 60 dB(A) im Nachtzeitraum ausgesetzt sind, beispielsweise durch das Angebot eines Ersatzwohnraumes zu entschädigen. Die betroffenen Gebäude sind in der nachfolgenden Tabelle 4.6 zusammengefasst.

Tabelle 4.6: Von Lärmimmissionen >60 dB(A) nachts betroffene Gebäude während der Bauarbeiten

Bauphase	Nachtzeitraum (>60 dB(A))
1 und 2	Kaserne auf der Wolfgang-Brumme-Allee (IO 10) Talstraße 2, 4 und 6 Konrad-Zuse-Straße 3 und 5 (Hotels) Charles-Lindbergh-Platz 1 (Hotel)



## 5 Erschütterungen

### 5.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmissionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle  $v(t)$  in mm/s (das Schnellesignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [9] wird zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden als Beurteilungsgröße das frequenz- und zeitbewertete Erschütterungssignal, gemessen in Raummitte der am stärksten betroffenen Geschossdecke, herangezogen. Die Frequenzbewertung erfolgt dabei nach DIN 45669, Teil 1 [6] in Form der sogenannten "KB-Bewertung".

Das Ergebnis der Bewertung ist der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals nach folgender Gleichung:

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

Als Zeitbewertung wird der gleitende Effektivwert mit einer Zeitkonstanten von  $\tau = 0,125$  s gebildet.

Zur Konkretisierung der verwendeten Zeitkonstante wird, entsprechend der Norm, die bewertete Schwingstärke  $KB_F(t)$  genannt. Die während der Beurteilungszeit erfasste höchste bewertete Schwingstärke wird als Maximalwert  $KB_{Fmax}$  bezeichnet.

Die Messzeit wird in Takte von je 30 s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_F(t)$  zugeordnet. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten  $KB_{FTi}$  wird der Taktmaximal-Effektivwert  $KB_{FTm}$  nach nachfolgender Gleichung berechnet:

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

Bei Anwendung dieser Gleichung sind alle Werte  $KB_{FTi} \leq 0,1$  zu Null zu setzen, jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein und beeinflussen somit den Effektivwert.

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen werden zwei Beurteilungsgrößen herangezogen. Dies sind zum einen die maximal bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  sowie, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTm}$ .

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [9] mit folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

$T_r$  = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)  
 $T_{e,j}$  = Teileinwirkungszeiten  
 $KB_{FTm,j}$  = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten  $T_{e,j}$  repräsentativ sind

### 5.1.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen  $KB_{Fmax}$  und  $KB_{FTr}$  werden mit denen in der DIN 4150, Teil 2, angegebenen Anhaltswerten für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen verglichen.

Im Falle von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen im Tageszeitraum (außer Sprengungen) gelten höhere Anhaltswerte als bei einer Beurteilung von gewerblich oder verkehrlich induzierten Erschütterungen gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2. Die für Baumaßnahmen anzuwendenden Anhaltswerte liegen dabei deutlich über den ansonsten anzuwendenden Beurteilungswerten.

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen sind nur die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen zu bewerten. Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die strengeren Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2.

Mit Ausnahme des oberen Anhaltswertes für Gewerbe- und Industriegebiete wird bei den Anhaltswerten für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen nicht weiter nach Gebietseinstufungen unterschieden. Für besonders schützenswerte Gebäude wie z. B. Krankenhäuser sind die folgenden Anhaltswerte nicht anwendbar.

Es erfolgt jedoch eine dreistufige Differenzierung nach Dauer der Baumaßnahme, Grad der Information der Anwohner über den Verlauf und die Dauer der notwendigen Arbeiten und durchgeführter Minderungsmaßnahmen.

Bei einer guten Anwohnerinformation kann von einer höheren Akzeptanz der Baumaßnahme ausgegangen werden. Daher sind in solchen Fällen höhere Erschütterungsimmissionen zulässig (Stufe II) als bei Baumaßnahmen ohne eine Information der Anwohner (Stufe I). Bei

Überschreitung der Anhaltswerte der Stufe III liegen unzumutbare Erschütterungseinwirkungen vor. In einem solchen Fall ist die Vereinbarung besonderer Maßnahmen erforderlich, die über die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen hinausgehen.

Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

- a) Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;
- c) Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen.

Tabelle 5.1: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen zum Tageszeitraum

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A <sub>o</sub> = 6.									

Hierbei sind je nach Dauer der Baumaßnahme und Grad der Anwohnerinformation drei unterschiedliche Anhaltswerte A<sub>u</sub>, A<sub>o</sub> und A<sub>r</sub> angegeben. Für Einwirkzeiträume zwischen 1 bis 6 Tagen sind die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 zu interpolieren.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 ist die Anzahl von (Werk-)Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungen, welche

unter den jeweiligen Anhaltswerten für  $A_u$  und  $A_r$  gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 liegen, nicht mitzuzählen [9].

Für den Nachtzeitraum oder bei einer Einwirkdauer ab 79 erschütterungsintensiven Tagen sind jeweils die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nach Tabelle 1 (hier Tabelle 5.2) heranzuziehen.

Tabelle 5.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsgrad		$A_u$		$A_o$		$A_r$	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	Zeile 2 $\Delta$ GE	0,3	0,2	6	0,4	0,15	0,1
	Zeile 3 $\Delta$ MI/MK	0,2	0,15	5	0,3	0,1	0,07
	Zeile 4 $\Delta$ WR/WA	0,15	0,1	3	0,2	0,07	0,05

Ist der ermittelte  $KB_{Fmax}$ -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert  $A_u$ , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt. Ist der ermittelte  $KB_{Fmax}$ -Wert größer als der "obere" Anhaltswert  $A_o$ , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von  $A_o \geq KB_{Fmax} \geq A_u$  ist die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  zu ermitteln und mit dem Anhaltswert  $A_r$  zu vergleichen. Ist  $KB_{FTr}$  kleiner bzw. gleich dem Anhaltswert  $A_r$ , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

$KB$ -Werte  $\leq 0,1$  gehen gemäß Norm nicht in die Beurteilung mit ein. Ein solcher Wert kann als Maß für die Fühlschwelle herangezogen werden, wobei die Tatsache, ob eine Erschütterung gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt.

Im Fall der hier zu untersuchenden Baumaßnahme ist geplant, die Anwohner schriftlich zu informieren. Somit sind die während der Bautätigkeiten auftretenden Erschütterungsimmissionen nach den Spalten 1 bis 9 für die Stufe II gemäß Tabelle 5.1 je nach Dauer der Baumaßnahme zu beurteilen.

Zur Information und Einordnung der Anhaltswerte ist nachfolgend eine grobe Korrelation zwischen  $KB$ -Werten und dem subjektiven Empfinden aufgeführt.

Tabelle 5.3: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [15]

Bewertete Schwingstärke KB	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 – 0,4	gerade spürbar
0,4 – 1,6	gut spürbar
1,6 – 6,3	stark spürbar
> 6,3	sehr stark spürbar

### 5.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden während der Bauarbeiten sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [10] heranzuziehen. Den Anhaltswert definiert die Norm als Wert, bei dessen Einhaltung aus Erfahrung kein Schaden eintritt. Bei Überschreitung der Anhaltswerte folgen daraus jedoch nicht automatisch Schäden. Als Schaden wird eine bleibende Folge einer Einwirkung definiert, die eine Verminderung des Gebrauchswertes des betroffenen Bauwerks oder Bauteils im Hinblick auf die Nutzung mit sich bringt.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150-3 ist z. B.:

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

Bei Gebäuden nach Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [10], jeweils Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.:

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse im Gebäude vergrößert werden;
- Trenn- oder Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Werden Gebäude nach den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [10], jeweils Zeile 1 beurteilt, stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [10], jeweils Zeile 3 wird die Eigenschaft eines Bauwerkes verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen können.

Als kurzzeitige Erschütterungen gelten Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge und

Dauer nicht geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen. Als Dauererschütterungen gelten alle Erschütterungen, auf die die Definition kurzzeitige Erschütterungen nicht zutrifft.

Als oberste Deckenebene ist die Deckenebene definiert, die auf tragenden Wänden aufliegt und in der Regel eine aussteifende Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen übernimmt.

In der nachfolgenden Tabelle 5.4 sind die in der Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [10] angegebenen Anhaltswerte zusammengefasst dargestellt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [10], jeweils Zeile 1 können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 5.4: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [10] für kurzzeitige und Dauererschütterungen

Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen und Dauererschütterungen auf Gebäude								
Zeile / Spalte	Gebäudeart	Kurzzeitige Erschütterungen			Dauererschütterungen			
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken vertikal, $i = z$	Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken vertikal, $i = z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz <sup>a</sup>	alle Frequenzen		alle Frequenzen	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15	20	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen <b>und</b> besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 – 8	8 – 10	8	20 <sup>b</sup>	2,5	10 <sup>b</sup>
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 und 7 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden								

<sup>a)</sup> Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

<sup>b)</sup> Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

Beim Ein- und Ausschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen sind Überschreitungen der Anhaltswerte für Dauererschütterungen zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind. Zur Beurteilung dieser Spitzenwerte können die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen für Decken vertikal und die oberste Deckenebene herangezogen werden.

### **Beurteilung von massiven Bauteilen und unterirdischen Bauwerken**

Für Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise (z. B. Stahlbetonbauteile für Widerlager, Blockfundamente) gilt als Anhaltswert 80 mm/s, sofern keine Gefahren aus bodenmechanischen Vorgängen (Setzungen) entstehen können. Für die Beurteilung von Auskleidungen von Tunneln, Stollen und Kavernen im Festgestein sind die Anhaltswerte in Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 3 oder in Tabelle 5.5 dieses Berichtes angegeben. Voraussetzung für die Anwendung dieser Anhaltswerte ist ein Zustand der Auskleidung entsprechend dem Stand der Technik, andernfalls sind die Anhaltswerte abzumindern.

Tabelle 5.5: Anhaltswerte für  $v_{i,max}$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen

Zeile	Baustoffe der Auskleidung	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ [mm/s] rechtwinklig zur Auskleidungsfläche
1	Stahl- und Spritzbeton, Tübbing	80
2	Beton, Naturstein Mauerwerk	60
3	Mauerwerk	40

ANMERKUNG: Die genannten Anhaltswerte wurden bei Sprengungen im Nahbereich ermittelt und gelten für die Auskleidung unterirdischer Bauwerke. Sie gelten jedoch nicht für deren Einbauten.

### **Bodensackungen**

Durch die mechanischen Vorgänge hervorgerufen durch Baumaschinen, kann es auch zu Effekten im Boden selbst kommen.

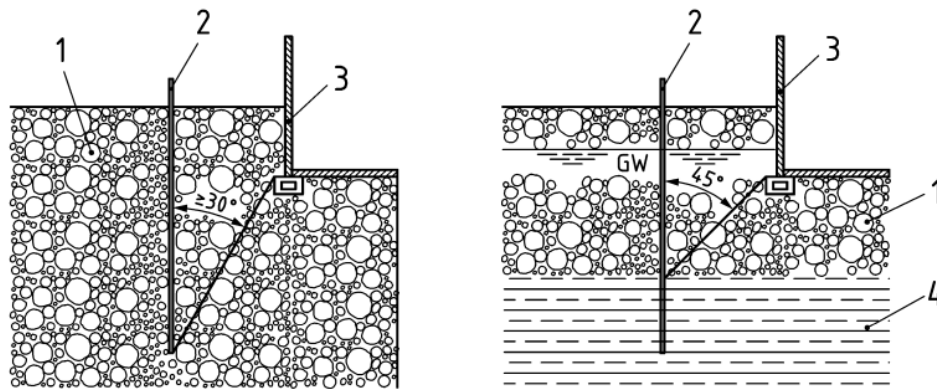
Eine Bauwerksschädigung durch Erschütterung kann auch indirekt (als Setzungsschaden) erfolgen, wenn durch die Erschütterung eine Veränderung der Struktur des Gründungsbodens erfolgt. In der DIN 4150-3 wird darauf hingewiesen, dass in besonderen Fällen auch diese indirekten Folgen zu beachten sind. Empfindlich bezüglich derartiger Effekte sind vor allem locker gelagerte Sande unter Grundwasser und Schluffe. Anzumerken ist aber, dass außer ungünstigen Baugrundbedingungen auch eine erhebliche Erschütterungsintensität erforderlich ist, um Bodensackungen bzw. Setzungen zu verursachen, weshalb solche Effekte allenfalls im Nahbereich um z. B. eine Vibrationsramme zu erwarten sind. Auf dieser Grundlage wird im Anhang C der DIN 4150, Teil 3 ein Mindestabstand einer durch Vibrationsrammung einzubringenden Spundwand gemäß Abbildung 5.1 empfohlen.

