

# Erschütterungsprognose

## Bauvorhaben Hauptfeuerwache Brühl



M.Sc. Marvin Binnig  
Bericht-Nr.: ACB-0623-226372/02

03.07.2023

Titel: Erschütterungsprognose  
Bauvorhaben Hauptfeuerwache Brühl

Auftraggeber: Stadt Brühl

Auftrag vom: 29.11.2022

Bericht-Nr.: ACB-0623-226372/02

Ersetzt Bericht-Nr.:  
vom: -

Umfang: 42 Seiten

Datum: 03.07.2023

Bearbeiter: M. Sc. Marvin Binnig

---

Diese Unterlage ist für den Auftraggeber bestimmt und darf nur insgesamt kopiert und verwendet werden.  
Bei Veröffentlichung dieser Unterlage (auch auszugsweise) hat der Auftraggeber sicherzustellen, dass die veröffentlichten Inhalte keine datenschutzrechtlichen Bestimmungen verletzen.

---

**Zusammenfassung:**

In Brühl soll eine Hauptfeuerwache in der Römerstraße auf derzeit unbebautem Gelände errichtet werden. Wegen der Nähe von Wohngebäuden und einem Seniorenzentrum zum zukünftigen Baubereich ergeben sich bezüglich der Erschütterungsemissionen Einwirkungen auf die zum Bauareal benachbarten Gebäude, die Ausschlusskriterien für bestimmte Baumaßnahmen oder zeitliche Einschränkungen der täglichen Baumaßnahmen nötig machen.

In diesem Zusammenhang werden Baumaßnahmen und Baumaschinen vorgeschlagen, bei denen prognostiziert wurde, dass sie im ungünstigen Fall keine Gebäudeschäden bei sachgemäßer Anwendung hervorrufen. Grundlage der Einschätzungen ist die DIN 4150-3 [3].

Inwieweit die prognostizierten Erschütterungen die Anrainer beeinflussen, wird nach DIN 4150-2 [2] quantifiziert und es werden Maßnahmen zur Reduktion des Störeinflusses auf den Menschen in Gebäuden vorgeschlagen.

Es zeigt sich, dass im Vorhabengebiet, unter Berücksichtigung der zu diesem Zeitpunkt angenommenen Bauverfahren, bewohnte Wohneinheiten existieren, in deren Umfeld Einschränkungen für die bevorstehenden Baumaßnahmen nötig werden, um potenzielle Gebäudeschäden und eine unzumutbare Störwirkung auf die Anrainer zu vermeiden. Die im folgenden Abschnitt aufgelisteten Gebäude sind dabei maßgebend für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen, da sie in erster Reihe zu den Baumaßnahmen sind und somit voraussichtlich die größten Erschütterungsimmissionen erfahren werden. Diese Gebäude und die empfohlenen Einschränkungen der Baumaßnahmen, um Gebäudeschäden zu vermeiden, sind:

Senecaweg 13a (ID001) – Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m;  
Mindestabstand zu Rammbohrgerät mit 18,5 kNm von 17 m

Senecaweg 11a (ID002) – Mindestabstand zu 16 t Rüttelwalze von 14 m;

---

Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m  
Mindestabstand zu Rammbohrgerät mit 18,5 kNm  
von 17 m

Mindestabstand zu Vibrationsverfahren von 12 m

Arminiusweg 7 (ID003) - Mindestabstand zu 32 t  
Rüttelwalze von 25 m

An der Ziegelei 1-5, Seniorenzentrum Johannesstift  
(ID004) - Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von  
25 m

Josef-Flohr-Weg 6 (ID008) – Mindestabstand zu 32  
t Rüttelwalze von 25 m

Sofern der Arbeitseinsatz von Maschinen in geringe-  
rer Entfernung vorgesehen ist, können alternative  
Arbeitsverfahren angewendet werden, welche ge-  
ringere Erschütterungsimmissionen verursachen.

## Inhalt

<b>1 Anlass und Aufgabenstellung .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Das Untersuchungsgebiet .....</b>	<b>6</b>
2.1 Örtliche Gegebenheiten .....	6
2.2 Geologie .....	7
2.3 Gebäudebestand.....	8
<b>3 Beurteilungsgrundlagen und Immissionsrichtwerte .....</b>	<b>8</b>
3.1 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen.....	8
3.2 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Strukturen .....	10
<b>4 Berechnungsverfahren .....</b>	<b>12</b>
4.1 Erschütterungsausbreitung.....	12
4.2 Energietransfer Fundament auf Deckenebene .....	17
4.3 Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FTI}$ .....	19
4.4 Gebäudesetzungen.....	20
<b>5 Erschütterungsemissionen durch Baumaßnahmen .....</b>	<b>21</b>
5.1 Aushub & Verdichtungsarbeiten .....	21
5.2 Verbauarbeiten .....	22
5.3 Gründungsarbeiten .....	23
<b>6 Beurteilung der prognostizierten Erschütterungsimmissionen .....</b>	<b>25</b>
<b>7 Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>38</b>
<b>8 Allgemeine Hinweise .....</b>	<b>39</b>
<b>9 Zusammenfassung .....</b>	<b>40</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>42</b>
<b>Anlagen.....</b>	<b>43</b>

## **1 Anlass und Aufgabenstellung**

In Brühl soll eine neue Hauptfeuerwache in der Römerstraße auf derzeit unbebautem Gelände errichtet werden. Wegen der Nähe von Wohngebäuden und einem Seniorenzentrum zum zukünftigen Baubereich ergeben sich bezüglich der Erschütterungsemissionen Einwirkungen auf die zum Bauareal benachbarten Gebäude, die Ausschlusskriterien für bestimmte Baumaßnahmen oder zeitliche Einschränkungen der täglichen Baumaßnahmen nötig machen.

Die ACCON GmbH (ACCON) wurde am 29.11.2022 beauftragt in einer Untersuchung den zulässigen Rahmen für diese Baumaßnahmen in Hinblick auf Erschütterungsimmissionen zu definieren.

## **2 Das Untersuchungsgebiet**

### **2.1 Örtliche Gegebenheiten**

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf derzeit unbebautem Gelände an der Römerstraße 117 in Brühl auf Höhe des Seniorenzentrums Johannesstift. Begrenzt wird das Plangebäude im Osten von der Römerstraße, im Norden und Süden von Wohnbebauung und im Westen schließt das Seniorenzentrum Johannesstift an das Vorhabengebiet an. Den geringsten Abstand erreicht das Plangebäude zum nächstgelegenen Bestandsgebäude im Senecaweg 11 mit knapp 7 m. Das Seniorenzentrum Johannesstift befindet sich in einer Distanz von ca. 19 m. Auf gegenüberliegender Seite der Römerstraße befinden sich Wohnbebauung und ein Wohnheim für ambulant betreutes Wohnen in einem Abstand von mindestens 23 m.

Hoch sensitives Gewerbe oder erschütterungsanfällige Industrie im Einflussbereich der Bauarbeiten ist zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt.

Eine Planskizze des Plangebäudes ist in Abbildung 1 dargestellt.

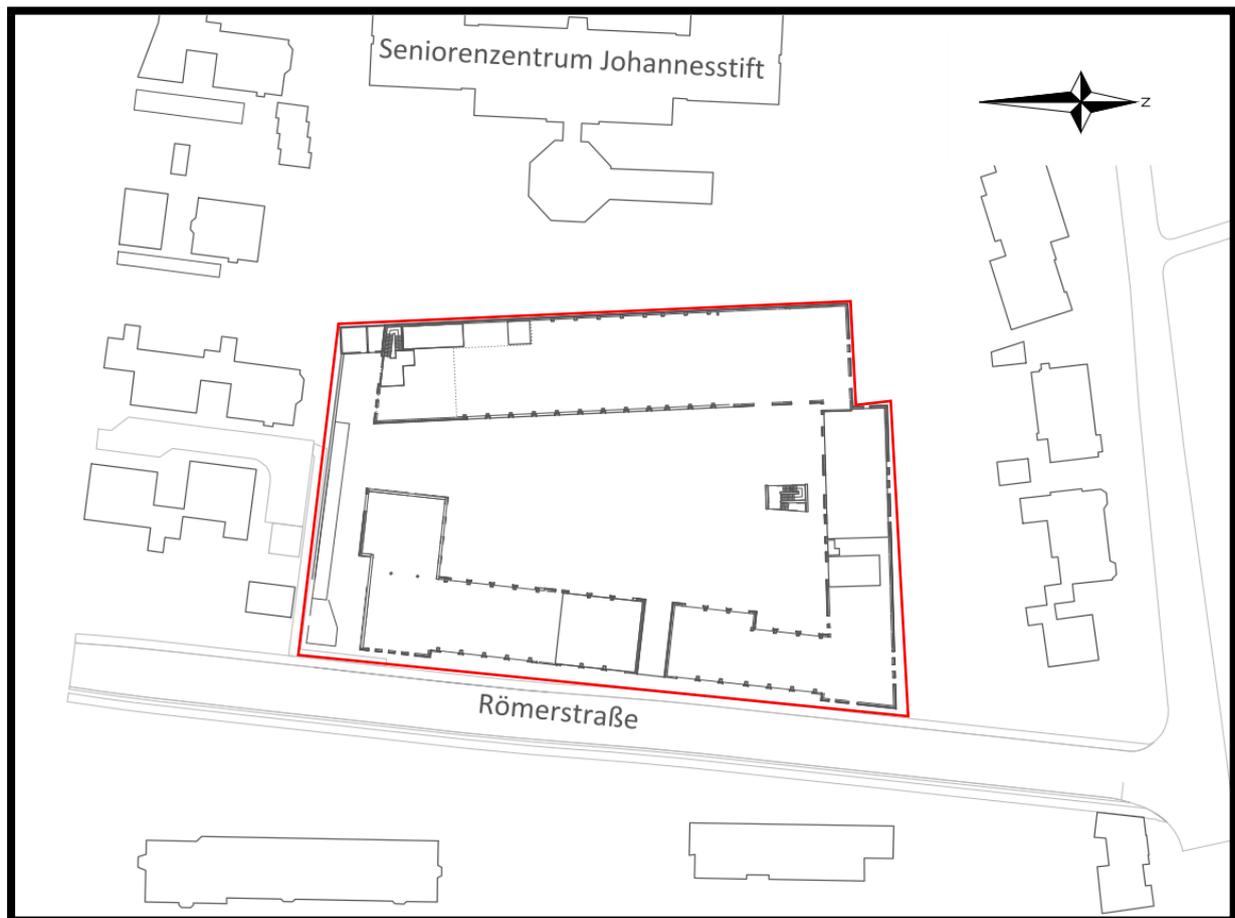


Abbildung 1: Planskizze des Bauvorhabens (rot umrandet)

## 2.2 Geologie

Laut geologischer Übersichtskarte (GK 25) [12] setzt sich die oberflächennahe Geologie aus oberflächlich verlehnten Löss und Mergel des Quartär zusammen. Ein vom Auftraggeber bereitgestelltes Baugrundgutachten [13] weist auf anthropogene Ablagerungen (Auffüllungen) bis zu über 8 m unter Geländeoberkante (GOK) hin, die laut Auftraggeber im Zuge der Baumaßnahmen abgetragen werden sollen. Diese Auffüllungen konzentrieren sich auf den Süden des Plangebietes und erreichen ihre größte Mächtigkeit im Südwesten. Auf dem Gelände des Seniorenzentrums und der Wohngebäude des Senecawegs werden Auffüllungen ebenfalls erwartet. Unterlagert werden die anthropogenen Ablagerungen von Lösslehm mit überwiegend steifer Konsistenz, die wiederum in einer Tiefe von 9 bis 14 m unter GOK von Kiessanden unterlagert sind.

## 2.3 Gebäudebestand

Die Bebauung um die geplanten Baumaßnahmen ist größtenteils ausgewiesen als Wohnbaufläche. Lediglich das Seniorenzentrum im Westen des Plangebäudes ist als Gemeinbedarfsfläche für gesundheitliche Zwecke ausgewiesen.

