



Baulärm- und Erschütterungsprognose für die Erneuerung der Eisenbahnüberführung an Bahn-km 66,141 der Strecke 4760 in Thalfingen bei Ulm

Baulärm- und Erschütterungsprognose für die Erneuerung der Eisenbahnüberführung an Bahn-km 66,141 der Strecke 4760 in Thalfingen bei Ulm

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 70 Seiten, davon 50 Seiten Text und 20 Seiten Anlagen.

Auftraggeber: DB InfraGO AG
Regionalbereich Südwest
Presselstraße 17
70191 Stuttgart

Berichtsnummer: VL 9832-1

Datum: 27.05.2024

Referenz: SiS/ CMi

Ansprechperson: Claudio Minardi
+49 211 999 58 26 52
claudio.minardi@peutz.de



Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage
D-PL-20140-01-00 festgelegten Umfang der Bereiche
Geräusche und Erschütterungen.
Messstelle nach § 29b BImSchG

Peutz Consult GmbH, Kolberger Straße 19, 40599 Düsseldorf, Tel. +49 211 999 582 60
Geschäftsführer: Dr. ir. Martijn Vercammen, ir. Ferry Koopmans, ing. David den Boer
AG Düsseldorf, HRB Nr. 22586, Ust-IdNr. DE 119424700, Steuer-Nr. 106/5721/1489
info@peutz.de, www.peutz.de

Düsseldorf – Dortmund – Berlin – Nürnberg – Leuven – Paris – Lyon – Mook – Zoetermeer – Groningen – Eindhoven

VL 9832-1
27.05.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	6
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien	7
3	Beurteilungsgrundlagen	10
3.1	Baulärm	10
3.1.1	AVV Baulärm	10
3.1.2	Zusätzliche Aspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen	11
3.1.3	Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen	13
3.2	Erschütterungen	16
3.2.1	Allgemeines	16
3.2.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	17
3.2.3	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	19
4	Örtliche Gegebenheiten und Baubeschreibung	23
4.1	Gebietsnutzung im Umfeld	23
4.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahme	23
5	Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm	25
5.1	Allgemeine Vorgehensweise	25
5.2	Emissionen der Baumaschinen und Geräte	26
5.3	Emissionen der Vorbelastung	27
5.4	Ergebnisse der Immissionsberechnungen	28
5.4.1	Bauphase 1: Vorabmaßnahmen (4 Wochen, Tageszeitraum)	28
5.4.2	Bauphase 2: Herstellung Unterbauten (12 Wochen, Tageszeitraum)	29
5.4.3	Bauphase 3: Rück- und Neubau EÜ (1 Woche, Tages- und Nachtzeitraum)	29
5.4.4	Bauphase 4: Nacharbeiten (4 Wochen, Tageszeitraum)	31
5.4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	31
5.5	Minderungsmaßnahmen	33
6	Erschütterungstechnische Betrachtungen	35
6.1	Vorbemerkungen	35
6.2	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlage	37
6.3	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden	38

6.3.1	Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen gemäß DIN 4150, Teil 2 für den Tageszeitraum	42
6.3.2	Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen gemäß DIN 4150, Teil 2 für den Nachtzeitraum	43
6.4	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen	44
6.5	Minderungsmaßnahmen für das vorliegende Bauvorhaben	45
7	Zusammenfassung	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm	10
Tabelle 3.2:	Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm	11
Tabelle 3.3:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen (außer Sprengungen) zum Tageszeitraum	18
Tabelle 3.4:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	19
Tabelle 3.5:	Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [15]	19
Tabelle 3.6:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3 [7]	20
Tabelle 3.7:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 4 der DIN 4150, Teil 3 [7]	21
Tabelle 4.1:	Darstellung der schalltechnischen Bauphasen	24
Tabelle 5.1:	Auflistung der Baumaschinen mit Angabe der Schallleistungspegel	26
Tabelle 5.2:	Übersicht der berücksichtigten Gesamt-Schallleistungspegel der einzelnen Bauphasen	27
Tabelle 5.3:	Übersicht der Pegelreduzierungen durch den separaten Geräteeinsatz	30
Tabelle 6.1:	Berücksichtigte Baumaschinen für die Erschütterungsprognose	36
Tabelle 6.2:	Berücksichtigte Berechnungsformeln für die Erschütterungsprognose gemäß Literatur [16]	36
Tabelle 6.3:	Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-3	38

Tabelle 6.4:	Anhaltswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2	39
Tabelle 6.5:	Eigenfrequenzen von Decken	40
Tabelle 6.6:	Berücksichtigte Gebäude und Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für den Tageszeitraum	41
Tabelle 6.7:	Berücksichtigte Gebäude und Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für den Nachtzeitraum	41
Tabelle 6.8:	Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 ohne Resonanzfall, Tageszeitraum	42
Tabelle 6.9:	Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 mit Resonanzfall, Tageszeitraum	42
Tabelle 6.10:	Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 ohne Resonanzfall, Nachtzeitraum	43
Tabelle 6.11:	Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 mit Resonanzfall, Nachtzeitraum	43

1 Situation und Aufgabenstellung

Die DB InfraGO AG plant die Erneuerung einer Eisenbahnüberführung an der Strecke 4760 an Bahn-km 66,141. Im Zuge der Bauarbeiten finden zunächst Rodungs- und Kabelarbeiten statt. Anschließend werden die neuen Unterbauten in Seitenlage hergestellt und nach Rückbauarbeiten am Bestand in die Endlage verschoben.

In dieser Untersuchung werden die zu erwartenden Baulärmimmissionen mit einer Ausbreitungsberechnung gemäß der DIN ISO 9613-2 [8] berechnet und anschließend gemäß AVV Baulärm [4] in Verbindung mit der aktuellen Rechtsprechung beurteilt. Für die Berechnungen werden die Abläufe der Baumaßnahme in schalltechnisch relevante Bauphasen unterteilt. Hierbei ergeben sich insgesamt vier Bauphasen.

Abhängig von der Höhe der Baulärmimmissionen und der Vorbelastung durch den vorhandenen Verkehrslärm ist ein Lärminderungskonzept zu erarbeiten, um die zu erwartenden Immissionen auf ein erreichbares Mindestmaß zu beschränken.

Weiterhin sind Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen zu tätigen. Es werden hierbei die in den nächstgelegenen Gebäuden durch die Baumaßnahmen entstehenden Erschütterungen prognostiziert und anhand der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 [6] und Teil 3 [7] beurteilt. Gegebenenfalls werden bei Überschreitungen der Anhaltswerte Minderungsmaßnahmen empfohlen.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[1] BImSchG Bundes- Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G	Aktuelle Fassung
[2] 24. BImSchV 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] 32. BImSchV 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] AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, Geräuschimmissionen	Beilage zum BAnz Nr. 160 vom 1. September 1970	VV	19.08.1970
[5] DIN 4150, Teil 1	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	Juni 2001
[6] DIN 4150, Teil 2	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	Juni 1999
[7] DIN 4150, Teil 3	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	2016
[8] DIN ISO 9613, Teil 2	Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Allgemeines Berechnungsverfahren;	N	Ausgabe Oktober 1999
[9] DIN 45 669, Teil 1	Messung von Schwingungs- immissionen - Schwingungs- messer, Anforderungen, Prüfung	N	September 2010

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[10] DIN 45 669, Teil 2	Messung von Schwingungs- immissionen - Messverfahren	N	Juni 2005
[11] Schall 03 Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schie- nenwegen	Bundesgesetzblatt Jahrgang 2014 Teil I Nr. 61, ausgegeben zu Bonn am 23.12.2014	RIL	in Kraft ge- treten am 01.01.2015
[12] VDI 2719	Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen	RIL	August 1987
[13] Technischer Bericht zur Un- tersuchung der Geräusche- missionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Um- welt, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 247	Lit.	1998
[14] Technischer Bericht zur Un- tersuchung der Geräusche- missionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Um- welt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 2	Lit.	2004
[15] Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit.	2003
[16] Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten	Institut für Bauforschung e.V. Hannover	Lit.	2006
[17] Expertensystem für Lärm- und Erschütterungsprogno- sen 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 Erschüt- terungen	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 ge- gen Baulärm bei Arbeiten an einer Bahnstrecke des OVG Rheinland-Pfalz	OVG Rheinland-Pfalz 8 C 11694/17	Lit.	10.10.2018
[21] Verfügung zur Überschrei- tung der Immissionsrichtwer- te nach AVV Baulärm	Eisenbahn-Bundesamt	Lit.	12.01.2021
[22] Anlage 1 zur Verfügung Überschreitung der Immissi- onsrichtwerte nach AVV Bau- lärm	Eisenbahn-Bundesamt	Lit.	12.01.2021

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[23] Geodaten (DGM, LoD1)	Bayrisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung	P	2024
[24] Lärmkartierung	Bayrisches Landesamt für Umwelt	P	2017
[25] Zugzahlen	zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	2024
[26] Planunterlagen	Konstruktionsgruppe Bauen AG	P	2024
[27] Bebauungspläne	Onlineauskunft der Stadt Eichingen (Geoport Neu-Ulm (gisserver.de))	P	Abruf am 30.04.2024

Kategorien:

G: Gesetz

V: Verordnung

VV: Verwaltungsvorschrift

RdErl.: Runderlass

N: Norm

RIL: Richtlinie

Lit: Buch, Aufsatz, Berichtigung

P: Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Baulärm

3.1.1 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 3.1 aufgeführt. Für die Festlegung der Gebietseinstufungen ist von Festsetzungen in Bebauungsplänen, oder sollten keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, von der tatsächlichen Nutzung auszugehen.

Tabelle 3.1: 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
Kurgebiete, 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 3.2 angegebenen Zeitkorrekturen zu berücksichtigen.

Tabelle 3.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm

Durchschnittliche Betriebsdauer in der Zeit von		Zeitkorrektur [dB]
Tageszeit 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr	Nachtzeit 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr	
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 einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) den Immissionsrichtwert in der Nacht um mehr als 20 dB überschreiten. Die AVV Baulärm macht keine Aussagen zu Geräuschen innerhalb von Räumen.

Aufgrund des Alters der AVV Baulärm (1970) sind bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen auch stets die aktuellen Rechtsprechungen und die sich daraus ergebenden Aspekte bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen zu berücksichtigen.

3.1.2 Zusätzliche Aspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen

Innenpegel

Ab wann eine nachteilige Wirkung durch Baulärm für Betroffene vorliegt, ist nicht eindeutig bestimmt. Aus der Rechtsprechung [19] und anderen Regelungen zum Thema Lärm, zum Beispiel 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 herleiten, 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, und
- 30 dB(A) für Schlafräume nachts.

Im Rahmen einer Prognoseberechnung zu Baulärmimmissionen ist es flächendeckend nur möglich die Immissionen gemäß AVV Baulärm 0,5 m vor einem Fenster zu einer schutzbedürftigen 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 stehen und organisatorische Maßnahmen ausgeschöpft sind, kann das Ergebnis einer Abwägung auch sein, Anwohnern für eine begrenzte Zeit zuzumuten, Fenster geschlossen zu halten, sofern dann auch ausreichend niedrige Innenpegel vorliegen [20]. Inner-

halb des Tageszeitraumes 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 Tageszeitraum. 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, zum Beispiel Außenluftdurchlässe oder Lüftungsanlagen, vorhanden sind.

Es lassen sich überschlägig für gängige Wohnraumabmessungen im Wohnungsbau Beurteilungspegel vor den Fenstern ableiten, welche in der Regel zu den oben aufgeführten Innenraumpegeln führen werden. Zur Einhaltung eines Innenraumpegels von 40 dB(A) im Tageszeitraum 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]. Entsprechend 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].

Vorbelastung

Generell ist als erstes Ziel für Bauvorhaben die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm vorgesehen. Das Bundesverwaltungsgericht urteilte bezüglich der Baulärmimmissionen beim Bau der sogenannten Kanzler-U-Bahn in Berlin entlang der Friedrichstraße [19], dass neben der Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm in einem innerstädtischen Bereich oder Bereichen, in denen weitere prägnante Lärmeinflüsse durch zum Beispiel Verkehr, Gewerbe oder anderen Lärmquellen vorherrschen, diese bei der Beurteilung der Baulärmimmissionen mit zu berücksichtigen sind. Das Urteil beinhaltet auch Aussagen dazu, dass neben den Beurteilungspegeln 0,5 m vor offenbaren Fenstern zu schutzbedürftigen Raumnutzungen, der Innenraumpegel (siehe 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 beanstandet, dass bei Vorliegen von Verkehrslärmimmissionen, welche für die örtliche Umgebungen typisch sind und nicht explizit während der Bautätigkeit auch vorzuliegen haben, die Baulärmimmissionen 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. Die TA Lärm ist jedoch nicht für die Beurteilung der Immissionen heranzuziehen. In der TA Lärm wird bei der Betrachtung mehrerer Lärmquellen geschlussfolgert, dass eine zusätzliche Anlage, welche in ihrem Beurteilungspegel 6 dB leiser ist als die vorhandenen Lärmquellen in Summe, nicht relevant zum Gesamtlärm beiträgt. Somit könnte abgeleitet werden, dass dies besonders für zeitlich beschränkt einwirkende Baulärmimmissionen auch zutreffend ist, 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 Beurteilungspegel der Vorbelastung mindestens 10 dB höher sind als die des Baulärms. Dies ist dadurch herzuleiten, dass sich bei der Addition von kaufmännisch gerundeten Schallpegeln, die sich um mindestens 10 dB unterscheiden, keine Erhöhung des höheren Schalldruckpegels ergibt. So ist zum Beispiel $70 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$. 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 können in der Regel so angesetzt werden, dass der Maximalpegel (im zu betrachtenden Nachtzeitraum) etwa 10 dB über dem berechneten Beurteilungspegel des Schienenverkehrslärms liegt.

3.1.3 Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen

Maßnahmen zur Minderung der Baustellengeräusche sollen gemäß aktueller Rechtsprechung [19] 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 Bauverfahren
- Beschränkung der Betriebszeit lautstarker 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.

Verfügung des Eisenbahn-Bundesamtes zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte (EBA)

In Ergänzung zur Verfügung über den Umgang mit bauzeitlichem Lärm in der Planfeststellung vom 19.09.2016 gilt seit 12.01.2021 die Verfügung zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach AVV Baulärm [21]. Darin wird die Wahl des Zulassungsverfahrens sowie die Einordnung möglicher Umweltauswirkungen beschrieben. Dies soll zur besseren baubetrieblichen Nutzbarkeit der im Nachtzeitraum als zumutbar geltenden Überschreitungen dienen. Darüber hinaus wird der Umgang mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte erläutert.

Gemäß Punkt 2 a Absatz 1 der Anlage 1 der Verfügung zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte [22] gilt nicht jede Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm als unzumutbar. Demnach kann es in konkreten Einzelfällen dazu kommen, dass der Immissionsrichtwert ausnahmsweise als weniger schutzwürdig zu beurteilen ist [22]. Damit zählt dies nach Punkt 2 a Absatz 3 zusätzlich zu Nummer 5.2 der AVV Baulärm [22] als nicht zu vermeidende und vermindernde schädliche Umwelteinwirkung und ist somit hinzunehmen [22]

Es ist sicherzustellen, dass alle Maßnahmen zur Minimierung und Vermeidung von Baulärm und der sich daraus ergebenden Überschreitungen der Immissionsrichtwerte ergriffen wurden. Sollten darüber hinaus Überschreitungen der Immissionsrichtwerte verbleiben, ergibt sich daraus (für ein eisenbahnrechtliches Planvorhaben) allein keine erhebliche nachteilige Umweltauswirkung noch eine mehr als unwesentliche Beeinträchtigung der Rechte anderer im Tageszeitraum [21].

Des Weiteren besteht gemäß aktueller EBA-Verfügung [21] aus einer absehbaren, verbleibenden Überschreitung der Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum allein keine erhebliche nachteilige Umweltauswirkung noch eine mehr als unwesentliche Beeinträchtigung der Rechte anderer, wenn

- innerhalb eines Zeitraums von 30 Tagen die Immissionsrichtwerte im Nachtzeitraum an mindestens 18 Nächten eingehalten werden,
- die Immissionsrichtwerte an nicht mehr als vier aufeinanderfolgenden Nächten überschritten werden,
- auf eine Phase der Überschreitung der Immissionsrichtwerte mindestens eine Erholungsphase von vier Nächten folgt, in denen die Immissionsrichtwerte eingehalten werden, und
- die Dauer der gesamten Baumaßnahme 90 Tage nicht überschreitet.

