

### Bericht Nr. 14-2990 / 02-BE

#### Erschütterungstechnische Untersuchung zum Baubetrieb

#### Ersatzneubau EÜ Pölnitzweg, Strecke 6002/6081

#### in Berlin

Stand: 03.07.2015



Bearbeitet von Dipl.-Ing. D. Friedemann

für

DB Projektbau GmbH  
Caroline-Michaelis-Straße 5 - 11  
10115 Berlin

## 1. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung ermittelt die Erschütterungseinwirkungen während der Bauarbeiten, die durch den Ersatzneubau der Eisenbahnüberführung Pölnitzweg verursacht werden können.

Die Untersuchungen bezüglich **Gebäudeschäden** haben ergeben, dass bei sehr erschütterungsintensiven Arbeiten (wie z. B. Rammarbeiten mit Freifallbär für Spundwände) an Wohngebäuden, die sich in einem Abstand von ca. 24 m oder weniger zur Erschütterungsquelle befinden, Gebäudeschäden nicht ausgeschlossen werden können.

Innerhalb dieses Bereiches liegen jedoch keine Wohngebäude (oder vergleichbar schützenswerte Gebäude).

Die Berechnungen der Bau-Erschütterungen bezüglich **Menschen in Gebäuden** haben ergeben, dass bei einer Beurteilungsstufe II (mit Information der Betroffenen) und Baumaßnahmen über mehrere Tage (6 ... 26 Tage) die zulässige Beurteilungsschwingstärke ab einer Entfernung von ca. 50 m in der Regel selbst bei sehr erschütterungsintensiven Bauarbeiten eingehalten wird. Da in diesem 50m-Umkreis nur 2 Wohngebäude liegen und die Emissionsansätze eine Abschätzung auf der „sicheren Seite“ darstellen, sind erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen höchstens in Einzelfällen zu erwarten.

Die Berechnungen gehen davon aus, dass die erschütterungsintensiven Bauverfahren schon aus Gründen des Lärmschutzes nur am Tage erfolgen.

Da die Minderung der Erschütterungs-Immission durch technische Maßnahmen begrenzt ist, ist die rechtzeitige Information von Anwohnern bzw. Gebäudeeigentümern über die Baumaßnahmen (z. B. Ort, Dauer, Ansprechpartner vor Ort) sehr zu empfehlen. Bei Bedarf können Beweissicherung-/Überwachungsmessungen an ausgewählten Objekten durchgeführt werden.

Mit Festlegung der tatsächlich einzusetzenden Geräte und Verfahren im Rahmen der Bauausführung kann die Erschütterungsprognose präzisiert und fortgeschrieben werden.

Der Bericht enthält 24 Seiten inklusive 3 Anlagen.

Dresden, den 03.07.2015

**cdf** Schallschutz



Dipl.-Ing. Dieter Friedemann



Dipl.-Ing. (FH) Bianca Ulfik

## Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung .....	2
2.	Aufgabenstellung und Situation .....	4
3.	Berechnungs- und Bewertungsverfahren .....	5
3.1.	Beurteilungsgrundlagen/Richtwerte - Einwirkungen auf Gebäude .....	5
3.2.	Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden.....	6
4.	Vorgehensweise zur erschütterungstechnischen Untersuchung .....	9
4.1.	Erschütterungs-Emission maßgeblicher Quellen .....	9
4.2.	Berechnungsverfahren der Prognose (Einwirkung auf Gebäude) .....	10
4.3.	Berechnungsverfahren der Prognose (Einwirkung auf Menschen) .....	10
5.	Erschütterungsprognose.....	12
5.1.	Betroffenheitskorridor für Einwirkung auf bauliche Anlagen .....	12
5.2.	Betroffenheit für Einwirkung auf Menschen in Gebäuden .....	13
5.3.	Genauigkeit der Prognose und der Ausgangsdaten.....	15
6.	Normen und Literatur .....	16
7.	Anlagen .....	17
Anlage 1	Lageplan .....	18
Anlage 2	Erschütterungsprognosen .....	19
Anlage 2.1	Erschütterungsprognose für Gebäudeschäden .....	20
Anlage 2.2	Erschütterungsprognose für Einwirkung auf Menschen .....	21
Anlage 3	Erschütterungskorridor.....	22
Anlage 3.1	Erschütterungskorridor: Rammen Verbau .....	23
Anlage 3.2	Erschütterungskorridor: Rammen OLA-Maste .....	24

## 2. Aufgabenstellung und Situation

Zur dauerhaften und uneingeschränkten Verfügbarkeit der Eisenbahnüberführung Pölnitzweg in Berlin (km 15,003 der Strecke 6002 bzw. 15,004 Strecke 6081) ist deren Ersatzneubau geplant.

Dabei wird die alte Überführung abgebrochen und durch eine neue Konstruktion ersetzt.

Im Zuge der Baumaßnahme wird das linke Streckengleis der F-Bahn (6081) im Bereich der Eisenbahnüberführung um ca. 1,0 m in Richtung Nordwest verschoben. Am rechten Streckengleis erfolgen horizontale Gleislageänderungen von maximal ca. 0,3 - 0,4 m jeweils ca. 150 m vor und nach der Überführung. An der Strecke 6002 (S-Bahn) sind nur geringe Gleislageänderungen im einstelligen cm-Bereich (< 10 cm) vorgesehen.

Die Lage des Bauvorhabens ist im Lageplan Anlage 1 dargestellt.

