

Untersuchung der baubedingten  
Erschütterungsimmissionen

ST 2151  
Erneuerung der kleinen Naabbrücke  
Schwarzenfeld

Bericht Nr. 710-5714-06

im Auftrag des  
Staatlichen Bauamts Amberg-Sulzbach  
92224 Amberg

München, im Februar 2020

**MÖHLER+PARTNER**  
 **INGENIEURE AG**

BERATUNG IN SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK  
MÜNCHEN | AUGSBURG | BAMBERG

Festgestellt gemäß Art.39 BayStrWG  
durch Beschluss vom 04.07.2022  
**ROP-SG31-4354.3-4-2-97**  
Regensburg, den 04.07.2022  
**Regierung der Oberpfalz**

**Meisel**  
Baudirektor

## Untersuchung der baubedingten Erschütterungsimmissionen

ST 2151

Erneuerung der kleinen Naabbrücke

Schwarzenfeld

**Bericht-Nr.:** 710-5714-06

**Datum:** 13.02.2020

**Auftraggeber:** Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach  
Konstruktiver Ingenieurbau – Brückenbau  
Archivstraße 1  
92224 Amberg

**Auftragnehmer:** Möhler + Partner Ingenieure AG  
Beratung in Schallschutz + Bauphysik  
Landaubogen 10  
D-81373 München  
T + 49 89 544 217 - 0  
F + 49 89 544 217 - 99  
www.mopa.de  
info@mopa.de

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) C. Eulitz, M.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) A. Mundschedel

## Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung .....	9
2. Örtliche Gegebenheiten .....	9
3. Grundlagen.....	11
3.1 Beurteilungsgrundlagen.....	12
3.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte.....	12
3.3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte .....	14
3.4 Prognosemodell .....	15
4. Erschütterungsprognose .....	16
4.1 Baubetriebsablauf .....	16
4.2 Maschineneinsatz.....	19
4.3 Emissionsansätze .....	19
4.4 Ausbreitung.....	20
4.5 Immissionen .....	20
5. Bewertung der Erschütterungsmissionen auf Menschen in Gebäuden.....	21
5.1 Verbau / Rammen.....	21
5.2 Abbrucharbeiten.....	22
5.3 Verdichten.....	22
5.4 Bohrarbeiten.....	23
5.5 Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungsmissionen .....	23
6. Bewertung der Erschütterungsmissionen auf bauliche Anlagen .....	26
7. Anlagen .....	28

## Abbildungsverzeichnis:

<b>Abbildung 1:</b>	Übersichtslageplan.....	10
<b>Abbildung 2:</b>	Einstufung der Art der baulichen Nutzung nach BauNVO.....	11
<b>Abbildung 3:</b>	Emissionsansätze und Abnahmefunktionen der Erschütterungsquellen.....	20
<b>Abbildung 4:</b>	Gebäude Schloßstraße 19.....	24
<b>Abbildung 5:</b>	Gebäude Badeanger 2.....	25

## Tabellenverzeichnis:

<b>Tabelle 1:</b>	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2.....	13
<b>Tabelle 2:</b>	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen nachts durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 1 .....	14
<b>Tabelle 3:</b>	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen .....	15

## Grundlagenverzeichnis:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes- Immissionsschutzgesetz – BIm-SchG), in der aktuellen Fassung
- [2] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO)
- [3] Digitale Geodaten: DGM5, ALKIS-Datensätze, Bayerische Vermessungsverwaltung, 25.04.2018; 3D-Gebäudemodell LoD1, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 26.04.2018
- [4] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [5] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [6] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [7] VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, Ausgabedatum: Januar 2013
- [8] Gerhard Müller, Michael Möser (Hrsg.): Taschenbuch der technischen Akustik, 3. erweiterte und überarbeitete Auflage, Springer Verlag 2004
- [9] Bauablaufplan, Abbruchplan, Lagepläne, Höhenpläne, Bauwerkspläne, Neubau der kleinen Naabbrücke Schwarzenfeld, Ingenieurbüro Grassl GmbH München, Stand 05.03.2018, aktualisiert 04.07.2018
- [10] Bauzeitenplan, Detailbauzeitenplan Vollsperrung, Neubau der kleinen Naabbrücke Schwarzenfeld, Ingenieurbüro Grassl GmbH München, Stand 14.02.2018, aktualisiert 06.06.2018
- [11] BV.: St2151 Kleine Naabbrücke in Schwarzenfeld, Geotechnischer Bericht, 1. Bericht – Baugrundgutachten, 15-004-1/is, SfG – Sachverständigeninstitut für Geotechnik GmbH, Nürnberg, 09.03.2017
- [12] Ortsbesichtigung durch Möhler + Partner 01.05.2018
- [13] Änderung des Untersuchungsumfangs, Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach, Email vom 14.08.2018
- [14] Ergänzende Angaben zur Bauausführung, Ingenieurbüro Grassl GmbH München, Email vom 27.09.2018
- [15] Änderung der Untergliederung der Bauphasen, Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach, Email vom 11.10.2018
- [16] Ortseinsicht und Bewertung durch Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach am 31.10.2019

## Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert nach DIN 4150-2 [ / ]
$A_o$	Oberer Anhaltswert [ / ]
$A_r$	Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungsschwingstärken [ / ]
$A_u$	Unterer Anhaltswert [ / ]
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BE-Fläche	Baustelleneinrichtungsfläche
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
B-Plan	Bebauungsplan
$C_f$	Konstante für die Art der Erschütterungseinwirkungen [ / ]
$\Delta L_B(f)$	baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg) [dB]
$\Delta L_G(f)$	Gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort [dB]
$\Delta L_M(f)$	Summe der Einfügedämmung schwingungsmindernder Maßnahmen [dB]
dB	Dezibel (Erschütterungen in $\text{dB re } 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ )
D	Dauer der Erschütterungseinwirkungen [d]
D	Lehrsches Dämpfungsmaß (Dämpfungsgrad) [ / ]
DIN®	Verbandzeichen des Deutschen Instituts für Normung e.V.
EG	Erdgeschoss
f	Frequenz [Hz]
f	(Decken-) Eigenfrequenz [Hz]
GOK	Geländeoberkante
IO	Immissionsort
$KB_r(t)$	bewertete Schwingstärke [ / ]

---

$KB_{F_{max}}$	maximale bewertete Schwingstärke [ / ]
$KB_{F_{Tm}}$	Taktmaximal-Effektivwert [ / ]
$KB_{F_{Tr}}$	Beurteilungs-Schwingstärke [ / ]
$L_E(f)$	Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort [dB]
$L_{v-Raum}(f)$	Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort [dB]
MI	Mischgebiet
OG	Obergeschoss
$T_E$	Einwirkzeit [h]
$v_i, V_i$	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
$v_{eff}$	Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
$v_{max}$	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
$V(f)$	Übertragungsfunktion[ / ]
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WA	Allgemeines Wohngebiet

### Zusammenfassung:

Für die geplante Erneuerung der kleinen Naabbrücke in Schwarzenfeld wurden in der vorliegenden Untersuchung die baubedingten Erschütterungsimmissionen prognostiziert und beurteilt. Eine gesetzliche Regelung für baubedingte Erschütterungen existiert nicht, deshalb erfolgte die Beurteilung nach der Normenreihe DIN 4150. Die Untersuchung zu Bauerschütterungen kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Mögliche Betroffenheiten im Sinne von erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2 sind in einem Umkreis um die Baustelle von bis zu ca. 48 m tagsüber nicht auszuschließen.  
Von diesen Überschreitungen der Anhaltswerte können bis zu sieben Gebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zur Baumaßnahme betroffen sein.
- Zur Minderung erheblicher Belästigungen wird die Umsetzung von organisatorischen Maßnahmen und einer umfassenden Information der potenziell betroffenen Anwohner empfohlen.

Weiterhin wird vorgeschlagen, Überwachungsmessungen für ein Gebäude (Badeanger 2) durchzuführen.

- Etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes entsprechend den Anforderungen der DIN 4150-3 sind bei den Baumaßnahmen für Gebäude bis zu einem Abstand von nicht mehr als ca. 12 m zur nächstgelegenen Erschütterungsquelle nicht auszuschließen.  
Bei den Abbrucharbeiten der Stützwand Nord kann aufgrund des geringen Abstands ein Gebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zur Baumaßnahme von Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3 betroffen sein (Badeanger 2).
- Zur Dokumentation vorhandener Vorschädigungen und zur späteren Abwehr von Schadensersatzansprüchen sollten gebäudetechnische Beweissicherungen zumindest am Gebäude Badeanger 2 durchgeführt werden. Empfehlenswert wäre die Beweissicherung zudem an den Gebäuden Schloßstraße 19 und Naabstraße 1 (Feuerwehrgebäude).  
Weiterhin wird vorgeschlagen, wegen des geringen Abstands von ca. 5,5 m bei den Abbrucharbeiten beim Abbruch der Stützwand Nord Überwachungsmessungen für ein Gebäude (Badeanger 2) durchzuführen.

## 1. Aufgabenstellung

Im Markt Schwarzenfeld ist die Erneuerung der kleinen Naabbrücke geplant.

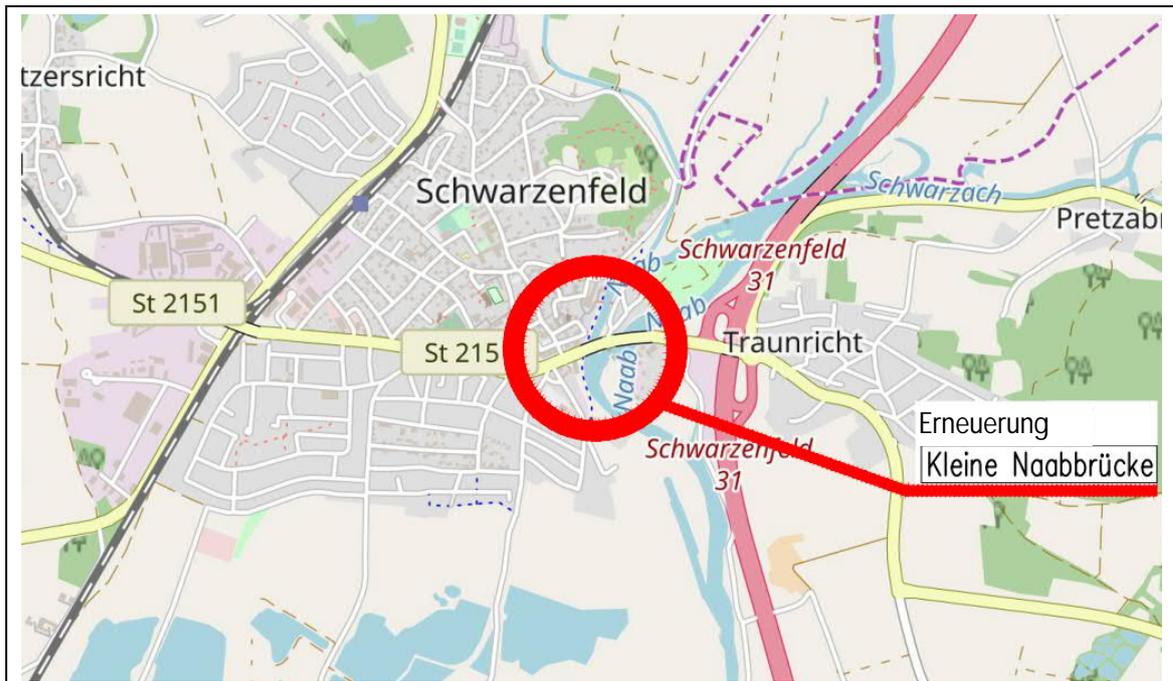
Bei der Brücke der Staatsstraße ST 2151 – Neue Amberger Straße – über die Naab in Schwarzenfeld, soll der bestehende Überbau durch einen Neubau ersetzt werden. Zunächst wird nördlich der bestehenden Brücke auf Behelfsunterbauten die neue Brücke hergestellt. Während der Verkehr auf den neuen Überbau verlegt wird (Baulage), erfolgt der Abriss des alten Brückenüberbaus und die Anpassung der Unterbauten. Anschließend erfolgt der Vershub des neuen Brückenüberbaus auf die alten Unterbauten (Endlage).

In einer erschütterungstechnischen Untersuchung sollen die zu erwartenden baubedingten Erschütterungsimmissionen innerhalb der schutzbedürftigen Nutzungen in der Nachbarschaft prognostiziert werden. Für die Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb ist zu prüfen, ob die Anforderungen der DIN 4150 eingehalten werden, erforderlichenfalls sind geeignete Schutzmaßnahmen vorzuschlagen.

Mit der Erstellung einer Untersuchung zu den Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 28.02.2018 beauftragt. Gemäß Email vom 14.08.2018 wurde der Untersuchungsumfang sowie mit Email vom 11.10.2018 die Untergliederung der Bauphasen geändert.

## 2. Örtliche Gegebenheiten

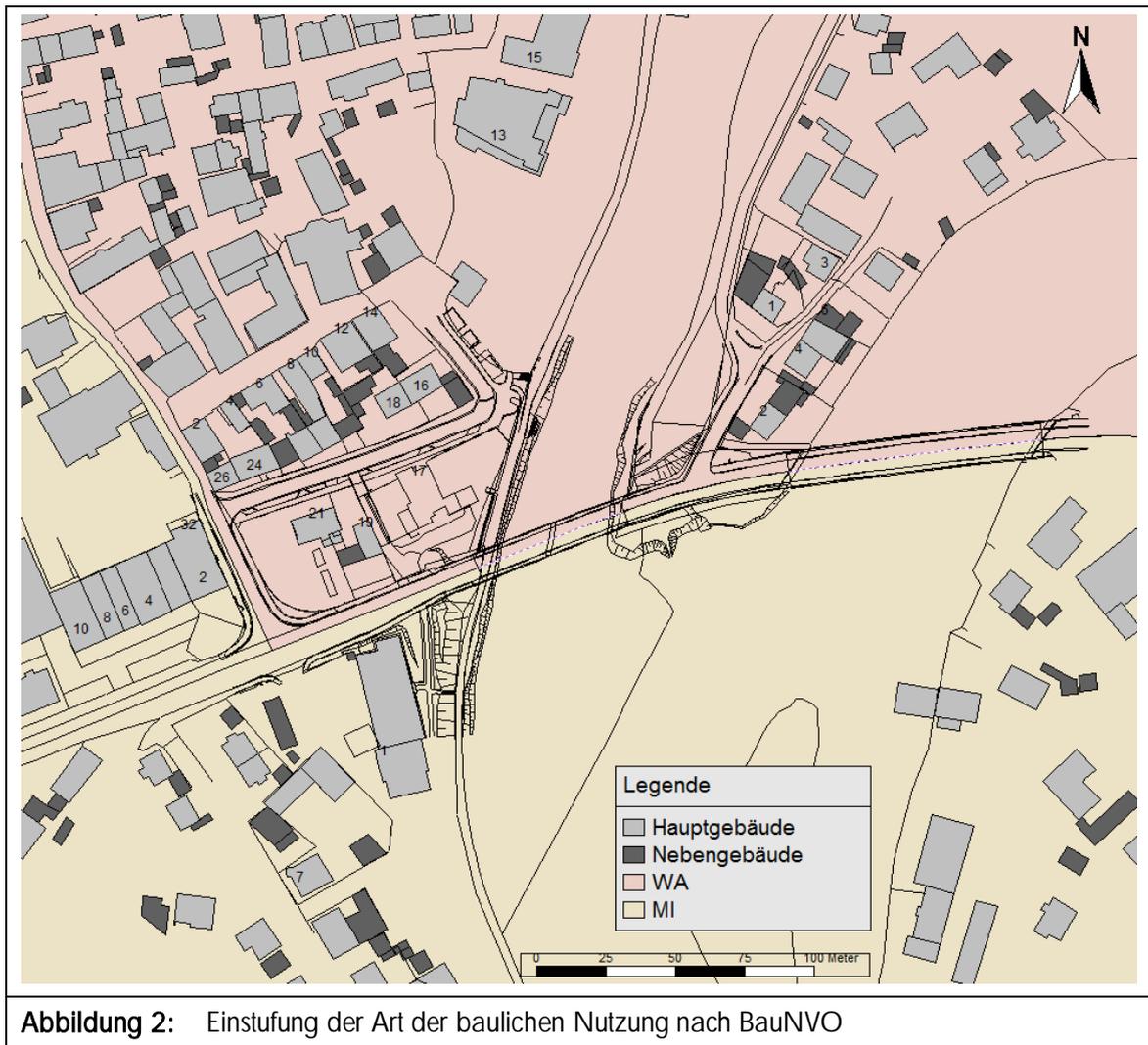
Die kleine Naabbrücke liegt in der Ortsdurchfahrt Schwarzenfeld der Staatsstraße ST 2151.