Durch die Beschränkung der Gesamtdauer der Baumaßnahme auf 90 Tage soll sichergestellt werden, dass sich auch aus einer Kombination von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm zur Tag- und zur Nachtzeit keine unzumutbaren Belastungen ergeben, die das Maß des Zumutbaren überschreiten.

Zur Kontrolle der genannten Vorgaben für den Nachtzeitraum ist die Beauftragung eines Baulärmverantwortlichen (Mitarbeiter einer nach § 29 b BImSchG bekannt gegebenen Messstelle oder öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Immissionsschutz) in Betracht zu ziehen. Dieser dient den Betroffenen (von Baulärm und bauzeitlichen Erschütterungen) vor Ort als Ansprechpartner für Beschwerden. Die Kontaktdaten des Baulärmverantwortlichen sind der Planfeststellungsbehörde sowie den Anwohnern mindestens zwei Wochen vor Baubeginn mitzuteilen [22].

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] heißt es unter Punkt 2. b ("Der Tatbestand der Nummer 5.2.2 der AVV Baulärm"):

„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.“

3.2 Erschütterungen

3.2.1 Allgemeines

Erschütterungen sind mechanische Schwingungen, welche durch bestimmte Erschütterungsquellen ausgelöst werden und die eingeleitete Schwingungsenergie über den Boden in Form von Wellen auf Gebäude übertragen. Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen erfolgt dabei anhand der DIN 4150 "Erschütterungen im Bauwesen".

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 [7] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [6] 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 [9] 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 ermit-

telten Taktmaximalwerten KB_{FT} wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} nach nachfolgender Gleichung berechnet:

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

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} und zum anderen, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTTr} .

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [6] mit folgender Gleichung berechnet:

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

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

T_{ej} = Teileinwirkungszeiten

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

3.2.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FTTr} werden mit den 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 die Anhaltswerte gemäß Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2. Darin sind deutlich höhere Anhaltswerte als bei einer Beurteilung von gewerblich oder verkehrlich induzierten Erschütterungen gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 angegeben. 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 im Tageszeitraum nicht weiter nach Gebietseinstufungen unterschieden. Im Nachtzeitraum hingegen sind gebietsspezifische Anhaltswerte anzusetzen. Für besonders schützenswerte Gebäude wie z. B. Krankenhäuser sind die 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.

Tabelle 3.3: 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_u	A_o*)	A_r	A_u	A_o*)	A_r	A_u	A_o*)	A_r
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 ₀ = 6									

Hierbei sind je nach Dauer der Baumaßnahme und Grad der Anwohnerinformation drei unterschiedliche Anhaltswerte A_u, A_o und A_r angegeben. Für Einwirkzeiträume zwischen 1 und 7 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 [6]. Für Erschütterungseinwirkungen, die länger als 78 Tage andauern, macht die Norm keine Angaben. Diese sind nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalls individuell zu betrachten.

Für den Nachtzeitraum sind jeweils die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nach Tabelle 1 (hier Tabelle 3.4) heranzuziehen.

Tabelle 3.4: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsgrad	A _u		A _o		A _r	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Zeile 1: GI	0,4	0,3	6	0,6	0,2	0,15
Zeile 2: GE	0,3	0,2	6	0,4	0,15	0,1
Zeile 3: MI / MK	0,2	0,15	5	0,3	0,1	0,07
Zeile 4: WR / WA / WS	0,15	0,1	3	0,2	0,07	0,05
Zeile 5: SO besonders schutzbedürftig	0,1	0,1	3	0,15	0,05	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 $A_o \geq KB_{Fmax} > A_u$ 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.

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

Tabelle 3.5: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver 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

3.2.3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden während der Bauarbeiten sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [7] 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 Gebrauchswerts des betroffenen Bauwerks oder Bauteils im Hinblick auf die Nutzung mit sich bringt.

In den nachfolgenden Tabelle 3.7 und Tabelle 3.6 sind die in den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7] angegebenen Anhaltswerte für kurzzeitige und Dauererschütterungen dargestellt.

Tabelle 3.6: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3 [7]

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

^{a)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

^{b)} Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

Tabelle 3.7: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 4 der DIN 4150, Teil 3 [7]

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikal
		alle Frequenzen	
	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10*
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			

*) Unterabschnitt 6.1.2 "Beurteilung von Decken" der DIN 4150, Teil 3 ist zu beachten.

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 kurzzeitiger Erschütterungen nicht zutrifft.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150-3 sind 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 [7], 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 [7], jeweils nach Zeile 1 beurteilt (gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten), stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils Zeile 3, wird die Eigenschaft eines Bauwerkes verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen können.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils Zeile 1, können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

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.

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.

4 Örtliche Gegebenheiten und Baubeschreibung

4.1 Gebietsnutzung im Umfeld

Die Eisenbahnüberführung in Thalfingen befindet sich entlang der Eisenbahnstrecke 4760 an Bahn-km 66,141. Thalfingen gehört zur Gemeinde Elchingen und liegt im bayrisch-schwäbischen Landkreis Neu-Ulm, ca. 2 km nordöstlich von der gleichnamigen Stadt im Freistaat Bayern.

Bei einer Untersuchung nach der AVV Baulärm [4] sind bezüglich der Immissionsrichtwerte die Gebietsnutzungen gemäß den Festsetzungen in Bebauungsplänen [27] zugrunde zu legen. Gebiete für die keine Festsetzungen bestehen, sind entsprechend der tatsächlichen Schutzbedürftigkeit der vorhandenen Bebauung zu beurteilen.

Im Umkreis der Baumaßnahme befinden sich nördlich und östlich Gebiete, die gemäß der Bebauungspläne der Gemeinde Elchingen [27] als allgemeine Wohngebiete (WA) festgesetzt sind. Diese befinden sich nördlich der Straße "Am Bahndamm", südlich der Ulmer Straße, nördlich des Donau-Uferwegs sowie östlich der Straße "Kindergartenweg". Darüber hinaus befindet sich im nördlichen Bereich der Straße "Schützenweg" ein reines Wohngebiet (WR).

Für die übrigen Gebiete existieren keine rechtskräftigen Bebauungspläne. Daher werden die Gebietsnutzungen gemäß der tatsächlichen Nutzung und der sich nicht ändernden Gebietscharakteristik ebenfalls als allgemeine Wohngebiete eingestuft.

Eine Übersicht der örtlichen Gegebenheiten mit den berücksichtigten Immissionsorten und Gebietsnutzungen ist Anlage 1 zu entnehmen.

4.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahme

Im Rahmen der schalltechnischen Prognoseberechnungen zum Baulärm sind auf Grundlage von Bauablaufplanungen [26] mögliche baustellenbedingte Schallimmissionen während der untersuchten Baumaßnahmen zu ermitteln und gemäß AVV Baulärm [4] zu beurteilen.

Die Baumaßnahmen umfassen Rodungs- und Kabelarbeiten sowie die Einrichtung einer wasserdichten Baugrube, die Herstellung und den Einschub neuer Unterbauten sowie die Wiederherstellung der Strecke. Somit ergeben sich vier Bauphasen.

Die Arbeiten werden dabei sowohl im Tageszeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr, als auch im Nachtzeitraum von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr durchgeführt.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen schalltechnischen Bauphasen, deren Dauer in Wochen sowie eine Beschreibung der durchzuführenden Arbeiten dargestellt. Für die gesamte Baumaßnahme ist nach aktuellem Planungsstand von einer Dauer von ca. sechs Monaten angesetzt.

Tabelle 4.1: Darstellung der schalltechnischen Bauphasen

Bauphase	Dauer (Wochen)		Arbeitsschritte
	Tag	Nacht	
BP 1: Vorabmaßnahmen	4	-	- Baustelleneinrichtung - Rodung - Kabelarbeiten - Umleitung Kanal
BP 2: Herstellung Unterbauten	12	-	- Herstellen wasserdichte Baugrube - Wasserhalterung - Stahlbetonarbeiten - Ausbauarbeiten
BP 3: Rück- und Neubau EÜ	1	1	- Rückbau Oberbau - Rückbau Bestand - Verlängerung wasserdichte Baugrube - Gründungssohle - Verschub - Einhub - Wiederherstellung Strecke
BP 4: Nacharbeiten	4		- teilweiser Rückbau der Verbauten - Wiederherstellung Kanal und Kabel - Wiederherstellung Flächen - Umweltmaßnahmen

5 Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm

5.1 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 durchzuführenden Baulärmprognosen werden Immissionsberechnungen in Anlehnung an die AVV Baulärm mit Ausbreitungsrechnungen nach DIN ISO 9613-2 [8] durchgeführt.

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

Bei der Durchführung von schalltechnischen Berechnungen werden zunächst die Emissionen der einzelnen Bauphasen in Form von Schallleistungspegeln bestimmt. Hierzu werden die Emissionen für die in der Tabelle 5.1 aufgeführten Baumaschinen ermittelt. Diese wurden auf der Grundlage der vom Auftraggeber [26] zur Verfügung gestellten Angaben beziehungsweise durch Angaben aus allgemein anerkannten technischen Berichten [13][14] angesetzt. Für die eingesetzten Maschinen und Baugeräte wurde dabei eine Einhaltung des Standes der Technik vorausgesetzt. Ausgehend von diesen Emissionen werden Immissionsberechnungen für die Umgebung der Baustellenbereiche über die gesamte Bauzeit durchgeführt.

Da im vorliegenden Fall die Maschineneinsätze über die Dauer der Baumaßnahme nicht fest zu verorten sind, werden die Emissionen der Bauarbeiten als energetisch gemittelte Ersatzflächenschallquellen in dem verwendeten Berechnungsprogramm SoundPLAN 9.0 berücksichtigt. Die Gebäude- sowie Geländedaten wurden vom Bayrischen Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung zur Verfügung gestellt [23]. Die darin enthaltenen topografischen Informationen werden in Form eines digitalen Geländemodells und die bestehenden Gebäude im Umfeld als schallabschirmende und schallreflektierende Baukörper berücksichtigt.

Die in dieser schalltechnischen Untersuchung durchgeführte Baulärberechnung unterstellt, dass während der einzelnen schalltechnisch relevanten Bauphasen alle für diese Arbeiten aufgeführten Maschinen (vgl. Kapitel 5.2) 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.

Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Einzelpunktberechnungen in den jeweiligen Ergebnistabellen dargestellt (siehe Anlage 4). Neben detaillierten Einzelpunktberechnungen werden Isophonenkarten in einer Berechnungshöhe von 7,3 m (durchschnittliche Höhe 2. OG) über dem jeweils vorhandenen Bodenniveau berechnet und in Anlage 5 dargestellt. Die Berechnung der Schallausbreitung in abweichenden Höhen kann vom dargestellten Ergebnis abweichen.

5.2 Emissionen der Baumaschinen und Geräte

Zur Bestimmung der Emissionen, werden zunächst die mit dem Takt-Maximalpegelverfahren ermittelten Schallleistungspegel L_{WAT} der einzelnen Baumaschinen ermittelt. In den jeweiligen Schallleistungspegeln L_{WAT} sind nicht nur die reinen Maschinengeräusche, sondern auch Zuschläge für Impulshaltigkeit baustellentypischer Arbeitsvorgänge enthalten. Die somit für die einzelnen Baumaschinen berücksichtigten Schallleistungspegel L_{WAT} sind in Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Tabelle 5.1: Auflistung der Baumaschinen mit Angabe der Schallleistungspegel

Maschine mit baustellentypischen Arbeitsvorgängen	Schallleistungspegel L_{WAT} [dB(A)]
Allgemeiner Baustellenlärm	100
Kettenbagger mit Spitzmeißel	122
Kettensäge	109
LKW Fahrten	105
Mobilkran	108
Radbagger	106
Radlader	113
Rüttelplatte	113
Schweißaggregat	88
Transportmischer	100
Trennschleifscheibe	118
Vibrationsramme	120
Zweiwegebagger	109

Je Bauphase werden die einzelnen Schallleistungspegel der oben aufgeführten Baumaschinen, sowie die energetisch addierte und kaufmännisch gerundete Summe der Schallleistungspegel ermittelt. Eine detaillierte Auflistung aller Baumaschinen inklusive der Zeitkorrekturen ist nach schalltechnischen Bauphasen getrennt in Anlage 3 dargestellt.

Die Bauarbeiten sind gemäß AVV Baulärm im Tageszeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr sowie im Nachtzeitraum von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr geplant. Wie in Tabelle 3.2 dargestellt, wird für die Maschineneinsätze 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.

Aus den so ermittelten Schalleistungspegeln wird rechnerisch der Beurteilungspegel L_r gebildet, der an den umliegenden Immissionsorten im Beurteilungszeitraum darstellt, welche Immissionen zu erwarten sind. Zusätzlich wird das maximale, kurzzeitige Schallergebnis im Nachtzeitraum, also der Maximalpegel $L_{\max}$ nach der AVV Baulärm [4] 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.

Eine Übersicht über die berücksichtigten und auf die Beurteilungszeit bezogenen Gesamtschalleistungspegel L_{WAr} mit dem dazugehörigen Maximalpegel $L_{WAF\max}$ der einzelnen Bauphasen ist der folgenden Tabelle 5.2 zu entnehmen.

Tabelle 5.2: Übersicht der berücksichtigten Gesamt-Schalleistungspegel der einzelnen Bauphasen

Schalltechnische Bau- phase	L_{WAr} Tag [dB(A)]	L_{WAr} Nacht [dB(A)]	$L_{WAF\max}$ Nacht [dB(A)]	Maßgebliche Baumaschine für Maximalpegel
BP 1	105	-	-	-
BP 2	116	-	-	-
BP 3	125	125	130	Vibrationsramme
BP 4	110	-	-	-

In allen Bauphasen werden allgemein während des Baubetriebs auftretende Geräusche wie z.B. vereinzelt Lkw-Bewegungen, Rufen, Hämmern und Sägen in Form eines Schalleistungspegels $L_{WAT} = 100$ dB(A) für allgemeinen Baustellenlärm berücksichtigt.

5.3 Emissionen der Vorbelastung

Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, kann die Vorbelastung durch z.B. den Schienenverkehr relativierend zur Beurteilung des Baulärms hinzugezogen werden.

Da keine nach Schall 03 [11] in Kategorien aufgeteilte Zugzahlen vorliegen, wird die Vorbelastung näherungsweise anhand der bereitgestellten IST-Zugzahlen anhand einer BAST ermittelt [24]. Für die Zugkategorien SPNV, SPFV und SGV werden beispielhafte Züge aus vergleichbaren Verkehrslärmprojekten angesetzt.

Die Immissionsberechnungen werden entsprechend den Vorgaben der Schall 03 [11] für alle Immissionsorte durchgeführt. Abweichend von der Rechenvorschrift, werden die Immissionsorte analog zur AVV Baulärm 0,5 m vor dem geöffneten Fenster berücksichtigt. 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 vorherr-

schende Lärmsituation und ist nicht als vollwertige schalltechnische Untersuchung zum Schienenverkehrslärm zu betrachten. Die daraus resultierenden Emissionen sind in Anlage 6 zusammengefasst.

Die Verkehrslärmvorbelastung für die jeweiligen Immissionsorte ist den Einzelpunktberechnungen in Anlage 4 zu entnehmen.

5.4 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

Um eine quantitative Beurteilung der Lärmbelästigung der zur Eisenbahnüberführung nächstgelegenen und am stärksten belasteten Bebauung vorzunehmen, wurden die Pegel aus dem Baustellenlärm für 10 Immissionsorte im Bereich der Baumaßnahme detailliert prognostiziert. Die Immissionsorte sollen repräsentativ die Immissionen in der Umgebung der Baumaßnahme auf Grundlage der berechneten Emissionen wiedergeben. Die Beurteilungspegel sind den Ergebnistabellen in Anlage 4 zu entnehmen. Zusätzlich sind die Isophonenkarten in einer Berechnungshöhe von 7,3 m in Anlage 5 dargestellt.

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 im 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.