Bodensackungen können durch eine vibrationsbedingte Reduktion der Scherfestigkeit und dadurch verursachte Kornumlagerungen auftreten. Als diesbezüglich maßgeblicher Parame-

ter wird in der Regel die resultierende Bodenbeschleunigung angesehen. Als Grenzwert für lockere und mitteldichte nichtbindige Böden, bei dessen Überschreitung Kornumlagerungen nicht mehr ausgeschlossen werden können, wird in der Literatur [16] ein Drittel der Erdbeschleunigung  $g$  vorgeschlagen:

$$a_R^{Boden} \leq \frac{1}{3} g \approx 3.300 \text{ mm/s}^2$$

Anzumerken ist aber, dass sich ein erheblicher Verdichtungseffekt erst bei Beschleunigungen ergibt, die den Wert der Erdbeschleunigung  $g$  deutlich übersteigen. Die zu erwartende Verdichtung infolge des o. g. Beschleunigungsgrenzwertes ist sehr gering.



#### Legende

- 1 Sand, Kies
- 2 Spundwand
- 3 Gebäude
- 4 Ton, Schluff

GW – Grundwasserspiegel

Abbildung 5.1: Schematische Darstellung der Abstände zwischen Spundwand und Gebäude der DIN 4150, Teil 3 Anhang C, Bild C.1

## 5.2 Erschütterungstechnische Betrachtungen

Allgemeine Erschütterungsprognosen zu Bautätigkeiten sind Prognosen mit höherer Unsicherheit, welche entweder auf Vergleichsmessungen oder auf baubegleitenden Messungen, aus Literaturstudien oder eigenen Messungen basieren.

Wesentlich für Erschütterungen sind immer die individuellen Schwingungsübertragungseigenschaften der Gebäudestruktur des Empfangsgebäudes selbst und die Bodeneigenschaf-



ten im Ausbreitungsweg. Ohne Messungen oder genaue Kenntnisse über die Empfangsgebäude oder den Boden ergibt sich zwangsläufig eine geringere Prognosesicherheit.

Von den Bautätigkeiten verursachte Erschütterungen werden im Erdboden in Richtung Gebäude weitergeleitet und auf dem Ausbreitungsweg gedämpft. Über das Fundament gehen die Schwingungen in das Gebäude ein und breiten sich im Gebäude aus. Je nach Schwingungsverhalten des Gebäudes (Konstruktion, Bauweise, Materialität, ...) können auch relevante verstärkende Effekte (Resonanzen) im Gebäude auftreten, welche die eingeleiteten Schwingungen in bestimmten Frequenzbereichen zusätzlich verstärken können. Im ungünstigsten Fall liegen diese Resonanzen der Gebäude im gleichen Frequenzbereich wie die hauptsächlich anregenden Schwingungen der Baumaschinen. Resonanzen können jedoch nur bei Dauererschütterungen und nicht bei kurzzeitigen Erschütterungen auftreten.

Der Tageszeitraum im Erschütterungsschutz wird als 16-stündiger Zeitraum von 6:00 bis 22:00 Uhr definiert. Dementsprechend ist der Nachtzeitraum von 22:00 bis 6:00 Uhr definiert. Dies unterscheidet sich von der Definition des Tages- und Nachtzeitraum zum Baulärm.

Für die nachfolgenden beiden Betrachtungen werden für die Vibrationsramme unterschiedliche Berechnungsansätze gemäß Literatur [16] verwendet. Es wird für die Berechnungen nach DIN 4150, Teil 3, zur Bestimmung von Einwirkungen auf bauliche Anlagen ein Maximalansatz mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von nur 2,25 % angesetzt, da Schäden weitestgehend ausgeschlossen werden müssen und diese auch schon bei sehr kurzen Einwirkzeiten auftreten können. Bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 wird der wahrscheinliche Wert mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % herangezogen. Dies geschieht, da meist längere Einwirkzeiten von mehreren Minuten und Stunden betrachtet werden und hierbei nicht kontinuierlich Maximalereignisse wie bei der Betrachtung von Gebäudeschäden heranzuziehen sind.

Für die Erschütterungsprognosen wurden die nachfolgend in Tabelle 5.6 aufgeführten Eingangsdaten verwendet.

Tabelle 5.6: Berücksichtigte Baumaschinen für die Erschütterungsprognose

Baumaschine	Klasse / Gewicht	Art der Anregung	Frequenz	Energie / Leistung	
				wahrscheinlich	maximal
Vibrationsramme	2,5 t	Harmonisch stationär	30 Hz	150 kW	150 kW

Für die Betrachtung des Resonanzfalles gemäß DIN 4150-2 wird von ein Übertragungsfaktor von 15 angesetzt.

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Das nächstgelegene zu schützende Gebäude (gewerblich genutzt, südlich der Brücke) befindet sich in ca. 4 m Entfernung zu den erschütterungsintensiven Arbeiten (Rammarbeiten Mast 25-32bn). Das nächstgelegene Gebäude mit der Struktur eines Wohnhauses (Talstraße 6/1) befindet sich in einer Entfernung von ca. 14 m zu den erschütterungsintensiven Bautätigkeiten. Zusätzlich werden die Einwirkungen der Erschütterungsimmissionen auf die Widerlager der Brücke betrachtet. Die Entfernung zwischen Widerlager und den erschütterungsintensivsten Arbeiten (Rammarbeiten Mast 25-33bn) wird mit 1 m angenommen.

### 5.3 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Für die Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Wohngebäude empfiehlt die DIN 4150-3 [10] in Tabelle 1 als Anhaltswerte für die maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit in der obersten Deckenebene von 5 mm/s in horizontaler Richtung und 10 mm/s in vertikaler Richtung für Wohngebäude. Für gewerblich genutzte Gebäude gilt eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von 10 mm/s in horizontaler und vertikaler Richtung. Das Gebäude südlich der Brücke wird mit den Anhaltswerten für Gewerbe- und Industriebauten berücksichtigt.

#### Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen während Rammarbeiten

Für Rammarbeiten mit der Vibrationsramme kann gemäß Literatur [16] die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{i,max}^F$  für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 18,52 \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$  = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- $W$  = Leistung in kW
- $f$  = Betriebsfrequenz in Hz
- $r$  = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Wände und Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [16] berechnen lässt:

horizontal:

$$v_{x/y,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_{x/y}^{F-OG}$$

vertikal:

$$v_{z,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$  = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
- $v_{x/y,max}^{OG}$  = maximale horizontale Komponente der Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
- $k_{x/y}^{F-OG}$  = horizontaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, abhängig vom Untergrund 0,5 (sehr weicher Untergrund) bis 2,0 (sehr harter Untergrund)
- $v_{z,max}^{OG}$  = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
- $k_z^{F-OG}$  = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls < 1,5, im Resonanzfall abhängig der Gebäudedämpfung zwischen 10 und 25

Unter Berücksichtigung der Maschinendaten aus Tabelle 5.6 und mittelharter Bodeneigenschaften ( $k_{x/y}^{F-OG} = 1,5$ ) würden sich bei Verwendung einer Vibrationsramme die in Tabellen 5.7 dargestellten horizontalen und vertikalen Schwinggeschwindigkeiten ergeben.

Tabelle 5.7: Berücksichtigte Bebauung bei Verwendung einer Vibrationsramme

Bebauung	Entfernung in m	$v_{x/y/z,max}^{OG}$ in mm/s	Anhaltswert in mm/s	
			horizontal	vertikal
Widerlager (Brücke)	1	62,12	80	80
Gebäude südlich (Gewerbe)	4	15,53	10	10
Talstraße 6/1 (Wohnstruktur)	14	4,44	5	10

Bei Verwendung einer Vibrationsramme werden die in Kapitel 5.1.2 dargestellten Anhaltswerte für die Widerlager der Brücke und das betrachtete Wohngebäude eingehalten und für das Gebäude südlich in einer Entfernung von 4 m überschritten. In einer Entfernung von etwa 7 m werden die Anhaltswerte für das Gebäude südlich eingehalten.

In einer Entfernung von 1 m wird jedoch der Grenzwert der Bodenschwingbeschleunigung von 3.300 mm/s<sup>2</sup> überschritten und erst in einer Entfernung von 4 m eingehalten. Auch bei der Verwendung einer leistungsschwächeren Maschine, wie beispielsweise einer Anbauramme mit einer Leistung von 50 kW und einer Betriebsfrequenz von 50 Hz, sind Arbeiten in einem Mindestabstand von 3 m zum nächstgelegenen Bauwerk durchzuführen, um den Anhaltswert der Bodenschwingbeschleunigung einzuhalten. Bei Verwendung dieser Maschine werden zudem die Anhaltswerte für das Gebäude südlich in einer Entfernung von 4 m eingehalten.

Die Ergebnisse für die Berechnungen der maximalen Schwingschnelle an den Fundamenten der Gebäude werden in Anlage 5.1 bis 5.3 dargestellt. Aufgrund der Überschreitung des An-

haltungswertes der Bodenschwingbeschleunigung wird für Rammarbeiten in einer Entfernung von weniger als 4 m zum Widerlager der Brücke ein alternatives Verfahren, z.B. durch Herstellung eines Betonfundamentes, zur Gründung eines Mastes empfohlen.

#### 5.4 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden die maximal bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  und die zulässigen resultierenden Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTr}$  der DIN 4150, Teil 2 [9] ermittelt.

Die maximal bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist der Maximalwert der Schwingstärke, der während der jeweiligen Beurteilungszeit einmalig oder wiederholt auftritt und welcher der zu untersuchenden Quelle zuzuordnen ist. Diese maximal bewertete Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 [9] mit folgenden Gleichungen berechnet:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

$$KB_{Fmax} = KB \cdot c_F$$

f	=	Frequenz in Hz
f <sub>0</sub>	=	5,6 Hz (Grenzwert des Hochpasses)
v <sub>max</sub>	=	maximale Schwingschnelle, in mm/s
c <sub>F</sub>	=	die Konstante nach Tabelle 3 DIN 4150, Teil 2 bzw. Tabelle 5.8 dieses Berichtes
KB	=	Schwingstärke, dimensionslos

Tabelle 5.8: Anhaltswerte für die Konstante  $c_F$  für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart <sup>1)</sup>	c <sub>F</sub> <sup>2)</sup>
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z. B. Sägewerke in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt – mehr als etwa 20 % Verzerrung (z. B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	Stochastische Schwingungen und periodischen Vorgängen mit Schwebungen	
	a) mit Resonanzbeteiligung (z. B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnfußböden); b) ohne Resonanzbeteiligung (z. B. auf nicht unterkellerten Wohnfußböden)	0,8 0,7

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart <sup>1)</sup>	c <sub>F</sub> <sup>2)</sup>
4	Einzelereignisse kurzer Dauer a) mit Resonanzbeteiligung b) ohne Resonanzbeteiligung	0,8 0,6
1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnungen erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.		
2) Die Werte für c <sub>F</sub> sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa ± 15% können auftreten.		

Da die Rammarbeiten stochastische bzw. periodische Schwingungen mit Resonanzbeteiligung sind, kann nach der Tabelle 3 aus der DIN 4150, Teil 2 ein Wert für c<sub>F</sub> von 0,8 angenommen werden.

Resonanz ist das verstärkte Mitschwingen eines schwingungsfähigen Systems bei erzwungen, harmonischen Anregungen. Dabei entspricht die Anregungsfrequenz einer Schwingungs- oder Erschütterungsquelle (beispielsweise: harmonisch arbeitende Baumaschine wie Vibrationswalze) der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems (Gebäudewand, Gebäudedecke, etc.).

Eine Dauererschütterung im Sinne der DIN 4150, Teil 3 ist definitionsgemäß eine Erschütterung, die geeignet ist, Resonanzerscheinungen hervorzurufen und somit eine wesentliche Verstärkung der eingeleiteten Erschütterungen erzeugen kann. Für Menschen im Gebäude bedeutet das Auftreten von Resonanzeffekten, dass die eingeleitete Erschütterung in das Gebäude zu deutlich höheren Immissionen (wahrgenommene Erschütterungen) führt als bei nicht Auftreten des Resonanzeffektes. In der Praxis treten Verstärkungen zwischen Fundamenterschütterung und Erschütterung einer Decke im Resonanzfall in Abhängigkeit der Dämpfung um den Faktor 10 bis 25 auf.

Der Literatur [15] können die in der folgenden Tabelle 5.9 dargestellten Eigenfrequenzen von Decken entnommen werden.

Tabelle 5.9: Eigenfrequenzen von Decken

Konstruktion	Eigenfrequenz	
	häufig	seltener
Holzbalkendecke	9 bis 12 Hz	8 bis 15 Hz
Stahlbetondecke im Wohnungsbau	20 bis 25 Hz	15 bis 35 Hz
Weitgespannte Stahlbeton- und Verbunddecke im Industrie-/Gewerbebau	7 bis 10 Hz	3 bis 15 Hz

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [9] mit folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

$T_r$  = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

$T_{e,j}$  = Teileinwirkungszeiten

$KB_{FTm,j}$  = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten  $T_{e,j}$  repräsentativ sind

Bei gleichen Erschütterungsanregungen, also dem gleichen zu berücksichtigenden  $KB_{FTm}$  ohne Berücksichtigung der Ruhezeiten, lässt sich die oben genannte Formel (4 a) der DIN 4150, Teil 2 zu der nachfolgenden Formel (4b) der DIN 4150, Teil 2 vereinfachen.