**Abbildung 1:** Übersichtslageplan

Im näheren Umfeld der Baumaßnahme existieren keine Bebauungspläne. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit erfolgte deshalb nach Ortseinsicht durch Möhler + Partner [12] sowie das Staatliche Bauamt Amberg-Sulzbach [16] anhand der tatsächlich vorhandenen Nutzung durch das Staatliche Bauamt Amberg-Sulzbach [16]. Das Gebiet nördlich der Neuen Amberger Straße und östlich der Hauptstraße (d.h. in der Umgebung der kleinen Naabbrücke der Bereich Schloßstraße und Badeanger) wird als Allgemeine Wohngebiete (WA) und damit nach Tabelle 1 Zeile 4 der DIN 4150-2 [5] eingestuft. Der übrige Bereich entspricht einem Mischgebiet (MI) und wird somit nach Tabelle 1 Zeile 3 der DIN 4150-2 [5] beurteilt.

Die Einstufung zur Art der baulichen Nutzung entsprechend BauNVO [2] ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.



Das Gelände in der näheren Umgebung ist bis auf den Gewässerbereich im Wesentlichen eben. Änderungen im Höhenverlauf wurden anhand eines digitalen Geländemodells [3] bei der Berechnung berücksichtigt.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten können dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

### 3. Grundlagen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz [1] ist schädlichen Umwelteinwirkungen –hier Erschütterungen - entgegen zu wirken, die „nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“.

Es existieren zurzeit keine expliziten gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmisionen auf Menschen bzw. auf bauliche Anlagen. In einschlägigen Sachverständigenäußerungen werden jedoch Beurteilungsmaßstäbe zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen beschrieben. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne des BImSchG ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen, wobei die Normenreihen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ ([4], [5], [6]) als antizipierte Sachverständigengutachten zur Konkretisierung des Begriffs der schädlichen Umwelteinwirkung herangezogen wird.

### 3.1 Beurteilungsgrundlagen

Die Beurteilung von Erschütterungsimmisionen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2 [5]. Bei der Einhaltung der entsprechenden Anhaltswerte ist in der Regel zu erwarten, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden.

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude erfolgt nach der DIN 4150, Teil 3 [6]. Dabei nennt die Norm Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind.

### 3.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte

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

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

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

Das beschriebene Verfahren ist dabei grundsätzlich bei allen Arten von Erschütterungseinwirkungen anzuwenden, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Anhaltswerte nicht schematisch anzuwenden

sind und eine Beurteilung im Einzelfall zu erfolgen hat. Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob die entsprechenden Werte aufgrund von Art, Ausmaß und Dauer der Erschütterungseinwirkungen geeignet sind, deren Erheblichkeit und Zumutbarkeit sachgerecht zu beurteilen.

Bei der Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden durch Baumaßnahmen sind tags (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen nach den nachfolgend dargestellten Anhaltswerten der Tabelle 2 in der DIN 4150-2 gebietsunabhängig zu bewerten.

<b>Tabelle 1:</b> Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2									
Dauer	D ≤ 1Tag			6 Tage < D ≤ 26Tage			26 Tage < D ≤ 78Tage		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	$A_u$	$A_o^*)$	$A_r$	$A_u$	$A_o^*)$	$A_r$	$A_u$	$A_o^*)$	$A_r$
<b>Stufe I</b>	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
<b>Stufe II</b>	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
<b>Stufe III</b>	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

\*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt  $A_o=6$

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

- Stufe I: Untere Stufe, bei deren Unterschreitung auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.
- Stufe II: Mittlere Stufe, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls die in Nr. 6.5.4.3 der DIN 4150-2 genannten Maßnahmen ergriffen werden. Ist zu erwarten, dass die Anhaltswerte der Stufe II überschritten werden, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren oder Verfahrensweisen möglich ist.
- Stufe III: Obere Stufe, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. Besondere Maßnahmen sind zu vereinbaren.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkung in der Tabelle 2 der DIN 4150-2 ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter diesen Anhaltswerten liegen, sind nicht mitzuzählen. Liegt die Dauer der Erschütterungseinwirkungen im Zeitraum zwischen 2 und 6 Tagen werden die Anhaltswerte entsprechend interpoliert.

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

<b>Tabelle 2:</b> Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen nachts durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 1				
Zeile	Einwirkungsort	Anhaltswerte nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Industriegebiete	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,15	0,3	0,07
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	0,15	0,05

### 3.3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Dabei werden als Dauererschütterungen jene Einwirkungen bezeichnet, bei denen die Definition von kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Entsprechend Punkt 3.4 der DIN 4150-3 gelten Erschütterungen als kurzzeitig, wenn sie für jedes Ereignis höchstens wenige Sekunden andauern und keine Materialermüdungen oder Resonanzerscheinungen in den betroffenen Strukturen erzeugen. Werden beispielsweise Spundbohlen eingerüttelt, Pfahlwände gebohrt, Flächen verdichtet etc., ist vom Belastungsfall durch Dauererschütterungen auszugehen. Bei der Beurteilung nach der DIN 4150-3 [6] werden folglich die messtechnisch erfassten maximalen Schwinggeschwindigkeiten  $v_{\max}$  mit den jeweiligen Anhaltswerten für Dauererschütterungen verglichen.

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

<sup>a</sup> einzelfallabhängig

Werden die Anhaltswerte eingehalten bzw. unterschritten, ist davon auszugehen, dass Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.

### 3.4 Prognosemodell

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

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

$$L_{v\text{-Raum}}(f) = L_E(f) + \Delta L_B(f) + \Delta L_G(f) + \Delta L_M(f)$$

mit:

$L_{v\text{-Raum}}(f)$ : Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort

$L_E(f)$ : Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort

$\Delta L_B(f)$ : baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)

$\Delta L_G(f)$ : Gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort

$\Delta L_M(f)$ : Summe der Einfügedämmung bei Verbau schwingungsmindernder Maßnahmen

Die Prognoseformel entspricht auch den Empfehlungen der VDI 3837 [7].

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

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

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

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

Im vorliegenden Fall wurde im Rahmen der Abschätzung von Betroffenheiten die immissionsseitige Übertragung der Erschütterungen vom Erdreich in Gebäude anhand von statistisch ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen gemäß Literaturangaben [8] angesetzt.

#### 4. Erschütterungsprognose

##### 4.1 Baubetriebsablauf

Der vorab abgeschätzte und zu untersuchende Baubetriebsablauf stellt sich gemäß den vom Auftraggeber bzw. von der technischen Planung übermittelten Informationen [9], [10], [14], [15] dar.

