

Untersuchungsbericht

über

die zu erwartenden Erschütterungsbelastungen bei Bautätigkeiten zum
Neubau des Brückenbauwerks „Ostebrücke“ in Bremervörde

im Rahmen des

Planfeststellungsverfahrens

Projekt	Neubau Ostebrücke - B 71/B74 in Bremervörde
Auftraggeber	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr Geschäftsbereich Stade Fachbereich 2 – Planung

In der Fassung vom: 26.02.2019

Der Bericht umfasst 35 Seiten

Eine Veröffentlichung dieses Berichtes -auch auszugsweise- bedarf unserer vorherigen Zustimmung.



Ziel der Prognose

Es galt, im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das Projekt „Neubau Ostebrücke – B 71/74“ in Bremervörde die zu erwartende Erschütterungsbelastung durch Bautätigkeiten im Zuge der hierzu geplanten Arbeiten für derzeit vorhandene und diesen Arbeiten nächstgelegene Gebäude überschlägig zu prognostizieren.

Projektverantwortlich

Projektverantwortlicher

Dipl.-Ing. Arne Wulkau

Inhalt

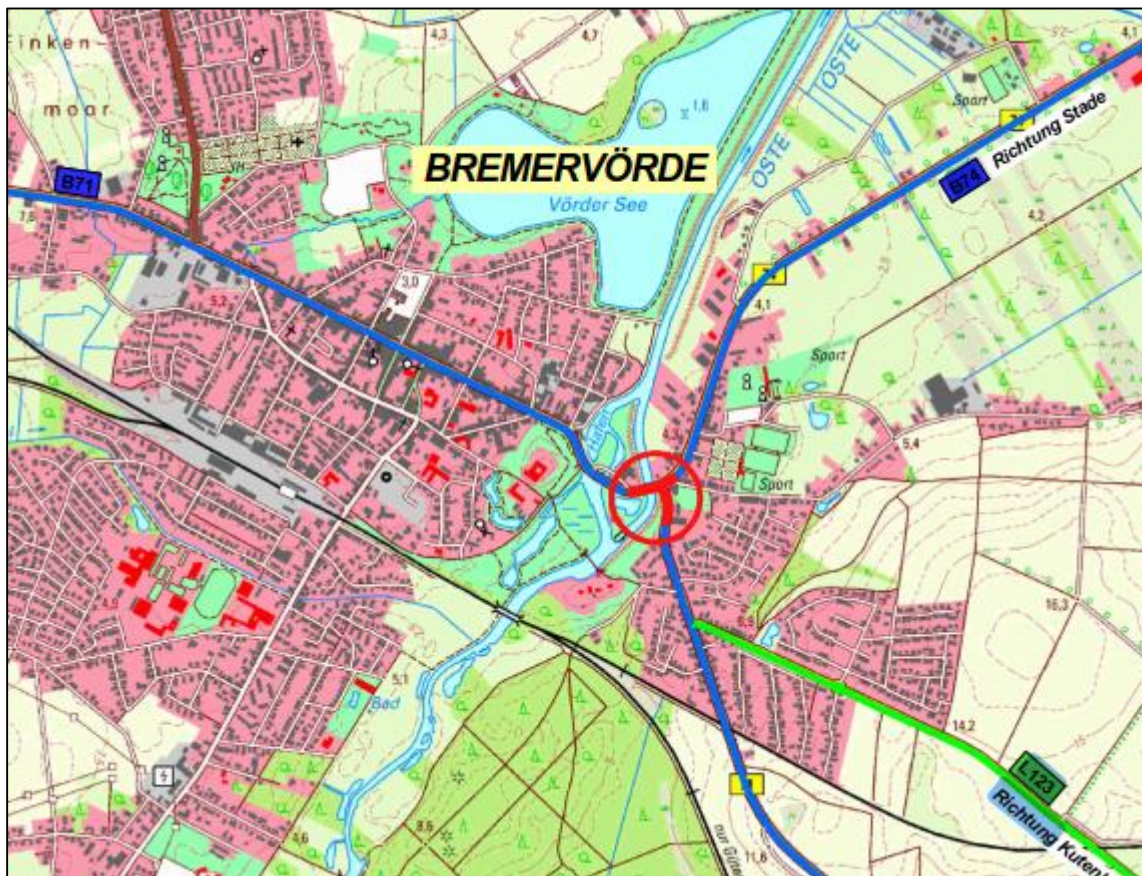
1	Aufgabenstellung und Übersicht	3
2	Beschreibung des Untersuchungsgebietes	4
3	Verwendete Unterlagen / Grundlagen	5
4	Vorbemerkungen.....	6
5	Allgemeine Rechenverfahren / Annahmen der Prognoserechnung	7
5.1	Ausbreitung von Schwingungen	7
5.2	Übertragung auf das Bauwerk und innerhalb des Bauwerks.....	10
5.3	Fundamentalschwingungen direkte Prognose.....	12
5.4	Prognose der Baugrundschiebungen	13
6	Grundlagen für die Beurteilung der Erschütterungen aus Bautätigkeiten	14
6.1	Grundlagen für die Beurteilung der Gebäude- bzw. Bauwerksbelastung – DIN 4150 Teil III	14
6.2	Beurteilungsgrundlagen Erschütterungseinwirkung auf den Boden.....	16
6.3	Erschütterungseinwirkung in Bezug auf den Menschen (Wohlbefinden) – DIN 4150 Teil II	18
7	Geplante Bautätigkeiten.....	22
7.1	Herstellung Baustraße sowie Planum	22
7.2	Herstellung Vorbelastungsdamm	23
7.3	Einbringen von Spundwänden – Herstellung Spundwandkasten (Widerlager, Stützen)	23
7.4	Tiefgründungsarbeiten Brückenbauwerk.....	24
7.5	Bau Brückenbauwerk	25
7.6	Herstellung Sanddamm für Fahrbahn.....	25
7.7	Straßenbau inkl. KVP (Kreisverkehr).....	26
7.8	Abbruch Bestandsbrücke.....	27
8	Erschütterungsquellen - Hauptbautätigkeiten.....	28
8.1	Baggerarbeiten, allgemeine Bautätigkeiten	28
8.2	Einsatz von Planierdrauen	28
8.3	Bohrarbeiten	28
8.4	Bautätigkeiten im Vibrationsverfahren.....	29
9	Schlussbetrachtung	33

1 Aufgabenstellung und Übersicht

In der Gemeinde „Bremervörde“ ist im Zuge der Bundesstraßen B 71/74 ein Ersatzneubau der Brücke über die Oste geplant. Der Ersatzneubau der Brücke soll unmittelbar südlich der Bestandsbrücke über die Oste umgesetzt werden. Im Zuge des Brückenneubaus und der damit einhergehenden Verlegung der B 71 sowie der Schaffung eines Kreisverkehrs am Knotenpunkt B 71/B74 unmittelbar östlich des Ersatzbauwerks sind diverse Bautätigkeiten geplant bzw. erforderlich. Hierzu zählen Spundwandarbeiten, Tiefgründungsarbeiten, Straßenbauarbeiten sowie umfangreiche Erdbauarbeiten. Weiterhin ist der eigentliche Bau des Ersatzbauwerks (Hochbau) zu nennen sowie der Abbruch der Bestandsbrücke.

Der vorliegende Untersuchungsbericht befasst sich mit möglichen Auswirkungen aus Erschütterungen infolge der geplanten Bautätigkeiten zur Herstellung des Ersatzneubaus auf hierzu nahe gelegene Immissionsbereiche (Bestandsbebauung bzw. derzeit vorhandene Nachbarschaft).

Übersicht – Lage der Baumaßnahme



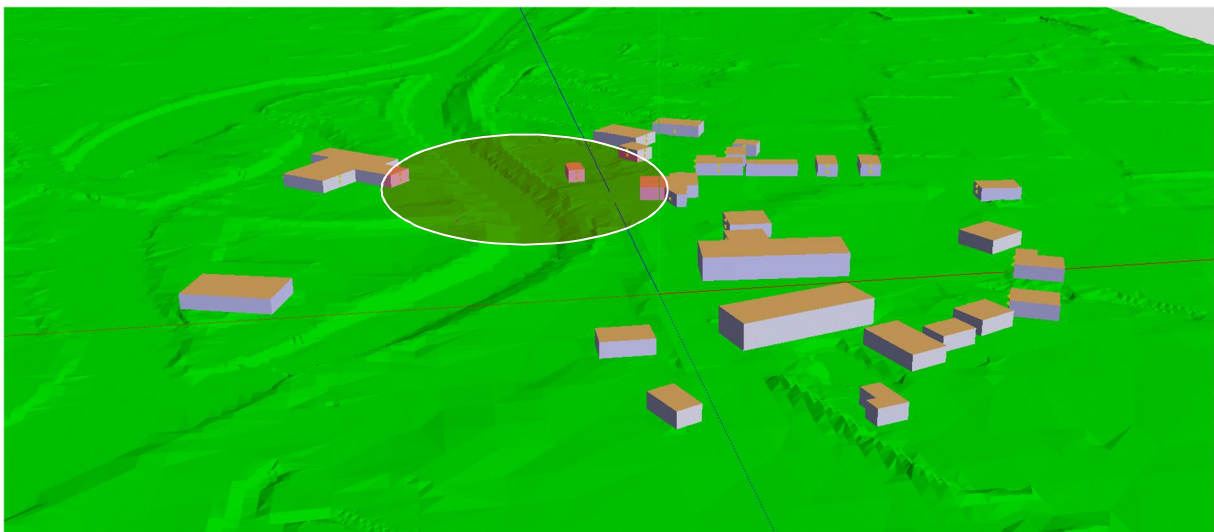
2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Ostebrücke befindet sich im Kern von Bremervörde. Unmittelbar östlich der Brücke befindet sich der Knotenpunkt der B71 sowie B74. Die nächstgelegene Bebauung ist im Nord-Westen das Oste-Hotel, nord-östlich ein Einfamilienhaus sowie unmittelbar östlich eine Tankstelle. Die folgenden perspektivischen Abbildungen zeigen zum einen die Lage des Brückenbauwerks (rot markiert) als auch die topografischen Merkmale des Untersuchungsgebiets.