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

Der Taktmaximal-Effektivwert  $KB_{FTm}$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

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

Bei Anwendung dieser Gleichung sind alle Werte  $KB_{FTi} \leq 0,1$  zu Null zu setzen, jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein und beeinflussen somit den Effektivwert.

#### Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen während Rammarbeiten

Für die Durchführung der Rammarbeiten, in denen die Vibrationsramme eingesetzt werden soll, wird eine Arbeitszeit der erschütterungsintensiven Arbeiten von 8 Stunden pro Tag und 6 Stunden pro Nacht angesetzt. Die berücksichtigten Gebäude, für die angenommen wird, dass sich Menschen in diesen im Nachtzeitraum aufhalten, befinden sich auf der Wolfgang-Brumme-Allee 35 (Gewerbegebiet) in einer Entfernung von etwa 41 m und auf der Talstraße 6/1 (Mischgebiet) in einem Abstand von ca. 14 m zu den Rammarbeiten.

Es werden Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 nach Tabelle 5.2 von  $A_u = 0,2$ ,  $A_o = 0,4$  und  $A_r = 0,1$  für Gewerbegebiete sowie  $A_u = 0,15$ ,  $A_o = 0,3$  und  $A_r = 0,07$  für Mischgebiete für den Nachtzeitraum berücksichtigt. Für den Tageszeitraum werden Anhaltswerte nach Tabelle 5.1 von  $A_u = 0,8$  und  $A_r = 0,6$  berücksichtigt. Für Wohngebiete gilt zudem ein  $A_o = 5$  und für Gewerbe- und Industriegebiete gilt  $A_o = 6$ .

Gemäß Literatur [16] kann die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{i,max}^F$  für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 7,9 \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$  = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- $W$  = Leistung in kW
- $f$  = Betriebsfrequenz in Hz
- $r$  = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgender Formel aus der Literatur [16] berechnen lässt:

vertikal:

$$v_{z,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$  = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- $v_{z,max}^{F-OG}$  = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
- $k_z^{F-OG}$  = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls  $< 1,5$ , im Resonanzfall abhängig der Gebäudedämpfung zwischen 10 und 25

Die Berechnungsergebnisse unter Verwendung der individuell ermittelten maximalen Schwingschnellen und der sich daraus ergebenden Schwingstärken in den Obergeschossen der betrachteten Gebäude und der Berücksichtigung der aufgeführten Formeln und Annahmen werden in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 5.10: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall im Tageszeitraum während der Rammarbeiten

Adresse	Entfernung	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
Wolfgang-Brumme-Allee 35 (GE)	41 m	0,36	0,26	0,8	6	0,6
Talstraße 6/1 (MI)	14 m	1,05	0,74	0,8	5	0,6

Die Ergebnisse in Tabelle 5.10 zeigen, dass die Anhaltswerte der DIN 4150-2 an dem Gebäude der Wolfgang-Brumme-Allee 35 im Tageszeitraum eingehalten und am Gebäude der Talstraße 6/1 überschritten werden. Ab einem Abstand von etwa 18 m werden die Anhaltswerte im Tageszeitraum eingehalten.

Tabelle 5.11: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude im Resonanzfall im Tageszeitraum während der Rammarbeiten

Adresse	Entfernung	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
Wolfgang-Brumme-Allee 35 (GE)	41 m	3,59	2,54	0,8	6	0,6
Talstraße 6/1 (MI)	14 m	10,52	7,44	0,8	5	0,6

Die Ergebnisse in Tabelle 5.11 zeigen, dass die Anhaltswerte der DIN 4150-2 an beiden Gebäuden überschritten werden. Ab einem Abstand von etwa 165 m werden die Anhaltswerte im Tageszeitraum eingehalten.

Tabelle 5.12: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall im Nachtzeitraum während der Rammarbeiten

Adresse	Entfernung	KB <sub>Fmax</sub>	KB <sub>FTr</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
Wolfgang-Brumme-Allee 35 (GE)	41 m	0,36	0,31	0,2	0,4	0,1
Talstraße 6/1 (MI)	14 m	1,05	0,91	0,15	0,3	0,07

Die Ergebnisse in Tabelle 5.12 zeigen, dass die Anhaltswerte der DIN 4150-2 an den nächstgelegenen Gebäuden im Nachtzeitraum überschritten werden. Die Anhaltswerte werden in einer Entfernung von etwa 75 m für Gewerbegebiete bzw. in einem Abstand von 100 m für Mischgebiete im Nachtzeitraum eingehalten.

Da bereits ohne Resonanzfall an beiden Gebäuden die Anhaltswerte im Nachtzeitraum nicht eingehalten werden, wird auf eine Berechnung des Resonanzfalls verzichtet.

Da es sich bei den Arbeiten um Rammarbeiten an verschiedenen Orten handelt, ist davon auszugehen, dass es nicht in der gesamten Bauzeit der Bauphase 1 zu Überschreitungen kommt.

## 5.5 Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Da die in dieser Erschütterungsuntersuchung angegebenen Maschinendaten auf Literaturangaben basieren, kann es während der Baumaßnahme dazu kommen, dass leichtere und weniger leistungsfähige sowie auch schwerere und leistungsstärkere Maschinen eingesetzt werden könnten. Aus diesem Grund sind konkrete Aussagen zu den zu erwartenden Erschütterungsimmissionen ohne Messungen kaum möglich, da die Bauweise der Gebäude die Höhe der Erschütterungsimmissionen maßgeblich bestimmt. Daher ist die Situation an jedem Gebäude anders. Vor diesem Hintergrund und aus rechtlichen Gründen wird zu einer bautechnischen Beweissicherung vor Beginn der Baumaßnahmen geraten.



Grundsätzlich ist es zu empfehlen, Anwohner von schützenswerten Nutzungen in der Umgebung vor Beginn der Baumaßnahmen schriftlich über den Sinn und Zweck, den Bauablauf und die Dauer der Baumaßnahme zu informieren (Informationsschreiben).

Im Falle der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen der Baumaßnahmen (außer Sprengungen) können durch den Grad der Information der Anlieger höhere Anhaltswerte angesetzt werden. Es dürfen daher bei guter Informationslage mehr Erschütterungsimmissionen vorliegen als ohne Information der Anwohner. Eine rechtzeitige Information der Anwohner wäre auch aus erschütterungstechnischer Sichtweise eine Möglichkeit, die Akzeptanz der Anwohner für die geplante Baumaßnahme zu erhöhen. Daher wird die Benennung einer Ansprechstelle empfohlen. Der notwendige Grad der Information, sowie die Beurteilung ist nachfolgend dargestellt. Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

- a) Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;
- c) Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen.

Aufgrund der Überschreitung des Anhaltswertes der Bodenschwingbeschleunigung wird für Rammarbeiten in einer Entfernung von weniger als 4 m zum Widerlager der Brücke ein alternatives Verfahren, wie z.B. die Herstellung eines Betonfundamentes, zur Gründung eines Mastes empfohlen.

Durch die Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 ist in einer Entfernung von 4 m eine leistungsschwächere Maschine mit einer Leistung von 50 kW und einer Betriebsfrequenz von 50 Hz für Rammarbeiten zu verwenden. Die Rammarbeiten im Nahbereich zu den nächstgelegenen Gebäuden sind messtechnisch zu überwachen. Alternativ wird hier ebenfalls die Herstellung eines Betonfundamentes empfohlen.

## 6 Zusammenfassung

Die DB InfraGO AG plant den Neubau von zwei Weichenverbindungen an der Strecke 4860 Stuttgart - Horb, im Streckenabschnitt km 25,390 bis km 25,882 in Böblingen.

### Baulärm:

In dieser Untersuchung wurden die zu erwartenden Baulärmimmissionen mit einer Ausbreitungsberechnung gemäß der DIN EN ISO 9613-2 [5] durchgeführt und anschließend gemäß der AVV Baulärm [4] bewertet. Für die Berechnungen wurden die Abläufe für den Umbau in schalltechnisch relevante Bauphasen unterteilt. Hierbei ergaben sich insgesamt drei Bauphasen.

Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 69 dB(A) ergeben sich während der Arbeiten im Tages- und Nachtzeitraum in Bauphase 2 bzw. in Bauphase 1. Dadurch werden die Immissionsrichtwerte im Tageszeitraum um bis zu 4 dB im Mischgebiet (MI) und im Gewerbegebiet (GE) überschritten. Im Nachtzeitraum werden Überschreitungen der Immissionsrichtwerte von bis zu 19 dB im Mischgebiet bzw. im Gewerbegebiet erwartet. Im allgemeinen Wohngebiet (WA) kommt es im Nachtzeitraum zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte von bis zu 10 dB bei Beurteilungspegeln von bis zu 50 dB(A).

Insgesamt sind im Tageszeitraum an 2 bis 4 der 20 betrachteten Immissionsorte während der Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. Im Nachtzeitraum sind während der Arbeiten in den Bauphasen 1 bis 3 insgesamt 5 bis 12 der 20 betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen.

Die Zumutbarkeitsschwelle [12] von 70 dB(A) im Tageszeitraum wird an allen betrachteten Immissionsorten eingehalten. Die äquivalent geltende Schwelle von 60 dB(A) im Nachtzeitraum wird während der Bauphasen 1 und 2 an 3 bis 4 Immissionsorten um bis zu 9 dB überschritten. An den betroffenen Immissionsorten wird damit voraussichtlich ein Innenraumpegel von 30 dB(A) nachts bei geschlossenen standard-isolierten Fenstern nicht eingehalten.

Während der Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 wird im Nachtzeitraum jeweils an zwei Immissionsorten der Immissionsrichtwert eines Mischgebietes eingehalten und da in Mischgebieten regelmäßig gewohnt wird, kann noch von gesunden Wohnverhältnissen ausgegangen werden.

Die Arbeiten in Bauphase 1 beinhalten teilweise Betonarbeiten, an die anschließend eine zeitliche Phase zur Aushärtung des Betons folgt, sodass vermutlich nicht an jedem Tag bzw. in jeder Nacht mit den dargestellten Schallimmissionen zu rechnen ist. Zudem wird die Vibrationsramme wahrscheinlich nicht an jedem Tag bzw. in jeder Nacht der Bauphase 1 eingesetzt. Ohne den Einsatz der Vibrationsramme reduzieren sich die Schallemissionen um

bis zu 5 dB, wodurch sich ebenfalls die Schallimmissionen um bis zu 5 dB reduzieren. An allen Immissionsorten im Tageszeitraum und an den Immissionsorten 04, 06, 14, 17 und 19 Nachtzeitraum werden somit die Immissionsrichtwerte eingehalten bzw. geringfügig um bis zu 1 dB überschritten. Folglich kommt es an 7 Immissionsorten zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum.

In Bauphase 2 werden unter anderem eine Schienentrennschleifmaschine und eine Universalstopfmaschine eingesetzt. Da diese beiden Maschinen vermutlich nicht dauerhaft eingesetzt werden, reduzieren sich die Schallemissionen um bis zu 7 dB, wodurch ebenfalls die Schallimmissionen um bis zu 7 dB reduziert würden. An den Immissionsorten 02, 05, 06, 14 und 17 bis 19 werden somit die Immissionsrichtwerte eingehalten bzw. geringfügig um bis zu 1 dB überschritten. Folglich kommt es an 4 Immissionsorten zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum.

Während der nächtlichen Arbeiten in Bauphase 3 liegen die Schallimmissionen der vorherrschenden Vorbelastung aus dem Verkehrslärm mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen, sodass es an keinem der betrachteten Immissionsorte zu einer Erhöhung der Schallsituation kommt. Während der nächtlichen Arbeiten in den Bauphasen 1 und 2 liegen die Schallimmissionen der vorherrschenden Vorbelastung aus dem Verkehrslärm an jeweils 4 bis 5 Immissionsorten mindestens 10 dB oberhalb der Baulärmimmissionen.

Wie sich Anlage 3 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen. So ergeben sich unter anderem nachts im allgemeinen Wohngebiet an der Talstraße oder der Vaihinger Straße in einem Abstand von ca. 600 m Überschreitungen der Immissionsrichtwerte. Im Tageszeitraum werden Überschreitungen noch in einer Entfernung von bis zu 160 m im Mischgebiet erwartet.

Aufgrund der Überschreitungen der Immissionsrichtwerte wurden Lärmschutzmaßnahmen untersucht, um die zu erwartenden Immissionen für die Anwohner auf ein erreichbares Mindestmaß zu beschränken.