##### **Bauphase 0 Vorarbeiten Leitungsverlegung** (Dauer: 3 Wochen):

- Vorarbeiten Leitungsverlegung

##### **Bauphase 1 Baustelleneinrichtung, Rückbau Stützwand am westl. Widerlager** (Dauer: 3 Wochen):

- Baustelleneinrichtung, Flächenbefestigung, Zufahrten
- Rückbau der Stützwand am westl. Widerlager

##### **Bauphase 2a Spundwandverbau herstellen** (Dauer: 1 Woche):

- Spundwandverbau herstellen

**Bauphase 2b Behelfswiderlager und Behelfsumfahrung herstellen inkl. Anpassung Badeanger**  
(Dauer: 8 Wochen):

- Behelfswiderlager herstellen
- Straßenbau der Behelfsumfahrung (inkl. Badeanger und Behelfsentwässerung)

**Bauphase 3a Schüttung, Behelfspfeiler herstellen, Einheben der Längsträger, Querträger und  
Fahrbahnplatte herstellen, Stützwand Nordseite** (Dauer: 14 Wochen):

- Schüttung einbringen (westliches Feld)
- Behelfspfeiler herstellen
- Einheben der Längsträger
- Rückbau der Schüttung
- Querträger und Fahrbahnplatte herstellen
- Stützwand Nordseite Kappen und Stützwand (oberer Bereich) abbrechen
- Stützwand Nordseite Stützwand wiederherstellen
- Stützwand Nordseite Kappen herstellen (inkl. Geländer)

**Bauphase 3b Abdichtung, Kappen, Fahrbahnbelag, Geländer und Entwässerung herstellen**  
(ohne Schüttung); **Stützwand Südseite** (Dauer: 13 Wochen):

- Abdichtung, Kappen, Fahrbahnbelag, Geländer und Entwässerung herstellen
- Stützwand Südseite Kappen und Stützwand (oberer Bereich) abbrechen
- Stützwand Südseite Stützwand wiederherstellen
- Stützwand Südseite Kappen herstellen (inkl. Geländer)

**Bauphase 4 Abbruch** (Dauer: 5 Wochen):

- Fahrbahnbelag abfräsen
- Behelfsstützen aufstellen
- Kappen, Boden- und Fahrbahnplatten abbrechen
- Längs- und Querträger abbrechen
- Pfeiler abbrechen (oberer Bereich)
- Behelfsstützen abbauen
- Widerlager abbrechen (oberer Bereich)

**Bauphase 5 Anpassung der Bestandsunterbauten (Dauer: 4 Wochen):**

- Oberen Bereich des Pfeilers herstellen
- Anpassungen der Bestandsunterbauten

**Bauphase 6a Querverschub (Dauer: 1 Woche):**

- Vorbereitung Querverschub
- Querverschub

**Bauphase 6b Anpassung Überbau, Anpassung Straßenbau (Dauer: 7 Wochen):**

- Ergänzung Überbauabschluss, Einbau ÜKO's, Brückenausbau
- Herstellung Kappen auf Widerlagerflügeln
- Herstellung der seitlichen Kammerwände
- Straßenbauarbeiten zwischen den Brücken
- Straßenbauarbeiten westlich der kleinen Naabbrücke

**Bauphase 7 Schüttung, Rückbau Behelfsunterbauten und Behelfsumfahrung inkl. Wiederherstellung Badeanger, Winkelstützwand am westl. Ufer, Restarbeiten (Dauer: 13 Wochen):**

- Schüttung einbringen (westliches Feld)
- Rückbau der Behelfsunterbauten und Anpassungen der Bestandsunterbauten
- Rückbau der Schüttung
- Rückbau der Behelfsumfahrung und Wiederherstellung des Badeangers
- Herstellung Winkelstützwand und Böschungstreppen am westlichen Ufer
- Restarbeiten

Es wird von einer ungefähren Dauer der Baudurchführung von ca. 15 Monaten innerhalb von 2 Jahren mit Winterpause ausgegangen.

Die Bautätigkeiten sind zunächst sowohl im Tagzeitraum (6:00 – 22:00 Uhr) als auch im Nachtzeitraum (22:00 – 6:00 Uhr) vorgesehen.

Aus erschütterungstechnischer Sicht sind die erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten abhängig von den eingesetzten Geräten und Verfahren und können mehrfach bzw. in mehreren Bauphasen auftreten.

## 4.2 Maschineneinsatz

Es werden zur Durchführung der Bautätigkeiten u. a. folgende Maschinen in Ansatz gebracht:

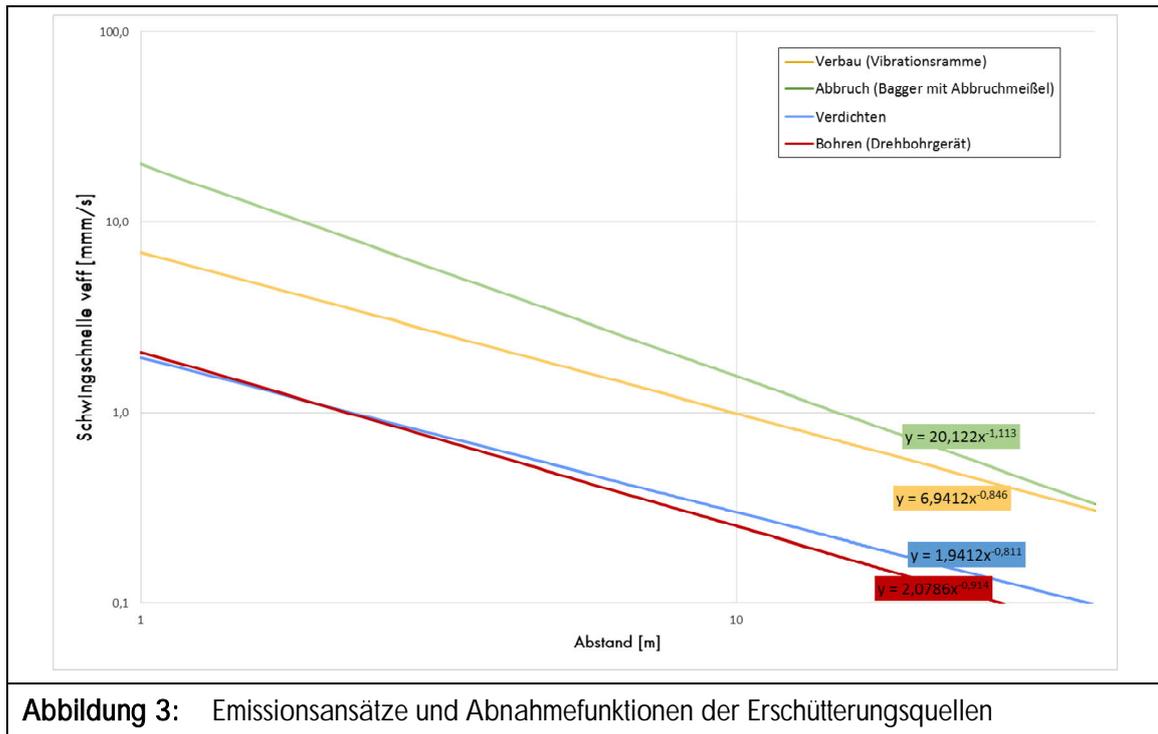
- Bagger
- LKW, LKW-Sattelzug
- Radlader
- Rüttelplatte
- Vibrationsramme (Hydraulik-Ramme)
- Drehbohrgerät
- Transportbetonmischer, Betonpumpe, Flaschenrüttler (Innenrüttler)
- Mobilkran
- Hydraulikpresse (Einschub Großbauteile)
- Bagger mit Hydraulikmeißel, Trennschleifer
- Asphaltfräse
- Asphaltfertiger
- Walzenzug / Vibrationswalze
- Kleingeräte

## 4.3 Emissionsansätze

Dabei können folgende Bautätigkeiten erschütterungsrelevant sein:

- Verbau / Rammen: Herstellung Spundwandverbau: Vibrationsramme (Hydraulik-Ramme)
- Abbrucharbeiten: Abbruch Bestandsüberbau, Abbruch der Stützwände: Bagger mit Hydraulikmeißel
- Verdichten: Flächenbefestigung, Schüttung einbringen, Straßenbau Behelfsumfahrung und Endlage: Verdichtungsarbeiten mit Vibrationsgeräten (Rüttelplatte, Vibrationswalze)
- Bohrarbeiten: Behelfspfeiler herstellen: Tiefgründung mit Drehbohrgerät

Um im Vorfeld der Maßnahme etwaige Betroffenheiten abzuschätzen, werden Annahmen zu den erwartenden Emissionen anhand eigener Erfahrungswerte bzw. Emissionsangaben aus Literaturangaben herangezogen, vgl. nachfolgendes Diagramm:



#### 4.4 Ausbreitung

Die Höhe der durch die Quellen entstehenden Erschütterungsemissionen sowie deren Weiterleitung im Erdreich hängen stark von den spezifischen geologischen Untergrundverhältnissen (Bodenmaterial, Lagerungsdichte, Schichtungen, Grundwasserspiegel usw.) ab.