Übersicht -Luftbild



Übersicht 3D-Model– Gelände, topografische Ansicht



3 Verwendete Unterlagen / Grundlagen

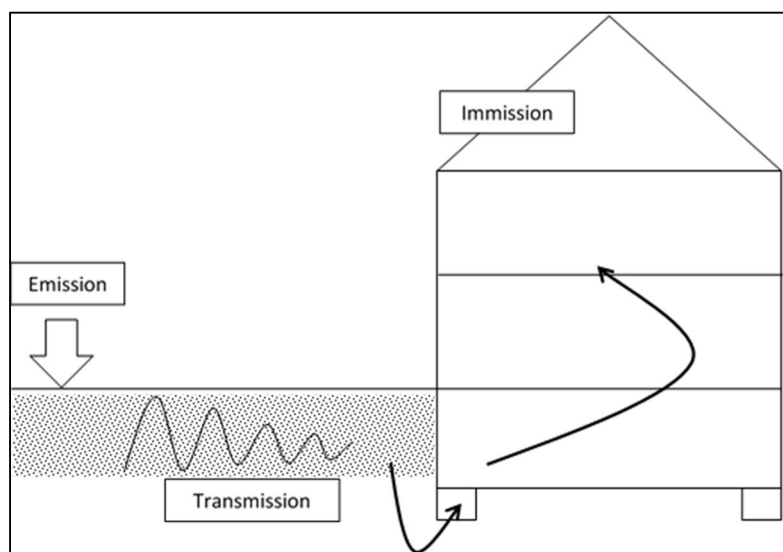
- [1] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [2] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [3] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [4] VDI 2038 Blatt 1: 2012-06: Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen – Methoden, Vorgehensweisen und Einwirkungen
- [5] VDI 2038 Blatt 2: 2013-01: Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen – Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik
- [6] Statistische Auswertung von Erschütterungsemissionen – Abschlussbericht (Bundesanstalt für Wasserbau (2015)
- [7] Achmus, M.; Kaiser, J, Tom Wörden, F: Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen. Mitteilungsreihe Heft 61. Hannover: Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau, Universität Hannover, 2005
- [8] Wheeler, A.B.S.: The attenuation of ground vibrations caused by vibratory rollers. M.Sc. thesis. University of Durham, UK, 1990
- [9] Wieck, J.: Erschütterungen im Bauwesen. In: Grundbau Taschenbuch Teil 2, Kap. 2.7. 5. Auflage

4 Vorbemerkungen

Bei Bautätigkeiten entstehen dynamische Kräfte, die von der Baumaschine auf den Untergrund einwirken. Durch diese dynamischen Kräfte werden Erschütterungen emittiert (Emission), welche sich über den Baugrund ausbreiten (Transmission) und -in Abhängigkeit der Baugrundbeschaffenheit- mit zunehmendem Abstand von der Baumaschine vermindern. Gebäude, welche sich im Einflussbereich dieser Erschütterungen befinden, werden hierbei am Fundament angeregt. Die Schwingungen breiten sich im Gebäude aus und können sich -in Abhängigkeit der Gebäudekonstruktion- verstärken oder auch abschwächen. Ab einer bestimmten Größenordnung können diese Erschütterungen auch durch den Menschen in Form von Vibrationen wahrgenommen werden.

Die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen infolge unterschiedlicher Bautätigkeiten sind ohne vorangegangene Messungen unmittelbar an den betroffenen Objekten nur schwierig mit einer gewissen einschätzbaren Streubreite vorhersagbar. An jeder Baustelle liegen unterschiedliche Boden- bzw. Baugrundverhältnisse vor, welche die Erschütterungsweiterleitung (Transmission) von der Quelle der Erschütterungen (Emission) bis hin zum betroffenen Bauwerk stark beeinflussen. Das Erschütterungsverhalten des Gebäudes selbst (Immission) wird maßgeblich bestimmt durch die Gründung, die Steifheit der Konstruktion, die Deckenspannweiten und Materialien etc..

Schematische Darstellung der prinzipiellen Erschütterungsübertragung



5 Allgemeine Rechenverfahren / Annahmen der Prognoserechnung

5.1 Ausbreitung von Schwingungen

Erschütterungen bei Baumaßnahmen werden im Boden durch Krafteinwirkungen auf seine Oberfläche und/oder im Inneren hervorgerufen. Durch die Krafteinwirkungen breiten sich Raumwellen (Kompressions- und Scherwellen, bezeichnet auch als P- und S-Wellen) im Boden aus, die im Nahbereich (Nahfeld) dominierend sind. Wenn die P- und S-Wellen die Bodenoberfläche erreichen, wird ein größerer Teil ihrer Energie in Oberflächenwellen (Rayleigh- oder R-Wellen genannt) umgewandelt und ein kleinerer Teil wird in den Boden zurück reflektiert. Die R-Wellen haben sowohl vertikale als auch horizontale Bewegungskomponenten und breiten sich nahe der Bodenoberfläche aus (Fernfeld). Die an der freien Bodenoberfläche auftretenden Schwingungen werden als Freifeldschwingungen bezeichnet.

Durch geometrische Dämpfung und Materialdämpfung nehmen die Freifeldschwingungen in der Regel mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab. Da die geometrische Dämpfung der R-Wellen durch die oberflächennahe Ausbreitung geringer ist als die Dämpfung der Raumwellen (P- und S-Wellen), sind im Fernfeld die R-Wellen dominierend. Nach DIN 4150-1 (2001) beginnt der Fernbereich bei der Entfernung R_F ab Mitte der Quelle bei:

$$R_F = a/2 + \lambda_r$$

mit:

a = Länge der Erschütterungsquelle parallel zur Ausbreitungsrichtung

λ_r = Wellenlänge Oberflächenwelle

Die Wellenlänge der maßgebenden Oberflächenwelle λ_r ergibt sich hierbei mit

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

mit

c = Ausbreitungsgeschwindigkeit der betrachteten Welle in m/s

f = Frequenz der maßgebenden Schwingungsanregung in Hz

Bei Erschütterungsquellen in Oberflächennähe erfolgt die Ausbreitung der Schwingungen vorwiegend an der Erdoberfläche. Die Ausbreitung der P-, S- und R-Wellen im Fernfeld ($R > R_F$) lässt sich näherungsweise beschreiben mit Hilfe der Beziehung (DIN 4150-1, 2001):

$$v = v_1 \left(\frac{R}{R_1} \right)^{-n} e^{[-\alpha(R-R_1)]}$$

mit:

v - Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung R

v_1 - Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung R_1

n - Koeffizient der geometrischen Dämpfung, der von der Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingung abhängt

α - Koeffizient der Materialdämpfung in m^{-1} , $\alpha = 2 \pi D / \lambda$

D - Dämpfungsgrad des Bodens

λ - Wellenlänge der maßgebenden Schwingungen in m, $\lambda = c / f$

c_i - Ausbreitungsgeschwindigkeit der betrachteten Welle in m/s ($i = p, s, r$)

f - Frequenz der maßgebenden Schwingungen in Hz

Der Koeffizient der geometrischen Dämpfung n hängt vom geometrischen und zeitlichen Quellentyp sowie von der Wellenart ab (s. Tabelle unten). Für impulsförmige Quellen ist die Dispersion der Wellenausbreitung im Boden berücksichtigt.

Koeffizient der geometrischen Dämpfung (DIN 4150-1, 2001)

Wellenart	Geometrie der Quelle	Zeitlicher Verlauf	n
Oberflächenwelle	Punktquelle	harmonisch/stationär	0,5
		impulsförmig	1
	Linienquelle	harmonisch/stationär	0
		impulsförmig	0,5
Raumwellen	Punktquelle	harmonisch/stationär	1
		impulsförmig	1,5
	Linienquelle	harmonisch/stationär	0,5
		impulsförmig	1

Die Scherwellengeschwindigkeit c_s und der Dämpfungsgrad D werden von der Dehnungsamplitude der Scherwellen $\gamma = v / c_s$ geringfügig im Bereich $3 * 10^{-6} \leq \gamma \leq 5 * 10^{-5}$ und maßgeblich oberhalb $\gamma > 5 * 10^{-5}$ beeinflusst (Vucetic, 1994). Die Dämpfung D erhöht sich mit zunehmender Dehnungsamplitude. Bei sehr kleinen Dehnungen $\gamma < 3 * 10^{-6}$ liegt der Dämpfungsgrad im Bereich $0,02 \leq D \leq 0,06$. Für gemischtkörnige Böden lässt sich bei sehr kleinen Dehnungen $\gamma \leq 3 * 10^{-6}$ die Scherwellengeschwindigkeit abschätzen mit Hilfe der Beziehung (Vrettos, 2009):

$$c_s \approx \left[120 + \left(\frac{420 U}{U + 1} - 120 \right) I_D \right] \left[\frac{\sigma_v \sigma_h}{P_a^2} \right]^{0,125}$$

mit:

c_s - Scherwellengeschwindigkeit in m/s

U - Ungleichförmigkeitsgrad des Bodens

I_D - bezogene Lagerungsdichte

σ_v - effektive Vertikalspannung

σ_h - effektive Horizontalspannung

P_a - Bezugsspannung $P_a = 100$ kPa

Vereinfacht kann dies auf folgende Beziehung zurückgeführt werden:

$$c_s \approx \sqrt{\frac{G_d}{\rho}}$$

mit

$$G_d = \frac{1-2\nu}{(1-\nu)} E_{s,d} \text{ (dynamischer Schubmodul)}$$

ρ = Dichte des Bodens

Die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle (c_r) ist etwas kleiner als die Scherwellengeschwindigkeit (c_s). Näherungsweise ist c_r eine Funktion der Poissonzahl ν (Vrettos, 2009):

$$c_r \approx c_s \frac{0,862 + 1,14 \nu}{1 + \nu}$$

oder vereinfacht

$$c_r \approx 0,9 c_s$$

Die Geschwindigkeit der Kompressionswelle (c_p) ist wesentlich größer als die Scherwellengeschwindigkeit (c_s), es gilt:

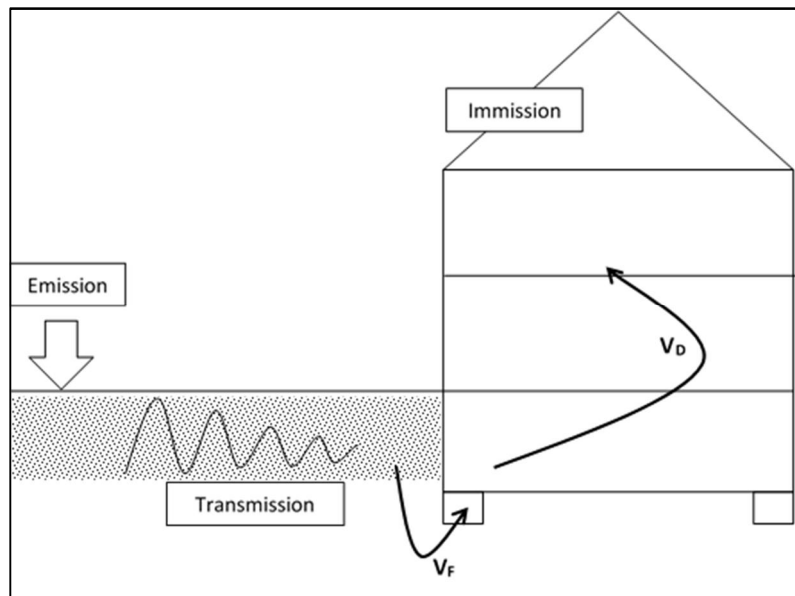
$$c_p \approx c_s \sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}}$$

oder vereinfacht

$$c_p \approx 2,1 c_s$$

5.2 Übertragung auf das Bauwerk und innerhalb des Bauwerks

Übertragungsfaktoren



5.2.1 Übertragung Baugrund – Fundament V_F

Erschütterungen werden beim Übergang vom Boden auf das Fundament des Bauwerks durch verschiedene Einflussfaktoren wie die Elastizität des Baugrundes, die Gebäudemasse, die Gebäudegeometrie (Ausmittelungseffekte in Abhängigkeit der Abmessung des Grundrisses im Verhältnis zur relevanten Wellenlänge) verändert.

Typische Boden-Bauwerks-Eigenfrequenzen werden in der Literatur wie folgt als Anhalt angegeben:

- 1 bis 2-geschossige Gebäude = 15 Hz
- 2 bis 6-geschossige Gebäude = 8 – 16 Hz
- Bauwerke mit mehr als 6 Geschossen < 8 Hz

Bei einer Anregung mit Anregfrequenzen oberhalb der Boden-Bauwerks-Eigenfrequenz kann nach DIN 4150 Teil 1 ein mittlerer Übertragungsfaktor Boden-Bauwerksfundament von 0,5 angesetzt werden.