5.4.1 Bauphase 1: Vorabmaßnahmen (4 Wochen, Tageszeitraum)

Während der Vorabmaßnahmen in Bauphase 1 ergeben sich gemäß Anlage 4.1 im Tageszeitraum Beurteilungspegel von bis zu 58 dB(A) am Gebäude „Enge Gasse 9“ (Immissionsort 01). Damit werden die Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet um bis zu 3 dB überschritten. An allen weiteren Immissionsorten werden die Immissionsrichtwerte der jeweiligen Gebietsnutzung eingehalten.

An Immissionsort 01 zeigt sich, dass die üblicherweise vorliegende Vorbelastung aus dem Verkehrslärm mindestens 10 dB oberhalb der Beurteilungspegel des Baulärms liegt. Für diesen Immissionsort kommt es zu einer rechnerischen Überdeckung des Baulärms und somit nicht zu einer Erhöhung der Lärmsituation für die Anwohner.

Wie sich dem Schallimmissionsplan in Anlage 5.1 entnehmen lässt, kann es auch an den Gebäuden „Enge Gasse 8“ und „Enge Gasse 7“ zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes kommen. Diese sind auch am Bahnhofsgebäude

möglich, wo jedoch keine Wohnnutzung stattfindet. Insgesamt ergeben sich Überschreitungen des Immissionsrichtwertes eines allgemeinen Wohngebietes bis zu einem Abstand von ca. 50 m zur Baumaßnahme. Die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 25 m überschritten. Da jedoch anhand der Ergebnisse gemäß Anlage 3.1 ersichtlich ist, dass die Vorbelastung an dem Gebäude "Enge Gasse 9" ausreichend ist um den Baulärm zu überdecken, kann davon ausgegangen werden, dass dies auch für die Gebäude "Enge Gasse 7 und 8" gilt. Somit wird auch an den genannten Gebäuden die Lärmsituation nicht erhöht.

5.4.2 Bauphase 2: Herstellung Unterbauten (12 Wochen, Tageszeitraum)

Während der Herstellung der Unterbauten in Bauphase 2 ergeben sich gemäß Anlage 4.2 im Tageszeitraum Beurteilungspegel von bis zu 66 dB(A) am Gebäude „Enge Gasse 9“ (Immissionsort 01). Damit werden die Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet um bis zu 12 dB überschritten. An allen weiteren Immissionsorten werden die Immissionsrichtwerte der jeweiligen Gebietsnutzung eingehalten.

Pegel oberhalb von 70 dB(A), die sowohl die Schwelle der Zumutbarkeit darstellen, als auch zur Überschreitung der zulässigen Innenraumpegel von 40 dB(A) für Wohnräume führen kann, werden an keinem Immissionsort erreicht.

Wie sich dem Schallimmissionsplan in Anlage 5.2 entnehmen lässt, werden die Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet bis in eine Entfernung von ca. 120 m überschritten.. Die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 190 m überschritten.

5.4.3 Bauphase 3: Rück- und Neubau EÜ (1 Woche, Tages- und Nachtzeitraum)

Während des Rück- und Neubaus des EÜs in Bauphase 3 ergeben sich gemäß Anlage 4.3 im Tages- und Nachtzeitraum Beurteilungspegel von bis zu 82 dB(A) am Gebäude „Enge Gasse 9“ (Immissionsort 01). Damit werden im Tageszeitraum die Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet um bis zu 27 dB und im Nachtzeitraum um bis zu 42 dB(A) überschritten. Am Gebäude "Ulmer Straße 67" (Immissionsort 02) kommt es noch zu Pegeln von bis zu 74 dB(A) und damit zu Überschreitungen um bis zu 19 dB im Tages- und von bis zu 33 dB im Nachtzeitraum. Insgesamt sind 9 von 10 betrachteten Immissionsorten im Tageszeitraum und alle betrachteten Immissionsorte im Nachtzeitraum von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte betroffen.

Pegel oberhalb von 70 dB(A), die sowohl die Schwelle der Zumutbarkeit darstellen, als auch zur Überschreitung der zulässigen Innenraumpegel von 40 dB(A) für Wohnräume führen kann, werden an den Immissionsorten 01 und 02 erreicht. Analog werden Pegel oberhalb von 60 dB(A), welche im Nachtzeitraum die Schwelle der Zumutbarkeit darstellen, an den Immissionsorten 01 bis 03, 05 und 09 erreicht.

An Immissionsort 04 sind Beurteilungspegel von bis zu 53 dB(A) zu erwarten. Damit wird zwar der Immissionsrichtwert eines reinen Wohngebietes überschritten, jedoch eines allgemeinen Wohngebietes von 55 dB(A) eingehalten, weshalb noch von gesunden

Wohnverhältnissen ausgegangen werden kann. Darüber hinaus werden an den Immissionsorten 06, 08 und 10 ein Beurteilungspegel von bis zu 59 dB(A) erwartet. Damit wird zwar der Immissionsrichtwert eines allgemeinen Wohngebietes überschritten, jedoch eines Mischgebietes von 60 dB(A) eingehalten. Da in Mischgebieten regelmäßiges Wohnen vorgesehen ist, kann noch von gesunden Wohnverhältnissen ausgegangen werden.

Das Maximalpegelkriterium für Arbeiten im Nachtzeitraum wird an insgesamt neun Immissionsorten überschritten, wobei die höchsten Überschreitungen von bis zu 31 dB an Immissionsort 01 vorliegen.

Wie sich dem Schallimmissionsplan in Anlage 5.3.1 entnehmen lässt, sind noch weitere Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte im Tageszeitraum betroffen. Die Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes werden im Bereich von der westlichen Ortsgrenze im Bereich Oberthalfinger Weg und Badbergstraße, nördlich der Baumaßnahme bis zur Stutzelestraße und östlich der Baumaßnahme bis zur Straße "Am Inselweg" überschritten. Damit sind Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes im bewohnten Bereich in einer Entfernung von ca. 630 m von der Baumaßnahme möglich. Die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 360 m im bewohnten Bereich überschritten.

Im Nachtzeitraum sind, wie aus Anlage 5.3.2 ersichtlich, Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes in bis zu 1.600 m Entfernung möglich. Damit ist annähernd das gesamte Gebiet von Thalfingen von Überschreitungen betroffen, nur im Bereich der nördlichen "Junginger Straße", des "Gänsackerweg" und "Weitfelder Weg" werden die Immissionsrichtwerte eingehalten. Der östliche Teil des benachbarten Ortes Böfingen ist hiervon ebenfalls betroffen. Die Immissionsrichtwerte für ein Mischgebiet werden in bis zu 1.400 m Entfernung überschritten.

Für die Berechnung dieser Bauphase wurde zu Grunde gelegt, dass alle Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Es kommt gemäß der Angaben des Auftraggebers aber voraussichtlich nur jeweils während eines kurzen Zeitraums zum Einsatz der Vibrationsramme, der Trennschleifscheibe, des Hydraulikhammers und der Rüttelplatte. So ergibt sich ohne den Einsatz der zuvor genannten Geräte ein Schalleistungspegel von 117 dB(A). Zusätzlich dazu kommen jeweils separat die Vibrationsramme, die Trennschleifscheibe, der Hydraulikhammer und die Rüttelplatte zum Einsatz, aber niemals alle Geräte gleichzeitig. Hieraus ergibt sich folgende Neubewertung:

Tabelle 5.3: Übersicht der Pegelreduzierungen durch den separaten Geräteeinsatz

Kombination Baumaschinen	L _r Tag [dB(A)]	L _{WA,r} Tag [dB(A)]	Überschreitung Tag [dB]	L _{WA,r} Nacht [dB(A)]	Überschreitung Nacht [dB]
Alle Baumaschinen	126	82	27	82	42
Entfall Vibrationsramme, Hydraulikhammer, Rüttelplatte, Trennschleifscheibe	117	73	18	73	33

Kombination Baumaschinen	L_r Tag [dB(A)]	L_{WA_r} Tag [dB(A)]	Überschreitung Tag [dB]	L_{WA_r} Nacht [dB(A)]	Überschreitung Nacht [dB]
Zeile 2 + Vibrationsramme	124	80	25	80	40
Zeile 2 + Hydraulikhammer	123	79	24	79	39
Zeile 2 + Trennschleifscheibe	119	75	20	75	35
Zeile 2 + Rüttelplatte	118	74	19	74	34

Wie die Ergebnisse in Tabelle 5.3 zeigen, ergibt sich in jedem dieser weiterhin Beurteilungspegel oberhalb der Zumutbarkeitsschwelle von 70 dB(A) im Tageszeitraum sowie von 60 dB(A) im Nachtzeitraum.

5.4.4 Bauphase 4: Nacharbeiten (4 Wochen, Tageszeitraum)

Während der Nacharbeiten in Bauphase 4 ergeben sich gemäß Anlage 4.4 im Tageszeitraum Beurteilungspegel von bis zu 63 dB(A) am Gebäude „Enge Gasse 9“ (Immissionsort 01). Damit werden die Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet um bis zu 8 dB überschritten. An Immissionsort 02 kommt es noch zu Pegeln von bis zu 57 dB(A) und damit zu Überschreitungen um bis zu 2 dB. An allen weiteren Immissionsorten werden die Immissionsrichtwerte der jeweiligen Gebietsnutzung eingehalten.

An Immissionsort 02 zeigt sich, dass die üblicherweise vorliegende Vorbelastung aus dem Verkehrslärm mindestens 10 dB oberhalb der Beurteilungspegel des Baulärms liegt. Für diesen Immissionsort kommt es zu einer rechnerischen Überdeckung des Baulärms und somit nicht zu einer Erhöhung der Lärmsituation für die Anwohner.

Wie sich dem Schallimmissionsplan in Anlage 5.4 entnehmen lässt, kann es auch an den Gebäuden "Enge Gasse 8" und "Enge Gasse 7" zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes kommen. Diese sind auch am Bahnhofsgebäude möglich, wo jedoch keine Wohnnutzung stattfindet. Insgesamt ergeben sich Überschreitungen des Immissionsrichtwertes eines allgemeinen Wohngebietes bis zu einem Abstand von ca. 50 m zur Baumaßnahme. Die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 25 m überschritten.

5.4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie die Ergebnisse zeigen, werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm während aller Bauphasen im Tageszeitraum, überwiegend jedoch nur an ein bis zwei Immissionsorten, überschritten. In Bauphase 3 kommt es zu Nacharbeiten, während denen die Immissionsrichtwerte deutlich überschritten werden.

Im Tageszeitraum kommt es an einem bis neun der insgesamt zehn betrachteten Immissionsorte zu Überschreitungen. Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 82 dB(A) liegen während der Bauphasen 3 vor. Während der deutlich lärmärmeren Bauphase 1 ist nur ein Immissionsort von Überschreitungen von bis zu 3 dB mit Beurteilungspegel von bis zu 58 dB(A) betroffen. Pegel oberhalb von 70 dB(A), die im Tageszeitraum sowohl die Zumutbarkeitsschwelle darstellen, sowie nicht mehr zur Einhaltung der in Kapitel 4.1.3 beschriebenen Innenraumpegel von 40 dB(A) im Tageszeitraum führen, werden während der Bauphase 3 an zwei Immissionsorten erreicht.

Unter Berücksichtigung der Vorbelastung zeigt sich, dass es im Tageszeitraum in den Bauphasen 1 und 4 an jeweils Immissionsort mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte nicht zu einer Erhöhung der Lärmsituation kommt, da die üblicherweise vorherrschende Vorbelastung ausreicht, um den Baulärm rechnerisch zu überdecken.

Es gilt zu beachten, dass die Berechnungen für Bauphase 3 zu Grunde gelegt wurde, dass alle Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Es kommt aber voraussichtlich nur jeweils während eines kurzen Zeitraums zum Einsatz der Vibrationsramme, des Hydraulikhammers und der Rüttelplatte. Wie den Ergebnissen in Tabelle 5.3 entnommen werden kann, werden zwar die Schallleistungs- und Beurteilungspegel im Vergleich zu den Berechnungen um bis zu 9 dB reduziert, damit ergeben sich jedoch weiterhin Überschreitungen der Zumutbarkeitsschwellen von 70 dB(A) im Tageszeitraum an mindestens einem Immissionsort.

Im Nachtzeitraum sind während Bauphase 3 hohe Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm zu erwarten. Während der Nachtarbeiten sind alle zehn betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen. Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 82 dB(A) am Gebäude "Enge Gasse 9" (Immissionsort 01) vor. Beurteilungspegel oberhalb von 60 dB(A), welche als Schwelle der Zumutbarkeitsschwelle gelten, werden an insgesamt vier Immissionsorten erreicht.

Auch bei der Berechnung des Schallleistungspegels für den Nachtzeitraum in Bauphase 3 wurde davon ausgegangen, dass alle Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Der tatsächliche Einsatz der Geräte im Nachtzeitraum entspricht dem des Tageszeitraum, es ergeben sich daher die selben Pegelabsenkungen wie im Tageszeitraum. Auch unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzzeiten der Baugeräte weiterhin zu Überschreitungen der Zumutbarkeitsgrenze von 60 dB(A) an den Immissionsorten 01 und 02.

Wie in den Schallimmissionsplänen in Anlage 5 zu sehen, kommt es während der Arbeiten im Tageszeitraum zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet bis zu einem Abstand von etwa 630 m, die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 360 m im bewohnte Bereich überschritten. Im Nachtzeitraum kommt es bis in ca. 1.600 m zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet und 1.400 m für ein Mischgebiet. Hiervon ist annähernd der gesamte Ort Thalfingen sowie der östliche Teil des Nachbarortes Böfingen betroffen.

Aufgrund der hohen Überschreitungen der Immissionsrichtwerte werden im folgenden Minderungsmaßnahmen untersucht, um die zu erwartenden Immissionen auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

5.5 Minderungsmaßnahmen

Gemäß der aktuellen Rechtsprechung [19] sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche bereits dann angeordnet werden, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden und nicht erst ab einer Überschreitung von 5 dB, wie dies in der AVV Baulärm beschrieben wird. Ziel sollte es sein, dass die Immissionsrichtwerte eingehalten werden. Wie bereits beschrieben, liegen die Beurteilungspegel für die untersuchten Bauphasen oberhalb der Immissionsrichtwerte, weshalb nachfolgendes Lärmschutzkonzept aufgestellt wird:

Information der Anwohner:

Da bei Bauarbeiten an Eisenbahnüberführungen, wie im aktuellen Fall, die Möglichkeiten der Lärminderung 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 kann eine wirkungsvolle Lärmschutzmaßnahme darstellen. Es ist abzuwägen, ob eine Lärmschutzwand zu einem verhältnismäßigen Lärmschutz der betroffenen Anwohner führen würde. Bei der vorliegenden Baumaßnahme müssten hierfür zunächst weitere Rodungsarbeiten entlang der Bahnstrecke durchgeführt werden. Da es sich im vorliegenden Fall um Arbeiten an einer Eisenbahnüberführung handelt, liegt die Quelle der maßgeblichen Bauphase 3 auf der Höhe der geplanten EÜ. Entsprechend müsste eine mobile Lärmschutzwand zunächst einmal die Höhe von ca. 2,5 m der EÜ sowie weitere mindestens drei Meter aufweisen, um die Lärmquelle auf der EÜ zumindest für das erste Geschoss eines Gebäudes abschirmen zu können. Damit müsste die Lärmschutzwand mindestens eine Höhe von 12 m aufweisen um auch bis ins oberste Geschoss eine Minderungswirkung zu erzielen. Da während der Bauphasen 1,2 und 4 jeweils nur wenige Gebäude von Überschreitungen betroffen sind und die maßgebliche Bauphase 3 nur eine Dauer von einer Woche aufweist, scheint der Aufwand für das Aufstellen einer temporären Lärmschutzwand nicht im Verhältnis zum damit verbundenen Nutzen zu stehen.

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 entstehen

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-Betriebszeit der Baugeräte. Überwiegend wurden jedoch bereits realistische Betriebszeiten von 8 Stunden bzw. 2,5 Stunden berücksichtigt. Eine weitere Reduzierung würde damit zu einer Verlängerung der Baumaßnahme führen, was vermutlich nicht im Interesse der Anwohner steht. Darüber hinaus finden die lärmintensivsten Arbeiten während der Sperrpause in Bauphase 3 statt. Eine Reduzierung der Betriebszeiten ist daher nicht möglich, da sich sonst die Dauer der Arbeiten erhöhen würde.

Arbeiten im Nachtzeitraum

Da die Arbeiten im Nachtzeitraum an Sperrpausen gebunden sind, kann nicht auf Nachtarbeit verzichtet werden. Auch eine weitere Reduzierung des Geräteeinsatzes ist im Nachtzeitraum entsprechend der Planungsunterlagen nicht umsetzbar.