Die geologischen Verhältnisse sind geprägt von Ablagerungen der Naab über metamorphem Felsgestein. Entsprechend den Angaben der Baugrunderkundung [11] ist in den Uferbereichen die oberste Schicht eine anthropogene Auffüllung. Darunter ist der Baugrund im Wesentlichen aus einer Lockergesteinsschicht über einer Festgesteinsschicht aufgebaut. Unterhalb einer ca. 3 m bis 5 m mächtigen sandigen Kiesschicht (fluviale Ablagerungen) steht Felsgestein aus Gneis an. Dieser ist klüftig und weist eine bis zu ca. 15 m mächtige Verwitterungsschicht auf. Der Grundwasserspiegel als möglicher Reflexionshorizont für Schwingungen liegt innerhalb der Kiesschicht.

Hinsichtlich der Bewertung von Bauerschütterungen werden die Untergrundverhältnisse als mäßig kritisch bis kritisch hinsichtlich der Weiterleitung von Schwingungen angesehen. Die Ausbreitung wird gem. DIN 4150-1 abgeschätzt.

#### 4.5 Immissionen

Da im vorliegenden Fall im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorhanden sind, erfolgte die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der Gebäude nach der tatsächlich vorhandenen Nutzung, siehe Kapitel 2. Die Gebäudeparameter und Deckenüberhöhungen werden für Holzbalkendecken und Stahlbetondecken mit ungünstigen Resonanzfrequenzen ermittelt.

Die Lage der Immissionsorte (IO) ist im Lageplan in Anlage 1 mit dargestellt.

## 5. Bewertung der Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden

Für die nächstgelegenen Gebäude in einem Abstand von bis zu ca. 48 m von der Erschütterungsquelle sind tagsüber potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungseinwirkungen auf Menschen (nach DIN 4150-2) vor allem bei den Verbau- und Abbrucharbeiten nicht auszuschließen. Die Abschätzung der Erschütterungsimmissionen ist in Anlage 2 dokumentiert.

Anmerkungen: Aufgrund der baubedingten Schallimmissionen werden die notwendigen Bauarbeiten ausschließlich in der Zeit von 7:00 bis 20:00 Uhr und über eine Zeitdauer bis zu acht Stunden durchgeführt. Die Bewertung der erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten erfolgt im Weiteren auf der Grundlage der vorgesehenen organisatorischen Maßnahmen durch die baubedingten Schallimmissionen (nur Beurteilungszeitraum Tag, Einwirkzeit 8 Stunden).

Die Abschätzung der Bereiche um die Erschütterungsquellen, in denen mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen nicht auszuschließen sind, erfolgte ausgehend von den Emissionsansätzen aus Kapitel 4.3, den Ausbreitungsverhältnissen nach Kapitel 4.4 und den Gebäudeparametern nach Kapitel 4.5, so dass unter Berücksichtigung der oben angegebenen Einwirkzeiten die Anforderungen der DIN 4150-2, Stufe II eingehalten werden.

### 5.1 Verbau / Rammen

Bei Arbeiten mit Vibrationsrammen für den Spundwandverbau können relevante Erschütterungsimmissionen entstehen.

Der Einsatz der Vibrationsrammen erfolgt bei der Herstellung des Spundwandverbau, wobei von einer Einsatzdauer von 5 Tagen ausgegangen wird. Sofern zwischen dem Ort der Krafteinleitung und dem nächstgelegenen Immissionsort keine Schwingungsbrücken bestehen (z.B. Körperschallbrücken aus Altbeton o.ä., Festgesteinschicht, etc.), sind mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen tagsüber in umliegenden Gebäuden mit Räumen zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen in einem Abstand von der Erschütterungsquelle von bis zu ca. 46 m nicht auszuschließen.

Innerhalb dieses Bereiches um den Spundwandverbau befinden sich folgende Gebäude:

- Badeanger 2
- Badeanger 4
- Schloßstraße 16
- Schloßstraße 18
- Schloßstraße 19
- Schloßstraße 21

## 5.2 Abbrucharbeiten

Durch Abbrucharbeiten mittels Bagger mit Hydraulikmeißel können je nach Einsatz der benötigten Meißelgrößen und Werkzeugzustände sowie der benötigten Krafeinleitung unter Umständen hohe Erschütterungsemissionen auftreten.

Der Einsatz der Bagger mit Hydraulikmeißel erfolgt vor allem beim Abbruch des Bestandsüberbaus und dem Rückbau der Stützwände und der Instandsetzung der Kappen auf den Stützwänden, innerhalb von insgesamt ca. 8 Wochen. Für die maßgebenden Immissionen an den nächstgelegenen Gebäuden auf jeder Seite der Brücke kann von einer Einsatzdauer von ca. 15 Tagen ausgegangen werden. Sofern zwischen dem Ort der Krafeinleitung und dem nächstgelegenen Immissionsort keine Schwingungsbrücken bestehen (z.B. Körperschallbrücken aus Altbeton o.ä., Festgesteinsschicht, etc.), sind mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen tagsüber in umliegenden Gebäuden mit Räumen zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen in einem Umkreis von bis zu ca. 48 m nicht auszuschließen.

Innerhalb dieses Bereiches um die Abbrucharbeiten befinden sich folgende Gebäude:

- Badeanger 1
- Badeanger 2
- Badeanger 4
- Schloßstraße 16
- Schloßstraße 18
- Schloßstraße 19
- Schloßstraße 21

## 5.3 Verdichten

Bei Verdichtungsarbeiten handelt es sich um Bautätigkeiten mit einem vergleichsweise geringen Zeitanteil des Einsatzes von erschütterungsintensivem Baugerät.

Der Einsatz der Verdichtungsgeräte erfolgt während mehrerer Bautätigkeiten, insbesondere den Erdarbeiten (Flächenbefestigung, Schüttung einbringen) und den Straßenbauarbeiten innerhalb von insgesamt ca. 33 Wochen. Für die maßgebenden Immissionen an den nächstgelegenen Gebäuden auf jeder Seite der Brücke kann von einer Einsatzdauer von ca. 42 Tagen ausgegangen werden.

Beim Einsatz von schweren Rüttelplatten, Vibrationswalzen (Walzenzug oder Tandemwalze) zur Verdichtung des Planums, Schüttungen, Fahrbahnbelag etc. sind mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen tagsüber in umliegenden Gebäuden mit Räumen zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen in einem Umkreis von bis zu ca. 12 m nicht auszuschließen. Sofern zwischen dem Ort der Krafeinleitung und dem nächstgelegenen Immissionsort Schwingungsbrücken bestehen (z.B. Körperschallbrücken aus Altbeton o.ä., Festgesteinsschicht, etc.) kann sich dieser Abstand noch erhöhen, wovon aber nicht ausgegangen wird.

Innerhalb dieses Bereiches um die Verdichtungsarbeiten befinden sich folgende Gebäude:

- Badeanger 2
- Schloßstraße 19

#### 5.4 Bohrarbeiten

Bei Bohrarbeiten mit Drehbohrgerät handelt es sich um Bautätigkeiten mit einem vergleichsweise weniger kritischem Einsatz von erschütterungsintensivem Baugerät.