5.2.2 Übertragung im Gebäude V_D

Bei der Übertragung der Erschütterungen innerhalb des Gebäudes sind insbesondere die vertikalen Schwingungskomponenten von Bedeutung. In Stockwerksdeckenmitten können sich -bei Anregung im Bereich der Eigenfrequenz der Decke- deutliche Vergrößerungen der Schwingungsamplituden einstellen. Diese Übertragungsfaktoren ergeben sich überwiegend anhand der Untersuchungen nach Funk.

Typische Eigenfrequenzen von Decken:

- Holzbalkendecken zwischen 8 und 15 Hz, meist 9 - 12 Hz
- Stahlbetondecken im Wohnungsbau zwischen 15 und 35 Hz, meist 20 - 25 Hz
- Weitgespannte Stahlbetondecken im Industriebau zwischen 5 und 15 Hz, meist 7 - 10 Hz

Tabellarische Zusammenfassung der vertikalen Übertragungsfaktoren $V_{D(OG)}$ und V_D

Übertragung		Faktor	
Übergang Fundament - Deckenebene		$V_{D(OG)}$	0,5 - 2
Übergang Fundament - Geschossdecke	Harmonische Anregung bei voller Resonanzanregung	V_D	10 / 15*)
	Harmonische Anregung, aber keine Resonanzanregung (Anregfrequenz deutlich größer (>5) als Eigenfrequenz)		1,5 - 5
	Impulsförmige Anregung		3

*) Stahlbetondecken / Holzbalkendecken

5.3 Fundamentalschwingungen direkte Prognose

Bei Erschütterungsprognosen liegt im Allgemeinen kein Referenzwert $v(R_1)$ vor. Ersatzweise kann näherungsweise folgende Gleichung verwendet werden:

$$v(r) = K \frac{\sqrt{E}}{r^n}$$

Der Koeffizient n beschreibt hier wiederum die geometrische Dämpfung, die Konstante K hängt von der Bodenart, der Art der Erschütterungsanregung sowie speziell bei Rammarbeiten vom Rammgut ab.

Die tatsächlich als Erschütterungswelle emittierte Energie ist bei Vibrationsverdichtungsgeräten nur bedingt abschätzbar. Daher wurde stattdessen das Walzengewicht G (bzw. das Gewicht des Verdichtungsgeräts) in t als repräsentativer Parameter für den Energieeintrag verwendet. Hieraus ergibt sich die folgende Prognosegleichung für die Abschätzung von maximalen Fundamentalschwingungen, welche sowohl für Vibrationswalzen als auch für Rüttelplatten Anwendung findet:

$$v_F(r) = K_F \frac{\sqrt{G}}{r}$$

Unterschieden wird hier über die Faktoren K_F zwischen den Wahrscheinlichkeiten des Auftretens, also eines wahrscheinlichen mittleren Wertes sowie eines ungünstigen Wertes. In der folgenden Tabelle wurden die jeweiligen Prognosegleichungen mit den entsprechenden Faktoren nach Achmus et al. (2005) bzw. nach Wieck (2004) zusammengefasst:

		Wahrscheinlicher Wert (50 % Überschreitungswahrscheinlichkeit	ungünstiger Wert (2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit
Rammung	Vibration	$v_{i,max}^F = 7,9 \frac{\sqrt{W/f}}{r}$	$v_{i,max}^F = 18,52 \frac{\sqrt{W/f}}{r}$
	Schlagammung (Dieselbär)	$v_{i,max}^F = 2,45 \frac{\sqrt{E}}{r}$	$v_{i,max}^F = 3,82 \frac{\sqrt{E}}{r}$
	Schlagammung (Freifallbär)	$v_{i,max}^F = 11,07 \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$ nach WIECK (2004)	
		$v_{i,max}^F = 6,2 \frac{\sqrt{E}}{r}$	$v_{i,max}^F = 14,1 \frac{\sqrt{E}}{r}$
		Nach Spannhoff, Th – Diplomarbeit Hannover 2006	
Verdichtung	Vibrationsplatte	$v_{i,max}^F = 4,31 \frac{\sqrt{G}}{r}$	$v_{i,max}^F = 10,87 \frac{\sqrt{G}}{r}$
	Vibrationswalze		
E bzw. W/f in kNm , r in m , G in t , v in mm/s			

5.4 Prognose der Baugrundschrwingungen

Für die überschlägige Prognose der resultierenden Baugrundschrwingungen in einer Entfernung x zum Schwingerreger können die Gleichungen gemäß folgender Tabelle herangezogen werden. Diese leiten sich aus der entsprechenden Fachliteratur (u.A. Achmus et al. (2005) her.

Tabelle Prognosegleichungen für die resultierende Bodenschwinggeschwindigkeit

Rammung	Vibration	$v_R^B = K \frac{\sqrt{E}}{r} \quad \text{mit } K = 23,7$
	Schlagammung	$v_R^B = K \frac{\sqrt{E}}{r}$ <p>mit $K = 15,8$ (weicher lockerer Boden) bis $K = 31,6$ (sehr steifer bzw. dichter Boden)</p>
Verdichtung	Vibrationsplatte	$v_R^B = K \frac{\sqrt{E}}{r} \quad \text{mit } K = 100, E = W/f$
	Vibrationswalze	
E in kNm , r in m , v in mm/s		

6 Grundlagen für die Beurteilung der Erschütterungen aus Bautätigkeiten

6.1 Grundlagen für die Beurteilung der Gebäude- bzw. Bauwerksbelastung – DIN 4150 Teil III

Zur Betrachtung von Bauwerksbelastungen ist derzeit die in der DIN 4150, Teil 3, vom Dezember 2016, aufgeführte Schwinggeschwindigkeit v_i herzuführen. v_i ist der maximale in den drei Ebenen (x, y und z) gemessene Scheitelwert. Es gelten dort Anhaltswerte für Erschütterungen, bis zu denen Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes nach bisherigen Erfahrungen nicht zu erwarten sind.

Die DIN unterscheidet zwei unterschiedliche Erschütterungsanregungen, welche hier wie folgt definiert sind:

- **Kurzzeitige Erschütterungen:**

Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens **nicht** ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge und Dauer **nicht** geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen

- **Dauererschütterungen:**

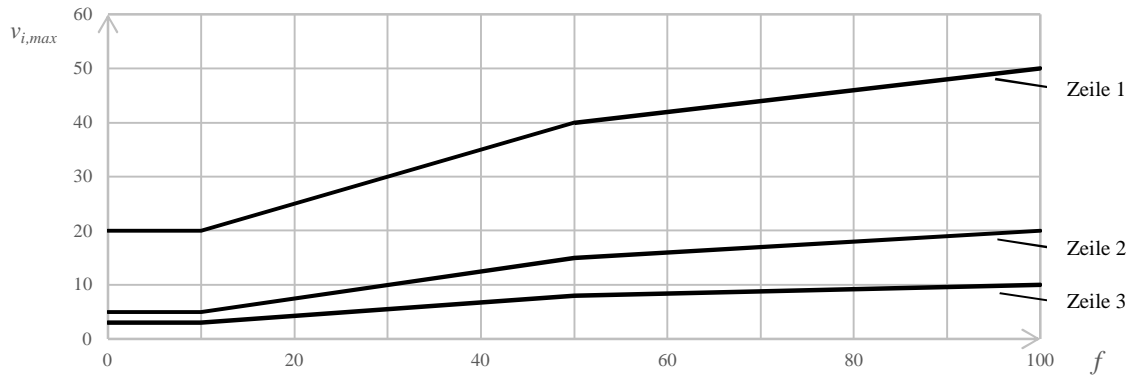
Alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft

6.1.1 Anhaltswerte Kurzzeitige Erschütterungen

Tabelle 1 - Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, i=x, y, z Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, i=x, y	Decken, vertikal, i=z
		1 Hz - 10 Hz	10 Hz - 50 Hz	50 Hz - 100 Hz ^a	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind.	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^b
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
a Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
b Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten.						

Bild 1 - Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte von Tabelle 1



6.1.2 Anhaltswerte Dauererschütterungen:

Tabelle 4- Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude

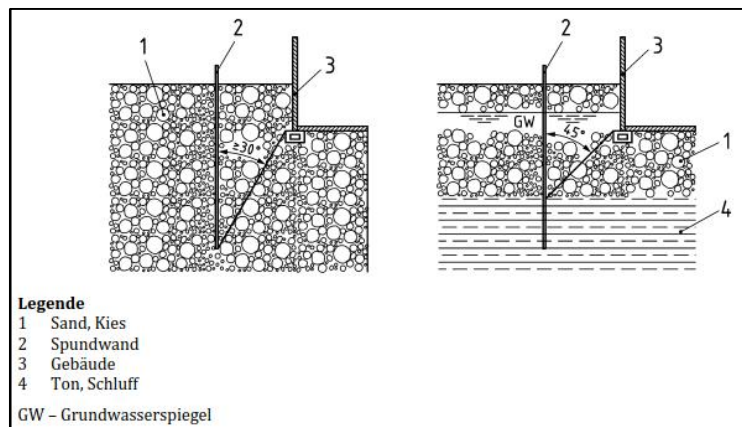
Spalte Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind.	2,5	10 ^a
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			
a Unterabschnitt 6.1.2 ist zu beachten.			

6.2 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungseinwirkung auf den Boden

6.2.1 DIN 4150 Teil 3

Hinweise auf die Wirkung von Erschütterungen auf Böden werden in der DIN 4150 im Teil 3 gegeben. Hier heißt es, dass Sackungen in nicht bindigen Böden u.a. bei Verwendung von Vibrationsrammen zum Einbringen von Rammgut in deren Nahbereich hervorgerufen werden können. Die DIN gibt hierbei Empfehlungen für den Abstand der Arbeiten zu Gebäuden bzw. den Gebäudefundamenten.

Es sollte hiernach ein Winkel zwischen der Erschütterungsquelle und dem Gebäudefundament von mindestens 30° zur Vertikalen eingehalten werden. Bei Arbeiten im Grundwasser sollte dieser Winkel auf bis zu 45° und mehr vergrößert werden. Dies ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



Bei dem Einsatz von Schlagrammen (z.B. Dieselramme, pneumatische Ramme) ist gemäß DIN 4250 die Gefahr von Sackungen dieser Art erheblich geringer.

Weiterhin heißt es, dass auch in größerer Entfernung von Erschütterungsquellen schwingungsinduzierte Fundamentverschiebungen bereits bei Erschütterungsstärken auftreten können, bei denen keine Gebäudeschäden aus direkter Schwingungsbeanspruchung zu erwarten sind. Voraussetzung dafür sind allerdings ein sehr erschütterungsempfindlicher Boden (locker gelagerter, gleichförmiger Sand oder Schluff) und dauernde oder sehr häufig wiederkehrende Erschütterungseinwirkung.

Grundsätzlich ist der Vorgang dynamisch induzierter Sackungen von den lokalen Verhältnissen abhängig bzw. bestimmt.

Eine weitere Auswirkung von Erschütterungen ist die sogenannte Bodenverflüssigung (Liquefaktion), welche im folgenden Kapitel erläutert wird.