Baubegleitende Messungen und Dokumentation

Es wird empfohlen eine Überwachung und Dokumentation des auftretenden Baulärms durchzuführen. Die Dokumentation hat durch baubegleitende Messungen oder Dauerüberwachungen (Monitoring) zu erfolgen. Dafür wäre ein Immissionsschutzbeauftragter vorzusehen. Geeignete Messpunkte sind dabei Messorte, die nicht nur Rückschlüsse auf die Situation für ein einzelnes Gebäude, sondern für Bebauungsbereiche zulassen. Ergänzend dazu sollte kontrolliert werden, ob das durch dieses Gutachten und die Genehmigungsbehörde festgelegte Lärmschutzkonzept entsprechend umgesetzt wird.

Bereitstellung von Ersatzwohnraum

Da weder aktive Lärmschutzmaßnahmen, noch die Reduzierung der Betriebszeiten geeignete Minderungsmaßnahmen darstellen, sind weiterhin Beurteilungspegel oberhalb von 70 dB(A) im Tageszeitraum und 60 dB(A) im Nachtzeitraum zu erwarten. Daher ist für die Anwohner eine Ansprechstelle zu benennen. Diese soll befugt sein in Einzelfällen die Erstattung von Kosten für die Hotelübernachtungen zu prüfen und zuzusagen. Die betroffenen Gebäude können Anlage 4 entnommen werden.

6 Erschütterungstechnische Betrachtungen

6.1 Vorbemerkungen

Allgemeine Erschütterungsprognosen zu Bautätigkeiten sind Prognosen mit höherer Unsicherheit, welche zum Beispiel 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 Bodeneigenschaften im Ausbreitungsweg. Ohne Messungen oder genaue Kenntnisse über die Empfangsgebäude und den Boden, ergibt sich zwangsläufig eine geringere Prognosesicherheit.

Von den Bautätigkeiten verursachte Erschütterungen werden im Erdboden weitergeleitet und auf dem Ausbreitungsweg in der Regel 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 06:00 bis 22:00 Uhr definiert. Dementsprechend ist der Nachtzeitraum von 22:00 bis 06:00 Uhr definiert. Dies unterscheidet sich von der Definition des Tages- und Nachtzeitraum nach AVV Baulärm.

Die Arbeiten, die während dieser Baumaßnahme relevante Erschütterungen auslösen, sind die Verdichtungsarbeiten mit Rüttelplatte und Vibrationsramme sowie die Abbrucharbeiten mit Hydraulikhammer.

Für die nachfolgenden Betrachtungen werden für die Ramm- und Verdichtungsarbeiten 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 so sicher wie möglich 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 ein Mittelwert über die Einsatzzeit und nicht Maximalereignisse wie bei der Betrachtung von Gebäudeschäden heranzuziehen sind.

Auch lassen sich für Hydraulikhämmer zu erwartende Schlagenergien und maximal mögliche auftretende Schlagenergien (Tabelle 6.1) berechnen. Hierbei werden die zu erwartenden Energien analog dem oben beschriebenen Vorgehen nach DIN 4150, Teil 2 und die maximal möglich auftretenden Schlagenergien nach DIN 4150, Teil 3 angesetzt.

Tabelle 6.1: 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
Rüttelplatte	0,28 t	harmonisch stationär	65 Hz	4,6 kW	4,6 kW
Hydraulikhammer	3,6 t	periodisch stationär	7 Hz	9,64 kNm	13,71 kNm

Für die erschütterungsrelevanten Geräte kann gemäß Literatur [16] die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$ mit den in Tabelle 6.2 aufgeführten Berechnungsformeln abgeschätzt werden. Da keine Berechnungsgrundlage in der Literatur für Rückbauarbeiten mithilfe eines Hydraulikhammers bekannt ist, wird hilfsweise die Berechnung für eine Schlagrammung herangezogen, aber anhand der Anhaltswerte für Dauererschütterungen bewertet.

Tabelle 6.2: Berücksichtigte Berechnungsformeln für die Erschütterungsprognose gemäß Literatur [16]

Baumaschine	Formel	
	DIN 4150-3	DIN 4150-2
Vibrationsramme	$v_{i,max}^F = 18,52 \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$	$v_{i,max}^F = 7,9 \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$
Rüttelplatte	$v_{i,max}^F = 10,87 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$	$v_{i,max}^F = 4,31 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$
Hydraulikhammer	$v_{i,max}^F = 11,07 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$	

$v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s

E = Schlagenergie in kNm

G = Betriebsgewicht in t

W = Leistung in kW

f = Betriebsfrequenz in Hz

r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Die Berechnungsansätze liefern Abschätzungen der maximalen zu erwartenden Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$ in Abhängigkeit der Entfernung zwischen Erschütterungsquelle und betrachtetem Gebäude. Für die Wände und Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formeln aus der Literatur [16] berechnen lässt:

horizontal:

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

vertikal:

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

$v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s

$v_{x/y,max}^{F-OG}$ = 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 harter Untergrund) bis 2,0 (sehr weicher Untergrund)

$v_{z,max}^{F-OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls < 1,5

Für Berechnungen von eingeschossigen Bauten gemäß DIN 4150-2 kann der Übertragungsfaktor vom Fundament ins Obergeschoss vernachlässigt werden, da sich dort in der Regel keine Menschen (dauerhaft) aufhalten.

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden.

Das nächstgelegene Wohngebäude befindet sich in einer Distanz von etwa 22 m (Enge Gasse 9) zu den ungünstigsten Bereichen, in denen Verbauarbeiten durchgeführt werden.

6.2 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlage

Für die Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Wohngebäude empfiehlt die DIN 4150-3 [7] in Tabelle 1 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 gewerblich genutzte Gebäude gilt eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von 10 mm/s in horizontaler und vertikaler Richtung.

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 6.1 dargestellten Leistungen sowie der in Tabelle 6.2 berücksichtigten Formeln ergeben sich für mitteweiche Bodenverhältnisse ($k_{x/y}^{F-OG} = 1,5$) die in Tabelle 6.3 dargestellten horizontalen und vertikalen Schwinggeschwindigkeiten von Decken und Wänden:

Tabelle 6.3: Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-3

Baumaschine	Adresse	Entfernung [m]	$v_{OG_{x/y/z,max}}$ [mm/s]	Anhaltswert [mm/s]		Einhaltung
				hor.	ver.	
Vibrationsramme	Enge Gasse 9 (Wohngebäude)	22	1,11	5	10	ja
Rüttelplatte	Enge Gasse 9 (Wohngebäude)	22	0,39	5	10	ja
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9 (Wohngebäude)	22	2,82	15	20	ja

Wie die Ergebnisse zeigen, werden die Anhaltswerte der DIN 4150-3 am Gebäude "Enge Gasse 9" für alle Geräte eingehalten.

Es ergeben sich Bodenschwingbeschleunigungen von bis zu 10864,6 mm/s an der Bus-haltestelle, womit die Anhaltswerte (Kapitel 3.2.3) deutlich überschritten werden. Die Anhaltswerte für das Gebäude "Enge Gasse 9" werden hingegen eingehalten.

Die Ergebnisse für die Berechnungen der maximalen Schwingschnelle an den Fundamenten der betrachteten nächstliegenden Bebauung werden in Anlage 7.1 bis 7.3 dargestellt.

6.3 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} der DIN 4150, Teil 2 [6] ermittelt.

Die maximale 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 maximale bewertete Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 [6] 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_0 = 5,6 Hz (Grenzwert des Hochpasses)

v_{max} = maximale Schwingschnelle in mm/s

c_F = die Konstante nach Tabelle 3 DIN 4150, Teil 2 bzw. Tabelle 6.4 dieses Berichtes

KB = Schwingstärke, dimensionslos

Tabelle 6.4: Anhaltswerte für die Konstante c_f für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	C_f ²⁾
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
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_f sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können auftreten.		

Da die erschütterungsrelevanten Arbeiten stochastische bzw. periodische Schwingungen mit Resonanzbeteiligung sind, kann nach der Tabelle 3 aus der DIN 4150, Teil 2 ein Wert für $c_f = 0,8$ angenommen werden.

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

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 Verstärkun-

gen zwischen Fundamenterschütterung und Erschütterung einer Decke im Resonanzfall in Abhängigkeit der Dämpfung um den Faktor 10 bis 25 auf. Für die folgende Betrachtung des Resonanzfalles wird ein Übertragungsfaktor von 15 bei der Resonanzfrequenz angesetzt.

Der Literatur [15] können die in der folgenden Tabelle 6.5 dargestellten Eigenfrequenzen von Decken entnommen werden.

Tabelle 6.5: 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 [6] mit folgender Gleichung berechnet:

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

Darin sind:

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:

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

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

folgenden Berechnungen wird der KB_{FTm} im Sinne einer Worst-Case Betrachtung mit dem KB_{Fmax} abgeschätzt.

Für die Bestimmung der Anhaltswerte sind, wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, die erschütterungsrelevanten Tage zu bestimmen. Gemäß den Angaben des Auftraggebers kommen die erschütterungsrelevanten Geräte an insgesamt 65 Tagen zum Einsatz. Da die Anwohner vorher über die Bauarbeiten informiert werden, können gemäß Tabelle 3.3 die Anhaltswerte der Stufe II berücksichtigt werden.

In den folgenden Tabelle 6.6 und Tabelle 6.7 sind jeweils getrennt für den Tages- und Nachtzeitraum die erschütterungsrelevanten Baumaschinen, sowie deren Einsatzzeiten und die zu berücksichtigenden Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 dargestellt.

Die Untersuchung nach DIN 4150, Teil 3 in Kapitel 6.2 hat für den Hydraulikhammer einen Mindestabstand von 3 m zur nächstgelegenen Bebauung ergeben. Für die Vibrationsramme hat sich ein Mindestabstand von 7 m ergeben. Diese werden für das betrachtete Gebäude "Enge Gasse 9" eingehalten.

Tabelle 6.6: Berücksichtigte Gebäude und Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für den Tageszeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Entfernung [m]	Bau- phase	Tägliche Einsatzzeit [h]	Anhaltswert [mm/s]		
					A_u	A_o	A_r
Vibrationsramme	Enge Gasse 9	22	2 / 3	8 / 12	0,6	5	0,4
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	2 / 3	8	0,6	5	0,4
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9	22	3	12	0,6	5	0,4

Tabelle 6.7: Berücksichtigte Gebäude und Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für den Nachtzeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Entfernung [m]	Bau- phase	Nächtliche Einsatzzeit [h]	Anhaltswert [mm/s]		
					A_u	A_o	A_r
Vibrationsramme	Enge Gasse 9	22	3	8	0,1	0,2	0,05
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	3	6	0,1	0,2	0,05
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9	22	3	8	0,1	0,2	0,05

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 Kapiteln getrennt für den Tages- und Nachtzeitraum dargestellt.

6.3.1 Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen gemäß DIN 4150, Teil 2 für den Tageszeitraum

Tabelle 6.8: Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 ohne Resonanzfall, Tageszeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Entfernung [m]	KB _{Fmax}	KB _{FT_r}	Anhaltswert			Einhaltung
					A _u	A _o	A _r	
Vibrationsramme (Bauphase 2)	Enge Gasse 9	22	0,67	0,47	0,6	5	0,4	nein
Vibrationsramme (Bauphase 3)	Enge Gasse 9	22	0,67	0,58	0,6	5	0,4	nein
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	0,09	0,06	0,6	5	0,4	ja
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9	22	0,49	0,42	0,6	5	0,4	ja

Wie die Ergebnisse in Tabelle 6.8 zeigen, werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 für die Rüttelplatte und den Hydraulikhammer am nächstgelegenen Gebäude eingehalten. Nur für die Vibrationsramme kommt es zu Überschreitungen, hier ist erst ab einem Abstand von 25 m mit einer Einhaltung der Anhaltswerte zu rechnen. Daher wird in der folgenden Berechnung des Resonanzfalls die Vibrationsramme nicht mitbetrachtet, da auch für den Resonanzfall mit Überschreitungen zu rechnen ist.

Tabelle 6.9: Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 mit Resonanzfall, Tageszeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Entfernung [m]	KB _{Fmax}	KB _{FT_r}	Anhaltswert			Einhaltung
					A _u	A _o	A _r	
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	0,88	0,76	0,6	5	0,4	nein
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9	22	4,88	4,23	0,6	5	0,4	nein

Wie die Ergebnisse zeigen kommt es für alle Baumaschinen zu Überschreitungen der Anhaltswerte im Resonanzfall. Erst ab einem Abstand von 35 m für die Rüttelplatte und von 110 m für den Hydraulikhammer ist mit einer Einhaltung zu rechnen.

Hinweis: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass im Zuge von Verdichtungsarbeiten mittels Rüttelplatte und Rückbauarbeiten mittels Hydraulikhammer Resonanzen an den Gebäuden entstehen, da die Betriebsfrequenz der betrachteten Rüttelplatte (65 Hz) deutlich

oberhalb und die des Hydraulikhammers (7 Hz) unterhalb der Deckeneigenfrequenz von üblichen Gebäuden liegt.

6.3.2 Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen gemäß DIN 4150, Teil 2 für den Nachtzeitraum

Tabelle 6.10: Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 ohne Resonanzfall, Nachtzeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Ent- fer- nung [m]	KB _{Fmax}	KB _{FT_r}	Anhaltswert			Einhal- tung
					A _u	A _o	A _r	
Vibrationsramme	Enge Gasse 9	22	0,67	0,67	0,1	0,2	0,05	nein
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	0,09	0,08	0,1	0,2	0,05	ja
Hydraulikhammer	Enge Gasse 9	22	0,49	0,49	0,1	0,2	0,05	nein

Wie die Ergebnisse in zeigen werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nur für die Rüttelplatte am nächstgelegenen Gebäude eingehalten. Für die Vibrationsramme kommt es zu Überschreitungen, hier ist erst ab einem Abstand von 141 m mit einer Einhaltung der Anhaltswerte zu rechnen. Auch für den Hydraulikhammer kommt es zu Überschreitungen, hier ist erst ab einem Abstand von 72 m mit einer Einhaltung der Anhaltswerte zu rechnen. Daher werden in der folgenden Berechnung des Resonanzfalls die Vibrationsramme und der Hydraulikhammer nicht mitbetrachtet, da auch für den Resonanzfall mit Überschreitungen zu rechnen ist.

Tabelle 6.11: Ergebnisse der Immissionsberechnungen und Beurteilung nach DIN 4150-2 mit Resonanzfall, Nachtzeitraum

Baumaschine	Adresse, Gebietsnutzung	Ent- fer- nung [m]	KB _{Fmax}	KB _{FT_r}	Anhaltswert			Einhal- tung
					A _u	A _o	A _r	
Rüttelplatte	Enge Gasse 9	22	0,88	0,76	0,1	0,2	0,05	nein

Wie die Ergebnisse zeigen, kommt es für die Rüttelplatte zu Überschreitungen der Anhaltswerte im Resonanzfall. Erst ab einem Abstand von 19 m ist mit einer Einhaltung zu rechnen.

Hinweis: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass im Zuge von Verdichtungsarbeiten mittels Rüttelplatte an den Gebäuden entstehen, da die Betriebsfrequenz der betrachteten Rüttelplatte (65 Hz) deutlich oberhalb der Deckeneigenfrequenz von üblichen Gebäuden liegt.

6.4 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 leistungstärkere Maschinen eingesetzt werden könnten.

Konkrete Aussagen zu den zu erwartenden Erschütterungsimmissionen sind ohne Messungen kaum möglich, da die Bauweise der Gebäude die Höhe der Erschütterungsimmissionen maßgeblich bestimmt. Die Situation kann prinzipiell an jedem Gebäude anders sein.

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 im Tageszeitraum 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. Zudem 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. Die Maßnahme f) ist im Falle von Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2 in Betracht zu ziehen.

6.5 Minderungsmaßnahmen für das vorliegende Bauvorhaben

Im Nachtzeitraum ergeben sich Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2 für den Einsatz der Vibrationsramme und des Hydraulikhammers. Für den Hydraulikhammer werden im Nachtzeitraum erst in einem Abstand von 72 m und für die Vibrationsramme von 141 m die Anhaltswerte eingehalten.