Zur Prüfung der Auswirkungen der Bautätigkeit auf die Nachbarschaft ist eine erschütterungstechnische Untersuchung durchzuführen.

Dabei wird geprüft, ob Erschütterungen zu erwarten sind, die Schäden an Gebäuden verursachen können oder zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen. Die Untersuchung geht von einem üblichen Geräteeinsatz vergleichbarer Bauvorhaben aus.

Dabei werden insbesondere die durch Vibrations- oder Schlagrammung (z. B. Gründungen LSW, Stützmauern, OLA-Maste) bzw. Walzen mit Vibrationswalze (z. B. Bodenverdichtung) verursachten Erschütterungen untersucht. Abbrucharbeiten können dem gegenüber bezüglich Erschütterungen in der Regel vernachlässigt werden.

Die Ausgangsdaten, die Vorgehensweise und die Ergebnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung werden nachfolgend dargestellt.

### 3. Berechnungs- und Bewertungsverfahren

Als Erschütterungen werden Schwingungen im Bereich von 1 bis 80 Hertz bezeichnet. Bei der Ermittlung und Bewertung der Erschütterungseinwirkungen wird zwischen den Einwirkungen auf das Gebäude (Gebäudeschäden) und den Einwirkungen auf den Menschen (Gesundheitsschutz) unterschieden.

#### 3.1. Beurteilungsgrundlagen/Richtwerte - Einwirkungen auf Gebäude

Die Wirkung von Erschütterungen auf die Gebäudestruktur wird durch die Messung des Spitzenwertes (Maximalwert des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit  $v_i(t)$ ) am Gebäude beurteilt. Die DIN 4150, Teil 3 [3] legt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen fest. Werden die Anhaltswerte nicht überschritten, treten im Allgemeinen keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes auf, deren Ursachen auf die Erschütterungen zurückzuführen wären.

Anhand des Bauzustandes, der Nutzung und des Alters des Gebäudes werden in DIN 4150, Teil 3 [3] folgende **Anhaltswerte** für kurzzeitige Erschütterungen bzw. Dauererschütterungen angegeben:

Zeile	Gebäudeart	Kurzzeitige Erschütterungen					Dauererschütterungen	
		Fundament Frequenzen in Hz ***			Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingungen	Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingungen
		1 - 10	10 - 50	50 - 100 *	alle Freq.	alle Freq.	alle Freq.	alle Freq.
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten	20	20 - 40	40 - 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in Konstruktion/Nutzung ähnliche Bauten	5	5 - 15	15 - 20	15	20	5	10
3	Besonders empfindliche Bauten, denkmalgeschützte Bauten	3	3 - 8	8 - 10	8	- **	2,5	- **

Tabelle 1 Anhaltswerte zulässiger max. Schwinggeschwindigkeiten zur Verhinderung von Gebäudeschäden

\* Bei Frequenzen über 100 Hz sollen die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

\*\* Das Maß der noch unschädlichen Erschütterungseinwirkungen ist im Einzelfall festzustellen.

\*\*\* Die Immissionswerte für Frequenzen zwischen 10 und 50 Hz sowie zwischen 50 und 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

Kurzzeitige Erschütterungen werden in [3] definiert als solche, „deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen“.

### 3.2. Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Die für den Menschen am stärksten wahrnehmbaren Erschütterungen treten erfahrungsgemäß auf den Geschossdecken (mittig im Raum) auf.

Als Messgröße wird die bewertete Schwingstärke KB verwendet, die aus der Schwinggeschwindigkeit  $v$  im Frequenzbereich 1 bis 80 Hz ermittelt wird.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden sind bisher gesetzlich festgelegte Grenzwerte nicht vorhanden. In DIN 4150, Teil 2 (DIN 4150-2, [2]) sind jedoch folgende Anhaltswerte zur Beurteilung baubedingter Erschütterungen angegeben:

#### Baubedingte Erschütterungen am Tage (gebietsunabhängig)

Beurteilungs-Stufe	$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
	Dauer $\leq 1$ Tag			Dauer 6 ... 26 Tage			Dauer 27 ... 78 Tage		
I - keine erheblichen Belästigungen, auch ohne Vorinformation der Betroffenen	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
II - keine erheblichen Belästigungen bei Information der Betroffenen und Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Einwirkung (z.B. Betriebszeiten)	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
III - erhebliche Belästigungen, bei Überschreitung unzumutbare Einwirkungen, Minderungsmaßnahmen oder Verfahrensänderung erforderlich	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

Tabelle 2 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2, Tab. 2; Dauer = Anzahl der Tage mit Erschütterungseinwirkungen (nicht Dauer der Baumaßnahme an sich)

$A_u$  unterer Anhaltswert

$A_o$  oberer Anhaltswert

$A_r$  Anhaltswert; zur Bewertung der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FT}$

Für baubedingte Erschütterungen in der Nacht gelten nachfolgende Anhaltswerte:

### Baubedingte Erschütterungen in der Nacht (gebietsabhängig)

Zeile	Einwirkungsort/ Gebietseinteilung nach BauNVO		A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
			nachts		
1	ausschließlich Gewerbe	GI	0,30	0,60	0,15
2	vorwiegend Gewerbe	GE	0,20	0,40	0,10
3	Mischgebiet	MI	0,15	0,30	0,07
4	Wohngebiet	WA,WR	0,10	0,20	0,05
5	Sondergebiet	SK	0,10	0,15	0,05

Tabelle 3 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 - nachts

A<sub>u</sub> unterer Anhaltswert

A<sub>o</sub> oberer Anhaltswert

A<sub>r</sub> Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke KB<sub>FTr</sub>

Für den Vergleich der Erschütterungswerte und der Anhaltswerte ist die maximale bewertete Schwingstärke KB<sub>Fmax</sub> bzw. die Beurteilungs-Schwingstärke KB<sub>FTr</sub> zu verwenden.