6.2.2 Ergänzende Betrachtung der Liquefaktion

Eine Auswirkung von Erschütterungen kann unter anderem auch die Bodenverflüssigung (Liquefaktion) sein. Unter Liquefaktion wird der kurzzeitige, nahezu vollständige Verlust der Tragfähigkeit von Sand- und Schluffschichten insbesondere im Grundwasser durch dynamische Einwirkungen verstanden. Derartige Phänomene treten auch in Bereichen oberhalb des Grundwasserspiegels bei gespannten Böden auf, jedoch sind die Böden hier aufgrund des geringeren Wassersättigungsgrades ggf. weniger erschütterungsempfindlich.

Bodenverflüssigungen sind generell bei feinen und gleichförmigen Sanden stärker zu beobachten als bei ungleichförmigen und groben Sanden. Dies hängt entscheidend von der Lagerungsdichte der Böden ab. Eine Bodenverflüssigung ist umso eher zu erwarten, je lockerer der Sand gelagert ist.

Mit der Intensität und Dauer der Erschütterungseinwirkung nimmt die Gefahr der Verflüssigung zu. In diesem Zusammenhang sind auch die Durchlässigkeit des Sandes und die Entwässerungsbedingungen zu beachten. Bei einer Zunahme der wirksamen Spannungen im Boden nimmt die Gefahr einer Bodenverflüssigung tendenziell ab. Für die Beurteilung der Beeinflussung des Baugrunds durch Erschütterungen werden in der Literatur zwei Grenzwerte aufgeführt:

1. Beschleunigungswert

Eine gravierende Veränderung des Korngefüges bzw. eine Bodenverflüssigung von locker gelagerten Sanden ist nach unseren Erfahrungen und nach Literaturangaben im Allgemeinen bei einer Beschleunigung $< 3,3 \text{ m/s}^2$ ($1/3g$) nicht zu erwarten.

2. Schwinggeschwindigkeitswert

Treten in bindigen oder nichtbindigen Böden große Verzerrungen auf, so verändert sich der Schubmodul und es kann in der Folge zu Setzungen kommen. Bei locker gelagerten Sanden nicht gesättigten Böden kann als Geschwindigkeit der Scherwelle $\min 200 \text{ m/s}$ angesetzt werden. Die Verzerrungsamplitude sollte hier nicht größer als $5 \cdot 10^{-5}$ werden, damit sich der Schubmodul nicht verändert. Somit ergäbe sich bei einer Scherwellengeschwindigkeit von 200 m/s eine resultierende Schwinggeschwindigkeit im Baugrund von $200 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 10,0 \text{ mm/s}$, bis zu der keine Veränderungen des Schubmoduls zu erwarten sind. Bei mitteldicht gelagerten wassergesättigten Sanden kann mit Scherwellengeschwindigkeiten von $> 300 \text{ m/s}$ gerechnet werden, bei dicht gelagerten wassergesättigten Sanden von $> 400 \text{ m/s}$.

Hieraus gegeben sich resultierende Schwinggeschwindigkeiten im Baugrund von ca. 15 mm/s bei einer angenommenen Scherwellengeschwindigkeit von 300 m/s sowie von ca. 20 mm/s bei einer angenommenen Scherwellengeschwindigkeit von 400 m/s , bis zu denen keine relevante Veränderung des Schubmoduls zu erwarten ist.

Typische Scherwellengeschwindigkeiten werden in der Literatur mit großen Bandbreiten je Bodenklasse angegeben. Die oben jeweils angegebenen Scherwellengeschwindigkeiten beschreiben jeweils den untersten bekannten Literaturwert für die entsprechende Bodenklasse.

6.3 Erschütterungseinwirkung in Bezug auf den Menschen (Wohlbefinden) – DIN 4150 Teil II

6.3.1 Allgemein

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen und deren Einwirkung auf Menschen in Gebäuden wird nach der DIN 4150 (Teil 2) und dem Erlass der Länder „Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ - kurz „Erschütterungs-Leitlinie“ - vorgenommen. Dieser Erlass dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen. Er enthält Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie des Landes-Immissionsschutzgesetzes (LImSchG) zur Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen und zur Vorsorge.

Inhaltlich stimmt die Erschütterungs-Leitlinie mit dem Inhalt der DIN 4150 überein, in der DIN 4150 sind in Ergänzung im Teil 2 auch quellenspezifische Regelungen für eine Beurteilung enthalten.

In der DIN 4150 Teil 2 werden Erschütterungen, welche auf den Menschen einwirken, über das sogenannte KB-Wert-Verfahren beurteilt. Bei den KB-Werten handelt es sich um eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe der ermittelten Erschütterungsimmissionen. Die Anpassung erfolgt mittels einer Frequenzbewertung des unbewerteten Erschütterungssignals, prinzipiell vergleichbar mit der A-Bewertung bei Luftschall.

In der ehemaligen VDI-Richtlinie 2057 „Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ werden die Zusammenhänge zwischen der bewerteten Schwingstärke und der subjektiven Wahrnehmung wie folgt angegeben:

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Schwingstärke und Wahrnehmung

KB-Werte	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	Nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 - 0,4	Gerade spürbar
0,4 - 1,6	Gut spürbar
1,6 - 6,3	Stark spürbar

6.3.2 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen

Die Beurteilung von Erschütterungen in Bezug auf den Menschen im Gebäude erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2: „Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden“. Grundsätzlich werden bei der Betrachtung der Erschütterungseinwirkung von Menschen in Gebäuden (Kriterien für das Wohlbefinden) zwei Beurteilungsgrößen unterschieden:

- KB_{Fmax}** = Maximalwert von KB_{F(t)} (maximale bewertete Schwingstärke während des Beurteilungszeitraums (Tag / Nacht))
- KB_{FTr}** = Beurteilungsschwingstärke, beschreibt den Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit und setzt sich zusammen aus den energetisch gemittelten Taktmaximalpegel (KB_{F_{Tm}}) in Bezug auf die Einwirkzeit pro Beurteilungszeitraum (Tag/Nacht)

Die Beurteilungsschwingstärke wird allgemein gebildet über

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} * \sqrt{T_e/T_r}$$

mit

- T_r** = Beurteilungszeit (tags 16 Std. und nachts 8 Std.)
- T_e** = Einwirkzeit
- KB_{F_{Tm}}** = Taktmaximal-Effektivwert. Dieser Wert ergibt sich aus der Wurzel aus den Mittelwerten der quadrierten Taktmaximalwerte (KB_{F_{Ti}}) der einzelnen Erschütterungsereignisse (Bahnvorbeifahrten)
- KB_{F_{Ti}}** = Taktmaximalwert. Dieser Wert beschreibt den Maximalwert der bewerteten Schwingstärke KB_{F(t)} innerhalb eines 30-Sekunden Taktes

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungen aus Baumaßnahmen erfolgt in drei Stufen, anhand der Tabelle 2 (Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen) der DIN 4150-Teil 2 bzw. des Ländererlasses „Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“.

Auszug aus Tabelle 2, DIN 4150-Teil 2

Dauer	≤ 1 Tag			6 bis 26 Tage			> 26 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 Unterschreitung der Stufe I (oben aufgeführte Tabelle) ist nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Bei Überschreitung der Stufe I und Unterschreitung der Stufe II ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, sofern folgende Maßnahmen ergriffen wurden:

- umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen
- 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, usw.)
- 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
- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkung auf Menschen und Gebäude

Bei Überschreitung der Stufe II ist der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Bauverfahren zu prüfen und bei Überschreitung der Stufe III sind die Einwirkungen unzumutbar.

6.3.3 Ermittlung des KB-Wertes:

Der Teil 2 der DIN enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 - 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Entweder ist die Beurteilungsgröße KB_{Fmax} direkt durch Messungen ermittelt worden, oder wenn dies nicht der Fall ist, ist unter bestimmten Bedingungen (Frequenzbereich des verwendeten Aufnehmer-Registriersystems von unter 2 Hz bis über 80 Hz) näherungsweise die Bestimmung der Beurteilungsgröße KB_{Fmax} auch aus der Registrierung des Signals (v_t) möglich. Im Rahmen einer Prognose wird ersatzweise zum Messwert $v(t)$ die prognostizierte maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} sowie die angenommene dominierende Frequenz der Erregung zum Ansatz gebracht.

Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, ist der Maximalwert des v_t -Signals der Aufzeichnung und ein zugehöriger Schätzwert der Frequenz zu bestimmen. Daraus ist zunächst das KB-bewertete Signal nach der Zahlengleichung (6) und nach der Gleichung (7) mit c_F nach Tabelle 3 der DIN der Schätzwert des gleitenden Effektivwertes wie folgt zu berechnen:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + (\frac{f_0}{f})^2}} \quad (\text{Gleichung 6 in der DIN})$$

$$KB_{Fmax} = KB \times c_F \quad (\text{Gleichung 7 in der DIN})$$

Hierin sind:

v_{max} = max. gemessene bzw. prognostizierte Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

KB = hat die Einheit 1

f_0 = 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses)

f = Frequenz in Hz (gemessen bzw. prognostiziert aus Geräteangaben oder Erfahrungswerten)

c_F = Konstante nach Tabelle 3 (s. u.)

Tabelle 3: Erfahrungswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	c_F ²⁾
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z.B. Sägewerk in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt – mehr als 20% Verzerrungen (z.B. Sägewerk in enger Nachbarschaft, wenn noch mehr Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	Stochastische Schwingungen und periodische Vorgänge mit Schwebungen a) mit Resonanzbeteiligung (z.B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnungsfußböden); b) ohne Resonanzbeteiligung (z.B. auf nicht unterkellerten Wohnungsfußböden)	0,8 0,7
4	Einzelereignisse kurzer Dauer a) mit Resonanzbeteiligung b) ohne Resonanzbeteiligung	0,8 0,6
<p>¹⁾ Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnung erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind</p> <p>²⁾ Die Werte für c_F sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa 15% (+/-) können auftreten</p>		

7 Geplante Bautätigkeiten

Für den Ersatzneubau der Ostebrücke in Bremervörde wurden folgende Bauhauptphasen identifiziert:

1. Herstellung Baustraßen sowie Planum
2. Herstellung Vorbelastungsdamm
3. Einbringen von Spundwänden – Herstellung Spundwandkasten (Widerlager, Stützen)
4. Tiefgründungsarbeiten Brückenbauwerk
5. Bau Brückenbauwerk
6. Herstellung Sanddamm für Fahrbahn
7. Straßenbau inkl. KVP (Kreisverkehr)
8. Abbruch Bestandsbrücke

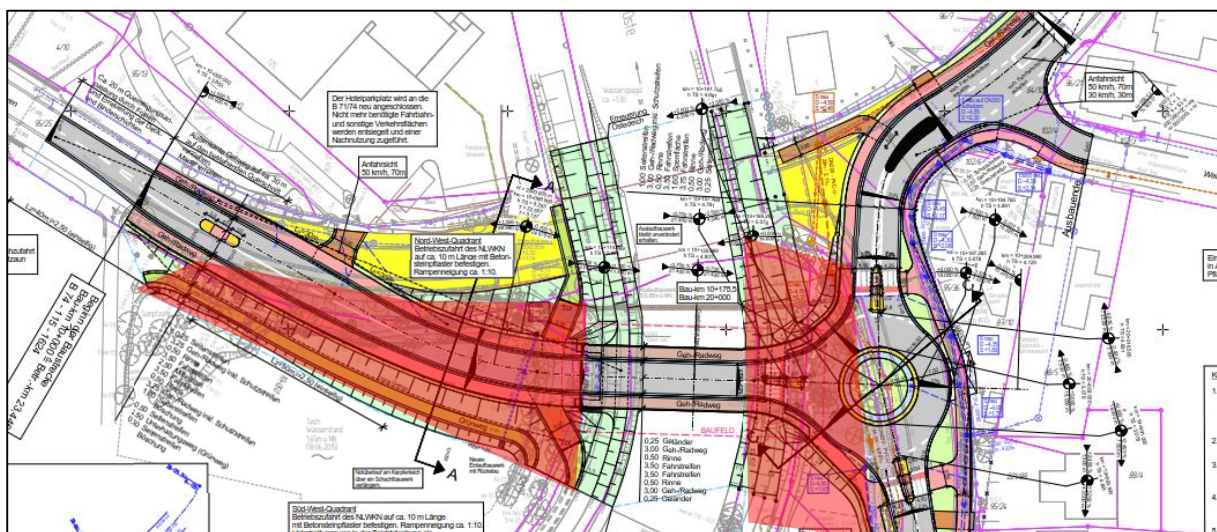
Diese einzelnen Arbeiten werden im Folgenden kurz räumlich dargestellt.