Da die Arbeiten im Nachtzeitraum während einer Sperrpause stattfinden, kann auf Arbeiten im Nachtzeitraum nicht verzichtet werden. Aufgrund des Zeitdrucks bezüglich der Arbeiten in der Sperrpause kann auch nicht auf alternative Bauverfahren, wie den Einsatz eines Zangenbaggers an Stelle eines Hydraulikhammers für den Rückbau, zurückgegriffen werden.

Nach Angaben des zuständigen Planungsbüros werden vor Durchführung der Rammarbeiten Vorbohrungen durchgeführt. Es kommt dabei zum Einsatz eines kombinierten Bohr- und Rammgerätes, das auch für die anschließenden Rammungen eingesetzt wird. Daher werden die Erschütterungen vermutlich kürzer als in den Berechnungen angenommen, einwirken.

Es ist davon auszugehen, dass die von den Überschreitungen nach DIN 4150, Teil 2 betroffenen Anwohner während der Bauphase 3, in der es zu den Überschreitungen der Anhaltswerte kommt, ohnehin aufgrund von Überschreitungen der Zumutbarkeitsschwelle des Baulärms Anspruch auf eine Hotelunterbringungen haben.

7 Zusammenfassung

Die DB InfraGO AG plant die Erneuerung der Eisenbahnüberführung an der Strecke 4760 an Bahn-km 66,141. Im Zuge der Bauarbeiten finden zunächst Rodungs- und Kabelarbeiten statt. Anschließend werden die neuen Unterbauten in Seitenlage hergestellt und nach Rückbauarbeiten am Bestand in die Endlage verschoben.

Baulärm:

Wie die Ergebnisse zeigen, werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm während aller Bauphasen im Tageszeitraum, überwiegend jedoch nur an ein bis zwei Immissionsorten, überschritten. In Bauphase 3 kommt es zu Nachtarbeiten, während denen die Immissionsrichtwerte deutlich überschritten werden.

Im Tageszeitraum kommt es an einem bis neun der insgesamt zehn betrachteten Immissionsorte zu Überschreitungen. Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 82 dB(A) liegen während der Bauphasen 3 vor. Während der deutlich lärmärmeren Bauphase 1 ist nur ein Immissionsort von Überschreitungen von bis zu 3 dB mit Beurteilungspegel von bis zu 58 dB(A) betroffen. Pegel oberhalb von 70 dB(A), die im Tageszeitraum sowohl die Zumutbarkeitsschwelle darstellen, sowie nicht mehr zur Einhaltung der in Kapitel 4.1.3 beschriebenen Innenraumpegel von 40 dB(A) im Tageszeitraum führen, werden während der Bauphase 3 an zwei Immissionsorten erreicht.

Unter Berücksichtigung der Vorbelastung zeigt sich, dass es im Tageszeitraum in den Bauphasen 1 und 4 an jeweils Immissionsort mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte nicht zu einer Erhöhung der Lärmsituation kommt, da die üblicherweise vorherrschende Vorbelastung ausreicht, um den Baulärm rechnerisch zu überdecken.

Es gilt zu beachten, dass die Berechnungen für Bauphase 3 zu Grunde gelegt wurde, dass alle Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Es kommt aber voraussichtlich nur jeweils während eines kurzen Zeitraums zum Einsatz der Vibrationsramme, des Hydraulikhammers und der Rüttelplatte. Wie den Ergebnissen in Tabelle 5.3 entnommen werden kann, werden zwar die Schallleistungs- und Beurteilungspegel im Vergleich zu den Berechnungen um bis zu 9 dB reduziert, damit ergeben sich jedoch weiterhin Überschreitungen der Zumutbarkeitsschwellen von 70 dB(A) im Tageszeitraum an mindestens einem Immissionsort.

Im Nachtzeitraum sind während Bauphase 3 hohe Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm zu erwarten. Während der Nachtarbeiten sind alle zehn betrachteten Immissionsorte von Überschreitungen betroffen. Die höchsten Beurteilungspegel von bis zu 82 dB(A) am Gebäude "Enge Gasse 9" (Immissionsort 01) vor. Beurteilungspegel oberhalb von 60 dB(A), welche als Schwelle der Zumutbarkeitsschwelle gelten, werden an insgesamt vier Immissionsorten erreicht.

Auch bei der Berechnung des Schallleistungspegels für den Nachtzeitraum in Bauphase 3 wurde davon ausgegangen, dass alle Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Der tatsächliche Einsatz der Geräte im Nachtzeitraum entspricht dem des Tageszeitraum, es ergeben sich daher die selben Pegelabsenkungen wie im Tageszeitraum. Auch unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzzeiten der Baugeräte weiterhin zu Überschreitungen der Zumutbarkeitsgrenze von 60 dB(A) an den Immissionsorten 01 und 02.

Wie in den Schallimmissionsplänen in Anlage 5 zu sehen, kommt es während der Arbeiten im Tageszeitraum zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet bis zu einem Abstand von etwa 630 m, die Immissionsrichtwerte für Mischgebiete werden bis zu einem Abstand von ca. 360 m im bewohnte Bereich überschritten. Im Nachtzeitraum kommt es bis in ca. 1.600 m zu Überschreitungen der Immissionsrichtwerte für ein allgemeines Wohngebiet und 1.400 m für ein Mischgebiet. Hiervon ist annähernd der gesamte Ort Thalfingen sowie der östliche Teil des Nachbarortes Böfingen betroffen.

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

- 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 Hammerschlagen oder das Werfen von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken.
- Abstimmung einer Kompensationsmaßnahme mit den von Überschreitungen der Zumutbarkeitsschwelle von 70 dB(A) im Tageszeitraum und 60 dB(A) im Nachtzeitraum betroffenen Bewohnern.

Die Anpassung der täglichen Betriebszeiten der Baugeräte zur Vergabe von Pegelkorrekturen stellt bei dieser Baumaßnahme keine mögliche Maßnahme zur Schallminderung dar, da bereits Betriebszeiten von 8 h bzw. 2,5 h angesetzt wurden, sodass Pegelkorrekturen von 5 dB bzw. 10 dB berücksichtigt wurden.

Der Einsatz einer temporären, mobilen Lärmschutzwand kann eine wirkungsvolle Lärmschutzmaßnahme darstellen. Es ist abzuwägen, ob eine Lärmschutzwand zu einem verhältnismäßigen Lärmschutz der betroffenen Anwohner führen würde. Bei der vorliegenden Baumaßnahme müssten hierfür zunächst weitere Rodungsarbeiten entlang der Bahnstrecke durchgeführt werden. Da es sich im vorliegenden Fall um Arbeiten an einer Eisenbahnüberführung handelt, liegt die Quelle der maßgeblichen Bauphase 3 auf der Höhe der geplanten EÜ. Entsprechend müsste eine mobile Lärmschutzwand zunächst einmal die Höhe von ca. 2,5 m der EÜ sowie weitere mindestens drei Meter aufweisen, um die Lärmquelle auf der EÜ zumindest für das erste Geschoss eines Gebäudes abschirmen zu können. Damit müsste die Lärmschutzwand mindestens eine Höhe von 12 m aufweisen um auch bis ins oberste Geschoss eine Minderungswirkung zu erzielen. Da während der Bauphasen 1,2 und 4 jeweils nur wenige Gebäude von Überschreitungen betroffen sind und die maßgebliche Bauphase 3 nur eine Dauer von einer Woche aufweist, scheint der Aufwand für das Aufstellen einer temporären Lärmschutzwand nicht im Verhältnis zum damit verbundenen Nutzen zu stehen.

Erschütterungen:

Weiterhin waren Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen innerhalb der Bauzeit zu tätigen. Es wurden hierbei die in den nächstgelegenen Gebäuden durch die Baumaßnahmen entstehenden Erschütterungen prognostiziert und anhand der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 und Teil 2 beurteilt. Die Arbeiten, die relevante Erschütterungen auslösen, sind bei diesem Bauvorhaben die Verdichtungsarbeiten Rüttelplatte ($G = 0,28 \text{ t}$), Verbauarbeiten mittels Vibrationsramme ($W = 150 \text{ kW}$) sowie die Abbrucharbeiten mittels Hydraulikhammer ($E = 13,71 \text{ kNm}$).

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Das nächstgelegene Wohngebäude befindet sich in einer Distanz von etwa 22 m (Enge Gasse 9) zu den ungünstigsten Bereichen, in denen Verbauarbeiten durchgeführt werden.

Die Anhaltswerte der DIN 4150-3 am Gebäude "Enge Gasse 9" für alle Geräte eingehalten. Hier sollte dennoch im Vorfeld eine Beweissicherung durchgeführt werden.

Es kommt allerdings zu Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2 für den Einsatz der Vibrationsramme im Tages- und Nachtzeitraum sowie für den Einsatz des Hydraulikhammers im Nachtzeitraum. Für den Hydraulikhammer werden erst in einem Abstand von 72 m und für die Vibrationsramme von 141 m die Anhaltswerte eingehalten.

Da die Arbeiten im Nachtzeitraum während einer Sperrpause stattfinden, kann auf Arbeiten im Nachtzeitraum nicht verzichtet werden. Aufgrund des Zeitdrucks bezüglich der Arbeiten in der Sperrpause kann auch nicht auf alternative Bauverfahren, wie den Einsatz eines Zangenbaggers an Stelle eines Hydraulikhammers für den Rückbau, zurückgegriffen werden.

Nach Angaben des zuständigen Planungsbüros werden vor Durchführung der Rammarbeiten Vorbohrungen durchgeführt. Es kommt dabei zum Einsatz eines kombinierten Bohr- und Rammgerätes, das auch für die anschließenden Rammungen eingesetzt wird. Daher werden die Erschütterungen vermutlich kürzer als in den Berechnungen angenommen, einwirken.

Es ist davon auszugehen, dass die von den Überschreitungen nach DIN 4150, Teil 2 betroffenen Anwohner während der Bauphase 3, in der es zu den Überschreitungen der Anhaltswerte kommt, ohnehin aufgrund von Überschreitungen der Zumutbarkeitsschwellen des Baulärms Anspruch auf eine Hotelunterbringungen haben.

Peutz Consult GmbH


ppa. Dipl.-Ing. Mark Blass
(Messstellenleitung)



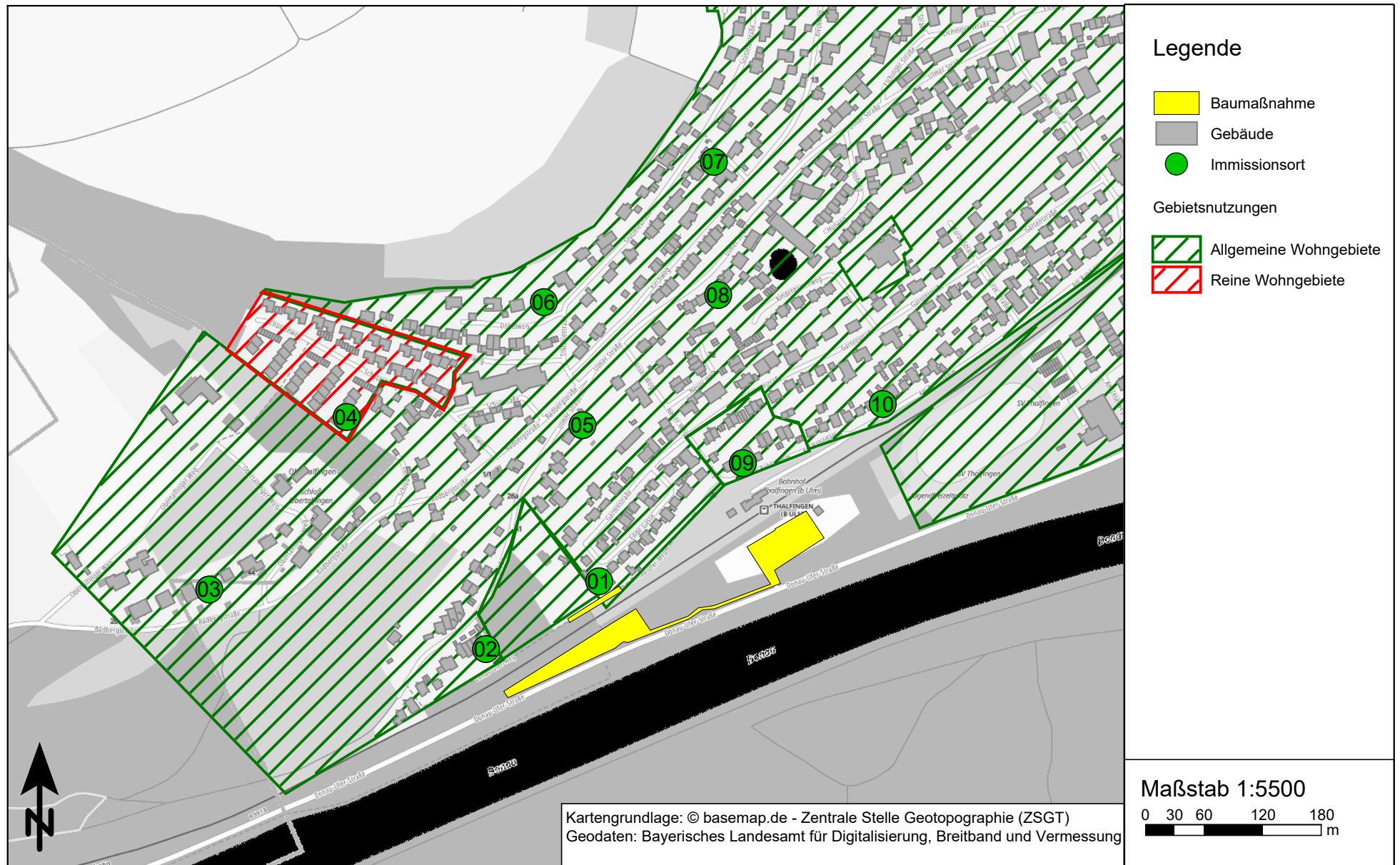

i.A. M. Sc. Sina Schäfer-Brandenburg
(Projektleitung)


i.A. B. Eng. Claudio Minardi
(Projektmitarbeit)

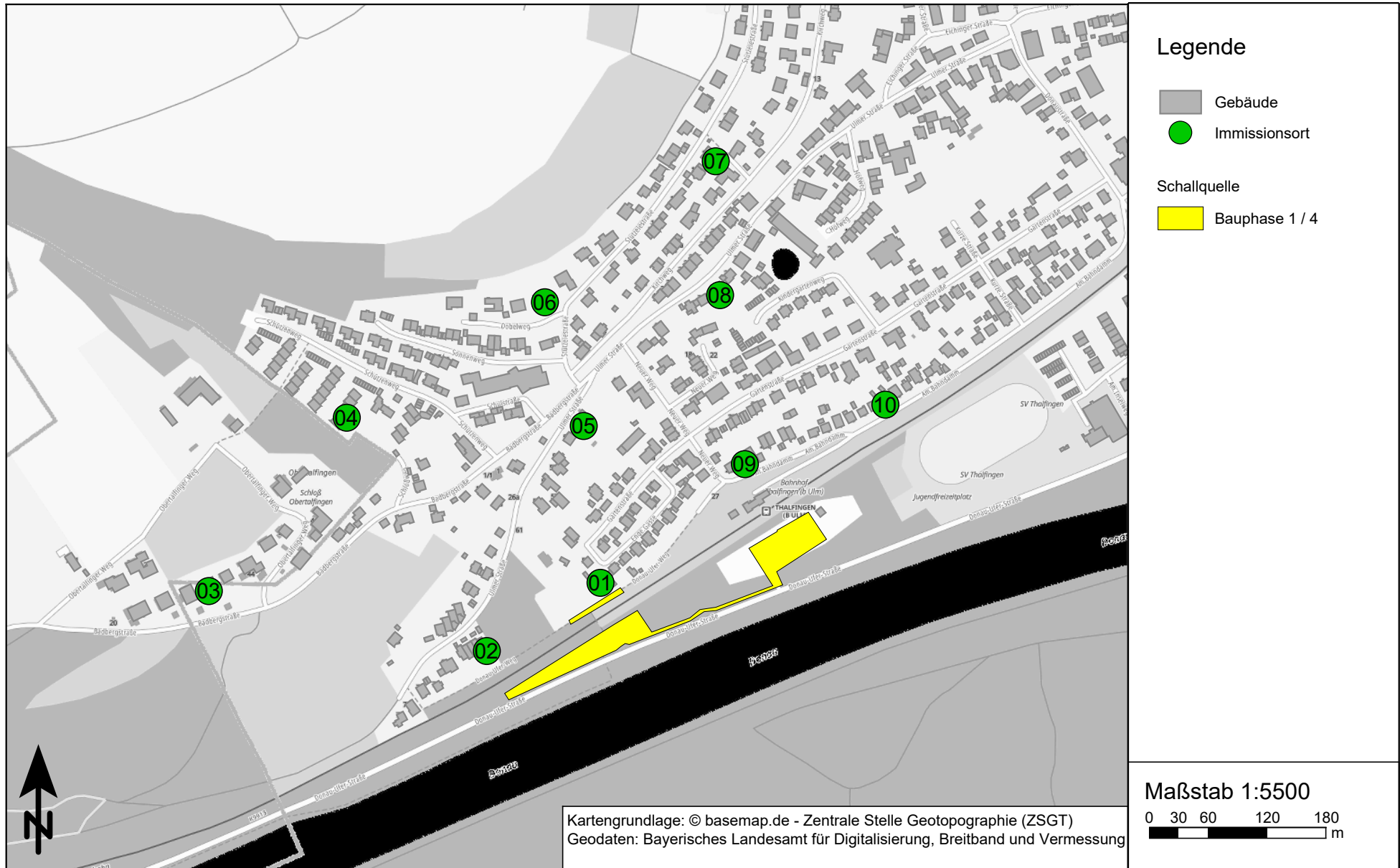
Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Übersichtslageplan mit Darstellung der umliegenden Nutzungen, der Lage der Baumaßnahme und der Immissionsorte
- Anlage 2: Lageplan mit Darstellung der Schallquellen und Immissionsorte
- Anlage 3: Ermittlung der Emissionen
- Anlage 4: Tabellarische Darstellung der Immissionsberechnung und Beurteilung gemäß AVV-Baulärm
- Anlage 5: Schallimmissionspläne
- Anlage 6: Emissionsberechnungen der Vorbelastung aus Schienenverkehr
- Anlage 7: Ergebnisse der Immissionsberechnung gemäß DIN 4150-3