Eine Übersichtskarte mit der entsprechenden Nutzung der Bebauung im Einflussbereich der Baumaßnahmen ist im Dokument mit der Nummer 226003-LOC-01(00) in der Anlage 1 integriert. In dieser Übersichtskarte wird der Bereich um das Planvorhaben dargestellt, der bei unterschiedlichen Bautätigkeiten im wahrscheinlichen Fall zu spürbaren Erschütterungen in den umliegenden Gebäuden und im ungünstigen Fall zu Gebäudeschäden führen wird. Bauwerke, die in erster Reihe zu den Baumaßnahmen befindlich sind, sind dabei als besonders gefährdet einzuordnen und daher in den Berechnungen und Bewertungen zu den zu erwartenden Bauerschütterungen repräsentativ für die Bebauung im Umfeld. Hervorzuheben sind wegen ihrer geringen Distanz zu bevorstehenden, erschütterungsintensiven Bautätigkeiten daher die folgenden Bestandsgebäude.

- Wohngebäude im Senecaweg 11
- Wohngebäude im Senecaweg 13
- Wohngebäude Tacitusweg 5
- Seniorenheim Johannesstift An der Ziegelei 1 - 5
- Wohngebäude Liblarer Straße 61 b
- Wohngebäude Liblarer Straße 59
- Wohngebäude Liblarer Straße 57
- Wohngebäude Liblarer Straße 55
- Wohngebäude Liblarer Straße 53
- Wohnheim Josef-Flohr-Weg 6

## 3 Beurteilungsgrundlagen und Immissionsrichtwerte

### 3.1 Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150-2 [2] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 [2] werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Die DIN 4150-2 [2] berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Nach dieser Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit erhält man den dimensionslosen  $KB_F$ -Wert. Der maximal prognostizierte  $KB_F$ -Wert ( $KB_{Fmax}$ ) an einem bestimmten Immissionsort soll den unteren Anhaltswert  $A_u$  nach DIN 4150-2 [2] möglichst nicht überschreiten. Überschreitet  $KB_{Fmax}$  den oberen Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Anforderung an die Norm nicht mehr eingehalten. Ist der  $KB_{Fmax}$  größer als  $A_u$  jedoch kleiner als der obere Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Norm eingehalten,

falls die zeitabhängige Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT}$  nicht größer als  $A_r$  ist. Die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke wird in Kapitel 4.3 erläutert.

### Tagarbeiten

Bezüglich der Erschütterungsimmissionen aus Baubetrieb wird in der DIN 4150-2 [2] eine Unterscheidung der Anhaltswerte nach Stufen (Tabelle 1), in Abhängigkeit ihrer Gesamtdauer der erschütterungsintensiven Bautätigkeiten getroffen. Dabei werden höhere Anhaltswerte für Baumaßnahmen von nur wenigen Tagen zugelassen und eine Herabsetzung der Anhaltswerte bei Baumaßnahmen von längerer Dauer durchgesetzt. Für Baumaßnahmen zwischen 2 und 6 Tagen Dauer werden die Anhaltswerte linear interpoliert.

Tabelle 1: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [2] für Menschen in Gebäuden bei Bauerschütterungen für Tagarbeiten

Dauer	$D \leq 1$ Tag			6 Tage < $D \leq 26$ Tage			27 Tage $\leq D \leq 78$ Tage		
	$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
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  $A_o = 6$ ; Bei Sprengungen gilt gebietsunabhängig  $A_o = 8$

Bei Unterschreitung der Werte nach Stufe I sind auch ohne Vorinformation der Betroffenen keine erheblichen Belästigungen aus dem Baubetrieb zu erwarten. Es werden hier keine Maßnahmen zur Reduktion der Störwirkung durch die Baumaßnahmen notwendig.

Bei Unterschreitung der Werte nach Stufe II ist noch nicht mit erheblichen Belästigungen aus den Erschütterungen zu rechnen, falls folgende Maßnahmen getroffen werden:

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

Kann davon ausgegangen werden, dass durch die Baumaßnahmen die Anhaltswerte der Stufe II überschritten werden, ist zu überprüfen, ob der Einsatz erschütterungsärmerer Verfahren anwendbar ist.

Bei Überschreitung der Werte nach Stufe III ist mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Es sollten hier Maßnahmen zur wirkungsvollen Reduktion der Erschütterungsimmissionen ergriffen werden. Diese Maßnahmen können eine Einschränkung der täglichen Einwirkdauer einer Baumaßnahme umfassen bis hin zum temporären Auszug der Anrainer.

Es ist davon auszugehen, dass bei einem Bauvorhaben wie dem gegenständlichen die Maßnahmen für eine Einstufung in Stufe II oder III umgesetzt werden.

### Nachtarbeiten

Für während Nachtzeiten (22:00 bis 6:00 Uhr) durchgeführte Baumaßnahmen gelten stark reduzierte Anhaltswerte, die unabhängig von der Gesamtdauer der Baumaßnahmen sind, jedoch nach Art des Immissionsortes und dessen Nutzung verschiedene Werte annehmen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [2] für Menschen in Gebäuden bei Bauerschütterungen für Nachtarbeiten

Immissionsort	$A_u$	$A_o$	$A_r$
Industriegebiet	0,30	0,60	0,15
Gewerbegebiet	0,20	0,40	0,10
Mischgebiet	0,15	0,30	0,07
allgemeines und reines Wohngebiet	0,10	0,20	0,05
Sondergebiete, z.B. Kliniken	0,10	0,15	0,05

Es wird davon ausgegangen, dass bei den hier geplanten Baumaßnahmen keine erschütterungsintensiven Tätigkeiten im Nachtzeitraum durchgeführt werden.

### 3.2 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Strukturen

Die DIN 4150-3 [3] behandelt den Schutz vor Gebäudeschäden. Diese Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, folgt daraus nicht, dass zwangsläufig Schäden auftreten müssen.

Die zeitliche Einwirkdauer der Erschütterungen auf bauliche Strukturen wird dabei in zwei Kategorien eingeteilt, denen jeweils unterschiedliche Anhaltswerte zugeteilt werden. Kurzzeitige Erschütterungsereignisse sind solche, welche impulsartig und nicht wiederholend auftreten, daher kein Potenzial haben, eine bauliche Struktur oder deren bauliche Teile in Resonanz zu versetzen (Beispiele: Aufprall eines herabfallenden Betonteils). Dauererschütterung hingegen sind solche Erschütterungen, welche wiederholend in einer solchen Taktrate auftreten, dass sie das Potenzial haben, Resonanzerscheinungen in den Gebäuden oder deren Bauteile hervorzurufen, die zur Ermüdung der Baustruktur führen können. Dauererschütterung produzierende Erschütterungsquellen sind z.B. die Rüttelwalze oder Rüttelstopfverfahren.

Tabelle 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v$  in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke durch **kurzzeitige** Erschütterungen [3].

Gebäudeart	Maximale Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s			
	Fundament, maximale Schwingungsrichtung			Oberste Deckenebene, horizontal / vertikal
	1 bis 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz	Alle Frequenzen
Industriebau, gewerbliche Bauten	20	20 - 40	40 – 50	40 / 20
Wohngebäude	5	5 - 15	15 – 20	15 / 20
Empfindliche Bauten, Denkmalschutz	3	3 - 8	8 – 10	8 / 20

In Tabelle 3 sind für verschiedene Gebäudearten Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten am Fundament und in der Deckenebene angegeben, die für kurzzeitige Erschütterungen geltend gemacht werden. Diese Anhaltswerte sind für Fundamentalschwinggeschwindigkeiten frequenzabhängig, da bei tieferen Frequenzen die Wahrscheinlichkeit größer ist, dass das gesamte Gebäude in Resonanz gerät.

Bei auf bauliche Strukturen wirkende Dauererschütterungen ist das Potenzial gegeben, dass bei diesen durch die Dauerbelastung Ermüdungserscheinungen auftreten. Daher sind die Anhaltswerte für die maximalen Schwinggeschwindigkeiten durch Dauererschütterungen im Vergleich zu kurzzeitigen Erschütterungen reduziert.

In folgender Tabelle 4 werden die Anhaltswerte bei dauerhaften Erschütterungen nach DIN 4150-3 [3] benannt.

Tabelle 4: Anhaltswerte für die maximale, frequenzunabhängige Schwinggeschwindigkeit  $v_{i,max}$  in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von **Dauererschütterungen** auf Bauwerke [3].

Gebäudeart	Maximale Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s	
	Oberste Deckenebene, horizontale Schwingungen	Deckenebenen, Vertikale Schwingungen
Industriebau, gewerbliche Bauten	10	10
Wohngebäude	5	10
Empfindliche Bauten, Denkmal- schutz	2,5	10

In Bezug auf Fundamentalschwinggeschwindigkeiten für Dauererschütterungen enthält die DIN 4150-3 [3] keine Anhaltswerte. Hier könnte die schweizerische Norm SN 640312a herangezogen werden. Deren Anhaltswerte belaufen sich für „häufige“ Ereignisse bei Erschütterungssignalen zwischen 30 und 60 Hz auf 8 mm/s. Baustellenereignisse sind meist als „häufig“ einzustufen. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die schweizerische Norm den Vektorbetrag

$v_R$  aller drei Schwinggeschwindigkeitskomponenten und nicht die einzelnen Komponenten, wie die DIN 4150, als Beurteilungswert heranzieht. Dieser liegt um den Faktor 1 bis  $\sqrt{3}$  höher als die einzelnen Komponenten. Um die gemessenen bzw. prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten diesen Anhaltswerten gegenüberstellen zu können, wird daher ein Umrechnungsfaktor von 0,73 auf die in Tabelle 5 angegebenen Anhaltswerte angewendet.

Tabelle 5: Anhaltswerte der Fundamentalschwinggeschwindigkeiten  $v_R$  bei Dauererschütterungen bei einem normal empfindlichen Gebäude nach Einwirkungshäufigkeit laut der schweizerischen Norm SN640312a

Gebäudeart	Häufigkeit der Einwirkung	Maximale Schwinggeschwindigkeit $v_R$ in mm/s		
		< 30 Hz	30 – 60 Hz	> 60 Hz
Normal empfindlich	Gelegentlich	15	20	30
	Häufig	6	8	12
	Permanent	3	4	6

## 4 Berechnungsverfahren

### 4.1 Erschütterungsausbreitung

Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgt auf Grundlage einschlägiger Literatur [4][5][6][7][8] und eigenen Erfahrungswerten, die durch Messdaten zu vergleichbaren Baumaßnahmen, wie sie hier auch durchgeführt werden sollen, fundiert sind [10]. Ausgangspunkt der Erschütterungsprognosen ist die Berechnung des Energieeintrags der jeweiligen Baumaschine in den Untergrund, welche gemäß den Prognoseverfahren von M. Achmus [4] und V. Rizkallah [5] wie folgt berechnet werden.

Für Vibrations- und Tiefenverdichtungsgeräte ist der Energieeintrag der Quotient von Nennleistung und Betriebsfrequenz:

$$E = W / f \quad (1)$$

Der Energieeintrag durch Schlagrammung ist gleich der Rammenergie des jeweiligen Baugeräts.

Bei Oberflächenverdichtungsgeräten wird der Energieeintrag durch deren Gewicht in Tonnen (t) nach [8] approximiert.

$$E = G \quad (2)$$

Bei Fallobjekten wird die potenzielle Energie, dem Produkt aus Masse, Erdbeschleunigung und Fallhöhe herangezogen:

$$E = m * g * h \quad (3)$$

Bei Drehbohrgeräten wird erwartet, dass bei sachgemäßer Benutzung nur geringe Erschütterungsemissionen auftreten werden.