Es ergibt sich folgendes Minderungskonzept:

- Lärmindernd wird für die auf der Baustelle zum Einsatz kommenden Geräte bereits in den Ausschreibungsunterlagen die Forderung nach lärmarmen Geräten und Maschinen aufgenommen.
- Die betroffenen Anwohner werden frühzeitig über die Baumaßnahmen informiert. Im Informationsschreiben wird eine Ansprechstelle genannt, an welche sich betroffene Anwohner wenden können.
- Weiterhin hat zur Minderung von allgemeinen Baustellengeräuschen eine Sensibilisierung des Baustellenpersonals für das Thema Lärm zu erfolgen. Dies kann verhaltensbedingte Geräuschpegel, die durch beispielsweise unnötig festes Hammerschla-

gen oder das Werfen von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken.

- Angebot eines Ersatzwohnraumes für Anwohner, die Überschreitungen oberhalb der Zumutbarkeitsschwelle von 60 dB(A) im Nachtzeitraum ausgesetzt sind.

Da der Einsatz einer Lärmschutzwand als Lärminderungsmaßnahme nicht geeignet ist und eine Reduzierung der Betriebszeiten der Baugeräte nur bedingt zur Reduzierung der Bau-lärmimmissionen führt, sind die Anwohner, die Lärmimmissionen oberhalb von 60 dB(A) im Nachtzeitraum ausgesetzt sind, beispielsweise durch das Angebot eines Ersatzwohnraumes, zu entschädigen. Die betroffenen Gebäude sind in Kapitel 4.5 zusammengefasst.

#### Erschütterungen:

Weiterhin waren Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen innerhalb der Bauzeit zu tätigen. Es wurden hierbei die in dem nächstgelegenen Gebäude durch die Baumaßnahmen entstehenden Erschütterungen prognostiziert und anhand der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 beurteilt.

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Das nächstgelegene zu schützende Gebäude (südlich der Brücke) befindet sich in ca. 4 m Entfernung zu den erschütterungsintensiven Arbeiten. Das nächstgelegene Gebäude mit der Struktur eines Wohnhauses (Talstraße 6/1) befindet sich in einer Entfernung von ca. 14 m zu den erschütterungsintensiven Bautätigkeiten. Zusätzlich werden die Einwirkungen der Erschütterungsimmissionen auf die Widerlager der Brücke betrachtet.

Die Arbeiten, die relevante Erschütterungen auslösen, sind bei diesem Bauvorhaben die Rammarbeiten zur Gründung der Maste.

Die Beurteilung der Erschütterungen nach DIN 4150-3 ergab, dass die Anhaltswerte für den Einsatz einer Vibrationsramme ( $W = 150 \text{ kW}$ ) an den nächstgelegenen Wohngebäuden eingehalten werden. Am Gebäude südlich der Brücke werden die Anhaltswerte überschritten. Es ist eine leistungsschwächere Maschine zu verwenden oder ein alternatives Bauverfahren anzuwenden.

In unmittelbarer Entfernung zum Widerlager besteht die Gefahr vor Bodensackungen, so dass hier ein alternatives Verfahren wie beispielsweise durch Herstellung eines Betonfundamentes zur Gründung eines Mastes empfohlen wird. Die Rammarbeiten im Nahbereich zu den nächstgelegenen Gebäuden sind messtechnisch zu überwachen.

Die Ergebnisse der Beurteilung der Erschütterungen nach DIN 4150-2 zeigen, dass für den Einsatz einer Vibrationsramme ( $W = 150 \text{ kW}$ ) die Anhaltswerte überschritten werden. Da es

sich bei den Arbeiten um Rammarbeiten an verschiedenen Orten handelt, ist davon auszugehen, dass es nicht in der gesamten Bauzeit der Bauphase 1 zu Überschreitungen kommt.

Peutz Consult GmbH

Dipl.-Ing. Mark Bless  
(Messstellenleitung)

i.V. B. Eng. Yvo Hauschild  
(Projektbearbeitung)

i.A. M. Sc. Nils Hintzen  
(Projektmitarbeit)

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1    Übersichtslageplan mit Darstellung der Gebietsnutzungen

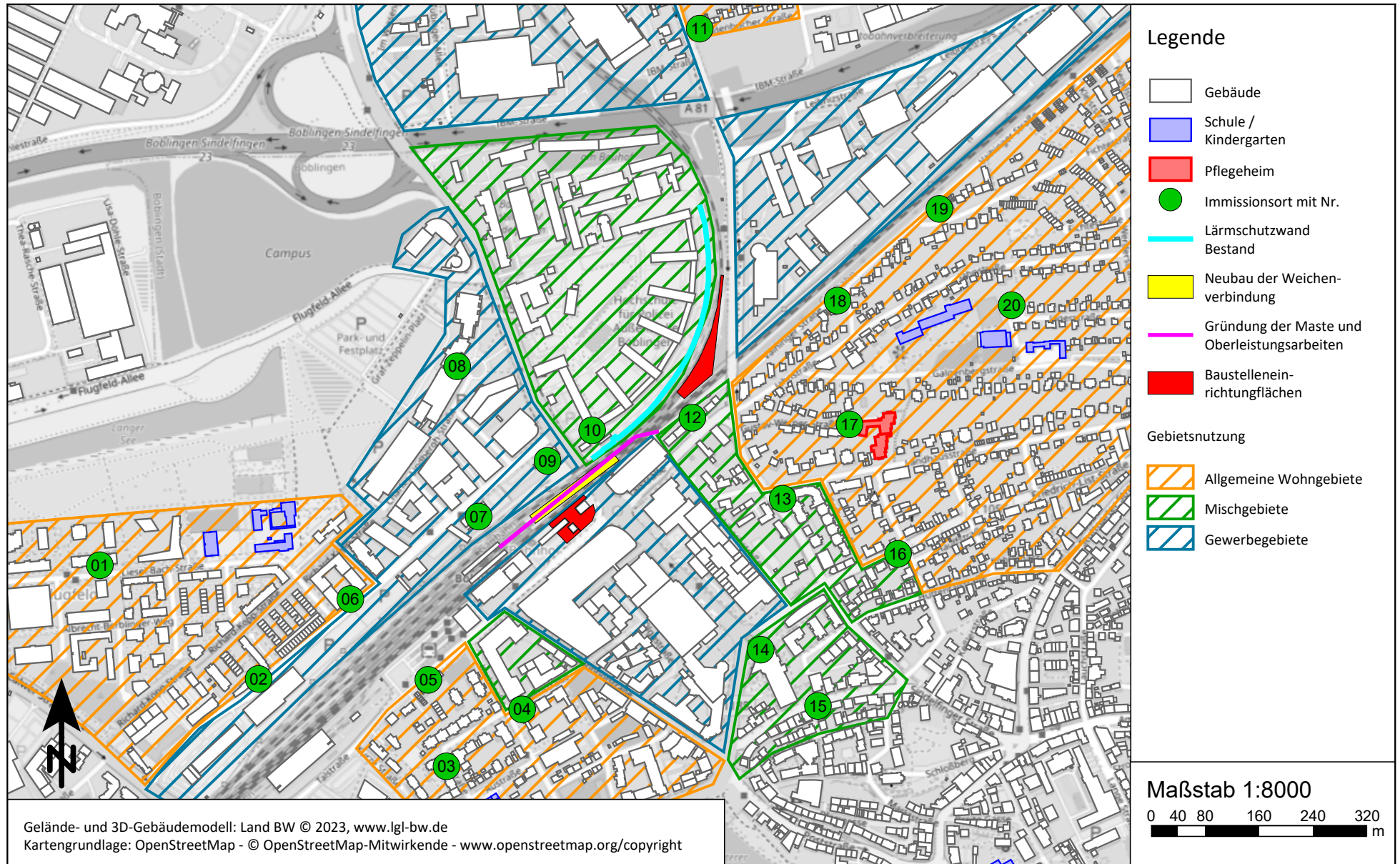
Anlage 2    Ergebnisse der Immissionsberechnungen

Anlage 3    Schallimmissionspläne während der Bautätigkeiten

Anlage 4    Darstellung der Zugzahlen

Anlage 5    Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen

# Anlage 1 - Übersichtslageplan mit Darstellung der Immissionsorte, Schallquellen und umliegenden Gebietsnutzung in Böblingen



Anlage 2.1 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)	dB(A)		
01	Liesel-Bach-Straße 44	EG	WA	55	40	23	23	-	-	60	40	-	39	37		
		1.OG		55	40	24	24	-	-	60	41	-	39	37		
		2.OG		55	40	24	24	-	-	60	41	-	39	38		
		3.OG		55	40	24	24	-	-	60	42	-	40	38		
		4.OG		55	40	25	25	-	-	60	43	-	41	40		
		5.OG		55	40	26	26	-	-	60	44	-	44	42		
		6.OG		55	40	29	29	-	-	60	45	-	46	45		
	7.OG	55	40	33	33	-	-	60	47	-	49	47				
02	Karl-Jatho-Weg 3	EG	WA	55	40	45	45	-	5	60	58	-	52	49		
		1.OG		55	40	45	45	-	5	60	58	-	52	50		
		2.OG		55	40	46	46	-	6	60	59	-	53	51		
		3.OG		55	40	46	46	-	6	60	59	-	55	53		
		4.OG		55	40	47	47	-	7	60	59	-	60	59		
		5.OG		55	40	47	47	-	7	60	59	-	62	61		
		6.OG		55	40	47	47	-	7	60	59	-	64	63		
03	Austraße 19	EG	WA	55	40	31	31	-	-	60	45	-	44	43		
		1.OG		55	40	32	32	-	-	60	47	-	45	43		
		2.OG		55	40	33	33	-	-	60	49	-	46	44		
		3.OG		55	40	36	36	-	-	60	51	-	47	45		
04	Wilhelmstraße 41	EG	WA	55	40	34	34	-	-	60	50	-	45	43		
		1.OG		55	40	35	35	-	-	60	51	-	46	44		
		2.OG		55	40	36	36	-	-	60	53	-	47	45		
		3.OG		55	40	37	37	-	-	60	55	-	49	47		
		4.OG		55	40	40	40	-	-	60	58	-	54	52		
		5.OG		55	40	42	42	-	2	60	60	-	56	54		
05	Talstraße 37	EG	WA	55	40	43	43	-	3	60	56	-	65	64		
		1.OG		55	40	45	45	-	5	60	57	-	66	64		
		2.OG		55	40	47	47	-	7	60	59	-	67	65		



Anlage 2.1 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)	dB(A)		
05	Talstraße 37	3.OG	WA	55	40	48	48	-	8	60	62	2	67	66		
06	Konrad-Zuse-Straße 20	EG	WA	55	40	41	41	-	1	60	57	-	65	63		
		1.OG		55	40	42	42	-	2	60	58	-	66	64		
		2.OG		55	40	42	42	-	2	60	59	-	67	65		
		3.OG		55	40	44	44	-	4	60	62	2	68	66		
		4.OG		55	40	45	45	-	5	60	62	2	68	66		
		5.OG		55	40	46	46	-	6	60	63	3	69	67		
07	Konrad-Zuse-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	59	59	-	9	70	76	6	65	62		
		1.OG		65	50	62	62	-	12	70	79	9	69	66		
		2.OG		65	50	65	65	-	15	70	81	11	72	69		
		3.OG		65	50	66	66	1	16	70	83	13	73	70		
		4.OG		65	50	66	66	1	16	70	83	13	73	70		
08	Charles-Lindbergh-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	38	38	-	-	70	60	-	45	43		
		1.OG		65	50	39	39	-	-	70	61	-	46	43		
		2.OG		65	50	40	40	-	-	70	62	-	47	44		
		3.OG		65	50	41	41	-	-	70	62	-	49	46		
09	Wolfgang-Brumme-Allee 35	EG	GE	65	50	63	63	-	13	70	81	11	66	64		
		1.OG		65	50	66	66	1	16	70	83	13	69	67		
		2.OG		65	50	68	68	3	18	70	83	13	71	68		
10	Wolfgang-Brumme-Allee (Kaserne)	EG	MI	60	45	60	60	-	15	65	81	16	60	58		
		1.OG		60	45	62	62	2	17	65	83	18	63	61		
		2.OG		60	45	64	64	4	19	65	83	18	66	64		
11	Waldenbucher Straße 1	EG	WA	55	40	37	37	-	-	60	51	-	59	56		
		1.OG		55	40	37	37	-	-	60	52	-	59	56		
		2.OG		55	40	38	38	-	-	60	52	-	60	57		
12	Talstraße 4	EG	MI	60	45	66	66	6	21	65	86	21	71	69		
		1.OG		60	45	66	66	6	21	65	87	22	73	71		
		2.OG		60	45	66	66	6	21	65	87	22	74	71		