7.1 Herstellung Baustraße sowie Planum

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Planierraupe
- Radlader
- Bagger
- Vibrationswalze

Grobe Übersicht der geplanten Baustraßen / Planum

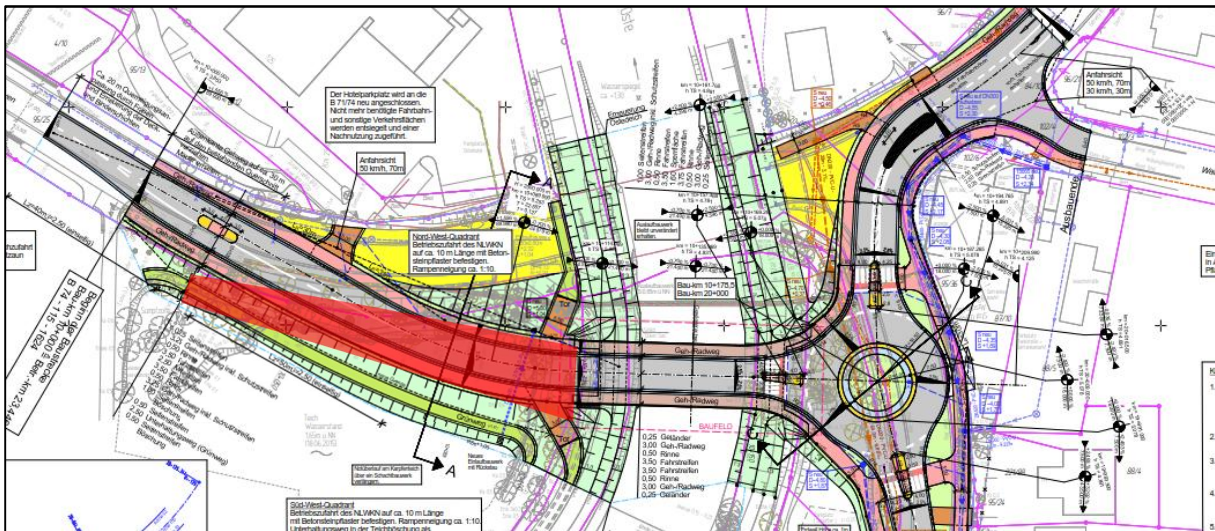


7.2 Herstellung Vorbelastungsdamm

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Planierraupe
- Radlader
- Bagger
- Vibrationswalze

Grobe Übersicht des geplanten Vorbelastungsdamms (Westseite)