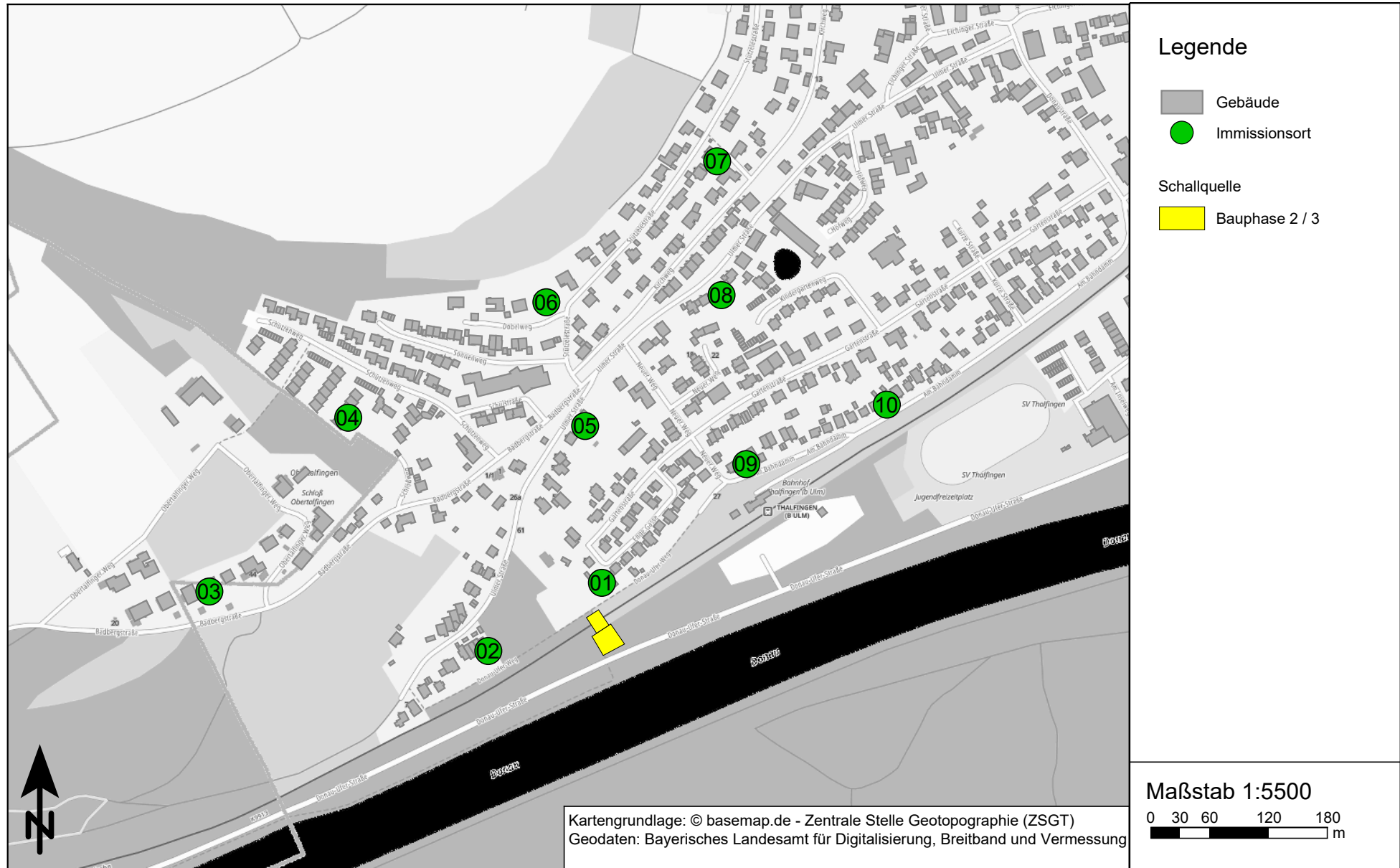
Anlage 1 - Übersichtslageplan mit Darstellung der umliegenden Nutzungen, der Lage der Baumaßnahme und der Immissionsorte



Anlage 2.1 - Lageplan mit Darstellung der Schallquellen und Immissionsorte
 Bauphase 1 - Vorabmaßnahmen / Bauphase 4 - Nacharbeiten
 Dauer: jeweils 4 Wochen



Anlage 2.2 - Lageplan mit Darstellung der Schallquellen und Immissionsorte
 Bauphase 2 - Herstellung Unterbauten / Bauphase 3 - Rück- und Neubau EÜ
 Dauer: 12 Wochen / 1 Woche



BP 1
Vorabmaßnahmen
Dauer: 4 Wochen

Tätigkeiten: Baustelleneinrichtung / Rodung / Kabelarbeiten / Umleitung Kanal

	Baumaschine/-vorgang	L _{WAT} [dB(A)]	L _{WAFmax} [dB(A)]	Anzahl	Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L _{WATr} [dB(A)]	
					tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
1	allgemeiner Baustellenlärm	100	-	1	10	-	0	-	100	-
2	Kettensäge	109	-	1	8	-	-5	-	104	-
auf Beurteilungszeit bezogener Gesamtschallleistungspegel [dB(A)]:									105	-
maßgeblicher Maximalpegel L _{WAFmax} [dB(A)]:									-	-

BP 2
Herstellung Unterbauten
Dauer: 12 Wochen

Tätigkeiten: Baugrube / Stahlbetonarbeiten / Ausbauarbeiten

	Baumaschine/-vorgang	L _{WAT} [dB(A)]	L _{WAFmax} [dB(A)]	Anzahl	Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L _{WATr} [dB(A)]	
					tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
1	allgemeiner Baustellenlärm	100	-	1	10	-	0	-	100	-
2	Bohrgerät	109	-	1	8	-	-5	-	104	-
3	LKW Fahrten	105	-	1	2,5	-	-10	-	95	-
4	Mobilkran (Autokran)	108	-	1	2,5	-	-10	-	98	-
5	Motorkompressor	93	-	1	2,5	-	-10	-	83	-
6	Radbagger	106	-	2	8	-	-5	-	104	-
7	Radlader	113	-	1	2,5	-	-10	-	103	-
8	Rüttelplatte	113	-	1	8	-	-5	-	108	-
9	Transportmischer	100	-	1	2,5	-	-10	-	90	-
auf Beurteilungszeit bezogener Gesamtschallleistungspegel [dB(A)]:									112	-
maßgeblicher Maximalpegel L _{WAFmax} [dB(A)]:									-	-

Anlage 3: Ermittlung der Emissionen - EÜ Thalfingen bei Ulm



BP 3

Rück- und Neubau EÜ

Dauer: 1 Woche

Tätigkeiten: Rückbau Oberbau / Rückbau Bestand / Herstellung Wasserdichte Baugrube / Gründungssohle /
Verschub / Einhub / Wiederherstellung Streckee

	Baumaschine/-vorgang	L _{WAT} [dB(A)]	L _{WAFmax} [dB(A)]	Anzahl	Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L _{WATr} [dB(A)]	
					tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
1	allgemeiner Baustellenlärm	100	110	1	10	10	0	0	100	100
2	Bohrgerät	109	110	2	10	8	0	0	112	112
3	Kettenbagger mit Spitzmeißel	122	128	1	12	8	0	0	122	122
4	LKW Fahrten	105	-	1	12	8	0	0	105	105
5	Mobilkran (Autokran)	108	117	1	12	8	0	0	108	108
6	Radlader	113	123	1	12	8	0	0	113	113
7	Rüttelplatte	113	115	1	8	6	-5	-5	108	108
8	Schweißaggregat	88	-	1	5	5	-5	-5	83	83
9	Trennschleifscheibe	118	119	1	5	5	-5	-5	113	113
10	Vibrationsramme	120	-	2	16	8	0	0	123	123
11	Zweiwegebagger	109	119	1	12	8	0	0	109	109

auf Beurteilungszeit bezogener Gesamtschallleistungspegel [dB(A)]:

126

126

maßgeblicher Maximalpegel L_{WAFmax} [dB(A)] (Zeile 3):

-

128

BP 4
Nacharbeiten
Dauer: 4 Wochen

Tätigkeiten: teilw. Rückbau Verbauten / Wiederherstellung Kanal, Kabel / Wiederherstellung Flächen / Umweltmaßnahmen

	Baumaschine/-vorgang	L _{WAT} [dB(A)]	L _{WAFmax} [dB(A)]	Anzahl	Einsatzzeit [h]		Zeitkorrektur [dB]		L _{WATr} [dB(A)]	
					tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
1	allgemeiner Baustellenlärm	100	-	1	10	-	0	-	100	-
2	LKW Fahrten	105	-	1	8	-	-5	-	100	-
3	Radbagger	106	-	1	8	-	-5	-	101	-
4	Radlader	113	-	1	8	-	-5	-	108	-

auf Beurteilungszeit bezogener Gesamtschallleistungspegel [dB(A)]:

110

-

maßgeblicher Maximalpegel L_{WAFmax} [dB(A)]:

-

-

Anlage 4.1: Tabellarische Darstellung der Immissionsberechnungen und Beurteilung gemäß AVV Baulärm
Bauphase 1: Vorabmaßnahmen (Dauer 4 Wochen)
Tageszeitraum



IP	Immissionsort				Immissionsrichtwert IRW der AVV Baulärm Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung IRW der AVV Baulärm Tag dB	Vorbelastung durch Verkehrslärm Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss	Gebiets- einstufung				
01	Enge Gasse 9	SO	EG	WA	55	56	1	67
		SO	1.OG	WA	55	57	2	69
		SO	2.OG	WA	55	58	3	69
02	Ulmer Straße 67	SO	EG	WA	55	48	-	67
		SO	1.OG	WA	55	51	-	68
		SO	2.OG	WA	55	52	-	69
03	Badberger Straße 12	SO	EG	WA	55	38	-	54
		SO	1.OG	WA	55	38	-	55
04	Schützenweg 15	SO	EG	WR	50	30	-	42
		SO	1.OG	WR	50	33	-	45
05	Ulmer Straße 51	SO	EG	WA	55	36	-	50
		SO	1.OG	WA	55	38	-	52
		SO	2.OG	WA	55	39	-	54
		SO	3.OG	WA	55	41	-	55
06	Dobelweg 1	SO	EG	WA	55	34	-	49
		SO	1.OG	WA	55	36	-	51
		SO	2.OG	WA	55	36	-	53
07	Stutzelestraße 18	SO	EG	WA	55	27	-	45
		SO	1.OG	WA	55	33	-	50
		SO	2.OG	WA	55	34	-	52
		SO	3.OG	WA	55	34	-	52
08	Ulmer Straße 35	SO	EG	WA	55	31	-	45
		SO	1.OG	WA	55	33	-	48
		SO	2.OG	WA	55	36	-	51
09	Am Bahndamm 25b	SO	EG	WA	55	40	-	60
		SO	1.OG	WA	55	42	-	62
		SO	2.OG	WA	55	44	-	63
10	Am Bahndamm 17	SO	EG	WA	55	39	-	66
		SO	1.OG	WA	55	40	-	70
		SO	2.OG	WA	55	42	-	70

Anlage 4.2: Tabellarische Darstellung der Immissionsberechnungen und Beurteilung gemäß AVV Baulärm
Bauphase 2: Herstellung Unterbauten (12 Wochen)
Tageszeitraum



IP	Immissionsort				Immissionsrichtwert IRW der AVV Baulärm Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung IRW der AVV Baulärm Tag dB	Vorbelastung durch Verkehrslärm Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss	Gebiets- einstufung				
01	Enge Gasse 9	SO	EG	WA	55	64	9	67
		SO	1.OG	WA	55	65	11	69
		SO	2.OG	WA	55	66	12	69
02	Ulmer Straße 67	SO	EG	WA	55	54	-	67
		SO	1.OG	WA	55	54	-	68
		SO	2.OG	WA	55	55	-	69
03	Badberger Straße 12	SO	EG	WA	55	44	-	54
		SO	1.OG	WA	55	44	-	55
04	Schützenweg 15	SO	EG	WR	50	35	-	41
		SO	1.OG	WR	50	38	-	45
05	Ulmer Straße 51	SO	EG	WA	55	37	-	49
		SO	1.OG	WA	55	39	-	51
		SO	2.OG	WA	55	42	-	53
		SO	3.OG	WA	55	44	-	55
06	Dobelweg 1	SO	EG	WA	55	36	-	48
		SO	1.OG	WA	55	38	-	50
		SO	2.OG	WA	55	41	-	52
07	Stutzelestraße 18	SO	EG	WA	55	28	-	43
		SO	1.OG	WA	55	31	-	46
		SO	2.OG	WA	55	35	-	51
		SO	3.OG	WA	55	37	-	52
08	Ulmer Straße 35	SO	EG	WA	55	34	-	45
		SO	1.OG	WA	55	36	-	47
		SO	2.OG	WA	55	39	-	50
09	Am Bahndamm 25b	SO	EG	WA	55	46	-	61
		SO	1.OG	WA	55	46	-	62
		SO	2.OG	WA	55	46	-	63
10	Am Bahndamm 17	SO	EG	WA	55	40	-	67
		SO	1.OG	WA	55	40	-	70
		SO	2.OG	WA	55	41	-	70

Anlage 4.3: Tabellarische Darstellung der Immissionsberechnungen und Beurteilung gemäß AVV Baulärm
Bauphase 3: Rück- und Neubau EÜ (Dauer 1 Woche)
Tages- und Nachtzeitraum