Um die Erschütterungen auf einen Immissionsort mit einem Abstand  $r$  zur Erschütterungsquelle zu prognostizieren, werden der geometrische Ausbreitungsverlust sowie die Materialdämpfung in die Prognoseberechnungen mit aufgenommen. Der geometrische Ausbreitungsverlust ist gemäß DIN 4150-1 [1] für harmonisch angeregte Schwingungen (HS) (Vibrationsrammung, Vibrationsverdichtung und Tiefenverdichtung) proportional zu  $1/\sqrt{r}$  und für impulsartige Anregung (I) (Fallobjekte, Schlagrammung) proportional zu  $1/r$ . Die Materialdämpfung  $\alpha$  und ein Vorfaktor  $k$ , der den tatsächlichen, gebietsabhängigen Energieeintrag in den Untergrund am Immissionspunkt bemisst, werden auf Basis von eigenen Messdaten, die in vergleichbaren geologischen Verhältnissen erhoben wurden, ermittelt. Die Materialdämpfung geht in die Prognoseberechnungen als exponentieller Term  $e^{-\alpha r}$  ein. M. Achmus [4] und V. Rizkallah [5] ignorieren diesen Term der Materialdämpfung in ihren Prognoseverfahren, deuten aber gleichzeitig auf eine Überbewertung ihrer Prognosewerte ab einem Abstand zur Erschütterungsquelle von ca. 30 m hin. Bis zu einer Distanz von 45 m zur Erschütterungsquelle sind die Prognoseverfahren von M. Achmus [4] und V. Rizkallah [5] jedoch aussagekräftig und werden angewendet. Es ist anzumerken, dass die resultierenden Schwingungen bei einer Distanz von ca. 30 m bis 45 m zur Erschütterungsquelle bei diesem Prognoseverfahren überschätzt werden.

Für Distanzen größer 45 m von der Erschütterungsquelle werden zur Bestimmung der maximalen Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit  $v_{i,max}^F$ , abhängig vom Abstand  $r$  zur Erschütterungsquelle die in Tabelle 6 angegebenen Gleichungen angewendet.

Tabelle 6: Prognosegleichungen in Anlehnung an [4] und [5] für die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit im Abstand  $r$

Maschineneinsatz	Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
Vibrationsrammung	$v_{i,max}^F = k * \frac{\sqrt{W/f}}{\sqrt{r}} * e^{-\alpha r}$
Schlagrammung / Fallende Massen	$v_{i,max}^F = k * \frac{\sqrt{E}}{r} * e^{-\alpha r}$
Vibrationswalze / Vibrationsplatte	$v_{i,max}^F = k * \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{r}} * e^{-\alpha r}$
Tiefenverdichtung mit Rüttlern	$v_{i,max}^F = k * \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{r}} * e^{-\alpha r}$
*Abwandlung zu den Prognosegleichungen von M. Achmus [4] und V. Rizkallah [5]. $E$ bzw. $W/f$ in $kNm$ , $r$ in $m$ , $G$ in $t$ , $v$ in $mm/s$	

Der Vorfaktor  $k$  und der Abklingkoeffizient  $\alpha$  werden so gewählt, dass die Werte zu den prognostizierten Erschütterungsimmissionen mit Erfahrungswerten aus vergangenen Messungen ein sogenanntes Best Fit Modell ergeben, bei dem die Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Erschütterungswerten minimal wird.

Anhand der Prognoseberechnungen lassen sich Minimalabstände ableiten, ab denen die Erschütterungsimmissionen im wahrscheinlichen Fall (Best Fit Modell) unter die Fühlschwelle sinken, sodass eine störende Wirkung von Bewohnern ab dieser Distanz in Gebäuden gemäß DIN 4150 – 2 [2] ausgeschlossen wird und bauliche Strukturen außerhalb dieses Einflussradius nicht weiter betrachtet werden.

Ein Vergleich mit den Erschütterungsprognosen von V. Rizkallah [5], bei denen unterschieden wird zwischen Ergebnissen mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % (ungünstiger Fall) und einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % (wahrscheinlicher Fall), mit den hier angewendeten Prognoseberechnungen zu Erschütterungsimmissionen für große Distanzen (Best Fit) ist in

Abbildung 2: Gegenüberstellung von Prognosewerten bei Schlagrammungen. Orange sind die gemessenen Bezugswerte (Quelle: iC consulenten/ACCON [10]) und lila sind Bezugswerte aus der Literatur (Bundesanstalt für Wasserbau [15])

bis Abbildung 4 für unterschiedliche Erschütterungsquellen dargestellt. Die Prognoseberechnungen beziehen sich auf die maximale Fundamentalschwinggeschwindigkeit der drei Komponenten  $v_{i,max}$  (x, y, oder vertikal) in mm/s. Die Messdaten zur Berechnung des Best Fit Modells wurden unter anderem im Voralpenraum erhoben und stammen aus einer gemeinsamen Datenbank der iC consulenten ZT GesmbH und der ACCON [10]. Die Abweichungskurve stellt den Bereich dar, der alle Messdaten, also auch die Extremwerte, umfasst.

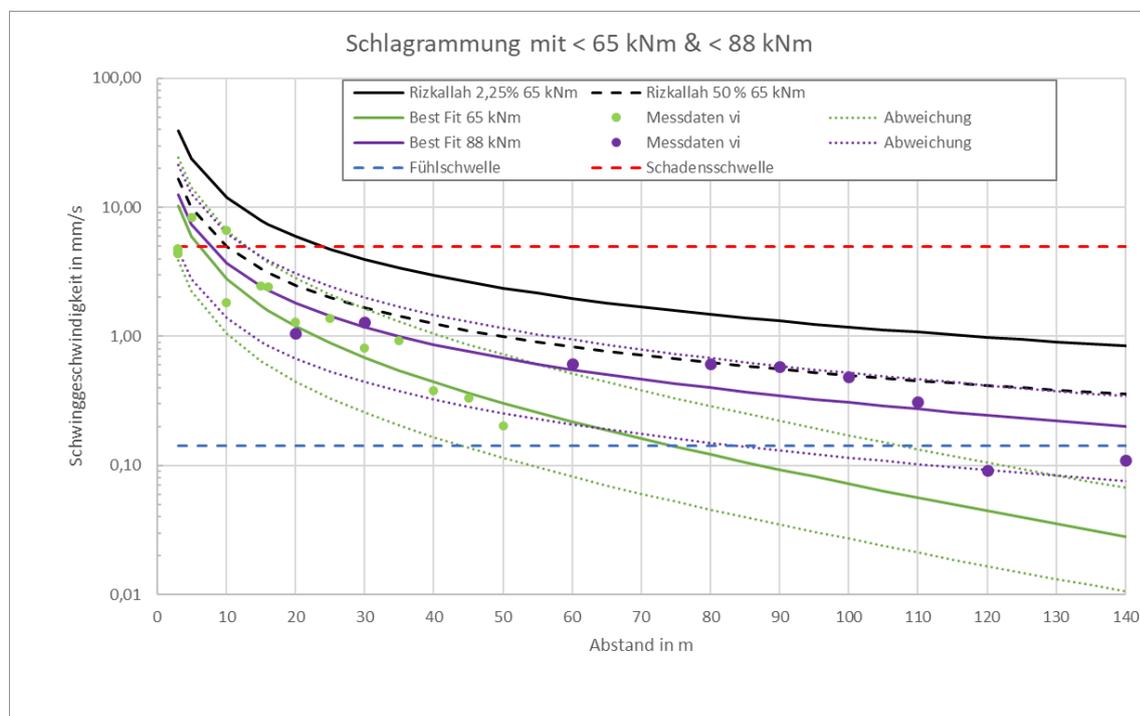


Abbildung 2: Gegenüberstellung von Prognosewerten bei Schlagrammungen. Orange sind die gemessenen Bezugswerte (Quelle: iC consulenten/ACCON [10]) und lila sind Bezugswerte aus der Literatur (Bundesanstalt für Wasserbau [15])

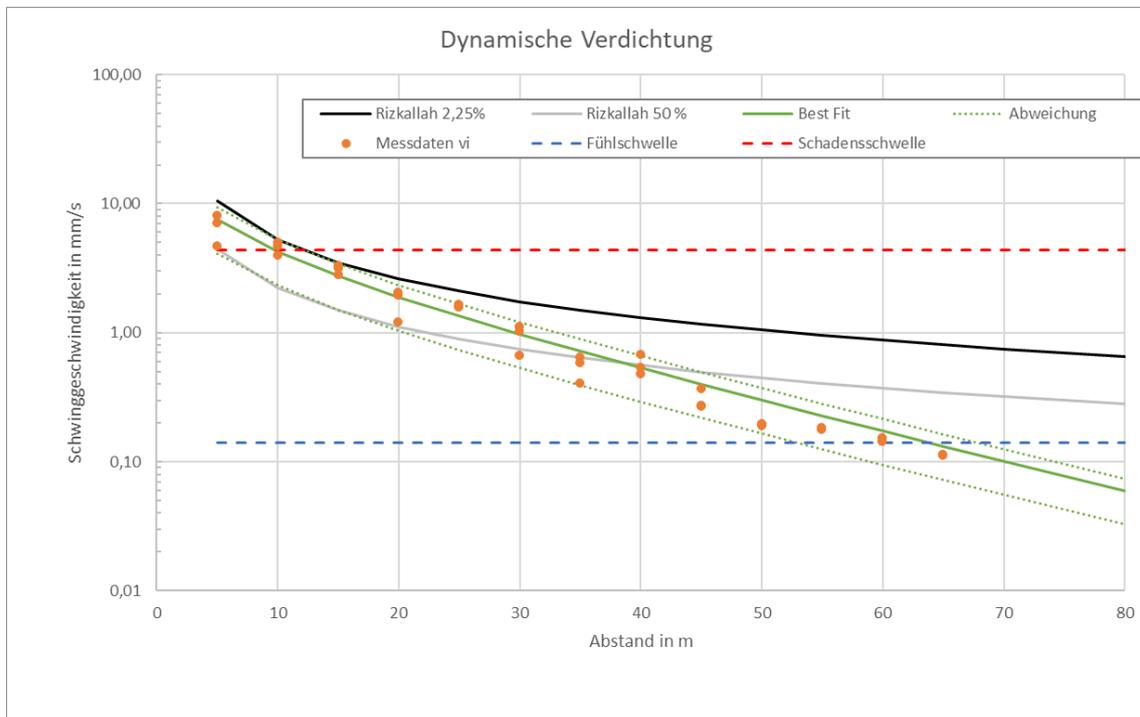


Abbildung 3: Gegenüberstellung von Prognosewerten bei dynamischen Verdichtungsarbeiten. Orange sind gemessene Bezugswerte (Quelle: iC consulenten/ACCON [10])

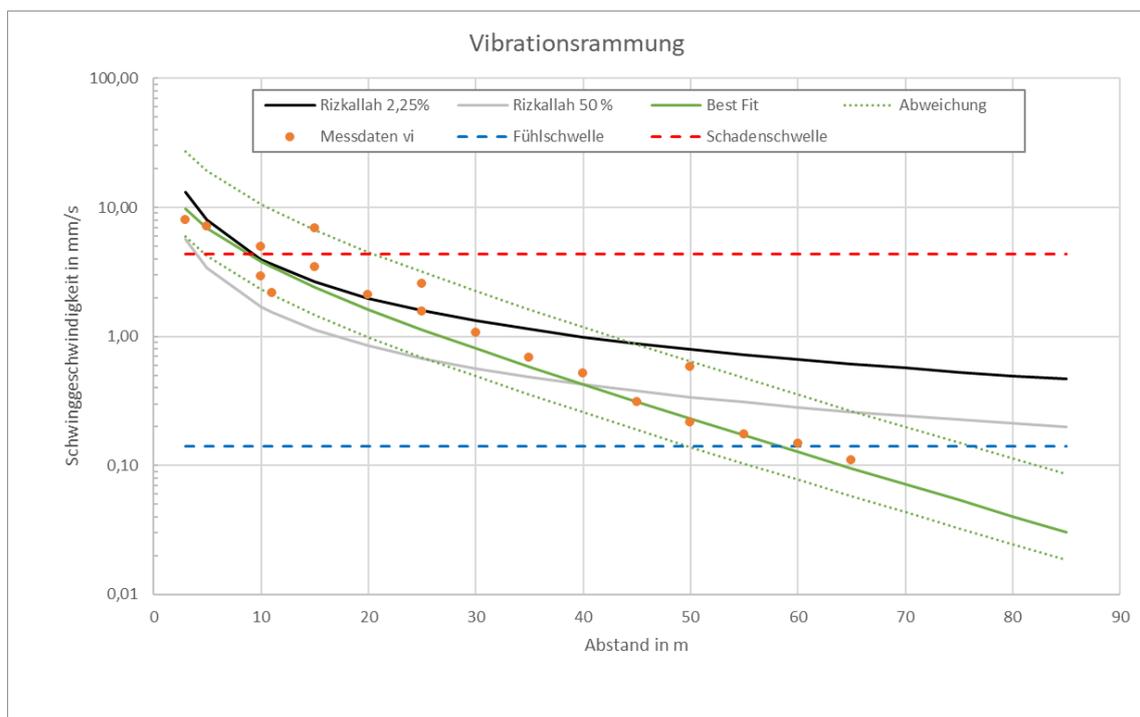


Abbildung 4: Gegenüberstellung von Prognosewerten bei Vibrationsrammungen. Orange sind gemessene Bezugswerte (Quelle: iC consulenten/ACCON [10])

Anhand der Grafiken lassen sich Maximalabstände ableiten, ab denen die Erschütterungsmissionen im wahrscheinlichen Fall (Best Fit Modell) unter die Fühlschwelle sinken, so dass eine störende Wirkung von Bewohnern in Gebäuden gemäß DIN 4150 – 2 [2] ab dieser Distanz ausgeschlossen wird. Zudem können Maximalabstände abgeleitet werden, ab denen im ungünstigen Fall (obere Abweichungskurve) bauliche Strukturen durch die entsprechenden Baumaßnahmen keinen Schaden gemäß DIN 4150-3 [3] nehmen. Diese Maximalabstände (Tabelle 7) geben daher den Rahmen für die Erschütterungsuntersuchungen vor und sind außerdem als Einflussradien in der Übersichtskarte 226003-LOC-01(00) in Anlage 1 grafisch dargestellt.