Anlage 2.1 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus							
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht				
													dB(A)	dB(A)			dB	dB(A)	dB(A)	dB
12	Talstraße 4	3.OG	MI	60	45	66	66	6	21	65	87	22	74	72						
		4.OG		60	45	66	66	6	21	65	87	22	74	72						
13	Sindelfinger Straße 40	EG	MI	60	45	36	36	-	-	65	54	-	45	43						
		1.OG		60	45	37	37	-	-	65	56	-	46	44						
		2.OG		60	45	37	37	-	-	65	56	-	47	44						
		3.OG		60	45	38	38	-	-	65	58	-	47	45						
		4.OG		60	45	39	39	-	-	65	59	-	48	46						
14	Friedrich-List-Platz 1	EG	MI	60	45	45	45	-	-	65	65	-	47	45						
		1.OG		60	45	46	46	-	1	65	65	-	48	45						
		2.OG		60	45	46	46	-	1	65	66	1	48	45						
		3.OG		60	45	46	46	-	1	65	66	1	48	46						
15	Stadtgrabenstraße 20	EG	MI	60	45	35	35	-	-	65	55	-	40	37						
		1.OG		60	45	37	37	-	-	65	57	-	42	39						
		2.OG		60	45	38	38	-	-	65	58	-	44	42						
		3.OG		60	45	38	38	-	-	65	58	-	44	42						
		4.OG		60	45	39	39	-	-	65	58	-	45	43						
16	Friedrich-List-Straße 55	EG	MI	60	45	29	29	-	-	65	43	-	38	35						
		1.OG		60	45	30	30	-	-	65	44	-	38	36						
		2.OG		60	45	30	30	-	-	65	45	-	38	36						
		3.OG		60	45	31	31	-	-	65	47	-	39	37						
17	Gustav-Werner-Straße 12 (Pflegeheim)	EG	WA	55	40	33	33	-	-	60	48	-	43	40						
		1.OG		55	40	34	34	-	-	60	48	-	43	41						
		2.OG		55	40	36	36	-	-	60	50	-	44	42						
		3.OG		55	40	40	40	-	-	60	56	-	47	45						
		4.OG		55	40	41	41	-	1	60	56	-	50	47						
18	Vaihinger Straße 15	EG	WA	55	40	42	42	-	2	60	56	-	63	62						
		1.OG		55	40	46	46	-	6	60	58	-	66	64						
		2.OG		55	40	47	47	-	7	60	61	1	67	65						

Anlage 2.1 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort		Gebiets- nutzung	Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger dB(A)	berechneter Maximalpegel		Überschreitung dB	Vorbelastung aus Verkehrslärm	
	Beschreibung	Stock- werk		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		Nacht			Tag	Nacht
				dB(A)		dB(A)		dB						dB(A)	
18	Vaihinger Straße 15	3.OG	WA	55	40	50	50	-	10	60	64	4		68	66
19	Vaihinger Straße 29	EG	WA	55	40	43	43	-	3	60	56	-		64	62
		1.OG		55	40	43	43	-	3	60	56	-		66	64
		2.OG		55	40	43	43	-	3	60	58	-		66	65
20	Jägerstraße 1	EG	WA	55	40	24	24	-	-	60	39	-		44	42
		1.OG		55	40	25	25	-	-	60	39	-		47	45
		2.OG		55	40	26	26	-	-	60	40	-		49	48

Anlage 2.2 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)			

Anlage 2.2 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)	dB(A)		
05	Talstraße 37	3.OG	WA	55	40	48	48	-	8	60	61	1	67	66		
06	Konrad-Zuse-Straße 20	EG	WA	55	40	40	40	-	-	60	55	-	65	63		
		1.OG		55	40	40	40	-	-	60	55	-	66	64		
		2.OG		55	40	41	41	-	1	60	55	-	67	65		
		3.OG		55	40	42	42	-	2	60	56	-	68	66		
		4.OG		55	40	43	43	-	3	60	57	-	68	66		
		5.OG		55	40	45	45	-	5	60	58	-	69	67		
07	Konrad-Zuse-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	58	58	-	8	70	74	4	65	62		
		1.OG		65	50	59	59	-	9	70	77	7	69	66		
		2.OG		65	50	63	63	-	13	70	79	9	72	69		
		3.OG		65	50	64	64	-	14	70	80	10	73	70		
		4.OG		65	50	64	64	-	14	70	80	10	73	70		
08	Charles-Lindbergh-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	39	39	-	-	70	61	-	45	43		
		1.OG		65	50	40	40	-	-	70	62	-	46	43		
		2.OG		65	50	41	41	-	-	70	62	-	47	44		
		3.OG		65	50	41	41	-	-	70	63	-	49	46		
09	Wolfgang-Brumme-Allee 35	EG	GE	65	50	64	64	-	14	70	82	12	66	64		
		1.OG		65	50	67	67	2	17	70	84	14	69	67		
		2.OG		65	50	69	69	4	19	70	84	14	71	68		
10	Wolfgang-Brumme-Allee (Kaserne)	EG	MI	60	45	59	59	-	14	65	82	17	60	58		
		1.OG		60	45	62	62	2	17	65	84	19	63	61		
		2.OG		60	45	64	64	4	19	65	84	19	66	64		
11	Waldenbucher Straße 1	EG	WA	55	40	35	35	-	-	60	48	-	59	56		
		1.OG		55	40	36	36	-	-	60	49	-	59	56		
		2.OG		55	40	36	36	-	-	60	50	-	60	57		
12	Talstraße 4	EG	MI	60	45	59	59	-	14	65	78	13	71	69		
		1.OG		60	45	59	59	-	14	65	78	13	73	71		
		2.OG		60	45	59	59	-	14	65	78	13	74	71		

Anlage 2.2 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)			
12	Talstraße 4	3.OG	MI	60	45	59	59	-	14	65	77	12	74	72		
		4.OG		60	45	59	59	-	14	65	77	12	74	72		
13	Sindelfinger Straße 40	EG	MI	60	45	34	34	-	-	65	47	-	45	43		
		1.OG		60	45	34	34	-	-	65	47	-	46	44		
		2.OG		60	45	35	35	-	-	65	47	-	47	44		
		3.OG		60	45	35	35	-	-	65	47	-	47	45		
		4.OG		60	45	36	36	-	-	65	48	-	48	46		
14	Friedrich-List-Platz 1	EG	MI	60	45	47	47	-	2	65	65	-	47	45		
		1.OG		60	45	48	48	-	3	65	66	1	48	45		
		2.OG		60	45	47	47	-	2	65	66	1	48	45		
		3.OG		60	45	47	47	-	2	65	66	1	48	46		
15	Stadtgrabenstraße 20	EG	MI	60	45	37	37	-	-	65	54	-	40	37		
		1.OG		60	45	39	39	-	-	65	57	-	42	39		
		2.OG		60	45	40	40	-	-	65	58	-	44	42		
		3.OG		60	45	40	40	-	-	65	57	-	44	42		
		4.OG		60	45	41	41	-	-	65	58	-	45	43		
16	Friedrich-List-Straße 55	EG	MI	60	45	28	28	-	-	65	41	-	38	35		
		1.OG		60	45	29	29	-	-	65	43	-	38	36		
		2.OG		60	45	29	29	-	-	65	45	-	38	36		
		3.OG		60	45	30	30	-	-	65	48	-	39	37		
17	Gustav-Werner-Straße 12 (Pflegeheim)	EG	WA	55	40	31	31	-	-	60	44	-	43	40		
		1.OG		55	40	33	33	-	-	60	46	-	43	41		
		2.OG		55	40	35	35	-	-	60	49	-	44	42		
		3.OG		55	40	41	41	-	1	60	56	-	47	45		
		4.OG		55	40	41	41	-	1	60	56	-	50	47		
18	Vaihinger Straße 15	EG	WA	55	40	41	41	-	1	60	54	-	63	62		
		1.OG		55	40	44	44	-	4	60	57	-	66	64		
		2.OG		55	40	46	46	-	6	60	60	-	67	65		

Anlage 2.2 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus Verkehrslärm	
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung											
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Maximalpegel		Tag	Nacht	
										dB(A)	dB(A)			dB
18	Vaihinger Straße 15	3.OG	WA	55	40	48	48	-	8	60	62	2	68	66
19	Vaihinger Straße 29	EG	WA	55	40	42	42	-	2	60	55	-	64	62
		1.OG		55	40	42	42	-	2	60	55	-	66	64
		2.OG		55	40	42	42	-	2	60	56	-	66	65
20	Jägerstraße 1	EG	WA	55	40	23	23	-	-	60	35	-	44	42
		1.OG		55	40	24	24	-	-	60	36	-	47	45
		2.OG		55	40	25	25	-	-	60	38	-	49	48

Anlage 2.3 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus Verkehrslärm	
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Maximalpegel			Tag	Nacht
										dB(A)	Nacht			
											dB(A)	dB(A)		
dB(A)														
01	Liesel-Bach-Straße 44	EG	WA	55	40	17	14	-	-	60	27	-	39	37
		1.OG		55	40	17	15	-	-	60	28	-	39	37
		2.OG		55	40	18	15	-	-	60	28	-	39	38
		3.OG		55	40	18	16	-	-	60	29	-	40	38
		4.OG		55	40	19	16	-	-	60	30	-	41	40
		5.OG		55	40	20	17	-	-	60	31	-	44	42
		6.OG		55	40	22	19	-	-	60	32	-	46	45
02	Karl-Jatho-Weg 3	EG	WA	55	40	37	34	-	-	60	45	-	52	49
		1.OG		55	40	38	34	-	-	60	45	-	52	50
		2.OG		55	40	38	35	-	-	60	46	-	53	51
		3.OG		55	40	39	35	-	-	60	46	-	55	53
		4.OG		55	40	39	36	-	-	60	46	-	60	59
		5.OG		55	40	39	36	-	-	60	46	-	62	61
		6.OG		55	40	40	36	-	-	60	46	-	64	63
03	Austraße 19	EG	WA	55	40	23	20	-	-	60	32	-	44	43
		1.OG		55	40	25	21	-	-	60	34	-	45	43
		2.OG		55	40	26	23	-	-	60	36	-	46	44
		3.OG		55	40	28	25	-	-	60	38	-	47	45
04	Wilhelmstraße 41	EG	WA	55	40	27	24	-	-	60	37	-	45	43
		1.OG		55	40	28	25	-	-	60	38	-	46	44
		2.OG		55	40	29	26	-	-	60	40	-	47	45
		3.OG		55	40	30	27	-	-	60	42	-	49	47
		4.OG		55	40	32	29	-	-	60	45	-	54	52
		5.OG		55	40	35	31	-	-	60	47	-	56	54
05	Talstraße 37	EG	WA	55	40	38	37	-	-	60	42	-	65	64
		1.OG		55	40	39	37	-	-	60	44	-	66	64
		2.OG		55	40	41	38	-	-	60	46	-	67	65



Anlage 2.3 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Verkehrslärm	
													dB(A)	dB(A)	dB	dB(A)
05	Talstraße 37	3.OG	WA	55	40	42	39	-	-	60	49	-	67	66		
06	Konrad-Zuse-Straße 20	EG	WA	55	40	34	31	-	-	60	44	-	65	63		
		1.OG		55	40	35	32	-	-	60	45	-	66	64		
		2.OG		55	40	35	32	-	-	60	46	-	67	65		
		3.OG		55	40	37	34	-	-	60	49	-	68	66		
		4.OG		55	40	38	34	-	-	60	49	-	68	66		
		5.OG		55	40	39	36	-	-	60	50	-	69	67		
07	Konrad-Zuse-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	52	48	-	-	70	63	-	65	62		
		1.OG		65	50	55	51	-	1	70	66	-	69	66		
		2.OG		65	50	57	53	-	3	70	68	-	72	69		
		3.OG		65	50	58	55	-	5	70	70	-	73	70		
		4.OG		65	50	59	55	-	5	70	70	-	73	70		
08	Charles-Lindbergh-Platz 3 (Hotel)	EG	GE	65	50	31	28	-	-	70	47	-	45	43		
		1.OG		65	50	32	29	-	-	70	48	-	46	43		
		2.OG		65	50	33	30	-	-	70	49	-	47	44		
		3.OG		65	50	34	31	-	-	70	49	-	49	46		
09	Wolfgang-Brumme-Allee 35	EG	GE	65	50	56	52	-	2	70	68	-	66	64		
		1.OG		65	50	59	55	-	5	70	70	-	69	67		
		2.OG		65	50	61	57	-	7	70	70	-	71	68		
10	Wolfgang-Brumme-Allee (Kaserne)	EG	MI	60	45	52	48	-	3	65	68	3	60	58		
		1.OG		60	45	55	51	-	6	65	70	5	63	61		
		2.OG		60	45	56	53	-	8	65	70	5	66	64		
11	Waldenbucher Straße 1	EG	WA	55	40	32	32	-	-	60	38	-	59	56		
		1.OG		55	40	33	32	-	-	60	39	-	59	56		
		2.OG		55	40	33	32	-	-	60	39	-	60	57		
12	Talstraße 4	EG	MI	60	45	56	54	-	9	65	69	4	71	69		
		1.OG		60	45	57	55	-	10	65	69	4	73	71		
		2.OG		60	45	57	56	-	11	65	70	5	74	71		