Die Beurteilungsschwingstärke KB<sub>FTr</sub> berechnet sich mit

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e,j} KB_{FTm,j}^2)} \quad (1)$$

T<sub>r</sub> Beurteilungszeitraum (tags 6:00 - 22:00 Uhr, nachts 22:00 - 6:00 Uhr)

T<sub>e,j</sub> Einwirkungszeit des Ereignisses j innerhalb des Beurteilungszeitraumes

KB<sub>FTm,j</sub> Taktmaximal-Effektivwert nach Gl.(2) für die Einwirkungszeit T<sub>e,j</sub>

und

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

KB<sub>FTi</sub> Maximalwert der bewerteten Schwingstärke in einem Taktzeitraum i von 30 s

N Anzahl der Takte

Für die Beurteilung der Erschütterungswirkungen ist das Verfahren des nachstehenden Flussdiagramms (Bild 1) einzuhalten.

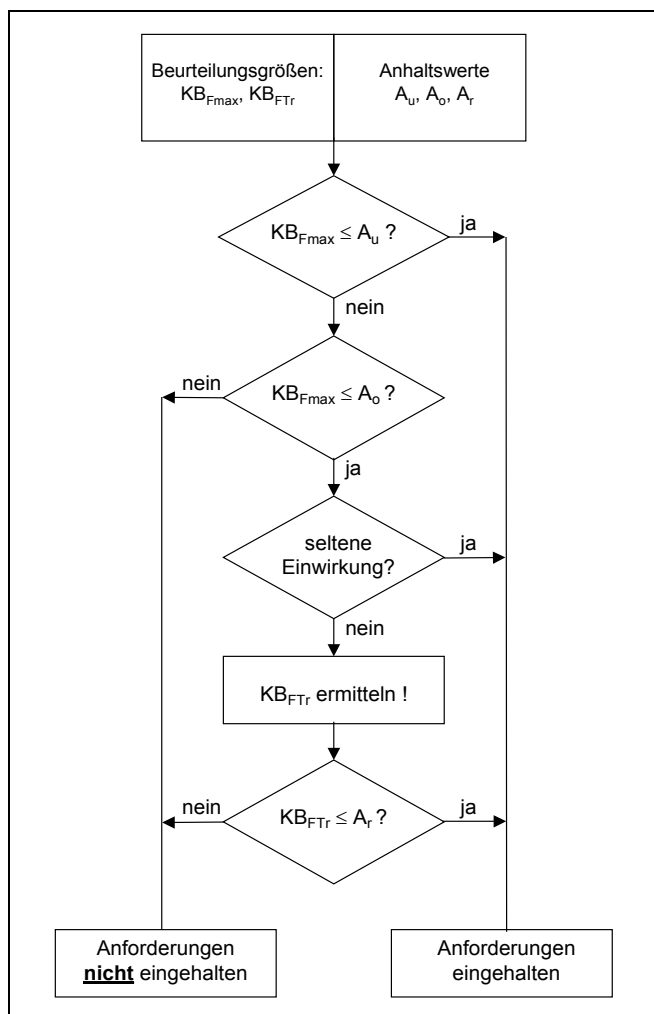


Bild 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2

Wird der untere Anhaltswert  $A_u$  nach Tabelle 1 nicht überschritten, so werden die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 bezüglich der Erschütterungen eingehalten. Wird der obere Anhaltswert  $A_o$  überschritten, so sind die Anforderungen bezüglich der Erschütterungen nicht eingehalten. In beiden Fällen ist die Bildung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  nicht erforderlich.

Kommt es zur Überschreitung des unteren Anhaltswertes  $A_u$  bei gleichzeitiger Einhaltung des oberen Anhaltswertes  $A_o$ , so ist die Häufigkeit der Einwirkungen zu berücksichtigen. Es erfolgt dann die Bildung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  und der Vergleich mit den in Tabelle 2 aufgeführten Anhaltswerten für  $A_r$ .



## 4. Vorgehensweise zur erschütterungstechnischen Untersuchung

### 4.1. Erschütterungs-Emission maßgeblicher Quellen

Als maßgebliche Quellen von baubedingten Erschütterungen bei Eisenbahn- und Gleisbauvorhaben gelten insbesondere:

- Vibrations- oder Schlagramme (z. B. Gründungen LSW, Stützmauern)
- Vibrationswalze (z. B. Bodenverdichtung)

Der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Erdboden in einem Abstand  $r$  von der Quelle lässt sich nach [6] mittels folgender zugeschnittener Größengleichungen abschätzen:

Schlagramme 
$$v_{\max} = K \frac{\sqrt{E}}{r}$$

Vibrationsramme 
$$v_{\max} = K \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

Vibrationswalze 
$$v_{\max} = K \frac{\sqrt{G}}{r}$$

mit	$v_{\max}$	maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s
	$E$	Energie pro Rammschlag in kNm (aus Fallhöhe und Schlaggewicht)
	$W$	Geräteleistung in kW
	$f$	Arbeitsfrequenz in Hz
	$G$	Betriebsgewicht
	$r$	Abstand Quelle - Einwirkungsort in m
	$K$	Proportionalitätsfaktor