Tabelle 7: Abstände zu den jeweiligen Erschütterungsquellen bis zu denen spürbare Erschütterungsmissionen im wahrscheinlichen Fall zu erwarten sind

Maschineneinsatz	Abstand Fühlschwelle in m	Abstand Schadensschwelle in m
Schlagrammung	72	12
Vibrationswalze	64	12
Vibrationsrammung	59	21
Drehbohrgerät für Bohrpfahlwand	22	1

In besonderen Ausnahmefällen können die Erschütterungen bei ungünstigen Ausbreitungsverhältnissen, einer verstärkten Übertragung von Erdreich auf Fundament oder von Fundament auf Deckenebene (s. Kapitel 4.2) auch in weiteren Distanzen größere Schwingamplituden hervorrufen als hier angegeben. Besonders stark betroffen können dabei Gebäude in Leichtbauweise und mit Holzbalkendeckenkonstruktion sein. Insbesondere bei den Gebäuden des Seniorenzentrums Johannesstift, aber auch bei den Wohngebäuden des Senecawegs, werden hohe Schwingamplituden erwartet, da durch die geologische Schichtung von lockerem Material (Auffüllung) auf überwiegend steifen Lößlehm eine Ausbreitung der Erschütterungen begünstigt wird.

## 4.2 Energietransfer Fundament auf Deckenebene

Die Schwinggeschwindigkeiten auf der Deckenebene eines Bauwerks weisen in der Regel die größten Schwingamplituden auf und werden daher den Fundamentalschwinggeschwindigkeiten bevorzugt, um das Schädigungspotential auf Bauwerke zu bewerten. Die Deckenschwinggeschwindigkeiten werden auf Basis der prognostizierten, maximalen Fundamentalschwinggeschwindigkeiten und einem Übertragungsfaktor  $V_D$  berechnet. Dieser Übertragungsfaktor ist das Verhältnis von auf der Deckenebene auftretenden zu den am Fundament auftretenden Schwingungsamplituden und ist unter anderem abhängig von den dominierenden Frequenzen der im Einflussbereich des Bauwerks betriebenen Baumaschinen sowie von den Dimensionen und der Konstruktionsweise des Bauwerks und seiner Bauteile selbst.

Die Arbeitsfrequenz einer Baumaschine kann im Eigenfrequenzbereich eines Gebäudes liegen und dabei erhöhte Schwingungsamplituden der Gebäudeteile hervorrufen, oder aber außerhalb des Eigenfrequenzbereichs des Gebäudes liegen, und nur geringe oder gar keine Schwingungsverstärkung verursachen.

Auf der Grundlage von eigenen Erfahrungswerten wird für den hier vorliegenden Fall ein  $V_D$ -Faktor in Anlehnung an die DIN 4150 – 1 [1] für die Berechnungen der Deckenschwinggeschwindigkeiten herangezogen, der die verwendeten Baumaschinen und deren Arbeitsfrequenzen, und somit deren Potenzial die naheliegenden Gebäude und deren Bauteile in Eigenschwingung zu versetzen, mitberücksichtigt. So wird ein  $V_D$  für die verwendeten Baumaschinen wie folgt angenommen (Tabelle 8):

Tabelle 8: Erschütterungsquellen mit Angabe zu Leistungsfähigkeit bzw. Gewicht und der ermittelten Übertragungsfaktoren von Fundament- auf Deckenebene ( $V_D$ ) der Schwingenschnellen für die Erschütterungsprognosen

	Erschütterungsquelle	Arbeitsfrequenz in Hz	Energie / Masse	$V_D$
Dynamisches Verdichten	Stampfer	10	50 - 100 kg	3
	Rüttelplatte (klein)	60 – 90	< 90 kg	2
	Rüttelplatte (groß)	30 - 60	90 - 130 kg	3
	Rüttelwalze (klein)	30 - 50	< 16 t	3
	Rüttelwalze (groß)	25 – 50	> 16 t	4
Impulsanregung/ Fallende Massen	Meißelbagger (klein)	1 - 30	1 kNm	3
	Meißelbagger (groß)	1 - 30	< 3 kNm	3
	Sprengabbruch Brücke (fallende Brückensegmente)	-	330 - 571 MNm	4
	Fallobjekt bis 25 kg	-	< 25 kg	2
	Fallobjekt bis 100 kg	-	< 100 kg	2
	Fallobjekt bis 500 kg	-	< 500 kg	3
	Fallobjekt bis 1000 kg	-	< 1000 kg	4
Bohrungen	Drehbohrgerät	-	< 200 kNm	3
	Drehbohrgerät für Verpressanker	-	gering	1
	Rammböhrgerät	-	< 18,5 t	3
	Rammböhrgerät für Verpressanker	-	< 1 kNm	1
	Spundbohlen rammen	> 32	1 - 5 kNm	3
Vibrations- rammung	Spundbohlen einbringen mit Vibrationsverfahren	> 30	4,6 kNm	3
	Spundbohlen ziehen mit Vibrationsverfahren	> 30	3 - 4,6 kNm	3
	Rüttelstopfgerät	> 30	4,6 kNm	4
Alternative Verfahren	Kaltfräse	-	gering	-
	Kranaushub	-	gering	-
	Sägearbeiten	-	gering	-
	Spundbohlen pressen	-	gering	-
	Litzenheber – Ablassen von Brückensegment	-	gering	-

Da Prognosen der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten der Gebäudeteile ohne Vorinformation zu den Resonanzfrequenzen eine große Unsicherheit aufweisen, wird empfohlen, bei besonders erschütterungssensitiven Bauwerken die Übertragungsfunktion im Vorfeld zu den Baumaßnahmen messtechnisch zu ermitteln. Dies gilt insbesondere für Gebäude, die eine erhöhte Schwingungsverstärkung der Bauteile (Decken) aufweisen, wie es zum Beispiel bei Bauwerken in Fachwerkkonstruktion der Fall sein kann, und welche sich in geringer Distanz zu erschütterungsintensiven Baumaßnahmen befinden.

### 4.3 Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FTr}$

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTTr}$  dient der Bewertung von Erschütterungsimmissionen in Abhängigkeit zur Häufigkeit der maximalen Schwingstärken pro Tag auf den jeweiligen Immissionsort und wird herangezogen, um die Dauerbelastigungen durch die Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen nach DIN 4150 - 2 [1] besser beurteilen zu können. Dabei wird der Anteil der tatsächlichen Einwirkdauer von Erschütterungsimmissionen  $T_e$  im Beurteilungszeitraum  $T_r$ , welcher tags 16 Stunden und nachts 8 Stunden beträgt, abgeschätzt, um zusammen mit dem Effektivwert der Taktmaximalwerte  $KB_{FTm}$  die Beurteilungs-Schwingstärke zu berechnen. Diese Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  sind die maximalen, gemessenen  $KB$ -Werte in 30 Sekunden Zeitfenstern über den Messzeitraum (tags oder nachts). Für die Prognose des hier berechneten Taktmaximal-Effektivwerts  $KB_{FTm}$  wird der Effektivwert nach [1] folgendermaßen berechnet:

$$KB_{FTm} = \frac{1}{\sqrt{2}} c_F * v_{max} \quad (1)$$

Dabei wird postuliert, dass die verwendeten Baumaschinen mit harmonischer Anregung eine Betriebsfrequenz von 5,6 Hz weit überschreiten (s. Tabelle 8), wodurch die Frequenzbewertung des  $KB$ -Wertes entfällt, und dass die Baumaßnahmen generell zu Tagzeiten und außerhalb von Ruhezeiten stattfinden. Für die Konstante  $c_F$  wird der Wert 0,6 gewählt, welcher nach der DIN 4150-1 [1] einem Einzelereignis ohne Resonanzbeteiligung entspricht, da davon auszugehen ist, dass der Großteil der Baumaßnahmen impulsartige Einzelererschütterungen produzieren wird, wie es zum Beispiel beim Aufprall von Abbruchmaterial beim Rückbau von Brückenbauwerken der Fall ist. Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTTr}$  ist nunmehr abzuleiten aus:

$$KB_{FTTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (2)$$

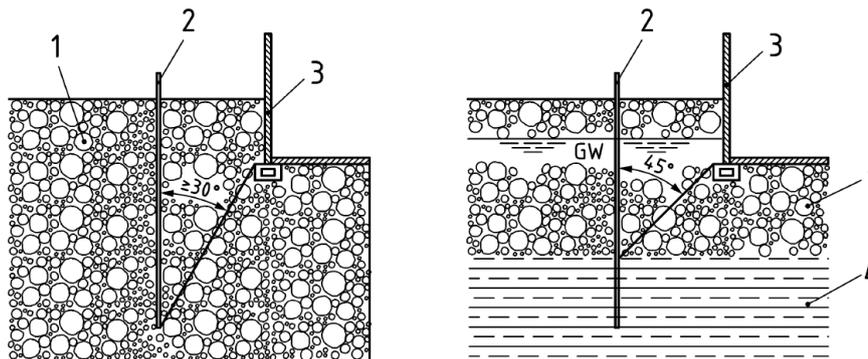
Für die Berechnungen wird eine tägliche, effektive Einwirkdauer von maximal 4 Stunden angesetzt - die, unter Einbeziehung von Pausen, erschütterungsarmen Arbeiten und einem Wechsel der Standorte der erschütterungsrelevanten Arbeiten - eine zeitliche Schätzung zu den hier vorliegenden Baumaßnahmendarstellt. Die tatsächliche Dauer der Erschütterungseinwirkungen auf die individuellen Gebäude kann davon abweichen. Taktmaximalwerte, welche den Wert 0,1 unterschreiten, gehen nicht in die Bewertung mit ein, sodass bei erschütterungsarmen Bautätigkeiten unterhalb dieses Wertes  $T_e$  nicht ansteigt.

#### 4.4 Gebäudesetzungen

Beim Einbringen von Rammgut (Spundwände, Bohlträger) in nichtbindige, locker gelagerte Böden kann es in unmittelbarer Nähe zu Bebauung zu Schäden durch Gebäudesetzungen kommen. Das Risiko von Setzungen ist dabei bei solchen Baumaßnahmen erhöht, die mit harmonischen Anregungen des Untergrundes einhergehen, wie es beim Einbringen von Spundwänden mit Vibrationsrammverfahren der Fall ist. Bei impulsartigen Anregungen ist das Risiko von Setzungen wesentlich geringer. Gemäß DIN 4150-3 [3] wird der Abstand  $d$  zwischen Rammgut und Gebäudefront, ab dem Schädigungen am Gebäude durch Setzungen nicht mehr zu erwarten sind, anhand des Winkels  $\alpha$  zwischen Rammgut und Fundament beschrieben. Dieser Winkel wird in der DIN 4150-3 [3] mit  $30^\circ$  für nichtbindige Böden und mit  $45^\circ$  für nichtbindige Böden unterhalb des Grundwasserspiegels angegeben (s. Abbildung 5). Die kritische Distanz  $d$  kann daher mit folgender Formel berechnet werden:

$$d = (h_R - h_F) \tan(\alpha) \quad (3)$$

Dabei ist  $h_R$  die maximale Tiefe des Rammgutes im locker gelagerten Boden und  $h_F$  die Tiefe des Gebäudefundamentes unter Geländeoberkante.