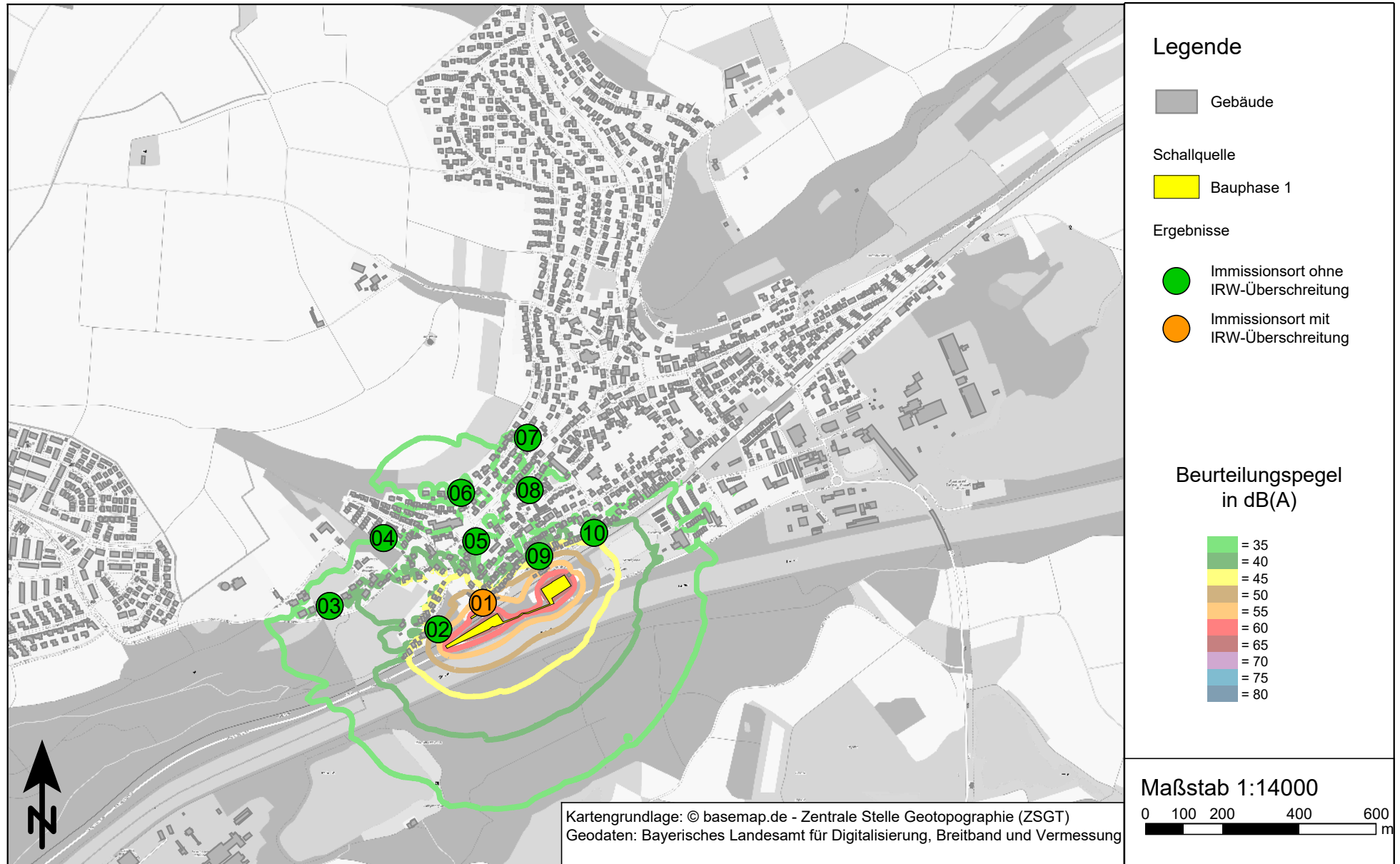
IP	Immissionsort				Immissionsrichtwert		Beurteilungspegel		Überschreitung		Maximalpegel (Nacht)			Vorbelastung	
	Name	Fassaden-orientierung	Geschoss	Gebiets-einstufung	IRW der		Tag	Nacht	Tag	Nacht	IRW	Pegel	Über-schreitung	durch	
					AVV Baulärm	AVV Baulärm									
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht				Tag	Nacht
					dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB	dB	dB(A)	dB(A)	IRW	Verkehrslärm	dB(A)
													dB		
01	Enge Gasse 9	SO	EG	WA	55	40	80	80	25	40	60	91	31	67	61
		SO	1.OG	WA	55	40	82	82	27	42	60	91	31	69	63
		SO	2.OG	WA	55	40	82	82	27	42	60	91	31	69	63
02	Ulmer Straße 67	SO	EG	WA	55	40	71	71	16	31	60	77	17	67	61
		SO	1.OG	WA	55	40	73	73	18	33	60	78	18	68	62
		SO	2.OG	WA	55	40	74	74	19	34	60	78	18	69	63
03	Badberger Straße 12	SO	EG	WA	55	40	61	61	6	21	60	63	3	54	48
		SO	1.OG	WA	55	40	61	61	6	21	60	64	4	55	49
04	Schützenweg 15	SO	EG	WR	50	35	51	51	1	16	55	57	2	41	35
		SO	1.OG	WR	50	35	53	53	3	18	55	60	5	45	39
05	Ulmer Straße 51	SO	EG	WA	55	40	60	60	5	20	60	70	10	49	43
		SO	1.OG	WA	55	40	60	60	5	20	60	70	10	51	46
		SO	2.OG	WA	55	40	62	62	7	22	60	69	9	53	47
		SO	3.OG	WA	55	40	63	63	8	23	60	70	10	55	49
06	Dobelweg 1	SO	EG	WA	55	40	53	53	-	13	60	60	-	48	42
		SO	1.OG	WA	55	40	57	57	2	17	60	64	4	50	44
		SO	2.OG	WA	55	40	59	59	4	19	60	63	3	52	46
07	Stutzelestraße 18	SO	EG	WA	55	40	44	44	-	4	60	48	-	43	37
		SO	1.OG	WA	55	40	48	48	-	8	60	52	-	46	40
		SO	2.OG	WA	55	40	52	52	-	12	60	57	-	51	45
		SO	3.OG	WA	55	40	54	54	-	14	60	57	-	52	46
08	Ulmer Straße 35	SO	EG	WA	55	40	51	51	-	11	60	56	-	45	39
		SO	1.OG	WA	55	40	53	53	-	13	60	58	-	47	41
		SO	2.OG	WA	55	40	56	56	1	16	60	61	2	50	44
09	Am Bahndamm 25b	SO	EG	WA	55	40	63	63	8	23	60	68	8	61	55
		SO	1.OG	WA	55	40	63	63	8	23	60	65	5	62	56
		SO	2.OG	WA	55	40	64	64	9	24	60	68	8	63	57
10	Am Bahndamm 17	SO	EG	WA	55	40	56	56	1	16	60	60	-	67	61
		SO	1.OG	WA	55	40	58	58	3	18	60	62	2	70	64
		SO	2.OG	WA	55	40	58	58	4	19	60	62	3	70	64

Anlage 4.4: Tabellarische Darstellung der Immissionsberechnungen und Beurteilung gemäß AVV Baulärm
Bauphase 4: Nacharbeiten (Dauer 4 Wochen)
Tageszeitraum

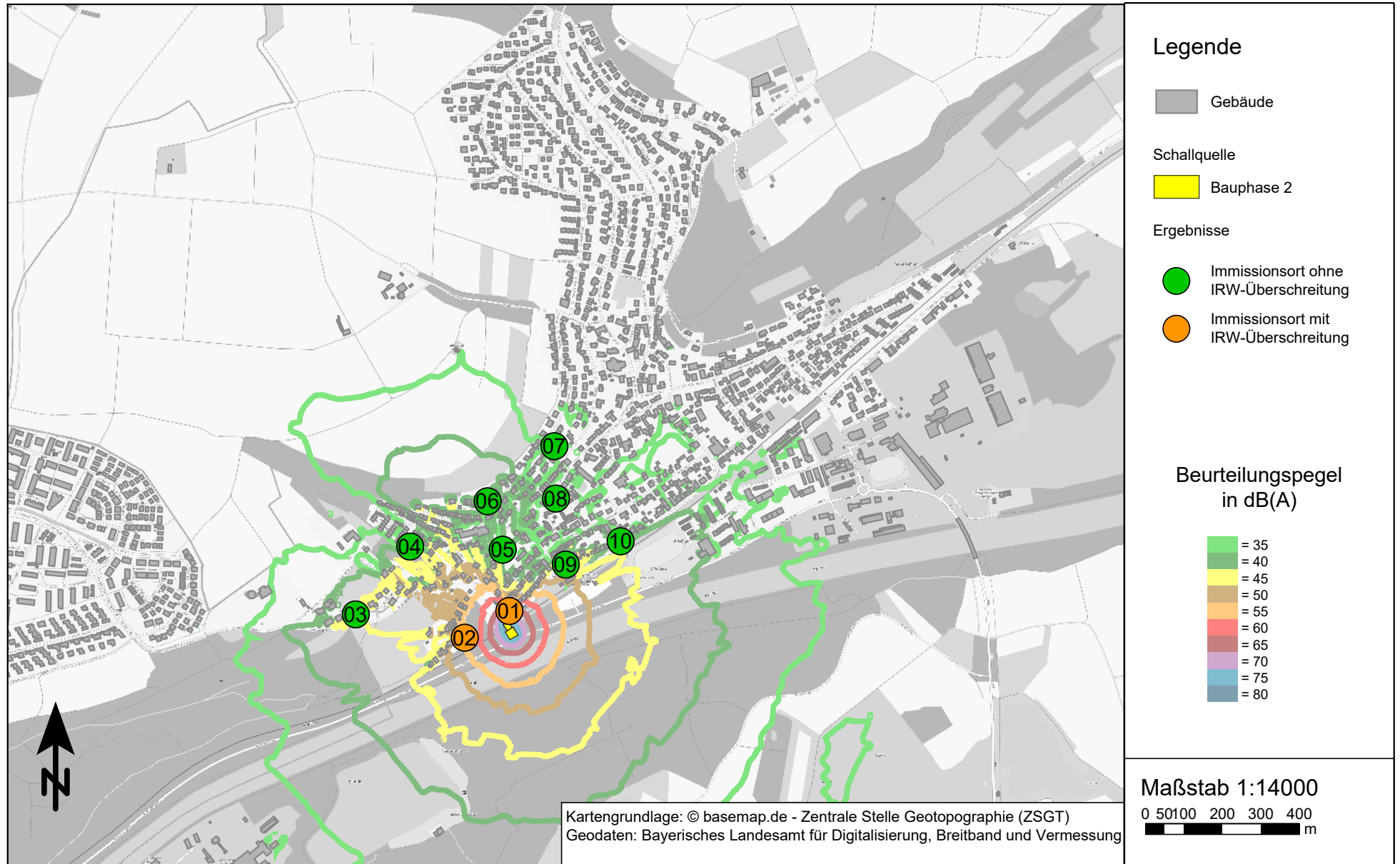


IP	Immissionsort				Immissionsrichtwert IRW der AVV Baulärm Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung IRW der AVV Baulärm Tag dB	Vorbelastung durch Verkehrslärm Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss	Gebiets- einstufung				
01	Enge Gasse 9	SO	EG	WA	55	61	6	67
		SO	1.OG	WA	55	62	7	69
		SO	2.OG	WA	55	63	8	69
02	Ulmer Straße 67	SO	EG	WA	55	53	-	67
		SO	1.OG	WA	55	55	-	68
		SO	2.OG	WA	55	57	2	69
03	Badberger Straße 12	SO	EG	WA	55	43	-	54
		SO	1.OG	WA	55	43	-	55
04	Schützenweg 15	SO	EG	WR	50	35	-	42
		SO	1.OG	WR	50	38	-	45
05	Ulmer Straße 51	SO	EG	WA	55	41	-	50
		SO	1.OG	WA	55	43	-	52
		SO	2.OG	WA	55	44	-	54
		SO	3.OG	WA	55	46	-	55
06	Dobelweg 1	SO	EG	WA	55	39	-	49
		SO	1.OG	WA	55	41	-	51
		SO	2.OG	WA	55	41	-	53
07	Stutzelestraße 18	SO	EG	WA	55	32	-	45
		SO	1.OG	WA	55	38	-	50
		SO	2.OG	WA	55	39	-	52
		SO	3.OG	WA	55	39	-	52
08	Ulmer Straße 35	SO	EG	WA	55	36	-	45
		SO	1.OG	WA	55	38	-	48
		SO	2.OG	WA	55	40	-	51
09	Am Bahndamm 25b	SO	EG	WA	55	45	-	60
		SO	1.OG	WA	55	47	-	62
		SO	2.OG	WA	55	49	-	63
10	Am Bahndamm 17	SO	EG	WA	55	44	-	66
		SO	1.OG	WA	55	45	-	70
		SO	2.OG	WA	55	47	-	70

Anlage 5.1 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 7,3 m
Lärmsituation während Bauphase 1 - Vorabmaßnahmen
Dauer: 4 Wochen, Tageszeitraum 07-20 Uhr

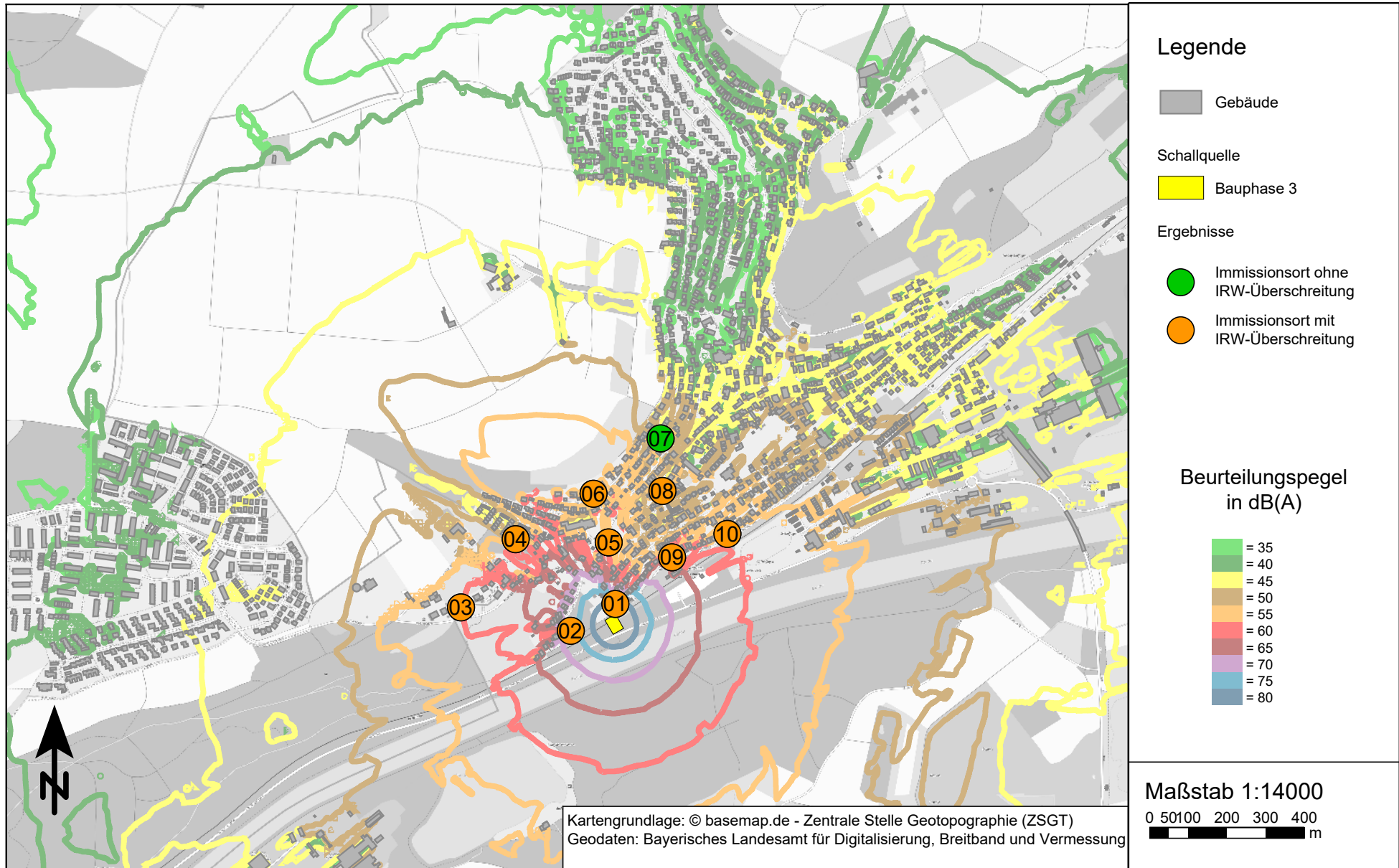


Anlage 5.2 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 7,3 m
Lärmsituation während Bauphase 2 - Herstellung Unterbauten
Dauer: 12 Wochen, Tageszeitraum 07-20 Uhr