Der Proportionalitätsfaktor  $K$  wurde in [6] in folgenden Grenzen ermittelt:

Gerät	Proportionalitätsfaktor $K$	
	Mittelwert (50% Wahrscheinlichkeit)	Maximalwert (2,25% Wahrscheinlichkeit)
Schlagramme (Dieselbär)	2,45 $\approx$ 2,5	3,82 $\approx$ 4
Schlagramme (Freifallbär)	11,07 $\approx$ 11	(17,26 $\approx$ 17)
Vibrationsramme	7,9 $\approx$ 8	18,52 $\approx$ 19
Vibrationswalze	4,31 $\approx$ 4,5	10,87 $\approx$ 11

Tabelle 4 Proportionalitätsfaktor  $K$  nach [6] zur Ermittlung der maximalen Schwinggeschwindigkeit

Die Übertragung der Erschütterungen vom Erdboden/Fundament in die Obergeschosse der Gebäude erfolgt nach folgender Beziehung:  $v_{\max,OG} = k v_{\max,Fund.}$

Dabei können folgende Proportionalitätsfaktoren  $k$  verwendet werden [6]:

Horizontale Schwingungsrichtung: 0,5 ... sehr weicher Fundamentuntergrund  
2,0 ... sehr steifer Fundamentuntergrund

Vertikale Schwingungsrichtung: < 1,5  
10 - 25 in Resonanz

#### 4.2. Berechnungsverfahren der Prognose (Einwirkung auf Gebäude)

Die Berechnung der auf das Gebäude einwirkenden Erschütterungen kann nunmehr nach folgenden Punkten erfolgen:

- Einstufung der Quelle als kurzzeitige oder Dauer-Erschütterung
- Festlegung der mechanischen Kennwerte für die Schwingungsenergie der Quelle
- Angabe des Proportionalitätsfaktors  $K$  für den günstigsten und ungünstigsten Fall
- Festlegung der zulässigen Schwinggeschwindigkeit  $v$  am Gebäudefundament bzw. in den Obergeschossen gemäß [3]
- Berechnung des Mindestabstandes  $r$  für die Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3

#### 4.3. Berechnungsverfahren der Prognose (Einwirkung auf Menschen)

Für die Berechnung und Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen ist die bewertete Schwingstärke  $KB$  zu ermitteln.

Nach den Schritten 1 - 3 der Gebäudeberechnung (obiger Pkt. 4.2) kann weiter verfahren werden mit:

- Berechnung der bewerteten Schwingstärke  $KB$  aus der maximalen Schwinggeschwindigkeit  $v_{\max}$  in Deckenmitte des Obergeschosses am Immissionsort:

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

mit  $KB$  bewertete Schwingstärke (dimensionslos)  
 $v_{\max}$  maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s  
 $f$  Schwingfrequenz der Decke in Hz  
(Terzfrequenzen 5 - 80 Hz)  
 $f_0$  5,6 Hz (Grenzfreq. Hochpass KB-Bewertung)

- rechnerische Abschätzung der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}^*$  gemäß DIN 4150-2, Tabelle 3 je nach Art der Erschütterungseinwirkung:

$$KB_{Fmax}^* = KB \cdot c_F \quad \text{mit } c_F = \begin{array}{l} 0,8 \text{ Stochastische Schwingungen mit Resonanzbeteiligung,} \\ \text{Einzelereignisse kurzer Dauer mit Resonanzbeteiligung} \end{array}$$

0,7 Stochastische Schwingungen ohne Resonanzbeteiligung

- Einbeziehung der Einwirkzeiten tags/nachts zur Berechnung der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTT}$  wie unter 3.2 beschrieben
- ggf. Berechnung des Mindestabstandes  $r$  für die Einhaltung der Anhaltswerte  $A_u / A_r / A_o$  nach DIN 4150-2

## 5. Erschütterungsprognose

### 5.1. Betroffenheitskorridor für Einwirkung auf bauliche Anlagen

Aus den obigen Gleichungen (siehe 4.1) werden Mindestabstände für Einsatzbereiche der Bauverfahren berechnet, bei deren Unterschreitung Schäden an Wohn- oder vergleichbaren Gebäuden durch baubedingte Erschütterungen nicht sicher auszuschließen sind.

Gerät	Mindestabstände Bauverfahren - Gebäude zur Einhaltung der Anhaltswerte für Erschütterung nach DIN 4150, Teil 3 (Wohngebäude)			
	Kurzeitige Erschütterungen		Dauer- erschütterungen	
	Fundament	Vertikale Deckenschw.	Oberste Decken- ebene, horizontal	Vertikale Deckenschwing.
Schlagramme (Freifallbär)	24 m	9 m	-	-
Fallende Masse	11 m	4 m	-	-
Vibrationsramme	-	-	19 m	8 m
Vibrationswalze	-	-	13 m	5 m

Tabelle 5 Konservative Abschätzung der Bereiche mit Erschütterungseinwirkungen; ausgehend von den Anhaltswerten nach Tabelle 1, Wohngebäude

Die Untersuchungen erfolgten für den Energieeintrag typischer Baugeräte (z. B. Schlagramme DELMAG D12-42, Vibrationsramme ABI MRZV 800 V).

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 2.1 detailliert dargestellt.

Diese rechnerische Abschätzung beinhaltet die ungünstigste Annahme von Bauarbeiten mit sehr erschütterungsintensiven Verfahren (Schlagramme Freifallbär, Vibrationsramme). Dabei wurde der Berechnung als Proportionalitätsfaktor der Maximalwert nach Tabelle 4 dieses Berichtes zugrundegelegt (2,25% Wahrscheinlichkeit).