##### Legende

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

GW – Grundwasserspiegel

Abbildung 5: Veranschaulichung zu Mindestabstand von Gebäudefront zu Rammgut [3]

Der Grundwasserstand, gemäß einer zum Plangebiet nahegelegenen Messstelle [14], liegt bei unter 15 m unter Geländeoberkante (GOK), sodass angenommen werden kann, dass die Fundamenttiefen der Bauwerke um die Baumaßnahmen oberhalb des Grundwasserspiegels liegen und daher der Winkel von  $30^\circ$  zur Berechnung des Mindestabstandes herangezogen werden kann. Die geologischen Verhältnisse im Norden des Untersuchungsgebietes lassen auf einen mäßig bindigen Boden schließen, bei dem Sackungen unwahrscheinlich sind. Die südliche Hälfte im und um das Plangebiet weist Auffüllungen lockerer Konsistenz auf, wodurch hier bei einer harmonischen Anregung durch Baugerät Setzungen der angrenzenden Gebäude nicht ausgeschlossen werden können.

## 5 Erschütterungsemissionen durch Baumaßnahmen

Zur Durchführung der einzelnen Bauphasen werden bezüglich der angewandten Verfahren Baumaschinen eingesetzt, deren Erschütterungsemissionen auf die Nachbarschaft einwirken und dementsprechend zu begutachten sind. Die Beurteilung der Erschütterungsemissionen erfolgt mit Hinblick auf das Schädigungspotential auf bauliche Strukturen sowie auf die Störwirkung auf den Menschen im Gebäude.

Der Ablauf und grobe Zeitrahmen der einzelnen erschütterungsrelevanten Bauabschnitte ist zum derzeitigen Planungsstand noch nicht festgesetzt, sodass die angegebenen Baumaßnahmen und deren geschätzte Dauer von den tatsächlich durchzuführenden Maßnahmen abweichen können. Die Angaben zu den Baumaschinen und insbesondere zu deren erwarteter Einsatzdauer beruhen auf eigenen Erfahrungswerten zu vergleichbaren Bauvorhaben. In den Katalog zu den einzusetzenden Baumaschinen wurden auch Maschinen aufgenommen, deren Leistung die Leistung der zum Einsatz kommenden Baumaschinen weit überschreitet. Dadurch wird sichergestellt, dass bei der Wahl der Baumaschinen keine unnötigen Hürden geschaffen werden. Bei der Prognose zu den Erschütterungsemissionen dieser leistungsstarken Geräte werden daher Extremwerte abgebildet, die bei Baumaßnahmen der hier vorliegenden Dimension in der Regel nicht erreicht werden.

Eine erste Einschätzung der Dauer der Baumaßnahmen wird in diesem Kapitel dargelegt, und dient als Grundlage für die Prognose des Beurteilungswertes  $KB_{FT}$  zur Bewertung der Störwirkung von Erschütterungen auf den Menschen in Gebäuden.

Es gelten der Dauer von Erschütterungsemissionen entsprechend die spezifischen Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [2] für Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen durch Baumaßnahmen, die in Tabelle 1 in Kapitel 3.1 erläutert werden. Daher ist eine Einschätzung der Gesamtdauer der spürbaren Erschütterungsemissionen auf die jeweiligen Schutzobjekte notwendig, um diese den entsprechenden Anhaltswerten gegenüberstellen zu können. Die Anhaltswerte orientieren sich dabei an Baumaßnahmen folgender Gesamtdauern:

- 1 Tag
- 2 bis 6 Tage
- 7 bis 26 Tage
- 27 bis 78 Tage

Dabei zählen nur die Tage, an denen tatsächlich erschütterungsintensive Baumaßnahmen durchgeführt werden.

### 5.1 Aushub & Verdichtungsarbeiten

#### **Beschreibung erschütterungsintensiver Baumaßnahmen**

Beim Bauaushub werden erhebliche Massen an Erdreich bewegt. Durch den gummibereiften LKW-Verkehr werden in der Regel auf befestigten Straßen keine störenden Erschütterungen produziert, solange die Straßen in einem guten Zustand gehalten werden und diese keine

Störstellen aufweisen. Die Erschütterungsemissionen des regulären LKW-Verkehrs sind demnach untergeordneter Bedeutung. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass durch die Belastungen des regelmäßigen LKW-Verkehrs keine Straßenschäden entstehen, die als Störstellen Erschütterungsemissionen begünstigen.

Nach den Aushubarbeiten werden voraussichtlich Verdichtungsarbeiten notwendig, die mit Rüttelplatte, bzw. Vibrationswalze durchgeführt werden. Insbesondere schwere Vibrationswalzen können durch ihre harmonische Anregung starke Resonanzeffekte in Gebäuden hervorrufen.

### **Beurteilung Anrainerschutz**

Beim regulären gummibereiften LKW-Verkehr werden keine Erschütterungen erwartet, die zur Beeinträchtigung der Anrainer nach DIN 4150 – 2 [2] führen werden.

Beim Einsatz der Vibrationswalze werden Erschütterungsimmissionen erwartet, die in der benachbarten Bebauung spürbar sein werden. Für die Prognoseberechnung wird angenommen, dass die erschütterungsintensiven Verdichtungsarbeiten auf einen individuellen Immissionsort unter Berücksichtigung des sich verändernden Standortes der Erschütterungsquelle in einem Zeitraum von insgesamt 2 Tagen abgeschlossen sein werden. Insbesondere die Gebäude mit der ID 001, 002, 003 und 004 befinden sich in einem Abstand zu den geplanten Baumaßnahmen, bei dem spürbare Erschütterungsimmissionen erwartet werden. Die auf diese Gebäude einwirkenden Erschütterungsimmissionen werden daher prognostiziert und den entsprechenden Anhaltswerten der DIN 4150 – 2 [2] nach Tabelle 1 gegenübergestellt.

### **Beurteilung Gebäudeschutz**

Beim regulären gummibereiften LKW-Verkehr werden keine Erschütterungen erwartet, die zu Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] führen können.

Beim Einsatz der Vibrationswalze für die Untergrundverdichtung werden Erschütterungsimmissionen erwartet, bei denen Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] an den Bauwerken mit der ID 001, 002 und 004 nicht mehr ausgeschlossen werden können und werden daher in die Beurteilung zu Gebäudeschäden mit aufgenommen.

## **5.2 Verbauarbeiten**

### **Beschreibung erschütterungsintensiver Baumaßnahmen**

Für die Verbauarbeiten werden voraussichtlich entlang des Perimeters des Plangebäudes Dreh-, Ramm-, oder Vibrationsbohrmaßnahmen durchgeführt. Bei Drehbohrmaßnahmen (Bsp. Schneckenbohrtechnik) sind die produzierten Erschütterungsemissionen in der Regel bei sachgemäßer Benutzung als minimal einzustufen. Rammbohrungen für Träger oder Vibrationsverfahren zum Einbringen von Rammgut können jedoch starke Erschütterungsimmissionen hervorrufen.

### **Beurteilung Anrainerschutz**

Für die Prognoseberechnung wird angenommen, dass die erschütterungsintensiven Verbauarbeiten auf einen individuellen Immissionsort unter Berücksichtigung des fühlbaren Erschütterungsradius der jeweiligen Baumaßnahme und des sich verändernden Standortes der Erschütterungsquelle in einem Zeitraum von insgesamt

- 2 Tagen bei Drehbohrmaßnahmen
- 7 - 26 Tagen bei Rammbohrungen
- 7 - 26 Tagen bei Vibrationsrammung

abgeschlossen sein werden. Insbesondere die Gebäude Seniorenzentrum Johannesstift (ID 004), Senecaweg 11 (ID 002) und Senecaweg 13 (ID 001) befinden sich in einem Abstand zu den genannten Baumaßnahmen, bei dem spürbare Erschütterungsimmissionen erwartet werden. Die auf diese Gebäude einwirkenden Erschütterungsimmissionen werden daher nach DIN 4150 – 2 [2] den entsprechenden Anhaltswerten nach Tabelle 1 gegenübergestellt.

### **Beurteilung Gebäudeschutz**

Beim Einsatz der Vibrationsramme liegen die Gebäude mit der ID 001, 002, 003 und das Seniorenzentrum 004 in einer Distanz zu den bevorstehenden Baumaßnahmen, bei der Schädigungen an den Bauwerken nach DIN 4150 – 3 [3] nicht mehr ausgeschlossen werden können und werden daher in die Beurteilung zu Gebäudeschäden mit aufgenommen.

Bei der Anwendung von Schlag- und Vibrationsrammung liegen die Bauwerke mit der ID 001 und 002 in einer Distanz zu den bevorstehenden Baumaßnahmen, bei der Schädigungen an den Bauwerken nach DIN 4150 – 3 [3] nicht mehr ausgeschlossen werden können und werden daher in die Beurteilung zu Gebäudeschäden mit aufgenommen.

Der Einsatz von Drehbohrgerät sollte bei sachgemäßer Anwendung zu keinen Erschütterungsimmissionen führen, bei denen Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] zu erwarten sind.

## **5.3 Gründungsarbeiten**

### **Beschreibung erschütterungsintensiver Baumaßnahmen**

Für Tiefgründung können Drehbohrgeräte (Bsp. Schneckenbohrtechnik) eingesetzt werden, die in der Regel bei sachgemäßer Benutzung so geringe Erschütterungen produzieren, so dass sie im Nahbereich (wenige Meter Abstand) eines Bestandsgebäudes keine Erschütterungsimmissionen nach DIN4150 – 3 [3] herbeiführen sollten, die zu Gebäudeschäden führen. Rammbohrgeräte und Vibrationsbohrgeräte zur Herstellung von Bohrpfählen sind erschütterungsintensiver, sodass je nach Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Baumaschine mit Gebäudeschäden gerechnet werden kann. Die Dauer dieser Baumaßnahme ist zum jetzigen Planungsstand laut Angabe des Auftraggebers mit 2 Monaten angesetzt.

### **Beurteilung Anrainerschutz**

Der spürbare Einflussbereich von Bohrmaßnahmen zur Herstellung von Bohrpfählen ist abhängig von der Lage der geplanten Bohrpfähle und kann zu diesem Zeitpunkt und Planungsstand nicht eindeutig definiert werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass für

eine Beurteilung der Erschütterungsimmissionen die zu den Baumaßnahmen nächstgelegenen Bauwerke mit der ID 001, 002, 003 und 004 maßgebend sind. Für einen Prognoseansatz wird postuliert, dass die Bohrpfähle vornehmlich entlang des Perimeters des Plangebäudes gesetzt werden.

### **Beurteilung Gebäudeschutz**

Bei der Anwendung des Drehbohrgeräts werden keine Erschütterungsimmissionen erwartet, die bei sachgemäßer Anwendung zu Gebäudeschäden an der Bestandsbebauung führen können.

Beim Einsatz von Vibrationsbohrgeräten liegen die Gebäude mit der ID 001, 002, 003 und 004 in einem Einflussbereich, in dem Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] nicht mehr ausgeschlossen werden können und werden daher in die Beurteilung zu Gebäudeschäden mit aufgenommen.

Beim Einsatz von Rammbohrgeräten liegen die Gebäude mit der ID 001 und 002 in einem Einflussbereich, in dem Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] nicht mehr ausgeschlossen werden können und werden daher in die Beurteilung zu Gebäudeschäden mit aufgenommen.

## 6 Beurteilung der prognostizierten Erschütterungsimmissionen

Zusammenfassend werden die erschütterungstechnisch relevanten Immissionsorte gemäß ihrer Gebäude ID und die auf diese einwirkenden Erschütterungsquellen tabellarisch dargestellt, um die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen den entsprechenden Anhaltswerten sowohl mit Blick auf den Schutz vor Gebäudeschäden nach DIN 4150 – 3 [3] als auch auf den Schutz der Menschen in Gebäuden nach DIN 4150 – 2 [2] gegenüberzustellen und ein potenzielles Überschreiten der Anhaltswerte aufzuzeigen.