Anlage 2.3 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



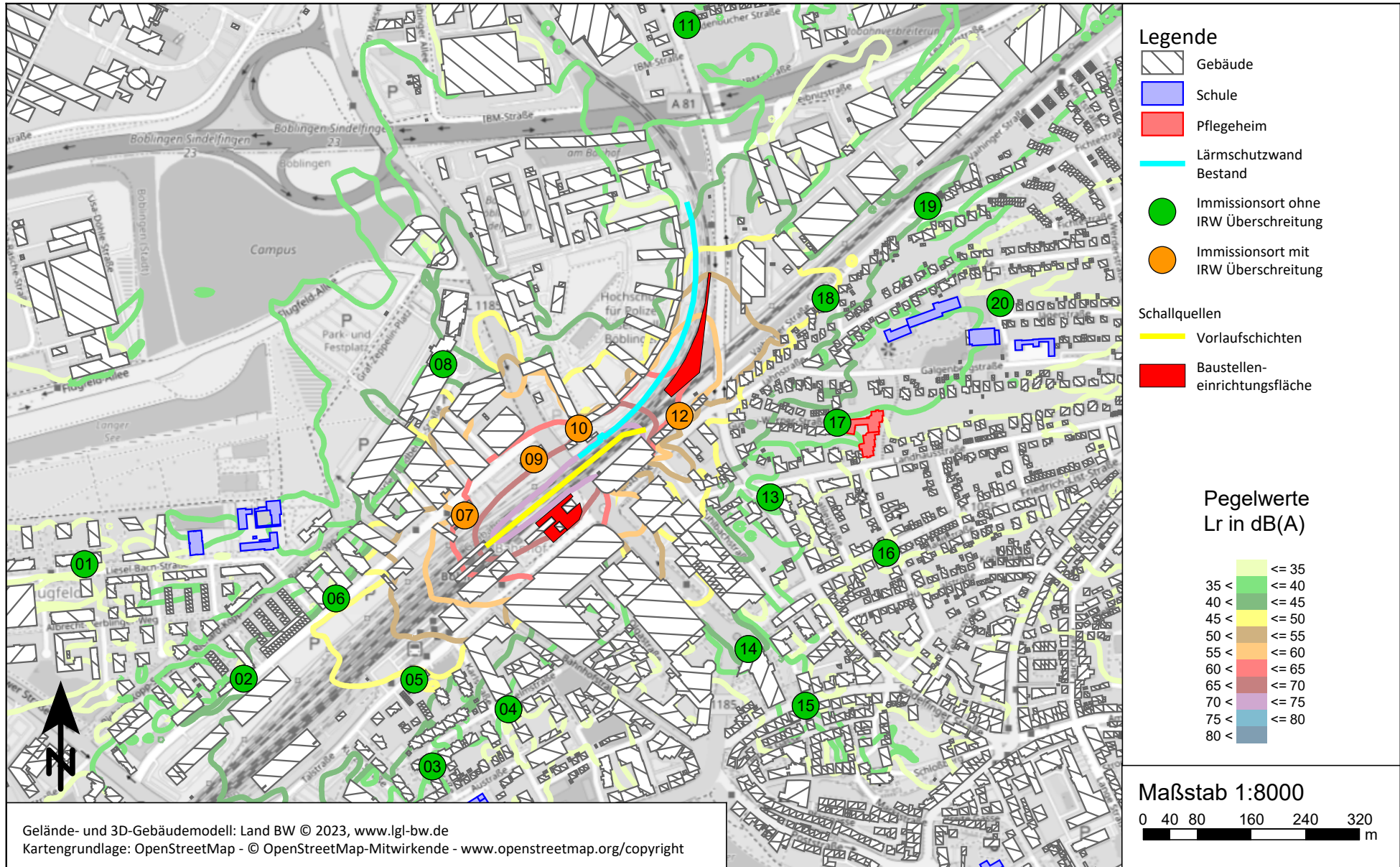
IO Nr.	Immissionsort			Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus			
	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Maximalpegel		Tag	Nacht
													dB(A)			
12	Talstraße 4	3.OG	MI	60	45	58	56	-	11	65	70	5	74	72		
		4.OG		60	45	57	55	-	10	65	69	4	74	72		
13	Sindelfinger Straße 40	EG	MI	60	45	29	28	-	-	65	37	-	45	43		
		1.OG		60	45	30	28	-	-	65	37	-	46	44		
		2.OG		60	45	30	28	-	-	65	37	-	47	44		
		3.OG		60	45	31	29	-	-	65	38	-	47	45		
		4.OG		60	45	32	31	-	-	65	40	-	48	46		
14	Friedrich-List-Platz 1	EG	MI	60	45	38	34	-	-	65	52	-	47	45		
		1.OG		60	45	38	35	-	-	65	52	-	48	45		
		2.OG		60	45	38	34	-	-	65	53	-	48	45		
		3.OG		60	45	38	35	-	-	65	53	-	48	46		
15	Stadtgrabenstraße 20	EG	MI	60	45	28	25	-	-	65	42	-	40	37		
		1.OG		60	45	30	26	-	-	65	44	-	42	39		
		2.OG		60	45	31	27	-	-	65	45	-	44	42		
		3.OG		60	45	31	27	-	-	65	45	-	44	42		
		4.OG		60	45	32	28	-	-	65	45	-	45	43		
16	Friedrich-List-Straße 55	EG	MI	60	45	22	20	-	-	65	28	-	38	35		
		1.OG		60	45	23	21	-	-	65	30	-	38	36		
		2.OG		60	45	24	21	-	-	65	32	-	38	36		
		3.OG		60	45	25	22	-	-	65	34	-	39	37		
17	Gustav-Werner-Straße 12 (Pflegeheim)	EG	WA	55	40	26	24	-	-	60	34	-	43	40		
		1.OG		55	40	28	26	-	-	60	34	-	43	41		
		2.OG		55	40	29	27	-	-	60	36	-	44	42		
		3.OG		55	40	34	31	-	-	60	43	-	47	45		
		4.OG		55	40	34	32	-	-	60	43	-	50	47		
18	Vaihinger Straße 15	EG	WA	55	40	37	36	-	-	60	43	-	63	62		
		1.OG		55	40	40	39	-	-	60	45	-	66	64		
		2.OG		55	40	41	40	-	-	60	48	-	67	65		

Anlage 2.3 - Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß AVV Baulärm  
Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Tages- und Nachtzeitraum



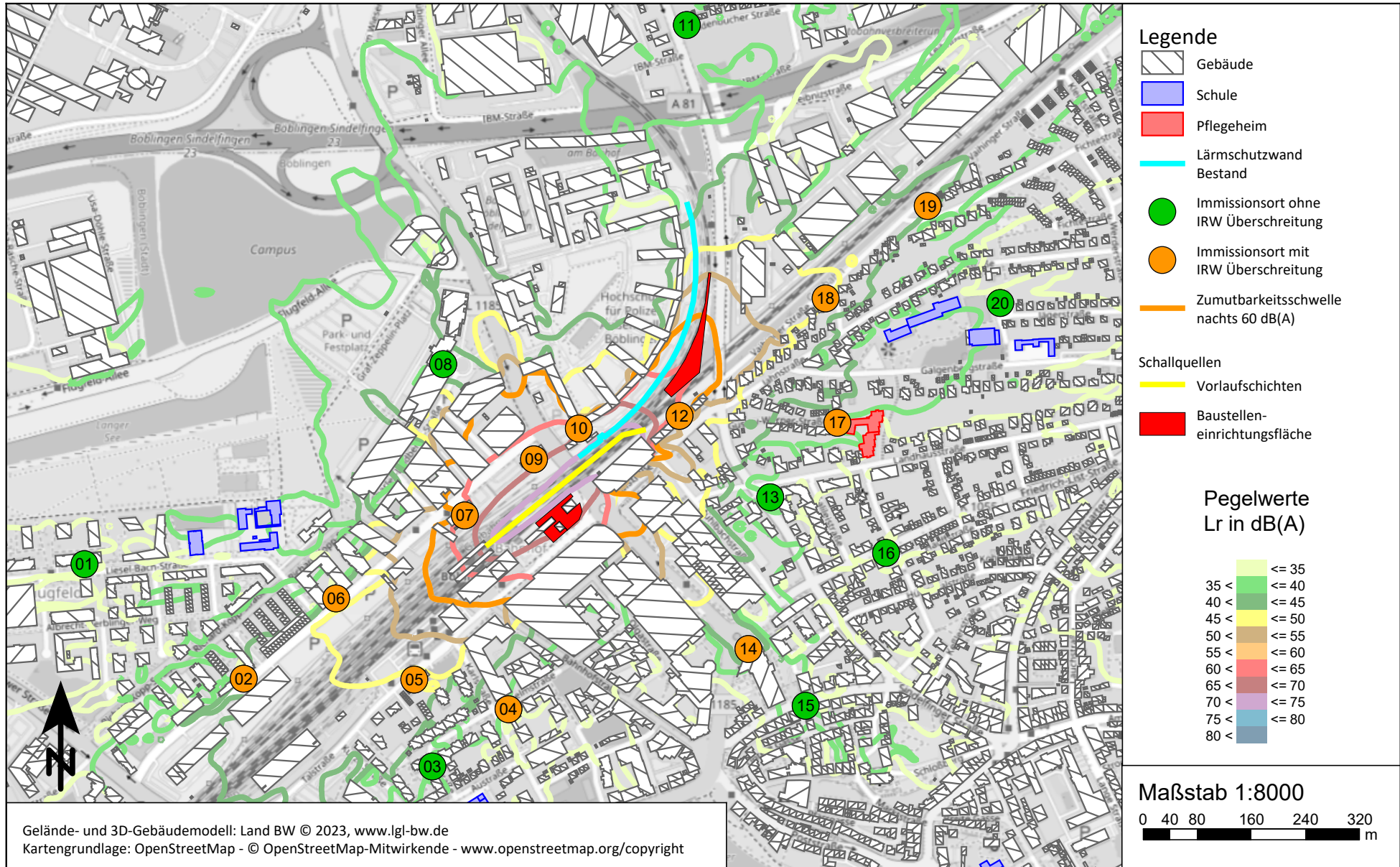
Immissionsort				Immissions- richtwert IRW		Beurteilungs- pegel Lr		Überschreitung IRW		zulässiger	berechneter	Überschreitung	Vorbelastung aus Verkehrslärm	
IO Nr.	Beschreibung	Stock- werk	Gebiets- nutzung	Tag   Nacht		Tag   Nacht		Tag   Nacht		Maximalpegel			Tag   Nacht	
				dB(A)		dB(A)		dB		dB(A)	Nacht		dB(A)	
										dB(A)	dB(A)	dB		
18	Vaihinger Straße 15	3.OG	WA	55	40	43	41	-	1	60	51	-	68	66
19	Vaihinger Straße 29	EG	WA	55	40	35	32	-	-	60	43	-	64	62
		1.OG		55	40	35	33	-	-	60	43	-	66	64
		2.OG		55	40	36	33	-	-	60	45	-	66	65
20	Jägerstraße 1	EG	WA	55	40	18	16	-	-	60	23	-	44	42
		1.OG		55	40	19	17	-	-	60	24	-	47	45
		2.OG		55	40	20	19	-	-	60	25	-	49	48

Anlage 3.1.1 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
 Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Tageszeitraum (07:00 bis 20:00 Uhr)