In den Lageplänen der Anlage 3 ist der kritische Abstand von 24 m als Erschütterungskorridor zu den Bauarbeiten als Kontur eingetragen. Dabei enthält Anlage 3.1 die Ergebnisse für die „normalen“ Bauarbeiten inkl. der Rammung des Verbaus und Anlage 3.2 den Erschütterungskorridor für das Rammen der OLA-Maste.

Innerhalb der Erschütterungskorridore liegen keine Wohngebäude oder andere in gleicher Weise erschütterungsempfindliche Bauten.

Zusätzlich zu den untersuchten erschütterungsintensiven Rammarbeiten treten auch bei den geplanten Abrissarbeiten Erschütterungen auf, z. B. durch den Einsatz von Abbruchhäm- mern. Auch muss mit dem Fallen von größeren Abbruchmassen gerechnet werden.

Zur anschließenden Bodenverdichtung können handgeführte Rüttelplatten oder Vibrations- walzen zum Einsatz kommen.

Aus der Tabelle 5 ist erkennbar, dass für diese Erschütterungen Mindestabstände zu Ge- bäuden von 13 - 11 m erforderlich sind.

Aus den Lagepläne der Anlage 3 ist ersichtlich, dass keine Bauarbeiten innerhalb des ge- nannten Abstandsbereiches zu Wohngebäude erfolgen.

Gebäudeschädigende Erschütterungen sind durch das Bauvorhaben somit insgesamt nicht zu erwarten.

## 5.2. Betroffenheit für Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Mit der unter 4.3 angegeben Verfahrensweise kann die bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  für die oberen Etagen der Wohnbebauung berechnet werden. Einzelheiten und eine Beispiel- rechnung sind in der Anlage 2.2 dargestellt.

Entfernung zur Quelle	Schlagramme, Freifallbär		Vibrationsramme	
	$v_{max}$ in mm/s Mittelwert / Maximalwert	$KB_{Fmax}$ Mittelwert / Maximalwert	$v_{max}$ in mm/s Mittelwert / Maximalwert	$KB_{Fmax}$ Mittelwert / Maximalwert
10 m	9,3 / 14	6,0 / 9,3	2,4 / 5,7	1,6 / 3,7
20 m	4,7 / 7,2	3,0 / 4,7	1,2 / 2,8	<b>0,8</b> / 1,8
25 m	3,7 / 5,8	2,4 / 3,7	1,0 / 2,3	0,6 / 1,5
50 m	1,9 / 2,9	1,2 / 1,9	0,5 / 1,1	0,3 / <b>0,8</b>
75 m	1,2 / 1,9	<b>0,8</b> / 1,2	0,3 / 0,8	0,2 / 0,5
100 m	0,9 / 1,4	0,6 / 0,9	0,2 / 0,6	0,2 / 0,4
120 m	0,8 / 1,2	0,5 / <b>0,8</b>	0,2 / 0,5	0,1 / 0,3

Tabelle 6 Konservative Abschätzung der Bereiche mit Erschütterungseinwirkungen (Menschen)

Bei der Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen sind die Dauer der Einwirkung (z. B. Tag, 1 Woche) und die Beurteilungsstufe (I, II oder III) zu berücksichtigen.

Bei einer Beurteilungsstufe II (mit Information der Betroffenen) und Baumaßnahmen über mehrere Tage (6 ... 26 Tage) kann der untere Anhaltswert von  $A_u = 0,8$  bei sehr erschütterungsintensiven Arbeiten (Schlagramme, Freifallbär) im Mittel erst in einer Entfernung von ca. 75 m (in Extremfällen erst in 120 m) eingehalten werden. Für weniger erschütterungsintensive Verfahren (Vibrationsramme) beträgt der Abstand ca. 20 m (Extremwert 50 m).

Der beurteilungsstufen- und arbeitsdauerunabhängige obere Anhaltswert  $A_o = 5$  wird mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auch bei sehr erschütterungsintensiven Arbeiten (Schlagramme, Freifallbär) bereits ab ca. 15 m Abstand eingehalten.

Geht man davon aus, dass die Erschütterungseinwirkung bei Rammarbeiten nur in ca. 25% einer 8-stündigen Arbeitszeit vorliegt (d. h. effektiv 2 Std.), so vermindert sich die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  bei Bezug auf die Beurteilungszeit von 16 Stunden um den Faktor von ca.  $\sqrt{2/16} = 0,35$ .

Für die sehr erschütterungsintensiven Arbeiten (Schlagramme, Freifallbär) ergeben sich im Abstand von 50 m Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTr}$  von ca. im Mittel  $1,2 * 0,35 = 0,42$  bzw. als obere Abschätzung  $1,9 * 0,35 = 0,67$ .

Bei einer Beurteilungsstufe II (mit Information der Betroffenen) und Baumaßnahmen über mehrere Tage (6 ... 26 Tage) wird die zulässige Beurteilungsschwingstärke von  $KB_{FTr} = 0,6$  ab einer Entfernung von ca. 50 m in der Regel eingehalten. Nach der in Anlage 3.1 dargestellten Karte liegen nur 2 Wohngebäude im genannten 50m-Umkreis (Pölnitzweg 53 und Viereckweg 2).