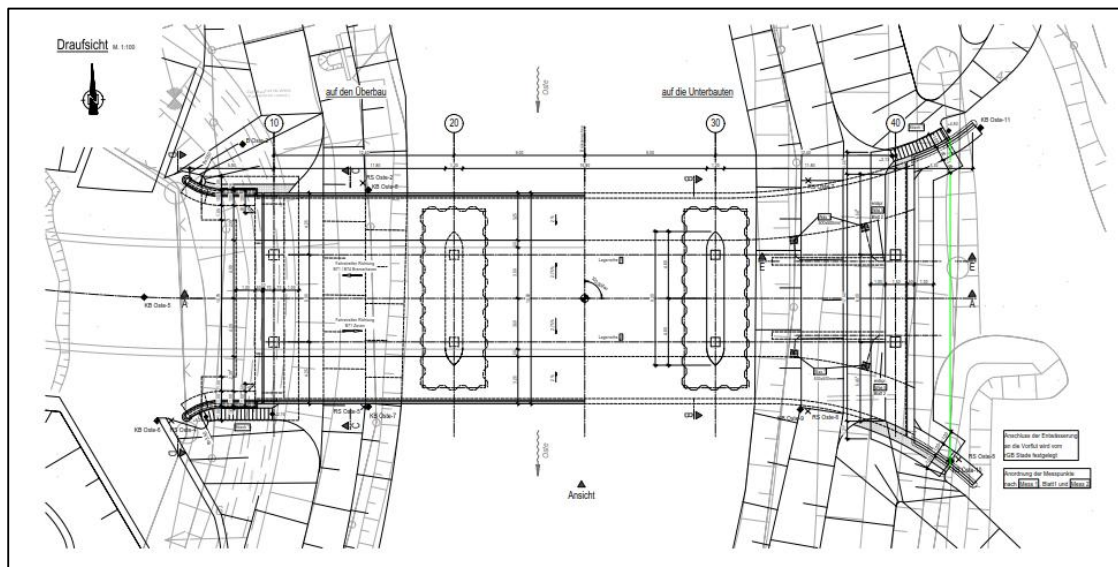


7.3 Einbringen von Spundwänden – Herstellung Spundwandkasten (Widerlager, Stützen)

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Vibrationsbär

Übersicht der geplanten Spundwandarbeiten

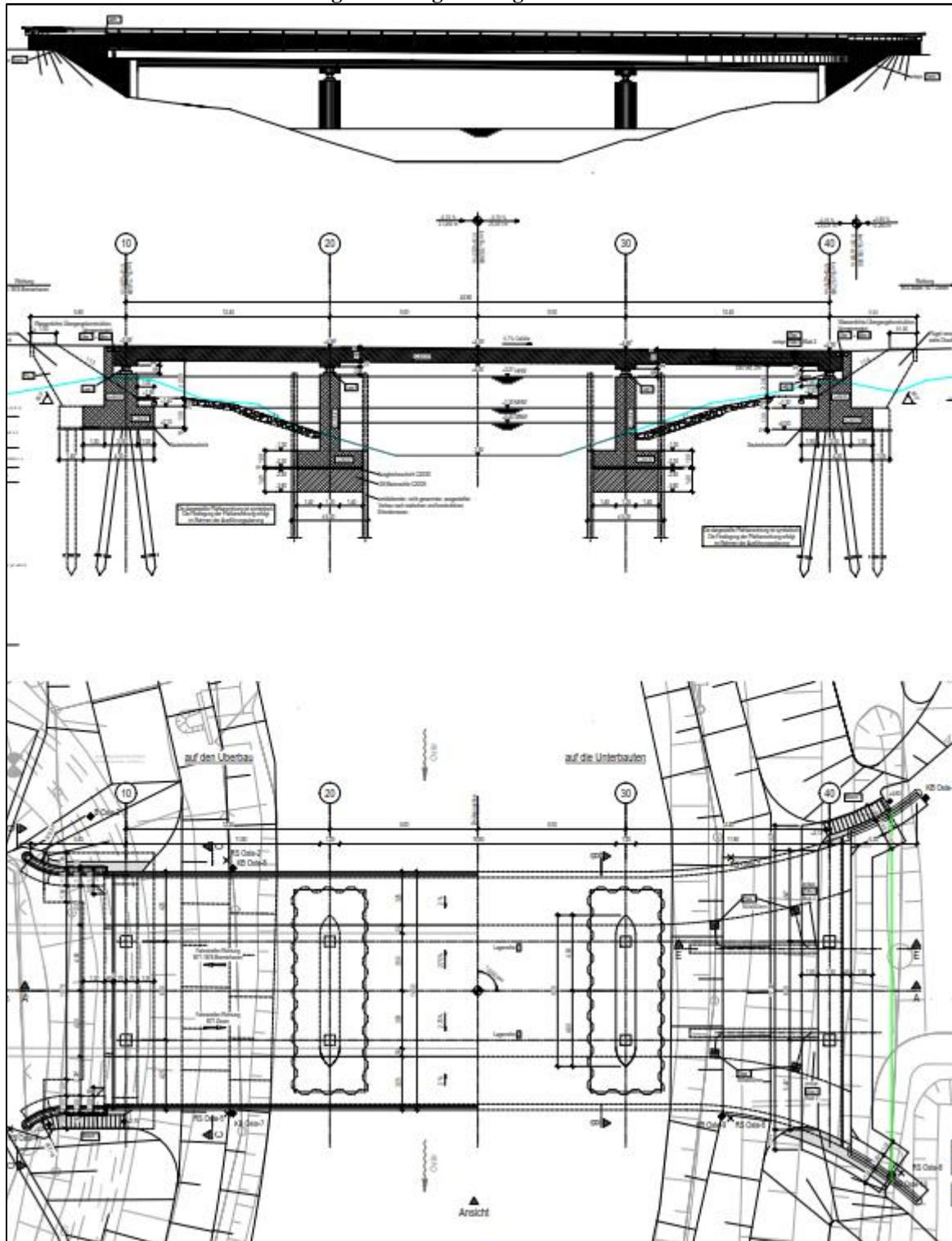


7.4 Tiefgründungsarbeiten Brückenbauwerk

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Bohrgerät

Lage der Tiefgründung des Brückenbauwerks

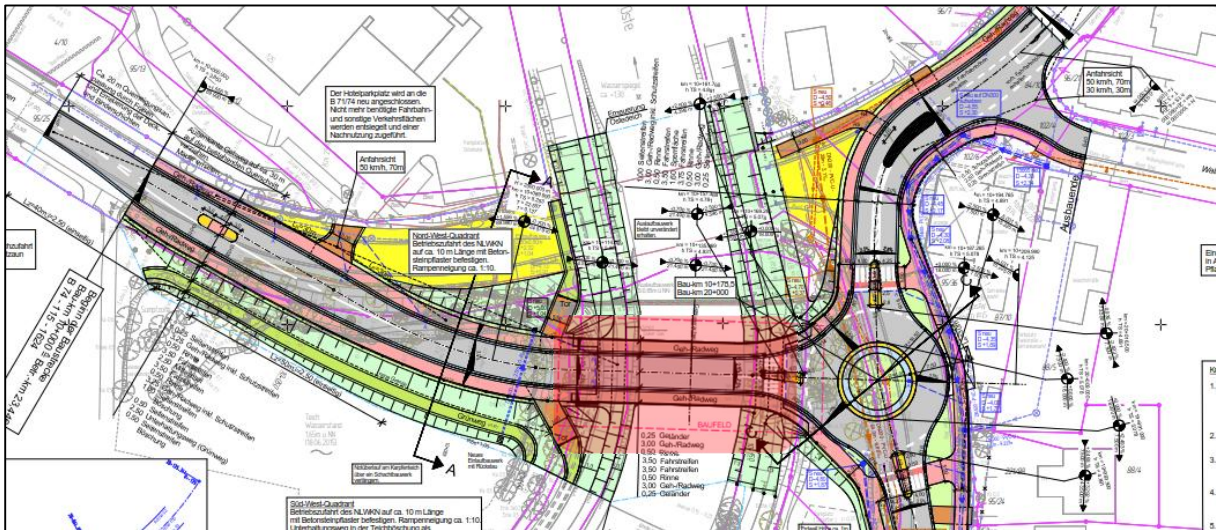


7.5 Bau Brückenbauwerk

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- keine

Grober Bereich der Bautätigkeiten „Brückenbauwerk“

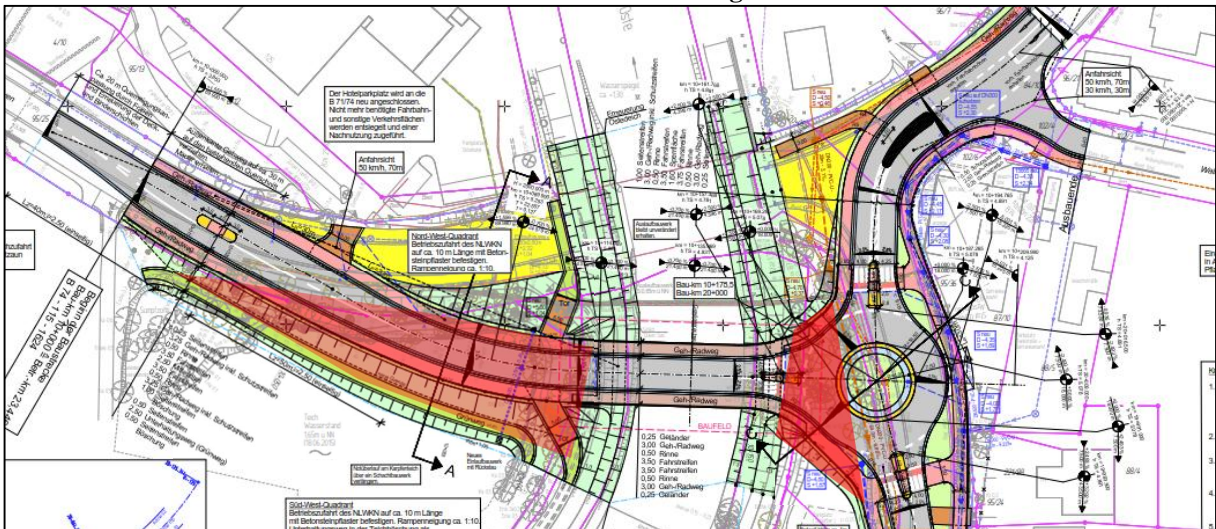


7.6 Herstellung Sanddamm für Fahrbahn

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Planierraupe
- Radlader
- Bagger
- Vibrationswalze

Übersicht Bereiche Herstellung Sanddamm

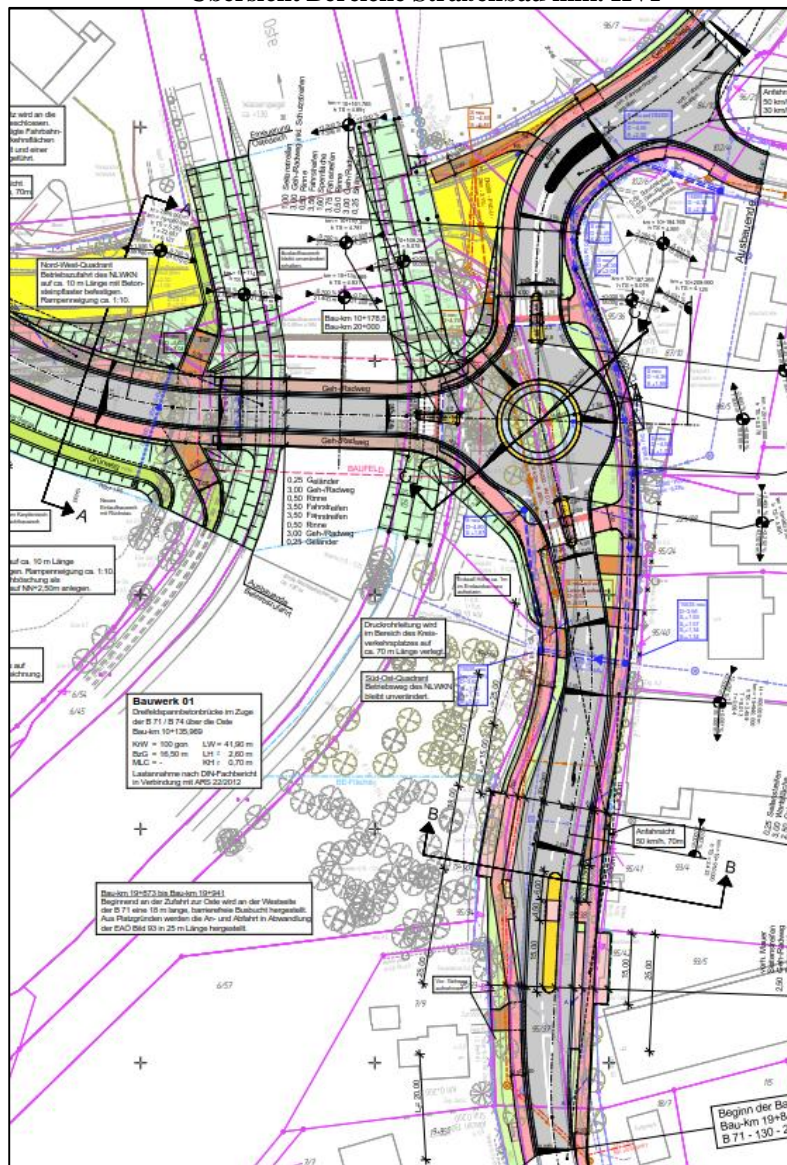


7.7 Straßenbau inkl. KVP (Kreisverkehr)

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Vibrationswalze
- Plattenverdichter
- Radlader
- Bagger

Übersicht Bereiche Straßenbau inkl. KVP

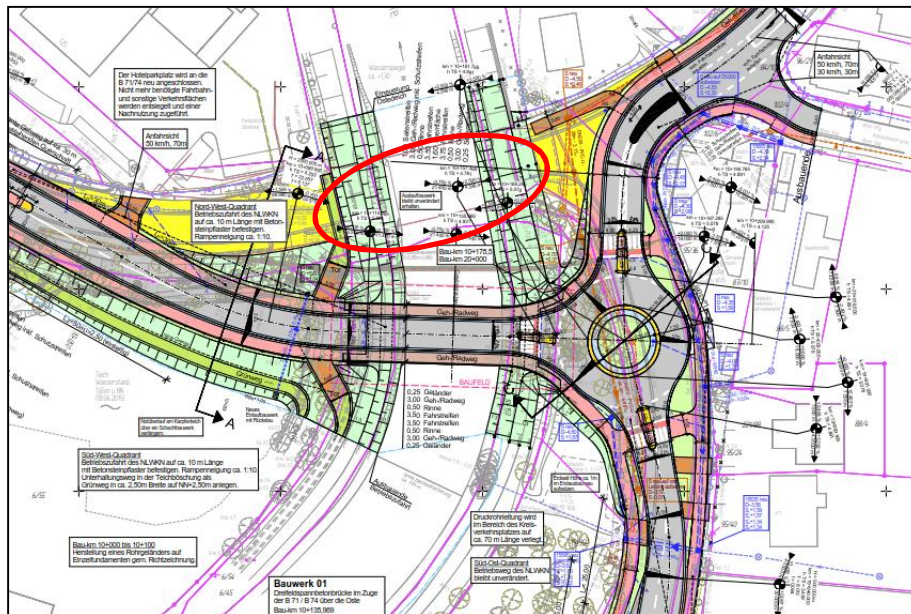


7.8 Abbruch Bestandsbrücke

Für diese Arbeiten ist der Einsatz folgender Baumaschinen als maßgebende Schwingerreger zu erwarten:

- Kettenbagger
- Abbruchzange
- Hydraulischer Stemmmeißel

Übersicht Lage der Arbeiten zum Abbruch der Bestandsbrücke



8 Erschütterungsquellen - Hauptbautätigkeiten

8.1 Baggerarbeiten, allgemeine Bautätigkeiten

Für die Baggerarbeiten im unmittelbaren Nahbereich von Gebäuden (wenige Meter) sollten möglichst kleine leichte Geräte zum Einsatz kommen. Bei fachgerecht ausgeführten Baggerarbeiten sind keine für die Gebäude kritischen Erschütterungsbelastungsgrößen zu erwarten. Dies setzt jedoch voraus, dass -insbesondere bei Baggern mit Kettenfahrwerk- Kippbewegungen o.Ä., bei welchen das Gerät einseitig hochgehoben und wieder fallengelassen wird, verlässlich unterbunden werden.

Auf eine detailliertere Betrachtung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wurde hier im ersten Ansatz verzichtet.

8.2 Einsatz von Planierraupen

Bei einem Einsatz von Planierraupen werden die Erschütterungen überwiegend durch das Kettenfahrwerk in den Baugrund übertragen. Eine höhere Fahrgeschwindigkeit führt in der Regel zu höheren Erschütterungsimmissionen. Daher sollten Kettenraupen im Nahbereich zu Gebäuden mit möglichst geringer Fahrgeschwindigkeit eingesetzt werden. Des Weiteren sollte ein abruptes Abstoppen -insbesondere im Nahbereich zu Gebäuden- vermieden werden. Bei einem ordnungsgemäßen fachgerechten Einsatz der Planierraupen sowie möglichst geringer Fahrgeschwindigkeit im Nahbereich zu Gebäuden sind kritische Erschütterungsbelastungsgrößen der Gebäude (Überschreitung der DIN-Anhaltswerte 4150 Teil 3) im ersten Ansatz unwahrscheinlich.

Auf eine detailliertere Betrachtung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wurde hier im ersten Ansatz verzichtet.

8.3 Bohrarbeiten

Bei den Gründungsarbeiten für das Brückenbauwerk ist gemäß Information eine Bohrpfahlgründung geplant. Diese Form der Pfahlgründung ist als erschütterungsarm anzusehen. Bei einem ordnungsgemäßen fachgerechten Einsatz des Bohrgerätes sowie dem Ausbleiben von Hindernissen im Baugrund ist von keinen für die Gebäude kritischen Erschütterungsbelastungsgrößen auszugehen.

Auf eine detailliertere Betrachtung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wurde hier im ersten Ansatz verzichtet.

8.4 Bautätigkeiten im Vibrationsverfahren

Arbeiten, welche im Vibrationsverfahren durchgeführt werden, müssen als potentiell am kritischsten in Bezug auf die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen betrachtet werden, da hier die Möglichkeit eines Resonanzfalles mit entsprechend großen bzw. überhöhten Schwingungsamplituden besteht.

Die im Folgenden durchgeführten Berechnungen bzw. Berechnungsergebnisse fußen zum einen auf den vorseitig dargestellten Berechnungsansätzen für überschlägige Erschütterungsprognosen als auch auf Erfahrungswerten, welche bei Messungen bei vergleichbaren Anregungen sowie Umgebungsverhältnissen generiert wurden.

Bei den vorstehenden Berechnungsergebnissen wurde von typischen Übertragungsfaktoren der Ausbreitung im Gebäude ausgegangen. Die tatsächlichen Übertragungsfaktoren sind unmittelbar abhängig von den individuellen Gebäudeeigenschaften und können demzufolge von den angenommenen Faktoren abweichen.