Der Einsatz der Drehbohrgeräts erfolgt vor allem beim Behelfspfeiler herstellen, innerhalb von insgesamt ca. 3 Wochen. Für die maßgebenden Immissionen an den nächstgelegenen Gebäuden kann von einer Einsatzdauer von ca. 15 Tagen ausgegangen werden. Sofern zwischen dem Ort der Krafteinleitung und dem nächstgelegenen Immissionsort keine Schwingungsbrücken bestehen (z.B. Körperschallbrücken aus Altbeton o.ä., Festgesteinsschicht, etc.), sind mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen tagsüber in umliegenden Gebäuden mit Räumen zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen in einem Umkreis von bis zu ca. 10 m nicht auszuschließen.

Innerhalb dieses Bereiches um die Bohrarbeiten befinden sich keine Gebäude.

#### 5.5 Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungsimmissionen

Da gemäß der abgeschätzten baubedingten Erschütterungsimmissionen potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungseinwirkungen auf Menschen nicht auszuschließen sind, sollen auf jeden Fall folgende informative Maßnahmen zur Minderung der Belästigung in möglicherweise betroffenen Gebäuden vor Beginn der erschütterungsverursachenden Bautätigkeiten durchgeführt werden:

- umfassende Informationsweitergabe über Baumaßnahmen, Dauer, etc. an betroffene Anwohner.
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahme.
- Benennung einer Anspruchsstelle, an die sich Betroffene wenden können.
- Informationen über die Erschütterungswirkung auf das Gebäude.
- zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Einhaltung der Ruhezeiten, etc.).

Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird für alle Gebäude in einem Umkreis von ca. 50 m um die Baustelle (Schloßstraße, Naabstraße, Badeanger) empfohlen.

Ebenfalls wird empfohlen, im Bereich der angrenzenden Gebäude die werktäglichen Betriebsdauern der erschütterungsintensiven Baumaschinen soweit möglich zu reduzieren.

Das Gebäude Schloßstraße 19 (IO 01) liegt in geringem Abstand zur Baustelle, siehe nachfolgende Abbildung:



**Abbildung 4:** Gebäude Schloßstraße 19

Aufgrund des geringen Abstands erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten sollte vor Beginn der Arbeiten die tatsächliche Nutzung dieses Gebäudes hinsichtlich der Schutzbedürftigkeit überprüft werden. Das Gebäude war zum Zeitpunkt der Begutachtung leerstehend.

Auf der Ostseite befindet sich das Gebäude Badeanger 2 (IO 04) in geringem Abstand zur Baustelle, siehe nachfolgende Abbildung:



**Abbildung 5:** Gebäude Badeanger 2

Aufgrund des geringen Abstands erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten, insbesondere bei den Abbrucharbeiten der Stützwand Nord, sollte zur Minderung erheblicher Belästigungen vor Beginn der Arbeiten eine Abstimmung zum Baubetrieb mit den Bewohnern erfolgen.

Weiterhin empfiehlt es sich, für dieses Gebäude Messungen der Erschütterungsimmissionen während der erschütterungsintensiven Bautätigkeiten durchzuführen als Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen und Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen:

- Badeanger 2

Zur Minderung der Erschütterungsimmissionen für dieses Gebäude wäre die Verwendung erschütterungsärmerer Bauverfahren beim Abbruch der Stützwand Nord denkbar, z.B. Einsatz einer Betonsäge oder kleiner, handgeführter Druckluftschlämmer. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass dies zu einer Verlängerung der Bauzeit oder einer höheren Belästigung durch Baulärm führen kann.

Auch für die Verbauarbeiten ist aus Sicht des Erschütterungsschutzes die Verwendung erschütterungsärmerer Bauverfahren denkbar. Vor dem Einrammen der Spundwände ist es möglich, den Untergrund im Rahmen von Auflockerungsbohrungen vorzubohren, sodass die Dauer und die Intensität der Rammarbeiten und somit die Erschütterungsimmissionen erheblich reduziert werden können. Die Durchführung der Maßnahme Vorbohren wird empfohlen. Eine Erstellung der Verbauten mit Bohrpfählen lässt mit dem Einsatz des Drehbohrgeräts eine nennenswerte Reduzierung der Erschütterungsimmissionen während des Einbaus erwarten. Andererseits entstehen beim Abbruch der Bohrpfähle zusätzliche Erschütterungen. Neben der längeren Bauzeit und den Problemen beim Abbruch der Bohrpfähle (Abbruch unter GOK nicht sinnvoll möglich) spricht vor allem der deutlich

größere Platzbedarf gegen den Einsatz von Bohrpfählen. Insbesondere im Bereich zwischen dem Behelfs- und dem Bestandswiderlager würde der verfügbare Platz durch den Einsatz von Bohrpfählen sehr stark eingeschränkt werden. Eine sinnvolle Ausführung wäre daher nicht umsetzbar.

Alternative Bauverfahren zum Einbringen der Verbauten (z.B. Hydropressverfahren) können möglicherweise geringere Schallemissionen erzeugen, sind jedoch aufgrund der geologischen Randbedingungen im vorliegenden Fall nicht geeignet. So weist der geotechnische Bericht [11] aufgrund des Baugrunds für den Spundwandverbau das Erfordernis einer „schweren Rammung“ aus.

Die Gebäude mit möglichen Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen tagsüber und die empfohlenen Gebäude für Messungen der Erschütterungsimmissionen sind in Anlage 3 dargestellt.

## 6. Bewertung der Erschütterungsimmissionen auf bauliche Anlagen

Etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes entsprechend den Anforderungen der DIN 4150-3 sind bei den Baumaßnahmen für Gebäude bis zu einem Abstand zur nächstgelegenen Erschütterungsquelle von ca. 8 m bei den Rammarbeiten und von ca. 12 m bei den Abbrucharbeiten nicht auszuschließen (siehe auch Anlage 2).

Auf der Ostseite können die Abbrucharbeiten der Stützwand Nord mittels Bagger mit Hydraulikmeißel bis zu einem Abstand von ca. 5,5 m an das Gebäude Badeanger 2 (IO 04) heranrücken. Um ggf. eine Korrelation zwischen baubedingten Erschütterungen und Gebäudeschäden herstellen zu können, empfiehlt es sich, für dieses Gebäude Messungen der Erschütterungsimmissionen durchzuführen als Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen und Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf bauliche Anlagen (Gebäudeschäden):

- Badeanger 2

Bei den übrigen erschütterungsintensiven Arbeiten sind etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes entsprechend den Anforderungen der DIN 4150-3 nicht zu erwarten.

Zur Dokumentation vorhandener Vorschädigungen und zur späteren Abwehr von Schadensersatzansprüchen sollten vor Baubeginn gebäudetechnische Beweissicherungen am Gebäude Badeanger 2 durchgeführt werden. Für die Gebäude in einem Umkreis bis zu ca. 15 m um den Bereich der Ramm- und Abbrucharbeiten (Schloßstraße 19, Naabstraße 1 [Feuerwehrgebäude]) ist ebenfalls eine Beweissicherung sinnvoll.

Gebäudetechnische Beweissicherungen empfehlen sich an folgenden Anwesen (Haupt- und Nebengebäude):

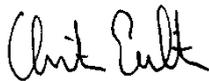
- Badeanger 2
- Naabstraße 1
- Schloßstraße 19

Die empfohlenen Gebäude für Messungen der Erschütterungsimmissionen und der empfohlene Korridor für gebäudetechnische Beweissicherungen sind in Anlage 3 dargestellt.

Dieser Bericht umfasst 28 Seiten und 3 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 13. Februar 2020

Möhler + Partner  
Ingenieure AG



Dipl.-Ing. (FH) C. Eulitz, M.Eng.