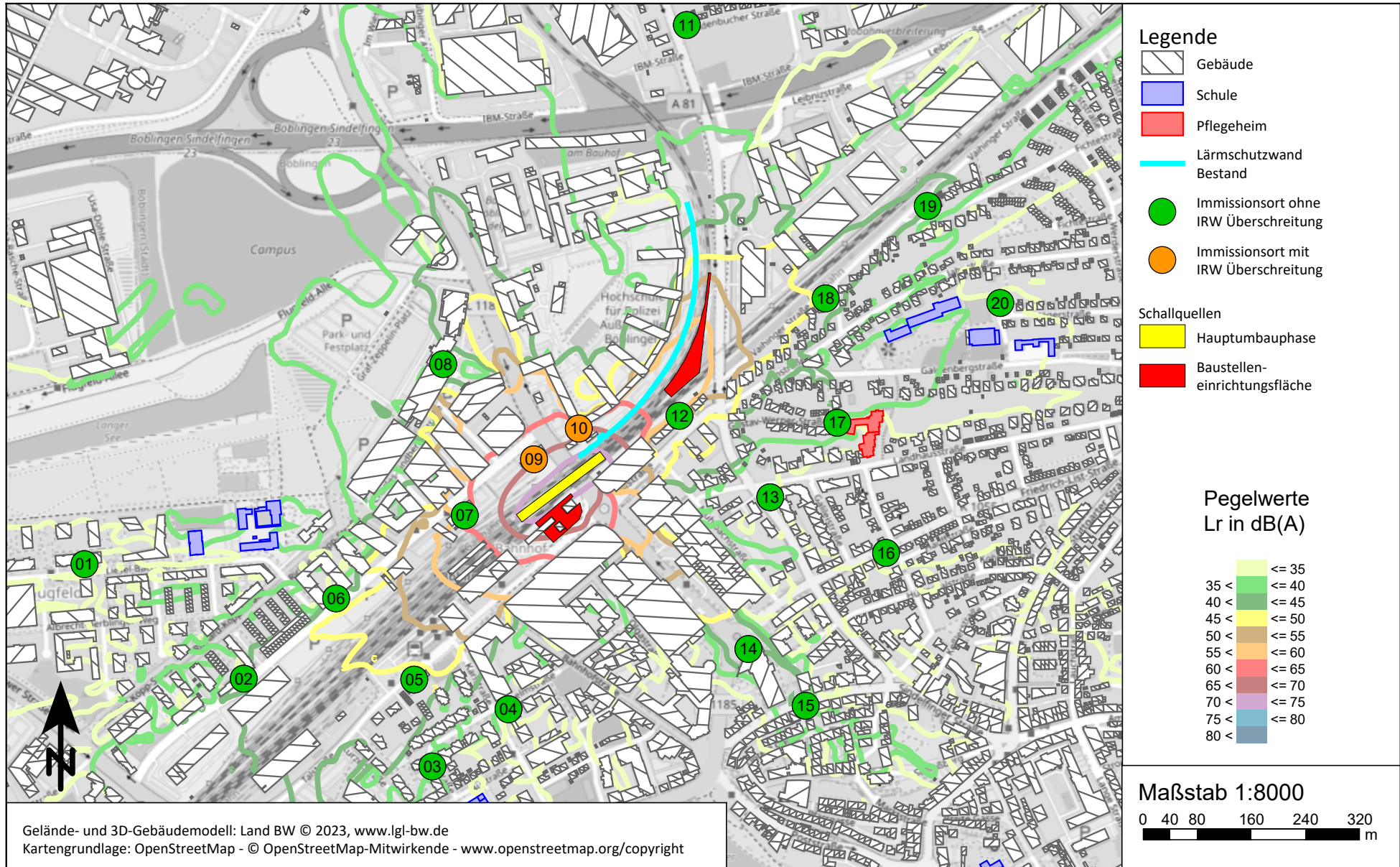


Anlage 3.1.2 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 1 - Vorlaufschichten  
 Dauer: 11 Tage und 33 Nächte, Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr)



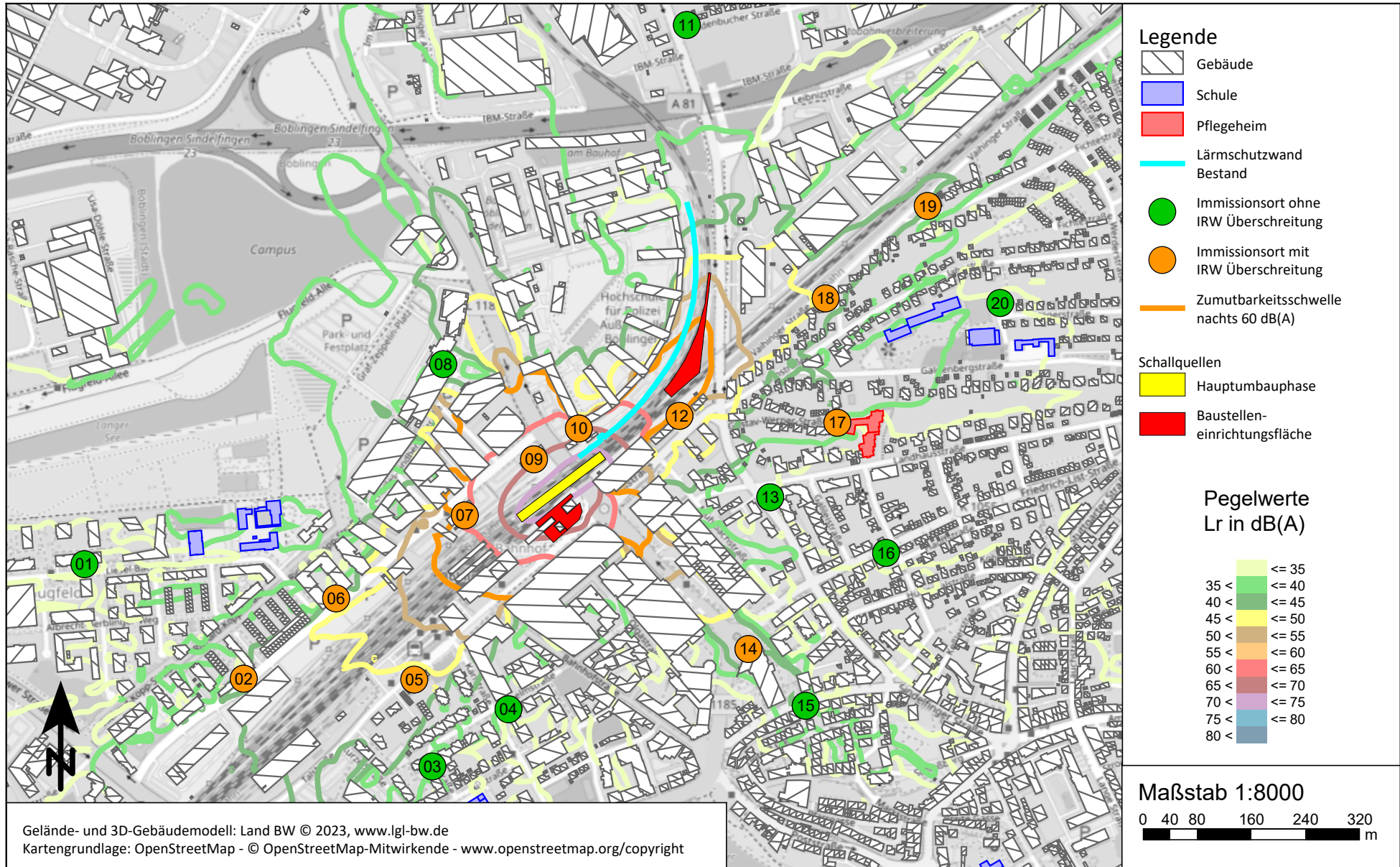


Anlage 3.2.1 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
 Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Tageszeitraum (07:00 bis 20:00 Uhr)



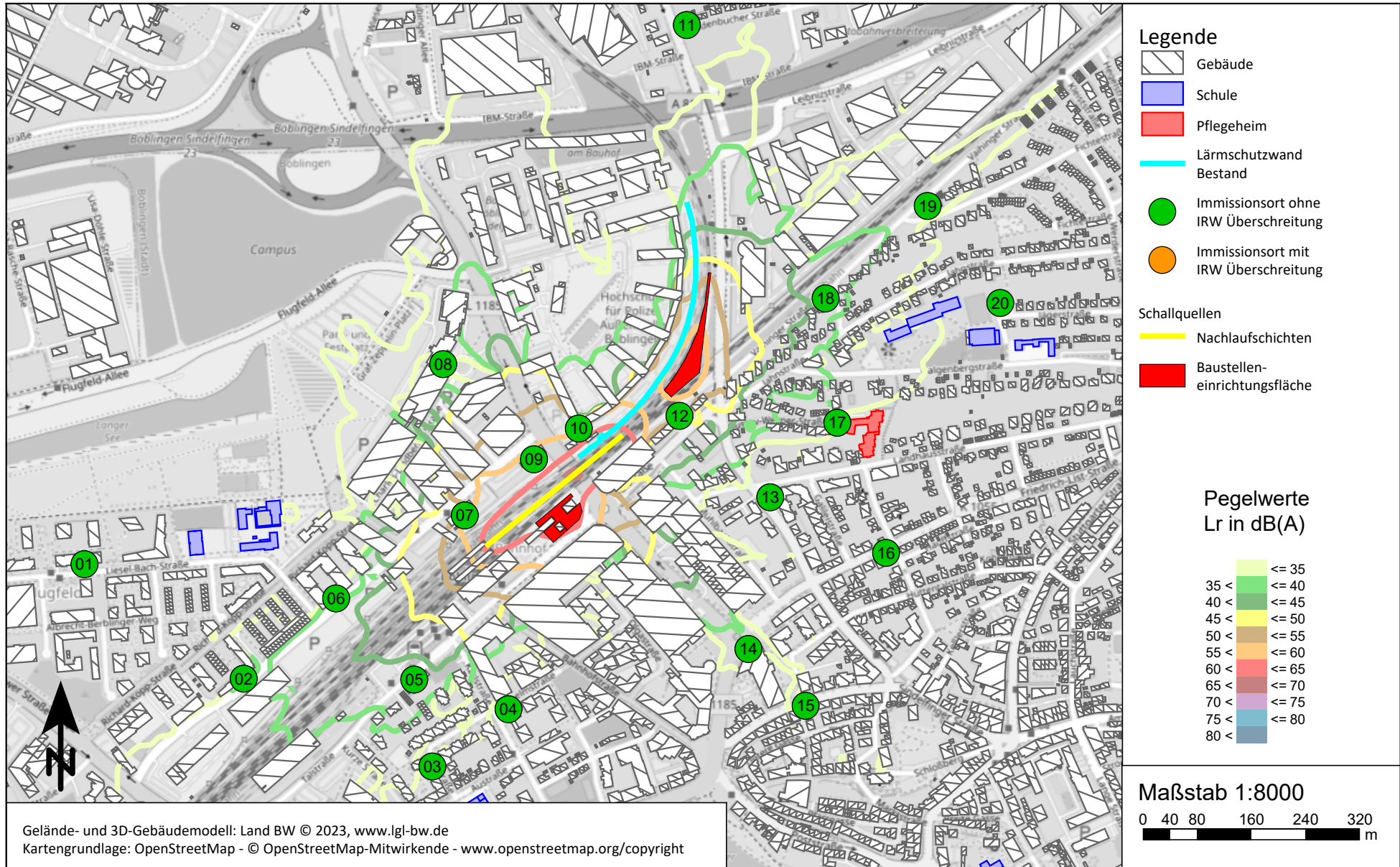


Anlage 3.2.2 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 2 - Hauptumbauphase  
 Dauer: 7 Tage und 7 Nächte, Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr)



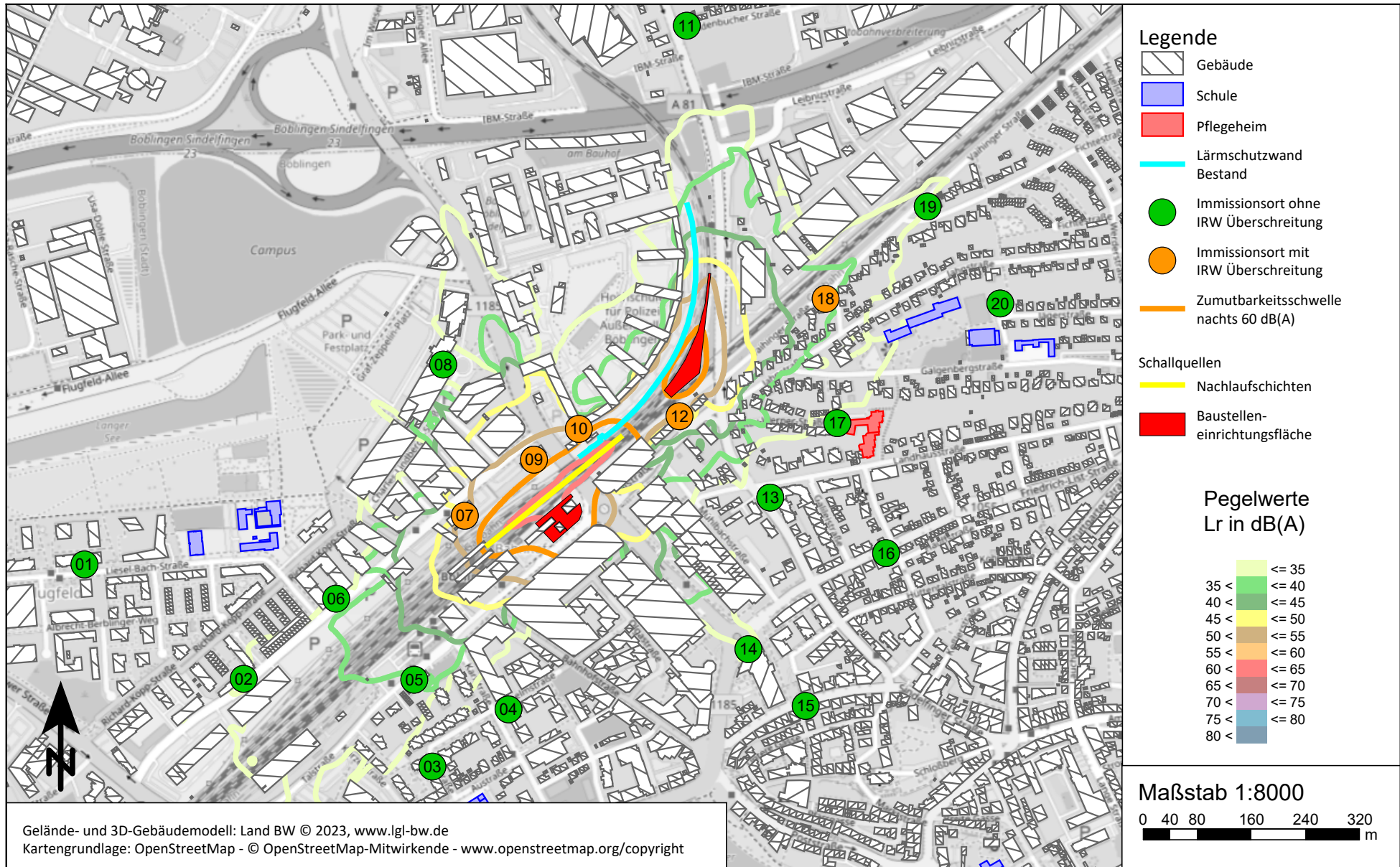


Anlage 3.3.1 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
 Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Tageszeitraum (07:00 bis 20:00 Uhr)