Auf eine Darstellung eines Betroffenenbereiches für das Rammen der Fundamente der OLA-Anlagen wurde verzichtet, da nur 3 OLA errichtet werden und die damit verbundenen Erschütterungseinwirkungen örtlich verteilt sind und nur wenige Stunden andauern werden.

Insgesamt wird eingeschätzt, dass erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen höchstens in Einzelfällen zu erwarten sind.

### 5.3. Genauigkeit der Prognose und der Ausgangsdaten

Da die Berechnung und Bewertung der Beurteilungsschwingstärken sehr von den Faktoren:

- eingesetztes Bauverfahren
- Leistungsklasse des Baugerätes
- Einwirkdauer der Erschütterungen
- Vorinformation der Betroffenen

abhängt, die im Rahmen des Planverfahrens noch nicht genau festgelegt sind, bleibt die detaillierte Betrachtung der Bauausführung und Bauüberwachung vorbehalten.

Im Rahmen der Bauausführung ist zu prüfen, welche Arbeitsverfahren mit geringerer Schwingungs- bzw. Stoßeinleitung in den Boden angewendet werden können (z. B. Bohren anstelle von Rammen).

Da die Minderung der Erschütterungs-Immission durch technische Maßnahmen begrenzt ist, ist die rechtzeitige Information von Anwohnern bzw. Gebäudeeigentümern über die Baumaßnahmen (z. B. Ort, Dauer, Ansprechpartner vor Ort) zu empfehlen. Bei Bedarf können Beweissicherungs-/Überwachungsmessungen an ausgewählten Objekten durchgeführt werden, bei denen im Fall von Anhaltswert-Überschreitungen unverzüglich die Bauleitung benachrichtigt wird.

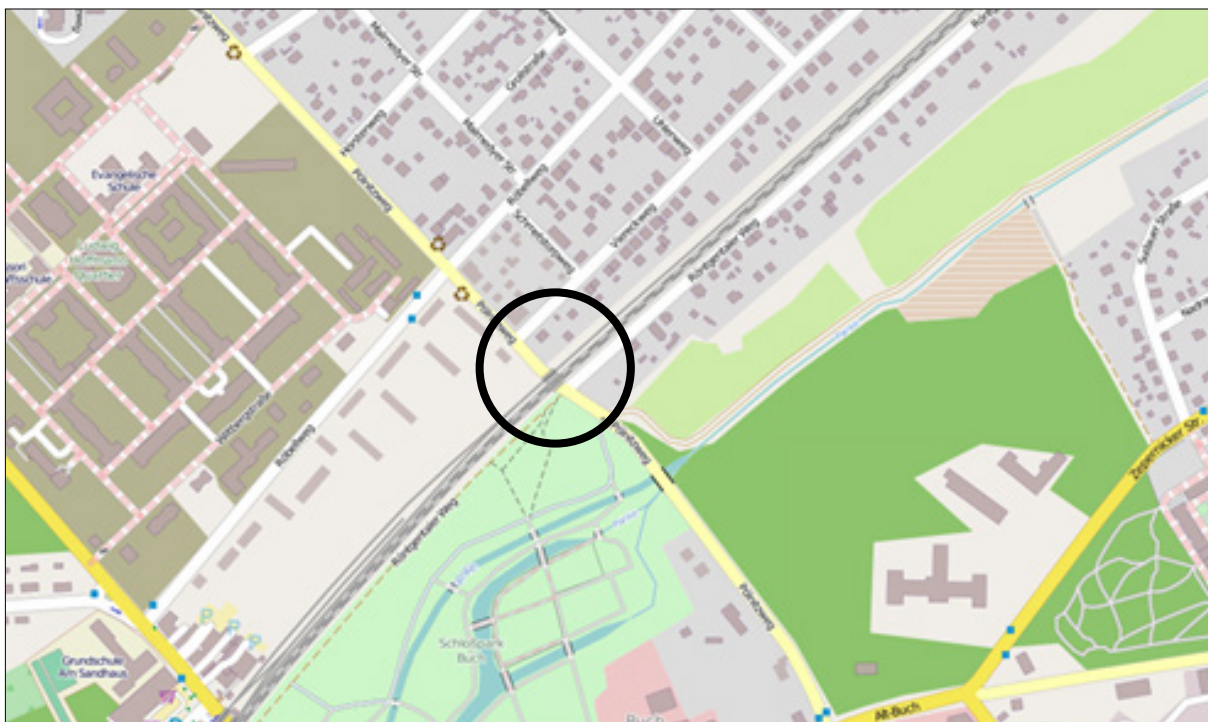
## 6. Normen und Literatur

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 22.5.90, BGBl. I Nr. 23, S. 881
- [2] DIN 4150; Teil 2; Juni 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [3] DIN 4150; Teil 3; Februar 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [4] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO); BGBl. I, S. 133, Ausgabe Januar 1990
- [5] VDI 2057 Blatt 3; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung; Ausgabe Mai 1987
- [6] Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen - Messergebnisse - Prognosen, Institut für Bauforschung e.V Hannover, Bericht 20, 2004



## **7. Anlagen**

## Anlage 1 Lageplan



Bildquelle: OpenStreetMap

## **Anlage 2 Erschütterungsprognosen**

## Anlage 2.1 Erschütterungsprognose für Gebäudeschäden

### Erschütterungsprognose - Bauarbeiten

<b>Bestimmung des Einwirkungsbereiches</b>	
--	--

#### Anregung/Quelle

Gerät/Verfahren	Schlag- gewicht $m_s$ in t	Fall- höhe $h_f$ in m	Schlag- energie E in kNm	Masch.- Leistung P in kW	Arbeits- frequenz f in Hz	Masch.- Gewicht $m_M$ in t
Fallende Masse	0,5	2,5	10	-	1	-
Schlagramme (Freifallbär)	10	1,2	50	-	1	-
Vibrationsramme	-	-	-	250	41	-
Vibrationswalze	-	-	-	-	-	8