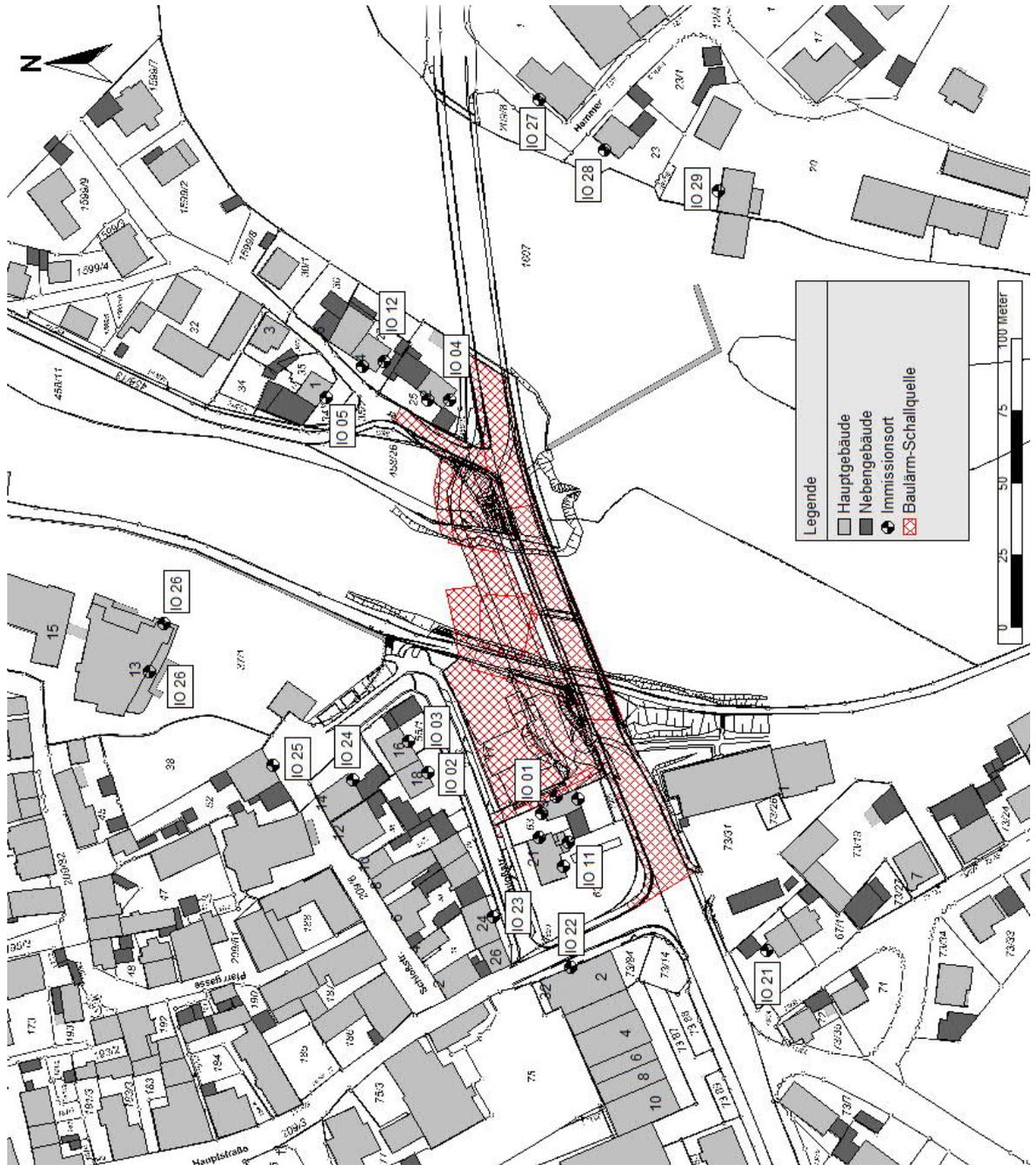
i. V. Dipl.-Ing. (FH) A. Mundschedel

## 7. Anlagen

- Anlage 1: Lageplan mit Lage der Immissionsorte
- Anlage 2: Abschätzung Erschütterungsimmissionen für typische Deckenkonstruktionen bei der Annahme ungünstiger Eigenfrequenzen
- Anlage 3: Lageplan mit potenziell betroffenen Anwesen, Empfehlung von Überwachungsmessungen und Beweissicherungskorridor

Anlage 1: Lagepläne

Lageplan Übersicht



Anlage 2: Abschätzung Erschütterungsimmissionen für typische Deckenkonstruktionen bei der Annahme ungünstiger Eigenfrequenzen

Gebäude mit den Eigenfrequenzen, Dämpfungen und Abstand zur Emission								
IO Nr.	Gebäude	Deckentyp	Eigenfrequenz f [Hz]	Dämpfung D [%]	Abstand zur Emission [m]			
					E 1 Rammen	E 2 Abbruch	E 3 Verdichten	E 4 Bohren
IO 01	Schloßstraße 19	Holzbalken	12,5	0,130	24	20	4	65
		Stahlbeton	63,0	0,065	24	20	4	65
IO 02	Schloßstraße 18	Holzbalken	12,5	0,130	38	32	18	58
		Stahlbeton	63,0	0,065	38	32	18	58
IO 03	Schloßstraße 16	Holzbalken	12,5	0,130	39	38	19	52
		Stahlbeton	63,0	0,065	39	38	19	52
IO 11	Schloßstraße 21	Holzbalken	12,5	0,130	35	37	14	77
		Stahlbeton	63,0	0,065	35	37	14	77
IO 04	Badeanger 2	Holzbalken	12,5	0,130	21	5,5	6,5	67
		Stahlbeton	63,0	0,065	21	5,5	6,5	67
IO 05	Badeanger 1	Holzbalken	12,5	0,130	51	47	24	89
		Stahlbeton	63,0	0,065	51	47	24	89
IO 12	Badeanger 4	Holzbalken	12,5	0,130	43	25	15	86
		Stahlbeton	63,0	0,065	43	25	15	86

E 1 Rammen - Vibrationsramme: Rammen Verbau  
E 2 Abbruch - Bagger mit Abbruchmeißel: Abbrucharbeiten  
E 3 Verdichten - Rüttelplatte; Walze: Verdichtungsarbeiten  
E 4 Bohren - Drehbohrgerät: Herstellung Bohrpfähle

Auswirkungen auf Menschen in Gebäuden

Beurteilung Auswirkungen auf Menschen nach DIN 4150-2 Tag		Überschreitung Stufe II der 4150-2, Tabelle 2												
IO Nr.	Gebäude	Deckentyp	K <sub>B,max</sub> , c <sub>F</sub> =0,8				K <sub>B,Tr</sub> mit T <sub>e</sub> =8 Std				E1 E2 E3 E4			
			E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren	E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren	E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren
IO 01	Schloßstraße 19 **)	Holzbaiken	0,69	1,04	0,91	0,07	0,29	0,43	0,38	0,03	Nein	Ja	Nein	Nein
		Stahlbeton	1,46	2,22	1,95	0,14	0,69	1,04	0,92	0,07	Ja	Ja	Ja	Nein
IO 02	Schloßstraße 18	Holzbaiken	0,46	0,62	0,27	0,07	0,19	0,26	0,11	0,03	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	0,99	1,31	0,58	0,16	0,47	0,62	0,27	0,07	Ja	Ja	Nein	Nein
IO 03	Schloßstraße 16	Holzbaiken	0,45	0,51	0,26	0,08	0,19	0,21	0,11	0,03	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	0,97	1,08	0,55	0,17	0,46	0,51	0,26	0,08	Ja	Ja	Nein	Nein
IO 11	Schloßstraße 21	Holzbaiken	0,50	0,52	0,33	0,06	0,21	0,22	0,14	0,02	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	1,06	1,12	0,71	0,12	0,50	0,53	0,33	0,06	Ja	Ja	Nein	Nein
IO 04	Badeanger 2	Holzbaiken	0,77	4,38	0,62	0,06	0,32	1,82	0,26	0,03	Nein	Ja	Nein	Nein
		Stahlbeton	1,64	9,33	1,31	0,14	0,77	4,40	0,62	0,06	Ja	Ja	Ja	Nein
IO 05	Badeanger 1	Holzbaiken	0,36	0,40	0,21	0,05	0,15	0,17	0,09	0,02	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	0,77	0,86	0,46	0,11	0,36	0,40	0,21	0,05	Nein	Ja	Nein	Nein
IO 12	Badeanger 4	Holzbaiken	0,42	0,81	0,31	0,05	0,17	0,34	0,13	0,02	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	0,89	1,73	0,67	0,11	0,42	0,82	0,31	0,05	Ja	Ja	Nein	Nein