Im Folgenden wurden beispielhaft für den Belastungsfall „Bodenverdichtungsarbeiten“ überschlägige Berechnungen für eine Vibrationswalze sowie für eine Vibrationsplatte (Plattenverdichter) durchgeführt. Hierbei wurden jeweils die überschlägig zu erwartenden Erschütterungsimmissionen für unterschiedliche Entfernungen der Verdichtungsarbeiten zu einem Gebäude hochgerechnet. Es wurden dabei ungünstige Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % sowie wahrscheinliche Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50% rechnerisch ermittelt. Das Maß der Erschütterungsemissionen durch Vibrationsverdichtungen ist vor allem von Gewicht, Betriebsfrequenz sowie der Amplitude des schwingenden Elements (bei Vibrationswalzen Bandage) sowie der Art der Anregung abhängig.

Des Weiteren wurde beispielhaft für den Belastungsfall „Rüttelarbeiten zum Einbringen von Spundbohlen“ exemplarische eine Hochrechnung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen für einen typischen Vibrationsbär -ebenfalls für unterschiedliche Entfernungen- durchgeführt. Es wurden auch hier ungünstige Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % sowie wahrscheinliche Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50% rechnerisch ermittelt.

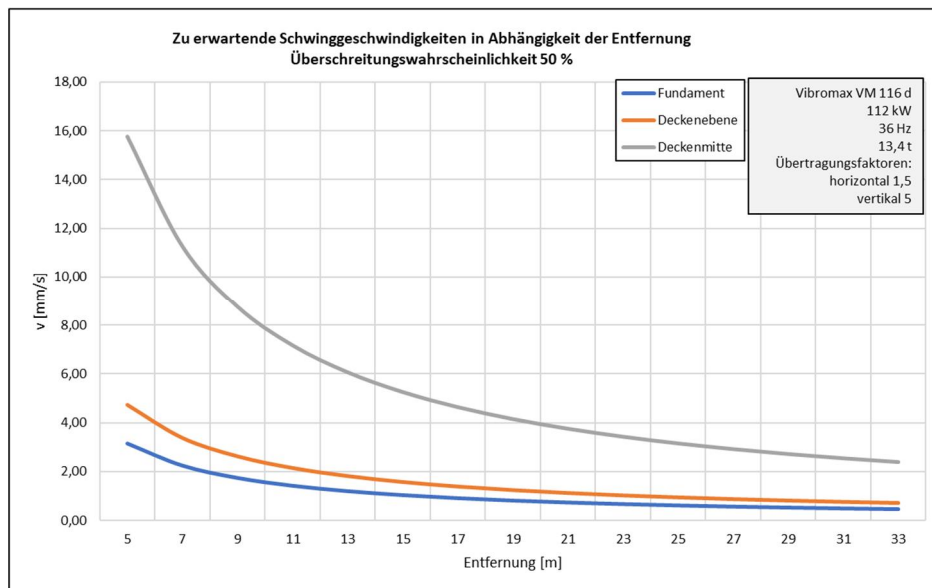
Bei den folgenden Untersuchungen wurde grundsätzlich von folgenden Parametern der Erschütterungsausbreitung innerhalb der Gebäude ausgegangen:

- Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1,5
- Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 5

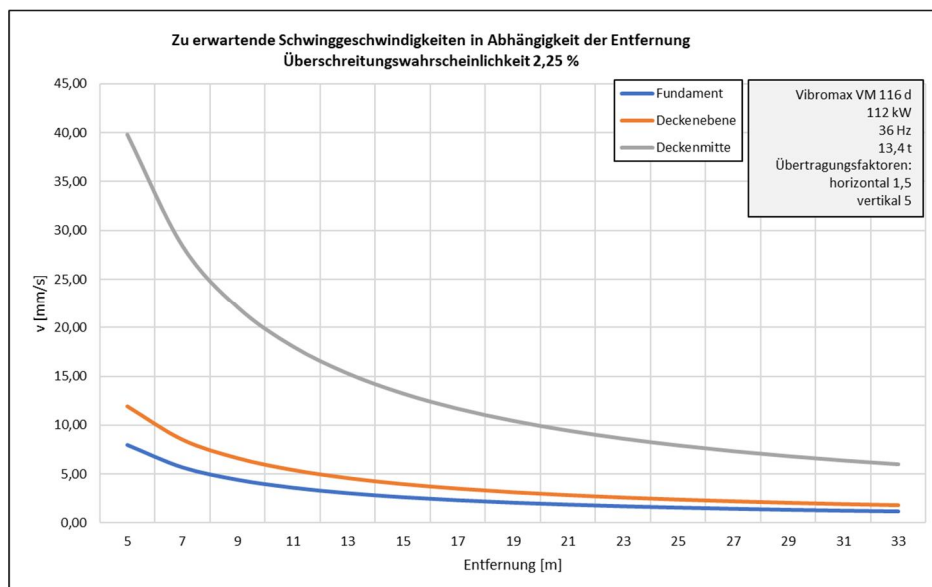
8.4.1 Bodenverdichtungsarbeiten mit Vibrationswalze

Typ: **vibromax vm 116 d**
 Betriebsgewicht **13,4 t**
 Leistung **112 kW**
 Betriebsfrequenz **~ 36 Hz**

Wahrscheinliche Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 50 %)



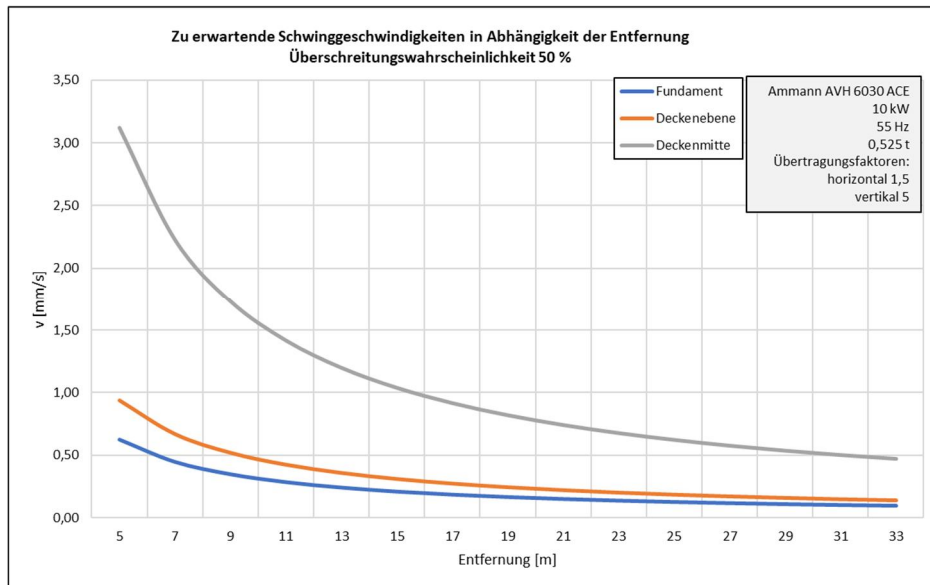
Ungünstige Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 2,25 %)



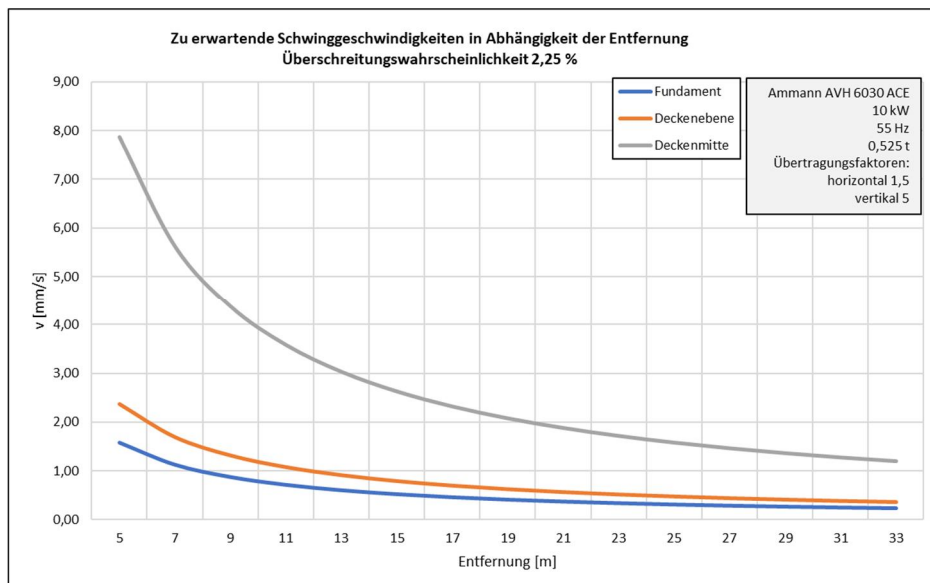
8.4.2 Bodenverdichtungsarbeiten mit Rüttelplatte

Typ: Ammann AVH 6030-ACE
 Betriebsgewicht: 0.525 t
 Leistung: 10.00 kW
 Betriebsfrequenz: 55.00 Hz

Wahrscheinliche Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 50 %)



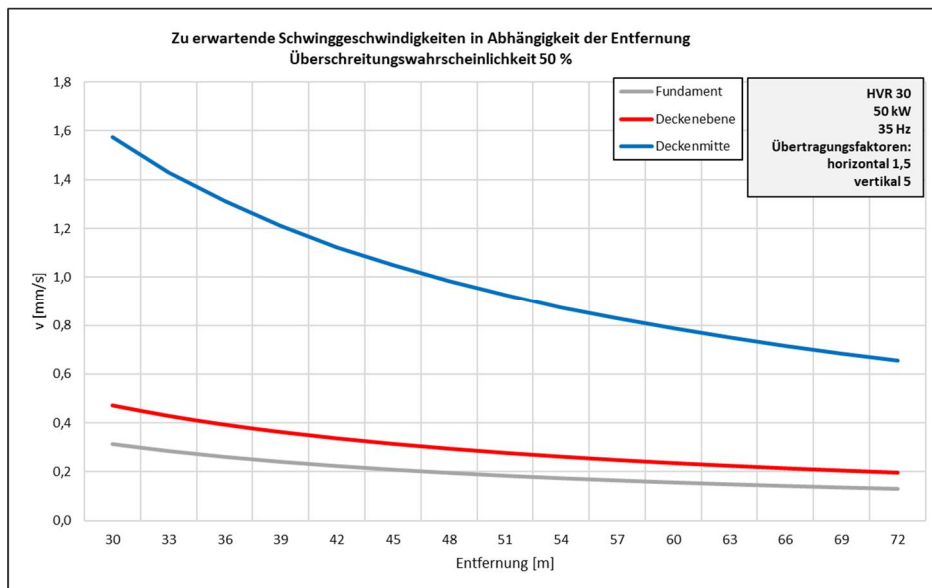
Ungünstige Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 2,25 %)