#### Übertragungsweg im Boden

Proportionalitätsfaktor K	
11	günstig (Wahrsch. 50%)
17	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
11	günstig (Wahrsch. 50%)
17	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
8	günstig (Wahrsch. 50%)
19	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
4,5	günstig (Wahrsch. 50%)
11	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)

#### Maximalwert der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeit

am Gebäudefundament im Abstand r **24 m**

		$v_{max,Fund}(r)$ in mm/s
Fallende Masse	günstig (Wahrsch. 50%)	1,4
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	2,2
Schlagramme (Freifallbär)	günstig (Wahrsch. 50%)	3,2
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	5,0
Vibrationsramme	günstig (Wahrsch. 50%)	0,8
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	2,0
Vibrationswalze	günstig (Wahrsch. 50%)	0,5
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	1,3

#### Übertragungsweg in Gebäuden

vom Fundament zum OG

horizontal ( $k_{xy}$ )	
0,50	günstig (weicher Untergrund)
2,00	ungünstig (steifer Untergr.)
vertikal ( $k_z$ )	
10... 25	bei Resonanz
1,5	ohne Resonanz
$v_{max,OG} = k \cdot v_{max,Fund}$	

### Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3

#### Kurzzeitige Erschütterungen

Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament (kurzzeitige Erschütterungen)	Wohng.	eingehalten im Abstand von		gew. erbl. Bauten	eingehalten im Abstand von	
	$v_{max,Fund}$ in mm/s	$r_{min}$ in m		$v_{max,Fund}$ in mm/s	$r_{min}$ in m	
Fallende Masse	5	10,8		20	2,7	
Schlagramme (Freifallbär)	5	24,0		20	6,0	

Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken, <b>vertikal</b> (kurzzeitige Erschütterungen)	alle Typen	eingehalten im Abstand von	
	$v_{max,OG,z}$ in mm/s	$r_{min}$ in m	
Fallende Masse	20	4,0	
Schlagramme (Freifallbär)	20	9,0	

berechnet für das jeweils ungünstigste K

#### Dauer-Erschütterungen

Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken, <b>horizontal</b> (Dauer-Erschütterungen)	Wohng.	eingehalten im Abstand von	
	$v_{max,OG,xy}$ in mm/s	$r_{min}$ in m	
Vibrationsramme	5	18,8	
Vibrationswalze	5	12,4	

berechnet für das jeweils ungünstigste K,  $k_{xy}$

Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken, <b>vertikal</b> (Dauer-Erschütterungen)	Wohng.	eingehalten im Abstand von		eingehalten im Abstand von	
	$v_{max,OG,z}$ in mm/s	$r_{min}$ in m		$r_{min}$ in m	
Vibrationsramme	10	ohne Res.	7,0	mit Res.	117,3
Vibrationswalze	10	ohne Res.	4,7	mit Res.	77,8

## Anlage 2.2 Erschütterungsprognose für Einwirkung auf Menschen

### Erschütterungsprognose - Bauarbeiten

#### Bestimmung des Einwirkungsbereiches

Gebietstyp	<b>W</b>	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts
	6-26 T / II	
unterer Anhaltswert $A_U$	0,80	0,10
oberer Anhaltswert $A_O$	5,00	0,20
Anhaltswert $A_I$	0,60	0,05

#### Anregung/Quelle

Gerät/Verfahren	Schlaggewicht $m_S$ in t	Fallhöhe $h_F$ in m	Schlagenergie $E$ in kNm	Masch.-Leistung $P$ in kW	Arbeitsfrequenz $f$ in Hz	Masch.-Gewicht $m_M$ in t
Fallende Masse	0,5	2,5	10	-	1	-
Schlagramme (Freifallbär)	10	1,2	50	-	-	-
Vibrationsramme	-	-	-	250	41	-
Vibrationswalze	-	-	-	-	-	8

#### Übertragungsweg im Boden

Proportionalitätsfaktor K	
11	günstig (Wahrsch. 50%)
17	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
11	günstig (Wahrsch. 50%)
17	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
8	günstig (Wahrsch. 50%)
19	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
4,5	günstig (Wahrsch. 50%)
11	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)

#### Übertragungsweg in Gebäuden

vom Fundament zum OG

vertikal ( $k_z$ )	20... 50	bei Resonanz
	1,5	ohne Resonanz
$v_{max,OG} = k \cdot v_{max,Fund}$		