E 1 Rammen - Vibrationsramme: Rammen Verbau

E 2 Abbruch - Bagger mit Abbruchmeißel: Abbrucharbeiten

E 3 Verdichten - Rüttelplatte: Walze: Verdichtungsarbeiten

E 4 Bohren - Drehbohrgerät: Herstellung Bohrpfähle

\*\*) derzeit leerstehend

Auswirkungen auf bauliche Anlagen

Beurteilung Auswirkungen auf Gebäude nach DIN 4150-3															
IO Nr.	Gebäude	Deckentyp	Übertragungs-funktion V [1]	v am Fundament				v oberste Geschossdecke				Überschreitung Anhaltswerte der 4150-3 Dauerschütterungen			
				E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren	E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren	E1 Rammen	E2 Abbruch	E3 Verdichten	E4 Bohren
IO 01	Schloßstraße 19	Holzbalken	4,0	0,24	0,36	0,32	0,02	0,94	1,43	1,25	0,09	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 02	Schloßstraße 18	Stahlbeton	7,8	0,24	0,36	0,32	0,02	1,83	2,78	2,45	0,18	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 03	Schloßstraße 16	Holzbalken	4,0	0,16	0,21	0,09	0,03	0,64	0,84	0,37	0,10	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 11	Schloßstraße 21	Stahlbeton	7,8	0,16	0,18	0,09	0,03	1,24	1,65	0,72	0,20	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 04	Badeanger 2	Holzbalken	4,0	0,17	0,18	0,11	0,02	0,68	0,72	0,45	0,08	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 05	Badeanger 1	Stahlbeton	7,8	0,17	0,18	0,11	0,02	1,33	1,40	0,89	0,15	Nein	Nein	Nein	Nein
IO 12	Badeanger 4	Holzbalken	4,0	0,26	1,51	0,21	0,02	1,05	6,00	0,85	0,09	Nein	Ja	Nein	Nein
		Stahlbeton	7,8	0,26	1,51	0,21	0,02	2,05	11,70	1,65	0,17	Nein	Ja	Nein	Nein
		Holzbalken	4,0	0,12	0,14	0,07	0,02	0,50	0,55	0,29	0,07	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	7,8	0,12	0,14	0,07	0,02	0,97	1,07	0,57	0,13	Nein	Nein	Nein	Nein
		Holzbalken	4,0	0,14	0,28	0,11	0,02	0,57	1,11	0,43	0,07	Nein	Nein	Nein	Nein
		Stahlbeton	7,8	0,14	0,28	0,11	0,02	1,12	2,17	0,84	0,14	Nein	Nein	Nein	Nein

E 1 Rammen - Vibrationsramme: Rammen Verbau  
 E 2 Abbruch - Bagger mit Abbruchmeißel: Abbrucharbeiten  
 E 3 Verdichten - Rüttelplatte: Walze: Verdichtungsarbeiten  
 E 4 Bohren - Drehbohrgerät: Herstellung Bohrpfähle

710-5714-06

baubedingte Erschütterungsimmissionen

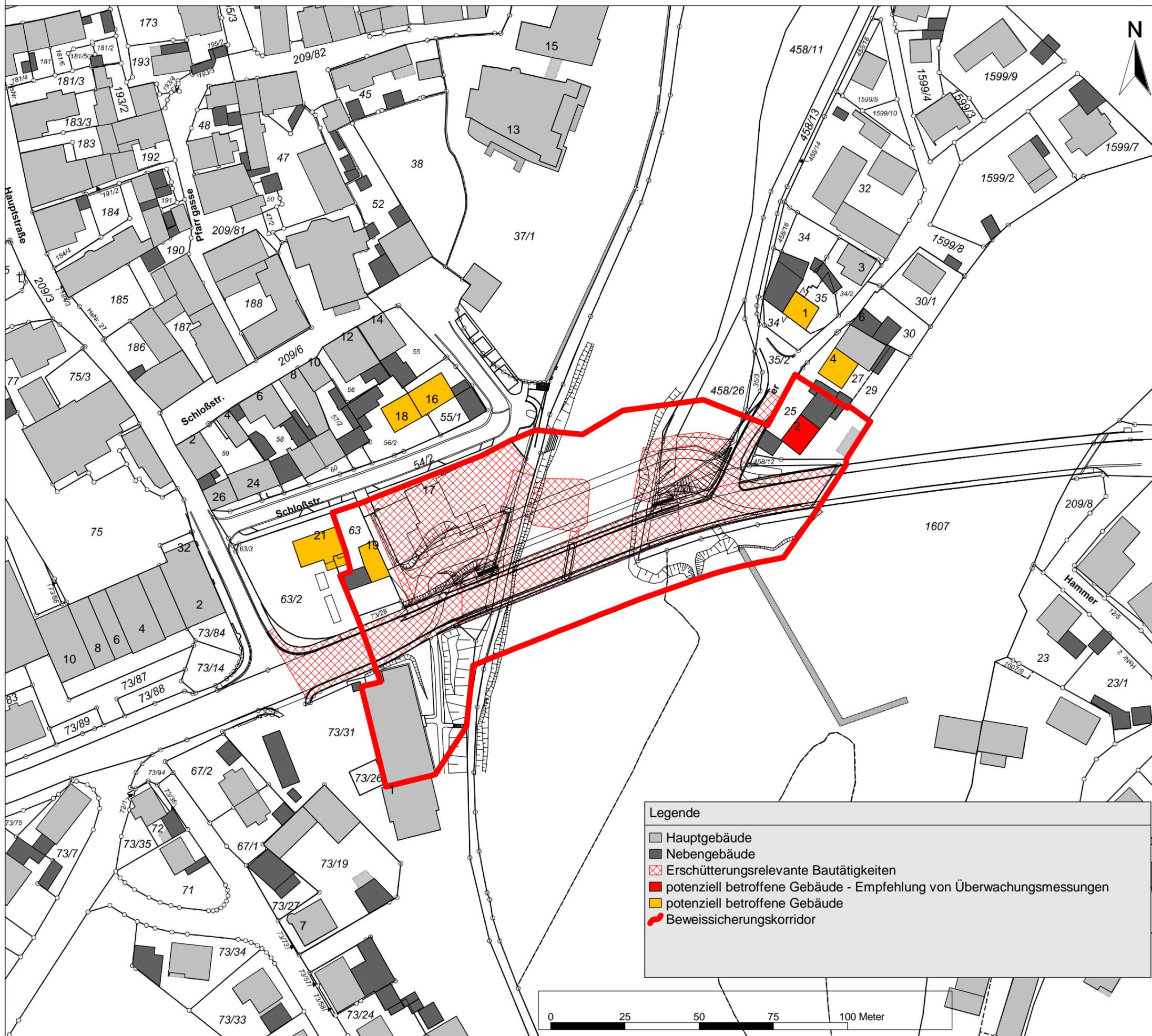
Anlage 3

Lageplan

potenziell betroffene Anwesen DIN 4150-2 tags

Empfehlung von Überwachungsmessungen

Beweissicherungskorridor



**Legende**

- Hauptgebäude
- Nebengebäude
- ▨ Erschütterungsrelevante Bautätigkeiten
- potenziell betroffene Gebäude - Empfehlung von Überwachungsmessungen
- potenziell betroffene Gebäude
- 🔴 Beweissicherungskorridor