Anlage 3.3.2 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 12,9 m  
 Lärmsituation während Bauphase 3 - Nachlaufschichten  
 Dauer: 3 Tage und 7 Nächte, Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr)



# Anlage 4: Emissionsberechnungen nach Schall 03 Strecke 4870 und 4860

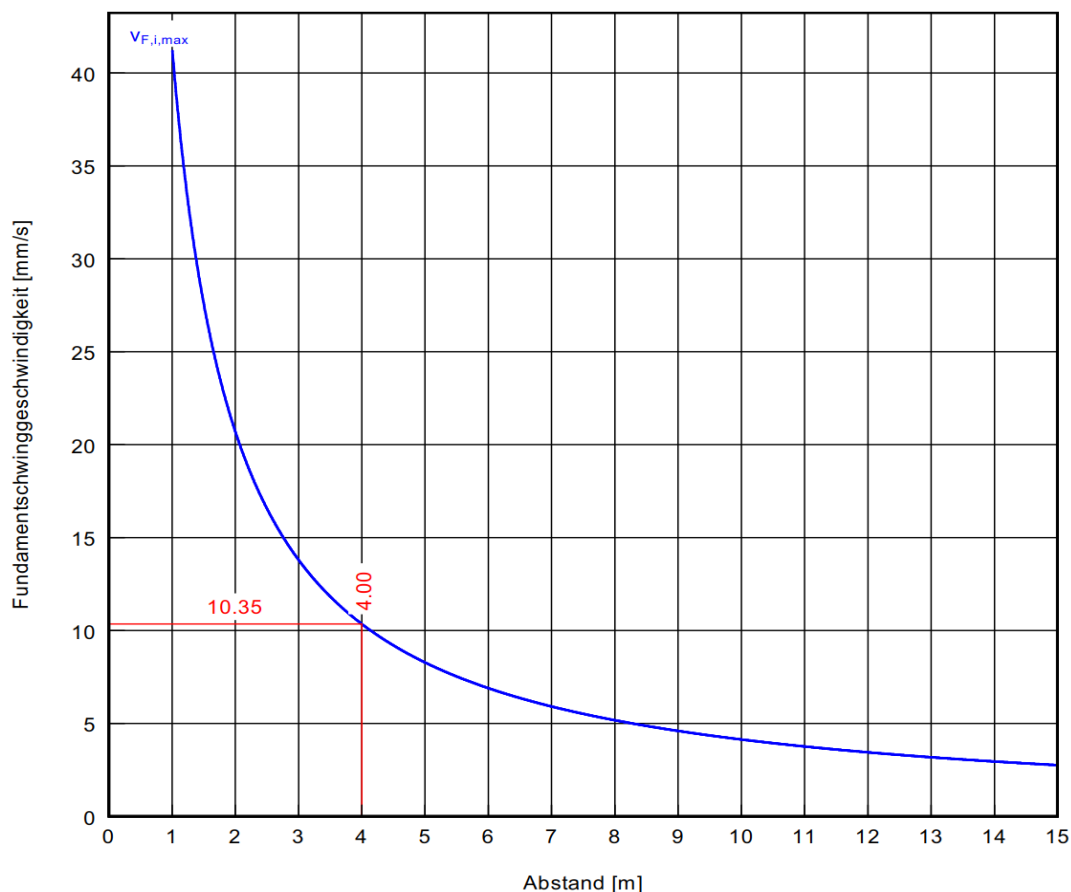


	Zugart Name	Anzahl Züge		Geschwin- digkeit km/h	Länge je Zug m	Max	Emissionspegel L'w [dB(A)]					
		Tag	Nacht				Tag			Nacht		
							0 m	4 m	5 m	0 m	4 m	5 m
4870 Gleis: 1		Richtung:		Abschnitt: 1 Km: 0+000								
3	S-Bahn	-	-	120	36	-	-	-	-	-	-	-
4	Güterzug (bespannt mit E-Lok)	62,0	16,0	100	470	-	92,3	67,4	48,8	89,4	64,5	45,9
-	Gesamt	62,0	16,0	-	-	-	92,3	67,4	48,8	89,4	64,5	45,9
4860 Gleis: 2		Richtung:		Abschnitt: 1 Km: 0+000								
1	ICE 3-Vollzug	14,0	2,0	300	402	-	79,1	59,4	53,5	73,6	54,0	48,1
2	Nahverkehrszug (bespannt mit E-Lok)	13,0	2,0	160	151	-	82,5	61,6	52,2	77,4	56,5	47,1
3	S-Bahn	56,0	9,0	120	36	-	73,9	56,1	52,3	69,0	51,1	47,4
4	Güterzug (bespannt mit E-Lok)	4,0	5,0	100	470	-	80,4	55,5	36,9	84,3	59,5	40,9
-	Gesamt	87,0	18,0	-	-	-	85,9	64,9	57,5	85,5	62,3	52,6
4860 Gleis: 2		Richtung:		Abschnitt: 2 Km: 0+859								
1	ICE 3-Vollzug	14,0	2,0	300	402	-	77,1	58,4	47,3	71,7	53,0	41,9
2	Nahverkehrszug (bespannt mit E-Lok)	12,0	2,0	160	151	-	80,1	60,3	45,6	75,3	55,5	40,9
3	S-Bahn	63,0	9,0	120	36	-	74,4	56,6	52,8	69,0	51,1	47,4
4	Güterzug (bespannt mit E-Lok)	2,0	2,0	100	470	-	77,4	52,5	33,9	80,4	55,5	36,9
-	Gesamt	91,0	15,0	-	-	-	83,7	63,8	54,5	82,2	60,1	49,4
4860 Gleis: 1		Richtung:		Abschnitt: 1 Km: 0+000								
1	ICE 3-Vollzug	13,0	2,0	300	402	-	76,8	58,1	47,0	71,7	53,0	41,9
2	Nahverkehrszug (bespannt mit E-Lok)	12,0	3,0	160	151	-	80,1	60,3	45,6	77,1	57,3	42,6
3	S-Bahn	63,0	10,0	120	36	-	74,4	56,6	52,8	69,4	51,6	47,8
4	Güterzug (bespannt mit E-Lok)	2,0	2,0	100	470	-	77,4	52,5	33,9	80,4	55,5	36,9
-	Gesamt	90,0	17,0	-	-	-	83,7	63,7	54,5	82,6	60,9	50,0
4860 Gleis: 1		Richtung:		Abschnitt: 2 Km: 1+400								
1	ICE 3-Vollzug	14,0	2,0	300	402	-	79,1	59,4	53,5	73,6	54,0	48,1
2	Nahverkehrszug (bespannt mit E-Lok)	13,0	3,0	160	151	-	82,5	61,6	52,2	79,1	58,2	48,9
3	S-Bahn	55,0	11,0	120	36	-	73,8	56,0	52,2	69,8	52,0	48,3
4	Güterzug (bespannt mit E-Lok)	4,0	5,0	100	470	-	80,4	55,5	36,9	84,3	59,5	40,9
-	Gesamt	86,0	21,0	-	-	-	85,9	64,9	57,5	85,9	62,9	53,4

Vibrationsramme  
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)  
Gewerbe-, Industriebauten  
Abstand zum Gebäude  $r$  [m]: 4.00

Gerätename: Vibrationsramme  
Leistung Vibrationsramme [kW]: 150.00  
Frequenz Vibrationsramme [1/s]: 30.00

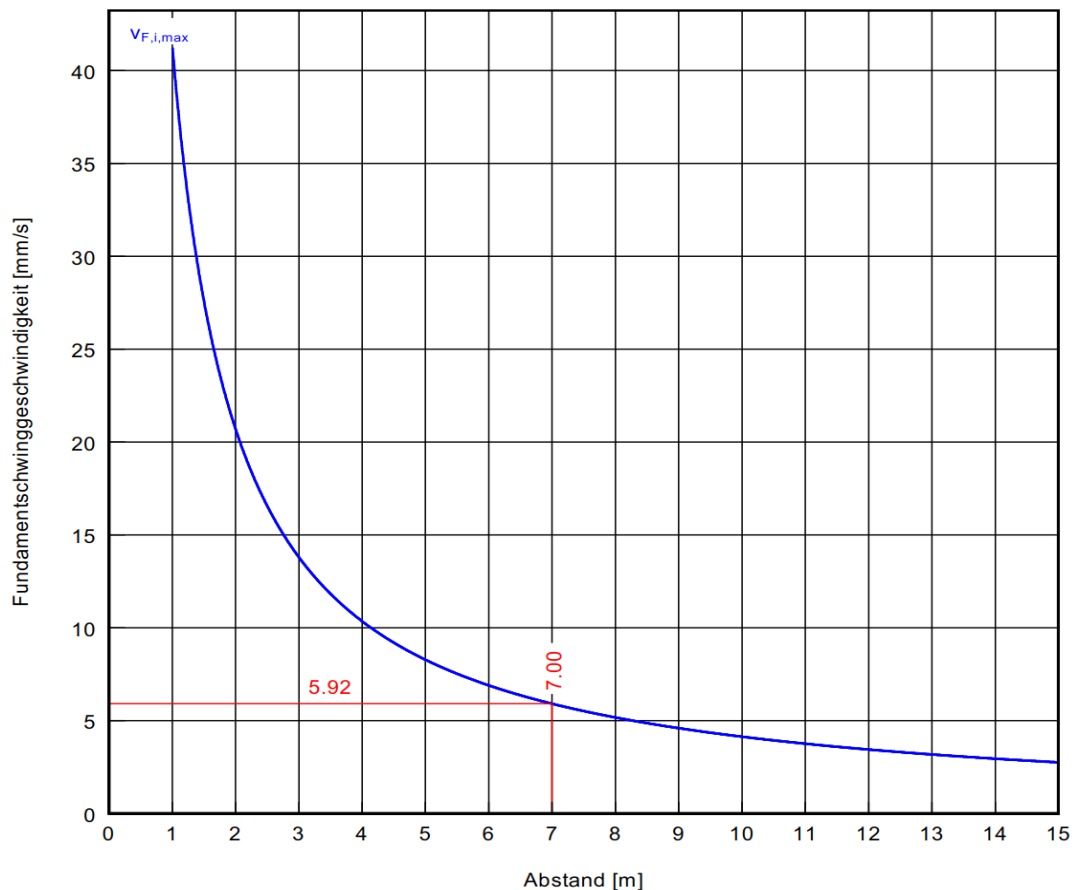
Ergebnisse  
Energie pro Schwingungsperiode  $E$  [kJ·m] = 5.00  
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung  $a_{\text{Boden,R}}$  [mm/s<sup>2</sup>] = 2497.32  
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s<sup>2</sup>] =  $g/3 = 3300.00$   
Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{F,i,\max}$  [mm/s] = 10.35  
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50  
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 15.53  
**Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00**  
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50  
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 15.53  
**Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00**



Vibrationsramme  
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)  
Gewerbe-, Industriebauten  
Abstand zum Gebäude  $r$  [m]: 7.00

Gerätename: Vibrationsramme  
Leistung Vibrationsramme [kW]: 150.00  
Frequenz Vibrationsramme [1/s]: 30.00

Ergebnisse  
Energie pro Schwingungsperiode  $E$  [kJ·m] = 5.00  
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung  $a_{\text{Boden,R}}$  [mm/s<sup>2</sup>] = 1427.04  
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s<sup>2</sup>] =  $g/3 = 3300.00$   
Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{F,i,\text{max}}$  [mm/s] = 5.92  
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50  
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 8.87  
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00  
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50  
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 8.87  
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Vibrationsramme

Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)

Wohngebäude

Abstand zum Gebäude  $r$  [m]: 14.00

Gerätename: Vibrationsramme

Leistung Vibrationsramme [kW]: 150.00

Frequenz Vibrationsramme [1/s]: 30.00

Ergebnisse

Energie pro Schwingungsperiode  $E$  [kJ·m] = 5.00

Resultierende Bodenschwingbeschleunigung  $a_{\text{Boden,R}}$  [mm/s<sup>2</sup>] = 713.52

Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s<sup>2</sup>] =  $g/3 = 3300.00$

Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{F,i,\text{max}}$  [mm/s] = 2.96

Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50

Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 4.44

Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00

Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50

Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 4.44

Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00