### Gebäude - ID001

#### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 9: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$ Stufe II / III	
	Deckenebene				Deckenebene		
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,81	5	8,0	5,0	0,45	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	1,62	5	8,0	4,0	0,81	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	3,06	5	8,0	4,0	1,53	0,6	1,0
Drehbohrgerät (<= 200,0 kNm)	0,67	5	8,0	4,0	0,33	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,02	5	8,0	4,0	0,01	0,6	1,0
Rammbohrgerät (<= 18,5 kNm)	2,51	5	8,0	4,0	1,26	0,6	1,0
Rammbohrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,19	5	8,0	4,0	0,10	0,6	1,0
Spundbohlen rammen (<= 5,0 kNm)	1,31	5	8,0	4,0	0,65	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	1,60	5	8,0	4,0	0,80	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III durch die Rüttelwalze mit 32 t und das Rammbohrgerät mit 19 kNm überschritten. Es wird daher empfohlen einen Mindestabstand von 21 m mit der schweren Rüttelwalze und mit dem Rammbohrgerät einen Mindestabstand zum Immissionsort von 17 m einzuhalten oder die tägliche Einwirkdauer bei minimalem Abstand von Gebäudefront zu Baugerät auf 1,5 h bei Verwendung der schweren Rüttelwalze und auf 0,5 h bei Verwendung des Rammbohrgeräts mit 18,5 kNm zu begrenzen.

Bei diesen Baumaßnahmen kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen zur Durchführung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte über dieses zu informieren und geeignete Gegenmaßnahmen zu treffen.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 10: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	1,61	4,84	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	3,23	9,69	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	4,57	18,27	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	0,52	1,57	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,04	0,04	20
Rammbohrgerät (<= 18,5 kNm)	4,68	14,05	20
Rammbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	1,09	1,09	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	2,43	7,30	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	2,94	8,82	10

Bei den Erschütterungsimmissionen durch die Anwendung der Rüttelwalze mit 32 t können nach den Prognoseergebnissen Gebäudeschäden im ungünstigen Fall nicht mehr ausgeschlossen werden. Eine Begrenzung der Anwendung von Rüttelwalzen von maximal 16 t oder die Einhaltung eines Mindestabstands von 25 m zum Immissionsort führen nach den Prognoseberechnungen zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes.

Bei dieser Baumaßnahme kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen bei der Planung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit durch die Baumaßnahmen entstehende Schäden im Sinne der DIN 4150 – 3 [3] zu vermeiden.

## Gebäude - ID002

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 11: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$ Stufe II / III	
	Deckenebene				Deckenebene		
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	1,66	5	8,0	5,0	0,93	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	3,32	5	8,0	4,0	1,66	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	6,27	5	8,0	4,0	3,13	0,6	1,0
Drehbohrgerät ( $\leq 200,0$ kNm)	1,36	5	8,0	4,0	0,68	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,03	5	8,0	4,0	0,02	0,6	1,0
Rammböhrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	5,14	5	8,0	4,0	2,57	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,40	5	8,0	4,0	0,20	0,6	1,0
Spundbohlen rammen ( $\leq 5,0$ kNm)	2,67	5	8,0	4,0	1,34	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	3,27	5	8,0	4,0	1,63	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III durch die Rüttelwalze  $> 4$  t überschritten. Es wird daher empfohlen einen Mindestabstand von 21 m mit der schweren Rüttelwalze zum Immissionsort einzuhalten oder die tägliche Einwirkdauer bei minimalem Abstand von Gebäudefront zu Baugerät auf 15 min zu begrenzen. Bei Verwendung einer mittelschweren Rüttelwalze wird empfohlen die Einwirkdauer im unmittelbaren Umfeld zum Gebäude auf 1 h zu begrenzen.

Mit dem Rammböhrgerät (18,5 kNm) wird der Beurteilungswert der Stufe III überschritten. Es wird daher empfohlen einen Mindestabstand zum Immissionsort von 17 m einzuhalten und bei diesem Abstand zur Gebäudefront die tägliche Einwirkdauer auf 10 min zu begrenzen.

Beim Rammen von Spundbohlen (5 kNm) wird der Beurteilungswert nach Stufe III überschritten. Es wird empfohlen einen Mindestabstand von 9 m zum Immissionsort einzuhalten oder die tägliche Einwirkdauer bei minimalem Abstand von Gebäudefront zu Baugerät auf 2 h zu begrenzen.

Beim Einbringen von Rammgut mittels Vibrationsverfahren (4,6 kNm) wird der Beurteilungswert der Stufe III überschritten. Es wird empfohlen einen Mindestabstand von 11 m zum Immissionsort einzuhalten oder die tägliche Einwirkdauer bei minimalem Abstand von Gebäudefront zu Baugerät auf 1,5 h zu begrenzen.

Bei diesen Baumaßnahmen kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen bei der Durchführung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte über dieses zu informieren und geeignete Gegenmaßnahmen zu treffen.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 12: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	3,30	9,91	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	6,61	19,82	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	9,34	37,37	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	1,07	3,21	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,08	0,08	20
Rammbohrgerät (<= 18,5 kNm)	9,58	28,74	20
Rammbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	2,23	2,23	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	4,98	14,94	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	6,01	18,04	10

Bei den Erschütterungsimmissionen durch die Anwendung der Rüttelwalze > 4 t können nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall Gebäudeschäden nicht mehr ausgeschlossen werden. Eine Begrenzung der Anwendung von Rüttelwalzen von maximal 4 t oder die Einhaltung eines Mindestabstands von 25 m zum Immissionsort führen nach den Prognoseberechnungen zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes.

Der Einsatz eines Rammbohrgeräts (18,5 kNm) kann nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall zu Gebäudeschäden führen. Es wird daher empfohlen die Rammenergie auf 8 kNm zu begrenzen oder einen Mindestabstand zum Immissionsort von mindestens 10 m einzuhalten.

Beim Einbringen von Rammgut mittels Vibrationsverfahren (4,6 kNm) wird nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall der Anhaltswert überschritten. Es wird daher empfohlen einen Mindestabstand zum Immissionsort von 12 m einzuhalten.

Bei diesen Baumaßnahmen kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen bei der Planung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit durch die Baumaßnahmen entstehende Schäden im Sinne der DIN 4150 – 3 [3] zu vermeiden.

## Gebäude - ID003

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 13: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$	
	Deckenebene				Deckenebene	Stufe II / III	
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,52	5	8,0	5,0	0,29	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	1,03	5	8,0	4,0	0,52	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	1,95	5	8,0	4,0	0,98	0,6	1,0
Drehbohrgerät ( $\leq 200,0$ kNm)	0,42	5	8,0	4,0	0,21	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,01	0,6	1,0
Rammbohrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	1,60	5	8,0	4,0	0,80	0,6	1,0
Rammbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,12	5	8,0	4,0	0,06	0,6	1,0
Spundbohlen rammen ( $\leq 5,0$ kNm)	0,83	5	8,0	4,0	0,42	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	1,02	5	8,0	4,0	0,51	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 14: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	1,04	3,11	10
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	2,08	6,23	10
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	2,94	11,74	10
Drehbohrgerät ( $\leq 200$ kNm)	0,34	1,01	20
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,02	0,02	20
Rammbohrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	3,01	9,03	20
Rammbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,70	0,70	20
Spundbohlen rammen ( $\leq 5$ kNm)	1,57	4,70	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	1,89	5,67	10

Bei den Erschütterungsimmissionen durch die Anwendung der Rüttelwalze (32 t) können nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall Gebäudeschäden nicht mehr ausgeschlossen werden. Die Einhaltung eines Mindestabstands von 25 m zum Immissionsort führen nach den Prognoseberechnungen zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes.

Bei dieser Baumaßnahme kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen bei der Planung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit durch die Baumaßnahmen entstehende Schäden im Sinne der DIN 4150 – 3 [3] zu vermeiden.

## Gebäude - ID004

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 15: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_T$	
	Deckenebene				Deckenebene	Stufe II / III	
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,59	5	8,0	5,0	0,33	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	1,18	5	8,0	4,0	0,59	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	2,22	5	8,0	4,0	1,11	0,6	1,0
Drehbohrgerät ( $\leq 200,0$ kNm)	0,48	5	8,0	4,0	0,24	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,01	0,6	1,0
Rammböhrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	1,82	5	8,0	4,0	0,91	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,14	5	8,0	4,0	0,07	0,6	1,0
Spundbohlen rammen ( $\leq 5,0$ kNm)	0,95	5	8,0	4,0	0,47	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	1,16	5	8,0	4,0	0,58	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III durch die Rüttelwalze (32 t) überschritten. Es wird daher empfohlen einen Mindestabstand von 21 m mit der schweren Rüttelwalze zum Immissionsort einzuhalten oder die tägliche Einwirkdauer bei minimalem Abstand von Gebäudefront zu Baugerät auf 3,5 h zu begrenzen.

Durch die leichte Bauweise des zu den Baumaßnahmen zugewandten Gebäudeteils, der ein Pavillon mit einer Deckenspannweite von ca. 15 m in Holzbalkenkonstruktion ist, ist es möglich, dass durch Bautätigkeit stärkere Erschütterungsimmissionen auftreten, als hier berechnet. Bei erschütterungsintensiven Baumaßnahmen wird daher empfohlen eine baubegleitende Erschütterungsmessung durchzuführen (Monitoring) um das Schwingungsverhalten dieses Pavillons während der Baumaßnahmen einzuordnen und die Bauleitung bei Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit den Störeinfluss der baubedingten Erschütterungen auf die Bewohner zu begrenzen.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 16: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	1,17	3,52	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	2,34	7,03	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	3,32	13,26	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	0,38	1,14	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,03	0,03	20
Rammbohrgerät (<= 18,5 kNm)	3,40	10,20	20
Rammbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,79	0,79	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	1,77	5,30	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	2,13	6,40	10

Bei den Erschütterungsimmissionen durch die Anwendung der schweren Rüttelwalze (32 t) können nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall Gebäudeschäden nicht mehr ausgeschlossen werden. Eine Begrenzung der Anwendung von Rüttelwalzen von maximal 16 t oder die Einhaltung eines Mindestabstands von 25 m zum Immissionsort führen nach den Prognoseberechnungen zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes.

Durch die leichte Bauweise des zu den Baumaßnahmen zugewandten Gebäudeteils, der ein Pavillon mit einer Deckenspannweite von ca. 15 m in Holzbalkenkonstruktion ist, ist es möglich, dass durch Bautätigkeit stärkere Erschütterungsimmissionen auftreten, als hier berechnet. Bei erschütterungsintensiven Baumaßnahmen wird daher empfohlen eine baubegleitende Erschütterungsmessung durchzuführen (Monitoring) um das Schwingungsverhalten dieses Pavillons während der Baumaßnahmen einzuordnen und die Bauleitung bei Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit durch die Baumaßnahmen entstehende Schäden im Sinne der DIN 4150 – 3 [3] zu vermeiden.

## Gebäude - ID005

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 17: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	KB <sub>Fmax</sub> Decken- ebene	Oberer Anhaltswert A <sub>0</sub>	Betriebs- dauer/ Tag	Einwirk- dauer/ Tag	KB <sub>FTr</sub> Decken- ebene	Beurteilungswert A <sub>r</sub> Stufe	
						wahrscheinl.	II / III
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,35	5	8,0	5,0	0,19	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	0,69	5	8,0	4,0	0,35	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	1,31	5	8,0	4,0	0,66	0,6	1,0
Drehbohrgerät (<= 200,0 kNm)	0,29	5	8,0	4,0	0,14	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,00	0,6	1,0
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	1,08	5	8,0	4,0	0,54	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,08	5	8,0	4,0	0,04	0,6	1,0
Spundbohlen rammen (<= 5,0 kNm)	0,56	5	8,0	4,0	0,28	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	0,68	5	8,0	4,0	0,34	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 18: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,69	2,08	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	1,38	4,15	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	1,96	7,83	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	0,22	0,67	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,02	0,02	20
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	2,01	6,02	20
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,47	0,47	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	1,04	3,13	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	1,26	3,78	10

Nach den Prognoseergebnissen treten im ungünstigen Fall keine Erschütterungsimmissionen auf, bei denen Gebäudeschäden zu erwarten sind.