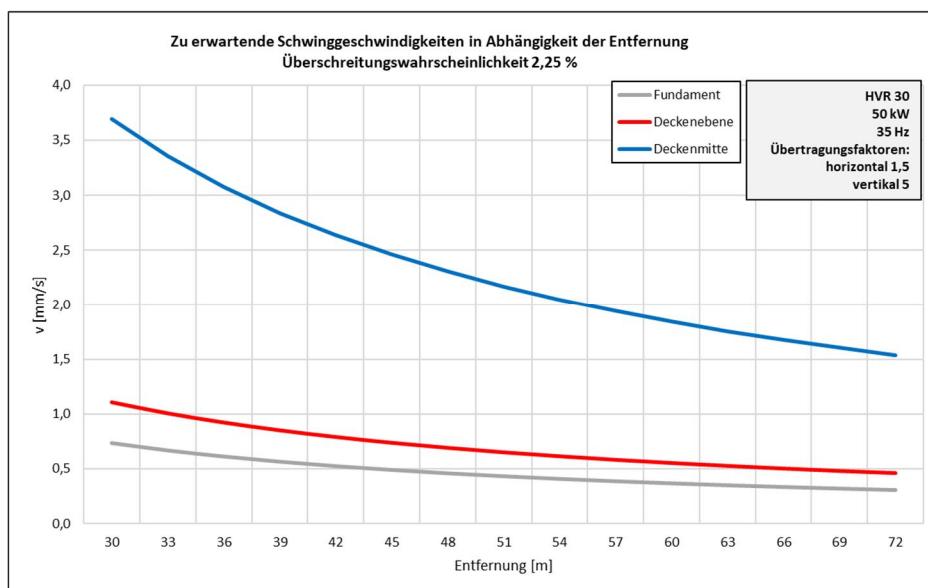
8.4.3 Rüttelarbeiten Einbringen Spundbohlen

Vibrationsbär: HVR 30
Leistung: 50 kW
Betriebsfrequenz: 35 Hz

Wahrscheinliche Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 50 %)



Ungünstige Werte (Überschreitungswahrscheinlichkeit 2,25 %)



9 Schlussbetrachtung

In der Gemeinde „Bremervörde“ ist im Zuge der Bundesstraßen B 71/74 ein Ersatzneubau der Brücke über die Oste geplant. Der Ersatzneubau der Brücke soll unmittelbar südlich der Bestandsbrücke über die Oste umgesetzt werden. Im Zuge des Brückenneubaus und der damit einhergehenden Verlegung der B 71 sowie der Schaffung eines Kreisverkehrs am Knotenpunkt B 71/B74 unmittelbar östlich des Ersatzbauwerks sind diverse Bautätigkeiten geplant bzw. erforderlich. Hierzu zählen Spundwandarbeiten, Tiefgründungsarbeiten, Straßenbauarbeiten sowie umfangreiche Erdbauarbeiten. Weiterhin ist der eigentliche Bau des Ersatzbauwerks (Hochbau) zu nennen sowie der Abbruch der Bestandsbrücke.

Der vorliegende Untersuchungsbericht befasst sich mit möglichen Auswirkungen aus Erschütterungen infolge der geplanten Bautätigkeiten zur Herstellung des Ersatzneubaus auf hierzu nahe gelegene Immissionsbereiche (Bestandsbebauung bzw. derzeit vorhandene Nachbarschaft).

Die einzelnen Bauphasen / Bauabschnitte mit jeweiligen zu erwartenden Baugeräteeinsätzen wurden auf den vorangegangenen Seiten im Detail beschrieben.

Die wesentlichen erschütterungsträchtigen Arbeiten, bei welchen potentiell auch kritische Erschütterungsbelastungsgrößen für die Bestandsbebauung nicht ausgeschlossen werden können, sind die Boden- bzw. Baugrundverdichtungsarbeiten im Vibrationsverfahren als auch das Einbringen der Spundbohlen als Startbohlen zur Herstellung von Spundwandkästen, ebenfalls im Vibrationsverfahren. Auf diese Bautätigkeiten wurde der Fokus der durchgeführten Betrachtungen gelegt. Die Prognose der zu erwartenden Erschütterungsbelastungen in Bezug auf Bauwerke wurde anhand anerkannter typischer Ansätze der Ausbreitungsrechnung, typischer Übertragungsfaktoren in Bezug auf die Baugrund-Gebäude-Interaktion sowie typischer Übertragungsfaktoren für die Ausbreitung der Erschütterungen innerhalb des Gebäudes selbst vorgenommen.

Auf Basis der Prognoseergebnisse können bei ungünstiger Konstellation bei einem Einsatz von Vibrationswalzen in einer Entfernung von grob 20 m und weniger zu einem Gebäude Erschütterungsimmissionen in einer Größenordnung oberhalb des DIN-Anhaltswertes für Wohngebäude auftreten, was ggf. Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 nach sich ziehen könnte. Der Einsatz von Plattenverdichtern führt erst in deutlich geringeren Entfernungen zu potentiell kritischen Erschütterungsbelastungsgrößen für Gebäude. Wir empfehlen, zu Beginn der Verdichtungsarbeiten jeweils Erschütterungsmessungen an den jeweiligen Gebäuden durchzuführen, um so ggf. minimale einzuhaltende Abstände der einzelnen Gerätschaften zu Gebäuden zu definieren. Für Verdichtungsarbeiten im Nahbereich von Gebäuden können ebenfalls Messungen darüber Aufschluss geben, welche Form der Verdichtungsgerätschaft (z.B. Größe von Plattenverdichtern) für den jeweiligen Bereich erschütterungstechnisch verwendbar erscheint.

Insgesamt ist darauf zu achten, dass die An- und Ausschaltvorgänge der Verdichtungsgeräte in möglichst großer Entfernung zu den Gebäuden erfolgen, da hierbei in der Regel die Maxima der Erschütterungsimmissionen auftreten.

Bei dem Einsatz der Planiertrauben ist -wie bei allen Fahrzeugen mit Kettenwerk- darauf zu achten, dass beim Arbeiten bzw. auch beim Verfahren im Nahbereich zur Bebauung mit möglichst geringer Fahrgeschwindigkeit gefahren wird. Der Einsatz der Planiertrauben im Nahbereich zu Gebäuden sollte generell tagesbezogen auf kurze Zeiträume beschränkt werden, um so die Erschütterungsbelastung der in den Gebäuden befindlichen Personen auf ein minimales Maß zu beschränken. Die Arbeiten sollten -wenn möglich- über den Tag also großflächig über den jeweiligen Bauabschnitt verteilt werden.

Im Nahbereich zu Gebäuden sollte, wo möglich der Einsatz von Planiertrauben beschränkt bzw. die Arbeiten z.B. durch Radlader ausgeführt werden, da der überwiegende Anteil bzw. die größten Erschütterungen regelmäßig durch das Kettenfahrwerk ausgelöst werden, beim Einsatz von Radlader kann dies ausgeschlossen werden, was insgesamt zu einer deutlichen Verbesserung der Erschütterungssituation des Einzelnen führt.

Die Gründungsarbeiten im Bohrverfahren sowie die Pressarbeiten zum Einbringen der Spundbohlen zur Herstellung der Spundwandkästen für das Brückenbauwerk können als erschütterungsarm angesehen werden, eine besondere Erschütterungsbelastung ist hier nicht zu erwarten.

Die minimale Entfernung der Rüttelarbeiten zum Einbringen der Spundbohlen zur Herstellung der Spundwandkästen zur nächstgelegenen Bebauung beträgt gemäß der Planunterlagen grob 50 m. Eine besondere Erschütterungsbelastung ist -aufgrund der vergleichsweise großen Entfernung zur nächstgelegenen Bestandsbebauung- nicht zu erwarten. Dennoch empfehlen wir zu Beginn der Rüttelarbeiten die Berechnungsergebnisse der überschlägigen Hochrechnung stichprobenhaft durch Messungen zu verifizieren.

Eine detaillierte Aussage hinsichtlich der Erschütterungsbelastung des Menschen in Gebäuden (KB-Wert-Betrachtung) ist -ohne Kenntnis der später tatsächlich eingesetzten Baumaschinen, der Anzahl der Baumaschinen sowie insbesondere ohne Kenntnis des zeitlichen und räumlichen Bauablaufes- nicht hinreichend möglich, da hierbei für eine Beurteilung ein Tagesmittel, zu verstehen als Tagesdosis der Erschütterungsbelastung, heranzuziehen ist. Generell ist jedoch zu erwarten, dass bei erschütterungsintensiven Tätigkeiten -wie z.B. bei Verdichtungsarbeiten im Nahbereich zu Gebäuden im Rahmen des Wegebbaus inklusive der zusätzlich hierfür durchgeführten vorbereitenden Erdbauarbeiten- die DIN-Anhaltswerte (KB-Werte nach DIN 4150 Teil 2) ggf. kurzzeitig überschritten werden. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass insbesondere derartige Verdichtungsarbeiten ggf. nur für einen Tag auf ein Gebäude / einen Immissionsort einwirken, so dass die resultierende Belastung des Einzelnen ggf. dennoch als „zumutbar“ eingestuft werden könnte.

Bei zeitlich längerfristigen Bautätigkeiten, welche erschütterungstechnisch relevant auf einen Immissionsort / auf ein Gebäude einwirken, können -wie bereits oben beschrieben- Messungen direkt vor Ort konkret darüber Aufschluss geben, ob ein Handlungsbedarf vorhanden ist.

Generell empfehlen wir dringend, die betroffenen Anwohner über die jeweils nächsten Bautätigkeiten zu informieren. Als Mindestmaß für die Art, den Umfang und den Zeitpunkt der Information kann hier der auf Seite 20 dargestellte Stufenplan gemäß der DIN 4150 Teil 2 dienen.

Ergänzende Bemerkungen:

Zevener Straße 1:

Bei dem Gebäude „Zevener Straße 1“ handelt es sich um eine Tankstelle mit entsprechenden technischen und baulichen Anlagen. Art, Umfang und Lage dieser technischen Anlagen sind derzeit nicht bekannt. Für die Detailplanung der Baumaßnahme sowie für die spätere Bauausführung muss davon ausgegangen werden, dass hier ggf. erschütterungssensible Technik auch im Nahbereich der Straßenbaumaßnahme vorhanden ist. Wir empfehlen dringend, vor Baubeginn eine eingehende Begutachtung der Tankanlagen durchzuführen und -insbesondere während der Verdichtungsarbeiten im Nahbereich- entsprechende Erschütterungsmessungen vorzunehmen, auch und insbesondere in Hinblick auf eine Abstimmung des Einsatzes erschütterungsverträglich geeigneter Baugeräte.

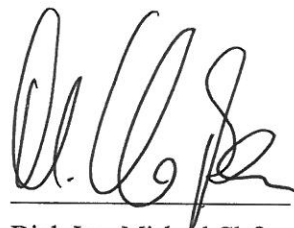
Wehranlage Ostwehr:

Im Süden der Baumaßnahme befindet sich das Ostwehr. Die Entfernung des Wehrs zu den Arbeiten für den Brückenneubau beträgt überschlägig ca. 150 m, zu den Straßenbauarbeiten grob 120 m. Gemäß Information besteht für dieses Wehr ein Denkmalschutz. Im ersten Ansatz wird hier unterstellt, dass es sich bei dem Ostwehr um ein besonders erhaltenswertes und erschütterungsempfindliches Bauwerk handelt, was in Konsequenz eine Herabsetzung der möglichen Erschütterungsbelastung des Bauwerkes nach sich zieht. Auch bei einer Betrachtung des Ostwehr im Sinne eines besonders erschütterungssensiblen Bauwerkes ergibt die Hochrechnung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen keine Hinweise auf eine zu erwartende kritische Erschütterungsbelastungsgröße.

Büdelisdorf, 26.02.2019



Dipl.-Ing. Arne Wulkau



Dipl.-Ing. Michael Claßen
DMT Gründungstechnik GmbH