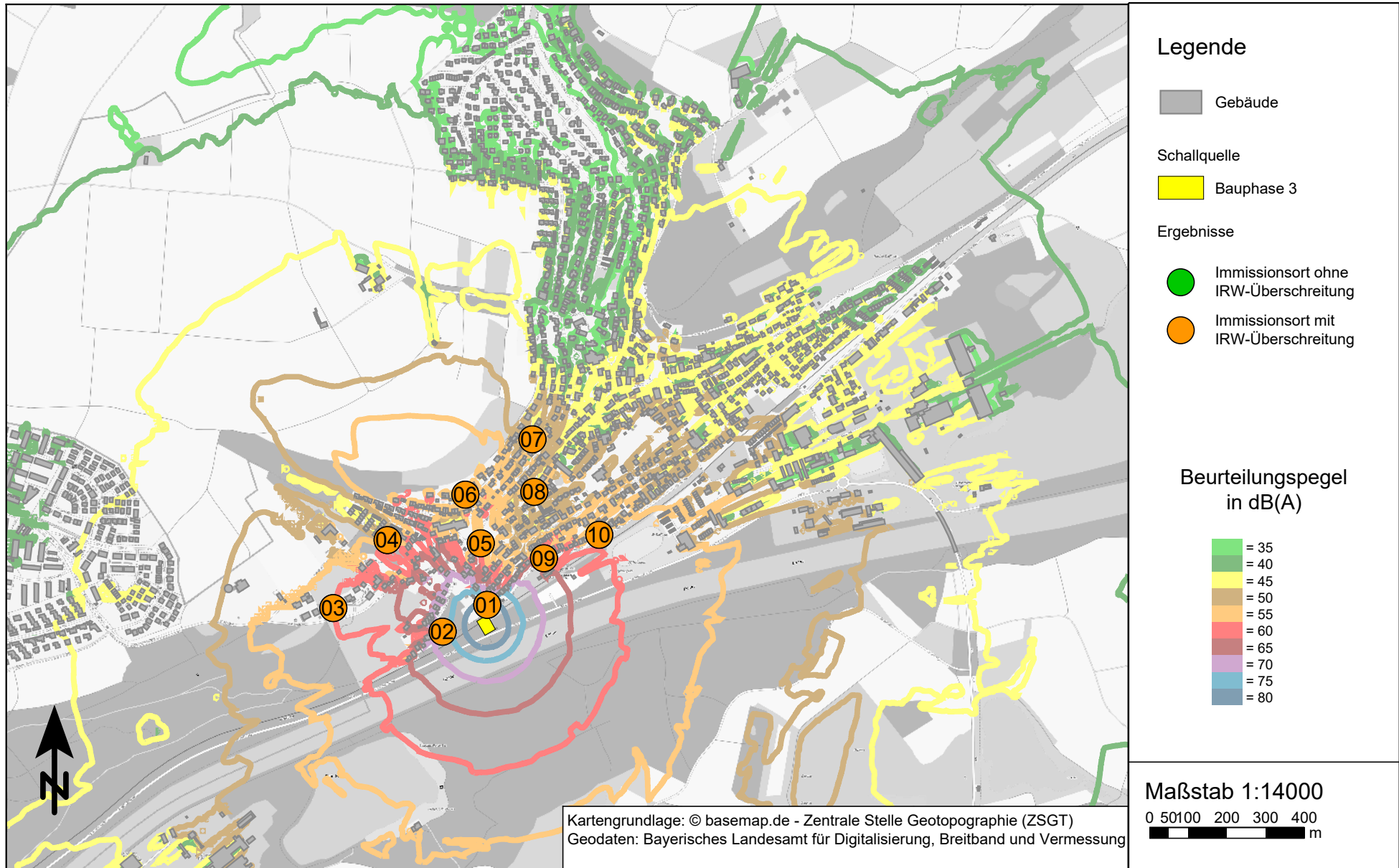


Anlage 5.3.1 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 7,3 m
Lärmsituation während Bauphase 3 - Rück- und Neubau EÜ
Dauer: 1 Woche, Tageszeitraum 07-20 Uhr

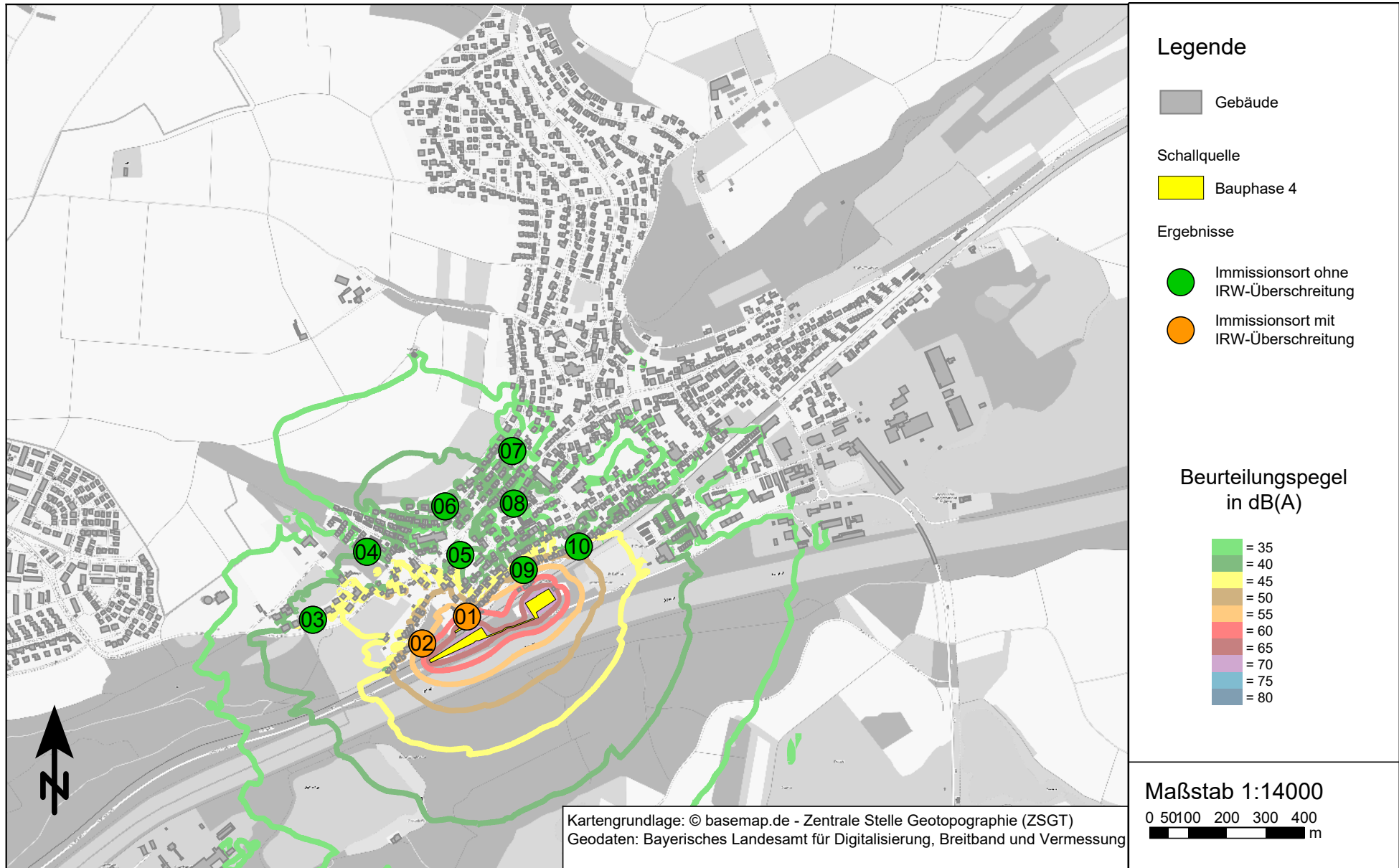
PEUTZ



Anlage 5.3.2 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 7,3 m
Lärmsituation während Bauphase 3 - Rück- und Neubau EÜ
Dauer: 1 Woche, Nachtzeitraum 20-07 Uhr



Anlage 5.4 - Schallimmissionsplan - Rechenhöhe 7,3 m
Lärmsituation während Bauphase 4 - Nacharbeiten
Dauer: 4 Wochen, Tageszeitraum 07-20 Uhr



PEUTZ

Patient Information	
Full Name	
Date of Birth	
Gender	
Address	
City	
State	
Zip	
Phone	
Medical History	
Allergies	
Current Medications	
Past Medical History	
Family History	
Social History	
Physical Examination	
Vital Signs	
Laboratory Tests	
Imaging Studies	
Diagnosis	
Treatment Plan	
Follow-up	

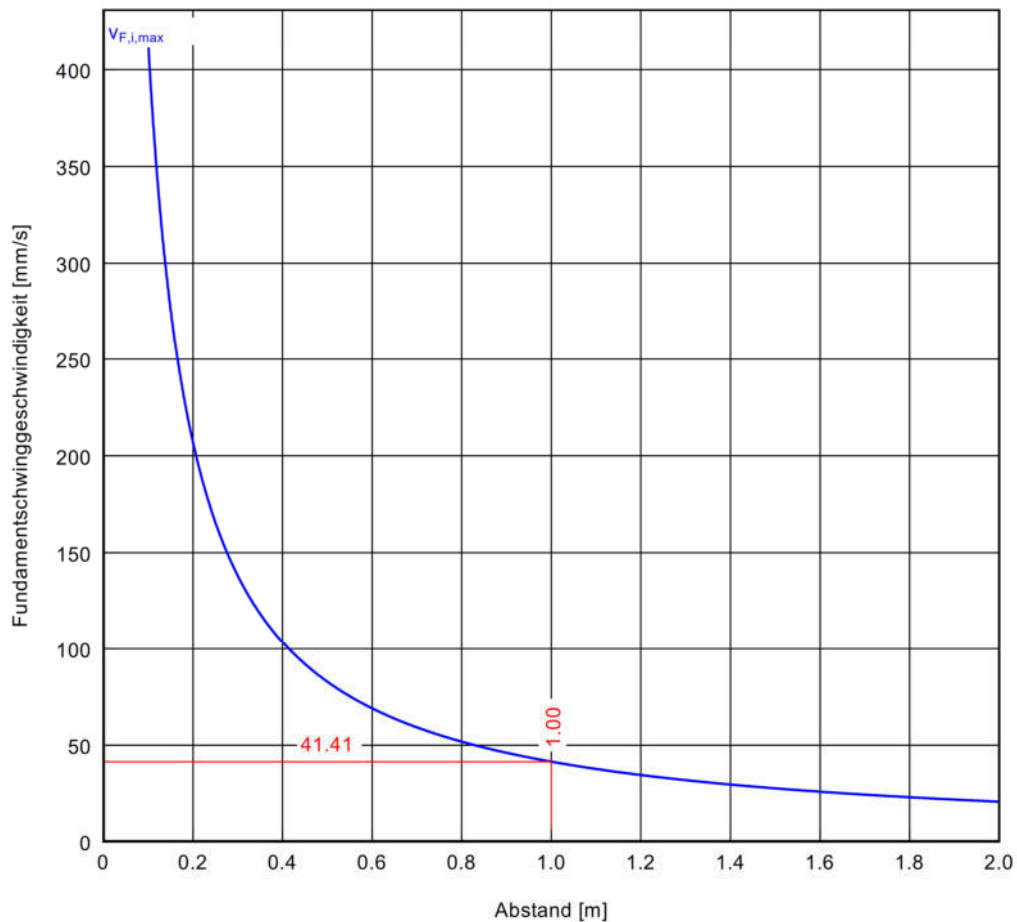
Anlage 7.1: Ergebnisse Immissionsberechnung gemäß DIN 4150-3
Industriegebäude, Vibrationsramme (W=150 kW)



Vibrationsramme
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Gewerbe-, Industriebauten
Abstand zum Gebäude r [m]: 1.00

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/s²] = 9989.29
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\text{max}}$ [mm/s] = 41.41
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 62.12
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 62.12
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



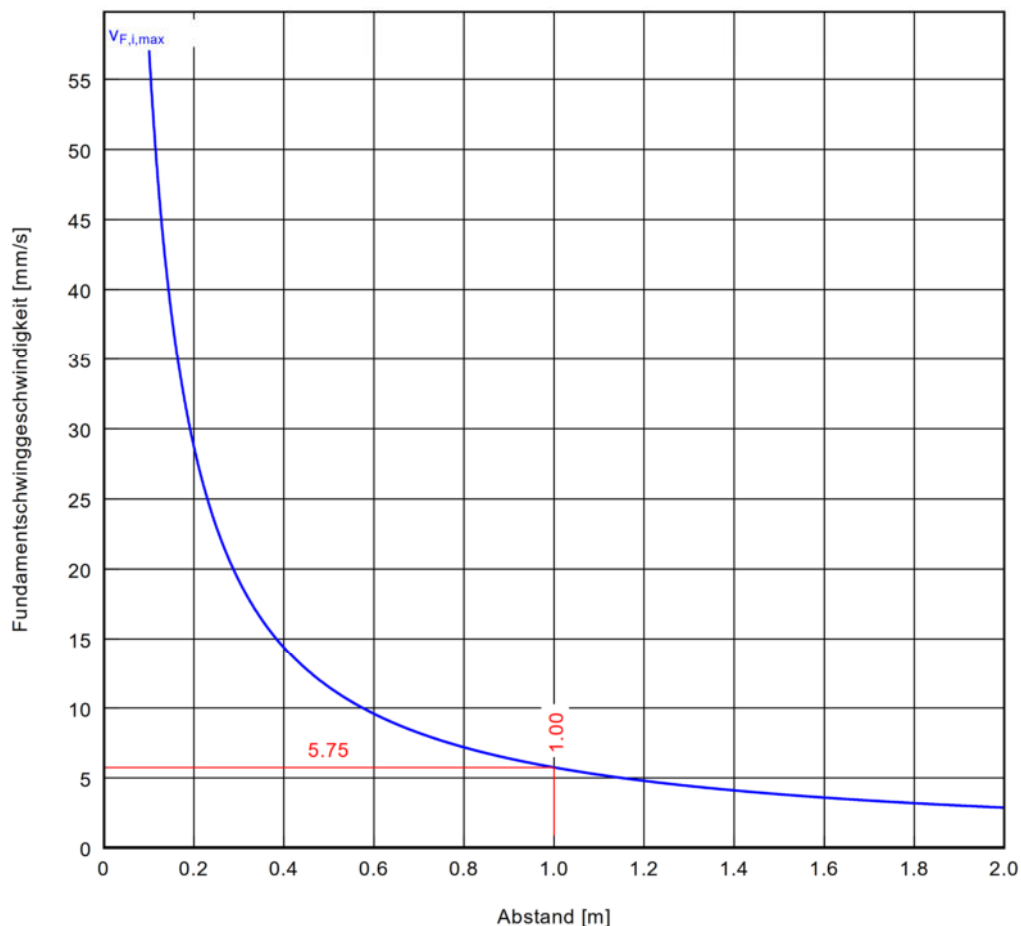
Anlage 7.2: Ergebnisse Immissionsberechnung gemäß DIN 4150-3
Industriegebäude, Vibrationsplatte (G=0,28 t)



Vibrationsplatte
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Gewerbe-, Industriebauten
Abstand zum Gebäude r [m]: 1.00

Betriebsgewicht Vibrationsplatte [t]: 0.28
Leistung Vibrationsplatte [kW]: 4.60
Frequenz Vibrationsplatte [1/s]: 65.00

Ergebnisse
Energie pro Schwingungsperiode E [kJ·m] = 0.07
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 10864.64
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = g/3 = 3300.00
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\text{max}}$ [mm/s] = 5.75
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 8.63
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 8.63
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Anlage 7.3: Ergebnisse Immissionsberechnung gemäß DIN 4150-3
Industriegebäude, Hydraulikhammer (E=13,71 kNm)



Hydraulikhammer
Gewerbe-, Industriebauten
Boden: bindige Böden
Boden ist sehr steif bzw. dicht
Abstand zum Gebäude r [m]: 1.00

Energie pro Rammschlag [kN·m] = 13.71
Schwingfrequenz [Hz]: 7.00

Ergebnisse
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 5881.33
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\text{max}}$ [mm/s] = 40.99

Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 61.48
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 61.48
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00