## Gebäude - ID006

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 19: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	KB <sub>Fmax</sub> Decken- ebene	Oberer Anhaltswert A <sub>0</sub>	Betriebs- dauer/ Tag	Einwirk- dauer/ Tag	KB <sub>FTr</sub> Decken- ebene	Beurteilungswert A <sub>r</sub> Stufe	
						wahrscheinl.	II / III
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,38	5	8,0	5,0	0,21	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	0,75	5	8,0	4,0	0,38	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	1,43	5	8,0	4,0	0,71	0,6	1,0
Drehbohrgerät (<= 200,0 kNm)	0,31	5	8,0	4,0	0,16	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,00	0,6	1,0
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	1,17	5	8,0	4,0	0,59	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,09	5	8,0	4,0	0,05	0,6	1,0
Spundbohlen rammen (<= 5,0 kNm)	0,61	5	8,0	4,0	0,30	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	0,74	5	8,0	4,0	0,37	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 20: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,75	2,26	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	1,50	4,51	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	2,13	8,50	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	0,24	0,73	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,02	0,02	20
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	2,18	6,54	20
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,51	0,51	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	1,13	3,40	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	1,37	4,10	10

Nach den Prognoseergebnissen treten im ungünstigen Fall keine Erschütterungsimmissionen auf, bei denen Gebäudeschäden zu erwarten sind.

## Gebäude - ID007

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 21: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$	
	Deckenebene				Deckenebene	Stufe II / III	
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,43	5	8,0	5,0	0,24	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	0,87	5	8,0	4,0	0,43	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	1,64	5	8,0	4,0	0,82	0,6	1,0
Drehbohrgerät (<= 200,0 kNm)	0,36	5	8,0	4,0	0,18	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,00	0,6	1,0
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	1,34	5	8,0	4,0	0,67	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1,0 kNm)	0,10	5	8,0	4,0	0,05	0,6	1,0
Spundbohlen rammen (<= 5,0 kNm)	0,70	5	8,0	4,0	0,35	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	0,85	5	8,0	4,0	0,43	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 22: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht (<= 4,00 t)	0,87	2,62	10
Rüttelwalze mittel (<= 16,00 t)	1,74	5,23	10
Rüttelwalze schwer (<= 32,00 t)	2,47	9,87	10
Drehbohrgerät (<= 200 kNm)	0,28	0,85	20
Drehbohrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,02	0,02	20
Rammböhrgerät (<= 18,5 kNm)	2,53	7,59	20
Rammböhrgerät Verpressanker (<= 1 kNm)	0,59	0,59	20
Spundbohlen rammen (<= 5 kNm)	1,31	3,94	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren (<= 4,6 kNm)	1,59	4,76	10

Nach den Prognoseergebnissen treten im ungünstigen Fall keine Erschütterungsimmissionen auf, bei denen Gebäudeschäden zu erwarten sind.

## Gebäude - ID008

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 23: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$	
	Deckenebene				Deckenebene	Stufe II / III	
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,48	5	8,0	5,0	0,27	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	0,95	5	8,0	4,0	0,48	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	1,80	5	8,0	4,0	0,90	0,6	1,0
Drehbohrgerät ( $\leq 200,0$ kNm)	0,39	5	8,0	4,0	0,20	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,00	0,6	1,0
Rammbohrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	1,48	5	8,0	4,0	0,74	0,6	1,0
Rammbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,11	5	8,0	4,0	0,06	0,6	1,0
Spundbohlen rammen ( $\leq 5,0$ kNm)	0,77	5	8,0	4,0	0,38	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	0,94	5	8,0	4,0	0,47	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 24: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,95	2,84	10
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	1,90	5,69	10
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	2,68	10,72	10
Drehbohrgerät ( $\leq 200$ kNm)	0,31	0,92	20
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,02	0,02	20
Rammbohrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	2,75	8,25	20
Rammbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,64	0,64	20
Spundbohlen rammen ( $\leq 5$ kNm)	1,43	4,29	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	1,73	5,18	10

Bei den Erschütterungsimmissionen durch die Anwendung der Rüttelwalze (32 t) können nach den Prognoseergebnissen im ungünstigen Fall Gebäudeschäden nicht mehr ausgeschlossen werden. Eine Begrenzung der Anwendung von Rüttelwalzen von maximal 16 t

oder die Einhaltung eines Mindestabstands von 25 m zum Immissionsort führen nach den Prognoseberechnungen zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes.

Bei dieser Baumaßnahme kann eine baubegleitende Erschütterungsmessung (Monitoring) mit in die Überlegungen bei der Planung der Baumaßnahmen aufgenommen werden, um die Bauleitung beim Überschreiten der Anhaltswerte möglichst frühzeitig zu warnen, um Maßnahmen für eine Reduktion der Erschütterungsimmissionen einzuleiten und damit durch die Baumaßnahmen entstehende Schäden im Sinne der DIN 4150 – 3 [3] zu vermeiden.

## Gebäude - ID009

### Beurteilung Anrainerschutz

Tabelle 25: Zu erwartende  $KB_{Fmax}$  - und  $KB_{FTr}$  – Werte mit den zulässigen Anhaltswerten nach DIN 4150 - 2

Erschütterungsquelle	$KB_{Fmax}$	Oberer Anhaltswert $A_0$	Betriebsdauer/Tag	Einwirkdauer/Tag	$KB_{FTr}$	Beurteilungswert $A_r$	
	Deckenebene				Deckenebene	Stufe II / III	
	wahrscheinl.		in h	in h	wahrscheinl.		
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,30	5	8,0	5,0	0,17	0,6	1,0
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	0,61	5	8,0	4,0	0,30	0,6	1,0
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	1,15	5	8,0	4,0	0,57	0,6	1,0
Drehbohrgerät ( $\leq 200,0$ kNm)	0,25	5	8,0	4,0	0,12	0,6	1,0
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,01	5	8,0	4,0	0,00	0,6	1,0
Rammböhrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	0,94	5	8,0	4,0	0,47	0,6	1,0
Rammböhrgerät Verpressanker ( $\leq 1,0$ kNm)	0,07	5	8,0	4,0	0,04	0,6	1,0
Spundbohlen rammen ( $\leq 5,0$ kNm)	0,49	5	8,0	4,0	0,24	0,6	1,0
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	0,60	5	8,0	4,0	0,30	0,6	1,0

Nach den Prognoseergebnissen zu den auf Menschen einwirkenden Erschütterungsimmissionen wird der Beurteilungswert der Stufe III eingehalten.

### Beurteilung Gebäudeschutz

Tabelle 26: Prognostizierte, maximale Schwinggeschwindigkeiten durch die einzelnen Bautätigkeiten mit den zulässigen Anhaltswerten gemäß DIN 4150 - 3

Erschütterungsquelle	max. Schwingschnelle Fundament	max. Schwingschnelle Deckenebene vertikal	Oberer Anhaltswert vertikal
	ungünstig in mm/s	ungünstig in mm/s	in mm/s
Rüttelwalze leicht ( $\leq 4,00$ t)	0,60	1,81	10
Rüttelwalze mittel ( $\leq 16,00$ t)	1,21	3,62	10
Rüttelwalze schwer ( $\leq 32,00$ t)	1,71	6,83	10
Drehbohrgerät ( $\leq 200$ kNm)	0,20	0,59	20
Drehbohrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,01	0,01	20
Rammböhrgerät ( $\leq 18,5$ kNm)	1,75	5,25	20
Rammböhrgerät Verpressanker ( $\leq 1$ kNm)	0,41	0,41	20
Spundbohlen rammen ( $\leq 5$ kNm)	0,91	2,73	20
Spundbohlen Vibrationsverfahren ( $\leq 4,6$ kNm)	1,10	3,30	10

Nach den Prognoseergebnissen treten im ungünstigen Fall keine Erschütterungsimmissionen auf, bei denen Gebäudeschäden zu erwarten sind.

Zusammenfassend werden in Tabelle 27 die vorgenannten Gebäude und die vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen aufgelistet.

Tabelle 27: Gebäude im erschütterungsrelevanten Bereich der Baumaßnahmen und empfohlene Schutzmaßnahmen

Gebäude ID	Einschätzung	Maßnahmen
001	Einschränkungen	Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m Mindestabstand zu 18,5 kNm Rammbohrer von 17 m Maximale Einwirkdauer schwere Rüttelwalze 1,5 h Maximale Einwirkdauer Rammbohrgerät 0,5 h Erschütterungsmonitoring ratsam während erschütterungsintensiver Baumaßnahmen
002	Einschränkungen	Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m Mindestabstand zu 18,5 kNm Rammbohrer von 17 m Mindestabstand zu Vibrationsrammung von 12 m Maximale Einwirkdauer Rammbohrer 10 min Maximale Einwirkdauer mittelschwere Rüttelwalze 1h Maximale Einwirkdauer schwere Rüttelwalze 15 min Maximale Einwirkdauer Vibrationsrammung 1,5 h Erschütterungsmonitoring ratsam während erschütterungsintensiver Baumaßnahmen
003	Einschränkungen	Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m
004	Einschränkungen	Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m Maximale Einwirkdauer schwere Rüttelwalze 3,5 h Erschütterungsmonitoring ratsam während erschütterungsintensiver Baumaßnahmen
005	Unbedenklich	-
006	Unbedenklich	-
007	Unbedenklich	-
008	Einschränkungen	Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m Erschütterungsmonitoring ratsam während erschütterungsintensiver Baumaßnahmen
009	Unbedenklich	-

## 7 Schutzmaßnahmen

Ziel der Prognoseberechnungen war mit Hilfe des berechneten minimalen Abstandes der jeweiligen Erschütterungsquelle im Nahbereich der schützenswerten baulichen Strukturen die Wahl eines geeigneten, und für die Sensitivität der Region entsprechenden, Baugeräts zu unterstützen.

Im Falle der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen kann man zudem die Eingangsparameter der Gleichungen für die Anhaltswerte so anpassen, dass entweder leistungsstärkere Baumaschinen, jedoch für einen kürzeren, täglichen Einsatz in Frage kommen oder aber die Dauer der Baumaßnahmen in einem gegebenen Arbeitsbereich so verkürzen,

dass größere Anhaltswerte im Sinne der DIN 4150-2 [2], wie in Tabelle 1 dargestellt, gelten. Dabei muss beachtet werden, dass der obere Anhaltswert nicht überschritten wird.

### **Maßnahmen zur Reduktion von Erschütterungseinwirkungen**

Prinzipiell können folgende Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen geprüft bzw. umgesetzt werden:

- Einsatz von Drehbohrgerät anstelle von Ramm- oder Vibrationsbohrgeräten, da sie deutlich geringere Erschütterungsemissionen produzieren.
- Vermeidung von Arbeitsfrequenzen der Baumaschinen die im Bereich der Eigenfrequenzen der Etagendecken der angrenzenden Gebäude liegen (meist zwischen 8 Hz und 20 Hz).
- Verwendung von vibrierenden Baugeräten mit einstellbarer Betriebsfrequenzen, um bei Resonanzerscheinungen der Bestandsgebäude die Rüttelfrequenz anzupassen
- Ein- und Ausschaltvorgang von Baumaschinen mit harmonischer Anregung in großer Distanz zu Gebäuden durchführen, um Resonanzeffekte der Decken angrenzender Gebäude zu vermeiden
- Monitoring einzelner Gebäude mit Alarmierung der Bauleitung und Baufirma im Falle von Überschreitungen (Gebäude ID001, Gebäude ID002 & Gebäude ID 004) während des Einsatzes erschütterungsintensiver Baugeräte

## **8 Allgemeine Hinweise**

Es wird in der DIN 4150-2 [2] darauf hingewiesen, dass die Anwendung nachfolgend aufgelisteter Maßnahmen von betroffenen Personen in den benachbarten Gebäuden noch vor Beginn der Baumaßnahmen erforderlich wird, sollte der untere Anhaltswert der Stufe 1 überschritten werden.

- Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen
- Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle, etc.)
- Benennung einer Ansprechstelle, an die sich die Betroffenen wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkung haben
- Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude

Der Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude ist ratsam, sollte erwartet werden, dass der Anhaltswert der Stufe 2 erreicht wird.

## 9 Zusammenfassung

In Brühl soll eine Hauptfeuerwache in der Römerstraße auf derzeit unbebautem Gelände errichtet werden. Wegen der Nähe von Wohngebäuden und einem Seniorenzentrum zum zukünftigen Baubereich ergeben sich bezüglich der Erschütterungsemissionen Einwirkungen auf die zum Bauareal benachbarten Gebäude, die Ausschlusskriterien für bestimmte Baumaßnahmen oder zeitliche Einschränkungen der täglichen Baumaßnahmen nötig machen.

In diesem Zusammenhang werden Baumaßnahmen und Baumaschinen vorgeschlagen, bei denen prognostiziert wurde, dass sie im ungünstigen Fall keine Gebäudeschäden bei sachgemäßer Anwendung hervorrufen. Grundlage der Einschätzungen ist die DIN 4150-3 [3].

Inwieweit die prognostizierten Erschütterungen die Anrainer beeinflussen, wird nach DIN 4150-2 [2] quantifiziert und es werden Maßnahmen zur Reduktion des Störeinflusses auf den Menschen in Gebäuden vorgeschlagen.

Es zeigt sich, dass im Vorhabengebiet, unter Berücksichtigung der zu diesem Zeitpunkt angenommenen Bauverfahren, bewohnte Wohneinheiten existieren, in deren Umfeld Einschränkungen für die bevorstehenden Baumaßnahmen nötig werden, um potenzielle Gebäudeschäden und eine unzumutbare Störwirkung auf die Anrainer zu vermeiden. Die im folgenden Abschnitt aufgelisteten Gebäude sind dabei maßgebend für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen, da sie in erster Reihe zu den Baumaßnahmen sind und somit voraussichtlich die größten Erschütterungsimmissionen erfahren werden. Diese Gebäude und die empfohlenen Einschränkungen der Baumaßnahmen, um Gebäudeschäden zu vermeiden, sind:

- **Senecaweg 13a** (ID001) – Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m;  
Mindestabstand zu Rammbohrgerät mit 18,5 kNm von 17 m
- **Senecaweg 11a** (ID002) – Mindestabstand zu 16 t Rüttelwalze von 14 m;  
Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m  
Mindestabstand zu Rammbohrgerät mit 18,5 kNm von 17 m  
Mindestabstand zu Vibrationsverfahren von 12 m
- **Arminiusweg 7** (ID003) - Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m
- **An der Ziegelei 1-5**, Seniorenzentrum Johannesstift (ID004) - Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m
- **Josef-Flohr-Weg 6** (ID008) – Mindestabstand zu 32 t Rüttelwalze von 25 m

Sofern der Arbeitseinsatz von Maschinen in geringerer Entfernung vorgesehen ist, können alternative Arbeitsverfahren angewendet werden, welche geringere Erschütterungsimmissionen verursachen.

Greifenberg, 03.07.2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Binnig'. The signature is written in a cursive style with a long, sweeping tail on the 'g'.

M.Sc. Marvin Binnig

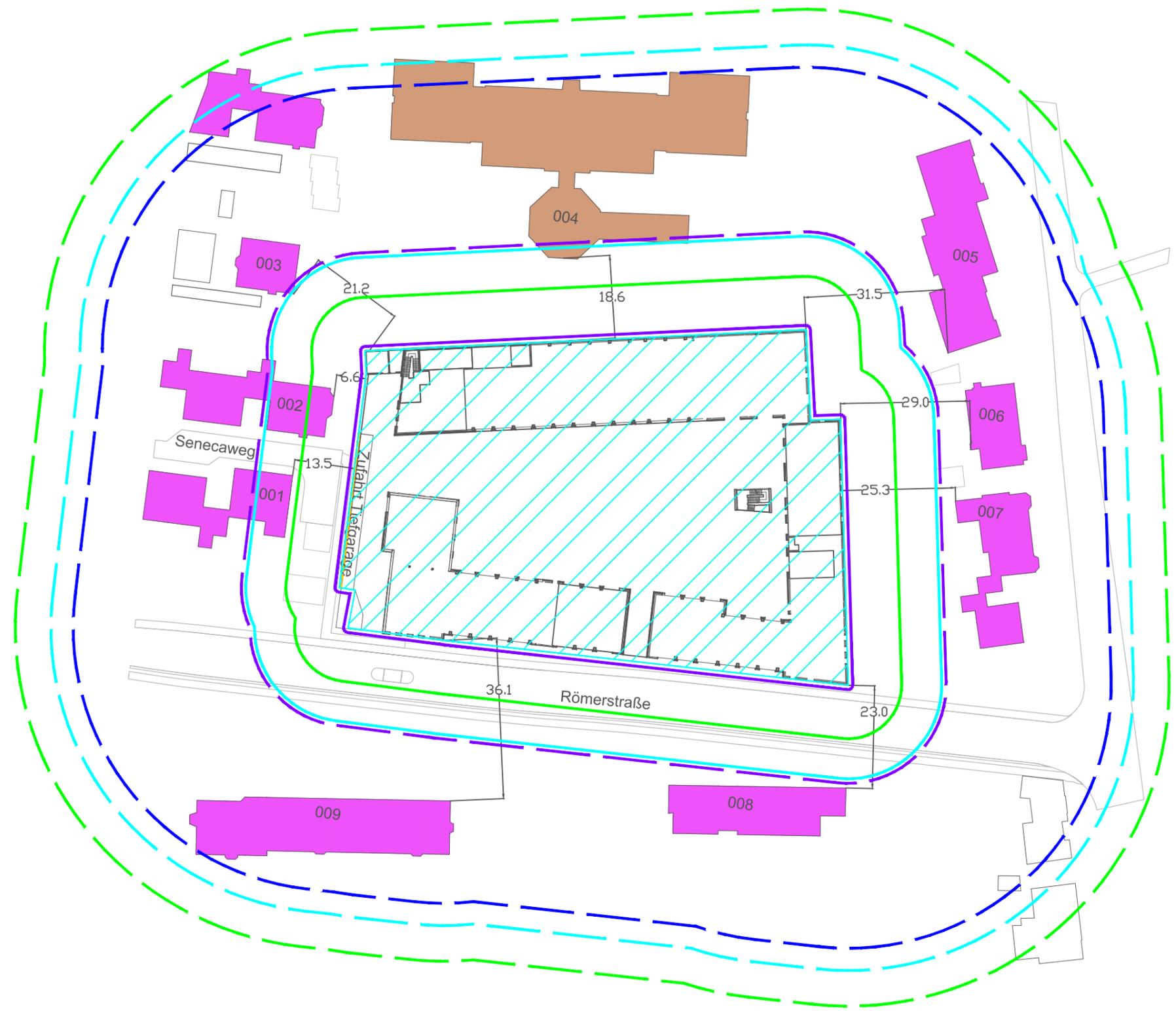
## Quellenverzeichnis

- [1] DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001.
- [2] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999.
- [3] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999.
- [4] M. Achmus, J. Kaiser und F. tom Wörden, Bauwerksererschütterungen durch Tiefbauarbeiten – Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 61, 2005.
- [5] Institut für Bauforschung e.V. IFB, V. Rizkallah, Bauschäden im Hoch- und Tiefbau – Standardwerk zur Schadenserkenkung und Schadensvermeidung, Bd. 1: Tiefbau, 1. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2007
- [6] H. Locher, U. Locher, Das private Baurecht, 7. Auflage, München, Verlag C.H. Beck, 2005
- [7] M. Achmus, J. Kaiser, Prognose von Bauwerksererschütterungen infolge Ramm- und Vibrationsverdichtungsarbeiten, Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau, Universität Hannover, 2005
- [8] J. Wieck, Erschütterungen im Bauwesen. In: Die vorsorgliche Beweissicherung im Bauwesen, Schadenfreies Bauen, Band 31, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2003
- [9] © OpenStreetMap-Mitwirkende; OpenStreetMap® sind „Open Data“, die gemäß der Open Data Commons Open Database Lizenz (ODbL) durch die OpenStreetMap Foundation (OSMF) verfügbar sind
- [10] Messdaten zu Erschütterungsimmissionen unterschiedlicher Baugeräte; iC consulenten Ziviltechniker GesmbH & Accon GmbH
- [11] Bohrlochdaten, Geologischer Dienst NRW, <https://www.bohrungen.nrw.de/>, abgerufen am 07.03.2023
- [12] Geologische Karte 1:25000 von Preußen und benachbarten deutschen Ländern: Gradabteilung 66 Blatt 10, Brühl, E. Kaiser 1904, Geologischer Dienst NRW, <https://www.bohrungen.nrw.de/>, abgerufen am 07.03.2023
- [13] Dr. Hemling, Gräfe & Becker Baugrund GmbH, BV Feuerwache Römerstraße Brühl Baugrunduntersuchung, Juli 2013
- [14] ELWAS-WEB, elektronische Karte zu Grundwasserstandsmessstellen, Land NRW, <https://www.elwasweb.nrw.de>, abgerufen am 13.03.2023, Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0
- [15] U. Zerrenthin, W. Pallocks, Beiträge zur Prognose von Rammerschütterungen mit Hilfe von Fallversuchen, Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Berlin, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 72, 1995

## Anlagen

## Anlage 1

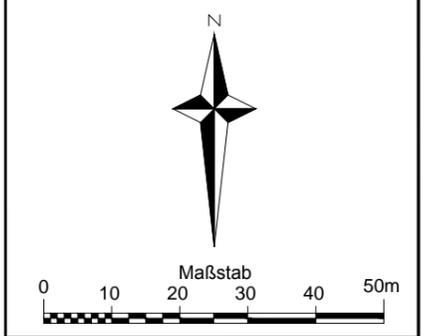
# ENTWURF



**NOTIZ**

(1) Die topografische Karte wurde vom Kunden zur Verfügung gestellt und wurde nicht auf Detailgenauigkeit geprüft.  
 (2) Die dargestellten Einflussradien der Fühlschwelle markieren den Bereich, in dem die Erschütterungen durch verschiedene Baumaßnahmen von den Bewohnern der umliegenden Bauwerke im wahrscheinlichen Fall gerade noch gespürt werden können.  
 (3) (2) Die dargestellten Einflussradien der Schadensschwelle markieren den Bereich, in dem die Erschütterungen durch die Baumaßnahmen in den umliegenden Bauwerken im ungünstigen Fall Schäden im Sinne der DIN 4150-3 anrichten können.  
 (4) Die Einflussradien beruhen auf eigenen Messdaten unter ähnlichen geologischen Bedingungen verursacht wurden.

- LEGENDE**
- GEWERBLICHE BAUFLÄCHE
  - GEMEINBEDARFSFLÄCHE
  - WOHNBAUFLÄCHE
  - DENKMALGESCHÜTZTES GEBÄUDE
  - BEREICH ERHÖHTER ERSCHÜTTERUNGSINTENSIVER BAUMAßNAHMEN
- 45 — DISTANZEN IN M
- RADIUS SCHADENSSCHWELLE**
- SCHLAGGRAMMUNG/VIBRATIONSWALZE
  - VIBATIONSRRAMMUNG
  - DREHBOHRGERÄT
- RADIUS FÜHLSCHWELLE**
- SCHLAGGRAMMUNG
  - VIBATIONSWALZE
  - VIBATIONSRRAMMUNG
  - DREHBOHRGERÄT



**accon**  
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Gewerbering 5  
86926 Greifenberg  
Deutschland

Tel: +49 8192 99600  
Email: info@accon.de  
Web: www.accon.de

Kunde  
Stadt Brühl

Projektname  
BAUVORHABEN  
HAUPTFEUERWACHE  
BRÜHL

Dokument  
ÜBERSICHTSKARTE

Erstellt MABI	Datum 09.06.2023		
Maßstab 1:500	Größe A3	Dimensionen NA	
Projekt Nr. 226372		Dokument 226372-LOC-01(00)	
Dokumentnr. 226372-LOC-01(00) Seite 1 von 1			Rev.