#### Bewertete Schwingstärke KB

berechnet aus der max. Schwinggeschwindigkeit v

Eigenfrequenz der Geschossdecke oder

Frequenz der Erschütterungsquelle:

$$f_{terz} = 12,5 \text{ Hz}$$

$$KB = 0,65 \cdot v_{max}$$

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_o}{f}\right)^2}}$$

#### Erschütterungs-Immission, Geschossdecken in Gebäuden

Maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$

bei Abstand Gebäude - Quelle r = 120 m

Schätzwert  $KB_{Fmax}^* =$

0,8 KB für kurzzeitige Ereignisse mit Resonanzbeteiligung

Annahme  $k_z = 1,5$

0,7 KB für periodische Vorgänge ohne Resonanzbeteiligung

		Maximale bewertete Schwingstärke		Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2			
		$KB_{Fmax}^*$	$v_{max}$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
Fallende Masse	günstig (Wahrsch. 50%)	0,22	0,35	nein	ja	nein	ja
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	0,35	0,54	nein	ja	nein	ja
Schlagramme (Freifallbär)	günstig (Wahrsch. 50%)	0,50	0,78	nein	ja	nein	ja
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	0,78	1,20	nein	ja	nein	ja
Vibrationsramme	günstig (Wahrsch. 50%)	0,13	0,20	nein	ja	nein	nein
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	0,30	0,47	nein	ja	nein	ja
Vibrationswalze	günstig (Wahrsch. 50%)	0,08	0,13	nein	nein	nein	nein
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	0,20	0,31	nein	ja	nein	ja

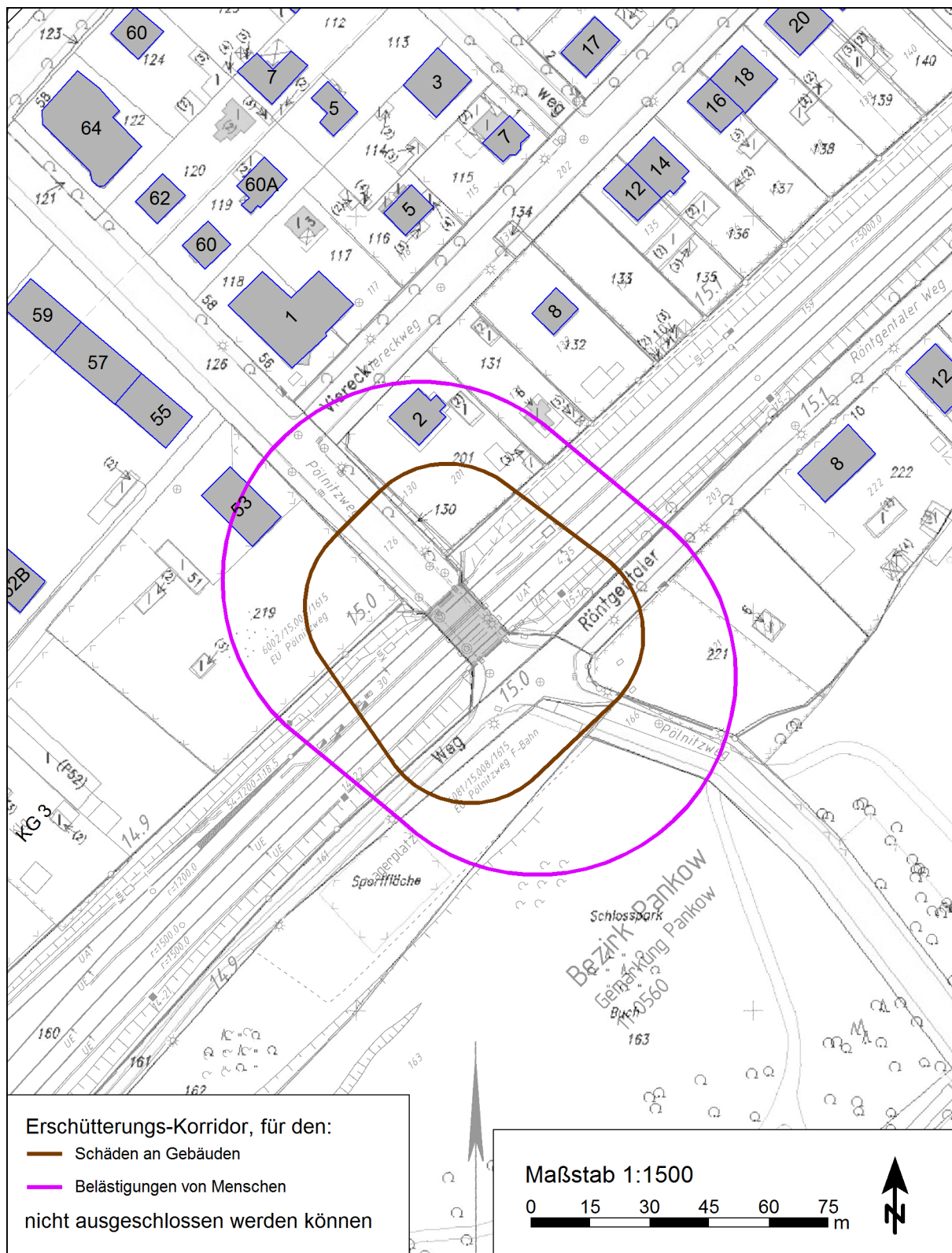
#### Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2

Unterer Anhaltswert für die Schwingstärke KB auf Geschossdecken, vertikal	eingehalten im Abstand von		eingehalten im Abstand von	
	$r_{min}$ in m		$r_{min}$ in m	
	$A_U$ Tag	$A_U$ Nacht	$A_O$ Tag	$A_O$ Nacht
Fallende Masse	52 m	416 m	8 m	208 m
Schlagramme (Freifallbär)	75 m	602 m	12 m	301 m
Vibrationsramme	45 m	363 m	7 m	182 m
Vibrationswalze	30 m	241 m	5 m	120 m

berechnet für das jeweils ungünstigste K

### **Anlage 3 Erschütterungskorridor**

### Anlage 3.1 Erschütterungskorridor: Rammen Verbau





### Anlage 3.2 Erschütterungskorridor: Rammen OLA-Maste

